

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**POTENCIALIDADES DA UTILIZAÇÃO DE  
EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO  
PARA IRRIGAÇÃO EM AGRICULTURA NO  
ALENTEJO**

**Carlos Alexandre Romano Delgado**

Dissertação apresentada para a  
obtenção do grau de Mestre em  
Gestão de Recursos Biológicos

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gazarini

ÉVORA, 2002

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**POTENCIALIDADES DA UTILIZAÇÃO DE  
EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO  
PARA IRRIGAÇÃO EM AGRICULTURA NO  
ALENTEJO**

**Carlos Alexandre Romano Delgado**



169 235-  
Dissertação apresentada para a  
obtenção do grau de Mestre em  
Gestão de Recursos Biológicos

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gazarini

ÉVORA, 2002

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri



## Agradecimentos

A realização desta tese de Mestrado foi possível graças à colaboração de várias pessoas e entidades que, de diferentes formas, contribuíram para a sua realização.

O nosso agradecimento, vai em primeiro lugar para o Coordenador do Curso de Mestrado Professor Doutor Luíz Carlos Gazarini por ter aceite ser nosso Orientador Científico neste trabalho, pelas sugestões que nos fez, pelo incentivo, pela revisão de texto, disponibilidade de tempo e pela amizade que sempre nos dispensou ao longo da realização deste trabalho.

Ao Chefe de Divisão do Domínio Hídrico, Eng. António Gaspar queremos deixar os nossos agradecimentos pelos valiosos conhecimentos que nos transmitiu, por toda a disponibilidade demonstrada e pela maneira cordial com que sempre nos recebeu para troca de impressões.

Esta tese de Mestrado não é apenas a resultante de um estudo desenvolvido durante um determinado período, mas também da experiência e formação adquirida na Direcção Regional do Ambiente e do Ordenamento do Território Alentejo.

Ao Dr. Jorge Pulido Valente e Eng.<sup>a</sup> Rosário Tangarrinhas pela cedência de resultados obtidos pela DRAOT-A.

Ao Doutor Rui Raimundo, por toda a ajuda e por todos os importantes ensinamentos transmitidos na análise estatística dos resultados.

Ao Senhor Ignacio López Guillamón, da Biblioteca da Universidade da Estremadura, pelo esforço desenvolvido na aquisição de parte da bibliografia.

À Catarina, por tanta paciência, por toda a ajuda durante a elaboração desta tese e pelo entusiasmo demonstrado pelo tema.

A todos os nossos colegas e colaboradores que directa ou indirectamente nos apoiaram e incentivaram.

Por fim, aos meus pais e irmãos, pelo incentivo demonstrado, pela presença e apoio permanente, sem os quais não teria sido possível a concretização deste trabalho.

# ÍNDICE

Agradecimentos	I
Resumo	II
Abstract	III
Lista de abreviaturas	IV
Lista de figuras	V
Lista de quadros	VI
<b>1 - Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 - Utilização de águas residuais em irrigação	1
<b>2 - Revisão bibliográfica</b>	<b>4</b>
2.1 - Condicionamentos da utilização de águas residuais em irrigação	4
2.1.1 - Interesse da utilização de efluentes de ETAR para irrigação em agricultura na região Alentejo	6
2.1.2 - Legislação de âmbito comunitário e nacional	7
2.2 - Características das águas residuais urbanas	12
2.2.1 - Características químicas	12
2.2.2 - Características físicas	15
2.2.3 - Características biológicas	16
2.3 - Interações no biosistema solo planta irrigadas com águas residuais urbanas	20
2.3.1 - Efeitos no solo	20
2.3.1.1 - Matéria orgânica	21
2.3.1.2 - pH	22
2.3.1.3 - Macronutrientes	23
2.3.1.4 - Micronutrientes e metais pesados	27
2.3.1.5 - Salinidade e permeabilidade	27
2.3.2 - Efeitos na planta	30
2.3.3 - Organismos patogénicos presentes nas águas residuais	31
2.4 - Métodos de rega com águas residuais	35

<b>3 – Metodologia</b>	38
3.1 - Programa de monitorização	38
3.2 - Selecção das ETAR sede de concelho	40
3.3 – Clima	42
<b>4 - Resultados e discussão</b>	43
4.1 - Resultados analíticos	43
4.2 - Análise dos parâmetros	71
<b>5 - Considerações finais</b>	90
<b>6 - Referencias bibliográficas</b>	95
Anexos I	103
Anexos II	117

## **Anexo I**

	<b>Pag.</b>
<b>Quadro 1.1 - Resultados analíticos do afluente</b>	104
<b>Quadro 1.2 - Resultados analíticos do efluente</b>	106
<b>Quadro 1.3 - Média dos resultados analíticos do afluente</b>	108
<b>Quadro 1.4 - Média dos resultados analíticos do efluente</b>	110
<b>Quadro 1.5 - Eficiência de remoção por parâmetro</b>	112
<b>Quadro 1.6 - Eficiência média de remoção</b>	114
<b>Quadro 1.7 - Resultados microbiológicos do afluente, efluente e eficiência de remoção acumulada</b>	116

## **Anexo II**

<b>Figura 2.1 - ETAR de Alcácer do Sal. Perspectiva da entrada em 27.05.98</b>	118
<b>Figura 2.2 - ETAR de Aljustrel. Perspectiva geral em 16.02.00</b>	118
<b>Figura 2.3 - ETAR de Arraiolos. Perspectiva da entrada e do amostrador automático de amostras compostas em 02.11.98</b>	118
<b>Figura 2.4 - ETAR de Avis. Perspectiva da geral em 03.06.98</b>	119
<b>Figura 2.5 - ETAR de Barrancos. Perspectiva geral em 08.10.98</b>	119
<b>Figura 2.6 - ETAR de Beja. Perspectiva geral em 15.02.00</b>	119
<b>Figura 2.7 - ETAR de Campo Maior ZE. Lagoa anaeróbia em 28.10.98</b>	120
<b>Figura 2.8 - ETAR de Campo Maior ZO. Perspectiva geral em 28.10.98</b>	120
<b>Figura 2.9 - ETAR Castro Verde. Visualização da lagoa anaeróbia e do amostrador automático de amostras compostas em 15.07.98</b>	120
<b>Figura 2.10 - ETAR de Estremoz. Visualização da lagoa facultativa em 15.06.99</b>	121
<b>Figura 2.11 - ETAR de Grândola Ameira. Perspectiva geral em 09.11.98</b>	121
<b>Figura 2.12 - ETAR de Monforte. Perspectiva geral em 17.06.98</b>	121
<b>Figura 2.13 - ETAR de Redonda Horta do Grilo. Perspectiva geral em 19.10.98</b>	122
<b>Figura 2.14 - ETAR de Santiago do Cacém. Lagoa anaeróbia em 08.07.98</b>	122
<b>Figura 2.15 - ETAR de Vidigueira. Perspectiva geral em 02.12.98</b>	122
<b>Figura 2.16 - ETAR de Vendas Novas. Lagoa anaeróbia em 18.10.00</b>	123

## Lista de figuras

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 2.1</b> - Esquema do procedimento necessário para o licenciamento da utilização de águas residuais na rega a partir de uma ETAR urbana	9
<b>Figura 2.2</b> - Redução de Coliformes fecais em sistema de lagunagem, em função do tempo de retenção e da temperatura (Mara, 1978 citado por Marecos do Monte 1994)	18
<b>Figura 3.1</b> - Localização da ETAR municipais sede de concelho na região Alentejo com lagoas de estabilização e que servem mais de 2000 habitantes equivalente	40
<b>Figura 4.1</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Alcácer do Sal	43
<b>Figura 4.2</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Aljustrel	44
<b>Figura 4.3</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Alter do Chão	45
<b>Figura 4.4</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Arraiolos	46
<b>Figura 4.5</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Avis	47
<b>Figura 4.6</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Barrancos	48
<b>Figura 4.7</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Beja Bacia do Sado	49
<b>Figura 4.8</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Campo Maior Zona Este	50
<b>Figura 4.9</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Campo Maior Zona Oeste	51
<b>Figura 4.10</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Castro Verde	52
<b>Figura 4.11</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Estremoz	53
<b>Figura 4.12</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Évora (Saída 1)	54
<b>Figura 4.13</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Évora (Saída 2)	55
<b>Figura 4.14</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Évora (Saída 3)	56
<b>Figura 4.15</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Grândola Ameira	57
<b>Figura 4.16</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Monforte	58
<b>Figura 4.17</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Redondo Horta do Grilo	59
<b>Figura 4.18</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Reguengos	60
<b>Figura 4.19</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Santiago do Cacém	61
<b>Figura 4.20</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Vendas Novas	62
<b>Figura 4.21</b> - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Vidigueira	63

<b>Figura 4.22</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Alcácer do Sal	64
<b>Figura 4.23</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Arraiolos	64
<b>Figura 4.24</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Avis	65
<b>Figura 4.25</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Barrancos	65
<b>Figura 4.26</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Campo Maior Zona Este	66
<b>Figura 4.27</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Campo Maior Zona Oeste	66
<b>Figura 4.28</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Castro Verde	67
<b>Figura 4.29</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Évora (S1)	67
<b>Figura 4.30</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Évora (S2)	68
<b>Figura 4.31</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Évora (S3)	68
<b>Figura 4.32</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Grândola Ameira	69
<b>Figura 4.33</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Monforte	69
<b>Figura 4.34</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Redondo Horta do Grilo	70
<b>Figura 4.35</b> - Resultados microbiológicos do efluente de Vidigueira	70
<b>Figura 4.36</b> - Valores médios do pH do efluente final	75
<b>Figura 4.37</b> - Valores médios do SST do efluente final	76
<b>Figura 4.38</b> - Valores médios do CQO do efluente final	77
<b>Figura 4.39</b> - Valores médios do CBO <sub>5</sub> do efluente final	78
<b>Figura 4.40</b> - Valores médios do azoto total do efluente final	79
<b>Figura 4.41</b> - Valores médios do fósforo total do efluente final	80
<b>Figura 4.42</b> - Valores médios dos óleos e gorduras do efluente final	81
<b>Figura 4.43</b> - Valores dos Coliformes totais do efluente final	82
<b>Figura 4.44</b> - Valores dos Coliformes fecais do efluente final	83
<b>Figura 4.45</b> - Valores dos <i>Streptococcus</i> fecais do efluente final	84
<b>Figura 4.46</b> - Valores da <i>E. coli</i> do efluente final	85
<b>Figura 4.47</b> - Valores médios das eficiências de remoção acumuladas de 6 parâmetros	86
<b>Figura 4.48</b> - Valores da eficiência de remoção acumulada de 4 parâmetros microbiológicos	88

## Lista de quadros

	<b>Pag.</b>
<b>Quadro 2.1</b> - Objectivos e aplicações da utilização de águas residuais, segundo (Asano, 1991)	4
<b>Quadro 2.2</b> - Qualidade das águas de rega, segundo o Decreto-Lei de 236 de 1 de Agosto de 1998, anexo XVI	10
<b>Quadro 2.3</b> - Carga poluente de uma água residual não tratada, segundo (Metcalf & Eddy, 1991; Santos e Pinto, 1985; Page e Chang, 1985)	14
<b>Quadro 2.4</b> - Aumento de diversos constituintes resultantes do uso doméstico da água, segundo (Metcalf & Eddy, 1991)	15
<b>Quadro 2.5</b> - Principais parasitas em lamas e efluentes, segundo (Marecos do Monte, 1984)	17
<b>Quadro 2.6</b> - Tempo de sobrevivência dos microorganismos patogénicos na água residual (20 - 30°C), segundo (Pescod, 1992)	19
<b>Quadro 2.7</b> - Valores padrão recomendados pela (OMS, 1989) para a qualidade microbiológica da água residual utilizada em irrigação	20
<b>Quadro 2.8</b> - Quebras de produção, em percentagem, esperadas para vários teores salinos, em algumas culturas, segundo (Mass e Hoffman, 1977 e Mass, 1984 citado por Ayers e Westcot, 1988)	29
<b>Quadro 2.9</b> - Sensibilidade de algumas culturas ao Boro, segundo (Westcot e Ayers, 1984)	30
<b>Quadro 2.10</b> - Sensibilidade ao cloro de citrinos e de vinha, segundo (Westcot e Ayers, 1984)	30
<b>Quadro 2.11</b> - Eliminação de agentes patogénicos (Unidades log <sub>10</sub> ), por lagoas de estabilização, segundo (Mara e Cairncross citado por OMS, 1989)	33
<b>Quadro 2.12</b> - Comparação dos métodos de rega mais utilizados, segundo (Costa, 1981)	37

<b>Quadro 3.1</b> – Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas e qualidade das águas destinadas à rega	38
<b>Quadro 3.2</b> – Métodos de referência utilizados nas análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos	39
<b>Quadro 3.3</b> - ETAR municipais servindo sedes de concelho na região Alentejo com lagoas de estabilização e que servem mais de 2000 habitantes equivalente	41
<b>Quadro 3.4</b> - Características climáticas média da região Alentejo, segundo (Carvalho e Machado, 1976)	42
<b>Quadro 4.1</b> - Caracterização química média dos efluentes das ETAR das lagoas de estabilização que servem sedes de concelho com um e.p. superior a 2000 h. e	72



## **RESUMO**

Nos últimos anos, tem-se verificado um crescente incremento na reutilização de água na agricultura, devido à crescente escassez dos recursos hídricos de boa qualidade e ao aumento do consumo de água. A poupança deste recurso através da reutilização, contribui para a poupança de água de boa qualidade e para o aproveitamento de efluentes tratados, permitindo que os nutrientes neles contidos sejam reciclados.

Como caso de estudo, foram seleccionadas todas as ETAR urbanas com lagoas de estabilização que servem aglomerados com mais de 2000 habitantes em funcionamento no Alentejo e verificada a possibilidade de reutilização em agricultura.

Através dos resultados analíticos dos efluentes, verificou-se que houve parâmetros que não cumpriram o normativo que rege as descargas de águas residuais. Os efluentes que apresentaram melhor qualidade para rega, foram os provenientes das ETAR que registaram maior eficiência de remoção acumulada: Alcácer do Sal, Aljustrel, Arraiolos, Barrancos, Beja, Monforte, Vendas Novas e Vidigueira.

O resultado do efluente médio da ETAR de Monforte, foi o único que cumpriu inteiramente a legislação portuguesa relativamente à qualidade da água para rega, enquanto que os restantes teriam que ser sujeitos a uma desinfecção por cloragem ou ultra violetas para melhorar a qualidade microbiológica.

O pH dos efluentes de Alter do Chão, Arraiolos, Monforte e Vendas Novas ultrapassaram o VMR sendo aconselhável proceder a uma correcção para que não haja alteração da estrutura e alcalinidade do solo.

Registaram-se valores elevados de matéria orgânica traduzidos pela concentração elevada de SST, CQO e CBO<sub>5</sub> nos efluentes das ETAR de Aljustrel, Alter do Chão, Arraiolos, Avis, Barrancos, Campo Maior (Z.E. e Z.O.), Castro Verde, Redondo Horta do Grilo, Reguengos e Vendas Novas, podendo ocorrer colmatagem do solo, depósito sobre as folhas e frutos e entupimento nos equipamentos de rega.

A rega com os efluentes estudados é indicada para culturas com grande demanda de fertilizantes e que não apresentem riscos de contaminação como é o caso de cereais, forragens para feno ou ensilar e culturas industriais (girassol, algodão e árvores).

O trabalho enquadra ainda, em termos gerais, a utilização de águas residuais em agricultura, contemplando os usos possíveis, características dos efluentes utilizáveis, comportamento dos agentes poluentes no solo, tratamento de efluentes e os aspectos de natureza prática e legal envolvidos.

**Palavra-chave:** Águas residuais, Contaminação, Culturas, Efluente, Estações de tratamento, Irrigação, Nutrientes, Produção, Irrigação, Solo.

## **ABSTRACT**

### **POTENTIALITIES OF THE USE OF LAGOON ESTABILIZATION EFFLUENTS FOR IRRIGATION IN ALENTEJO AGRICULTURE**

As a consequence of the increase of the demand of water and of the growing shortage of the hydric resources good quality, the reutilization of waters in the agriculture has been suffering, since the last years, a great increment. This reutilization not only allows the saving of hydric resources of good quality, but also contributes to the treatment of the waters. It constitutes an alternative in terms of final destination of the treated effluent and it allows the nutrients contained to be recycle.

As an example, it were chosen all the urban wastewaters treatment station headquarters with fixed lagoons, that are responsible to serving agglomerates with more than 2000 inhabitants in operation in Alentejo and it was also cheked the possibility of reutilization in agriculture.

Through the analitic results of the effluents, there were values that didn't fulfil the standard for the discharge of wastewater. The effluents that were considered to have best quality for irrigation were the ones from the wastewater treatment station: Alcácer do Sal, Aljustrel, Arraiolos, Barrancos, Beja, Monforte, Vendas Novas and Vidigueira because they had the best efficiency in acumulated removal.

The only one that followed the portuguese legislation concerning the quality of water for irrigation, was the result of the medium effluent of Monforte wastewater treatment station. The others would have to be disinfected with chorine or ultra-violets to improve their microbiologic quality.

The results of the pH on the effluents of Alter do Chão, Arraiolos, Monforte and Vendas Novas exceeded the maximum value recomended, so that, it's advisable to proceed to a correction to maintain the structure and alkalinity of these soils.

In the efluents of the wastewaters treatment station of Aljustrel, Alter do Chão, Arraiolos, Avis, Barrancos, Campo Maior (Z.E. and Z.O.), Castro Verde, Redondo Horta do Grilo, Reguengos and Vendas Novas there, were registers of high concentration of Total Suspense Solids, COD and BOD. Considering that, it can ocur an

accumulation of sediments on the soil and leaves and fruits and obstruction of the irrigation equipments.

Irrigation with the studied effluents is indicated for cultures with great search for fertilizers and without dangers of contamination, like cereals, industrial cultures (sunflower, cotton and trees) and fodder for hay ensile.

The essay also contains, in general terms, the use of wastewater in agriculture, regarding the possible applications, the characteristics of the useful effluents, the behavior of the agents of polutins in the soil, the effluents treatment and involved aspects of practical and legal nature.

**KEY-WORDS:** Wastewater, Contamination, Cultures, Effluent, Treatment Stations, Irrigation, Nutrients, Production, Irrigation, Soil.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

AR	- Água residual
CBO	- Carência Bioquímica de Oxigénio
CE	- Condutividade Eléctrica
CE <sub>e</sub>	- Condutividade Eléctrica do Estrato de Solo Saturado
CE <sub>w</sub>	- Condutividade Eléctrica da Água de Rega
Col. fec.	- Coliformes fecais
COT	- Carbono Orgânico Total
CQO	- Carência Química de Oxigénio
DRAOT-A	- Direcção Regional do Ambiente e do Ordenamento do Território Alentejo
e.p.	- Equivalente Populacional
ETAR	- Estação de Tratamento de Águas Residuais
h.e.	- Habitante Equivalente
max.	- Valor máximo
min.	- Valor mínimo
MO	- Matéria Orgânica
s	- Desvio padrão da amostra
SAR	- Razão de Adsorção de Sódio
SST	- Sólidos Suspensos Totais
VLE	- Valor Limite de Emissão
VMA	- Valor máximo Admissível
VMR	- Valor máximo recomendado
x	- Valor Médio

# 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1 - UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS EM IRRIGAÇÃO

A reutilização da água, constitui um importante componente da estratégia de conservação deste recurso natural de grande importância, que implica uma política eficaz de gestão de recursos hídricos, conforme foi reconhecido na Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento, que se realizou no Rio de Janeiro, em 1992 (ECÓ 92).

A utilização directa ou planeada de águas residuais, datam do século XVI na Alemanha e noutros países Europeus, e nas Américas desde meados do século passado (Crook, 1990 e Shuval, 1990 cit. por Cooper 1991).

Em países com capacidade económica para assegurar a realização dos investimentos necessários para garantir as disponibilidades hídricas necessárias, a realização de estudos visando a reutilização de águas, tem sido nos últimos anos, uma preocupação constante, devido ao aumento dos consumos de água e à consequente rarefacção permanente ou sazonal, das reservas hídricas facilmente mobilizáveis (Riper *et al.*, 1997).

A implementação de importantes projectos visando a criação de reservas hídricas, passa pela construção de grandes barragens, sendo possível prever, para algumas regiões e nalguns casos a curto prazo, o esgotamento da capacidade de regularização das águas superficiais e de exploração das águas subterrâneas, assistindo-se à progressiva diminuição da qualidade das águas após utilização pelo homem nas suas múltiplas actividades.

O lançamento de águas residuais (domésticas, industriais, agrícolas ou de outras origens) fortemente carregadas com substâncias minerais ou orgânicas, por vezes tóxicas ou fitotóxicas, e com microrganismos não raras vezes patogénicos, tende a conduzir a situações em que a capacidade de depuração natural dos eco-sistemas é insuficiente para assegurar o curso normal do ciclo da água.

As consequências deste facto são por demais conhecidas: destruição da vida aquática; degradação da capacidade produtiva dos solos; diminuição dos recursos hídricos utilizáveis em condições economicamente satisfatórias; criação de situações de risco para a saúde pública.

Temos assistido nos últimos anos a uma consciencialização sobre a limitação do recurso água.

O uso de águas de deficiente qualidade, nomeadamente águas já utilizadas, cujo volume produzido não pára de crescer torna-se um temível agente de degradação ambiental.

Nestas condições, a reutilização de águas na agricultura, reveste-se de enorme interesse, pois desde há muito tornou-se numa prática corrente, um pouco por todas as zonas do globo, a sua aplicação em culturas agrícolas. Esta importância deve-se ao facto da grandeza dos volumes de água necessários à agricultura; ao valor económico dos elementos nutritivos contidos em águas usadas; ao conhecimento da capacidade depuradora do solo; à necessidade de preservar a qualidade dos meios hídricos naturais (OMS, 1989; Asano *et al.* 1992).

Sendo as águas residuais urbanas a mais significativa das potenciais origens de água utilizada pelo homem e cabendo à irrigação a principal quota parte da responsabilidade pela existência de tão vultuosos consumos ligados às actividades agrícolas, parece oportuna a apresentação de um trabalho referindo aspectos que se ligam com o uso dessas águas em irrigação.

Na região Alentejo a disponibilidade de água para irrigação é insuficiente para as necessidades hídricas das culturas. O aproveitamento de águas residuais constitui um benefício para a rega nesta região, na medida em que permite a recuperação de recursos fundamentais para a agricultura, como é o caso da água e dos nutrientes (Marecos do Monte e Sousa, 1993).

O lançamento de águas residuais em solos cultivados ou florestados é hoje considerado não apenas uma prática agrícola, mas também uma técnica de depuração de efluentes que tem como agentes activos o biosistema solo-cultura.

De entre os diversos tipos de águas residuais disponíveis, as águas residuais urbanas são as mais correntemente utilizadas devido à sua composição físico-química, normalmente necessitam de tratamentos mais simples, do que os necessários realizar para aproveitamento de águas residuais industriais. O número de instalações existentes e os volumes envolvidos faz com que a irrigação com efluentes urbanos ocupe, de longe, o lugar mais proeminente no domínio da reutilização de águas.

Para isto contribuirão decisivamente: a grandeza dos volumes necessários à irrigação, particularmente importante em regiões com carências hídricas; o valor fertilizante e a importância dos volumes das águas residuais urbanas disponíveis; o conhecimento de que os solos cultivados são um potente meio depurador de águas residuais; a possibilidade de limitar o decréscimo dos recursos hídricos disponíveis para consumo humano, mediante a recarga dos aquíferos através de água residual utilizada na rega. Nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, cerca de 80% das águas residuais urbanas são usadas em irrigação para fins agrícolas e paisagísticos (Asano e Pettygrove, 1987; Gunnerson *et al.* 1985 cit. por Cooper 1991).

Os volumes de água consumidos na agricultura são, na maioria dos países, os mais importantes, constituindo cerca de 99% de todos os tipos de consumo.

Relativamente ao total de ETAR em construção, ¼ das ETAR existentes em Portugal em 1990, são constituídas por lagoas de estabilização, correspondendo a 42% das ETAR deste tipo na região Alentejo (Marecos do Monte, 1994).

As ETAR dos dois maiores aglomerados populacionais do Alentejo (Évora e Beja), foram concebidas para servir um equivalente populacional superior a 10000 habitantes, sendo o sistema de tratamento feito por lagoas de estabilização.

O presente estudo pretende caracterizar todas as ETAR existentes na região Alentejo, servindo sedes de concelho em que o processo de tratamento seja por lagoas de estabilização e que sirvam equivalentes populacionais superiores a 2000 habitantes. A partir dos valores analíticos serão determinadas as potencialidades da utilização de efluentes de ETAR para irrigação em agricultura.



## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - CONDICIONAMENTOS DA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS EM IRRIGAÇÃO

A reutilização directa da água pode ter diversos objectivos, que são sistematizados no Quadro 2.1, bem como as respectivas aplicações, listadas por ordem decrescente de volume utilizado, segundo (Asano, 1991).

**Quadro 2.1 - Objectivos e aplicações da utilização de águas residuais, segundo (Asano, 1991).**

OBJECTIVOS	APLICACÕES
Irrigação na agricultura	Rega de culturas Viveiros
Irrigação paisagística	Parques Campos de golfe Recintos de áreas residenciais Cemitérios Cinturas verdes
Reutilizações na indústria	Arrefecimento Caldeiras Água de processo Construção pesada
Recarga de aquíferos	Reforço do volume de águas subterrâneas Controlo da intrusão salina
Actividades recreativas	Lagos e lagoas Zonas húmidas Pesca Aumento de caudal de ribeiros
Usos urbanos não potáveis	Protecção contra incêndios Limpeza de sanitas Ar condicionado
Água potáveis	Mistura na água bruta a potabilizar Origem de água bruta a potabilizar

Devido ao aumento populacional e dos consumos de água per “capita” ocorrido nos últimos anos, associado a um acréscimo do desenvolvimento socio-económico de grande parte da população mundial, provocou uma progressiva diminuição das reservas de água utilizável em condições economicamente vantajosas. Para fazer face à crescente degradação da

qualidade ambiental e à diminuição das disponibilidades hídricas, algumas medidas têm sido tomadas, nomeadamente: instalação de estações de tratamento que permitem adequar a qualidade dos efluentes às características dos meios receptores; utilização de novas tecnologias que limitam a poluição decorrente de processos industriais; implementação de medidas regulamentares visando o controle da poluição; obtenção dos meios e mecanismos institucionais necessários para garantirem o cumprimento das exigências fixadas visando a protecção do meio ambiente; sensibilização das populações relativamente aos problemas da escassez de água e da qualidade ambiental (Pinto, 1988).

Em determinadas épocas do ano, os consumos de água são mais elevados, logo será nestas alturas que as águas potencialmente reutilizáveis poderão estar disponíveis em maior quantidade (Asano *et al.* 1985; Shuval *et al.*, 1986).

Segundo (OMS, 1989; Asano *et al.*, 1992), a correcta utilização de águas residuais urbanas tratadas conduz à conservação da água e à reciclagem de nutrientes, evita a poluição das águas de superfície e subterrâneas, e pode também ser usadas como um método de recarga de água subterrânea.

Existem actualmente várias directivas no sector da água da Comunidade Europeia que correspondem a uma resposta à crescente poluição das águas que se tem verificado desde a Revolução Industrial (Baptista e Pássaro, 1993): o Decreto-Lei N.º 152/97 que transpõe para o direito interno a Directiva N.º 91/271/CEE do Conselho de 21 de Maio de 1991, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas e o Decreto-Lei N.º 236/98 de 1 de Agosto que estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.

A reutilização de água para efeitos de irrigação contribui para a protecção do ambiente, na medida em que evita a descarga nos meios hídricos utilizados como receptores de efluentes de ETAR de cargas poluentes e principalmente de nutrientes, cujos teores nas águas doces e marinhas a CEE pretende limitar (Directiva N.º 91/676/CEE) e que, por outro lado, são valiosos para a agricultura.

### **2.1.1 - INTERESSE DA UTILIZAÇÃO DE EFLUENTES DE ETAR PARA IRRIGAÇÃO EM AGRICULTURA NA REGIÃO ALENTEJO**

A agricultura é o objectivo de aplicação mais imediata de reutilização de águas residuais em virtude de, na maior parte das situações, ser compatível com a qualidade dos efluentes que foram sujeitos a um tratamento do tipo secundário (Arber, 1984; Riper *et al.*, 1998).

O aproveitamento de águas residuais para irrigação tem efeitos positivos aos seguintes níveis: conservação da água, através da reutilização para a agricultura e para a recarga dos aquíferos; recuperação de nutrientes; melhoria das condições socio-económicas dos agricultores; melhoria da qualidade de vida das populações, pela criação de espaços verdes e campos desportivos; melhoria da fertilidade do solo pela incorporação de matéria orgânica; protecção da qualidade das águas dos meios receptores de efluentes de ETAR. Os inconvenientes reais e potenciais, que importa conhecer e evitar: possibilidade de contaminação das plantas irrigadas e do solo pelos microrganismos patogénicos, eventualmente presentes nas águas residuais tratadas (dependendo do tratamento a que as mesmas forem submetidas anteriormente à sua utilização em rega). Os microrganismos patogénicos, podem atingir o homem através da cadeia alimentar, pelo contacto directo com as plantas irrigadas (agricultores, comerciantes, desportistas e outros) ou o seu consumo, ou indirectamente através da ingestão de produtos provenientes dos animais (Marecos do Monte, 1984; Asano *et al.* 1985; Shuval *et al.*, 1986; Pinto, 1991; Oron *et al.*, 1995).

A utilização de águas residuais tratadas em irrigação, pode representar um benefício socio-económico significativo no Alentejo em virtude da carência de disponibilidade de água para a agricultura (Marecos do Monte, 1994).

A reutilização agrícola de efluentes urbanos de ETAR para irrigação constitui também uma forma de fertirrigação, o que tem grande importância principalmente no Alentejo contribuindo para fixar os agricultores (Marecos do Monte, 1994).

A reduzida representatividade da indústria na região Alentejo, pode ser uma garantia de que a disponibilidade de águas residuais, em termos de características químicas, podem ser satisfatórios para a sua utilização em agricultura.

A lagunagem é um processo de depuração de águas residuais muito utilizado na região Alentejo. A adopção deste processo de tratamento na região tem-se baseado nalgumas

características de que se evidencia as mais relevantes: terrenos disponíveis; baixos custos de operação e manutenção quando comparados com outros sistemas de tratamento convencionais; necessidade de garantir elevados níveis de qualidade, particularmente do ponto de vista dos microrganismos patogénicos; óptimas condições naturais (elevado número de horas de sol/ano e temperaturas médias elevadas) e bom enquadramento paisagístico.

## **2.1.2 - LEGISLAÇÃO DE AMBITO COMUNITÁRIO E NACIONAL**

O Decreto-Lei Nº 46/94 de 22 de Fevereiro, estabelece o regime de licenciamento da utilização do domínio hídrico sob jurisdição do Instituto da Água.

O Decreto-Lei Nº 152/97 de 19 de Junho, transpõe para o direito interno a Directiva Nº 91/271/CEE relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas (VLE e percentagem de redução para os parâmetros CBO<sub>5</sub>, CQO, Sólidos Suspensos Totais, Fósforo Total e Azoto Total). Relativamente a outros parâmetros (ex. pH, Óleos e Gorduras e Coliformes fecais) não previstos no Decreto-Lei Nº 152/97 e em função do meio receptor, aplica-se os VLE previstos no Decreto-Lei Nº 236/98 de 1 de Agosto.

Nos termos do Decreto-Lei 46/94 de 22 de Fevereiro, a aplicação a solos agrícolas ou florestais de efluentes utilizados como água de rega, está sujeito a licenciamento pela Direcção Regional do Ambiente e do Ordenamento do Território, respectivamente nos termos do Nº 2 do artigo 36º, dependendo da competente Direcção Regional de Agricultura (artigo 37º).

No âmbito da utilização agrícola de efluentes de águas residuais, tem interesse a Directiva do Conselho relativa à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola (Directiva 91/676/CEE). Trata-se de regulamentar a aplicação de fertilizantes azotados ao solo, por forma a garantir a manutenção dos valores de nitritos nas águas potencialmente afectadas por essas práticas abaixo de 50 mg NO<sub>3</sub>/l para águas subterrâneas e águas doces superficiais, utilizadas ou destinadas à captação de água potável. Por outro lado a aplicação de fertilizantes azotados ao solo tem em consideração a não contribuição dessas práticas para tornar eutróficos, de imediato ou a curto prazo, os lagos

naturais ou outras reservas de água doces interiores, estuarinas e águas costeiras ou marinhas. Segundo o Código de Boas Práticas Agrícolas, aprovado ao abrigo do disposto no Artigo 6º do Decreto-Lei 235/97, de 3 de Setembro, tem interesse relativamente à utilização de águas residuais a prevenção de poluição dos meios hídricos pela infiltração dos drenados ou perdas em profundidade de águas provenientes de sistemas de rega.

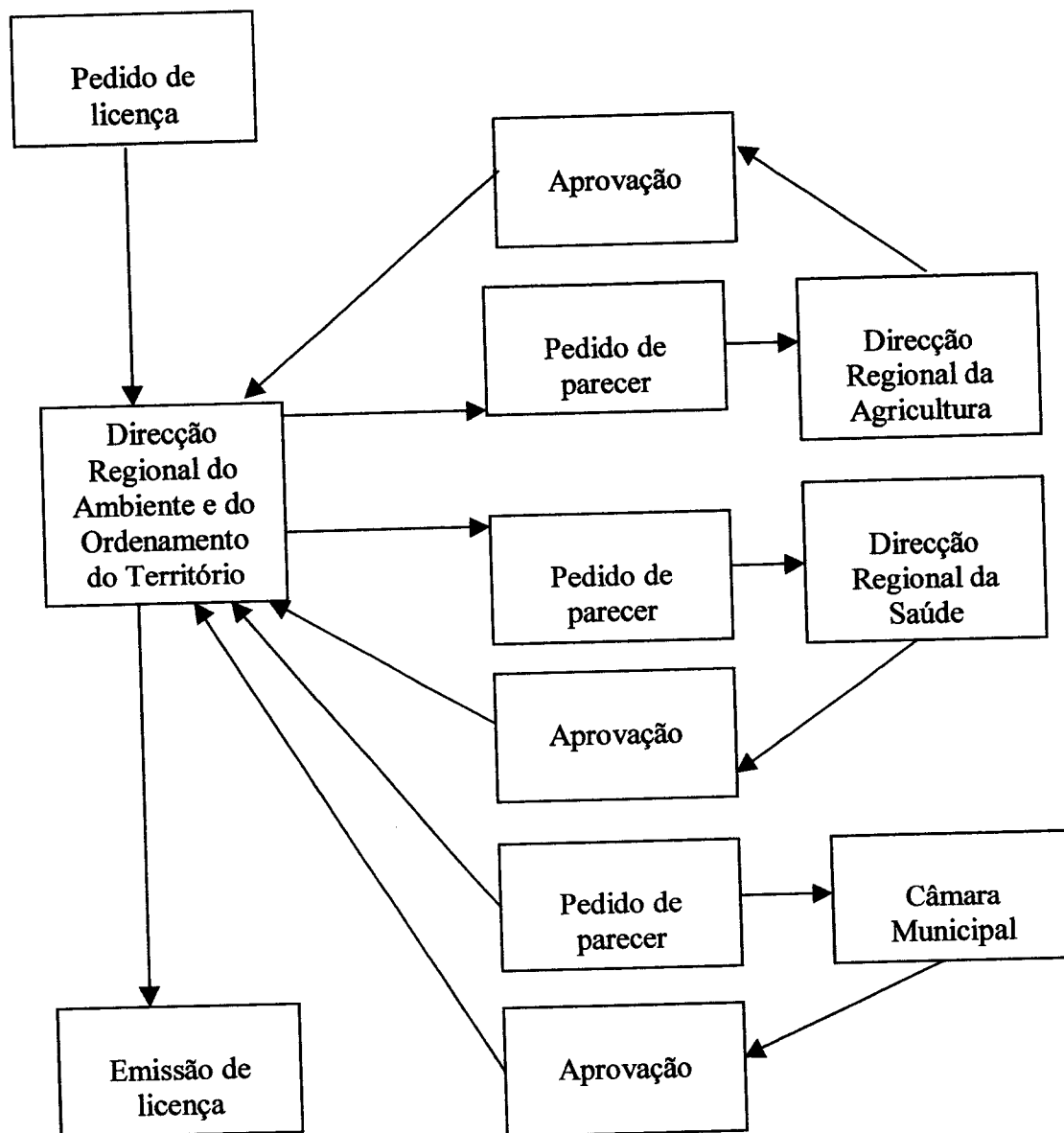
Consideram-se zonas sensíveis, *"lagos naturais de água doce, outras extensões de água doce, estuários e águas costeiras que se revelem eutróficos ou susceptíveis de se tornarem eutróficos num futuro próximo se não forem tomadas medidas de protecção"*. Nestas zonas, o Decreto-Lei 152/97 impõe que, para ETAR servindo aglomerados populacionais entre 10 000 e 100 000 habitantes equivalentes, se respeitem teores máximos de fósforo total de 2 mg/l e de azoto total de 15 mg/l.

A Directiva do Conselho nº 80/68/CEE relativa à protecção das águas contra a poluição causada por certas substâncias perigosas, limita a descarga indirecta de substâncias constantes da chamada "lista II". A concentração destas substâncias nas águas residuais urbanas tratadas é geralmente muito diminuta, o que não causa perigo no que concerne à poluição de águas subterrâneas.

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei 152/97 de 19 de Junho, as estações de tratamento de águas residuais que servem aglomerados populacionais superiores a 10 000 habitantes equivalentes e cujos efluentes tratados são rejeitados para massas de água classificadas como sensíveis, devem ser reabilitadas tendo em vista o aumento da sua eficiência de tratamento e em particular, a redução dos teores em azoto total e em fósforo total. No Alentejo ocorre com as ETAR de Beja Sado e Beja Guadiana. A ETAR Beja Guadiana entrou em funcionamento em Junho de 2001, não tendo a DRAOT Alentejo nenhum resultado analítico.

A utilização de efluentes em agricultura está institucionalmente ligada ao Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAOT) sujeito a parecer vinculativo, do Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e Pescas (MADRP).

O uso de efluentes na rega a partir de uma ETAR urbana está condicionado ao licenciamento a conceder pelo MAOT sujeito a parecer favorável do MADRP, da Direcção Geral de Saúde (DGS) e da respectiva Câmara Municipal, conforme representado no esquema na Figura 1.1.



**Figura 2.1 - Esquema do procedimento necessário para o licenciamento da utilização de águas residuais na rega a partir de uma ETAR urbana .**

As exigências de qualidade das águas de rega são referidas no Decreto-Lei de 236 de 1 de Agosto de 1998 anexo XVI, onde é estipulado o valor máximo recomendado (VMR) e o valor máximo admissível (VMA) para uma série de parâmetros de natureza física, química e biológica como é possível constatar no Quadro 2.2 . Os métodos de análise de referência para os parâmetros referidos, bem como a frequência mínima de amostragem para efeitos

de controlo da qualidade das águas destinadas à rega são referidas no anexo XVI do referido Decreto-Lei.

**Quadro 2.2 - Qualidade das águas de rega, segundo o Decreto-Lei de 236 de 1 de Agosto de 1998, anexo XVI.**

Parâmetros	Expressão dos resultados	VMR	VMA	Observações
Alumínio (Al)	mg/l	5.0	20	Risco de improdutividade em solos com pH>5.5. Em solos com pH>7 o risco de toxicidade é eliminado por precipitar o alumínio.
Arsénio (As)	mg/l	0.10	10	Toxicidade variável consoante as culturas, oscilando entre 12 mg/l para a erva-do-sudão e 0.05 mg/l para o arroz.
Bário (Ba)	mg/l	1.0		
Bérblio (Be)	mg/l	0.5	1.0	
Boro (B)	mg/l	0.3	3.75	Para solos de textura fina e em curtos períodos recomenda-se como concentração máxima 2 mg/l.
Cádmio (Cd)	mg/l	0.01	0.05	Tóxico para o feijoeiro, beterraba e nabo em concentrações da ordem dos 0.1 mg/l em soluções nutritivas. Recomenda-se limites mais restritivos, dado este não se acumular nas plantas e no solo, podendo prejudicar o ser humano.
Chumbo (Pb)	mg/l	5.0	20	As concentrações muito elevadas podem inibir o desenvolvimento celular das culturas.
Cloretos (Cl)	mg/l	70	-	Para a cultura do tabaco recomenda-se uma concentração inferior a 20 mg/l, não devendo exceder os 70 mg/l.
Cobalto (Co)		0.05	10	Tóxico em soluções nutritivas para a cultura do tomate na ordem dos 0.1 mg/l. Tende a ser inactivo em solos neutros ou alcalinos.
Cobre (Cu)	mg/l	0.20	5.0	Tóxico em soluções nutritivas com concentrações entre 0.1 mg/l e 1 mg/l para diversas culturas.
Crómio total (Cr)	mg/l	0.10	20	Por se desconhecer o seu efeito tóxico, recomenda-se limites mais restritivos.
Estanho (Sn)	mg/l	2.0		
Ferro (Fe)	mg/l	5.0		Não tóxico em solos bem arejados, mas pode contribuir para a acidificação do solo, tornando indisponível o fósforo e o molibdénio.
Flúor (F)	mg/l	1.0	15	Inactivo em solos neutros e alcalinos.
Lítio (Li)	mg/l	2.5	5.8	Tolerante pela maioria das culturas em concentrações superiores a 5 mg/l; móvel no solo. Tóxico para os citrinos a baixas concentrações (<0.075 mg/l).

Manganés (Mn)	mg/l	0.20	10	Tóxico para um certo número de culturas desde algumas décimas até poucos mg/l, mas normalmente só em solos ácidos.
Molibdénio (Mo)	mg/l	0.005	0.05	Não é tóxico em concentrações normais. Em solos ricos em molibdénio livre as forragens podem no entanto ocasionar toxicidade nos animais.
Níquel (Ni)	mg/l	0.5	2.0	Tóxico para um certo número de culturas entre 0.5 mg/l e 1 mg/l; reduzida toxicidade para o pH neutro ou alcalino.
Nitratos (No <sub>3</sub> )	mg/l	50		Concentrações elevadas podem afectar a produção e qualidade das culturas sensíveis. No plano da fertilização da parcela convirá contabilizar o azoto veiculado pela água de rega
Salinidade:				Depende muito da resistência das culturas à salinidade, bem como do clima, do método de rega e da textura do solo.
CE	dS/m	1		
SDT	mg/l	640		
SAR (1)		8		Depende da salinidade à água, características do solo e do tipo da cultura a ser irrigada.
Selénio (Se)	mg/l	0.02	0.05	Tóxico para as culturas em concentrações da ordem dos 0.025 mg/l. Em solos com um teor relativamente elevado em selénio absorvido, as forragens podem ocasionar toxicidade nos animais.
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 de fruto.
Sulfatos (So <sub>4</sub> )	mg/l	575		
Vanádio(V)	mg/l	0.10	1.0	Tóxico para diversas culturas em concentrações relativamente baixas
Zinco (Zn)	mg/l	2.0	10.0	Tóxico para as diversas culturas numa gama ampla, toxicidade reduzida a pH>6 e solos de textura fina ou solos orgânicos.
PH	Escala de Sorsen	6.5-8.4	4.5-9.0	
Coliformes fecais	/100 ml	100		
Ovos de parasitas intestinais	N/l		1	

(1) A relação adsorção de sódio (SAR) é traduzida pela seguinte equação, onde as concentrações devem ser expressas em meq/l:

$$SAR = Na / ((Ca+Mg)/2)^{1/2}$$



## **2.2 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS**

As águas residuais urbanas são uma complexa mistura de substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas e suspensas na água, povoadas por numerosos microorganismos de diversos tipos, muitos dos quais são de origem fecal e alguns são patogênicos (Marecos do Monte, 1985; Pinto 1991). A caracterização de águas residuais assenta na determinação de uma série de parâmetros de natureza química, física ou biológica, susceptíveis de traduzir a carga orgânica dessas águas.

Não considerando a influência do clima, particularmente significativa relativamente à composição microbiológica dos esgotos domésticos, pode dizer-se que a composição e características de uma água residual urbana não tratada, varia fundamentalmente, com a dimensão e o grau de desenvolvimento socio-económico da comunidade em causa (Marecos do Monte, 1985; Pinto 1991).

### **2.2.1 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Das características indicadas no Quadro 2.2 relativas quer ao tratamento quer à reutilização de águas residuais, os parâmetros mais caracterizadores da composição química de uma água são o pH (cujo conhecimento tem interesse por condicionar a solubilidade dos micronutrientes e de outros elementos e a própria reacção do solo) e os teores em macro e micronutrientes, elementos não nutrientes, particularmente metais pesados, e compostos orgânicos de síntese (Metcalf & Eddy, 1991). São indicadas as concentrações em azoto, fósforo e elementos ou iões mais significativos, assim como os valores do carbono orgânico total e da carência química e bioquímica de oxigénio, abreviadamente designadas por COT, CQO e CBO respectivamente. Estes três últimos parâmetros permitem avaliar a quantidade de compostos orgânicos biodegradáveis (CQO e CBO) e a matéria orgânica total (COT) contidos nos efluentes.

Os macronutrientes principais (azoto e fósforo) têm interesse não apenas em termos da avaliação da sua disponibilidade para as culturas a regar, mas também porque estes elementos, presentes nos efluentes em quantidades normalmente muito significativas,

podem causar problemas de índole ambiental. Os efluentes ricos em azoto e fósforo, quando lançados em meios hídricos receptores sem serem sujeitos a adequado tratamento prévio, podem causar a eutrofização dessas águas. Por sua vez, e no caso do lançamento dos efluentes no solo, o azoto, normalmente o elemento presente nos efluentes urbanos em maior quantidade a seguir ao carbono, poderá provocar a contaminação das águas subterrâneas (Pinto, 1988). O conhecimento do teor dos efluentes em potássio tem sobretudo interesse sob o ponto de vista agronómico, já que em termos de impacto ambiental ou de tratamento, ele não provoca normalmente problemas. Relativamente aos macronutrientes, excepto o boro e metais pesados, não têm tendência a acumular-se nas águas residuais.

Além dos aspectos ligados à toxicidade ou fitotoxicidade, é necessário controlar o nível de determinados elementos como é o caso do sódio, susceptível de afectar desfavoravelmente a estrutura do solo e, de um modo geral, de todas as substâncias que dissolvidas em quantidades elevadas podem provocar problemas de salinidade no solo. O cloro, quando em quantidade significativa nos efluentes, pode provocar danos às plantas se levado ao contacto com as folhas.

A matéria orgânica (MO) existente nas águas residuais (AR) é constituída por proteínas, hidratos de carbono, óleos, gorduras e ureia, podendo ainda conter pequenas quantidades de compostos orgânicos sintéticos, tais como surfactantes e pesticidas, poluentes orgânicos e compostos orgânicos voláteis. Alguns compostos orgânicos são de difícil biodegradabilidade, nomeadamente os sintéticos, como os pesticidas e alguns reagentes da indústria química. A maior parte destes compostos orgânicos ficam no solo e são lentamente decompostos; no entanto podem constituir uma fonte de poluição das águas subterrâneas, em particular, se a percolação do efluente através do solo for muito rápida (Marecos do Monte, 1984; Page e Chang, 1985).

O Quadro 2.3 caracteriza a carga poluente de uma água residual não tratada, relativamente aos principais parâmetros de natureza química (Metcalf & Eddy, 1991; Santos e Pinto, 1985; Page e Chang, 1985). Os valores são representativos de águas residuais urbanas brutas com características médias, considerando três níveis de carga poluente (referenciados como forte, média e fraca).

**Quadro 2.3 - Carga poluente de uma água residual não tratada, segundo (Metcalf & Eddy, 1991; Santos e Pinto, 1985; Page e Chang, 1985).**

Constituintes	Carga poluente		
	Forte	Média	Fraca
Sólidos totais (mg/l)	1200	700	350
Sólidos dissolvidos totais (mg/l)	850	500	250
Fixos	525	300	145
Voláteis	325	200	105
Sólidos em suspensão totais (mg/l)	350	200	100
Fixos	75	50	30
Voláteis	275	150	70
CBO <sub>5</sub> (mg/l)	400	220	110
CQO (mg/l)	1000	500	250
COT (mg/l)	290	160	80
PH	8.0 <sup>a)</sup>	7.5 <sup>a)</sup>	6.5 <sup>a)</sup>
Azoto total (N, mg/l)	85	40	20
Orgânico (mg/l)	35	15	8
Amoniacal (N, mg/l)	50	25	12
Nitratos (N, mg/l)	0	0	0
Nitritos (N, mg/l)	0	0	0
Fósforo total (P, mg/l)	15	8	4
Orgânicos (N, mg/l)	5	3	1
Inorgânico (mg/l)	10	5	3
Cloretos (mg/l)	100	50	30
Alcalinidade (CaCO <sub>3</sub> mg/l)	200	100	50
Sulfatos (mg/l)	50	30	20
Compostos orgânicos voláteis (g/l)	>400	100-400	< 100
Coliformes totais (nº mic.100/ml)	10 <sup>8</sup> - 10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>
<b>Elementos vestigiais</b>		<b>Concentração média</b>	
Cádmio (mg/l)		0.04 - 0.14 <sup>a)</sup>	
Crómio (mg/l)		0.02 - 0.7 <sup>a)</sup>	
Boro (mg/l)		0.3 - 0.14 <sup>a)</sup>	
Níquel (mg/l)		0.002 - 0.105 <sup>a)</sup>	
Zinco (mg/l)		0.03 - 8.3 <sup>a)</sup>	
Cobre (mg/l)		0.02 - 3.36 <sup>a)</sup>	
Chumbo (mg/l)		0.05 - 1.27 <sup>a)</sup>	
Molibdénio (mg/l)		0.001 - 0.018 <sup>b)</sup>	

a) Metcalf & Eddy (1991)

b) Page e Chang (1985)

O Quadro 2.4 indica a quantidade de elementos minerais dissolvidos nas águas residuais, que resulta do seu teor inicial e do que lhe foi adicionado durante o seu uso (Metcalf & Eddy, 1991).

**Quadro 2.4 - Aumento de diversos constituintes resultantes do uso doméstico da água, segundo (Metcalf & Eddy, 1991).**

Constituintes	Aumento <sup>a)</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )
<b>Aniões</b>	
Bicarbonatos	50 - 100
Carbonatos	0 - 10
Cloretos	20 - 50 <sup>b)</sup>
Fósforo	5 - 15
Nitratos	20 - 40
Sulfatos	15 - 30
<b>Catiões</b>	
Cálcio	6 - 16
Magnésio	4 - 10
Potássio	7 - 15
Sódio	40 - 70
<b>Outros constituintes</b>	
Alumínio	0,1 - 0,2
Boro	0,1 - 0,4
Fluor	0,2 - 0,4
Manganés	0,2 - 0,4
Silica	2 - 10
Alcalinidade total	60 - 120
Sólidos dissolvidos totais	150 - 380

a) Não inclui a adição de efluentes industriais ou comerciais.

b) Excluindo a adição de detergentes.

## 2.2.2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

No que concerne às características físicas, pode dizer-se que os principais parâmetros definidores de uma água residual urbana são os seus teores em sólidos totais, sólido em suspensão e sólidos dissolvidos (Quadro 2.3).

Cerca de 60% dos sólidos totais presentes num efluente urbano encontram-se dissolvidos. Relativamente aos sólidos em suspensão, aproximadamente 50% apresentam-se em formas não decantáveis, enquanto que os restantes 50% correspondem a partículas susceptíveis de sofrer decantação. Quanto à natureza das substâncias que constituem os sólidos totais, poderá dizer-se que sensivelmente metade dos sólidos é constituída por matéria orgânica (Pinto 1988).

Outras características físicas, designadamente a cor e o odor, são também por vezes referidas na caracterização de um efluente, já que as mesmas podem fornecer indicações quanto ao seu grau de putrefacção (Metcalf & Eddy, 1991).

Normalmente, a concentração de sólidos em suspensão (SS) dos efluentes tratados é baixa, o que é conveniente para a sua utilização em irrigação. Se assim não fosse, a capacidade de infiltração no solo seria reduzida por sedimentação dos (SS) o que limitaria a quantidade de oxigénio no solo, afectando as plantas e as populações microbianas aeróbias que decompõem a MO (Marecos do Monte, 1984). Esta autora, em ensaios realizados ao efluente da lagoa facultativa de Santo André, determinou um valor médio de 36,2 mg/l de SST.

### 2.2.3 - CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

As águas residuais domésticas contêm um elevadíssimo número de microorganismos, podendo encontrar-se entre eles elementos patogénicos de origem fecal, designadamente vírus, bactérias, protozoários e helmintes (Marecos do Monte, 1984; Asano *et al.* 1985; Shuval *et al.*, 1986; Pinto, 1991).

Indicam-se, dentre os mais significativos organismos patogénicos potencialmente presentes em águas residuais brutas, os agentes responsáveis pela transmissão de doenças como a cólera, febre tifóide, salmoneloses, gastroenterites, meningites, hepatite infecciosa e a hidatiose (Pinto, 1991).

Podem aparecer as bactérias dos géneros *Shigella*, *Salmonella* e *Leptospira* e algumas espécies particularmente importantes como é o caso do *Escherichia coli*, do *Vibrio cholerae* e da *Yersinia enterocolitica* (Hillman, 1985; Feachen *et al.*, 1983 cit. por Shuval *et al.* 1986; Cooper, 1991; Pinto, 1991).

Relativamente aos vírus, mais de 100 tipos de vírus patogénicos para homens e animais como os enterovírus, vírus A da hepatite, rotavírus, adenovírus e parvovírus, podem ser encontrados em efluentes urbanos brutos (Marecos do Monte, 1984; Shuval *et al.*, 1986; Pinto, 1991).

Em relação aos parasitas, podem citar-se algumas espécies dos géneros *Ascaris*

*lumbricoides* e *Trichuris trichuria* que são altamente endémicas em qualquer parte do mundo (Marecos do Monte, 1984; Shuval *et al.*, 1986; Pinto, 1991). Quanto aos protozoários patogénicos para o Homem, podemos citar as espécies *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinalis* e *Balantidium histolyca*.

A presença de parasitas, protozoários e helmintes apresentado no Quadro 2.5. depende bastante do grau de desenvolvimento sócio económico da comunidade (Marecos do Monte, 1984).

**Quadro 2.5 - Principais parasitas em lamas e efluentes, segundo (Marecos do Monte, 1984).**

Parasitas	Estado	Hospedeiro definitivo
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ovo	Homem
<i>Ascaris suum</i>	Ovo	Homem
<i>Trichurus trichiura</i> *	Ovo	Homem
<i>Trichurus suis</i> *	Ovo	Porco
<i>Trichurus vulpis</i> *	Ovo	Cão
<i>Toxara canis</i>	Ovo	Cão
<i>Toxara cati</i>	Ovo	Gato
<i>Taenia saginata</i> **	Ovo	Homem
<i>Taenia solium</i>	Ovo	Homem
<i>Echinococcus granulosus</i>	Ovo	Cão
<i>Echinococcus multicoloris</i>	Ovo	Cão
<i>Toxoplasma gondii</i>	Quistos	Gato

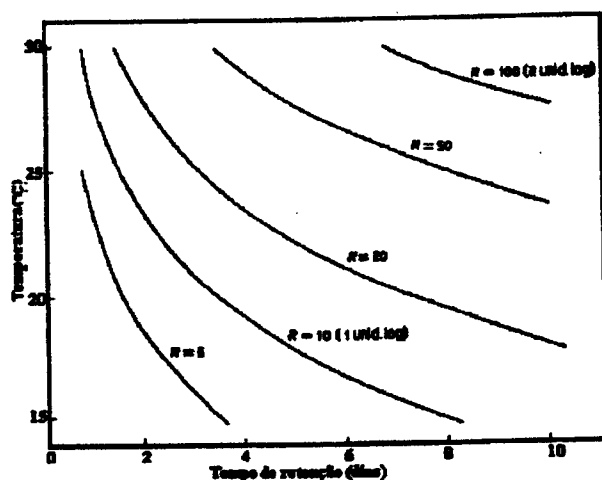
\* Importância média duvidosa; \*\* Ovo não infeccioso para o homem.

É difícil estimar, para um dado efluente e num dado momento, qual a concentração relativamente a cada um dos organismos ou microorganismos referidos visto dependerem de factores como: o estado geral de saúde de uma população, as condições climáticas e as características do próprio sistema de recolha de águas residuais.

Nestas condições, a caracterização de uma água residual em termos microbiológicos e sanitários assenta, fundamentalmente, na determinação do nível de contaminação em bactérias coliformes não patogénicas, muito numerosas e de fácil identificação. Efectivamente, sendo as bactérias coliformes excretadas em quantidades elevadíssimas por seres humanos e animais (50 milhões de coliformes por grama de fezes), a ausência de coliformes numa água pode ser utilizada como indicador da ausência de elementos patogénicos.

Nos processos de tratamento de águas residuais em lagoas de estabilização em que o

período de retenção é superior a vinte dias, contêm menos organismos patogénicos (Marecos do Monte, 1984). A remoção de microorganismos em sistemas de lagunagem aumenta com o número de lagoas constituintes do sistema (Mara, 1978 cit. por Marecos do Monte 1994). Além do número de lagoas, a temperatura e o tempo de retenção constituem importantes factores na remoção de microorganismos por este processo de tratamento, conforme ilustrado na Fig. 2.2 (Mara, 1978, cit. por Marecos do Monte 1994).



**Figura 2.2 - Redução de coliformes fecais em sistema de lagunagem, em função do tempo de retenção e da temperatura (Mara, 1978 cit. por Marecos do Monte 1994).**

Marecos do Monte (1994) em ensaios realizados ao efluente da ETAR de Santo André, determinou para o parâmetros *E. Coli* um valor médio de  $4,4E^4$ . Para o parâmetro Coliformes fecais, a autora observou a média de  $1,95E^4$  em 100 ml e de *Salmonella* um valor médio de  $1,98E^1$  em 100 ml. Não foram detectados ovos de helmintas.

A Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas dos Alimentos (IMCSE), apresenta pela primeira vez em 1974, uma tentativa de especificação de limites de contaminação de alimentos, segundo os quais, níveis de contaminação superior a  $10E^5$  de *E. Coli*/100g seriam inaceitáveis. Segundo esta especificação, não seria de aceitar qualquer produto em que fosse detectado o género *Salmonella* (Bartone, 1987) .

No Quando 2.6 observa-se o tempo de sobrevivência dos microorganismos patogénicos presentes nos efluentes tratados e a presença de outros microorganismos que exercem acção predadora (Pescod, 1992).

**Quadro 2.6 - Tempo de sobrevivência dos microorganismos patogénicos na água residual (20 - 30°C), segundo (Pescod, 1992).**

AGENTE PATOGENICO	TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA EM DIAS		SOLO	PLANTA
	FEZES E LAMAS URBANAS	ÁGUA E ÁGUAS RESIDUAIS		
<b>Vírus</b> Enterovirus	<20	<50	<20	<15
<b>Bactérias</b> Coliformes fecais	<50	<30	<15	<15
<i>Salmonella spp.</i>	<30	<30	<20	<15
<i>Shigella spp.</i>	<10	<10		<5
<i>Vibrio cholerae</i>	<5	<10	<10	<2
<b>Protozoários</b> Quistos de <i>Entamoeba</i> <i>Histolyca</i>	<15	<15	<10	<2
<b>Helminthes</b> Ovos de <i>Ascaris</i> <i>Lumbricoides</i>	Vários meses	Vários meses	Vários meses	Vários meses

Dos factores que afectam a sobrevivência mencionam-se o tipo e o número de microorganismos, o teor de matéria orgânica, a temperatura, a humidade, o pH, a precipitação, a insolação, a protecção que as folhas oferecem, a competição com a flora microbiana (Pettygrove e Asano, 1984) e a própria qualidade das águas residuais.

O principal risco para a saúde pública, reside na possível contaminação das plantas regadas e dos solos, pelos microorganismos patogénicos eventualmente nas águas residuais tratadas, factor que depende do tratamento a que as mesmas foram submetidas anteriormente à sua reutilização e que podem atingir o homem por contacto directo com as culturas ou pelo seu consumo e indirectamente pela ingestão de produtos provenientes dos animais consumidores primários (Marecos do Monte, 1994).

No entanto, nas ETAR mais importantes existe o predomínio de sistemas de tratamento de nível secundário ou mesmo terciário que poderão garantir a adequação dessas águas residuais tratadas para uso agrícola.

Por forma a permitir a reutilização do efluente líquido na rega de produtos comestíveis em cru, haverá que garantir a qualidade bacteriológica do efluente de modo a ser compatível com a legislação aplicável. Pelo Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, no que se refere à qualidade das águas destinadas à rega, relativamente aos parâmetros microbiológicos, a



legislação define como valor máximo recomendado (VMR) para os coliformes fecais 100/100ml, enquanto que para os parasitas intestinais atribui o valor máximo admissível (VMA) de 1 N/l.

No Quadro 2.7 apresentam-se os valores padrão recomendados pela OMS para a qualidade microbiológica da água residual utilizada em irrigação.

**Quadro 2.7 - Valores padrão recomendados pela (OMS, 1989)<sup>\*</sup> para a qualidade microbiológica da água residual utilizada em irrigação.**

Classe	Utilização	Grupo Exposto	Nemátodos Intestinais	Coliformes fecais	Nível de tratamento da A.R. para alcançar a qualidade microbiológica requerida
A	Rega de culturas para serem consumidas cruas, campos de desporto, jardins públicos	Trabalhadores, consumidores, público	<1	< 1000	Uma série de lagoas de estabilização concebidas para alcançar a qualidade microbiológica indicada ou tratamento equivalente
B	Rega de cereais, culturas para a indústria, forragens e árvores	Trabalhadores	<1	Não é recomendado valor padrão	Retenção em lagoas de estabilização durante 8-10 dias ou uma remoção equivalente de helmintes e CF
C	Rega localizada de culturas da categoria B se a exposição de trabalhadores e público não acontece	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica	Pré tratamento em função da técnica de rega utilizada, mas nunca inferior a uma decantação primária

\* Os valores padrão podem ser modificados de acordo com condições ambientais, socioculturais e epidemiológicas específicas.

## 2.3 - INTERACÇÕES NO BIOSISTEMA SOLO PLANTA IRRIGADAS COM ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS

### 2.3.1 - EFEITO NO SOLO

Os efluentes contêm dissolvidos ou em suspensão, elementos ou substâncias com valor nutritivo para as plantas ou com interesse sob o ponto de vista de fertilidade do solo (Santos, 1983, 1985,1991). A utilização de águas residuais como fertilizantes encontra-se amplamente referida na bibliografia da especialidade (Marecos do Monte, 1984; Asano *et al.* 1985; Shuval *et al.*, 1986; Pinto, 1991).

A deterioração de estrutura no solo com a aplicação de águas residuais com elevados teores

de sódio são provocadas pela desfloculação e dispersão das argilas. Este problema depende: do estado da estrutura; dos valores da razão de sódio de troca; da salinidade e teor de sódio da água, o que se traduz pela redução da macroporosidade do solo (Pinto, 1996).

A aplicação de águas residuais em quantidades excessivas, ricas em sólidos em suspensão, podem conduzir à colmatação do solo, em especial da camada superficial. Como consequência será afectada a taxa de infiltração de água, a condutividade hidráulica e o arejamento do solo (Pinto, 1996).

Vaisman *et al.* (1981) referem, que o principal problema na rega com águas residuais é a poluição do solo e das águas subterrâneas.

### **2.3.1.1 - MATÉRIA ORGÂNICA**

O conteúdo em matéria orgânica biodegradável da água residual é usualmente expresso em CBO, CQO e COT, contudo estas determinações não fornecem uma indicação sobre a sua composição nem identificam nenhuma substância orgânica tóxica. É essencial para a avaliação toxicológica da qualidade da água, que as substâncias orgânicas sejam identificadas e determinadas as suas concentrações (Chang e Page, 1985). A mineralização da matéria orgânica e a estabilização dos compostos de carbono no solo dependem, em grande parte, das condições de aerobiose ou de anaerobiose existentes no meio. Quando são aplicadas ao solo quantidades de matéria orgânica excessivas relativamente à capacidade do solo para assegurar essa mineralização, esta tende a acumular-se, podendo conduzir à degradação das condições de drenagem da água e do arejamento do solo, e indirectamente, ao encaminhamento dos processos de biodegradação dessa matéria orgânica, segundo vias que não são as mais favoráveis em termos de fertilidade do solo e ambientais (Santos, 1983, 1991).

Entre os processos que podem afectar as substâncias orgânicas nos solos, introduzidas devido à rega com águas residuais, estão a absorção, a volatilização, a biodegradação, a lixiviação e as reacções químicas (Brady, 1974; Chang e Page, 1985). Segundo (Saenz, 1987) existem poucos estudos acerca da absorção pelas culturas de compostos orgânicos sintéticos que aparecem na água de rega. Os pesticidas sintéticos e bifenóis policlorados

permanecem relativamente fixos no solo e não são absorvidos pelas plantas. Os animais em pastoreio podem absorver estes compostos orgânicos que posteriormente aparecem no leite.

### 2.3.1.2 - pH

As águas residuais urbanas, devido ao seu uso, tornam-se alcalinas, variando o seu pH normalmente entre 6,5 - 8,5 podendo alterar o pH do solo. Beek *et al.* (1977a) verificaram que houve um aumento no pH do solo devido à aplicação de esgoto doméstico e industrial, durante 50 anos, a um solo arenoso com pastagem. Também observaram subidas no pH de solos ácidos de textura arenosa quando regados com águas residuais (Sawliney e Hill, 1975 e Cromer *et al.*, 1984). Constatou-se que durante a aplicação de águas residuais durante quatro anos, o pH (0,01 M CaCl<sub>2</sub>) variava de um valor inicial de 6,7 para 7,3 , sendo recomendado o controlo do pH do solo e da salinidade nas aplicações a longo prazo de águas residuais (Nielsen *et al.*, 1989a).

A elevação do pH do solo devido à aplicação de águas residuais faz aumentar a sua capacidade de troca catiónica, aumentando também a sua capacidade em remover catiões poluentes das águas residuais aplicadas (Sawhney e Hill, 1975).

O pH, em sistemas de lagunagem natural é ligeiramente alcalino, devido à produção de CO<sub>2</sub> pela acção fotossintética de microalgas (Beek *et al.*, 1977a).

Marecos do Monte (1994), em ensaios realizados ao efluente de Santo André determinou um valor de pH médio de 8,2.

Em Portugal, o Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho no Anexo XVIII, indica valores permissivos na emissão de descarga de águas residuais urbanas, valores de pH compreendidos entre 6,0 e 9,0. O Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto no Anexo XVI indica como VMR valores de norma de qualidade compreendidos entre 6,5 e 8,4 e como VMA valores que não deverão exceder 4,5 e 9,0.

### 2.3.1.3 - MACRONURIENTES

As plantas absorvem azoto através das raízes, na suas forma inorgânicas, mais facilmente sob a forma de iões  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , sendo esta última forma geralmente tóxica utilizada principalmente pelas leguminosas que a obtêm a partir do azoto molecular  $\text{N}_2$  da atmosfera (Santos e Pinto, 1985). Segundo a (FAO, 1992) o importante para as plantas é o azoto total, independentemente deste elemento se encontrar na forma orgânica ou inorgânica devido à transformação bioquímica de compostos orgânicos azotados nas formas inorgânicas.

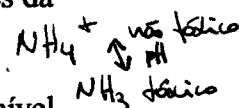
A mineralização envolve um conjunto de sucessivas transformações, normalmente agrupadas em três fases distintas (aminização, amonificação e nitrificação), em que intervêm diversos tipos de microorganismos, os quais podem ser sintetizadas do seguinte modo (Tisdale *et al.*, 1985; Santos, 1991; Feigin *et al.*, 1991): aminização (decomposição das estruturas químicas mais complexos e normalmente de maiores dimensões através de microorganismos heterotróficos, que culmina com a hidrólise das proteínas, conduzindo assim à formação de aminoácidos, aminas,  $\text{CO}_2$  e outros compostos, e à libertação de energia; amonificação (conversão de aminoácidos e aminas em compostos amoniacais, ainda mediante a intervenção de microorganismos heterotróficos - fungos e bactérias como no caso anterior e que conduzem também à libertação de energia; nitrificação (conjunto de transformações asseguradas pela participação dos designados microorganismos nitrificantes, agora do tipo autotrófico, e que se processa primeiramente na conversão do azoto amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) em ( $\text{NO}_2^-$ ) mediante a acção de bactérias do género *Nitrossomas*, depois a oxidação dos nitritos a nitratos mediante a conversão de microorganismos do género *Nitrobacter*.

A concentração normal de azoto numa água residual tratada é de 33 mg/l. A maior parte dele está na forma amoniacal ou em formas orgânicas rapidamente mineralizáveis. Existe também, uma pequena quantidade de nitratos (Feigin *et al.*, 1981; Broadbent e Resenauer, 1985; Tamburino e Barbagallo, 1989; Jessen *et al.*, 1988; Sheik *et al.*, 1990). O azoto contido na água residual tem valor como fertilizante e deve ser levado em consideração no planeamento da fertilização (Feigin *et al.*, 1981); Bielorai *et al.*, 1984; Tamburino e Barbagallo, 1989; Marecos do Monte, 1989).

Relativamente à utilização de águas residuais é necessário ter em conta a poluição pelo

azoto, que pode contribuir para a eutrofização das águas de superfície e de estuários e causar problemas de saúde no Homem e nos animais (Lance *et al.*, 1976; Lund *et al.*, 1981; Vaisman *et al.*, 1981; Grant *et al.*, 1982; Jenssen e Siegris, 1988; Power e Schepers, 1989). Os nitritos são responsáveis pelo aparecimento de carcinomas gástricos, do esófago e nasofaringe, e pela manifestação de hipertensão arterial. A toxicidade dos nitratos está ligada a alguns dos produtos do seu metabolismo, em particular à formação, *in vivo*, das nitrosaminas e nitrosamidas, compostos resultantes da reacção dos nitritos (íões altamente reactivos) com outros compostos azotados (designadamente aminas, amidas, aminoácidos, compostos quaternários de amónio e proteínas), bem como fosfolípidos (EAUREAU, 1991).

No caso dos peixes e outras espécies aquáticas a acção tóxica do N manifesta-se através da presença do amoníaco nas águas, sendo a forma amoniacal inócua (Polprasert, 1989). Nos E.U.A. os serviços de saúde pública indicam o valor de 10 mg/l de N-NO<sub>3</sub> como nível que não deve ser excedido na água para consumo humano (Broadbent e Reisenauer, 1985; Jessen e Siegrist, 1988), em Portugal o Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto no anexo I, indica como valor máximo recomendado (VMR) 25 mg/l e como valor máximo admissível (VMA) 50 mg/l nas águas classificadas de A1. Nas águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano classificadas como A2 e A3, o VMR não é referido enquanto que o VMA não deve ultrapassar 50 mg/l.



As águas residuais descarregadas no solo contêm fósforo orgânico, ortofosfatos e fosfatos condensados (piro, meta e polifosfatos), estes últimos essencialmente associados à presença de detergentes nos efluentes, designadamente nos de origem doméstica (Feigin *et al.* 1991). O fósforo contido nestas águas é quase exclusivamente de uso urbano, podendo a sua concentração variar entre 1,0 a 40 mg/l, sendo o valor de 10 mg/l o valor médio em fósforo (Bower e Chaney, 1974, cit. por Latterell *et al.*, 1982; Broadbent e Reisenauer, 1985; Tamburino e Barbagallo, 1989). Uma concentração excessiva de fósforo nas águas residuais pode afectar negativamente as culturas e o solo devido principalmente ao antagonismo P/Zn e conduzir à eutrofização das águas (Kardos e Hook, 1976).

Jacobs *et al.* (1987), cit. por Kirshmann (1994), indicam os ésteres fosfóricos triarilos entre os principais grupos de compostos orgânicos de síntese susceptíveis de contaminarem, em níveis significativos, lamas de ETAR.

EUREAU (1991), defende que os ortofosfatos são pouco tóxicos, os metafosfatos e os pirofosfatos podem levar a intoxicações agudas, causar problemas gastro-intestinais (hemorragias e úlceras) e causar danos ao nível do fígado e dos rins, devido à inibição da utilização do cálcio.

A acção poluente do fósforo manifesta-se de modo extremamente importante nos processos de eutrofização das massas e linhas de água superficiais, já que dada a sua reduzida mobilidade no solo, o fósforo se comporta frequentemente como elemento limitante relativamente aos processos de eutrofização (Sharpley e Halvorson, 1994)

No solo, o fósforo adicionado pode ser absorvido pela cultura, acumulado pela fase sólida em reacções de adsorção e precipitação, perdido pelo sistema por escoamento superficial ou por erosão (Broadbent e Reisenauer, 1985). Com a aplicação de águas residuais urbanas tratadas, utilizadas em irrigação, (van Riemsdijk *et al.*, 1977; Campbell *et al.*, 1983; Tamburino e Barbagallo, 1989), verificaram que os níveis de fósforo aumentaram no solo. Estes autores observaram aumentos médios anuais de  $240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  nos primeiros 60 cm de solo, referindo ainda que a acumulação deste elemento, depende da composição e do número de anos em que se rega com águas residuais, para além da fertilização efectuada e das características físico-químicas do solo.

Campbell *et al.* (1983), referem que os níveis de fósforo assimilável aumentavam em solos regados (durante quinze anos) com águas residuais urbanas tratadas, em condições semi-áridas e cultivados com luzerna, com milho e com trigo.

Segundo Hook *et al.* (1976), estudos efectuados com águas residuais urbanas, mostraram que, após sete anos de irrigação em solos pesados ricos em sesquióxidos, não havia aumento de fósforo a profundidade superiores a 30 cm, e que em solos ligeiros, com um teor de sesquióxidos de cerca de metade do anterior, esse aumento cessava a cerca de 75 cm da superfície. Sommers *et al.* (1979) cit. por Latterell *et al.* (1982) referem que a maior parte do fósforo adicionado ao solo, durante doze anos de rega com águas residuais, permanece nos primeiros 30 cm de um solo franco-argiloso, enquanto que apreciáveis quantidades de fósforo foram lixiviadas para 30-60 cm de profundidade num solo areno-franco. Cromer (1980) cit. por Cromer *et al.* (1984) refere que a retenção do fósforo nos horizontes superficiais se situa entre 96-99%.

Segundo Tisdale e Nelson (1985), a retenção e fixação do fósforo no solo (designação que



envolve a adsorção e a precipitação química) depende de vários factores, designadamente da natureza e quantidade dos componentes do solo, do pH, dos iões em presença, dos aspectos cinéticos e do grau de saturação do complexo de adsorção.

A elevada adsorção do fósforo na zona superficial do solo(0-15 cm) foi atribuída segundo Kuo e Mikkelsen (1979) cit. por Latterell *et al.* (1982) a um elevado conteúdo em Fe amorfo.

De acordo com Santos (1991), o fósforo adsorvido e o fósforo precipitado, encontram-se em situações de uma certa reversibilidade, existindo um equilíbrio entre estas formas e o fósforo presente na solução do solo e que pode ser assimilado pelas plantas.

O fósforo acumulado no solo devido à rega com águas residuais consiste, principalmente segundo Beek *et al.* (1977b), em formas de fósforo inorgânico (80-85%). A maior parte da fracção inorgânica está presente em combinações com o Al ou Fe, o que indica o papel dominante das reacções do Al relacionado com os mecanismos de ligação ao fósforo, determinando em última análise a sua capacidade de armazenamento no solo.

A quantidade de fósforo retida pelo solo é proveniente da utilização de águas residuais, depende da qualidade e quantidade, das características dos solos e das praticas de fertilização (Sawhney e Hill, 1975; Tamburino e Barbagallo, 1989).

Broadbent e Reisenauer (1985) e Kardos e Hook (1976) referem que se uma água residual for aplicada durante vários anos a uma cultura com uma taxa de remoção do fósforo baixa e o solo apresentar baixa capacidade de retenção para este elemento, pode ocorrer contaminação de água subterrânea e superficial.

Segundo (Day e Tucker, 1977; Vaisman *et al.*, 1982; Broadbent e Resenauer, 1985), as águas residuais têm uma maior concentração do macronutriente potássio devido ao uso urbano.

Tamburino e Bargallo (1989), verificaram que a retenção de potássio no solo depende da qualidade das águas residuais, do número de anos que é aplicada, das práticas de fertilização e das características fisico-químicas dos solos. Estes autores referiram que em solos regados com águas residuais ocorreram aumentos médios anuais de 340 Kg/ha de potássio nos primeiros 60 cm de solo.

Burton e Hook (1979), verificaram aumentos no sódio de troca do solo até à profundidade de 50 cm.

A aplicação do efluente a depurar através de sistema de distribuição por aspersão pode pôr problemas particulares de toxicidade devida à absorção de sódio através das folhas (Pinto, 1988).

Num ensaio efectuado num solo de areia de dunas regado com águas residuais urbanas e cultivado com erva de Rodes (Vaisman *et al.*, 1981) verificaram que a concentração de sódio, cálcio e magnésio, no lixiviado, era maior do que a testemunha.

#### **2.3.1.4 - MICRONUTRIENTES E METAIS PESADOS**

Os elementos específicos (cádmio, crómio, cobre, ferro, mercúrio, níquel e zinco) podem acumular-se no solo e são tóxicos para as plantas e animais, podendo estes serem um factor limitante à utilização de águas residuais (Asano *et al.*, 1985). O autor refere ainda que teores excessivos de cloro livre pode causar queimaduras nas folhas, enquanto que combinado não causa problemas.

O teor em cobre, ferro, zinco e magnésio das plantas não deve ser excessivo porque pode causar problemas de saúde aos animais (NRC, cit. por Brito, 1986).

Neilsen *et al.* (1989b) verificaram aumentos do micronutriente sódio de troca até à profundidade de 30 cm.

Num ensaio que durou cinco anos, efectuado num solo irrigado com águas residuais tratadas, que continham níveis muito baixos de metais pesados (Sheik *et al.* 1990) concluíram, não haver acumulação significativa destes metais.

#### **2.3.1.5 - SALINIDADE E PERMEABILIDADE**

O estudo da salinidade da água residual é fundamental, visto existirem culturas mais susceptíveis. No Quadro 2.8 transcreve-se as quebras de produção esperadas para variadas culturas, devido à salinidade da água de rega. Ao consultar a tabela, verifica-se que os valores expressos são fixos, embora a tolerância da cultura não o seja, visto variar com as práticas culturais, estado de crescimento, desenvolvimento radicular, variedade e clima.



Segundo (Ayers e Westcot, 1984) as culturas que se desenvolvem em climas mais frios ou durante épocas mais frias, apresentarão melhor tolerância à salinidade dos que as crescidas em períodos de temperatura mais elevada, baixa humidade ou alta evapotranspiração. Onde a salinidade é um factor limitante, não existem aumentos de produção por incremento das fertilizações (Berntein, Françis, Clark, 1974 cit. por FAO, 1976).

Asano *et al.* (1985), afirmam que a elevada salinidade prejudica o desenvolvimento de muitas plantas. O mesmo autor refere que os iões Na, B e Cl podem ser tóxicos para as plantas e o Na pode causar problemas de salinidade.

Uma permeabilidade deficiente reduz a quantidade de água que é possível armazenar, verificando-se como consequência, uma diminuição no fornecimento à planta. A razão de adsorção de sódio (RAS), é o parâmetro usado para prever eventuais confrontações com problemas de permeabilidade.

O cálculo da RAS é feito da seguinte modo:

$$RAS = Na/((Ca+Mg)/2)^{1/2}$$

No entanto, segundo (Ayers e Westcot, 1984) para águas residuais, a RAS necessita de um ajustamento, de forma a levar em conta uma mais correcta estimativa do cálcio, que se espera que permaneça na água do solo após irrigação. Deste modo segue-se o procedimento de ajustamento:

$$RAS_{aj} = Na/((Cax + Mg)/2)^{1/2}$$

O cálculo do Cax é tabelado e para a sua determinação é necessário conhecer a salinidade da água através da sua condutividade eléctrica (mmho/cm) e a razão HCO<sub>3</sub>/Ca (meq/l) através de análises da água.

**Quadro 2.8 - Quebras de produção, em percentagem, esperadas para vários teores salinos, em algumas culturas, segundo (Mass e Hoffman, 1977 e Mass, 1984 cit. por Ayers e Westcot, 1988).**

Quebras produtivas Culturas	0%		10%		25%		50%		Máx. <sup>3)</sup>
	EC <sub>e</sub> <sup>1)</sup>	EC <sub>w</sub> <sup>2)</sup>	EC <sub>e</sub> <sup>1)</sup>	EC <sub>w</sub> <sup>2)</sup>	EC <sub>e</sub> <sup>1)</sup>	EC <sub>w</sub> <sup>2)</sup>	EC <sub>e</sub> <sup>1)</sup>	EC <sub>w</sub> <sup>2)</sup>	
Cevada	8.0	5.3	10.0	6.7	13.0	8.7	18.0	12.0	28.0
Algodão	7.7	5.1	9.6	6.4	13.0	8.4	17.0	12.0	27.0
Beterraba aç.	7.0	4.7	8.7	5.8	11.0	7.5	15.0	10.0	24.0
Trigo	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.4	13.0	8.7	20.0
Cártamo	5.3	3.5	6.2	4.1	7.6	5.0	9.9	6.6	14.5
Soja	5.0	3.3	5.5	3.7	6.2	4.2	7.5	5.0	10.0
Sorgo	4.0	2.7	5.1	3.4	7.2	4.8	11.0	7.2	18.0
Arroz	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	11.5
Milho	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
Linho	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
Fava	1.6	1.1	2.6	1.8	4.2	2.0	6.8	4.5	12.0
Feijão	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.5
Figueira	2.7	1.8	13.8	2.6	5.5	3.7	8.4	5.6	14.0
Oliveira	2.7	1.8	3.8	2.6	5.5	3.7	8.4	5.6	14.0
Laranjeira	1.7	1.1	2.3	1.6	3.2	2.2	4.8	3.2	8.0
Limoeiro	1.7	1.7	2.3	1.6	3.2	2.2	4.8	3.2	8.0
Macieira	1.7	1.0	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	2.2	8.0
Nogueira	1.7	1.1	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2	8.0
Pessegueiro	1.7	1.1	2.2	1.4	2.9	1.9	4.1	2.7	6.5
Damasqueiro	1.6	1.1	2.0	1.3	2.6	1.8	3.7	2.5	6.0
Videira	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	12.0
Amendoeira	1.5	1.0	2.0	1.4	2.8	1.9	4.1	2.7	7.0
Ameixeira	1.5	1.0	2.1	1.4	2.9	1.9	4.3	2.8	7.0
Framboesa	1.5	1.0	2.0	1.3	2.6	1.8	3.8	2.5	6.0
Morangueiro	1.0	0.7	1.3	0.9	1.8	1.2	2.5	1.7	4.0
Beterraba	4.0	2.7	5.1	3.4	6.8	4.5	9.6	6.4	15.0
Brócolos	2.8	1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5	13.5
Tomate	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0	12.5
Pepino	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10.0
Melão	2.2	1.5	3.6	2.4	5.7	3.8	9.1	6.1	16.0
Espinafre	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7	15.0
Couve	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6	12.0
Batata	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
Batata doce	1.5	1.0	2.4	1.6	3.8	2.5	6.0	4.0	10.5
Pimento	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4	8.5
Alface	1.3	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	5.2	3.4	9.0
Rabanete	1.2	0.8	2.0	1.3	3.1	2.1	5.0	3.4	9.0
Alho	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9	7.5
Cenoura	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.1	8.0
<i>Lolium perene</i>	5.6	3.7	6.9	4.6	8.9	5.9	12.2	8.1	19.0
<i>Phalaris tuberosa</i>	4.6	3.1	5.9	3.9	7.9	5.3	11.1	7.4	18.0
<i>Festuca elatior</i>	3.9	2.6	5.8	3.9	8.6	5.7	13.3	8.9	23.0
<i>Vicia sativa</i>	3.0	2.0	3.9	2.6	5.3	3.5	7.6	5.0	12.0
<i>Sorghum sudanense</i>	2.8	1.9	5.1	3.4	8.6	5.7	14.4	9.6	26.0
<i>Lotus uliginosis</i>	2.3	1.5	2.8	1.9	3.6	2.4	4.9	3.3	7.5

1) EC<sub>e</sub> - significa a condutividade eléctrica de um extracto de solo saturado, em dS.m<sup>-1</sup> a 25°C.

2) EC<sub>w</sub> - é a condutividade eléctrica da água de rega em dS.m<sup>-1</sup> a 25°C.

3) Máx. - o valor de EC<sub>e</sub> referenciado ao máximo, para o qual cessa todo o crescimento da planta devido ao efeito osmótico.

### 2.3.2 - EFEITOS NA PLANTA

A utilização agrícola de águas residuais urbanas como fertilizantes, encontra-se amplamente referida na bibliografia da especialidade (ANRED, 1982; Brito, 1986; Neilsen *et al.*, 1989a).

Segundo (Oster e Rhodes, 1985) é necessário ter em especial atenção a concentração dos iões sódio, cloro e boro, visto haver vários graus de sensibilidade. A diferente sensibilidade de várias culturas ao Boro e ao Cloro está presente nos Quadros 2.9 e 2.10.

**Quadro 2.9 - Sensibilidade de algumas culturas ao Boro, segundo (Ayers e Westcot, 1984).**

Muito sensíveis (< 0.5mg/l)	Limoeiro
Sensíveis (0.5 – 1.0 mg/l)	Ervilha, batata, cenoura, pepino
Moderadamente sensíveis (1.0 – 2.0 mg/l)	Laranjeira, videira, trigo, cevada, girassol
Moderadamente tolerantes (2.0 – 4.0 mg/l)	Alface, couve, milho, tabaco, mostarda
Tolerante (4.0 – 6.0 mg/l)	Sorgo, tomate, luzerna, beterraba
Muito tolerante (6.0 – 15 mg/l)	Algodão, espargo

**Quadro 2.10 - Sensibilidade ao cloro de citrinos e vinha, segundo (Ayers e Westcot, 1984).**

Máx. (mg/l)	Culturas
Citrinos	250 – 600
Vinha	710 – 960

Em ensaios experimentais (Page e Chang, 1984) verificaram que a maioria dos microelementos (com excepção do Boro) são adsorvidos por sólidos orgânicos ou inorgânicos que raramente formam precipitados inorgânicos solúveis. Sob condições normais, as concentrações em microelementos do efluente primário, serão reduzidas de 50 - 70% pelo tratamento secundário (Chen, Young, Jan, Rohati, 1974 cit. por Page e Chang, 1984).

A adição não contabilizada de microelementos ao solo é indesejável porque, uma vez acumulados nele estas substâncias são, na maioria dos casos, impossíveis de remover e consequentemente podem estar na origem de fenómenos de toxicidade (Iskandar, 1975 cit. por Page e Chang, 1984). Este autor refere também que a absorção pelas culturas de microelementos em excesso podem causar fitotoxicidade e problemas de saúde aos eventuais consumidores (Klein, Lang, Nash, Kirshir, 1974 cit. por Page e Chang, 1984).

Spotswood e Raymer (1973), ao analisarem a sensibilidade das plantas ao teor de metais existentes no solo conduziram à elaboração de uma escala cuja ordem de sensibilidade é a seguinte: gramíneas forrageiras < cereais < batatas < beterraba açucareira < leguminosas < cogumelos.

Pietz *et al.* (1978), em ensaios realizados num solo verificaram que as concentrações em metais no grão de milho encontravam-se compreendidas entre os seguintes valores (mg/kg): Cd, 0.01 – 0.08; Cu, 1.67 – 4.41; Ni, <0.8 – 1.43; Pb, 0.133 – 0.230 e Zn, 15.7 – 243; concluindo que a variação encontrada é devido às propriedades do solo, às técnicas culturais e à própria cultivar.

Campbell *et al.* (1983), referem que a rega com efluentes tratados não tem efeitos negativos na qualidade das forragens, podendo ocasionar aumentos na proteína bruta.

Day *et al.* (1975) referem que a água residual urbana tratada é uma fonte eficaz de aumento dos recursos hídricos utilizáveis em condições economicamente satisfatórias e de fertilização para a produção de elevadas quantidades de grão de trigo.

### **2.3.3 - ORGANISMOS PATOGENICOS PRESENTES NAS ÁGUAS RESIDUAIS**

Entre os usos potenciais para a água residual, a irrigação tem sido objecto de grande atenção por parte da comunidade científica em geral e das instituições governamentais em particular, principalmente nos aspectos que se relacionam com a transmissão de microorganismos patogénicos. Deste modo, os critérios de qualidade inicialmente estabelecidos nos países pioneiros para os programas de reutilização de águas (por exemplo EUA) caracterizam-se por limites extremamente rígidos das variáveis microbiológicas, com base nos riscos potenciais associados à sobrevivência de organismos patogénicos no ambiente, e não em riscos reais suportados por evidências epidemiológicas. Apesar de apenas algumas utilizações urbanas necessitarem de água praticamente isenta de patogénios, na prática tem-se privilegiado o tratamento de água residual por forma a garantir a qualidade apropriada para o uso mais exigente (urbano), pelo que a água a reutilizar tem cumprido os limites microbiológicos impostos.

Nas últimas décadas observou-se um grande esforço desenvolvido por organizações como a Organização Mundial de Saúde (OMS), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), a Organização para a alimentação e Agricultura (FAO), e a United States Agriculture International Development (USAID), entre outras, por forma a tentar encontrar evidências epidemiológicas que suportem de uma forma mais racional critérios de qualidade relativos à irrigação com água residual (Feacham *et al.* 1983). Actualmente, o consenso geral é de que os riscos reais associados à reutilização de água residual tratada são bastante inferiores aos inicialmente considerados, pelo que foram recomendados padrões microbiológicos menos restritos. Deste modo e de acordo com as recomendações da OMS (1989), um efluente sujeito a um tratamento secundário pode ser utilizado para irrigação, exceptuando as culturas destinadas ao consumo em cru e à rega de parques e campos de jogos. Por outro lado será de limitar a rega por aspersão.

Para o conjunto da comunidade de Madrid estima-se que o caudal de águas residuais reutilizadas a curto prazo atinja o valor de 80 Hm<sup>3</sup>/ano. No sul de Espanha, nomeadamente em Andalucia (La Barrosa) e nas Canárias (La Sur) a reutilização de água residual está a ter uma grande aceitação, pois associado ao facto daquela se apresentar com qualidade excelente, é vendida aproximadamente a um terço do valor da água potável.

A legislação portuguesa sobre as normas de qualidade da água das águas destinadas à rega (Decreto-Lei N° 236/98 de 1 de Agosto, Anexo V XI) indica como valor máximo recomendado de 100 coliformes fecais em 100 ml e como valor máximo admissível de 1 N/l ovo de parasitas intestinais.

O termo desinfecção, designa a utilização de meios destinados a destruir na água residual os microorganismos susceptíveis de serem patogénicos para o Homem e é o mais importante processo unitário de prevenção na transmissão de doenças (Vial, 1979; Bell e Smith, 1982; Desjardins, 1988; Metcalf & Eddy, 1991).

Os processos de tratamento convencionais diminuem parcialmente a sua concentração destes microorganismos nas lagoas de estabilização continuando no entanto a ser potenciais vectores de transmissão de doenças (Gomella e Guerrée, 1978).

Segundo (Mara e Cairncross cit. pela OMS, 1989), a eliminação de microorganismos depende de factores ambientais e do número de lagoas de estabilização em série (Quadro 2.11).

**Quadro 2.11 - Eliminação de agentes patogénicos (Unidades log<sub>10</sub>), por lagoas de estabilização segundo (Mara e Cairncross cit. por OMS, 1989).**

Bactérias	Helminthes	Vírus	Cistos
1-6	1-3	1-4	1-4

A desinfecção pode ser conseguida por meio da acção de agentes químicos, físicos e mecânicos. Entre os agentes de natureza química salientam-se o cloro e alguns dos seus derivados (hipocloritos de sódio e de cálcio, dióxido de cloro e ácido hipocloroso), o bromo o fenol e compostos fenólicos, álcoois, compostos quaternários de amónio, peróxido de hidrogénio, ácidos e bases e alguns detergentes sintéticos. Os produtos mais utilizados são as substâncias químicas oxidantes, sendo o cloro o mais usado (Metcalf & Eddy, 1991).

O uso de agentes físicos está, normalmente, limitado á aplicação de radiações (ultravioleta, electromagnéticas, acústicas e de partículas), já que os elevados volumes de águas residuais a tratar inviabilizam normalmente o recurso aos processos térmicos (Metcalf & Eddy, 1991).

No que respeita aos meios mecânicos, todos os processos conduzem à separação das partículas sólidas em suspensão nas águas residuais (por decantação, tamisação centrifugação etc.), que contribuem para a eliminação de microorganismos potencialmente patogénicos.

Os principais tipos de radiação são a electromagnética, a acústica e a de partículas. A radiação gama pode ser utilizada na desinfecção da água e água residual devido ao seu alto poder de penetração (Cairns *et al.*, 1995).

Na prática, e numa perspectiva da reutilização agrícola de águas residuais, a cloragem e a aplicação de radiações ultravioleta são os processos mais correctamente utilizados (Feigin *et al.*, 1991). *comandante*

A acção da desinfecção sobre os microorganismos pode ser explicada, fundamentalmente, por cinco tipos de efeitos: danos na parede celular, alteração da permeabilidade da célula, modificações da natureza coloidal do protoplasma, inibição da actividade enzimática (Metcalf & Eddy, 1991) e mutações nos ácidos nucleicos (WPCF, 1986, cit. por Monteiro, 1994). Nos compostas fenólicos e detergentes verifica-se alteração da permeabilidade da membrana citoplasmática, com a perda de elementos vitais, como o azoto e o fósforo (em condições normais retidas no interior da célula devido à capacidade selectiva da

membrana). O cloro causa a desorganização da estrutura das enzimas, inactivando-as; os ácidos e bases fortes, desnaturam as proteínas; o calor coagula as proteínas, afectando a natureza coloidal do protoplasma (Metcalf & Eddy, 1991).

De todos os métodos de desinfecção, a cloragem é talvez o mais usado (Bell e Smith, 1982; WPCF, 1986; Metcalf & Eddy, 1991).

As vantagens do cloro em relação aos outros desinfectantes são: o seu baixo custo em relação aos resultados obtidos, a sua eficácia contra os organismos patogénicos e a sua tradição no tratamento de águas residuais. As desvantagens dizem respeito à toxicidade para organismos aquáticos, dos estuários e dos mares e a formação de compostos orgânicos halogenados (WPCF, 1986; Metcalf & Eddy, 1991). Compostos como o clorofórmio, o bromofórmio, ou o clorodibromo-metano podem ser carcinogénicos e são susceptíveis de prejudicar seriamente as reservas públicas de água (WPCF, 1986).

A acção desinfectante da radiação ultravioleta explica-se pela penetração das radiações através da parede da célula e pela sua subsequente absorção pelo material celular, designadamente pelos ácidos nucleicos (DNA e RNA), o que pode conduzir à morte da célula. Ao contrario do que sucede com a desinfecção por via química, a desinfecção por radiação ultravioleta parece não conduzir à formação de compostos tóxicos ou perigosos (Metcalf & Eddy, 1991, Feigin *et al.*, 1991; Mutamara e Salles, 1995). Segundo Cairns *et al.* (1995) as principais vantagens apontadas à desinfecção por radiação ultravioleta e para além da ausência de impactes ambientais são: simplicidade de uso; rapidez de acção (consegue em segundos, os mesmos resultados que numa cloragem exigem 15 a 30 minutos); facilidade de instalação (ausência de infra-estruturas específicas, como sucede com a cloragem, onde se torna necessário um tanque de contacto); maior eficiência do que a cloragem relativamente a uma vasta gama de microrganismos, incluindo vírus resistentes.

Nos efluentes com sólidos em suspensão, as radiações, no seu percurso através da água são absorvidas por estes, sendo assim reduzida a sua acção bactericida (tanto mais quanto maior a carga sólida e maior a concentração do meio em sólidos suspensos).

Considera-se que o teor de cloro livre num efluente a utilizar em irrigação por aspersão não deverá ultrapassar 1 mg/l, enquanto que valores superiores a 5 mg/l pode originar graves danos para a cultura (Pinto, 1988).

## 2.4 - MÉTODOS DE REGA COM ÁGUAS RESIDUAIS

A irrigação com efluentes urbanos após tratamento, nos solos agrícolas, é uma prática muito generalizada. Segundo (Thomas, 1960 cit. por Calvo, 1978) ao estudar pormenorizadamente esta técnica, observou que o solo tem uma acção purificadora sobre as águas residuais, que se exerce, em simultâneo, de várias formas: por filtração, por adsorção das substâncias minerais e orgânicas e por degradação biológica da matéria orgânica. A acção dos microrganismos naturalmente existentes no solo, ao metalizarem as substâncias orgânicas, desempenham um papel fundamental na depuração. Um hectare de terra pode conter, segundo Catroux e Betremieux (1972), 1-3 toneladas de microorganismos.

A acção depuradora do solo pode ser traduzida pela expressão (Heitz e Bidan, 1970):

$$AD = A_0 e^{-ap}$$

em que: AD é a acção depuradora,  $A_0 = CBO_5$  da água de irrigação ;  $ap = CBO_5$  da água após ter atravessado a espessura p do solo; p = profundidade do solo atingida pela água (cm); a = coeficiente que varia com o tipo de solo, a temperatura e outras condições experimentais. A espessura da camada de solo atravessada pelas águas infiltradas varia com a permeabilidade do solo (influência do coeficiente a). Este processo deve ser conduzido de modo a decorrer essencialmente nas camadas superficiais, onde estão reunidas as melhores condições de depuração aeróbia e evitar a contaminação do lençol freático. Por esta razão, deve dispor-se de áreas consideráveis.

Noel (1976), afirma ser necessário um estudo pedológico sério para determinar as características do solo, em particular, a permeabilidade e a capacidade de retenção.

Segundo Riviere (1976), são os solos constituídos por areias calcárias, ligeiramente argilosas e ricos em húmus, que dão melhores resultados de depuração.

Esta técnica tem também a vantagem de permitir a utilização pelas culturas dos elementos nutritivos presentes nas águas residuais, em especial azoto e potássio, o que diminuiu em cerca de 60 a 70% as necessidades em fertilizantes minerais (Delvaux, 1974).

De acordo com Noel (1976), cada  $m^3$  de água residual contem em média, 0,1 - 0,45 kg de



N, 0,03 - 0,30 kg de  $P_2O_5$  e 0.140 - 0,70 kg de  $K_2O$ .

A quantidade destes fertilizantes nas águas residuais e o tipo de solo devem condicionar o volume de água a utilizar na rega. Segundo (Kramer, 1960 cit. por Delvaux 1974), esta quantidade deve ser inferior a 500 mm por campanha. Outros autores citam valores do 10  $m^3/h$ .ha e 15  $m^3/dia$ .ha (Mariani, 1972; Delvaux, 1974).

Smith (1980), registou por ano e por hectare irrigado, a introdução no solo de 277 a 1425 kg do azoto, 5 a 50 kg de fósforo e 130 a 6350 kg do potássio.

O modo como as águas residuais são aplicadas no solo para efeitos de irrigação tem implicações no biosistema solo-planta, cujo conhecimento é indispensável para minimizar eventuais impactos negativos, designadamente no que se refere à salinização do solo, contaminação das plantas, do solo e das águas subterrâneas.

É importante salientar que nos sistemas de rega, o intervalo entre as várias aplicações e o intervalo entre a última aplicação e a colheita influenciam o nível de contaminação do solo e da planta (Oron e Beltrão, 1993).

Raposo (1980), classifica os métodos de rega em: superficiais (rega epígea), subterrâneos (rega hipógea) e aéreos (rega hipérgea).

A rega epígea por infiltração pode processar-se em sulcos, caldeiras e pela denominada rega localizada (gota a gota). As caldeiras, muito utilizadas na rega de pomares, constituem um método de transição entre a infiltração e o alagamento.

Nos métodos de rega hipógea a água é distribuída por tubagem enterrada, geralmente de plástico, podendo servir para regar no Verão e para drenar no Inverno.

Na rega hipérgea considera-se fundamentalmente a rega por aspersão, em que a água é pulverizada sobre as culturas.

O Quadro 2.12 compara as condições de aplicação dos métodos de rega mais frequentemente utilizados.

O método de rega que menos riscos de contaminação oferece é a rega localizada, pois a água contacta apenas com a raiz da planta e uma pequena porção do solo, enquanto que a rega por aspersão apresenta maior risco de disseminação dos microorganismos patogénicos pois a água contacta directamente com todas as partes da cultura e o solo, os quais podem atingir os agricultores e passantes nas proximidades do campo irrigado (Marecos do Monte, 1994). Assim, a rega por aspersão deverá ser praticada com efluentes de elevada qualidade

microbiológica.

Se a água de rega contiver microrganismos patogénicos, como é geralmente o caso dos efluentes de ETAR utilizados para irrigação, a selecção do método de rega deve atender não só às conveniências de ordem agrónómica mas também à contaminação de culturas, solo, agricultores, etc. que pode advir do modo como a água é aplicada (Marecos do Monte, 1994).

**Quadro 2.12 – Comparação dos métodos de rega mais utilizados, segundo (Costa, 1981).**

MÉTODOS	CULTURAS	SOLOS	OBSERVAÇÕES
<b>Canteiros Pequenos</b>	Arroz, algodão, milho, vegetais, pomares, luzerna	Vários tipos de solos; não se deve utilizar em terrenos com tendência para encharcar	Perdem-se áreas consideráveis nos combros e canais. Problemas sanitários. Interfere com a mecanização. Investimento elevado
<b>Canteiros Grandes</b>	Arroz, vegetais, luzerna, milho	Solos de textura fina com taxa de infiltração inferiores a 50 mm/hora	Problemas sanitários, combros de dimensões apreciáveis. Interfere pouco com a mecanização
<b>Canteiros de nível</b>	Arroz, pastagens, amendoim, milho	Textura média a fina com capacidades de campo elevadas > 100 mm/m	Canteiros construídos segundo o nível. Interfere com a mecanização. Investimento elevado
<b>Faixas estreitas 1-5 metros</b>	Pastagens, cereais, luzerna, vinhas e pomares	Maioria dos solos excepto solos muito grosseiros por provocar percolação profunda	Canteiros construídos segundo o nível. Interfere com a mecanização
<b>Faixas largas 5-30 metros</b>	Cereais, luzerna, pomares, vinhas	Solos de textura fina e profunda	As faixas devem ser feitas na direcção do maior declive. Exige com nivelamento preciso. Não interfere com a mecanização
<b>Sulcos</b>	Vegetais, culturas em linhas, pomares, vinhas	Solos de textura média e fina	Exige grandes caudais de rega (ordem dos 2000 m <sup>3</sup> /hora). Não interfere com a mecanização
<b>Aspersão Clássica</b>	Todas	Todos	Pressão necessária 0,2-5,0 Kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Canhão Semovente</b>	Cereais, milho, leguminosas, algodão, pastagens	Todos	Parcelas rectangulares. Pressão de 7,0 a 12,0 Kgf/cm <sup>2</sup> . Investimento muito elevado
<b>“Pivot” central</b>	Todas as culturas de altura inferior a 3.0 metros	Todos	Parcelas circulares ou quadradas. 1,5 a 5,0 Kgf/cm <sup>2</sup> . Investimento muito elevado. Eficiência 85-95%
<b>Rega gota a gota</b>	Pomares	Todos	Pressão necessária (1 atm). Investimento muito elevado)

### 3 - METODOLOGIA

#### 3.1 - PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO

A Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território Alentejo (DRAOT-A), no âmbito das suas competências, tem vindo a desenvolver um programa de controlo de efluentes, desde finais de 1998. O programa de monitorização, tem por objectivo caracterizar o efluente, para determinação do cumprimento do normativo em vigor, relativo á rejeição de águas residuais.

Para o presente estudo, seleccionou-se todas as ETAR municipais, com lagoas de estabilização, que servem aglomerados populacionais com mais de 2000 habitantes equivalentes, na região Alentejo.

No Quadro 3.1 estão indicados, para cada parâmetro estudado, os requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais (VLE), do Decreto-lei 152/97 de 19 de Junho e no anexo XVIII do Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto. Estão também referenciados, o correspondente valor máximo recomendado (VMR) e o valor máximo admissível (VMA) para a qualidade das águas destinadas à rega (Anexo XVI do Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto).

**Quadro 3.1 - Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas e qualidade das águas destinadas à rega.**

PARÂMETRO	VLE NA DESCARGA DE AGUAS RESIDUAIS		PERCENTAGEM MÍNIMA DE REDUÇÃO		QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA Á REGA	
	152/97 (Quadro n.º 1 e 2) e 236/98 ANEXO XVIII		152/97 (Quadro n.º 1 e 2)		VMR 236/98 ANEXO XVI	VMA 236/98 ANEXO XVI
PH	6,0 - 9,0		-		6,5 - 8,4	4,5 - 9,0
SST (mg/l)	35		70 <sup>(2)</sup> - 90 <sup>(3)</sup>		60	-
CQO (mg/l O <sub>2</sub> )	125		75		-	-
CBO <sub>5</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	25		70 - 90		-	-
Azoto Total (mg/l N)	15		70 - 80		-	-
Fósforo Total (mg/l P)	10	2 <sup>(1)</sup>	80		-	-
Óleos e Gorduras (mg/l)	15		-		-	-
Coliformes fecais	-		-		100	-

(1) - Para um equivalente populacional entre 10000 e 100000.

(2) - Para um equivalente populacional entre 2000 e 10000.

(3) - Para um equivalente populacional superior a 10000.

Os pontos de amostragem para cada ETAR, localizam-se no canal da obra de entrada e na caixa de saída de cada uma das lagoas.

Todas as amostras colhidas são compostas, tendo sido utilizados amostradores automáticos. As amostras foram obtidas em tomas horárias ao longo de vinte e quatro horas, ao afluente e ao efluente. Os parâmetros físico-químicos analisados ao afluente e efluente foram: o pH, os sólidos suspensos totais, a carência química em oxigénio, a carência bioquímica em oxigénio, o azoto total, o fósforo total, e os óleos e gorduras. Foram ainda analisados, os seguintes parâmetros microbiológicos: Coliformes totais, Coliformes fecais, *Streptococcus fecalis* e *Escherichia coli*.

Das 19 ETAR onde foram feitas recolhas para determinação dos parâmetros físico-químicos, apenas em 13 ETAR se determinou parâmetros microbiológicos.

No caso dos efluentes urbanos da região Alentejo, o azoto orgânico é dominante. Por esta razão, considerou-se o azoto Kjeldhal como o azoto total. O Quadro 3.2 apresenta a metodologia analítica utilizada no Laboratório Regional para a Qualidade do Ambiente do Alentejo para determinação dos parâmetros físico-químicos.

**Quadro 3.2 - Métodos de referência utilizados nas análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos.**

PARÂMETRO	MÉTODO ANALÍTICO
PH	Método Electrométrico - SMEWW 20 <sup>TH</sup>
SST	Método Gravimétrico - SMEWW 20 <sup>TH</sup>
CQO	Método Dicromato de Potássio - SMEWW 20 <sup>TH</sup>
CBO <sub>5</sub>	Método das Diluições - SMEWW 20 <sup>TH</sup>
Azoto kjeldhal	Método Tritimétrico - SMEWW 20 <sup>TH</sup>
Fósforo total	Espectrofotometria de Absorção Molecular - Método do Ácido Ascórbico - SMEWW 20 <sup>TH</sup>
Óleos e gorduras	Espectrofotometria de Infra Vermelho - SMEWW 20 <sup>TH</sup>
Coliformes fecais	Método de Filtração por Membrana - ISO 9308-1
Coliformes totais	Método de Filtração por Membrana - ISO 9308-1
<i>Streptococcus fecalis</i>	Método de Filtração por Membrana - ISO 7819-2
<i>E. coli</i>	Método de Filtração por Membrana - ISO 9308-1

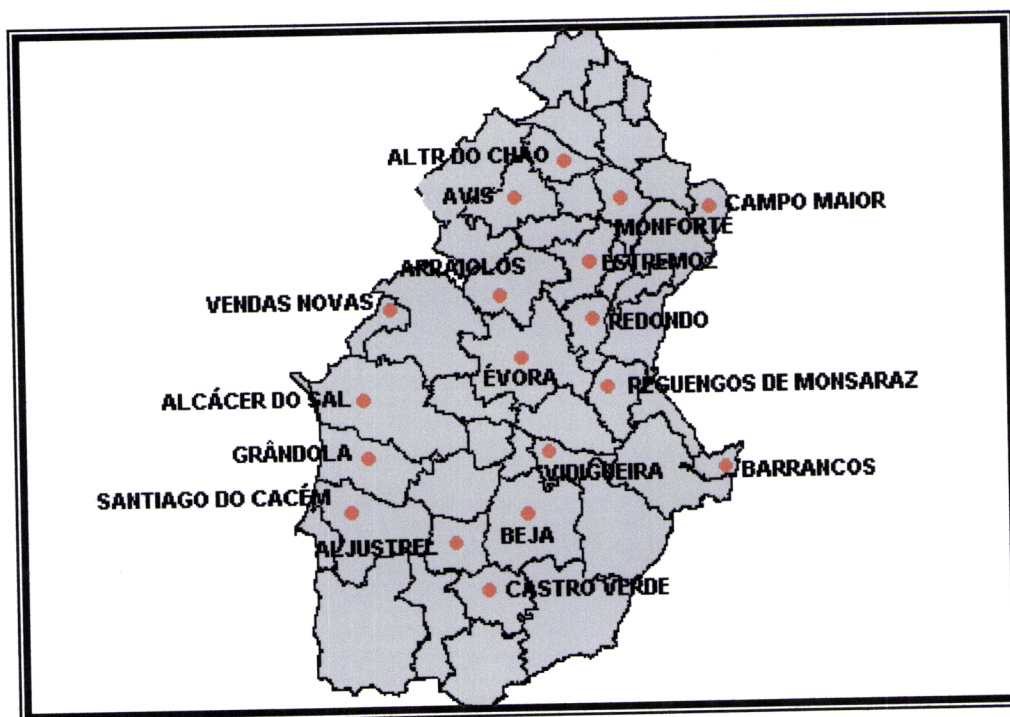
ISO – International Standard Organization

SMEWW 20<sup>th</sup> – Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater 20<sup>th</sup> Edition.

As determinações bacteriológicas foram realizadas no Laboratório de Referência para a Qualidade do Ambiente em Lisboa.

### 3.2 - SELECÇÃO DAS ETAR SEDE DE CONCELHO

O estudo inclui 19 ETAR municipais na região Alentejo com lagoas de estabilização que servem mais de 2000 habitantes equivalente e que a DRAOT-A possui resultados analíticos. Na Figura 3.1. pode-se observar a localização das ETAR.



**Figura 3.1 - Localização das ETAR municipais sede de conselho na região Alentejo com lagoas de estabilização e que servem mais de 2000 habitantes equivalente.**

À exceção de todas as outras, a ETAR de Évora tem três saídas, onde são lançados efluentes para o rio Xarrama, enquanto que a ETAR de Grândola tem duas entradas de afluentes urbanos, pelo que foram feitas análises separadas a cada uma delas. São referidas no Quadro 3.3 as principais características das ETAR referidas anteriormente (equivalente populacional servido pela ETAR, dimensionamento da ETAR, data de início de funcionamento, tipo de tratamento, local de descarga e bacia hidrográfica do local de descarga).

**Quadro 3.3 - ETAR municipais servindo sedes de concelho na região Alentejo com lagoas de estabilização e que servem mais de 2000 habitantes equivalente.** *fonte?*

CONSELHO	ETAR	E.P. SERV. ETAR	DIM. HORIZ. PROJ. EP	DATA FUNC. ETAR	TIPO TRAT.	LOCAL DE DESCARGA	BACIA HIDROGRÁFICA
ALCÁ CER DO SAL	Alcácer do Sal Norte	2600	3000	1996	SEC	Rio Sado	Sado
ALJUSTREL	Aljustrel	5200	7500	1998	SEC	Rib <sup>a</sup> do Vale das Hortas	Sado
ALTER DO CHÃO	Alter do chão	2620	3800	1998	SEC	Rib <sup>a</sup> . de Alter	Tejo
ARRAI OLOS	Arraiolos Norte	2600	3000	1998	SEC	Rib <sup>a</sup> . de Arraiolos	Tejo
AVIS	Avis	2000	2000	1989	SEC	Alb <sup>a</sup> . do Maranhão	Tejo
BARRANCOS	Barrancos	2052	2052	?	SEC	Barranco da Coutada	Guadiana
BEJA	Beja	23000	23000	1994	SEC+M	Rib. do Roxo	Sado
CAMPO MAIOR	Campo Maior (Z.E.)	5000	7900	1997	SEC	Rib. da Lage	Guadiana
CAMPO MAIOR	Campo Maior (Z.O.)	4000	5200	1997	SEC	Rib <sup>a</sup> . dos Mudos	
CASTRO VERDE	Castro Verde	3500	4500	1983	SEC	Rib <sup>a</sup> . Maria Delgado	Guadiana
ESTREMOZ	Estremoz	8500	9930	1990	SEC	Rib <sup>a</sup> . da Vila	Tejo
ÉVORA	Évora (S 1)	47500	55000	1984	SEC	Rio Xarrama	Sado
	Évora (S 2)						
	Évora (S 3)						
GRÂNDOLA	Grândola Ameira (E 1)	4500	7000	1985	SEC	Barranco da Ameira	Sado
	Grândola Ameira (E 2)						
MONFORTE	Monforte	2745	2500	?	SEC	Rib <sup>a</sup> da Fonte do Chão	Tejo
REDONDO	Redondo (Horta do Grilo)	2000	2000	1997	SEC	Rib <sup>a</sup> . da Água Ruça	Guadiana
REGUENGOS	Reguengos	5900	6700	2000	SEC	Rib <sup>a</sup> . de Monreal	Guadiana
SANTIAGO DO CACÉM	Santiago do Cacém	5000	8000	1984	SEC	Rib <sup>a</sup> . de Santiago	Rib <sup>a</sup> . da Costa
VENDAS NOVAS	Vendas Novas	10000	17500	1999	SEC	Rib <sup>a</sup> . de Bombel	Sado
VIDIGUEIRA	Vidigueira	3800	3800	1984	SEC	Rib <sup>a</sup> . do Freixo	Guadiana

### 3.3 - CLIMA

O clima conjuntamente com o solo, é um dos grandes factores naturais que afectam poderosamente a agricultura. Caracterizando o clima da região Alentejo de forma muito sumaria, pode dizer-se que o mesmo é fundamentalmente, um clima mediterrâneo com influência continental sobre o centro e sul. O clima da região Alentejo pode ainda classificar-se como temperado, com um Verão quente e seco e um Inverno de temperaturas moderadas com precipitação concentrada na estação fria.

Com base na relação entre os factores que mais fortemente condicionam as condições climáticas da região Alentejo (latitude, altitude, continentalidade e exposição), com os elementos climáticos que melhor caracterizam o clima (temperatura do ar, quantidade de precipitação e insolação), pode considerar-se o Alentejo dividido em três zonas climáticas, cujas características se assinalam no Quadro 3.4 (Carvalho e Machado, 1976).

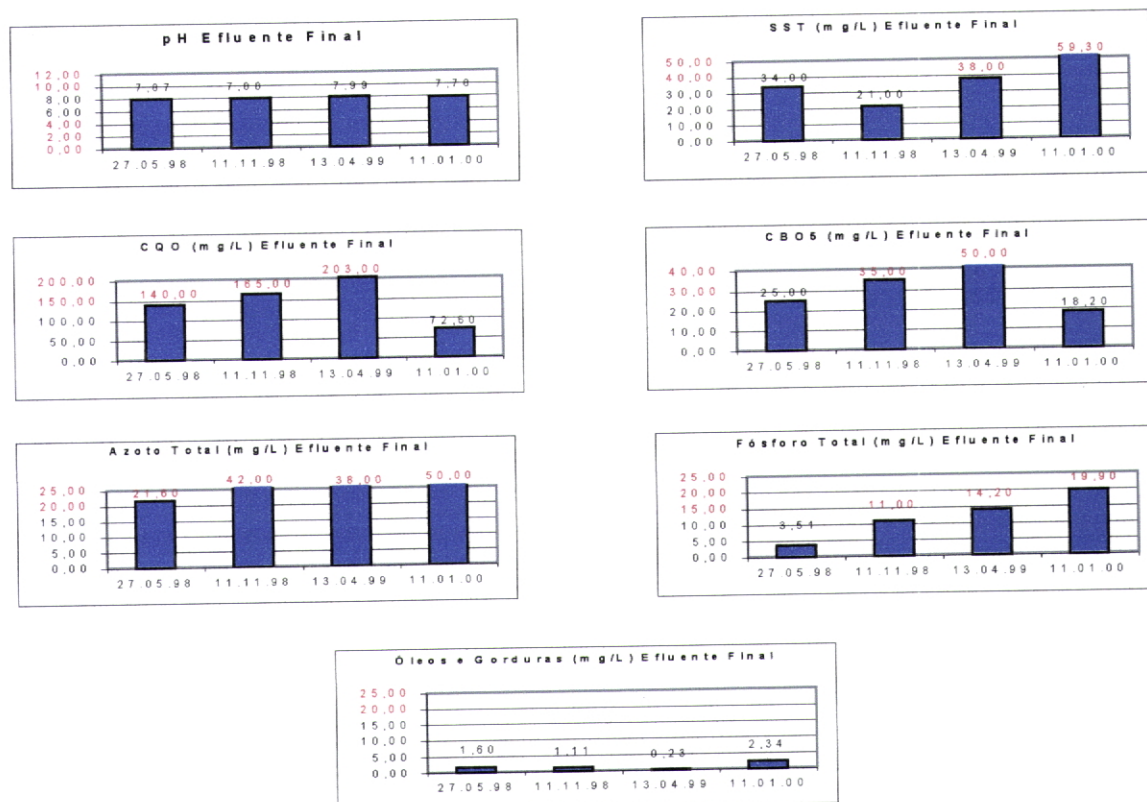
**Quadro 3.4 - Características climáticas média da região Alentejo, segundo (Carvalho e Machado, 1976).**

<b>REGIÃO CLIMÁTICA</b>	<b>ALTITUDE (m)</b>	<b>PRECIPITAÇÃO (mm)</b>	<b>TEMPERATURA DO AR (° C)</b>
<b>Zona litoral</b>	A norte do Cabo Raso	500-1000	14-16
	A sul do Cabo Raso	500-800	16-17
<b>Zona central</b>	>500	500-1000	15-17.5
	>500	800-1200	12-15
<b>Zona interior</b>		400-700	17-20

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - RESULTADOS ANALÍTICOS

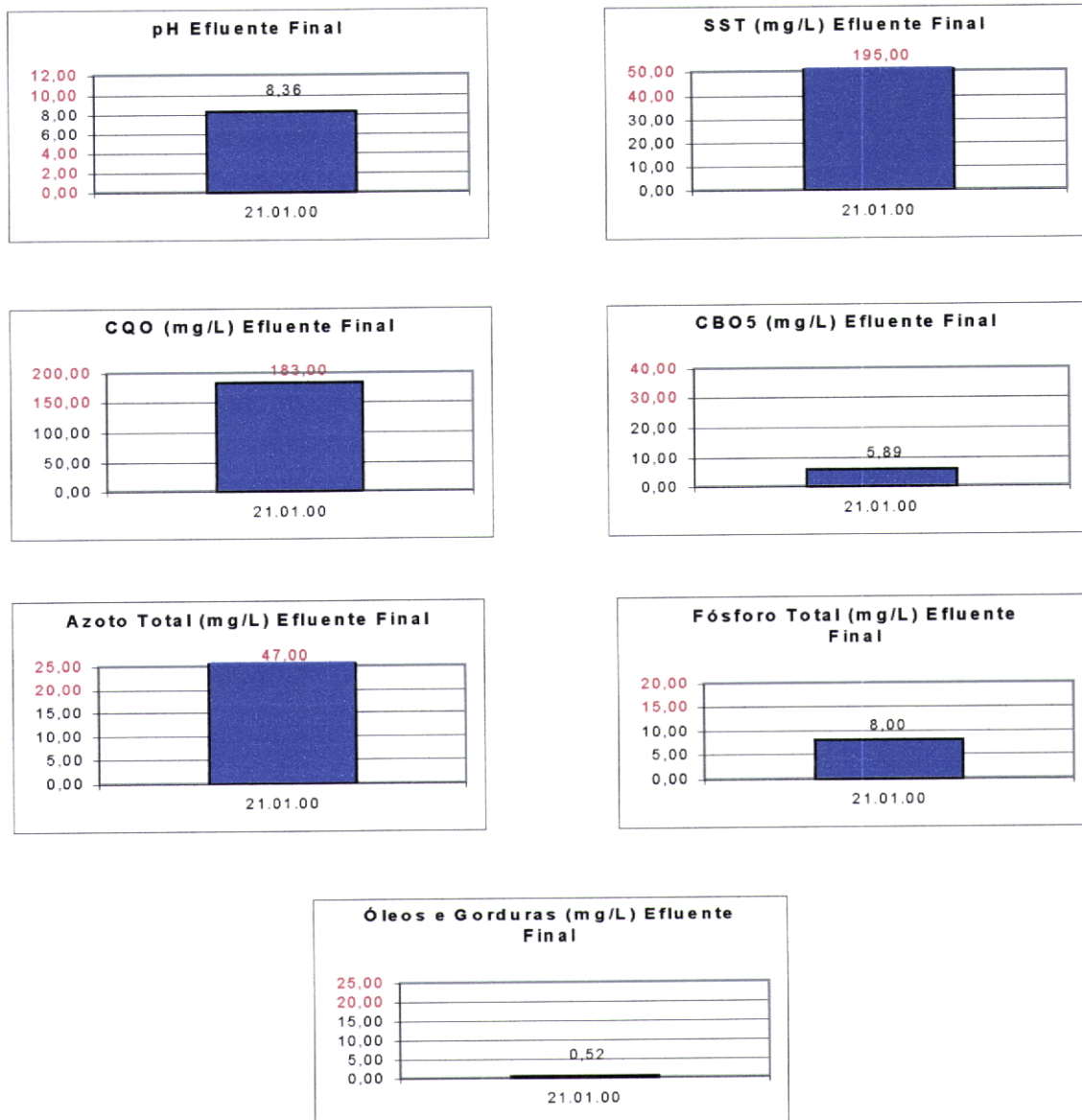
O resultados analíticos dos diversos efluentes apresentam-se nas Figuras 4.1 a 4.48.



**Figura 4.1 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Alcácer do Sal.**

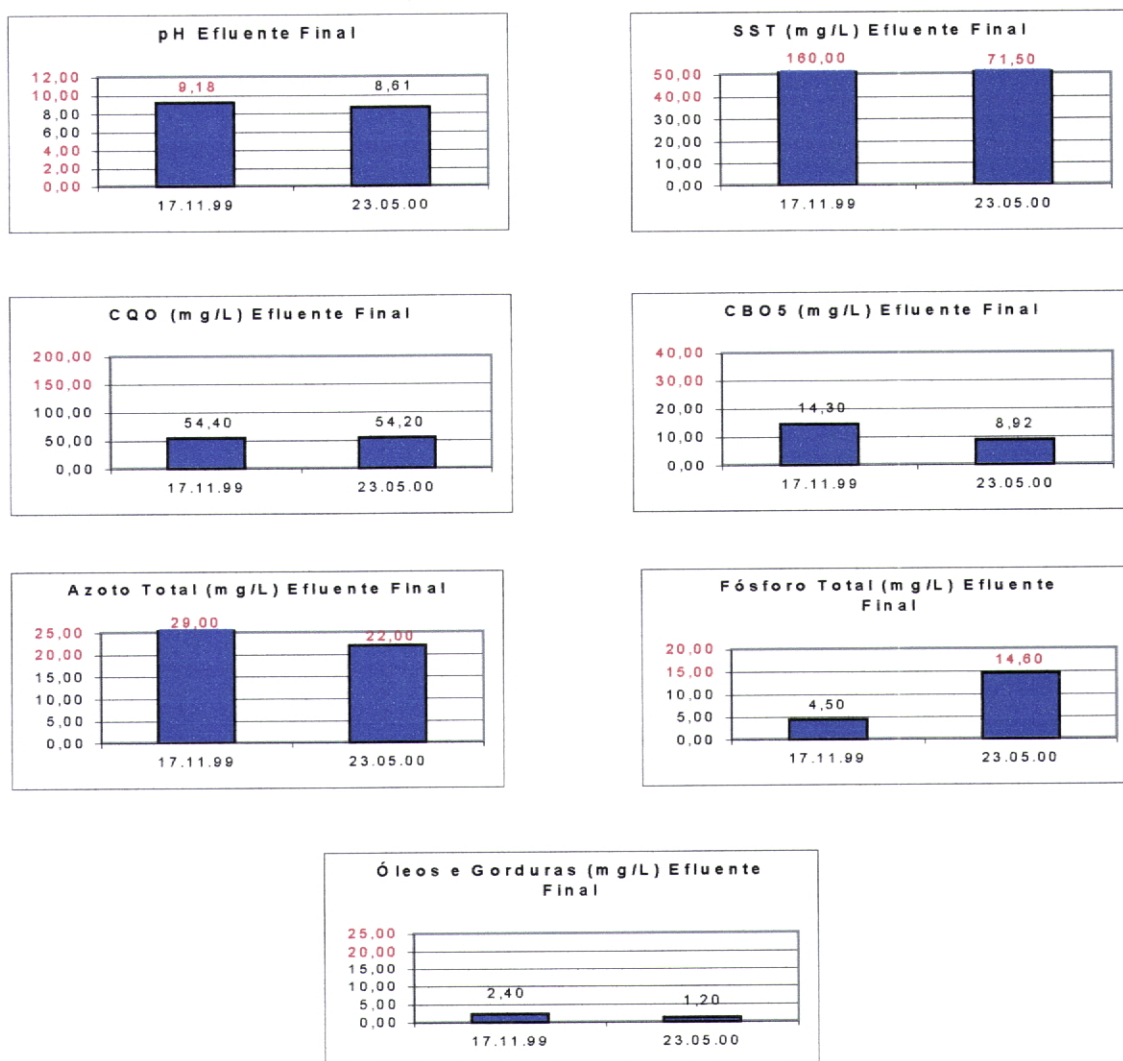
Foram recolhidas e analisadas amostras do efluente da ETAR de Alcácer do Sal nos dias 27.05.98, 11.11.98, 13.04.99 e 11.01.00 como se pode constatar na Fig. 4.1. O VLE do Azoto Total, foi ultrapassado em todas as colheitas. Relativamente ao parâmetros CQO, o VLE foi ultrapassado nas três primeiras colheitas, embora o último valor de CQO e de CBO<sub>5</sub> se referira a uma amostra filtrada. O mesmo aconteceu para o Fósforo Total, nas últimas três amostras recolhidas. O valor de SST obtido nas amostras nos dias 13.04.99 e 11.01.00, ultrapassaram o VLE. Nos dias 11.11.98 e 13.04.99, verificou-se um valor excessivo de CBO<sub>5</sub>. Todos os outros valores estão de acordo com a legislação em vigor.





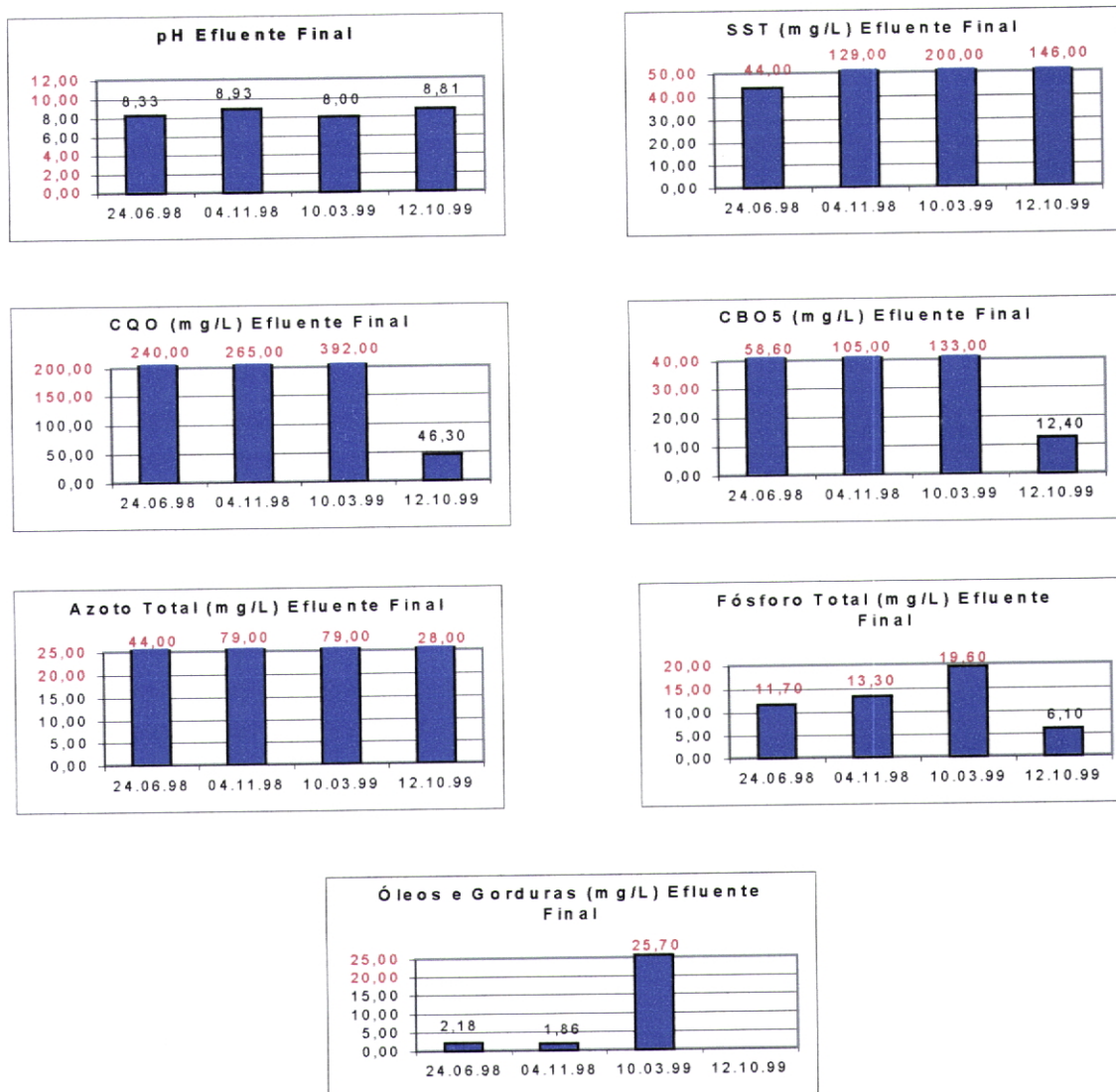
**Figura 4.2 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Aljustrel.**

Foram recolhidas e analisadas uma amostra do efluente da ETAR de Aljustrel no dia 21.01.00, conforme representado na Fig. 4.2. Verificou-se um valor excessivo SST, CQO e Azoto Total relativamente ao respectivo VLE. Relativamente aos parâmetros pH, CBO<sub>5</sub>, Fósforo Total e Óleos e Gorduras, estão de acordo com os Decreto-Leis 152/97 de 19 de Junho e 236/98 de 1 de Agosto. Os valores de CQO e de CBO<sub>5</sub> referem-se a amostras não filtradas.



**Figura 4.3 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Alter do Chão.**

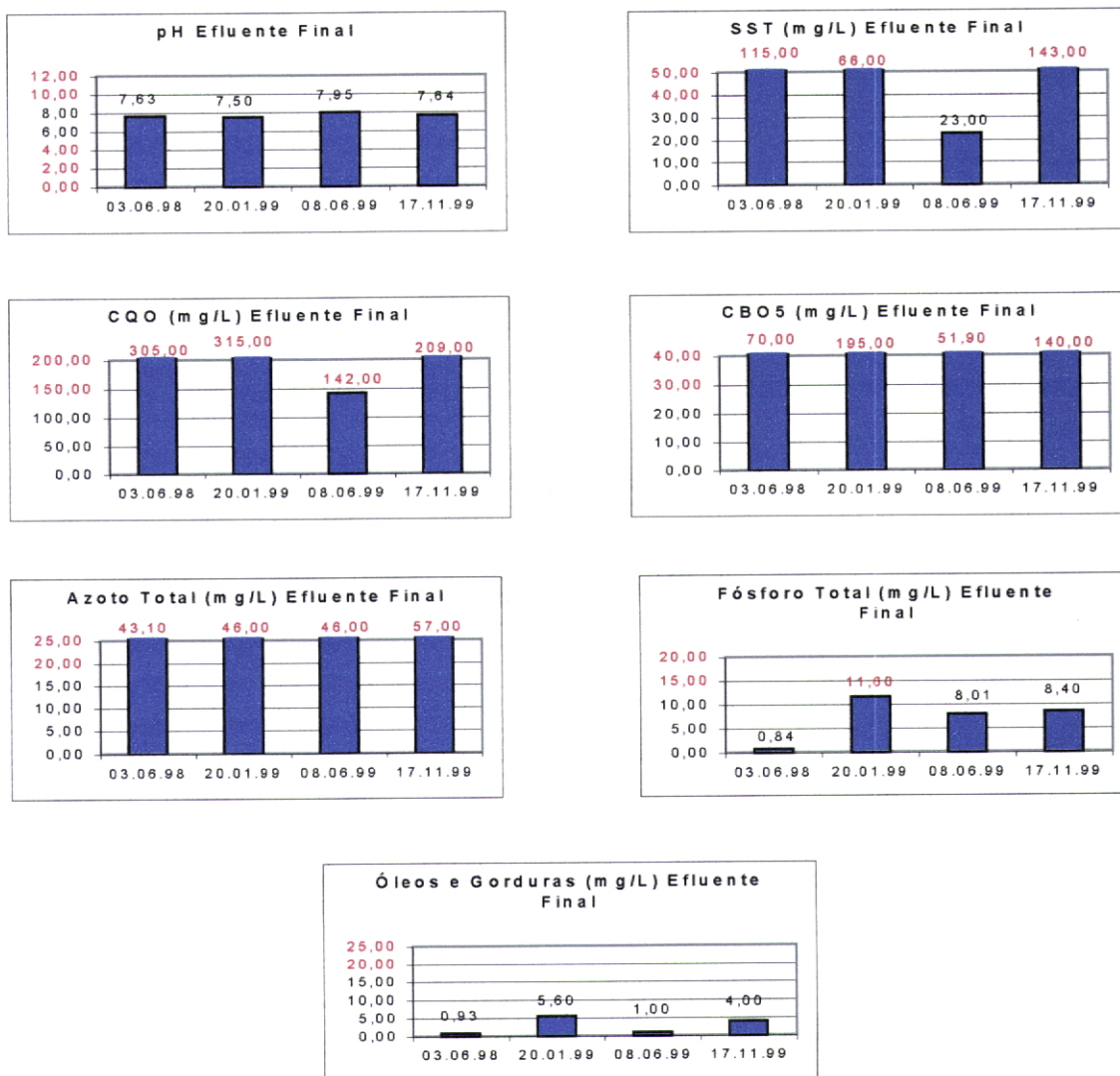
Através dos resultados analíticos existentes na DRAOT-A, relativos a duas amostras colhidas nos dias 17.11.99 e 23.05.00 em Aljustrel, verifica-se que o VLE dos parâmetros SST e Azoto Total foi ultrapassado em todas as amostras analisadas. No dia 17.11.99, verificou-se um valor excessivo de pH enquanto que no dia 25.05.00 o VLE do parâmetro Fósforo Total foi ultrapassado. Consta-se ainda, pela observação da Fig. 4.3 que os resultados analíticos dos parâmetros CQO, CBO<sub>5</sub> e Óleos e Gorduras cumprem os valores impostos à saída da ETAR. As amostras de CQO e de CBO<sub>5</sub>, referem-se a amostras não filtradas.



**Figura 4.4 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Arraiolos.**

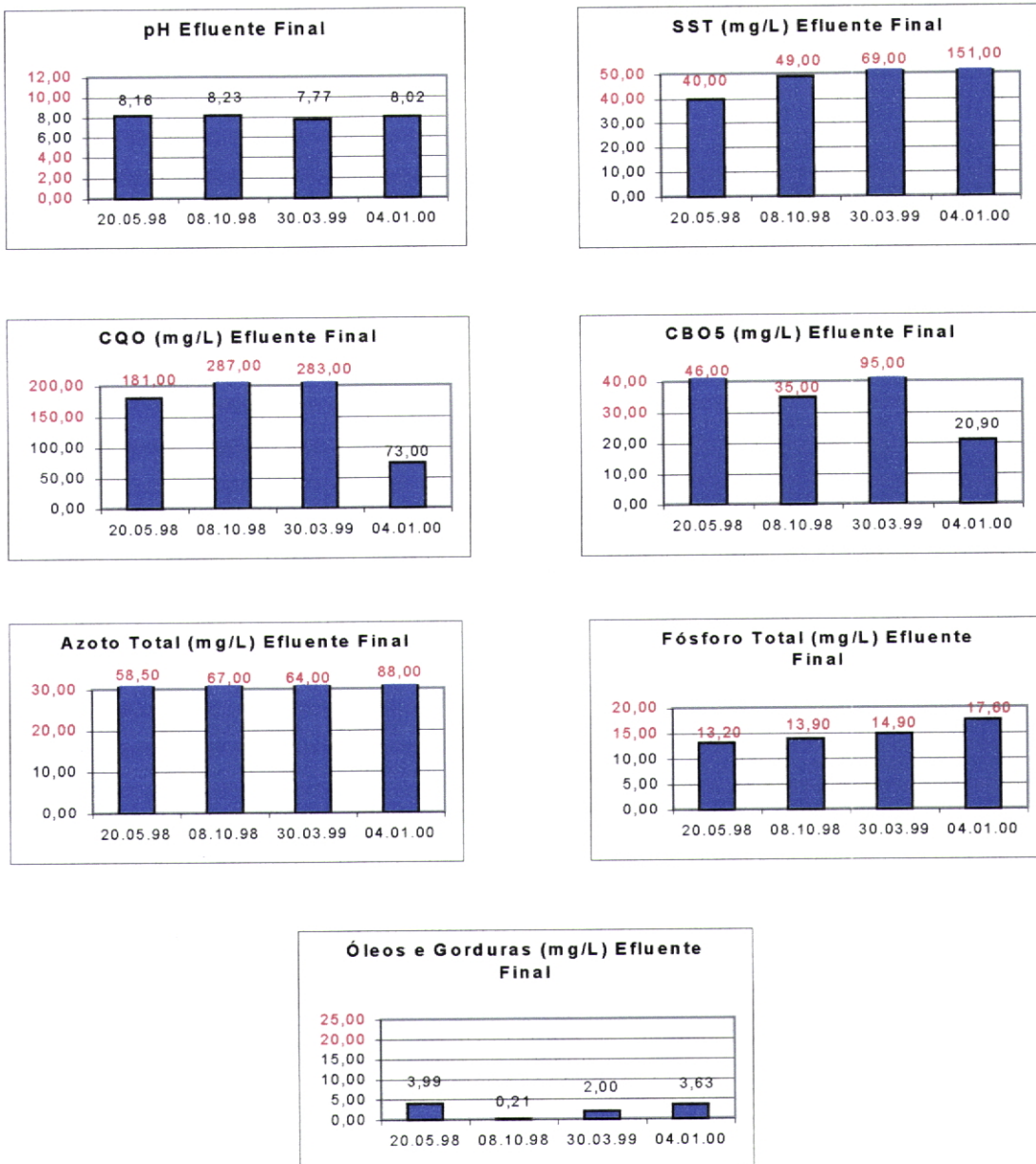
Através dos boletins de análise existentes na DRAOT-A relativos a amostras do efluente da ETAR de Arraiolos nos dias 24.06.98, 04.11.98, 10.03.99 e no dia 12.10.99, verificou-se que o valor obtido em todas as amostras de SST e de Azoto Total ultrapassaram o respectivo VLE. Relativamente aos parâmetros CQO e CBO<sub>5</sub>, nas três primeiras amostras analisadas, o VLE foi ultrapassado, contudo, estes valores referem-se a amostras filtradas. O VLE do Fósforo Total, também foi ultrapassado nas primeiras três amostras. No dia 10.03.99, verificou-se um valor excessivo de Óleos e Gorduras, como é possível observar na Fig. 4.4. Todos os outros valores estão de acordo com o normativo em vigor.





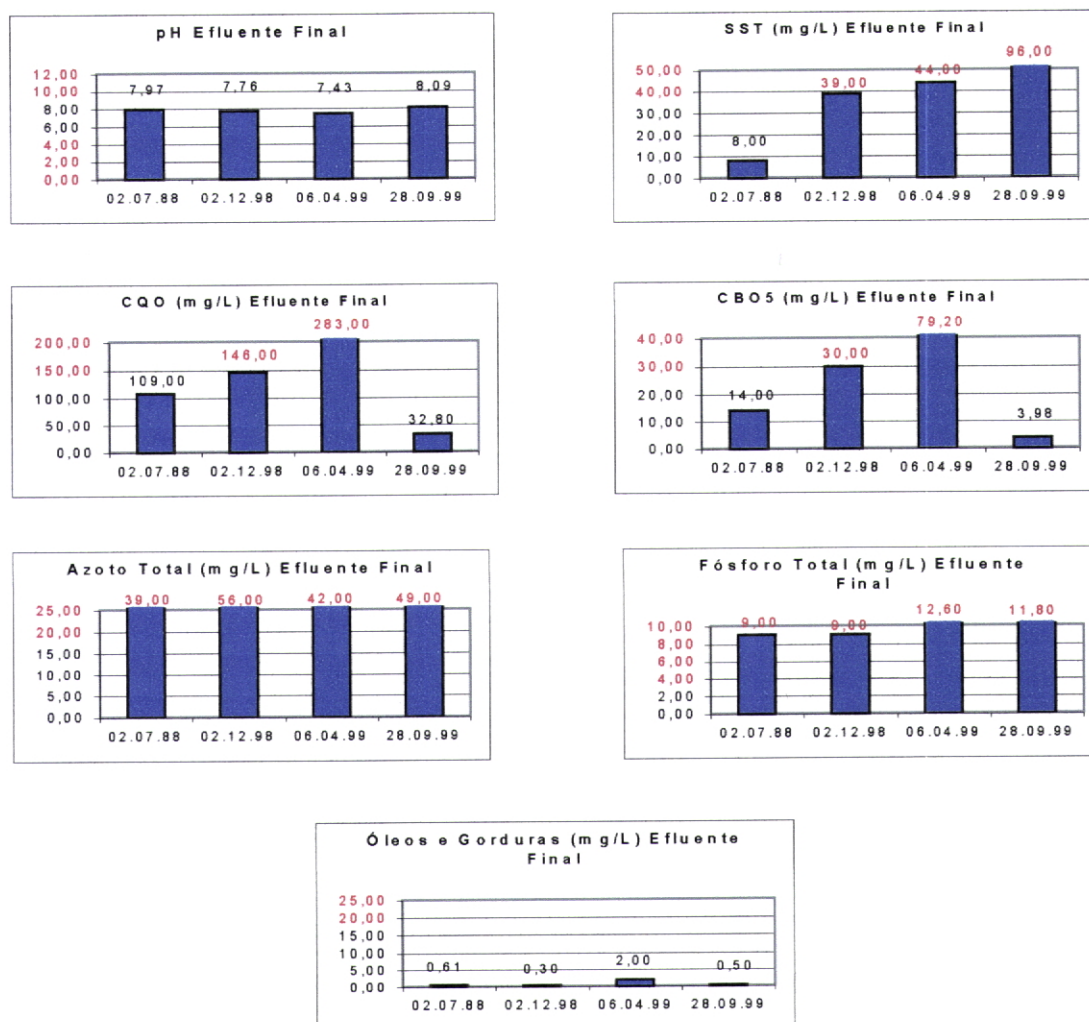
**Figura 4.5 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Avis.**

Conforme documentado na Fig. 4.5 foram recolhidas e analisadas amostras do efluente da ETAR de Avis nos dias 03.06.98, 20.01.99, 08.06.99 e 17.11.99. Em todas as amostras os valores de CQO, CBO<sub>5</sub> e de Azoto Total, ultrapassaram os limites de descarga impostos. Os três primeiros valores de CQO e de CBO<sub>5</sub>, referem-se a amostras não filtradas. Relativamente ao parâmetro SST, o VLE foi ultrapassado nos dias 03.06.98, 20.01.99 e 17.11.99. No dia 20.01.99, o valor do parâmetro Fósforo Total, não cumpriu o valor limite fixado. Em todas as amostras recolhidas o VLE do pH e de Óleos e Gorduras foi cumprido.



**Figura 4.6 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Barrancos.**

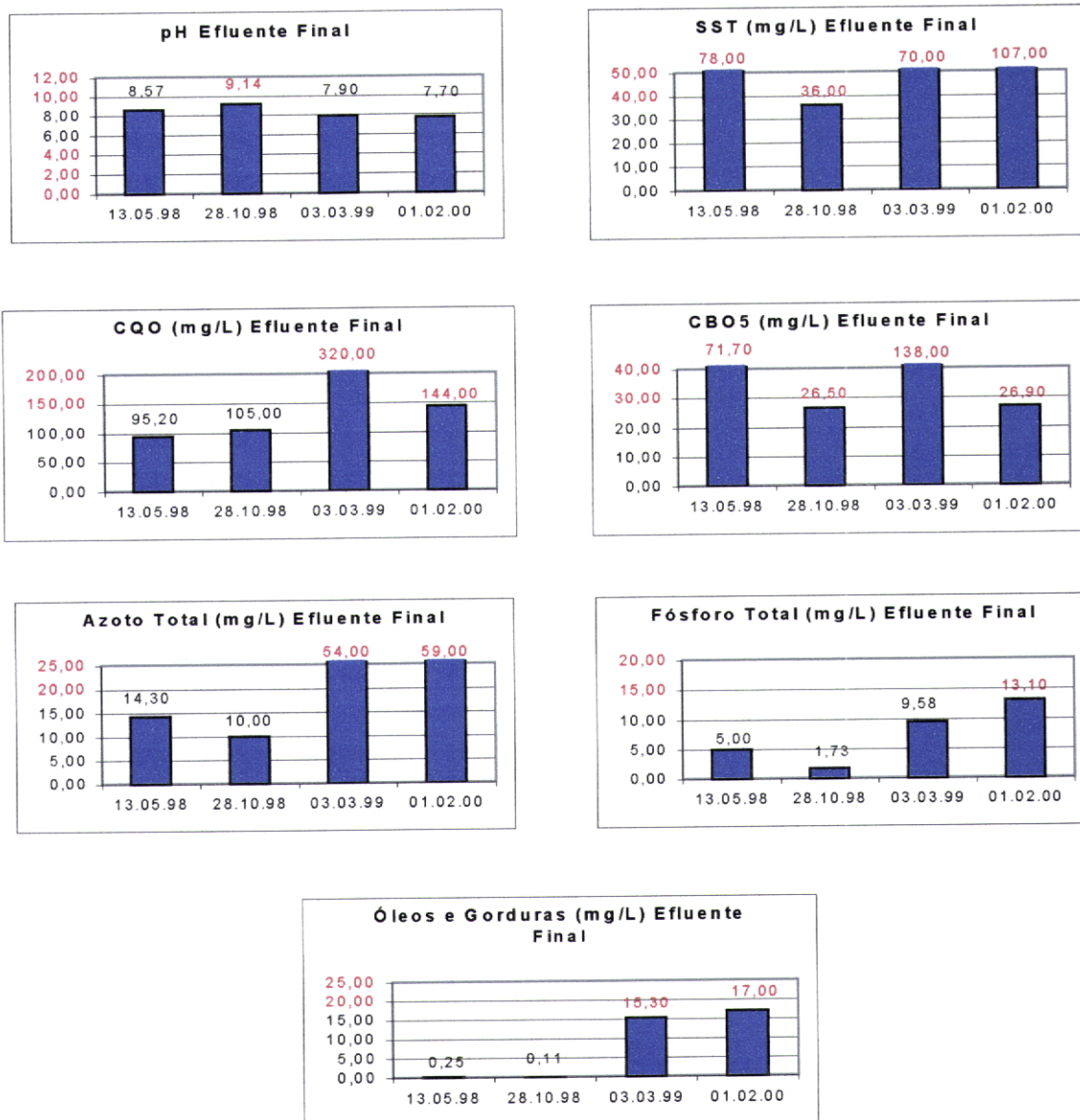
Foram recolhidas e analisadas amostras do efluente da ETAR Barrancos Sul nos dias 20.05.98, 08.10.98, 30.03.99 e 04.01.00. Quanto ao parâmetros SST Azoto Total e Fósforo Total, o respectivo VLE foi sempre ultrapassado. Relativamente aos parâmetros CQO e CBO<sub>5</sub>, os respectivos VLE foram ultrapassados nas três primeiras amostras analisadas, muito embora se refira a amostras não filtradas. A Fig. 4.6 mostra ainda que os valores obtidos para os parâmetros pH e Óleos e Gorduras, são sempre inferiores aos regulamentares, conforme ilustrado na Fig. 4.6.



**Figura 4.7 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Beja Bacia do Sado.**

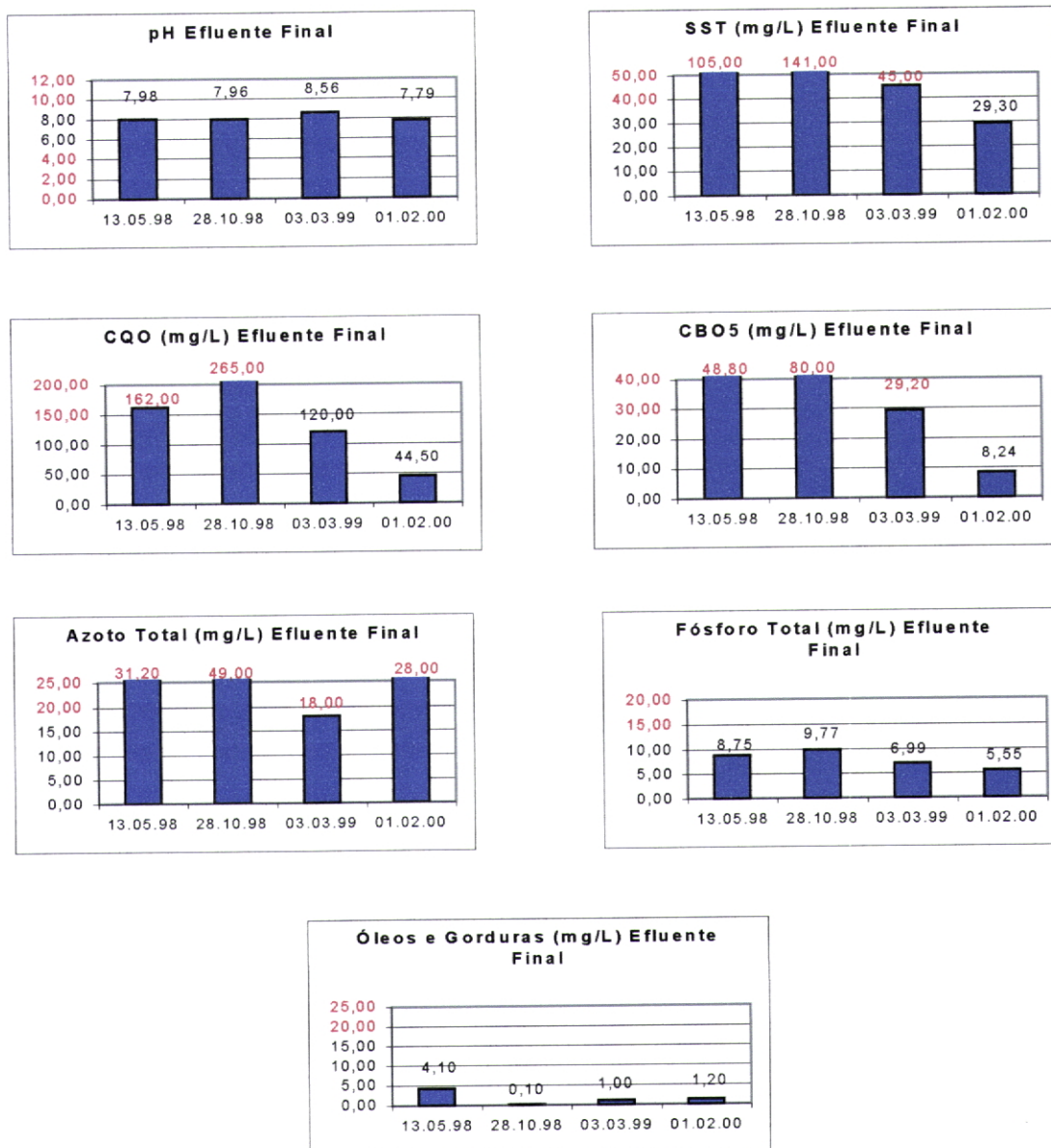
Pela análise da Fig. 4.7, nos dias 02.07.98, 02.12.98, 06.04.99 e 28.09.99 foram recolhidas e analisadas amostras do efluente da ETAR de Beja Bacia do Sado. Quanto ao parâmetro Azoto Total, o VLE foi sempre ultrapassado, o mesmo sucedendo para os SST nas últimas três amostras analisadas. O valor das amostras realizadas nos dias 02.12.98, 06.04.99 de CQO e de CBO5 foram superiores ao regulamentar, embora, os três primeiros valores se refira a amostras não filtradas. O mesmo sucedeu nas últimas duas amostras de Fósforo Total, em que o VLE é de 2 (mg/l), pelo facto da ETAR servir um equivalente populacional superior a 2000 h.e. e se encontrar numa zona sensível de acordo com o Decreto Lei 152/97, de 19 de Junho. Em todas as amostras analisadas o valor do pH e dos Óleos e Gorduras não excederam o limite de descarga imposto.





**Figura 4.8 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Campo Maior Zona Este.**

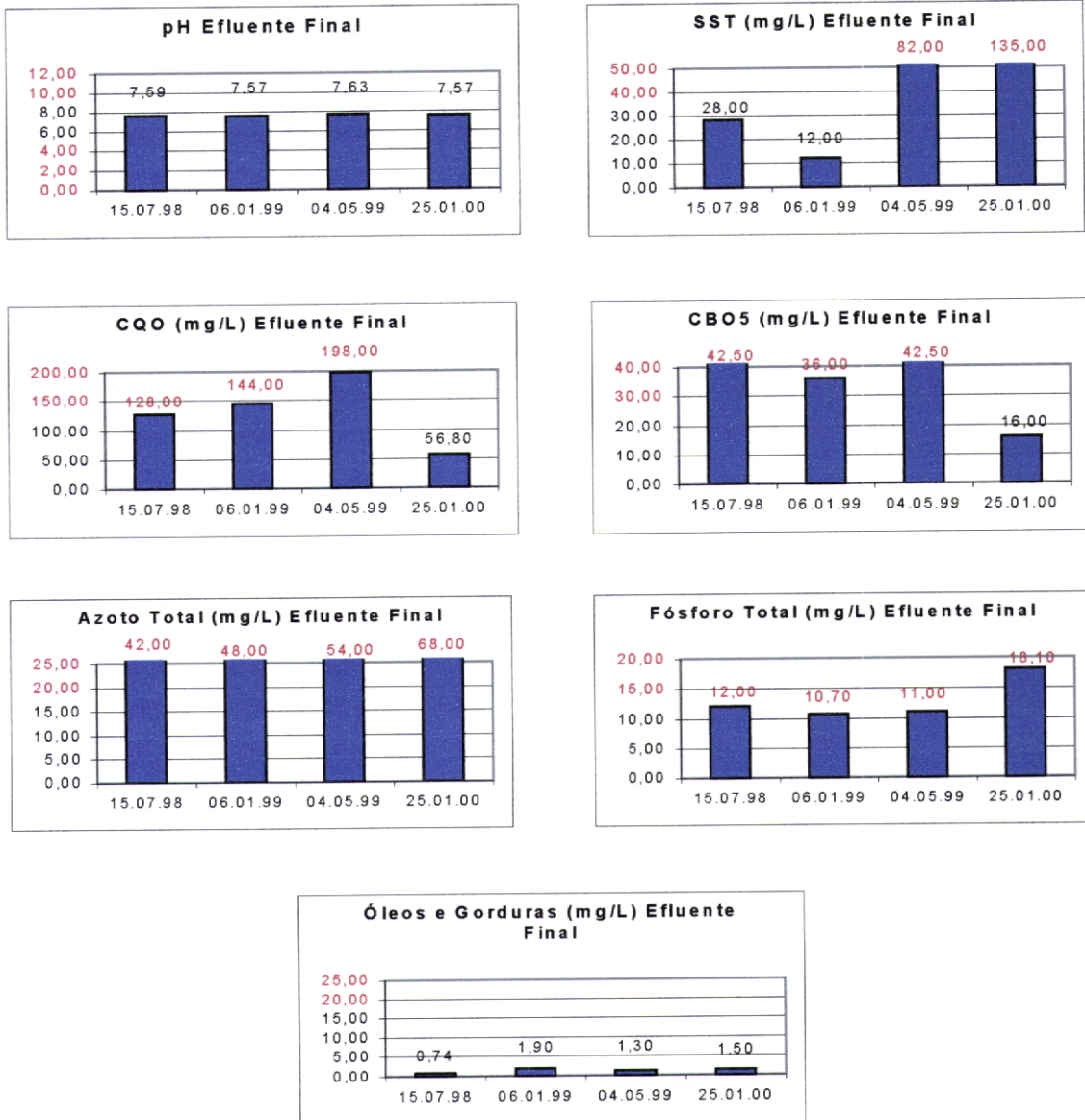
Apresenta-se na Fig. 4.8 os resultados analíticos do efluente da ETAR de Campo Maior Zona Este nos dias 13.05.98, 28.10.98, 03.03.99 e 01.02.00. O valor obtido em todas as amostras de SST e de CBO<sub>5</sub>, ultrapassaram, o respectivo VLE. Nos dias 03.03.99 e 01.02.00, o valor de CQO, Azoto Total e de Óleos e gorduras, também ultrapassou o respectivo VLE. Contudo, os três primeiros valores de CBO<sub>5</sub> e de CQO referem-se a amostras não filtrada. Relativamente ao parâmetro pH, no dia 28.10.98 o valor foi superior ao regulamentado. O mesmo sucedeu com o Fósforo, no dia 01.02.00, como documentado na Fig. 4.8.



**Figura 4.9 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Campo Maior Zona Oeste.**

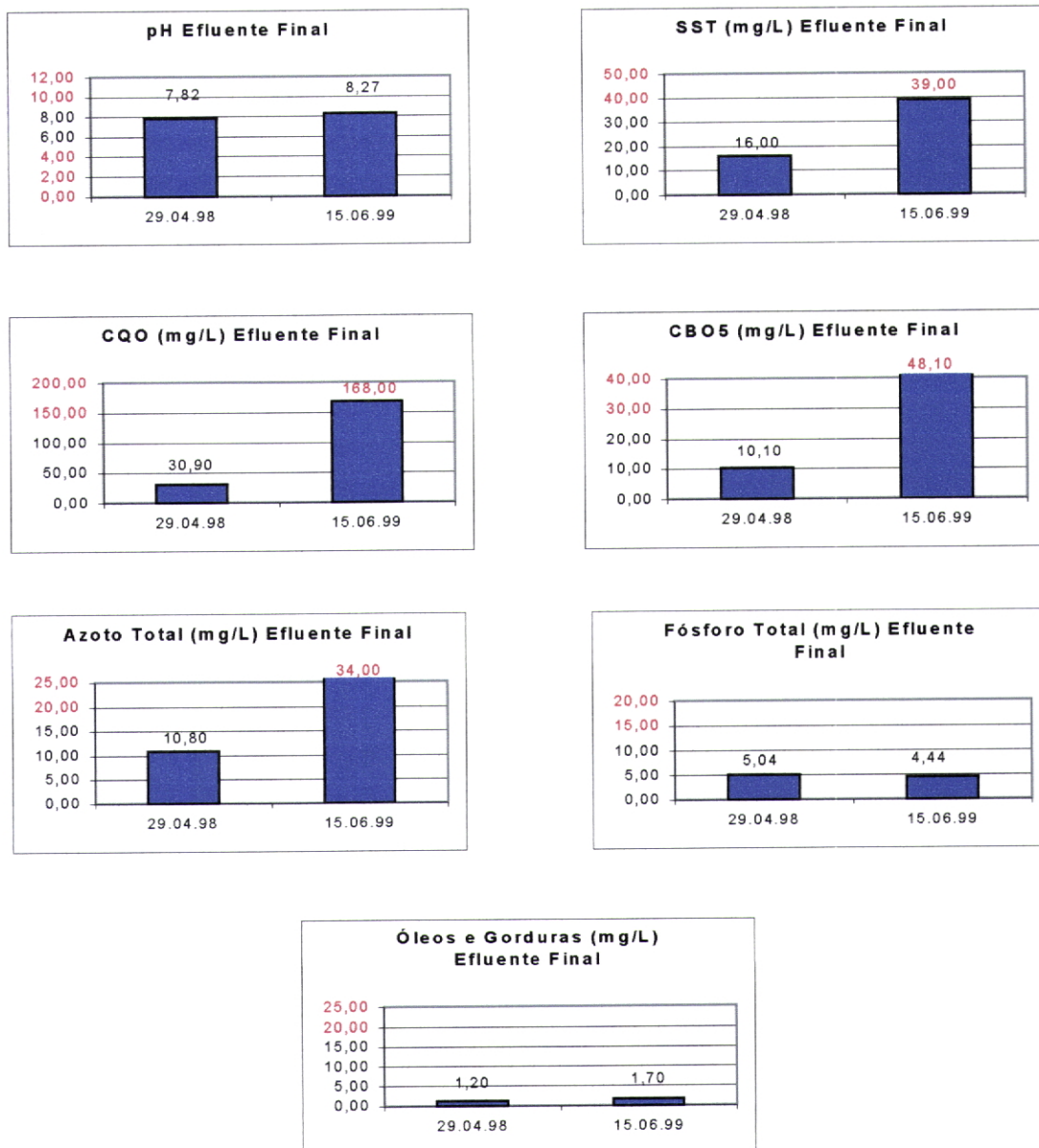
Na Fig. 4.9 apresentam-se os resultados analíticos das amostras recolhidas e analisadas e analisadas do afluente da ETAR de Campo Maior Zona Oeste nos dias 13.05.98, 28.10.98, 03.03.99 e 01.02.00. O parâmetro Azoto Total, foi sempre superiores ao respectivo VLE nas três primeiras amostras analisadas. O valor da CBO<sub>5</sub>, nas três primeiras amostras analisadas e da CQO, nas duas primeiras amostras, ultrapassaram o respectivo VLE, embora os três primeiros valores se refira a amostras não filtradas. O valor dos SST nas três primeiras análises ultrapassou o VLE. As restantes amostras estão de acordo com o normativo em vigor.





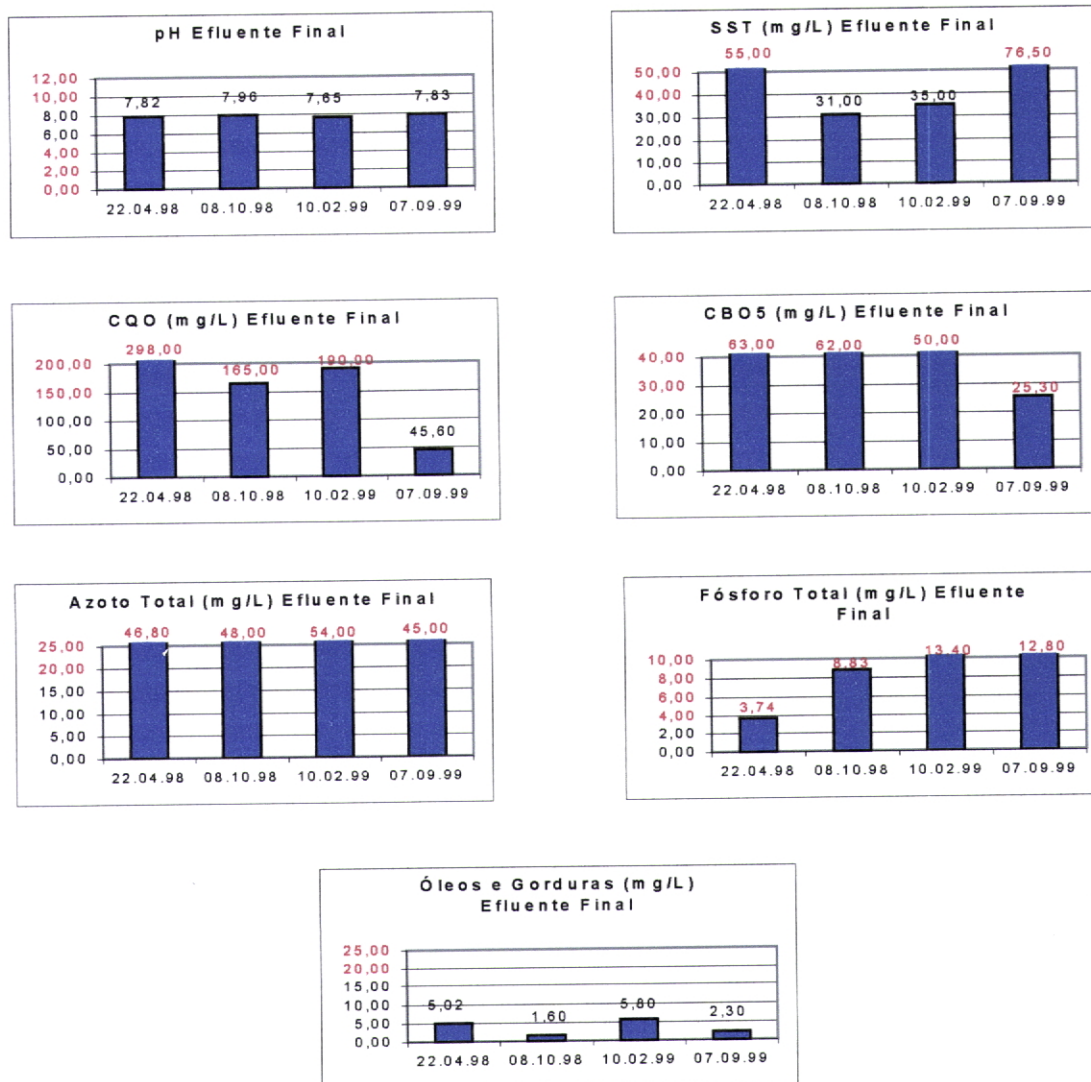
**Figura 4.10 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Castro Verde.**

Na Fig. 4.10, apresentam-se os valores das quatro colheitas realizadas à saída da ETAR de Castro Verde realizadas em 15.07.98, 06.01.99, 04.05.99 e 25.01.00. Em todas as amostras recolhidas, o respectivo VLE de Azoto Total e Fósforo Total foi ultrapassado. Relativamente aos parâmetros SST, nas duas últimas amostras, os valores foram excessivos. Nas três primeiras amostras recolhidas o valor obtido de CQO e de CBO<sub>5</sub>, excedeu o valor limite de descarga imposto, contudo estes valores referem-se a amostras não filtradas. Todos os valores de pH e óleos e gorduras cumprem os valores limite fixados.



**Figura 4.11 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Estremoz.**

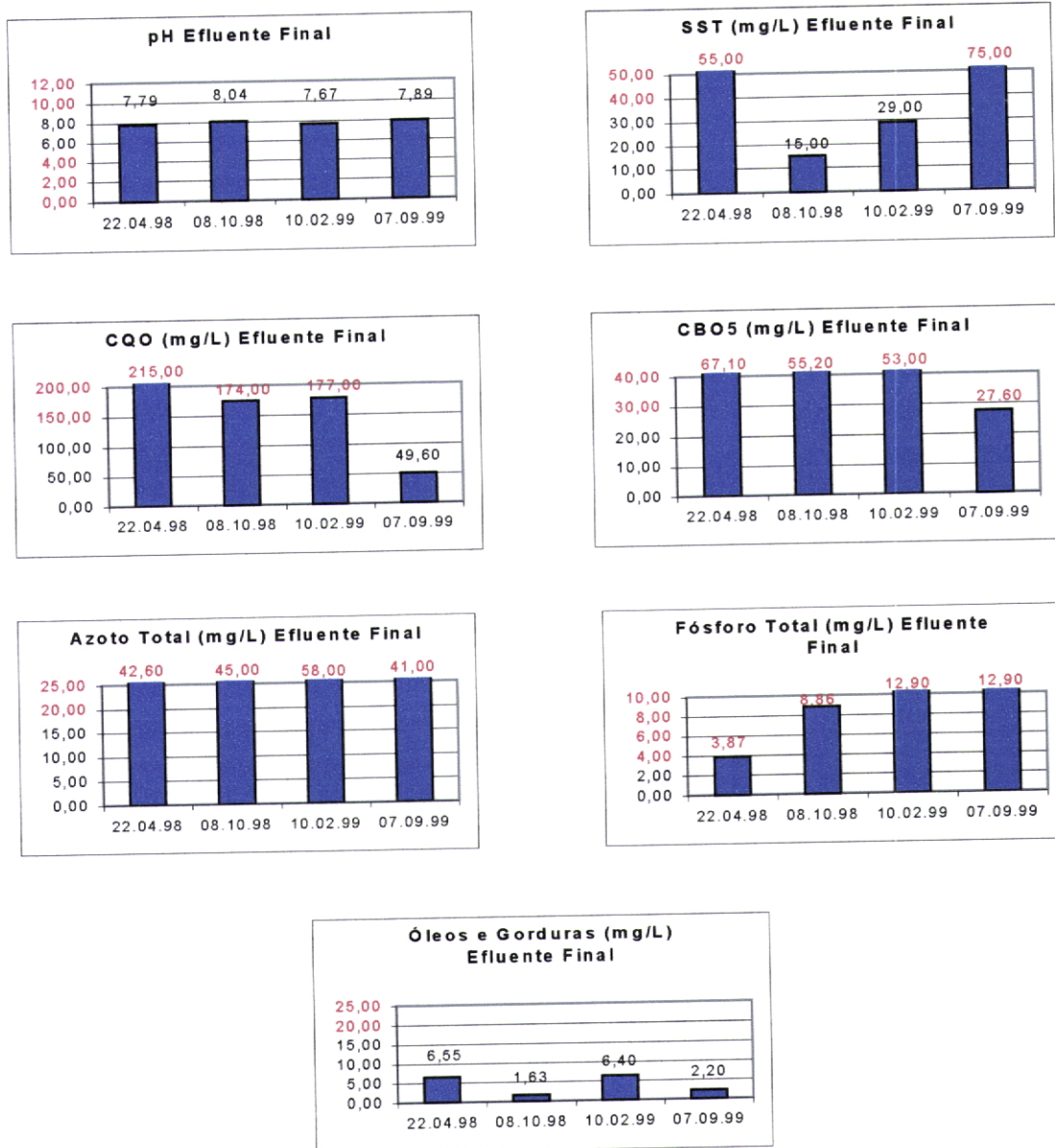
Foram feitos testes à saída da ETAR de Estremoz nos dias 29.04.98 e 15.06.99. Pela análise dos valores obtidos, constata-se que relativamente aos parâmetros SST, CQO, CBO<sub>5</sub> e Azoto Total, o respectivo VLE foi ultrapassado no dia 15.06.99. Todos os outros valores estão de acordo com o imposto pelo Decreto-Lei 152/97 de 19 de Junho e 236/98 de 1 de Agosto, conforme ilustrado na Fig. 4.11. Os três primeiros valores de CQO e de CBO<sub>5</sub>, referem-se a amostras não filtradas.



**Figura 4.12 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Évora (Saída 1).**

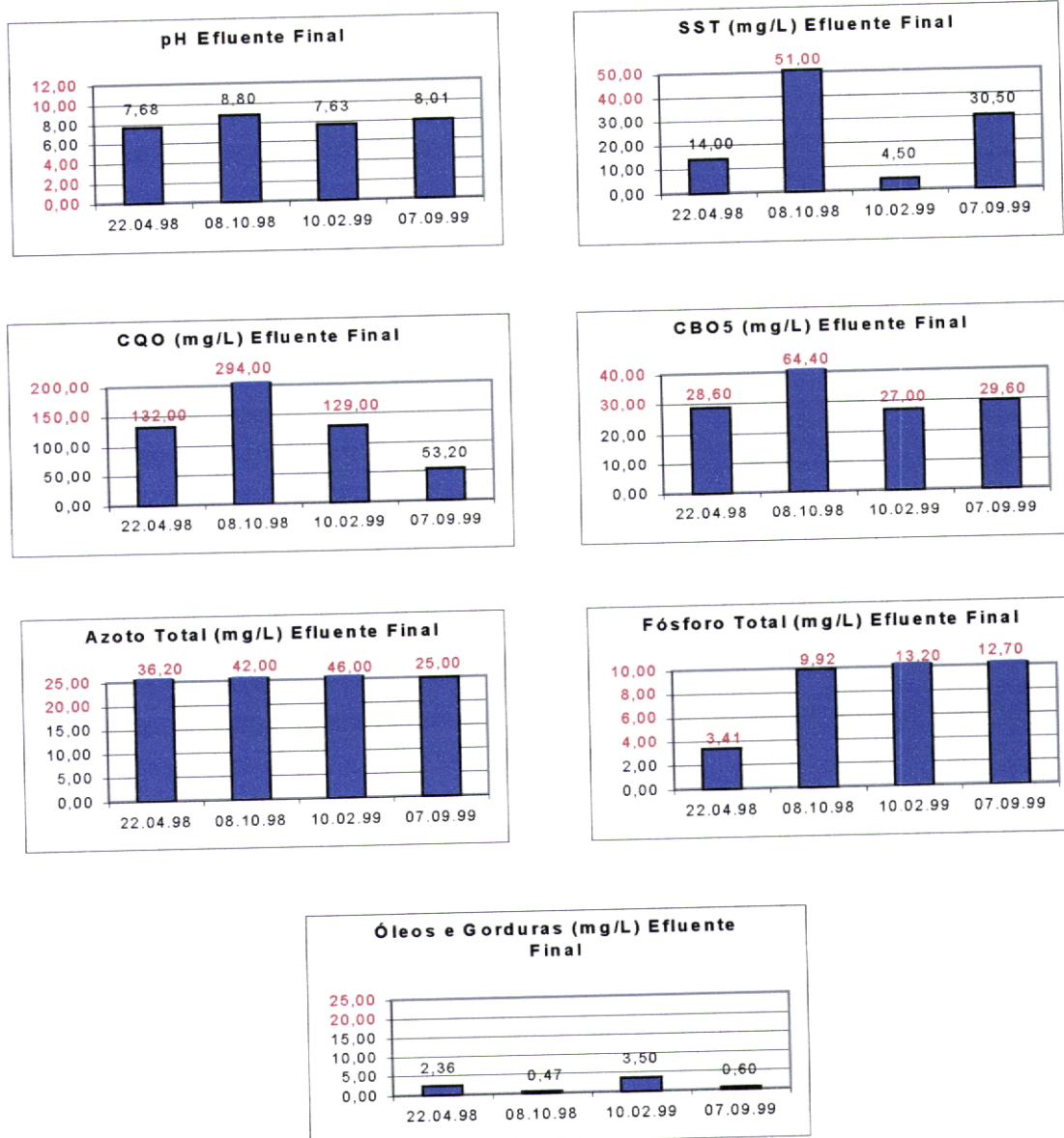
Com a finalidade de verificar a conformidade do efluente da ETAR de Évora (S1), foram recolhidas e analisadas amostras nos dias 22.04.98, 08.10.98, 10.02.99 e 07.09.99 (Fig. 4.12). Verificou-se que o VLE do parâmetro CBO<sub>5</sub> (os primeiros três valores referem-se a amostras não filtradas), Azoto Total e Fósforo Total, foi sempre ultrapassado nas quatro amostras analisadas, o mesmo acontecendo ao CQO nas três primeiras colheitas (amostras não filtradas). Relativamente aos SST, verificou-se que o VLE foi ultrapassado nos dias 22.04.98 e 07.09.99. Os restantes valores cumprem o normativo em vigor. Pelo facto desta ETAR servir um aglomerado ente 10000 e 100000 habitantes equivalente o teor máximo de Fósforo Total é de 2 mg/l nas três saídas da ETAR de Évora.





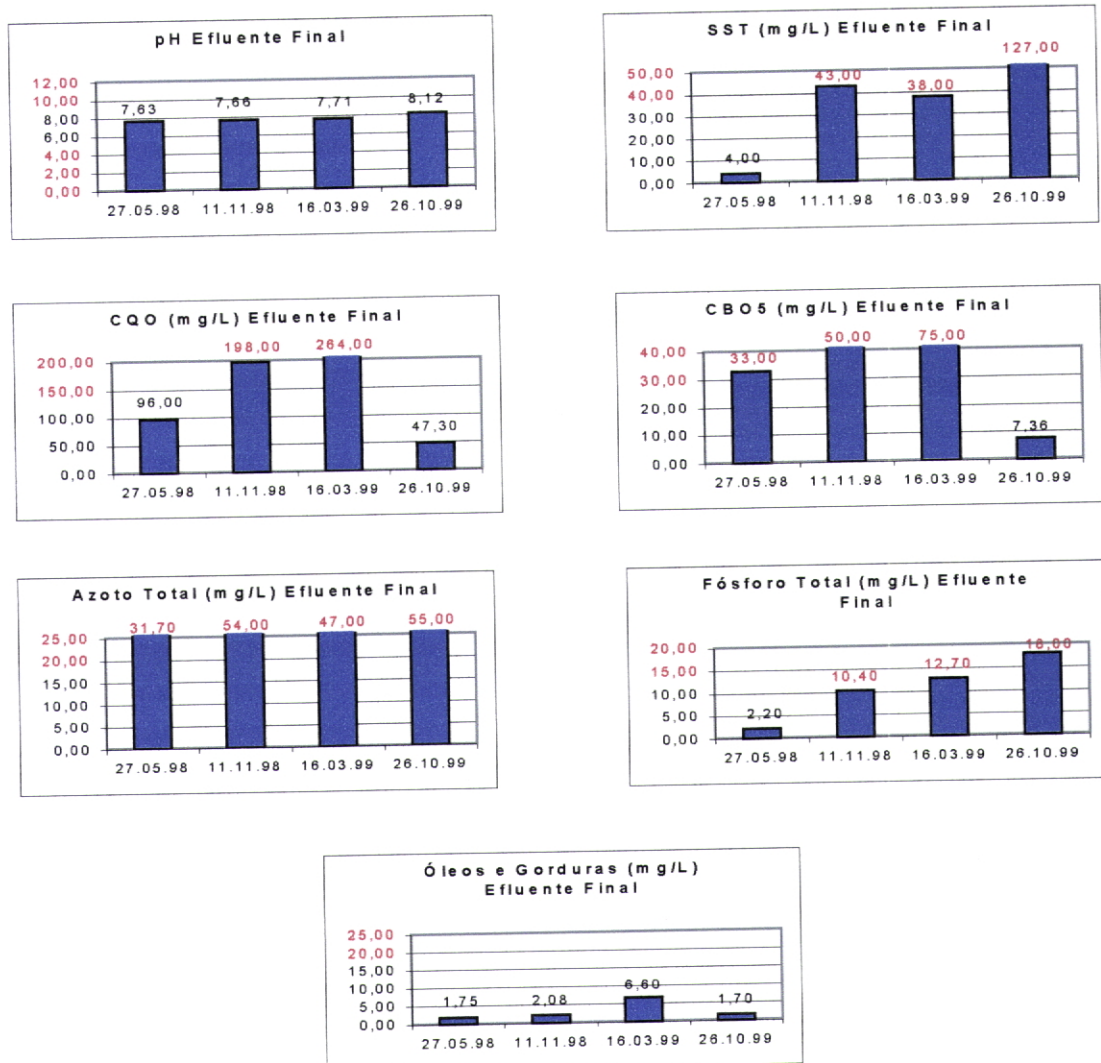
**Figura 4.13 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Évora (Saída 2).**

Pela análise da Fig. 4.13, verifica-se que foram recolhidas e analisadas amostras do afluente e efluente da ETAR de Évora nos dias 22.04.98, 08.10.98, 10.02.99 e 07.09.99. Comparando os valores conformes e não conformes do efluente final com os limites estabelecidos, verifica-se que coincidem com os valores que ultrapassam o VLE da ETAR de Évora (S1).



**Figura 4.14 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Évora (Saída 3).**

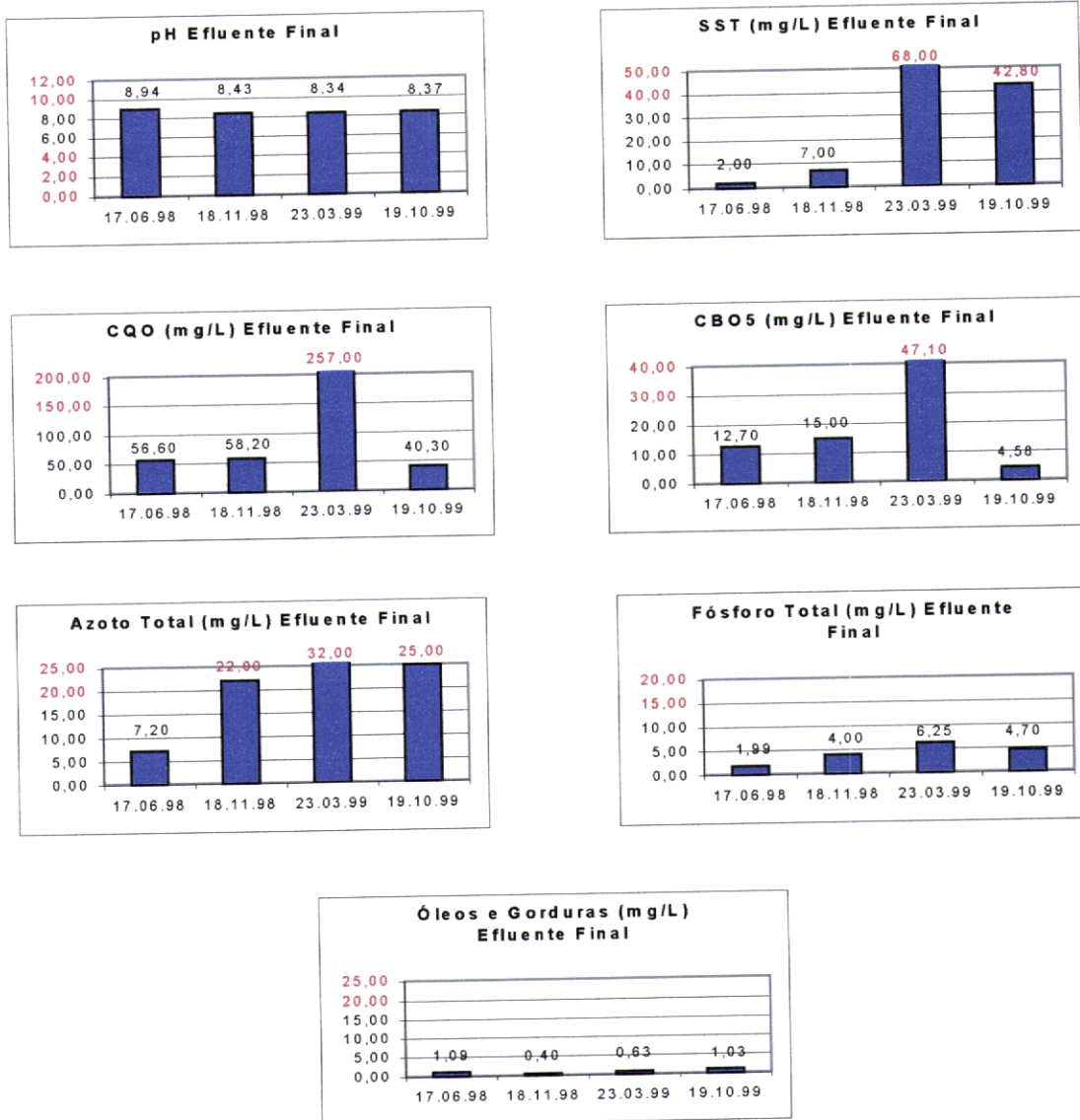
Apresenta-se na Fig. 4.14 os resultados analíticos do efluente da ETAR de Évora (S3), recolhidos nos dias 22.04.98, 08.10.98, 10.02.99 e 07.09.99. Os valores não conformes do efluente final coincidem com os valores que ultrapassaram o VLE da saída (S1 e S2) da ETAR de Évora, excepto os SST, que na recolha realizada no dia 08.10.98 ultrapassou o respectivo VLE. Todos os outros valores estão de acordo com o imposto pelo Decreto-Lei 152/97 de 17 de Junho.



**Figura 4.15 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Grândola Ameira.**

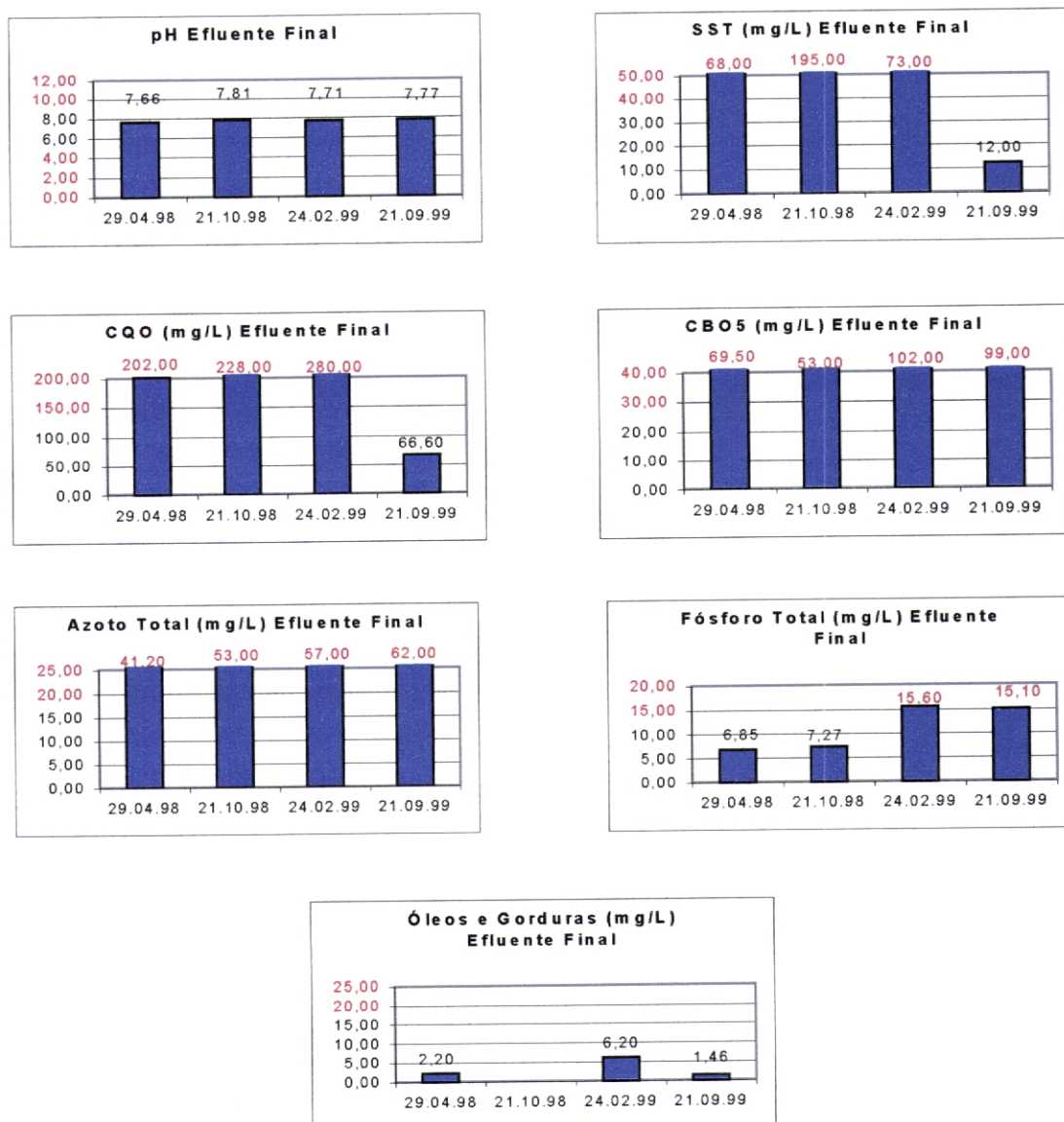
Através do Programa de Controlo de Efluentes de ETAR em curso na DRAOT-A, foram recolhidas e analisadas amostras do efluente da ETAR de Ameira nos dias 27.05.98, 11.11.98, 16.03.99 e 26.10.99 como se pode observar na Fig. 4.15. O valor obtido em todas as amostras de Azoto Total, ultrapassaram, o VLE. O valor de SST e de Fósforo Total, foi superior ao respectivo VLE nas três últimas amostras analisadas. As três primeiras amostras de CBO<sub>5</sub> analisadas e as amostras recolhidas nos dias 11.11.98 e 16.03.99 de CQO, o VLE foi ultrapassado, embora os três primeiros valores deste parâmetro se refiram a amostras não filtradas. Os restantes valores analíticos não excederam o valor limite de descarga imposto.





**Figura 4.16 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Monforte.**

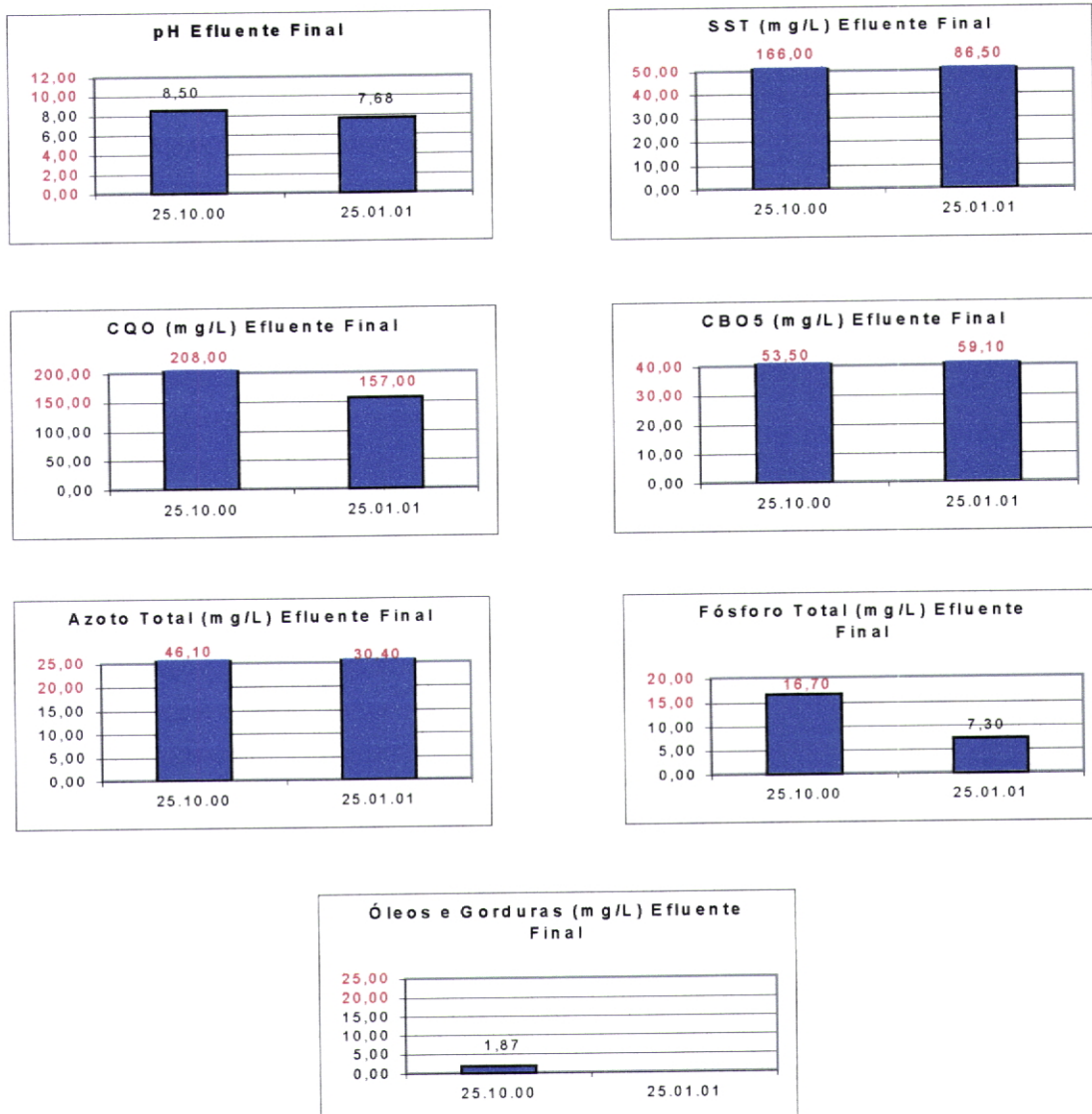
Através do Programa de Controle de Efluentes de ETAR em curso na DRAOT-A, foram recolhidas e analisadas amostras do afluente e efluente da ETAR de Monforte nos dias 17.06.98, 18.11.98, 23.03.99 e 19.10.99. Os valores de SST, CQO e CBO<sub>5</sub> foram sempre superiores ao respectivo VLE nas amostras analisadas no dia 23.03.99, verificando-se problemas na depuração do efluente. Relativamente ao parâmetro Azoto Total o VLE foi ultrapassado nos dias 18.11.98 e 23.3.99. Os resultados analíticos individuais são apresentados na Fig. 4.16. Os três primeiros valores de CQO e de CBO<sub>5</sub>, refere-se a amostras não filtradas.



**Figura 4.17 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Redondo Horta do Grilo.**

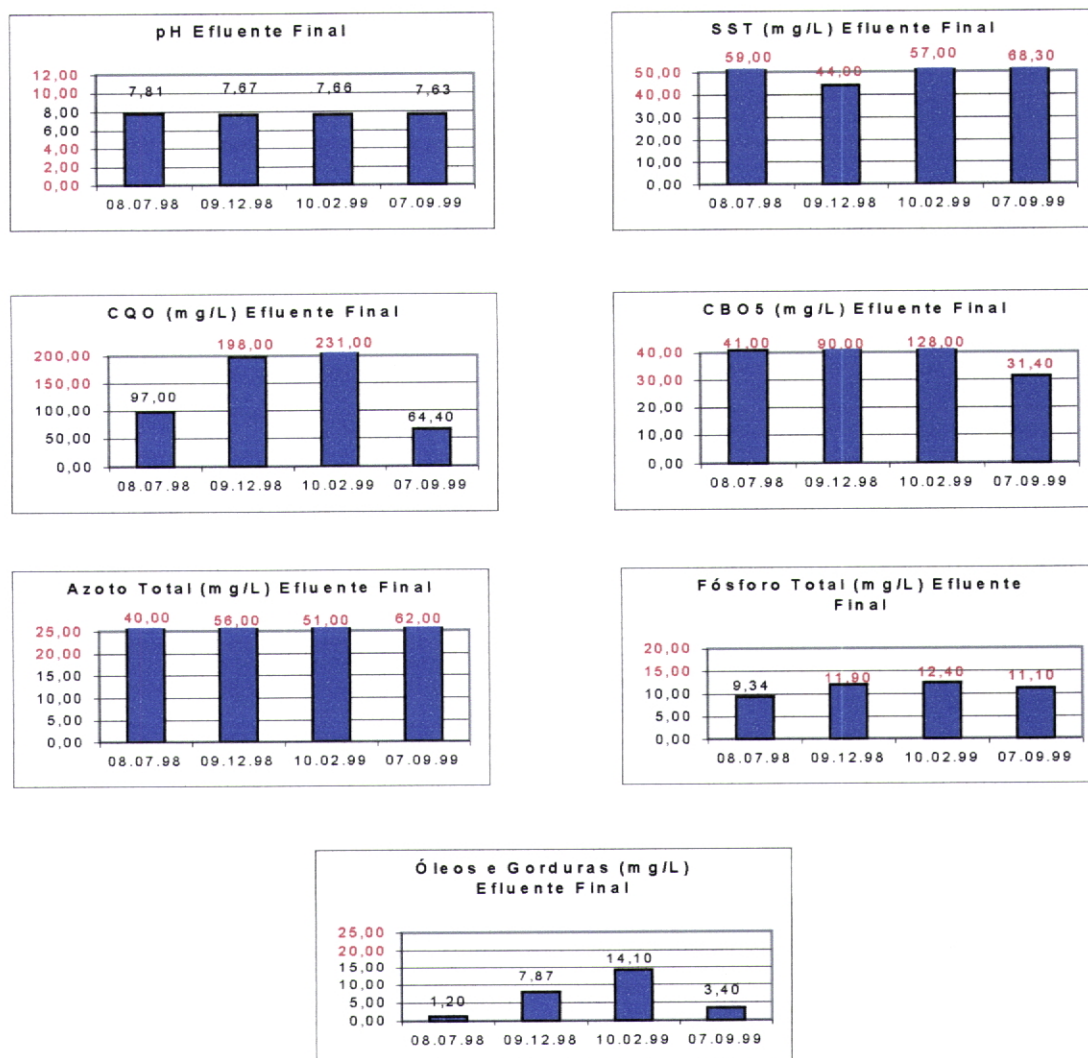
Apresentam-se na Fig. 4.17 os resultados analíticos do efluente da ETAR Redondo Horta do Grilo, que foram recolhidas e analisadas nos dias 29.04.98, 21.10.98, 24.02.99 e no dia 21.09.99 da ETAR Horta do Grilo. O VLE dos parâmetros CQO, CBO<sub>5</sub> e Azoto Total foi ultrapassado em todas as colheitas realizadas. O mesmo aconteceu para os parâmetros SST nas três primeiras amostras e para o Fósforo Total nas duas últimas. Todos os outros valores estão de acordo com os valores máximos de descarga permitidos para zonas menos sensíveis. As três primeiras valores de CQO e de CBO<sub>5</sub>, referem-se a amostras não filtradas.





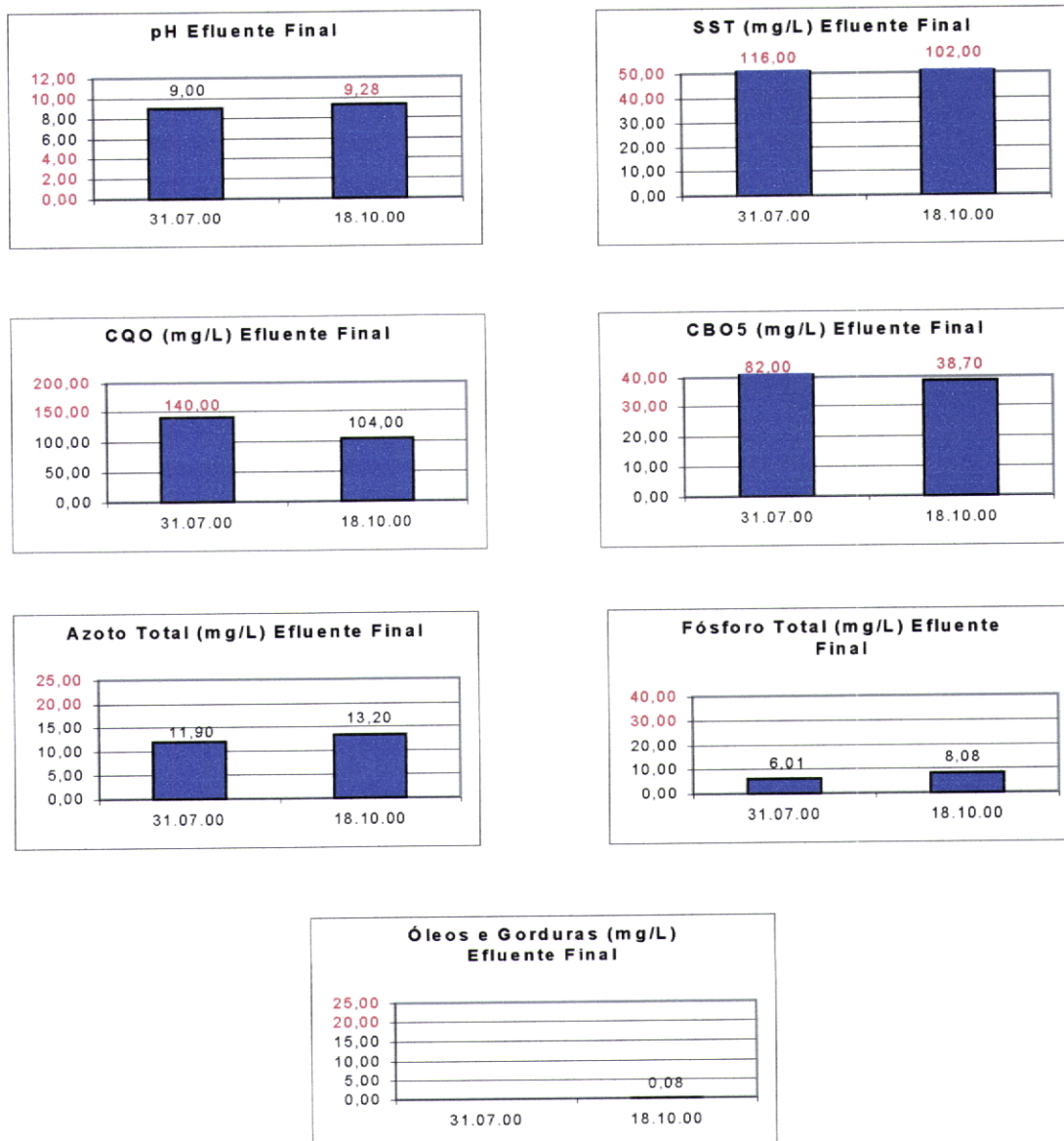
**Figura 4.18 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Reguengos.**

A observação da Fig. 4.18 relativo às recolhas no dia 25.10.00 e 25.01.01 permite concluir que o VLE de SST, CQO, CBO<sub>5</sub> e Azoto Total foi sempre ultrapassado. Todos os valores de CQO e de CBO<sub>5</sub> referem-se a amostras filtradas. Verificou-se que no dia 25.10.00 houve um valor excessivo de Fósforo Total. De acordo com os Decreto-Lei 152/97 de 17 de Junho e 236/98 de 1 de Agosto, os valores dos parâmetros pH e Óleos e Gorduras foram sempre inferiores aos respectivos VLE. Registam-se problemas com a depuração da matéria orgânica (CBO<sub>5</sub> e CQO) e de SST nesta ETAR.



**Figura 4.19 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Santiago do Cacém.**

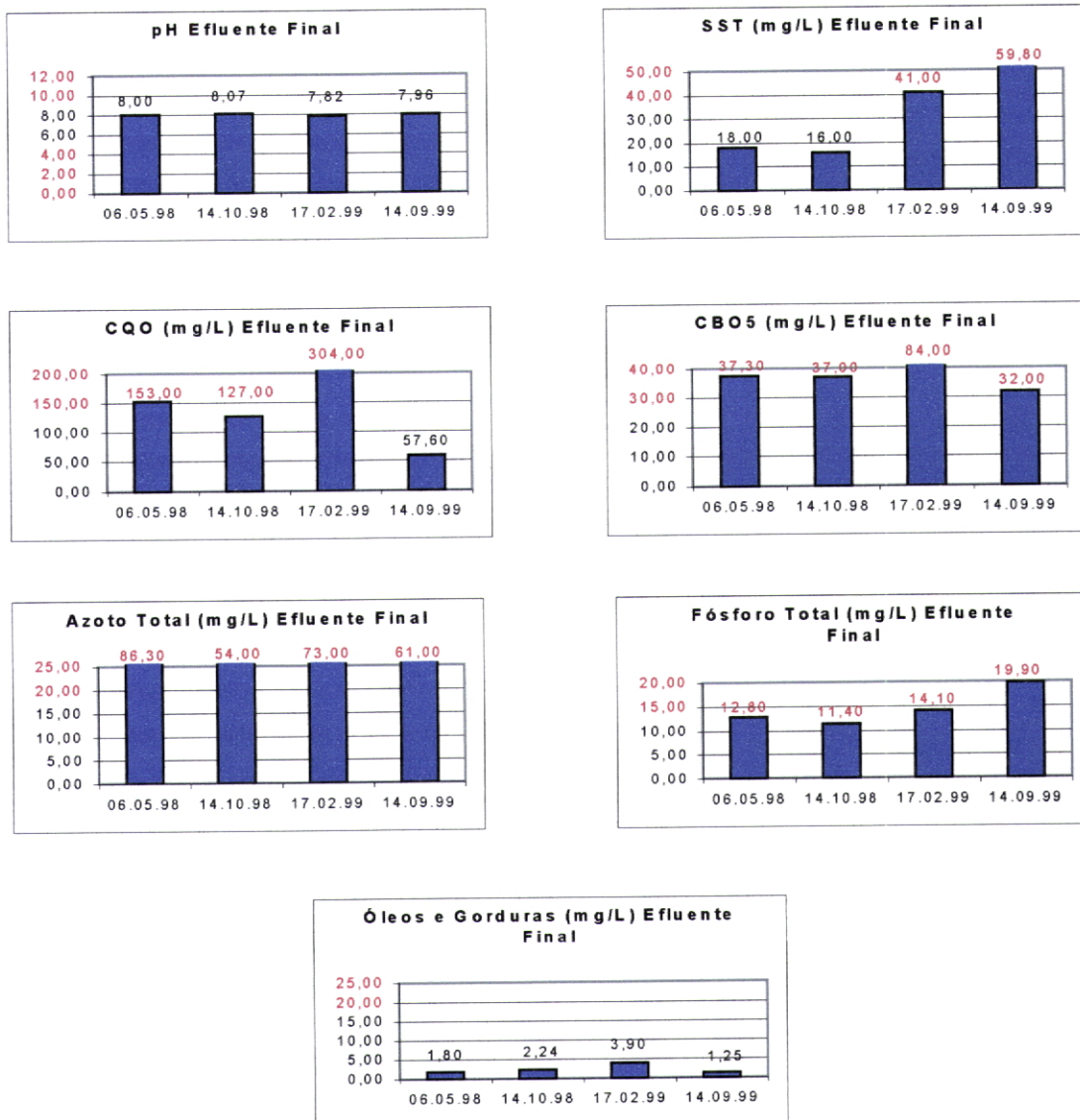
A observação da Fig. 4.19 permite inferir as seguintes conclusões: foram recolhidas e analisadas amostras do afluente e efluente dessa ETAR nos dias 08.07.98, 09.12.98, 10.02.99 e 07.09.99; os valores de SST, CBO<sub>5</sub> e Azoto Total, foram sempre superiores ao respectivo VLE nas amostras analisadas; nos dias 09.12.98 e 10.02.99, os valores de CQO e de Fósforo nas últimas três amostras, também ultrapassaram os respectivos VLE; não verificaram-se valores acima dos limites de pH e de Óleos e Gorduras; os valores obtidos no dia 10.02.99 para os parâmetros CQO, CBO<sub>5</sub>, Azoto Total e Fósforo Total, indicam problemas no funcionamento da ETAR. Os três primeiros valores de CQO e de CBO<sub>5</sub> referem-se a amostras filtradas.



**Figura 4.20 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Vendas Novas.**

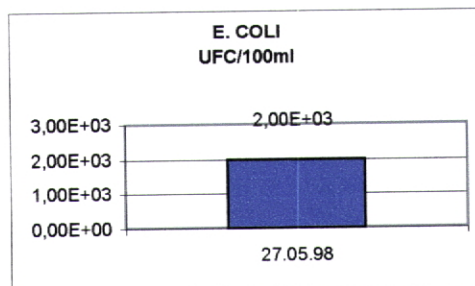
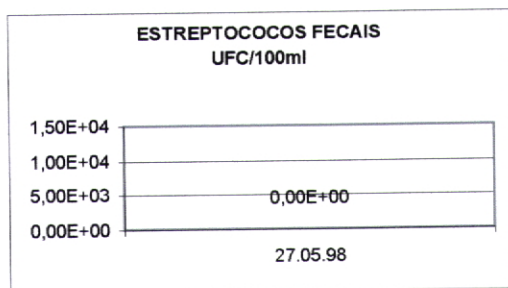
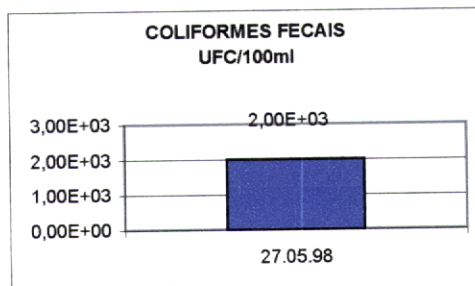
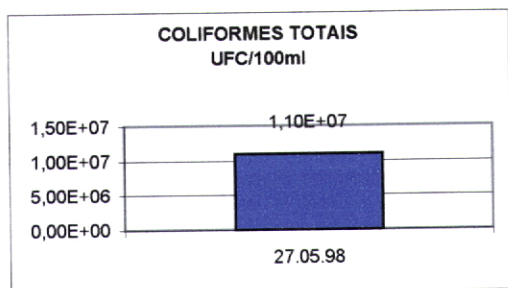
Pela análise da Fig. 4.20, constata-se que os valores das amostras recolhidas nos dias 31.07.00 e 18.10.00 aos parâmetros Azoto Total, Fósforo Total e Óleos e Gorduras cumpriram os valores limite de emissão fixados. Nas amostras analisadas de SST e de CBO<sub>5</sub>, o valor limite de emissão foi excessivo, sucedendo o mesmo para o CQO no dia 31.07.00 e para o pH no dia 18.10.00. Todos os outros valores analisados cumprem as normas de descarga para as águas residuais urbanas. Os valores de CQO e de CBO<sub>5</sub> referem-se a amostras filtradas.



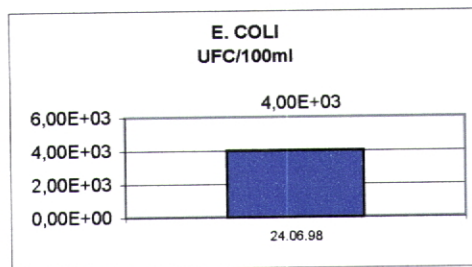
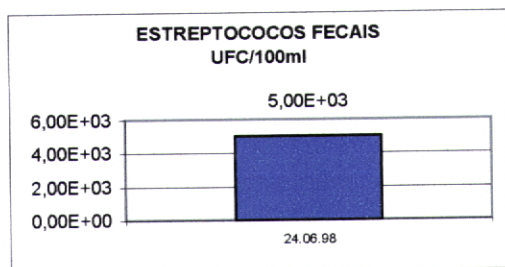
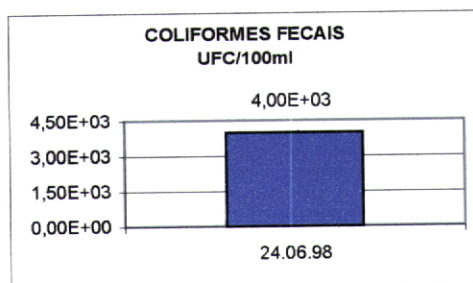
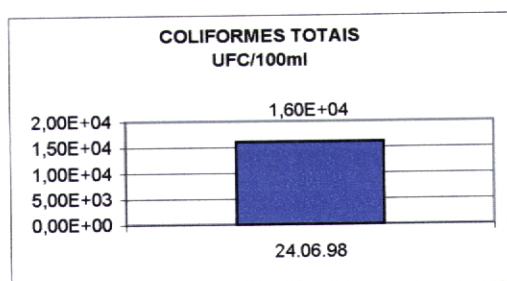


**Figura 4.21 - Resultados analíticos do efluente da ETAR de Vidigueira.**

Através do Programa de Controle de Efluentes de ETAR, foram recolhidas e analisadas amostras do efluente da ETAR da Vidigueira nos dias 06.05.98, 14.10.98, 17.02.99 e 14.09.99. O VLE dos parâmetros CQO, CBO<sub>5</sub>, Azoto Total e Fósforo Total foi sempre ultrapassado nas quatro amostras analisadas, excepto o do CQO no dia 14.09.99. Relativamente aos SST, o VLE não foi cumprido nas duas últimas amostras. Relativamente aos parâmetros pH e Óleos e Gorduras, o respectivo VLE foi sempre cumprido. As primeiras três amostras de CQO e de CBO<sub>5</sub> referem-se a amostras não filtradas



**Figura 4.22 - Resultados microbiológicos do efluente de Alcacer do Sal.**



**Figura 4.23 - Resultados microbiológicos do efluente de Arraiolos.**

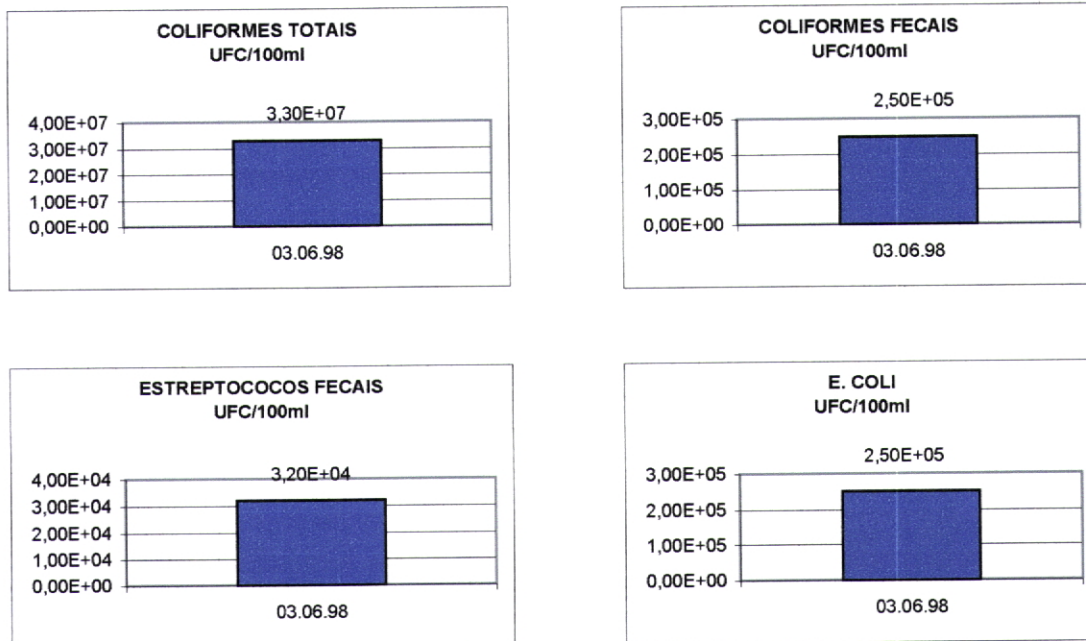


Figura 4.24 - Resultados microbiológicos do efluente de Avis.

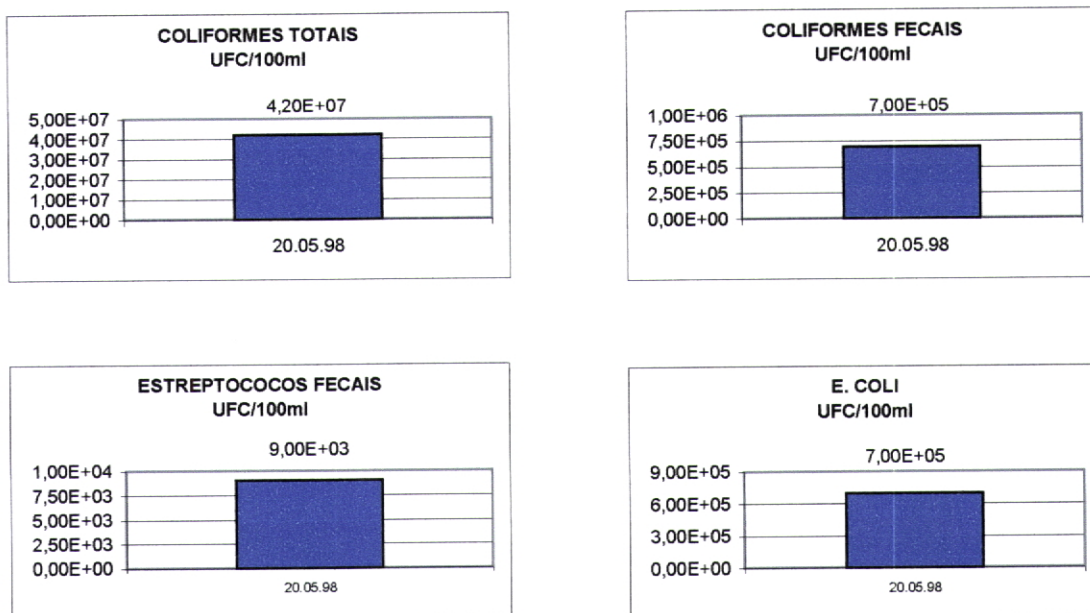
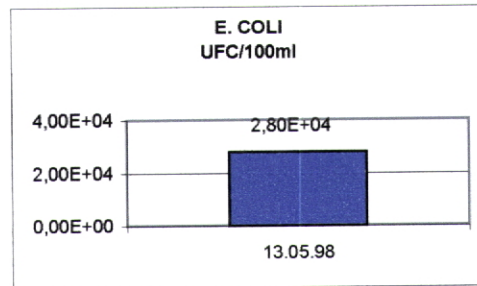
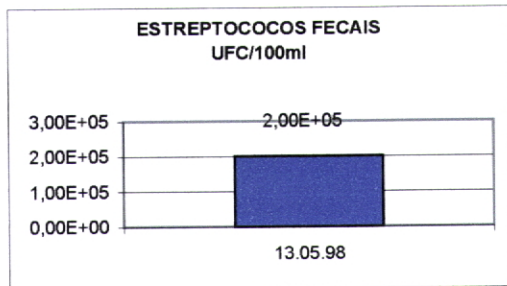
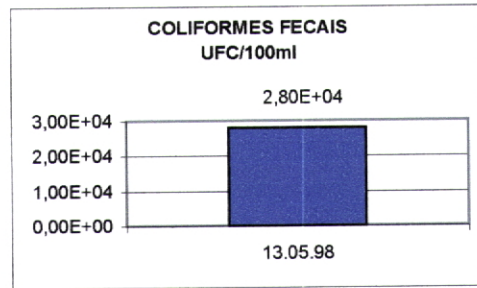
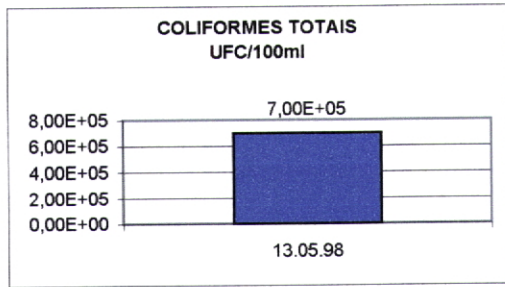
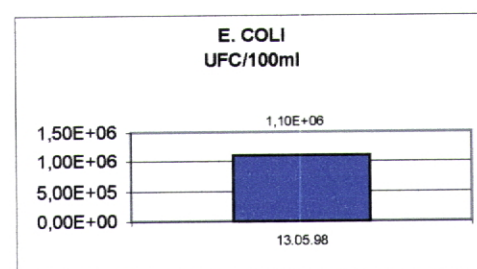
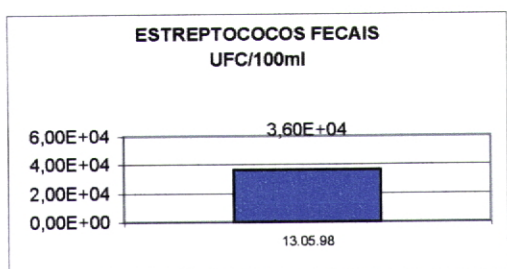
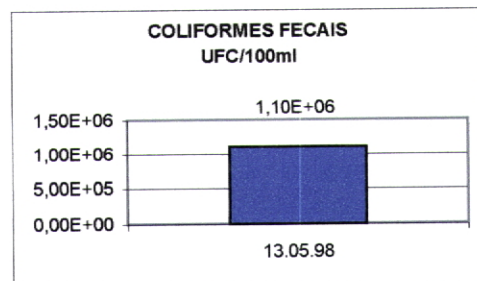
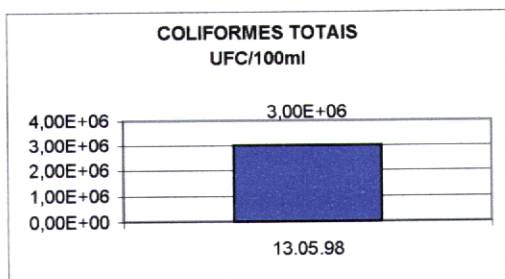


Figura 4.25 - Resultados microbiológicos do efluente de Barrancos.



**Figura 4.26 - Resultados microbiológicos do efluente de Campo Maior Zona Este.**



**Figura 4.27 - Resultados microbiológicos do efluente de Campo Maior Zona Oeste.**



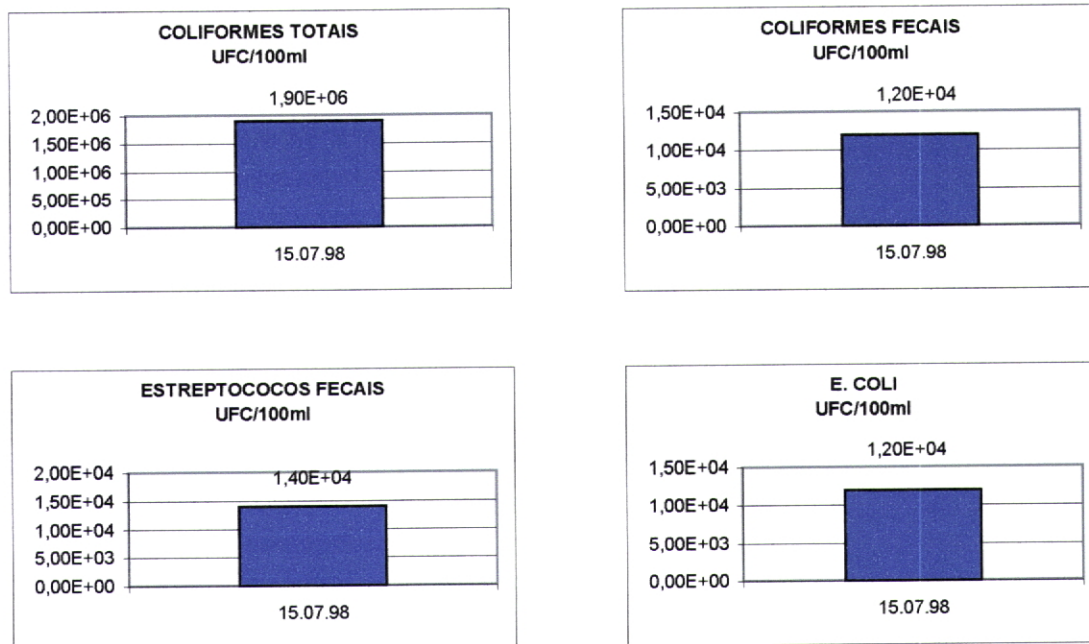


Figura 4.28 - Resultados microbiológicos do efluente de Castro Verde.

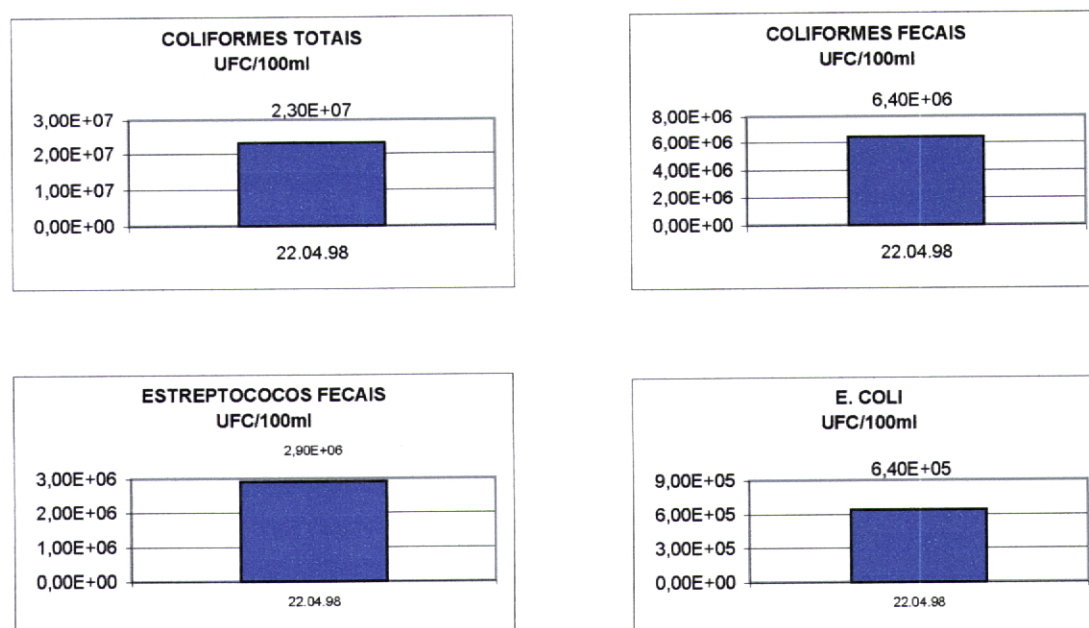


Figura 4.29 - Resultados microbiológicos do efluente de Évora (S1).



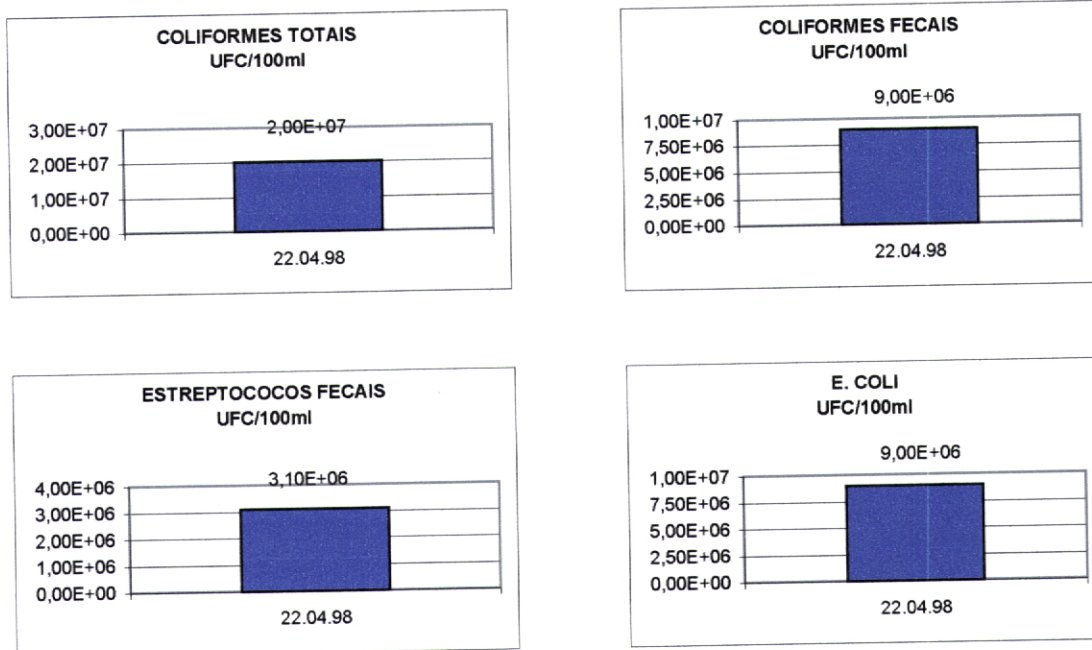


Figura 4.30 - Resultados microbiológicos do efluente de Évora (S2).

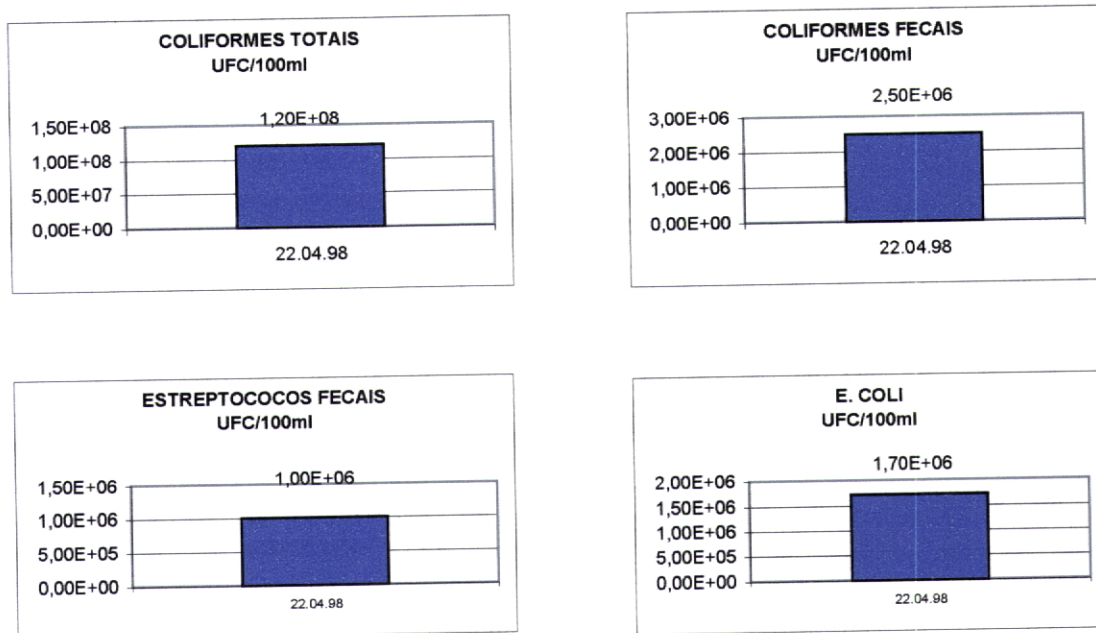
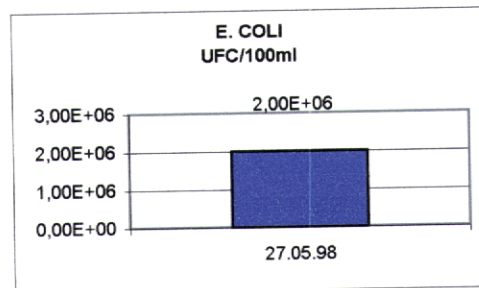
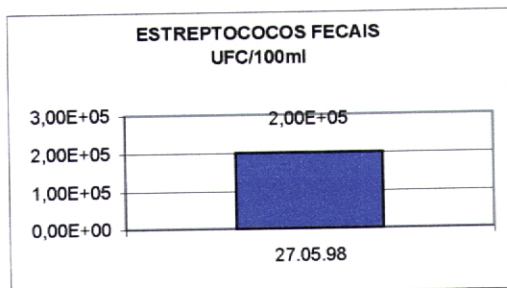
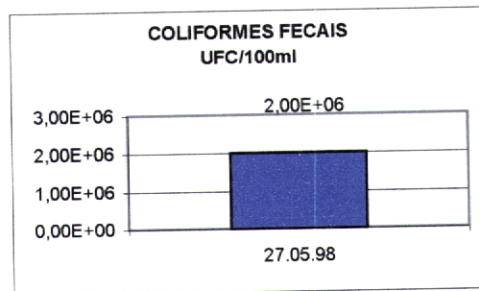
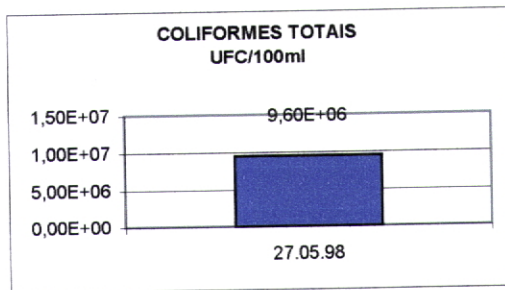
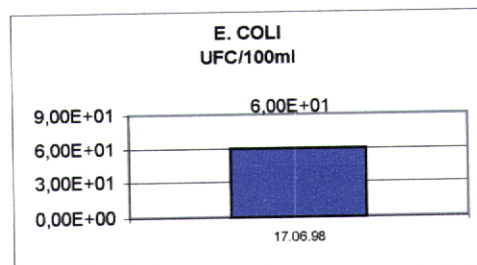
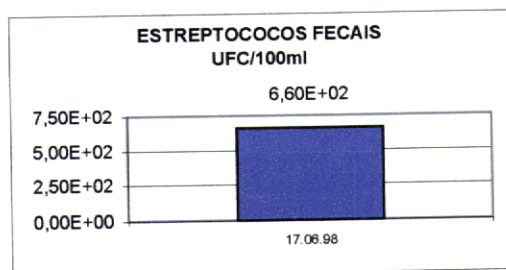
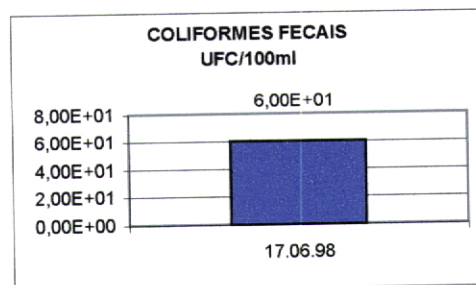
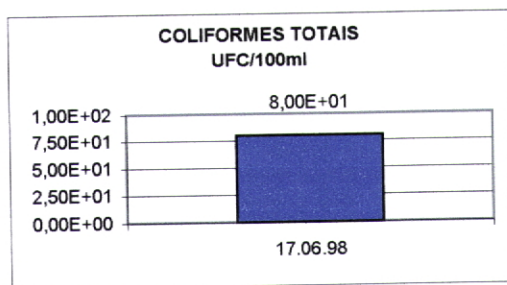


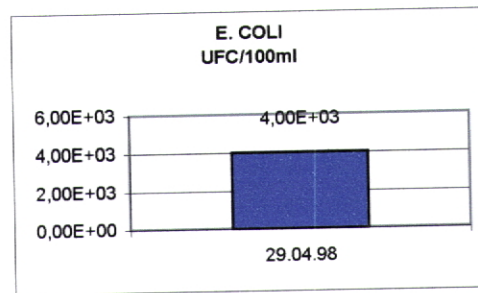
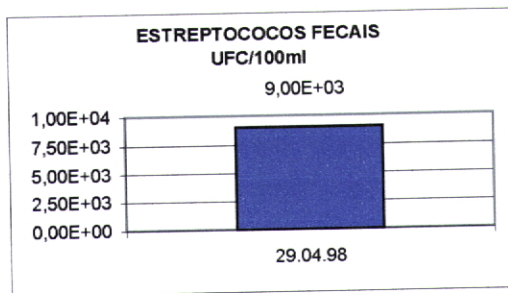
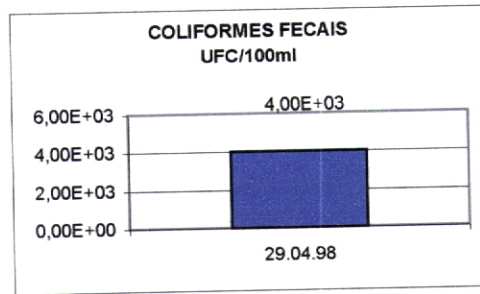
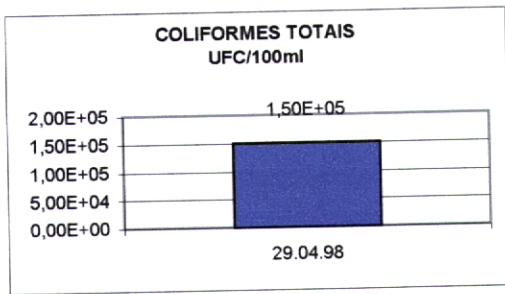
Figura 4.31 - Resultados microbiológicos do efluente de Évora (S3).



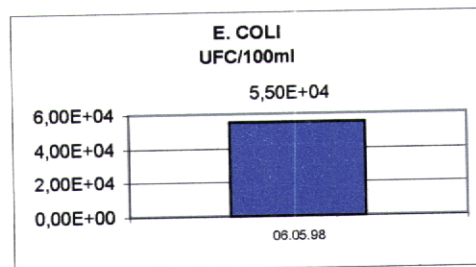
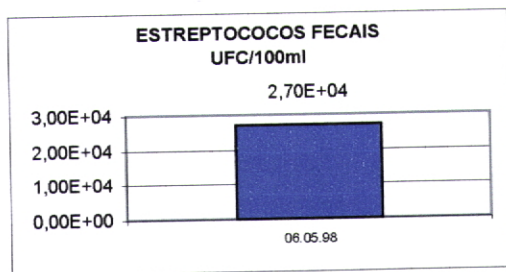
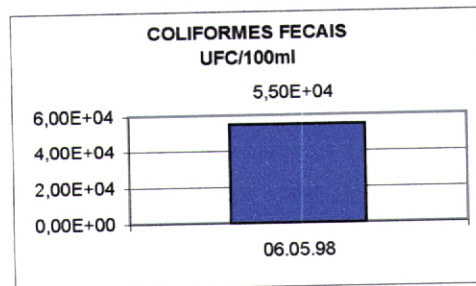
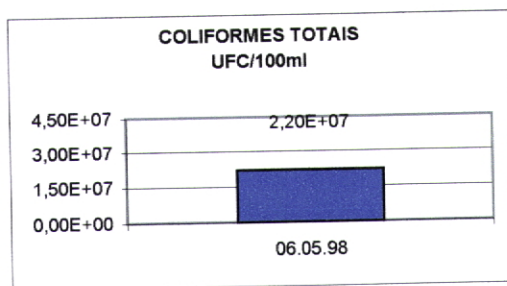
**Figura 4.32 - Resultados microbiológicos do efluente de Grândola Ameira.**



**Figura 4.33 - Resultados microbiológicos do efluente de Monforte.**



**Figura 4.34 - Resultados microbiológicos do efluente de Redondo Horta do Grilo.**



**Figura 4.35 - Resultados microbiológicos do efluente de Vidigueira.**

Apresentam-se os resultados das análises existentes na DRAOT-A relativos a uma amostra do efluente das ETAR de Alcácer do Sal, Arraiolos, Avis, Barrancos, Campo Maior Zona Este e Zona Oeste, Castro Verde, Évora (S1, S2 e S3), Grândola Ameira, Monforte, Redondo Horta do Grilo e Vidigueira. Os resultados da caracterização microbiológica destes 15 efluentes, constam nas Fig. 4.22 a 4.35 e são comparados com os critérios da Legislação Portuguesa da qualidade da água destinada à rega.

Verifica-se que o parâmetro Coliformes fecais em todas as ETAR é superior ao estipulado no anexo XVI do Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, excepto o efluente da ETAR de Monforte em que o valor não excede 100 Coliformes fecais em 100 ml. Relativamente aos outros parâmetros, não existe legislação específica de critérios de qualidade microbiológica a satisfazer, por águas residuais destinadas à rega.

Pela análise dos gráficos podemos concluir que a qualidade dos efluentes de Évora apresenta níveis de contaminação bastante elevados, enquanto que o efluente da ETAR de Monforte é muito reduzido, cumprido o VMR do normativo em vigor para o parâmetro Coliformes fecais. De um modo geral os efluentes estudadas apresentam valores muito disparees quanto à qualidade microbiológica das águas residuais.

## **4.2. ANÁLISE DOS PARÂMETROS**

Apresenta-se no Quadro 4.1 os valores médios e respectivos parâmetros estatísticos das características de qualidade dos efluentes, que se podem considerar como um efluente típico para cada concelho. A caracterização dos chamados efluentes típicos é o resultado da amostra de valores relativos a cada parâmetro constituída pela média dos resultados analíticos obtidos durante o ensaio.

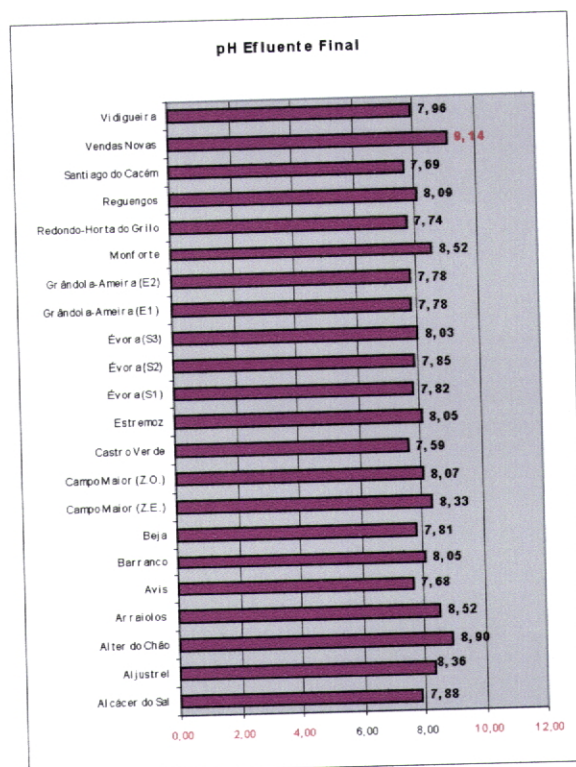
**Quadro 4.1 - Caracterização química média dos efluentes das lagoas de estabilização que servem sedes de concelho com um e.p. superior a 2000 h.e.**

CONCELHO	PARAM.	n	X	Xmax	Xmin	S	CV (%)
ALCÁ CER DO SAL	pH	4	7,88	7,99	7,78	0,007	0,09%
	SST	4	38,08	59,30	21,00	252,889	664,10%
	CQO	4	145,15	209,00	72,60	3010,223	2073,87%
	CBOS	4	32,05	50,00	18,20	190,810	595,35%
	AZOTO TOT.	4	37,90	50,00	21,60	142,973	377,24%
	FÓSFORO TOT.	4	12,15	19,90	3,51	46,746	384,74%
	OLEOS E GOR.	4	1,32	2,34	0,23	0,784	59,39%
ALJUSTREL	pH	1	8,36	8,36	8,36	0,000	0,00%
	SST	1	195,00	195,00	195,00	0,000	0,00%
	CQO	1	133,00	183,00	183,00	0,000	0,00%
	CBOS	1	5,39	5,89	5,89	0,000	0,00%
	AZOTO TOT.	1	47,00	47,00	47,00	0,000	0,00%
	FÓSFORO TOT.	1	8,00	8,00	8,00	0,000	0,00%
	OLEOS E GOR.	1	0,52	0,52	0,52	0,000	0,00%
ALTER DO CHÃO	pH	2	8,90	9,18	8,81	0,162	1,82%
	SST	2	115,75	160,00	71,50	3916,125	3383,26%
	CQO	2	54,30	54,40	54,20	0,020	0,04%
	CBOS	2	11,81	14,30	8,92	14,472	124,65%
	AZOTO TOT.	2	25,50	29,00	22,00	24,500	96,06%
	FÓSFORO TOT.	2	9,55	14,80	4,50	51,005	534,08%
	OLEOS E GOR.	2	1,80	2,40	1,20	0,720	40,00%
ARRAI OLOS	pH	4	8,52	8,93	8,00	0,186	2,18%
	SST	4	129,75	200,00	44,00	4184,250	3224,86%
	CQO	4	236,83	392,00	48,30	20392,989	8647,33%
	CBOS	4	77,25	133,00	12,40	2810,490	3638,17%
	AZOTO TOT.	4	57,50	79,00	28,00	659,000	1146,09%
	FÓSFORO TOT.	4	12,68	19,80	6,10	30,843	243,24%
	OLEOS E GOR.	4	7,44	25,70	1,86	148,195	2005,31%
AVIS	pH	4	7,88	7,95	7,50	0,036	0,47%
	SST	4	86,75	143,00	23,00	2818,917	3249,47%
	CQO	4	242,75	315,00	142,00	6794,917	2799,14%
	CBOS	4	114,23	195,00	51,90	4343,089	3802,04%
	AZOTO TOT.	4	48,03	57,00	43,10	37,689	78,43%
	FÓSFORO TOT.	4	7,21	11,80	0,84	20,635	286,20%
	OLEOS E GOR.	4	2,88	5,60	0,93	5,330	185,07%
BARRANCOS	pH	4	8,05	8,23	7,77	0,041	0,51%
	SST	4	77,25	151,00	40,00	2564,250	3319,42%
	CQO	4	206,00	287,00	73,00	10268,000	4984,47%
	CBOS	4	49,23	95,00	20,90	1036,803	2106,04%
	AZOTO TOT.	4	69,38	88,00	58,50	166,563	246,07%
	FÓSFORO TOT.	4	14,90	17,80	13,20	3,727	25,01%
	OLEOS E GOR.	4	2,46	3,99	0,21	2,995	121,75%
BEJA	pH	4	7,81	8,09	7,43	0,084	1,08%
	SST	4	46,75	96,00	8,00	1331,583	2848,31%
	CQO	4	142,70	283,00	32,80	10989,580	7687,15%
	CBOS	4	31,80	79,20	3,98	1113,597	3501,88%
	AZOTO TOT.	4	48,50	56,00	39,00	57,897	124,02%
	FÓSFORO TOT.	4	10,80	12,60	9,00	3,520	33,21%
	OLEOS E GOR.	4	0,85	2,00	0,30	0,602	70,82%

CONCELHO	PARAM.	n	X	Xmax	Xmin	S	CV (%)
CAMPO MAIOR (ZE)	pH	4	8,33	9,14	7,70	0,432	5,19%
	SST	4	72,75	107,00	38,00	852,917	1172,39%
	CQO	4	166,05	320,00	95,20	10977,877	6611,19%
	CBOS	4	65,79	138,00	26,50	2788,449	4208,85%
	AZOTO TOT.	4	34,33	59,00	10,00	662,689	1930,93%
	FÓSFORO TOT.	4	7,35	13,10	1,73	25,047	340,78%
	OLEOS E GOR.	4	8,17	17,00	0,11	85,499	1048,50%
CAMPO MAIOR (ZO)	pH	4	8,07	8,56	7,79	0,113	1,40%
	SST	4	80,08	141,00	29,30	2713,823	3388,89%
	CQO	4	147,88	265,00	44,50	8460,398	5721,12%
	CBOS	4	41,58	80,00	8,24	931,014	2240,17%
	AZOTO TOT.	4	31,55	49,00	18,00	168,943	529,14%
	FÓSFORO TOT.	4	7,77	9,77	5,55	3,499	45,03%
	OLEOS E GOR.	4	1,60	4,10	0,10	3,007	187,94%
CASTRO VERDE	pH	4	7,59	7,83	7,57	0,001	0,01%
	SST	4	64,25	135,00	12,00	3121,583	4858,49%
	CQO	4	131,70	198,00	58,80	3390,227	2574,20%
	CBOS	4	34,25	42,50	16,00	157,417	459,81%
	AZOTO TOT.	4	53,00	68,00	42,00	124,000	233,96%
	FÓSFORO TOT.	4	12,95	18,10	10,70	12,097	93,41%
	OLEOS E GOR.	4	1,38	1,90	0,74	0,233	17,13%
ESTREMOZ	pH	2	8,05	8,27	7,82	0,101	1,25%
	SST	2	27,50	39,00	16,00	264,500	961,82%
	CQO	2	99,45	168,00	30,90	9398,206	9450,18%
	CBOS	2	29,10	48,10	10,10	722,000	2481,10%
	AZOTO TOT.	2	22,40	34,00	10,80	269,120	1201,43%
	FÓSFORO TOT.	2	4,74	5,04	4,44	0,180	3,80%
	OLEOS E GOR.	2	1,45	1,70	1,20	0,125	8,82%
ÉVORA (S1)	pH	4	7,82	7,96	7,85	0,016	0,20%
	SST	4	49,38	78,50	31,00	437,229	885,44%
	CQO	4	174,65	298,00	45,60	10732,823	6145,22%
	CBOS	4	50,08	83,00	25,30	307,689	614,39%
	AZOTO TOT.	4	48,45	54,00	45,00	15,210	31,36%
	FÓSFORO TOT.	4	9,69	13,40	3,74	19,859	204,94%
	OLEOS E GOR.	4	3,68	5,80	1,60	4,174	113,42%
ÉVORA (S2)	pH	4	7,85	8,04	7,67	0,025	0,32%
	SST	4	43,50	75,00	15,00	715,667	1645,21%
	CQO	4	153,90	215,00	49,60	5183,107	3387,84%
	CBOS	4	50,73	67,10	27,60	278,036	544,13%
	AZOTO TOT.	4	46,65	58,00	41,00	59,957	128,53%
	FÓSFORO TOT.	4	9,63	12,90	3,87	18,385	190,91%
	OLEOS E GOR.	4	4,20	6,55	1,63	6,989	166,40%
ÉVORA (S3)	pH	4	8,03	8,60	7,63	0,292	3,64%
	SST	4	25,00	51,00	4,50	415,833	1663,33%
	CQO	4	152,05	294,00	53,20	10284,810	6764,10%
	CBOS	4	37,40	64,40	27,00	325,147	869,38%
	AZOTO TOT.	4	37,30	46,00	25,00	83,427	223,68%
	FÓSFORO TOT.	4	9,81	13,20	3,41	20,272	206,85%
	OLEOS E GOR.	4	1,73	3,50	0,47	2,131	123,18%

CONCELHO	PARAM.	n	X	Xmax	Xmin	S	CV (%)
GRÂNDOLA-AMEIRA	pH	4	7,78	8,12	7,63	0,052	0,87%
	SST	4	53,00	127,00	4,00	2734,000	5158,49%
	CQO	4	151,33	294,00	47,30	9585,423	8334,12%
	CBOS	4	41,34	75,00	7,36	810,729	1961,12%
	AZOTO TOT.	4	46,93	55,00	31,70	115,689	246,51%
	FÓSFORO TOT.	4	10,83	18,00	2,20	43,189	398,79%
	OLEOS E GOR.	4	3,03	6,60	1,70	5,685	187,62%
MONFORTE	pH	4	8,52	8,94	8,34	0,080	0,94%
	SST	4	29,95	68,00	2,00	973,610	3250,78%
	CQO	4	103,03	257,00	4,30	10802,429	10290,62%
	CBOS	4	19,85	47,10	4,58	350,127	1763,96%
	AZOTO TOT.	4	21,55	32,00	7,20	109,077	508,16%
	FÓSFORO TOT.	4	4,24	6,25	1,99	3,124	73,68%
	OLEOS E GOR.	4	0,79	1,09	0,40	0,108	13,67%
REDONDO-HORTA DO GRILO	pH	4	7,74	7,81	7,68	0,004	0,05%
	SST	4	87,00	195,00	12,00	5948,867	6837,55%
	CQO	4	194,15	280,00	66,60	6282,223	4265,89%
	CBOS	4	80,88	102,00	53,00	580,396	662,87%
	AZOTO TOT.	4	53,30	62,00	41,20	78,627	147,52%
	FÓSFORO TOT.	4	11,21	15,60	6,85	22,979	204,98%
	OLEOS E GOR.	3	3,29	6,20	1,46	6,503	197,66%
REGUENGOS	pH	2	8,09	8,50	7,68	0,338	4,15%
	SST	2	126,25	166,00	86,50	3160,125	2503,07%
	CQO	2	182,50	208,00	157,00	1300,500	712,60%
	CBOS	2	56,30	58,10	53,50	15,680	27,85%
	AZOTO TOT.	2	38,25	46,10	30,40	123,245	322,21%
	FÓSFORO TOT.	2	12,00	16,70	7,30	44,180	368,17%
	OLEOS E GOR.	1	1,87	1,87	1,87		0,00%
SANTIAGO DO CACÉM	pH	4	7,89	7,81	7,83	0,008	0,08%
	SST	4	57,06	68,30	44,00	100,222	175,58%
	CQO	4	147,60	231,00	64,40	6328,107	4285,98%
	CBOS	4	72,80	128,00	31,40	2022,640	2786,01%
	AZOTO TOT.	4	52,25	62,00	40,00	86,917	166,35%
	FÓSFORO TOT.	4	11,19	12,40	9,34	1,800	16,09%
	OLEOS E GOR.	4	6,64	14,10	1,20	32,419	486,24%
VENDAS NOVAS	pH	2	8,14	8,28	8,00	0,036	0,43%
	SST	2	109,00	116,00	102,00	98,000	89,91%
	CQO	2	122,00	140,00	104,00	648,000	531,15%
	CBOS	2	60,35	82,00	38,70	937,445	1563,35%
	AZOTO TOT.	2	12,55	13,20	11,90	0,845	6,73%
	FÓSFORO TOT.	2	7,05	8,08	6,01	2,142	30,36%
	OLEOS E GOR.	1	0,08	0,08	0,08		0,00%
VIDIGUEIRA	pH	4	7,96	8,07	7,82	0,011	0,14%
	SST	4	33,70	59,60	16,00	431,427	1280,20%
	CQO	4	180,40	304,00	57,60	10766,373	6724,67%
	CBOS	4	47,56	84,00	32,00	595,569	1251,76%
	AZOTO TOT.	4	66,58	86,30	54,00	201,169	293,36%
	FÓSFORO TOT.	4	14,55	19,90	11,40	13,937	95,79%
	OLEOS E GOR.	4	2,30	3,90	1,25	1,305	56,74%





**Figura 4.36 - Valores médios do pH do efluente final.**

Dos valores constantes nos boletins de análise ao efluente, correspondendo a acções de fiscalização da DRAOT-A, para verificação do normativo em vigor, relativos a sistemas de tratamento por lagoas de estabilização, que servem sedes de concelho com mais de 2000 habitantes equivalente, somente a média dos valores das colheitas ao efluente de Vendas Novas, excedeu o limite imposto pelo Decreto-Lei 152/97 de 19 de Junho, como é possível constatar na Fig. 4.36.

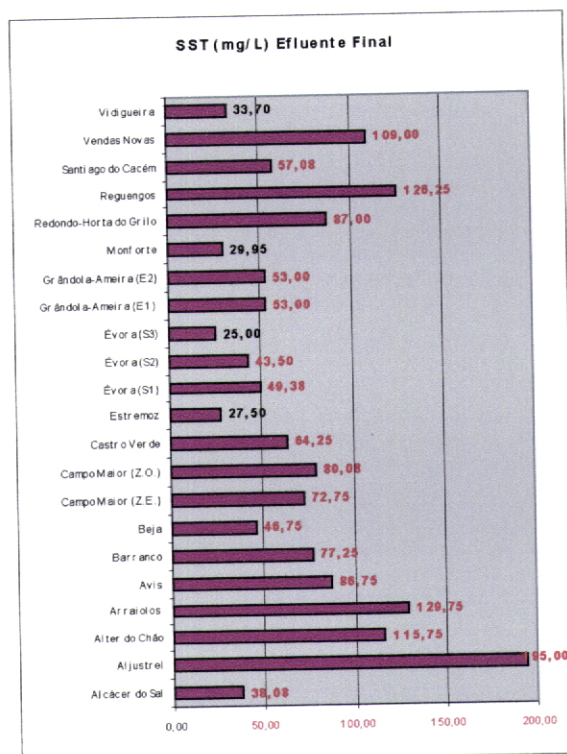
Comparando os valores de pH máximos recomendados e máximos admissíveis que constam no anexo XVI do Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, relativos à qualidade das águas para rega, com os valores determinados, o pH do efluente das ETAR de Alter do Chão, Arraiolos, Monforte e Vendas Novas não cumpriram o VMR (6,5 - 8,4) e a média do efluente de Vendas novas ultrapassou o VMA para este parâmetro (9,0).

Os efluentes produzidos pelas quatro ETAR referidas apresentam por isso menor qualidade para rega.



O pH dos efluentes estudados, são ligeiramente alcalinos estando de acordo com o referido por (Beek *et al.*, 1977a).

A amplitude das variações de pH observada foi, normalmente muito reduzida, verificando-se um coeficiente de variação máximo no efluente médio de Campo Maior Zona Este (5,19%), como é possível verificar no Quadro 4.1.



**Figura 4.37 - Valores médios do SST do efluente final.**

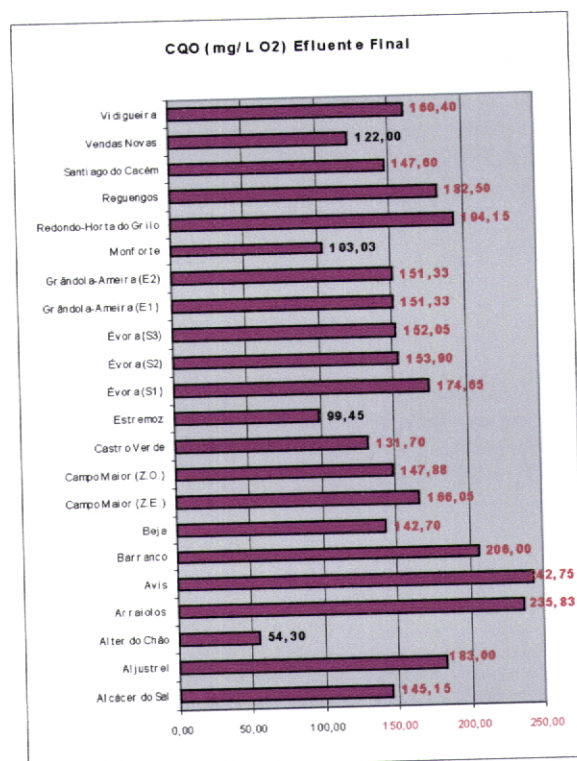
Pela análise da Fig. 4.37 constata-se que 82% dos efluentes ultrapassam o VLE estipulado para o parâmetro SST, que consta no Decreto-Lei 152/97, de 19 de Junho.

Relativamente à qualidade da água para rega, o efluente da ETAR de: Aljustrel, Alter do Chão, Arraiolos, Avis, Barrancos, Campo Maior (Z.E. e Z.O.), Castro Verde, Redondo Horta do Grilo, Reguengos e Vendas Novas ultrapassaram o VMR no Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, para o parâmetro SST (60 mg/l).

Os valores elevados dos SST de algumas ETAR, podem ser reflexo de algas produzidas no processo de tratamento, visto que conduzem ao agravamento da concentração de sólidos e

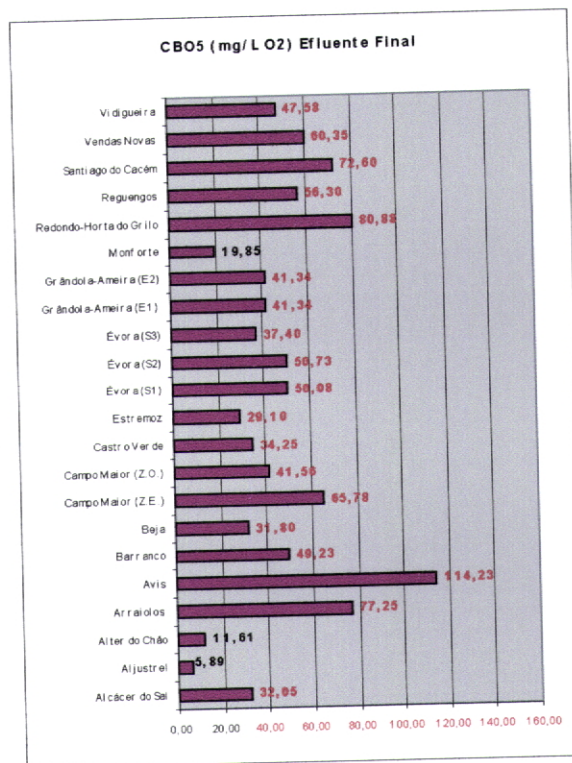
da carga orgânica do efluente daqueles sistemas.

Uma concentração de SST muito alta, como a registada na única análise feita ao efluente de Aljustrel, não é conveniente para a utilização dos efluentes em rega, porque pode produzir colmatagem do solo, segundo referido no Anexo XVI do Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto. A infiltração do solo seria reduzida, o que limitaria a quantidade de oxigénio no solo, afectando as plantas e os microorganismos aeróbios que decompõem a matéria orgânica (Marecos do Monte, 1984). Um excesso de SST provoca um entupimento dos sistemas de rega gota a gota e aspersão podendo provocar depósitos sobre as folhas e frutos. A variação dos valores determinados, relativos ao efluente da mesma ETAR foi elevada, observando-se um coeficiente de variação máximo, no efluente médio de Grândola Ameira, conforme documentado no Quadro 4.1. Este aumento do coeficiente de variação, deve-se a uma grande amplitude de valores (primeira colheita 4,00 mg/l de SST, que corresponde ao valor mais baixo de SST determinado em todo os ensaios realizados, enquanto que a última colheita, apresenta um valor de 127,00 mg/l de SST).



**Figura 4.38 - Valores médios da CQO do efluente final.**

Constata-se pela análise da Fig. 4.38 que apenas 18% dos efluentes médios estudados cumpriram o VLE do parâmetro CQO, que de acordo com o Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho é 125 mg/l O<sub>2</sub>. A média dos efluentes das ETAR de Arraiolos e de Avis, apresentam os valores mais elevados de CQO, respectivamente (235,83 e 242,75 mg/l O<sub>2</sub>). Conforme indicado no Quadro 4.1, a amplitude das variações da CQO observada foi, normalmente muito elevada, apresentando um coeficiente de variação máximo no caso do efluente de Monforte. Este facto foi devido à colheita realizada no dia 23.03.99 apresentar um valor muito elevado deste parâmetro. O segundo valor mais elevado do coeficiente de variação foi, o registado em Estremoz, onde se realizaram somente duas colheitas, existindo uma grande variância.



**Figura 4.39 - Valores médios do CBO<sub>5</sub> do efluente final.**

Pela análise da Fig. 4.39, verifica-se que 86% dos efluentes médios ultrapassam o VLE estipulado para este parâmetro, que consta no Decreto-Lei 152/97 de 19 de Junho.

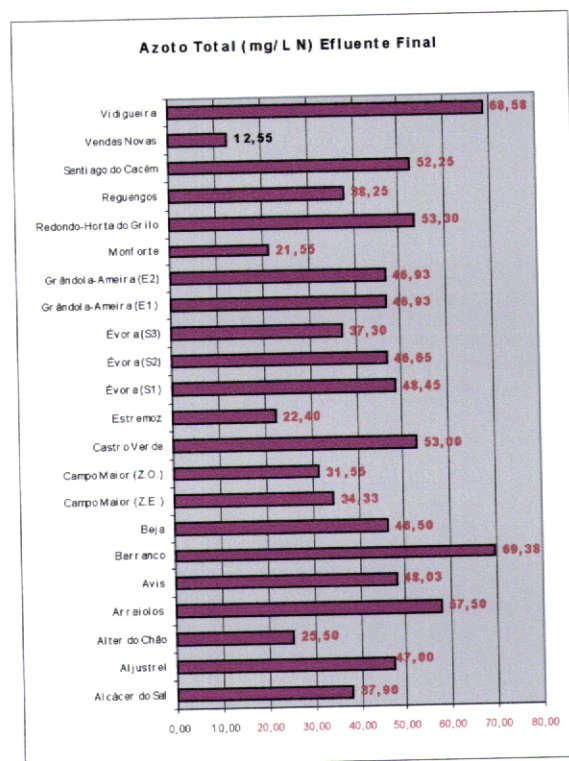
De acordo com os padrões de qualidade de efluentes para rega de Israel (Shelef, 1977), efluentes com um valor de CBO<sub>5</sub> inferior a 15 mg/l O<sub>2</sub> como os registados em (Aljustrel e Alter do Chão), poderiam ser aplicados em quaisquer culturas, incluindo aquelas para



consumo em cru e em parques. Os efluentes atrás referidos e os de Alter do Chão, Beja, Castro Verde, Estremoz e Monforte, poderiam irrigar pomares e campos desportivos em virtude dos valores de CBO<sub>5</sub> não ultrapassar 35 mg/l O<sub>2</sub>. Ainda segundo este padrão de qualidade, 50% dos efluentes estudados poderiam irrigar forragens verdes, oliveiras, amendoeiras, citrinos e frutos secos, pois o valor de CBO<sub>5</sub> não ultrapassa 45 mg/l O<sub>2</sub>; 82% dos efluentes estudados por apresentarem valores inferiores a 60 mg/l O<sub>2</sub> poderiam irrigar as culturas do algodão, beterraba sacarina, cereais e forragens secas.

Os valores médios mais elevados de CBO<sub>5</sub> registaram-se em Avis (114,23 mg/l O<sub>2</sub>), Redondo Horta do Grilo (80,83 mg/l O<sub>2</sub>) e Arraiolos (77,25 mg/l O<sub>2</sub>)

Pela análise Quadro 4.1 a amplitude das variações da CBO<sub>5</sub> observada foi, normalmente muito elevada, apresentando um coeficiente de variação máximo, no efluente médio de Campo Maior Zona Este.

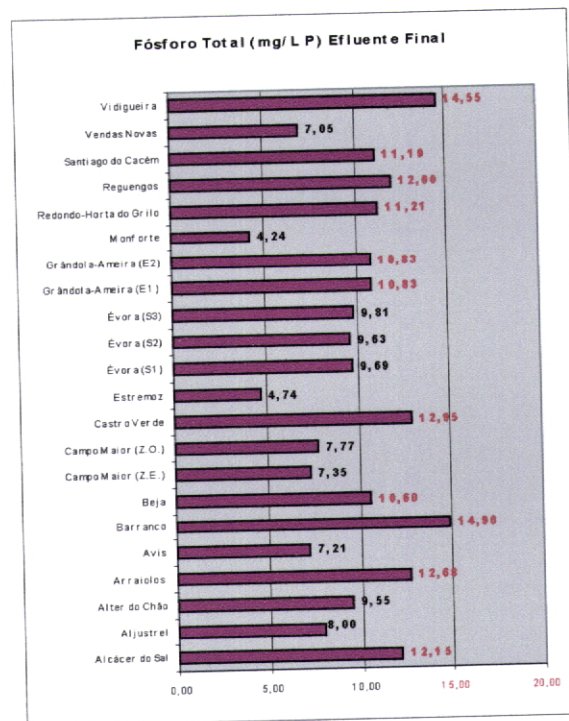


**Figura 4.40 - Valores médios do azoto total do efluente final.**

Na Fig. 4.40 é possível observar, que somente em quatro estações de tratamento de águas residuais (Alter do Chão, Estremoz, Monforte e Vendas Novas) a média dos resultados analíticos não ultrapassou 30 mg/l de Azoto Total, valor acima dos quais os critérios de

avaliação de água implicam estipular restrições à utilização da água para rega, o que na prática, se traduz, pela selecção de culturas de grande necessidade deste macronutriente. Constata-se que o valor médio dos efluentes das lagoas de estabilização analisados, ultrapassaram o VLE estipulado para este parâmetro, segundo o Decreto-Lei 152/97 de 19 de Junho.

Os valores estudados, são na maioria dos casos superiores ao valor normal de Azoto Total das águas residuais tratadas, que segundo (Feigin *et al.*, 1981; Broadbent e Rosenauer, 1985; Tamburino e Bargallo, 1989; Jessen *et al.*, 1988; Sheik *et al.*, 1990) é de 33 mg/l. Marecos do Monte (1994), em ensaios de amostras compostas analisadas ao efluente da lagoa facultativa colhidas durante os anos de 1987 e 1989 determinou a média para o parâmetro Azoto Total de 30,2 mg/l. Segundo Devaux (1974), as necessidades deste fertilizante mineral diminui em cerca de 60 a 70%, contribuindo para uma diminuição dos custos de produção.



**Figura 4.41 - Valores médios do fósforo total do efluente final.**

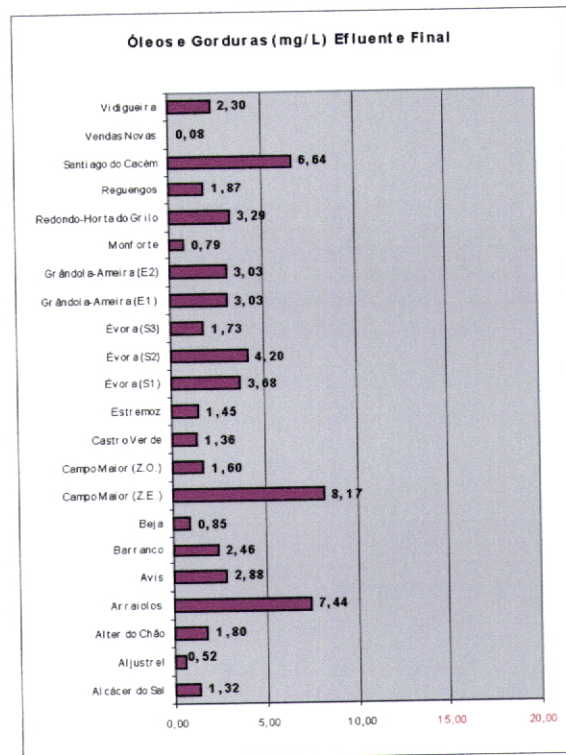
Verifica-se pela análise da Fig. 4.41, que os valores médios do parâmetro Fósforo Total relativos aos efluentes médios das ETAR de Alcácer do Sal, Arraiolos, Barrancos, Beja, Castro Verde, Grândola Ameira (E1 e E2), Redondo Horta do Grilo, Reguengos, Santiago

do Cacém e Vidigueira, ultrapassaram o valor limite de emissão estipulado pelo Decreto-Lei 152/97 de 19 de Junho, que é de 10 mg/l.

No caso da ETAR de Beja Bacia do Sado, por se situar em zona sensível e Évora (S1, S2 e S3) por ter um equivalente populacional de 47 500 h.e., foi ultrapassado o valor limite de emissão (2 mg/l de Fósforo Total).

O valor médio de Fósforo Total, nos efluentes da maioria das ETAR, está de acordo com o valor médio determinado por (Bower e Chaney, 1974 cit. por Latterell *et al.*, 1982; Broadbent e Resenauer, 1985; Tamburino e Barbagallo, 1989) para este parâmetro (10,2 mg/l).

Pela análise da Fig. 4.41, constata-se que os efluentes das ETAR estudadas, não apresentaram elevados valores deste parâmetro. A média total relativa aos diferentes ensaio é 9,95 mg/l, correspondendo o mais baixo valor a Monforte (4,24 mg/l) e o mais alto a Barrancos (14,90 mg.l). Pela análise do coeficiente de variação verificam-se diferenças entre as colheitas.



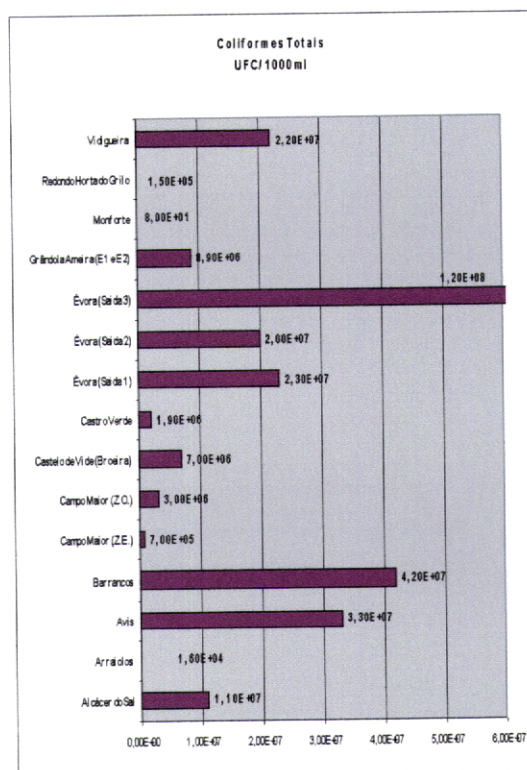
**Figura 4.42 - Valores médios dos óleos e gorduras do efluente final.**

Constata-se que o valor médio dos efluentes das lagoas de estabilização analisados não



ultrapassam o VLE estipulado para este parâmetro, segundo o Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto.

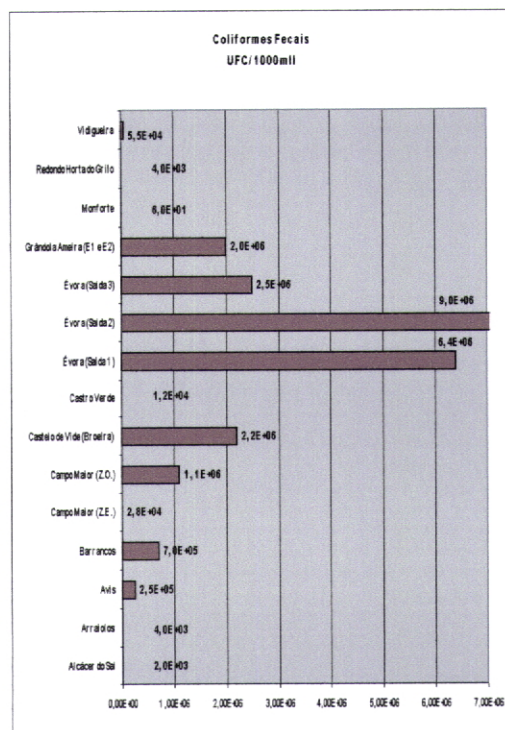
Os valores obtidos para o parâmetro Óleos e Gorduras, encontram-se compreendidos no intervalo, ente o valor médio mínimo de 0.08 mg/l (correspondendo ao efluente de Vendas Novas) e o valor médio máximo de 8.17 mg/l (correspondendo ao efluente médio de Campo Maior Zona Este). As diferenças observadas pela análise do coeficiente de variação indicam, que os valores não apresentam grande variação entre colheitas (Quadro 4.1). Altos valores de Óleos e Gorduras, provoca a diminuição das trocas gasosas da camada superficial do solo com a atmosfera, devido à acumulação de gorduras em emulsão no líquido; difícil biodegradação do líquido e acidificação do solo a médio e curto prazo. Pela análise da Fig. 4.42 constata-se que os efluentes das ETAR estudadas, não apresentaram elevados valores deste parâmetro, sendo a média da média relativa aos diferentes ensaio de 2,75 mg/l.



**Figura 4.43 - Valores dos Coliformes totais do efluente final.**

Pela análise da Fig. 4.43, podemos constatar que, o efluente de Monforte é o que possui menor quantidade de Coliformes totais ( $8,00E^1$ ), enquanto que o efluente de Évora (S3), para este indicador de contaminação microbiológica, apresentou um valor de  $1,20E^8$ . Verificou-se também que o efluente de Alcácer do Sal, Avis, Barrancos, Évora (S1 e S2) e Vidigueira, apresentaram as mais elevadas concentrações de Coliformes totais.

A Legislação em vigor (Decreto-Lei 236/98, de 1 de Agosto), anexo XVI, no que se refere à qualidade das águas para rega, não refere um VMA, nem um VMR para o parâmetro Coliformes totais.



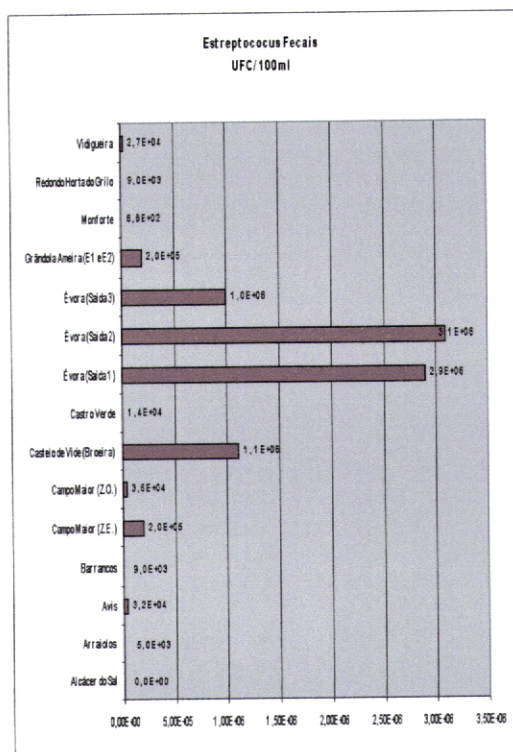
**Figura 4.44 - Valores dos Coliformes fecais do efluente final.**

Comparando o indicador de contaminação microbiológica de origem fecal, entre os 15 efluentes testados, conclui-se que o efluente de Monforte é o único que poderia ser utilizado em rega de acordo com o anexo XVI do Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, que recomenda um valor máximo de 100 mg/l (Fig.4.44). Todos os outros efluentes teriam que ser sujeitos a um tratamento para reduzir o número de Coliformes fecais.

Segundo as recomendações da OMS (1989), um efluente com uma concentração superior a



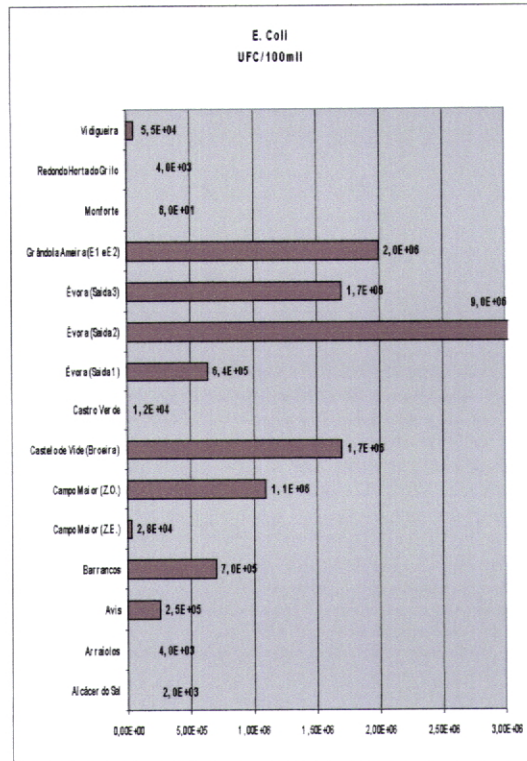
1000 Coliformes fecais em 100 ml, apenas poderia ser utilizados na rega de culturas como cereais, árvores, culturas industriais e forragens, com a condição de o método de rega ser localizado e não possibilitar a exposição de pessoas. Por esta recomendação, o efluente de Monforte poderia ser utilizado praticamente em qualquer tipo de cultura, mesmo utilizando rega por aspersão, visto que não atinge  $10E^3$  Coliformes fecais em 100 ml.



**Figura 4.45 - Valores dos Estreptococcus fecais do efluente final.**

Pela análise da Fig. 4.45 é possível verificar que, com um nível de contaminação de Estreptococcus fecais inferior a  $1,0E^6$  encontram-se os efluentes de Alcácer do Sal, Arraiolos, Avis, Barrancos, Campo Maior (Z.E. e Z.O.), Casto Verde, Grândola Ameira (E1 e E2), Monforte, Redondo Horta do Grilo e Vidigueira.

Com uma carga de Estreptococcus fecais com valores entre  $1,0E^6$  e  $3,0E^6$ , encontram-se os efluentes de Castelo de Vide Broeira, Évora (S1 e S3). O efluente da ETAR de Évora (S2) apresenta um valor superior a  $3,0E^6$ .

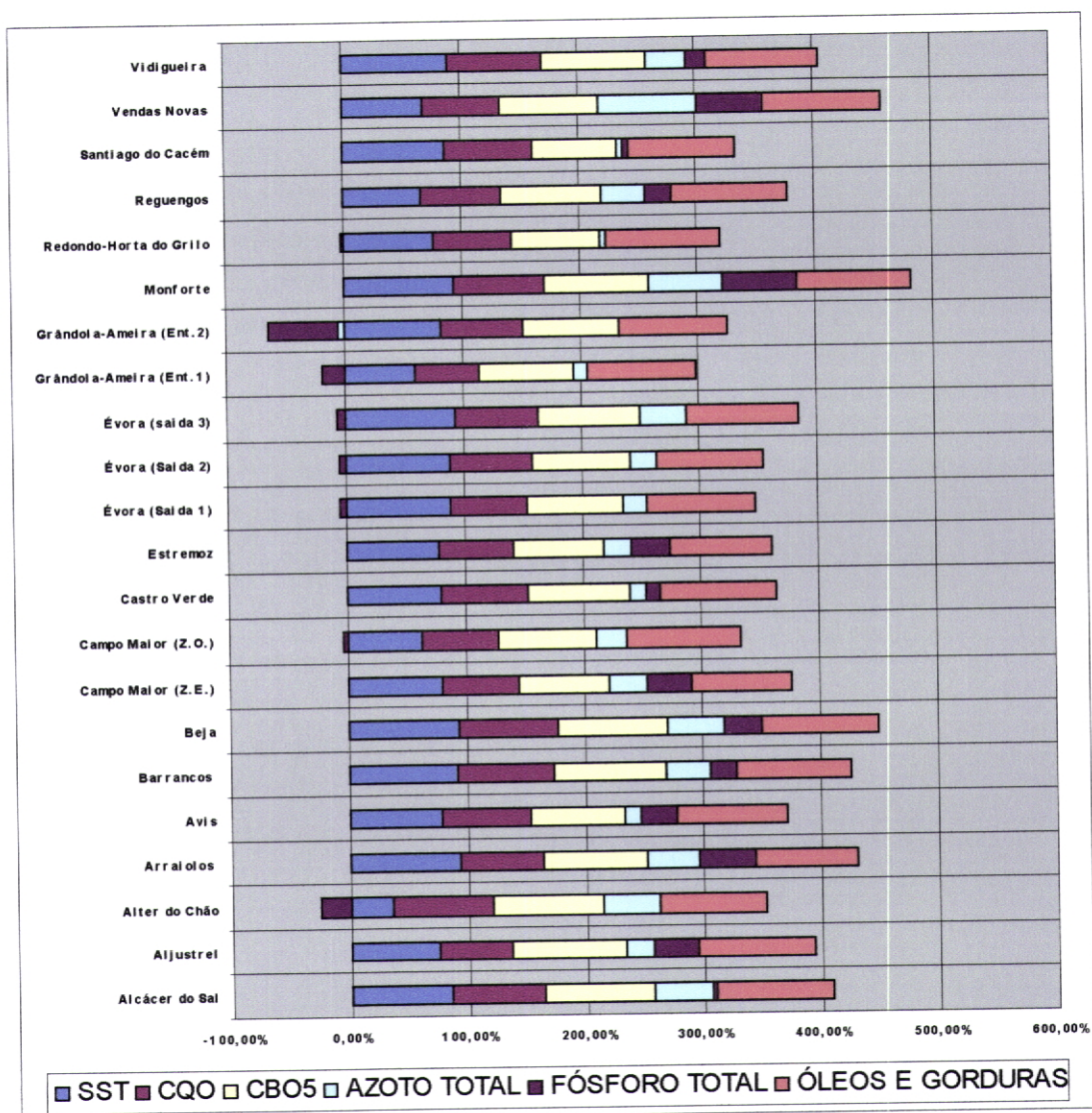


**Figura 4.46 - Valores da *E. coli* do efluente final.**

Pela análise da Fig. 4.46 constata-se que, com um nível de contaminação de *E. Coli* inferior a  $1E^6$  encontra-se os efluentes das ETAR de Alcácer do Sal, Arraiolos, Avis, Barrancos, Campo Maior Z.E., Castro Verde, Évora (S1), Monforte, Redondo Horta do Grilo e Vidigueira. Com uma concentração de *E. Coli* compreendida entre  $1E^6$  e  $2E^6$  encontra-se os seguintes efluentes: Campo Maior Z.O., Castelo de Vide, Évora (S3) e Grândola Ameira. O efluente de Évora (S2) apresentou uma concentração de  $9E^6$ .

Os valores dos efluente de Campo Maior Z.E., Castro Verde, Vidigueira estão próximo do resultado constatado por Marecos do Monte (1994) em ensaios ao efluente da ETAR de Santo André ( $4,4E^4$  *E. Coli* em 100 ml).





**Figura 4. 47 - Valores médios das eficiências de remoção acumuladas de 6 parâmetros.**

A eficiência das ETAR quanto à remoção dos parâmetros físico-químicos (SST, CQO, Azoto Total, Fósforo Total e Óleos e Gorduras) foi avaliada conforme ilustrado na Fig. 4.47. Com uma eficiência de remoção total inferior a 300%, encontra-se a ETAR de Grândola Ameira (E1). Com eficiência de remoção acumulada entre 300 e 400%, encontram-se as ETAR de Aljustrel, Alter do Chão, Avis, Campo Maior Zona Este e Oeste, Castro Verde, Estremoz, Évora (S1, S2 e S3), Grândola (E2), Redondo Horta do Grilo, Reguengos e Santiago do Cacém. Com eficiências de remoção total entre 400 e 500%, encontram-se as ETAR de Alcácer do Sal, Arraiolos, Barrancos, Beja, Monforte, Vendas Novas e Vidigueira. Não existe nenhuma ETAR cuja eficiência de remoção acumulada seja

superior a 500%.

A ETAR que apresentou a maior eficiência de remoção acumulada relativamente aos parâmetros SST, CQO, CBO<sub>5</sub>, Azoto Total, Fósforo Total e Óleos e Gorduras foi a de Monforte com 481,91% enquanto a que apresentou menor eficiência de remoção acumulada foi a ETAR de Grândola Ameira (E1) com 260,95%.

Relativamente aos SST, a eficiência das ETAR de Alter do Chão, Campo Maior (Z.O.), Grândola Ameira (E1), Reguengos e Vendas Novas cumpriram a percentagem mínima de redução para este parâmetro (70%), de acordo com o Decreto-Lei 152/97 de 19 de Junho. Quanto ao parâmetro CQO, apenas as ETAR de Alcácer do Sal, Alter do Chão, Barrancos, Beja, Monforte e Vidigueira cumpriram a percentagem mínima de remoção (75%). Todas as ETAR cumpriram a eficiência mínima de 70%, imposta para o parâmetro CBO<sub>5</sub>. Os valores da eficiência de remoção dos parâmetros Azoto Total e Fósforo Total foram sempre inferiores ao normativo em vigor.

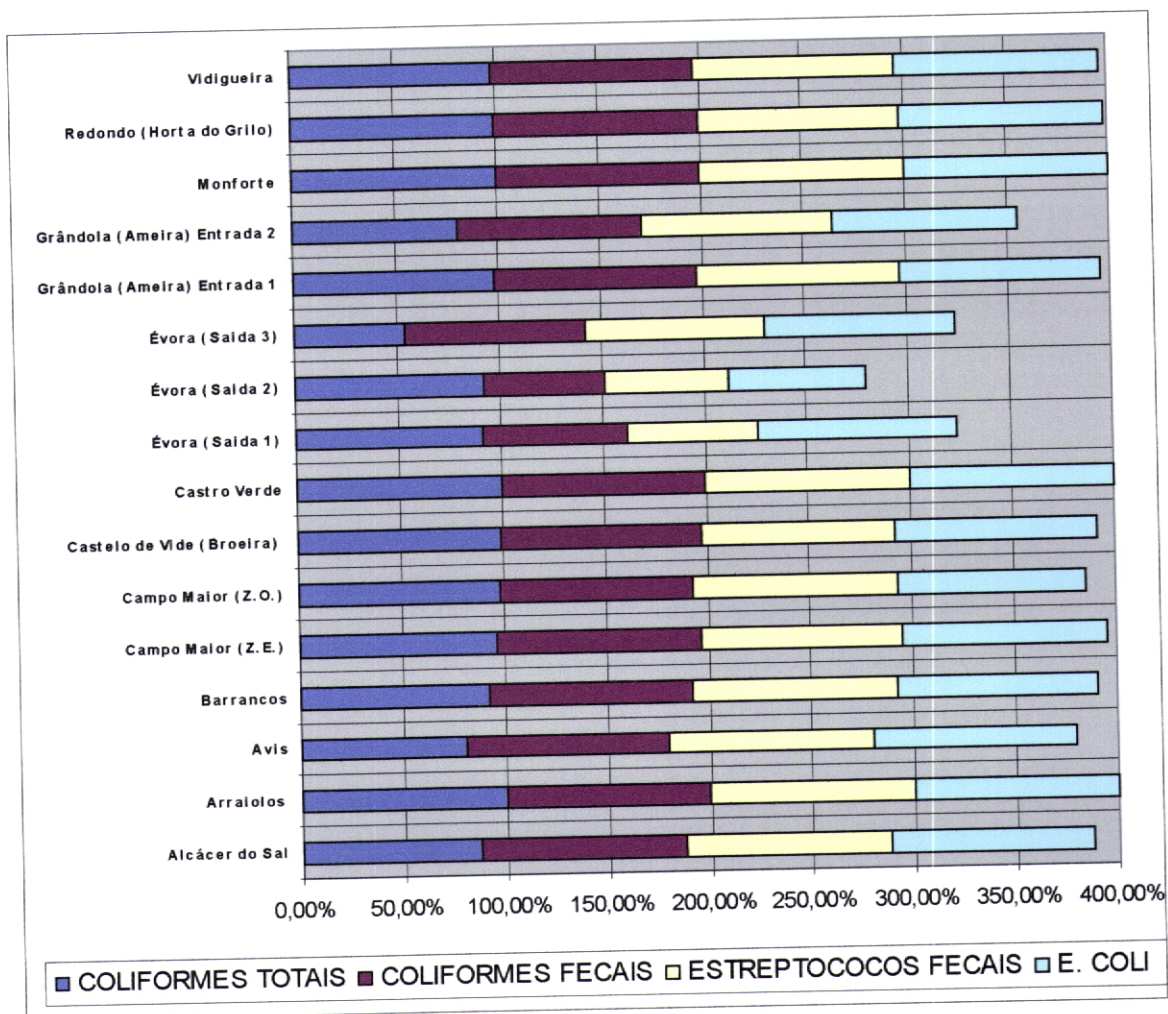
A eficiência de remoção média por parâmetro, foi respectivamente: SST: 79,72%, CQO: 70,14%, CBO<sub>5</sub>: 84,78%, Azoto Total: 30,30%, Fósforo Total: 13,68% e Óleos e Gorduras: 94,13%.

A eficiência de remoção média para o conjunto dos seis parâmetros estudados foi de 62,12%.

Os valores da carga poluente contida na maior parte dos afluentes estudados, relativamente aos parâmetros SST, Azoto Total e Fósforo Total, é classificada de média (Metcalf & Eddy, 1991; Santos e Pinto, 1985; Page e Chang, 1985).

Os maus resultados verificados devem-se a: deficiência de projecto; falta de limpeza de muitas grades; as lagoas de estabilização não são objecto de acompanhamento técnico e operacional adequado para fazer a exploração global. Verifica-se uma ineficiência de tratamento nos efluentes de Alter do Chão, Campo Maior Zona Oeste, Évora (S1, S2 e S3) e Grândola Ameira (E1 e E2) relativamente ao parâmetro Fósforo Total. A ETAR de Grândola Ameira (E2), apresentou ainda uma ineficiência relativamente ao parâmetro Azoto Total.





**Figura 4.48 - Valores da eficiência de remoção acumulada de 4 parâmetros microbiológicos.**

Afim de avaliar a eficiência das lagoas de estabilização, para remoção de organismos patogénicos, foram estudados 16 efluentes. Todas as ETAR incluem 3 lagoas: anaeróbica, facultativa e de maturação. A eficiência de remoção acumulada dos parâmetros Coliformes fecais, Coliformes totais, *Streptococcus fecalis*, *E. Coli* apresentou-se, de um modo geral elevada, conforme representado na Fig. 4.48. A eficiência de remoção média acumulada, dos quatro parâmetros estudados foi de 93,7%, o que evidencia, uma remoção média, na ordem de 2 unidades logarítmicas.

A carga poluente em Coliformes fecais da água residual bruta, é considerada média, segundo (Santos e Pinto, 1985; Metcalf & Eddy, 1991; Page e Chang, 1985), visto os

resultados deste parâmetro estarem compreendidos entre  $10E^7$  e  $10E^8$  excepto o resultado do afluente de Redondo Horta do Grilo que apresenta um valor de  $8,0E^5$ .

Com uma eficiência de remoção total inferior a 300%, relativa aos parâmetros microbiológicos estudados, encontra-se a ETAR de Évora (S2), o que evidencia graves problemas com a exploração da ETAR. Com eficiências de remoção compreendidas entre 300 e 350%, encontra-se as saídas (S1 e S3) da ETAR de Évora. Os restantes efluentes depurados, têm eficiências de remoção entre 350 e 400%, muito embora os resultados analíticos do efluente relativos aos parâmetros microbiológicos estudados sejam muito elevados .

Em todas as ETAR estudadas, o tratamento efectuado é de nível secundário pois envolve um tratamento biológico constituído este por uma lagoa anaeróbia, uma facultativa e uma aeróbia. Este facto explica uma redução no meio inicial dos patogenios (carga biológica). Estes valores são afectados pelo tempo de retenção, temperatura e número de lagoas que constituem o sistema, tal como o constatado por Bruvold (1984) em sistemas de lagunagem nos Estados Unidos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o recurso à rega com efluentes de ETAR no Alentejo, onde frequentemente se verifica um fraco desenvolvimento vegetativo das culturas devido à falta de água, a produção poderia ser aumentada e deste modo permitir uma melhor situação económica dos agricultores, contribuindo para os fixar à terra, contrariando a trágica tendência para desertificação humana do interior do Alentejo.

É no Alentejo que se situam explorações agrícolas de maior dimensão e onde a actividade económica dominante é a agricultura. É também esta região que apresenta maior necessidade de água para abastecimento do sector agrícola, mas dispõem de menores possibilidades de desenvolver actividades agrícolas, sobretudo de regadio, devido à escassez de disponibilidade hídrica.

Devido aos caudais disponíveis e à proximidade entre as ETAR e os terrenos susceptíveis de serem regados com efluentes tratados é viável os custos de adução de água, verificando-se que as disponibilidades estimadas poderiam ter um peso significativo na satisfação das necessidades de água para rega.

O aproveitamento de águas residuais para rega apresenta grandes benefícios técnicos, ambientais e sócio económicos, dos quais se destacam: a poupança de água potável; a protecção do ambiente e a recuperação de nutrientes, principalmente azoto e fósforo e a melhoria sócio económica dos agricultores.

As desvantagens referidas na reutilização de águas residuais urbanas em irrigação, especialmente em instalações mal projectadas ou deficientemente exploradas, são: risco de transmissão de doenças; possibilidade de acumulação no solo de elementos ou substâncias tóxicas; risco de degradação das características físicas do solo; perigo de contaminação de aquíferos; necessidade de tratamento prévio; dependência da disponibilidade de terrenos cuja dimensão e localização tornem economicamente viáveis à adução e distribuição dos efluentes; exigências em estruturas que garantam os volumes de regularização necessários no caso de

desfasamento entre a produção e a utilização de efluentes; má aceitação por parte da população, devido preconceitos de ordem psicológica e cultural.

As causas fundamentais do funcionamento deficiente das ETAR estudadas são: a falta de meios organizacionais, de conhecimento, de sensibilidade de muitos autarcas para implementação e exploração deste tipo de projectos com eficácia e por forma que os seus municípios possam usufruir dos seus benefícios em termos ambientais e da sua qualidade de vida.

O mau funcionamento das ETAR poderá ser solucionado com a reorganização dos serviços camarários no sentido de os tornar mais eficazes e de os adequar aos processos e tecnologias em causa ou, em alternativa promover à contratação de empresas acreditadas para manutenção dessas infra-estruturas.

Os parâmetros referidos na bibliografia, que não foram sujeitos a análises e que têm grande interesse são: a salinidade da água (geralmente medida pela condutividade eléctrica); a capacidade de alcalização do solo (medida através da razão de adoração de sódio ajustada); presença de diversos elementos que se podem tornar fitotóxicos ou, pelo contrário, podem compensar carências nutricionais das plantas como por ex: os metais pesados.

Comparando os resultados das amostras recolhidas ao efluente, verificou-se que em todos os casos, houve parâmetros que ultrapassaram o respectivo VLE, imposto no anexo 1 do Decreto-Lei 152/97 de 19 de Junho e no Anexo XVIII do Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, que rege as descargas das estações de tratamento de águas residuais.

Pela análise de valores dos afluentes médios, conclui-se, que a sua composição é bastante semelhante. As ETAR onde se registaram maiores eficiências de remoção acumulada, logo proporcionando melhor qualidade da água para rega foram: Alcácer do Sal, Aljustrel, Arraiolos, Barrancos, Beja, Monforte, Vendas Novas e Vidigueira. Apesar da boa eficiência, alguns efluentes ultrapassaram o respectivo VLE.



Nas ETAR onde se registaram menores eficiências de depuração foram: Alter do Chão, Avis, Campo Maior (Z.E. e Z.O.), Castro Verde, Estremoz, Grândola (E1 e E2), Redondo Horta do Grilo, Reguengos e Santiago do Cacém. Para que se verifique uma boa qualidade da água residual para irrigação em agricultura, os efluentes devem ser sujeitos a determinados condicionalismos.

Para evitar a alteração da estrutura e alcalinidade do solo devido à aplicação dos efluentes ligeiramente básicos de Alter do Chão, Arraiolos, Monforte e Vendas Novas é necessário proceder à correcção do pH.

O teor em SST, CQO e CBO<sub>5</sub> dá indicação do teor em matéria orgânica, sendo importante do ponto de vista ambiental e agronómico. Relativamente á qualidade da água para rega, o Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, recomenda para o parâmetro SST o valor de 60 mg/l, não atribuindo valores ao CQO e ao CBO<sub>5</sub>. O efluente da ETAR de Aljustrel, Alter do Chão, Arraiolos, Avis, Barrancos, Campo Maior (Z.E e Z.O.), Castro Verde, Redondo Horta do Grilo, Reguengos e Vendas Novas ultrapassaram o VMR. Concentrações elevadas podem ocasionar colmatagem dos solos, depósitos sobre as folhas e frutos e entupimento nos equipamentos de rega.

Relativamente ao parâmetro Fósforo Total a legislação portuguesa não recomenda um valor máximo na composição da água para rega. Devido ao baixo teor deste macronutriente nos efluentes médios, conclui-se que todos podem ser utilizados em rega, não contribuindo para a contaminação das águas subterrâneas.

Quanto ao parâmetro Azoto Total, a legislação em vigor não atribui um VMR para este parâmetro, embora valores superiores a 30 mg/l exija restrições á utilização de água residual, podendo ser utilizada em culturas com grande demanda de fertilizante. Por outro lado, sabe-se que as condições de drenagem em certas zonas das bacias hidrográficas as tornam particularmente mais vulneráveis á poluição azotada com consequências nefastas para o meio hídrico superficial e subterrâneo como referido no Decreto-Lei nº 235/97 de 3 de Setembro que surge da transposição para o direito interno da Directiva nº 91/676/CEE.

No que concerne ao parâmetro Óleos e Gorduras a legislação Portuguesa não prevê um VMR, embora não se tivessem verificado valores elevados, proporcionando condições para que ocorra uma boa biodegradação do líquido para rega.

O efluente médio da ETAR de Monforte cumpre inteiramente o normativo em vigor quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos estudados. Os restantes efluentes apresentam um valor de Coliformes fecais superior ao VMR de 100 mg/l.

Os parâmetros Coliformes fecais, Coliformes totais, *Streptococcus fecalis* e *E. coli* apresentam grandes variações de valores visto dependerem de vários factores, como o número de lagoas integrando o sistema, o respectivo tempo de retenção e a temperatura média local. Estes valores são elevados no efluente de Castelo de Vide, Évora (S1, S2, S3) e Grândola (E1, E2). Segundo recomendações da OMS (1989), estes efluentes não apresentam riscos de contaminação no regadio de cereais, forragens para feno ou para ensilar e em culturas industriais (girassol, algodão e árvores) com a condição do método de rega ser localizado e não possibilitar a exposição de pessoas. Para regar hortícolas e frutícolas destinadas à alimentação directa e para pastagem de animais, seria necessário que os efluentes fossem sujeitos a uma desinfeção por cloragem, ultravioletas ou outro método.

Na região Alentejo não houve até ao momento a criação de infra-estruturas de tratamento para a possibilidade de utilização de águas residuais a partir de ETAR municipais. Este facto deve-se aos seguintes factores: inexistência de entidades responsáveis para a criação e gestão de ETAR com interesses ligados à agricultura; ausência de sensibilização das populações para as potencialidades de reutilização de águas residuais tratadas em agricultura.

A reutilização de água na rega no Alentejo continua a ser uma alternativa ao uso dos meios hídricos receptores. Presentemente, está em curso a construção da Barragem de Alqueva, importante no domínio do abastecimento de água à agricultura, que permitirá colmatar por mais algum tempo a existência de situações extremes de carência hídrica no domínio da agricultura.

Uma importante linha de investigação consiste no estudo de critérios de dimensionamento de infra-estruturas para armazenamento e tratamento sazonal dos efluentes.

## 6 - Referências bibliográficas

- ANRED (1982) - **La valorisation agricole des bous de station d'épuration.** Agence Nationale pour la Recuperation de l'Elimination des Dehets., 59 p.
- Arber, T. (1984) - **Significance of coagulation-flocculation and filtration and operations in wastewater reclamation and reuse.** *Future of waste reuse, Proceedings of the water reuse, Symposium III, San Diego, CA, USA, AWWA Research Fondation, p. 1185-1203.*
- Asano T.; Tchobanoglous, G. (1991) - **The role of wastewater reclamatin and reuse in the USA.** *Wat. Sci. Tech.* **23**, p. 2049-2059.
- Asano, T.; Richard, D.; Crites, R. W.; Tchobanoglous, G. (1992) - **Evolution of terciary treatment requirements in California.** *Water Environ. & Techn.* **4(2)**, p. 36-41.
- Asano, T.; Smith, G. R.; Tchobanoglous, G. (1985) - **Municipal wastewater: treatment and reclaimed water characteristics.** *Irrigation with reclaimed municipal wastewater - A Guidance Manual.* Pettygrove & Asano (eds.). California Lewis Publishers, Inc. Cap.2, p. 1-26.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. (1984) - **Irrigation water quality criteria.** *California state water resources control board.* Irrigation with reclamation wastewater **84** .
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. (1988) - **La qualité de l'eau en agriculture.** Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. *Bulletin FAO d'Irrigation et de drainage* **29(1)**.
- Azevedo, J.; Stout, P. R. (1974) - **Farm manures: An overview of their role in the agricultural environment.** University of California, Division of Agric. Sci., Manual, Berkley, California, 44 p.
- Baptista, J.M.; Pássaro, M.C. (1993) - **Dificuldades de aplicação das directivas nos países da comunidade.** Comunicação apresentada no *VI Encontro Nacional de Saneamento Básico.* Setúbal, Portugal.
- Bartone, C. (1987) - **Development of health guidelines for water reuse in agriculture; management and institutional aspects.** *Implementing waste reuse, procedings of the water reuse, Symposium IV, Denver, CU, USA, AWWA, Reserch Foundation, p. 489-504.*
- Beek, J.; de Haan; F. A. M.; van Riemsdijk, W. H. (1977a) - **Phosphates in soils treated with sewage water: I. General information on sewage farm, soil, and treatment results.** *J. Environ. Qual.* **6(1)**, p. 4-7.
- Beek, J.; de Haan, F. A. M. e van Riemsdijk, W. H. (1977b) - **Phosphates in soils treated with sewage water: II. Fractionation of accumulated phosphates.** *J. Environ. Qual.* **6(1)**, p. 7-12.

- Bell, J. B.; Smith, D. W. (1982) - **Wastewater disinfection: Evaluation of significant factors.** *Environ. Tech. Letters* 3, p. 319-328.
- Bielorai, H.; Vaisman, I. e Feigin, A. (1984) - **Drip irrigation of cotton with treated municipal effluents: I. yeld response.** *J. Environ. Qual.* 13(2), p. 231-238.
- Brady, C. N. (1974) - **The nature and properties of soils.** MacMillan Publishing Co. Inc., New York, 637 p.
- Brito, J. M. C. (1986) - **As lamas pretas como fertilizante (contribuição para o seu estudo).** Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Broadbent, F. E.; Resenauer H. M. (1985) - **Fate of wastewater constituents in soil and groundwater: nitrogen and phosphorous.** *Irrigation With Reclaimed Municipal Wastewater - A Guidance Manual.* Petrygrove & Asano (eds.). California Lewis publishers Inc.. Cap.12, p. 1 - 16.
- Bruvold, W. H. (1984) - **Obtaining public support for innovative reuse projects.** *Future of water reuse.* Proceedings of the water reuse, Symposium III, San Diego, CA, USA, AWWA Research Foundation, p.122-133.
- Burton, T. M. e Hook, J. E. (1979) - **A mass balance study of application of municipal wastewater to forest in Michigan.** *J. Environ. Qual.* 8(4), p. 589-596.
- Cairns, W. L.; Sakamoto, G.; Devries, M; Van Dijk, D. (1995) - **The impacts of wastewater quality on ultraviolet disinfection of reclaimed wastewater.** *Second international symposium on wastewater reclamation and reuse.* Symposium, Preprint Book 2. Ed., p. 615-627.
- Calvo, M. S. (1978) - **Aprovechamiento y tratamiento agrarios de las aguas urbanas.** Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid, 336 p.
- Campbell, W. F.; Miller, R. W.; Reynolds, J. H.; Schreeg, T. M. (1983) - **Alfalfa, sweetcorn, and wheat responses to long-term application of municipal wastewater to cropland.** *J. Env. Qual.* 12(2), p. 243-249.
- Carvalho, R.; Machado, S. (1976) - **Contribuição para o conhecimento de Regiões Climáticas de Portugal Continental.** Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa.
- Catroux, G; Betremieux, H. (1972) - Rapport Congrès G:T:S:, Versailles.
- Chang, A. C.; Page, A. L. (1985) - **Fate of wastewater constituents in soil and grounwater: trace organics.** *Irrigation With Reclaimed Municipal Wastewater,* A guidance Manual, Cap. 15, p. 1-20.
- Comissão Económica Europeia (1980) - **Directiva do Conselho, de 26 de Janeiro de 1980 relativa à protecção das águas subterrâneas contra a poluição causada por certas substâncias perigosas (80/68/CEE).** Jornal Oficial N° L20.

- Comissão Económica Europeia (1991) - **Directiva do Conselho, de 30 de Maio de 1991 relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (91/271/CEE)**. Jornal Oficial N° L135/40.
- Comissão Económica Europeia (1991) - **Directiva do Conselho, de 31 de Dezembro de 1991 relativa à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola (91/676/CEE)**. Jornal Oficial N° L375/1.
- Cooper R. C. (1991) - **Public health concerns. Wastewater reuse. W. Sc. Tech.** Vol. 24(9), p. 55-65.
- Costa, J. (1981) - **O milho e a sua cultura**. Direcção Geral da Extensão Rural. Ministério da Agricultura, Comércio e Pescas, Divulgação N° 11.
- Cromer, R. N.; Tomkins, D.; Barr, N. J.; Hopmans, P. (1984) - **Irrigation of monerey pine with wastewater: Effect on soil chemistry and groundwater composition.** *J. Environ. Qual.* 13(4), p. 539-542.
- Day, A. D.; Taher, F. A.; Katterman, F. R. H. (1975) - **Enfluence of trated municipal wastewater on growth, fiber, acid-soluble nucleotides, protein and aminoacid content in wheat grain.** *J. Environ. Qual.* 4(2), p. 167-169.
- Day, A. D.; Tucker, T. C. (1977) - **Effects of reated municipal wastewater on growth, fiber, protein, and aminoacid contents of sorghum grain.** *J. Environ. Qual.* 6(3), p. 167-375.
- Delvaux, L. (1974) - **Waste water treatment in the beet-sugar industry.** *Sugar Technol. Ver.*, 2(2), p. 95-135.
- Desjardins, R. (1988). **Le traitement des eaux**. Éditions de l' École Poytechnique de Montréal, 257 p.
- Diário da República N° 44, I Série (1994) - **Decreto-Lei N° 46 de 22 de Fevereiro de 1994**. Imprensa Nacional Casa da Moeda. p. 772-789.
- Diário da República N° 397, I Série (1997) - **Decreto-Lei N° 152 de 19 de Junho de 1997**. Imprensa Nacional Casa da Moeda. p. 2959-2966.
- Diário da República N° 203, I Série (1997) - **Decreto-Lei N° 235 de 3 de Setembro de 1997**. Imprensa Nacional Casa da Moeda, p. 4640-4644.
- Diário da República N° 176, I Série (1998) - **Decreto-Lei n°. 236 de 1 de Agosto de 1998**. Imprensa Nacional Casa da Moeda, p. 3676-3722.
- EUREAU (1991) - **Driking Water Directive 80/778/EC**. Union of National Association of Water Suppliers from Countries Within the EC. Proposals for modification. Views of Eureau. EUREAU and Economic Free Trade Association, Bruxelles, 187 p.

- F.A.O. (1976) - **La qualité de l'Eaux en Agriculture**. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. *Bulletin d' irrigation et de drenage* 29.
- F.A.O. (1992) - **Productos Yearbook**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Series 104, Rome.
- Feachem, R. G. (1983) - **Sanitation and disease. Health aspects of excreta and wastewater management**. World Bank Studies. *Water Supply and Sanitation* 3, World Bank, Great Britain.
- Feigin, A.; Feigenbaum, S.; Limoni, H. (1981) - **Utilization efficiency of nitrogen from sewage effluent and fertilizer applied to corn plants growing in a clay soil**. *J. environ. Qual* 10(2), p. 284-287.
- Feigin, A.; Ravina, I. e Shalhevet, J. (1991) - **Irrigation with treated sewage effluent: Management for environmental protection**: Springer. Verlag, Berlin, 224 p.
- Gomella C.; Guerrée, H. (1978) - **Les eaux usées dans les agglomération urbaines ou rurales. II - Le traitement**. Ed. Eyrolles, Paris 2, 284 p.
- Grant, A.; Kunze, R. J.; Asrar, G. (1982) - **Irrigation with simulated secondary waste water on tiled soil cropped to bromegrass and corn**. *J. Environ. Qual.* 11(3), p. 442-446.
- Heitz, F.; Bidan, P. (1970) - **Quelques problèmes concernant des eaux résiduaires des sucreries de betteraves**. *Ind. Aliment. Agric.* 87 (7/8), p. 879-891.
- Hillman, P. J. (1985) - **Health aspects of reuse of treated wastewater for irrigation**. *Treatment and use of sewage effluent for irrigation*. M. B. Pescod & U. AIKA (eds.). Cap.5. Butterworth, London.
- Hook, J. E.; Kardos, L.T.; Jopper, W. E. (1976) - **Effect on land disposal of wastewaters on soil phosphorus relations**. *Recycling treated wastewater and sludge through forest and cropland*. Ed. William Sopper e L. T. Kardos, Pennsylvania University Press p. 200-217.
- Jessen, P. D.; Siegris, R. L. (1988) - **Nitrogen removal from wastewater in soil infiltration systems**. Redigest av Hallavard O/degaard, p. 114-128.
- Kardos, L. T.; Hook, J. E. (1976) - **Phosphorus balance in sewage effluent treated soils**. *J. Environ. Qual.* 5(1), p. 87-90.
- Kirchmann, H. (1994) - **Animal and municipal organic wastes and water quality**. *Soil processes and water quality*. *Advances in soil science*, Ed. R. Laz and B. A. Stewart, p. 163-232.
- Lance, J. C., Wisler, F. D.; Rice, R. C. (1976) - **Maximizing desnitrification during soil filtration of sewage water**. *J. Environ. Qual.* 5 (1), p. 102-107.

- Latterell, J. J.; Dowdy, R. H.; Capp, C. E.; Larson, W. E.; Linden, D. R. (1982) - **Distribution of phosphorus in soils irrigated with municipal wastewater effluent: a 5-year study.** *J. Environ. Qual.* 11(1), p. 124-128.
- Lund, L. J.; Page, A. L.; Nelson, C. O.; Elliot, R.A. (1981) - **Nitrogen balances for an effluent irrigation area.** *J. Environ. Qual.* 10(3), p. 349-352.
- Mara, D. D. (1978) - **Sewage Treatment in Hot Climates.** Chischester, UK, John Wiley & Sons.
- Mara, D. D.; Caincross, S. (1989) - **Guidelines for the safe use of wastewater and excreta.** *Agriculture and aquaculture.* Geneva, WHO & UNEP.
- Marecos do Monte, M. H. (1984) - **Recuperação dos produtos finais do tratamento de águas residuais para agricultura.** Boletim de informação técnica. LNEC 36, p. 7-23.
- Marecos do Monte, M. H. (1985) - **Aspectos de qualidade química e microbiológica das águas residuais a depurar no solo.** *Tratamento e destino final de águas residuais municipais e industrias no solo.* S 326, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Marecos do Monte, M. H. (1989) - **A reutilização de águas residuais tratadas para irrigação como exemplo de uma solução integrada para problemas de poluição da água.** Simpósio Internacional sobre Soluções Integradas para Problemas de Poluição da Água, APRH, LNEC, IWRA, ONU, UNESCO, Lisboa, Vol. III, p. 175-186
- Marecos do Monte, M. H.; Sousa, M. E. S.; Calouro, F. (1990) - **Estudo de metodologias de utilização de águas residuais para irrigação.** Relatório elaborado no âmbito do Convénio de Cooperação LNEC/LQARS, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Marecos do Monte, M. H.; Sousa, M. E. S. (1993) - **Reutilização de águas residuais para rega em Portugal.** *Recursos Hídricos* 14(1), 4 p.
- Marecos do Monte (1994) - **Contributo para a utilização de águas residuais tratadas para irrigação em agricultura em Portugal.** Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia 1, 507 p.
- Mariani, E. (1972) - **La acque di scarico di zuccherificio e l'inquinamento.** Ind. Sacc. Ital. 65, p. 59-66.
- Metcalf; Eddy (1991) - **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse.** McGraw-Hill Inc., New York. 3ª ed..
- Monteiro, M. C. H. (1994) - **Utilização de água residual urbana na cultura de azevém.** Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de agronomia, 198 p.



- Moura, A. C. (1994) - **Alguns aspectos do tratamento e utilização de água ruça.** Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia, 86p.
- Muttamara, S.; Sales, C. L. (1995) - **Peroxone: The best alternative for disinfection.** *Second international symposium on wastewater reclamation and reuse.* Symposium Preprint Book. 2. Ed., p. 603-614.
- Neilsen, G. H.; Stevenson, D. S.; Fitzpatrik, J. J.; Brownlee, C. H. (1989a) - **Nutrient and yield of young apple trees irrigated with municipal wastewater.** *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114(3), p. 377-383.
- Neilsen, G. H.; Stevenson, D. S.; Fitzpatrik, J. J.; Brownlee, C. H. (1989b) - **Yield and plant nutrient content of vegetables trickle-irrigated with municipal wastewater.** *Hortscience* 24(2), p. 249-252.
- Noel, M. J. C. (1976) - **La production du sucre et ses conséquences sur la qualité des eaux.** *Sci. Tech.* 31, p. 13-24.
- O.M.S. (1989) - **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture.** *Report of a WHO Scientific Group, World Techni 778,* WHO, Geneve, Switzerland.
- Oron, G.; Beltrão, J. (1993) - **Complete environmental effluent disposal and reuse by drip irrigation.** Optimization of plant nutrition, p. 589-592.
- Oron, G.; Goemans, M.; Massar, Y.; Feyen, J. (1995) - **Poliovirus distribution in the soil-plant system under reuse of secondary wastewater.** *Water Res:* 29(8), p. 1069-1078.
- Oster, J. D.; Rhoades, J. D. (1985) - **Water management for salinity and sodicity control.** *Irrigation with reclaimed municipal wastewater - A Guidance manual.* Pettygrove & Asano (eds.). California Lewis Publishers Inc., Cap. 7: 1-20.
- Page, A. L.; Chang, A. C. (1984) - **Fate of wastewater constituents in soil and groundwater.** *California state water control board, Irrigation with reclaimed wastewater* 84(1).
- Page, A. L.; Chang, A. C. (1985) - **Fate of wastewater constituents in soil and ground water: trace elements.** *Irrigation with reclaimed municipal wastewater - A guidance manual.* Ed. G. S. Pettygrove and T. Asano, Lewis Publishers Inc. Chelsa, p. 131-136.
- Pescod, M. B. (1992) - **The urban waste cycle, including wastewater use in agriculture.** *Outlook on Agriculture* 21(4), p. 263-270.
- Pettygrove, G. S.; Asano, T. (1984) - **Irrigation with reclaimed municipal wastewater.** Guidance Manual.

- Pietz, R. I.; Peterson, J. R.; Lue-Hing, C.; Welch, L. F. (1978) - **Variability in the concentration of twelve element in corn grain.** *J. Environ. Qual.* 7, p. 106-110.
- Pinto, F. C. (1988) - **Reutilização de águas em agricultura - A irrigação com águas residuais urbanas.** Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia, 119 p.
- Pinto, F. C. (1991) - **Apontamentos da Disciplina de Tratamento e Utilização de Efluentes.** Mestrado de nutrição vegetal, fertilidade do solo e fertilização. Ciclostilado. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Pinto, F. C. (1996) - **Crop production in NTF system with pig slurry as nutrient substance.** ISOSC Proceedings of Ninth International Congress on Soiless Culture, Jersey.
- Polprasert, C. (1989) - **Organic waste recycling.** *J. Wiley & Sons.*, Chischester, England, 357 p
- Power, J. F.; Schepers, J. S. (1989) - **Nitrate contamination of groundwater in North America.** *Agriculture, Ecosystem and Environment* 26, p. 165-187.
- Raposo, José (1980) - **A rega por aspersão.** Coleção Técnica Agrária, Clássica Editora, Lisboa, 1ª edição.
- Riper, C.V.; Geselbracht, J. (1997) - **Water reclamation and reuse.** *Water Environ Res*, 69(4), p. 554-562.
- Riper, C.V.; Geselbracht, J. (1998) - **Water reclamation and reuse.** *Water Environ Res*; 70(4), p. 586-590.
- Riviere, J. (1976) - **Les méthodes générales d'épuration des eaux résiduaires.** *La Pollution des eaux continentales.* Paris, Bordas, p. 23-37.
- Saenz, R. (1987) - **Use of wastewater treated in stabilization ponds for irrigation-evaluation of microbiological aspects.** *Water Quality bulletin* 12(2), p. 84-89.
- Santos, J. Q. (1983) - **Fertilizantes, fundamentais e aspectos práticos da sua aplicação.** Europa. América, Lisboa, 246p.
- Santos, J. Q.; Pinto, F. C. (1985) - **O biosistema solo-vegetação, base fundamental da depuração de águas residuais no solo.** *Tratamento e destino final de águas residuais municipais e industriais no solo*, LNEC, Lisboa, p. 1-85.
- Santos, J. Q. (1991) - **Fertilização: fundamentos da utilização dos adubos e correctivos.** Europa. - América, Lisboa, 411p.
- Sawhney, B. L.; Hill, D. E. (1975) - **Phosphate sorption characteristics of soils treated with domestic waste water.** *J. Environ. Qual.* 4(3), p. 342-346.



- Sharpley, A. N.; Halvorson, A. D. (1994) - **The management of soil phosphorus available and its impact surface water quality.** *Adv. In soil Science - Soil processes and water quality.* Ed. R. Lal and B. A. Stewart, Lewis Publishers, Boca Raton.
- Sheik, B.; Cort, R. P.; Kirkpatrick, W. R.; Jaques, R. S.; Asano, T. (1990) - **Monterey wastewater reclamation study for agriculture.** *Res. J. Water pollut. Control Fed.* **62(3)**, p. 216-226.
- Shuval, H. I.; Yekutieli, P.; Fattal, B. (1986) - **An epidemiological model of the potential health risk associated with various pathogens in wastewater irrigation.** *Wat. Sci. Tech.* **18(10)**, p. 191-198.
- SMEWW 20<sup>th</sup> – Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater 20<sup>th</sup> Edition.
- Smith, J. H. (1980) - **Irrigating with sugarbeet processing waste water.** *J. Am. Soc. Sugar Beet Technol.* **20(5)**, p. 484-502.
- Spotswood, A.; Raymer, M. (1973) - **Some aspects of sludge disposal on agricultural land.** *J. water Pollut. Cont. Fed.* **1**, p. 71-77.
- Tamburino, V.; Barbagallo S. (1989) - **Small systems of agricultural reuse of municipal wastewater in Sicily.** *Proceedings of the Eleventh International Congress on Agricultural Engineering.* Dodd & Grace (eds.), Dublin, p. 325-332.
- Tisdale, S. L.; Nelson, W. L.; Beaton, J. D. (1985) - **Soil fertility and fertilizers.** Macmillan Publishing Company, New York, 4<sup>th</sup> ed., p. 754.
- Vaisman, I.; Shalavet, J.; Kipnis, T.; Feigin, A. (1981) - **Reducing groundwater pollution from municipal wastewater irrigation of Rhodes grass grown sand dunes.** *J. Environ. Qual.* **10**, p. 434-439.
- Vaisman, I.; Shalavet, J.; Kipnis, T.; Feigin, A. (1982) - **Water regime and nitrogen fertilization for Rhodes grass irrigated with municipal wastewater on sand dune soil.** *J. Environ. Qual.* **11(2)**, p. 230-232.
- van Riemsdijk, W. H.; Weststrate, F.A.; Beek, J. (1977) - **Phosphates in soils treated sewage water: III. Kinetic studies on the reaction of phosphate with aluminum compounds.** *J. Environ. Qual.* **6(1)**, p. 26-29.
- Vial, J. (1979) - **Risques sanitaires liés aux rejets d'eaux usées, but de la désinfection.** *Journées d'Information sur la Désinfection des Eaux Usées.* Rennes, p. 9-32.
- WPCF (1986) - **Wastewater disinfection.** Manual of Practice, FD-10, Facilities Development WPCF, Alexandria, Virginia, USA.

# **ANEXO I**

Quadro 1.1 – Resultados analíticos do afluente

CONCELHO	DATA	Ph	SST	CQO	CBO5	AZOTO	FÓSF.	ÓLEOS
		ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.
Alcácer do Sal	27.05.98	7,48	114,00	459,00	280,00	81,60	1,82	56,30
	11.11.98	7,50	140,00	428,00	225,00	72,00	12,80	47,20
	13.04.99	7,58	374,00	847,00	510,00	65,00	16,50	114,00
	11.01.00	7,55	424,00	980,00	680,00	86,00	18,90	180,00
Ajustrel	21.01.00	8,04	780,00	463,00	269,00	62,00	12,60	45,00
Alter do Chão	17.11.99	8,16	205,00	644,00	365,00	67,00	10,70	34,00
	23.05.00	9,18	160,00	54,40	14,30	29,00	4,50	2,40
Arraiolos	24.06.98	7,08	5000,00	1200,00	1000,00	134,00	30,60	35,80
	04.11.98	7,27	651,00	398,00	800,00	82,00	12,20	53,50
	10.03.99	7,24	1710,00	627,00	590,00	104,00	36,00	48,50
	12.10.99	7,76	377,00	859,00	455,00	87,00	20,50	78,00
Avis	03.06.98	6,86	465,00	983,00	450,00	52,40	11,10	26,00
	20.01.99	6,86	434,00	760,00	400,00	48,00	14,50	72,00
	08.06.99	7,53	159,00	389,00	257,00	45,00	5,92	38,50
	17.11.99	6,72	594,00	1676,00	1110,00	78,00	10,20	29,20
Barranco	20.05.98	7,04	219,00	1667,00	1650,00	109,00	9,80	69,50
	08.10.98	7,52	2330,00	852,00	540,00	111,00	13,80	118,00
	30.03.99	7,76	572,00	1376,00	760,00	94,00	19,10	150,00
	04.01.00	8,51	517,00	703,00	694,00	135,00	32,90	68,00
Beja	02.07.88	7,28	526,00	737,00	400,00	84,00	12,00	34,20
	02.12.98	7,27	1939,00	650,00	500,00	88,00	18,30	24,10
	06.04.99	6,60	410,00	1158,00	960,00	101,00	18,60	
	28.09.99	7,53	235,00	760,00	270,00	78,00	14,00	89,40
Campo Maior (Z.E.)	13.05.98	7,66	20,00	259,00	235,00	26,00	6,30	17,90
	28.10.98	7,46	533,00	468,00	240,00	43,00	9,53	32,80
	03.03.99	7,50	507,00	440,00	250,00	58,00	12,00	70,10
	01.02.00	7,33	354,00	730,00	435,00	75,00	19,50	90,00
Campo Maior (Z.O.)	13.05.98	9,45	94,00	400,00	308,00	37,80	7,45	56,60
	28.10.98	7,23	193,00	619,00	410,00	52,00	10,90	38,40
	03.03.99	7,49	422,00	200,00	140,00	42,00	5,57	26,40
	01.02.00	7,49	175,00	394,00	162,00	39,00	6,38	46,20
Castro Verde	15.07.98	7,46	447,00	396,00	200,00	44,00	9,30	41,00
	06.01.99	7,71	135,00	379,00	180,00	51,00	10,30	101,00
	04.05.99	7,27	314,00	594,00	370,00	71,00	12,80	75,60
	25.01.00	7,54	437,00	564,00	281,00	78,00	26,60	51,00
Estremoz	29.04.98	8,03	95,00	111,00	29,50	14,90	3,69	7,23
	15.06.99	7,50	153,00	437,00	211,00	44,00	10,30	15,30
Évora (S1)	22.04.98	7,68	108,00	331,00	196,00	50,50	3,57	55,50
	08.10.98	8,13	158,00	495,00	280,00	57,00	9,62	2,50
	10.02.99	7,42	769,00	354,00	290,00	61,00	12,10	21,20
	07.09.99	7,50	580,00	810,00	392,00	74,00	11,70	100,00
Évora (S2)	22.04.98	7,68	108,00	331,00	196,00	50,50	3,57	55,50
	08.10.98	8,13	158,00	495,00	280,00	57,00	9,62	2,50
	10.02.99	7,42	769,00	354,00	290,00	61,00	12,10	21,20
	07.09.99	7,50	580,00	810,00	392,00	74,00	11,70	100,00
Évora (S3)	22.04.98	7,68	108,00	331,00	196,00	50,50	3,57	55,50
	08.10.98	8,13	158,00	495,00	280,00	57,00	9,62	2,50
	10.02.99	7,42	769,00	354,00	290,00	61,00	12,10	21,20
	07.09.99	7,50	580,00	810,00	392,00	74,00	11,70	100,00
Grândola-Ameira (E1)	27.05.98	7,48	101,00	367,00	170,00	63,10	4,49	36,40
	11.11.98	7,28	162,00	437,00	207,00	68,00	10,70	55,00
	16.03.99	7,48	97,00	377,00	180,00	45,00	13,10	50,00
	26.10.99	7,97	167,00	142,00	299,00	35,00	8,20	20,20
Grândola-Ameira (E2)	27.05.98	6,95	233,00	440,00	157,00	27,70	3,30	22,40
	11.11.98	6,78	575,00	824,00	380,00	63,00	10,90	75,80
	16.03.99	6,91	189,00	396,00	250,00	53,00	10,40	35,50
	26.10.99	7,12	187,00	269,00	132,00	35,00	2,60	27,00

**Quadro 1.1 – Resultados analíticos do afluente (cont.)**

CONCELHO		Ph	SST	CQO	CBO5	AZOTO	FÓSF.	ÓLEOS
	DATA	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.
Monforte	17.06.98	7,37	1150,00	317,00	245,00	72,00	12,00	35,70
	18.11.98	7,92	239,00	502,00	169,00	59,00	9,70	45,20
	23.03.99	7,70	395,00	606,00		63,00	16,60	57,00
	19.10.99	8,29	158,00	277,00	121,00	38,00	6,80	31,10
Redondo-Horta do Grilo	29.04.98	7,42	167,00	434,00	322,00	51,50	7,05	65,90
	21.10.98	7,54	243,00	603,00	340,00	71,00	7,37	83,30
	24.02.99	7,26	773,00	520,00	318,00	53,00	12,80	93,00
	21.09.99	7,90	327,00	718,00	309,00	50,00	17,20	92,50
Reguengos	25.10.00	7,55	306,00	592,00	572,00	79,00	21,20	83,60
	25.01.01	7,53	432,50	579,00	198,00	40,90	9,90	
Santiago do Cacém	08.07.98	7,62	230,00	507,00	215,00	41,00	11,30	65,00
	09.12.98	7,40	258,00	730,00	370,00	63,00	17,30	152,00
	10.02.99	7,69	868,00	211,00	123,00	42,00	6,88	34,00
	07.09.99	7,57	449,00	802,00	316,00	74,00	12,00	5,15
Vendas Novas	31.07.00	6,80	215,00	357,00	357,00	70,80	12,00	
	18.10.00	7,30	480,00		379,00	83,20	20,10	10,80
Vidigueira								
	06.05.98	7,39	364,00	1115,00	505,00	88,90	18,20	0,00
	14.10.98	7,23	468,00	844,00	500,00	111,00	17,60	107,00
	17.02.99	7,38	179,00	508,00	330,00	88,00	11,60	69,20
	14.09.99	8,07	360,00	724,00	400,00	125,00	22,10	88,00

Quadro 1.2 - Resultados analíticos do efluente

CONCELHO	DATA	Ph	SST	CQO	CBO5	AZOTO	FÓSF.	ÓLEOS
	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA
Alcácer do Sal	27.05.98	7,87	34,00	140,00	25,00	21,60	3,51	1,60
	11.11.98	7,88	21,00	165,00	35,00	42,00	11,00	1,11
	13.04.99	7,99	38,00	203,00	50,00	38,00	14,20	0,23
	11.01.00	7,78	59,30	72,60	18,20	50,00	19,90	2,34
Aljustrel	21.01.00	8,36	195,00	183,00	5,89	47,00	8,00	0,52
Alter do Chão	17.11.99	9,18	160,00	54,40	14,30	29,00	4,50	2,40
	23.05.00	8,61	71,50	54,20	8,92	22,00	14,60	1,20
Arraiolos	24.06.98	8,33	44,00	240,00	58,60	44,00	11,70	2,18
	04.11.98	8,93	129,00	265,00	105,00	79,00	13,30	1,86
	10.03.99	8,00	200,00	392,00	133,00	79,00	19,60	25,70
	12.10.99	8,81	146,00	46,30	12,40	28,00	6,10	0,00
Avis	03.06.98	7,63	115,00	305,00	70,00	43,10	0,84	0,93
	20.01.99	7,50	66,00	315,00	195,00	46,00	11,60	5,60
	08.06.99	7,95	23,00	142,00	51,90	46,00	8,01	1,00
	17.11.99	7,64	143,00	209,00	140,00	57,00	8,40	4,00
Barrancos	20.05.98	8,16	40,00	181,00	46,00	58,50	13,20	3,99
	08.10.98	8,23	49,00	287,00	35,00	67,00	13,90	0,21
	30.03.99	7,77	69,00	283,00	95,00	64,00	14,90	2,00
	04.01.00	8,02	151,00	73,00	20,90	88,00	17,60	3,63
Beja	02.07.88	7,97	8,00	109,00	14,00	39,00	9,00	0,61
	02.12.98	7,76	39,00	146,00	30,00	56,00	9,00	0,30
	06.04.99	7,43	44,00	283,00	79,20	42,00	12,60	2,00
	28.09.99	8,09	96,00	32,80	3,98	49,00	11,80	0,50
Campo Maior (Z.E.)	13.05.98	8,57	78,00	95,20	71,70	14,30	5,00	0,25
	28.10.98	9,14	36,00	105,00	26,50	10,00	1,73	0,11
	03.03.99	7,90	70,00	320,00	138,00	54,00	9,58	15,30
	01.02.00	7,70	107,00	144,00	26,90	59,00	13,10	17,00
Campo Maior (Z.O.)	13.05.98	7,98	105,00	162,00	48,80	31,20	8,75	4,10
	28.10.98	7,96	141,00	265,00	80,00	49,00	9,77	0,10
	03.03.99	8,56	45,00	120,00	29,20	18,00	6,99	1,00
	01.02.00	7,79	29,30	44,50	8,24	28,00	5,55	1,20
Castro Verde	15.07.98	7,59	28,00	128,00	42,50	42,00	12,00	0,74
	06.01.99	7,57	12,00	144,00	36,00	48,00	10,70	1,90
	04.05.99	7,63	82,00	198,00	42,50	54,00	11,00	1,30
	25.01.00	7,57	135,00	56,80	16,00	68,00	18,10	1,50
Estremoz	29.04.98	7,82	16,00	30,90	10,10	10,80	5,04	1,20
	15.06.99	8,27	39,00	168,00	48,10	34,00	4,44	1,70
Évora (S1)	22.04.98	7,82	55,00	298,00	63,00	46,80	3,74	5,02
	08.10.98	7,96	31,00	165,00	62,00	48,00	8,83	1,60
	10.02.99	7,65	35,00	190,00	50,00	54,00	13,40	5,80
	07.09.99	7,83	76,50	45,60	25,30	45,00	12,80	2,30
Évora (S2)	22.04.98	7,79	55,00	215,00	67,10	42,60	3,87	6,55
	08.10.98	8,04	15,00	174,00	55,20	45,00	8,86	1,63
	10.02.99	7,67	29,00	177,00	53,00	58,00	12,90	6,40
	07.09.99	7,89	75,00	49,80	27,60	41,00	12,90	2,20
Évora (S3)	22.04.98	7,68	14,00	132,00	28,60	36,20	3,41	2,36
	08.10.98	8,80	51,00	294,00	64,40	42,00	9,92	0,47
	10.02.99	7,63	4,50	129,00	27,00	46,00	13,20	3,50
	07.09.99	8,01	30,50	53,20	29,60	25,00	12,70	0,60
Grândola-Ameira (E1)	27.05.98	7,63	4,00	96,00	33,00	31,70	2,20	1,75
	11.11.98	7,66	43,00	198,00	50,00	54,00	10,40	2,08
	16.03.99	7,71	38,00	264,00	75,00	47,00	12,70	6,60
	26.10.99	8,12	127,00	47,30	7,36	55,00	18,00	1,70
Grândola-Ameira (E2)	27.05.98	7,63	4,00	96,00	33,00	31,70	2,20	1,75
	11.11.98	7,66	43,00	198,00	50,00	54,00	10,40	2,08
	16.03.99	7,71	38,00	264,00	75,00	47,00	12,70	6,60
	26.10.99	8,12	127,00	47,30	7,36	55,00	18,00	1,70

**Quadro 1.2 - Resultados analíticos do efluente (cont.)**

CONCELHO	DATA	Ph	SST	CQO	CBO5	AZOTO	FOSF.	ÓLEOS
	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA
Monforte	17.06.98	8,94	2,00	56,60	12,70	7,20	1,99	1,09
	18.11.98	8,43	7,00	58,20	15,00	22,00	4,00	0,40
	23.03.99	8,34	68,00	257,00	47,10	32,00	6,25	0,63
	19.10.99	8,37	42,80	40,30	4,58	25,00	4,70	1,03
Redondo-Horta do Grilo	29.04.98	7,66	68,00	202,00	69,50	41,20	6,85	2,20
	21.10.98	7,81	195,00	228,00	53,00	53,00	7,27	
	24.02.99	7,71	73,00	280,00	102,00	57,00	15,60	6,20
	21.09.99	7,77	12,00	66,60	99,00	62,00	15,10	1,46
Reguengos	25.10.00	8,50	166,00	208,00	53,50	46,10	16,70	1,87
	25.01.01	7,68	86,50	157,00	59,10	30,40	7,30	
Santiago do Cacém	08.07.98	7,81	59,00	97,00	41,00	40,00	9,34	1,20
	09.12.98	7,67	44,00	198,00	90,00	56,00	11,90	7,87
	10.02.99	7,66	57,00	231,00	128,00	51,00	12,40	14,10
	07.09.99	7,63	68,30	64,40	31,40	62,00	11,10	3,40
Vendas Novas	31.07.00	9,00	116,00	140,00	82,00	11,90	6,01	
	18.10.00	9,28	102,00	104,00	38,70	13,20	8,08	0,08
Vidigueira	06.05.98	8,00	18,00	153,00	37,30	86,30	12,80	1,80
	14.10.98	8,07	16,00	127,00	37,00	54,00	11,40	2,24
	17.02.99	7,82	41,00	304,00	84,00	73,00	14,10	3,90
	14.09.99	7,96	59,80	57,60	32,00	61,00	19,90	1,25



**Quadro 1.3 - Média dos resultados analíticos do afluente**

CONCELHO	pH	SST	CQO	CBO5	AZOTO	FÓSF.	OLEOS
	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.
Alcácer do Sal	7,53	263,00	678,50	423,75	76,15	12,51	99,38
Aljustrel	8,04	780,00	463,00	269,00	62,00	12,60	45,00
Alter do Chão	8,67	182,50	349,20	189,65	48,00	7,60	18,20
Arraiolos	7,34	1934,50	771,00	711,25	101,75	24,83	53,95
Avis	6,99	413,00	952,00	554,25	55,85	10,43	41,43
Barranco	7,71	909,50	1149,50	911,00	112,25	18,90	101,38
Beja	7,17	777,50	826,25	532,50	87,75	15,73	49,23
Campo Maior (Z.E.)	7,49	353,50	474,25	290,00	50,50	11,83	52,70
Campo Maior (Z.O.)	7,92	221,00	403,25	255,00	42,70	7,58	41,90
Castro Verde	7,50	333,25	483,25	257,75	61,00	14,75	67,15
Estremoz	7,77	124,00	274,00	120,25	29,45	7,00	11,27
Évora (S1)	7,68	403,75	497,50	289,50	60,63	9,25	44,80
Évora (S2)	7,68	403,75	497,50	289,50	60,63	9,25	44,80
Évora (S3)	7,68	403,75	497,50	289,50	60,63	9,25	44,80
Grândola-Ameira (E1)	7,55	131,75	330,75	214,00	52,78	9,12	40,40
Grândola-Ameira (E2)	6,94	296,00	482,25	229,75	44,68	6,80	40,18

**Quadro 1.3 - Média dos resultados analíticos do afluente (cont.)**

CONCELHO	pH	SST	CQO	CBO5	AZOTO	FÓSF.	ÓLEOS
	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.	ENT.
<b>Monforte</b>	7,82	485,50	425,50	178,33	58,00	11,28	42,25
<b>Redondo-Horta do Grlo</b>	7,53	377,50	568,75	322,25	56,38	11,11	83,68
<b>Reguengos</b>	7,54	369,25	585,50	385,00	59,95	15,55	83,60
<b>Santiago do Cacém</b>	7,57	451,25	562,50	256,00	55,00	11,87	64,04
<b>Vendas Novas</b>	7,05	347,50	357,00	368,00	77,00	16,05	10,80
<b>Vidigueira</b>	7,52	342,75	797,75	433,75	103,23	17,38	66,05

**Quadro 1.4 - Média dos resultados analíticos do efluente**

CONCELHO	DATA	Ph	SST	CQO	CBO5	AZOTO	FOSF.	OLEOS
		SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA
Alcácer do Sal	27.05.98	7,88	38,08	145,15	32,05	37,90	12,15	1,32
	11.11.98							
	13.04.99							
	11.01.00							
Aljustrel	21.01.00	8,36	195,00	183,00	5,89	47,00	8,00	0,52
Alter do Chão	17.11.99	8,90	115,75	54,30	11,61	25,50	9,55	1,80
	23.05.00							
Arraiolos	24.06.98	8,52	129,75	235,83	77,25	57,50	12,68	7,44
	04.11.98							
	10.03.99							
	12.10.99							
Avis	03.06.98	7,68	86,75	242,75	114,23	48,03	7,21	2,88
	20.01.99							
	08.06.99							
	17.11.99							
Barranco	20.05.98	8,05	77,25	206,00	49,23	69,38	14,90	2,46
	08.10.98							
	30.03.99							
	04.01.00							
Beja	02.07.88	7,81	46,75	142,70	31,80	46,50	10,60	0,85
	02.12.98							
	06.04.99							
	28.09.99							
Campo Maior (Z.E.)	13.05.98	8,33	72,75	166,05	65,78	34,33	7,35	8,17
	28.10.98							
	03.03.99							
	01.02.00							
Campo Maior (Z.O.)	13.05.98	8,07	80,08	147,88	41,56	31,55	7,77	1,60
	28.10.98							
	03.03.99							
	01.02.00							
Castro Verde	15.07.98	7,59	64,25	131,70	34,25	53,00	12,95	1,36
	06.01.99							
	04.05.99							
	25.01.00							
Estremoz	29.04.98	8,05	27,50	99,45	29,10	22,40	4,74	1,45
	15.06.99							
Évora (S1)	22.04.98	7,82	49,38	174,65	50,08	48,45	9,69	3,68
	08.10.98							
	10.02.99							
	07.09.99							
Évora (S2)	22.04.98	7,85	43,50	153,90	50,73	46,65	9,63	4,20
	08.10.98							
	10.02.99							
	07.09.99							
Évora (S3)	22.04.98	8,03	25,00	152,05	37,40	37,30	9,81	1,73
	08.10.98							
	10.02.99							
	07.09.99							
Grândola-Ameira (E1)	27.05.98	7,78	53,00	151,33	41,34	46,93	10,83	3,03
	11.11.98							
	16.03.99							
	26.10.99							
Grândola-Ameira (E2)	27.05.98	7,78	53,00	151,33	41,34	46,93	10,83	3,03
	11.11.98							
	16.03.99							
	26.10.99							

**Quadro 1.4 - Média dos resultados analíticos do efluente (cont.)**

CONCELHO	DATA	Ph	SST	CQO	CBO5	AZOTO	FÓSF.	ÓLEOS
		SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA	SAÍDA
Monforte	17.06.98	8,52	29,95	103,03	19,85	21,55	4,24	0,79
	18.11.98							
	23.03.99							
	19.10.99							
Redondo-Horta do Grilo	29.04.98	7,74	87,00	194,15	80,88	53,30	11,21	3,29
	21.10.98							
	24.02.99							
	21.09.99							
Reguengos	25.10.00	8,09	126,25	182,50	56,30	38,25	12,00	1,87
	25.01.01							
Santiago do Cacém	08.07.98	7,69	57,08	147,60	72,60	52,25	11,19	6,64
	09.12.98							
	10.02.99							
	07.09.99							
Vendas Novas	31.07.00	9,14	109,00	122,00	60,35	12,55	7,05	0,08
	18.10.00							
Vidigueira	06.05.98	7,96	33,70	160,40	47,58	68,58	14,55	2,30
	14.10.98							
	17.02.99							
	14.09.99							

Quadro1.5 – Eficiência de remoção por parâmetro

CONCELHO	DATA	SST	CQO	CBO5	AZOTO	FOSF.	ÓLEOS
		EFIC.	EFIC.	EFIC.	EFIC.	EFIC.	EFIC.
Alcácer do Sal	27.05.98	70,18%	69,50%	91,07%	73,53%	-92,86%	97,16%
	11.11.98	85,00%	61,45%	84,44%	41,67%	14,06%	97,65%
	13.04.99	89,84%	76,03%	90,20%	41,54%	13,94%	99,80%
	11.01.00	86,01%	92,59%	97,32%	41,86%	-5,29%	98,70%
Aljustrel	21.01.00	75,00%	60,48%	97,81%	24,19%	36,51%	98,84%
		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Alter do Chão	17.11.99	21,95%	91,55%	96,08%	56,72%	57,94%	92,94%
	23.05.00	55,31%	0,37%	37,62%	24,14%	-224,44%	50,00%
		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Arraiolos	24.06.98	99,12%	80,00%	94,14%	67,16%	61,76%	93,91%
	04.11.98	80,18%	33,42%	86,88%	3,66%	-9,02%	96,52%
	10.03.99	88,30%	37,48%	77,46%	24,04%	45,56%	47,01%
	12.10.99	61,27%	94,61%	97,27%	67,82%	70,24%	100,00%
Avis	03.06.98	75,27%	68,97%	84,44%	17,75%	92,43%	96,42%
	20.01.99	84,79%	58,55%	51,25%	4,17%	20,00%	92,22%
	08.06.99	85,53%	63,50%	79,81%	-2,22%	-35,30%	97,40%
	17.11.99	75,93%	87,53%	87,39%	26,92%	17,65%	86,30%
Barranco	20.05.98	81,74%	89,14%	97,21%	46,33%	-34,69%	94,26%
	08.10.98	97,90%	66,31%	93,52%	39,64%	-0,72%	99,82%
	30.03.99	87,94%	79,43%	87,50%	31,91%	21,99%	98,67%
	04.01.00	70,79%	89,62%	96,99%	34,81%	46,50%	94,66%
Beja	02.07.88	98,48%	85,21%	96,50%	53,57%	25,00%	98,22%
	02.12.98	97,99%	77,54%	94,00%	36,36%	50,82%	98,76%
	06.04.99	89,27%	75,56%	91,75%	58,42%	32,26%	#DIV/0!
	28.09.99	59,15%	95,68%	98,53%	37,18%	15,71%	99,44%
Campo Maior (Z.E.)	13.05.98	-290,00%	63,24%	69,49%	45,00%	20,63%	98,60%
	28.10.98	93,25%	77,56%	88,96%	76,74%	81,85%	99,66%
	03.03.99	86,19%	27,27%	44,80%	6,90%	20,17%	78,17%
	01.02.00	69,77%	80,27%	93,82%	21,33%	32,82%	81,11%
Campo Maior (Z.O.)	13.05.98	-11,70%	59,50%	84,16%	17,46%	-17,45%	92,76%
	28.10.98	26,94%	57,19%	80,49%	5,77%	10,37%	99,74%
	03.03.99	89,34%	40,00%	79,14%	57,14%	-25,49%	96,21%
	01.02.00	83,26%	88,71%	94,91%	28,21%	13,01%	97,40%
Castro Verde	15.07.98	93,74%	67,68%	78,75%	4,55%	-29,03%	98,20%
	06.01.99	91,11%	62,01%	80,00%	5,88%	-3,88%	98,12%
	04.05.99	73,89%	66,67%	88,51%	23,94%	14,06%	98,28%
	25.01.00	69,11%	89,93%	94,31%	12,82%	31,95%	97,06%
Estremoz	29.04.98	83,16%	72,16%	65,76%	27,52%	-36,59%	83,40%
	15.06.99	74,51%	61,56%	77,20%	22,73%	56,89%	88,89%
		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Évora (S1)	22.04.98	49,07%	9,97%	67,86%	7,33%	-4,76%	90,95%
	08.10.98	80,38%	66,67%	77,86%	15,79%	8,21%	36,00%
	10.02.99	95,45%	46,33%	82,76%	11,48%	-10,74%	72,64%
	07.09.99	86,81%	94,37%	93,55%	39,19%	-9,40%	97,70%
Évora (S2)	22.04.98	49,07%	35,05%	65,77%	15,64%	-8,40%	88,20%
	08.10.98	90,51%	64,85%	80,29%	21,05%	7,90%	34,80%
	10.02.99	96,23%	50,00%	81,72%	4,92%	-6,61%	69,81%
	07.09.99	87,07%	93,88%	92,96%	44,59%	-10,26%	97,80%
Évora (S3)	22.04.98	87,04%	60,12%	85,41%	28,32%	4,48%	95,75%
	08.10.98	67,72%	40,61%	77,00%	26,32%	-3,12%	81,20%
	10.02.99	99,41%	63,56%	90,69%	24,59%	-9,09%	83,49%
	07.09.99	94,74%	93,43%	92,45%	66,22%	-8,55%	99,40%
Grândola-Ameira (E1)	27.05.98	96,04%	73,84%	80,59%	49,76%	51,00%	95,19%
	11.11.98	73,46%	54,69%	75,85%	20,59%	2,80%	96,22%
	16.03.99	60,82%	29,97%	58,33%	-4,44%	3,05%	86,80%
	26.10.99	23,95%	66,69%	97,54%	-57,14%	-119,51%	91,58%
Grândola-Ameira (E2)	27.05.98	98,28%	78,18%	78,98%	-14,44%	33,33%	92,19%
	11.11.98	92,52%	75,97%	86,84%	14,29%	4,59%	97,26%
	16.03.99	79,89%	33,33%	70,00%	11,32%	-22,12%	81,41%
	26.10.99	32,09%	82,42%	94,42%	-57,14%	-592,31%	93,70%

**Quadro1.5 - Eficiência de remoção por parâmetro (cont.)**

CONCELHO		SST	CQO	CBO5	AZOTO	FOSF.	ÓLEOS
	DATA	EFIC.	EFIC.	EFIC.	EFIC.	EFIC.	EFIC.
Monforte	17.06.98	99,83%	82,15%	94,82%	90,00%	83,42%	96,95%
	18.11.98	97,07%	88,41%	91,12%	62,71%	58,76%	99,12%
	23.03.99	82,78%	57,59%	#DIV/0!	49,21%	62,35%	98,89%
	19.10.99	72,91%	85,45%	96,21%	34,21%	30,88%	96,69%
Redondo-Horta do Grito	29.04.98	59,28%	53,46%	78,42%	20,00%	2,84%	96,66%
	21.10.98	19,75%	62,19%	84,41%	25,35%	1,36%	100,00%
	24.02.99	90,56%	46,15%	67,92%	-7,55%	-21,88%	93,33%
	21.09.99	96,33%	90,72%	67,96%	-24,00%	12,21%	98,42%
Reguengos	25.10.00	45,75%	64,86%	90,65%	41,65%	21,23%	97,76%
	25.01.01	80,00%	72,88%	70,15%	25,67%	26,26%	#DIV/0!
		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Santiago do Cacém	08.07.98	74,35%	80,87%	80,93%	2,44%	17,35%	98,15%
	09.12.98	82,95%	72,88%	75,68%	11,11%	31,21%	94,82%
	10.02.99	93,43%	-9,48%	-4,07%	-21,43%	-80,23%	58,53%
	07.09.99	84,79%	91,97%	90,06%	16,22%	7,50%	33,98%
Vendas Novas	31.07.00	46,05%	60,78%	77,03%	83,19%	49,92%	#DIV/0!
	18.10.00	78,75%	#DIV/0!	89,79%	84,13%	59,80%	99,26%
		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Vidigueira	06.05.98	95,05%	86,28%	92,61%	2,92%	29,67%	#DIV/0!
	14.10.98	96,58%	84,95%	92,60%	51,35%	35,23%	97,91%
	17.02.99	77,09%	40,16%	74,55%	17,05%	-21,55%	94,36%
	14.09.99	83,39%	92,04%	92,00%	51,20%	9,95%	98,58%

**Quadro1.6 - Eficiência média de remoção acumulada**

CONCELHO	SST	CQO	CBO5	AZOTO	FÓSF.	ÓLEOS
	EFIC.	EFIC.	EFIC.	EFIC.	EFIC.	EFIC.
Alcácer do Sal	85,52%	78,61%	92,44%	50,23%	2,82%	98,67%
Aljustrel	75,00%	60,48%	97,81%	24,19%	36,51%	98,84%
Alter do Chão	36,58%	84,45%	93,88%	46,88%	-25,66%	90,11%
Arraiolos	93,29%	69,41%	89,14%	43,49%	48,94%	86,22%
Avis	79,00%	74,50%	79,39%	14,01%	30,85%	93,04%
Barranco	91,51%	82,08%	94,60%	38,20%	21,16%	97,58%
Beja	93,99%	82,73%	94,03%	47,01%	32,59%	98,27%
Campo Maior (Z.E.)	79,42%	64,99%	77,32%	32,03%	37,86%	84,51%
Campo Maior (Z.O.)	63,77%	63,33%	83,70%	26,11%	-2,51%	96,18%
Castro Verde	80,72%	72,75%	86,71%	13,11%	12,20%	97,97%
Estremoz	77,82%	63,70%	75,80%	23,94%	32,24%	87,13%
Évora (S1)	87,77%	64,89%	82,70%	20,08%	-4,81%	91,79%
Évora (S2)	89,23%	69,07%	82,48%	23,05%	-4,16%	90,64%
Évora (S3)	93,81%	69,44%	87,08%	38,47%	-6,06%	96,13%
Grândola-Ameira (E1)	59,77%	54,25%	80,68%	11,08%	-18,66%	92,49%
Grândola-Ameira (E2)	82,09%	68,62%	82,01%	-5,04%	-59,19%	92,45%



**Quadro1.6 - Eficiência média de remoção acumulada (cont.)**

<b>CONCELHO</b>	<b>SST</b>	<b>CQO</b>	<b>CBO5</b>	<b>AZOTO</b>	<b>FÓSF.</b>	<b>ÓLEOS</b>
	<b>EFIC.</b>	<b>EFIC.</b>	<b>EFIC.</b>	<b>EFIC.</b>	<b>EFIC.</b>	<b>EFIC.</b>
<b>Monforte</b>	93,83%	75,79%	88,87%	62,84%	62,44%	98,14%
<b>Redondo-Horta do Grilo</b>	76,95%	65,86%	74,90%	5,45%	-0,90%	96,07%
<b>Reguengos</b>	65,81%	68,83%	85,38%	36,20%	22,83%	97,76%
<b>Santiago do Cacém</b>	87,35%	73,76%	71,64%	5,00%	5,77%	89,63%
<b>Vendas Novas</b>	68,63%	65,83%	83,60%	83,70%	56,11%	99,26%
<b>Vidigueira</b>	90,17%	79,89%	89,03%	33,57%	16,26%	96,52%

**Quadro 1.7 – Resultados microbiológicos do afluente, efluente e eficiência de remoção acumulada.**

<b>RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DO AFLUENTE</b>				
Alcácer do Sal	8,90E+07	2,00E+07	1,00E+07	2,00E+07
Arraiolos	1,90E+08	2,50E+07	7,00E+06	2,50E+07
Avis	1,70E+08	5,00E+07	2,00E+07	5,00E+07
Barrancos	5,80E+08	7,50E+07	6,00E+07	7,50E+07
Campo Maior (ZE)	2,00E+07	1,50E+08	1,20E+07	1,50E+08
Campo Maior (ZO)	1,50E+08	2,10E+07	1,30E+07	1,50E+07
Castelo de Vide-Broeira	8,00E+08	2,00E+08	1,80E+07	2,00E+08
Castro Verde	2,10E+09	4,70E+08	1,40E+08	4,70E+08
Évora (S1)	2,60E+08	2,20E+07	8,00E+06	2,70E+07
Évora (S2)	2,60E+08	2,20E+07	8,00E+06	2,70E+07
Évora (S3)	2,60E+08	2,20E+07	8,00E+06	2,70E+07
Grândola-Ameira(E1)	7,20E+08	1,40E+08	1,40E+08	1,10E+08
Grândola-Ameira(E2)	4,50E+07	2,10E+07	3,00E+08	2,10E+07
Monforte	5,40E+08	4,80E+07	8,00E+07	3,10E+07
Redondo-Horta do Grilo	3,40E+07	8,00E+05	1,00E+06	8,00E+06
Vidigueira	1,10E+09	2,50E+08	1,20E+06	2,50E+08

<b>RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DO EFLUENTE</b>				
Alcácer do Sal	1,10E+07	2,00E+03	0,00E+00	2,00E+03
Arraiolos	1,60E+04	4,00E+03	5,00E+03	4,00E+03
Avis	3,30E+07	2,50E+05	3,20E+04	2,50E+05
Barrancos	4,20E+07	7,00E+05	9,00E+03	7,00E+05
Campo Maior (ZE)	7,00E+05	2,80E+04	2,00E+05	2,80E+04
Campo Maior (ZO)	3,00E+06	1,10E+06	3,60E+04	1,10E+06
Castelo de Vide-Broeira	7,00E+06	2,20E+06	1,10E+06	1,70E+06
Castro Verde	1,90E+06	1,20E+04	1,40E+04	1,20E+04
Évora (S1)	2,30E+07	6,40E+06	2,90E+06	6,40E+05
Évora (S2)	2,00E+07	9,00E+06	3,10E+06	9,00E+06
Évora (S3)	1,20E+08	2,50E+06	1,00E+06	1,70E+06
Grândola-Ameira(E1)	8,90E+06	2,00E+06	2,00E+05	2,00E+06
Grândola-Ameira(E2)	8,90E+06	2,00E+06	2,00E+05	2,00E+06
Monforte	8,00E+01	6,00E+01	6,80E+02	6,00E+01
Redondo-Horta do Grilo	1,50E+05	4,00E+03	9,00E+03	4,00E+03
Vidigueira	2,20E+07	5,50E+04	2,70E+04	5,50E+04

<b>EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO TOTAL</b>				
Alcácer do Sal	87,64%	99,99%	100,00%	99,99%
Arraiolos	99,99%	99,98%	99,93%	99,98%
Avis	80,59%	99,50%	98,84%	99,50%
Barrancos	92,50%	99,07%	99,99%	99,07%
Campo Maior (ZE)	96,50%	99,98%	98,33%	99,98%
Campo Maior (ZO)	98,00%	94,78%	99,72%	92,67%
Castelo de Vide-Broeira	99,13%	98,90%	94,21%	99,15%
Castro Verde	99,91%	100,00%	99,95%	100,00%
Évora (S1)	91,15%	70,91%	63,75%	97,63%
Évora (S2)	92,31%	59,09%	61,25%	66,67%
Évora (S3)	53,85%	88,64%	87,50%	93,70%
Grândola-Ameira(E1)	98,78%	98,57%	99,86%	98,18%
Grândola-Ameira(E2)	80,22%	90,48%	93,33%	90,48%
Monforte	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Redondo-Horta do Grilo	99,56%	99,50%	99,10%	98,95%
Vidigueira	98,00%	99,98%	97,75%	99,98%

## **ANEXO II**



Figura 2.1 - ETAR de Alcácer do Sal. Perspectiva da entrada em 27.05.98



Figura 2.2 - ETAR de Aljustrel. Perspectiva geral em 16.02.00



Figura 2.3 - ETAR de Arraiolos. Perspectiva da entrada e do amostrador automático de amostras compostas em 02.11.98





Figura 2.4 - ETAR de Avis. Perspectiva da geral em 03.06.98



Figura 2.5 - ETAR de Barrancos. Perspectiva geral em 08.10.98

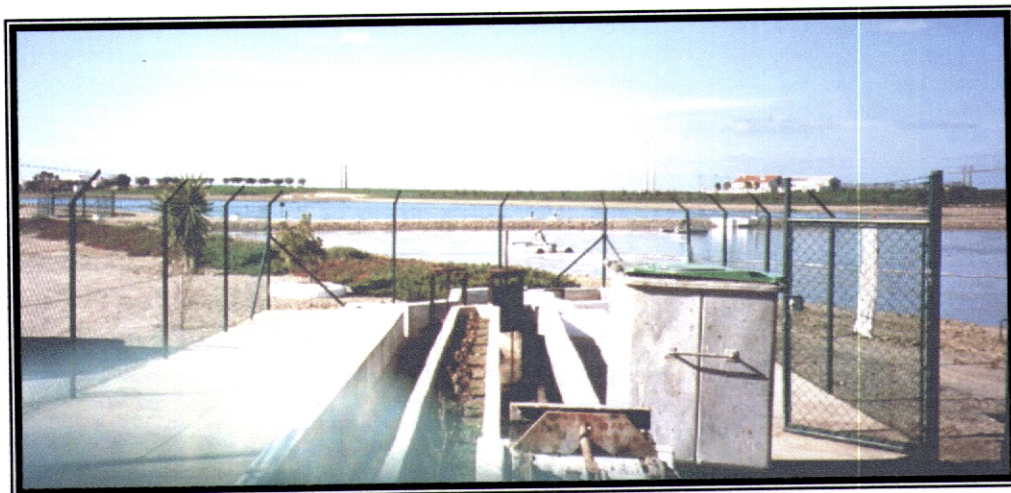


Figura 2.6 - ETAR de Beja. Perspectiva geral em 15.02.00





Figura 2.7 - ETAR de Campo Maior ZE. Lagoa anaeróbia em 28.10.98



Figura 2.8 - ETAR de Campo Maior ZO. Perspectiva geral em 28.10.98



Figura 2.9 - ETAR Castro Verde. Visualização da lagoa anaeróbia e do amostrador automático de amostras compostas em 15.07.98



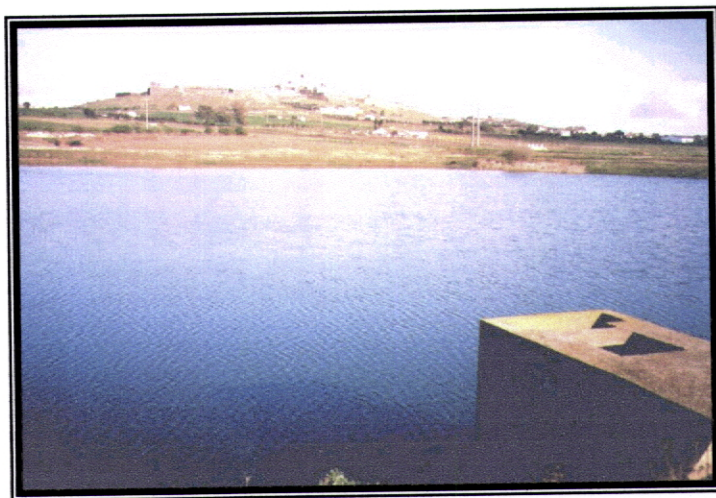


Figura 2.10 - ETAR de Estremoz. Visualização da lagoa facultativa em 15.06.99



Figura 2.11 - ETAR de Grândola Ameira. Perspectiva geral em 09.11.98



Figura 2.12 - ETAR de Monforte. Perspectiva geral em 17.06.98





Figura 2.13 - ETAR de Redonda Horta do Grilo. Perspectiva geral em 19.10.98



Figura 2.14 - ETAR de Santiago do Cacém. Lagoa anaeróbia em 08.07.98

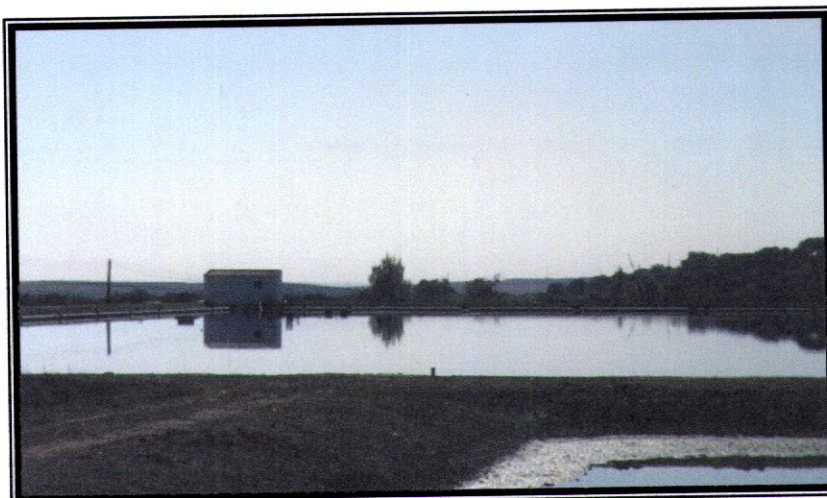


Figura 2.15 - ETAR de Vidigueira. Perspectiva geral em 02.12.98





Figura 2.16 - ETAR de Vendas Novas. Lagoa de maturação em 18.10.00