

II SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Salvador/Baía/Brasil  
26 a 29 de Agosto de 1986

ESTUDO DE METODOLOGIAS DE REUTILIZAÇÃO  
DE EFLUENTES DE ESGOTOS URBANOS  
EM IRRIGAÇÃO

por

Maria Helena Ferreira Marecos do Monte (LNEC)\*

Mário Eduardo Silva e Sousa (LQARS)\*\*

Maria Guilhermina Basto Nogueira (LQARS)\*\*

TEMA 5

Sistema de Esgotamento Sanitário:  
Coleta, Tratamento e Disposição  
Final

\*LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Av. do Brasil, 101/1799 LISBOA CODEX/PORTUGAL

\*\* LQARS - Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva

Tapada da Ajuda /1300 LISBOA/PORTUGAL

II SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Salvador/Baía/Brasil  
26 a 29 de Agosto de 1986

ESTUDO DE METODOLOGIAS DE REUTILIZAÇÃO  
DE EFLUENTES DE ESGOTOS URBANOS  
EM IRRIGAÇÃO

por

Maria Helena F. Marecos do Monte (LNEC)  
Mário E. Silva e Sousa (LQARS)  
M. Guilhermina B. Nogueira (LQARS)

RESUMO

Apresentam-se os resultados obtidos no primeiro dos cinco anos de duração de um projecto de investigação cujo objectivo visa definir metodologias para a utilização de águas residuais municipais tratadas em irrigação na agricultura. Neste ensaio foram testados três culturas de interesse económico significativo na zona de menores recursos hídricos de Portugal - o milho grão, o sorgo forragem e o girassol - as quais foram irrigadas com efluentes tratados por decantação primária e percolação biológica de alta carga, na ETAR de Évora. Os resultados deste ensaio levam a concluir que a utilização destes efluentes permite dispensar os fertilizantes comerciais na adubação de cobertura, o que significa uma economia apreciável. Não foram observados efeitos na composição química das culturas, as quais também não se apresentaram contaminadas por microrganismos patogénicos. O solo evidencia um reduzido grau de contaminação logo após o ciclo de rega.

## 1 - INTRODUÇÃO

A utilização de águas residuais (AR) municipais tratadas para fins de irrigação na agricultura reveste-se de grande interesse, dada a escassez de recursos hídricos em cerca de um terço do território de Portugal continental, principalmente no período de Junho a Setembro. A utilização de AR municipais tratadas possibilita a produção de culturas na estação seca, em que a produção agrícola seria praticamente nula e favorece culturas de primavera, como o milho e outras que o nosso país muito necessita.

O assunto interessa pois a técnicos de diversas formações, particularmente a engenheiros agrónomos e sanitaristas.

Os resultados apresentados nesta comunicação foram obtidos durante o ensaio realizado no primeiro dos cinco anos de um projecto de investigação empreendido conjuntamente pelo LNEC e pelo LQARS.

Os ensaios experimentais consistiram principalmente no estudo dos aspectos sanitários (poluição e contaminação do solo e das culturas irrigadas) e na avaliação da composição qualitativa e da produtividade das culturas. Águas residuais tratadas pelos processos mais correntes em Portugal - leitos bacterianos de alta carga, lagoas de estabilização e decantação primária - são testados na irrigação de três culturas de significativo interesse económico: sorgo forragem, milho grão e girassol.

## 2 - DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS

### 2.1 - Local de ensaio

O ensaio descrito neste trabalho foi realizado na ETAR\* de Évora (35 000 habitantes).

As características do local de maior influência num estudo deste tipo (solo e clima) foram estudadas antes do início do ensaio, tendo também sido analisadas algumas amostras dos efluentes a utilizar na rega.

A observação dos diferentes horizontes do perfil do solo mostraram tratar-se de um solo de textura grosseira, variando em profundidade de arenoso franco a franco arenoso. Os valores da capacidade utilizável em cada horizonte são bastante baixos, conforme os valores das percentagens a 1/3 e a 15 atmosferas indicados no Quadro 1.

QUADRO 1  
CAPACIDADE UTILIZÁVEL DO SOLO

AMOSTRA DO HORIZONTE	VALORES DETERMINADOS		VALORES DE CAPACIDADE UTILIZÁVEL %
	% 1/3 Atm.	% 15 Atm.	
A <sub>1</sub>	6,83	1,72	5,11
A <sub>2</sub>	10,80	2,79	8,01
C	9,82	6,55	3,27

\* ETAR - Estação de tratamento de águas residuais

Quimicamente, trata-se de um solo não calcário, com um pH próximo da neutralidade, com um teor de matéria orgânica muito baixo (não chegando a atingir 1%) e valores de potássio e fósforo assimilável normalmente baixos. Os valores dos micronutrientes determinados são considerados baixos. A capacidade de permuta iônica do solo é de cerca de 10 meq/100 g e seu grau de saturação está compreendida entre 60 e 80%.

O clima foi caracterizado com base nos resultados dos últimos 30 anos, obtidos na estação climatológica mais próxima (Évora-cidade). No Quadro 2 apresentam-se os valores médios anuais das características de maior influência na produtividade agrícola - precipitação, evapotranspiração e temperatura do ar:

QUADRO 2

VALORES MÉDIOS ANUAIS		
PRECIPITAÇÃO (mm)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm)	TEMPERATURA DO AR (°C)
633	1205	15,7

No Quadro 3 apresentam-se os valores médios mensais da precipitação, evapotranspiração potencial e temperatura do ar nos meses de Abril a Outubro.

QUADRO 3

VALOR MÉDIO EM	PRECIPITAÇÃO (mm)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (mm)	TEMPERATURA DO AR (°C)
ABRIL	49	98	13,8
MAIO	44	148	16,8
JUNHO	26	191	20,2
JULHO	5	225	23,0
AGOSTO	3	194	23,1
SETEMBRO	26	117	21,0
OUTUBRO	58	73	17,2

Como se observa, durante um terço do ano (de Junho a Setembro) a precipitação atinge os seus valores mínimos e a evapotranspiração regista os seus valores máximos.

## 2.2 - Delimitação estatístico do ensaio

Cada cultura foi irrigada com três tipos de águas, o que foi repetido 4 vezes. As culturas irrigadas foram: milho grão, sorgo forragem e girassol. O esquema estatístico adoptado foi o dos "split plots". Os três tipos de águas utilizadas na irrigação foram: os efluentes dos decantadores primários (A<sub>1</sub>) e secundários (A<sub>2</sub>) e água natural (A<sub>2</sub>) que neste ensaio foi mesmo água potável da rede de distribuição municipal. A rega com água potável destinou-se a efeitos de comparação.

O esquema da estação experimental, compreendendo 36 talhões ocupando uma área total de 1 600 m<sup>2</sup> é apresentada na Fig. 1.

## 2.3 - Implantação e monitorização do ensaio

Os talhões de controlo, irrigados com água potável, foram fertilizados com adubos comerciais, tendo sido aplicada a adubação de fundo e de cobertura, de acordo com a capacidade produtiva do solo e o seu nível de fertilidade.

Os restantes talhões, irrigados com os efluentes do tratamento das águas residuais, foram dotados de adubação de fundo com fertilizantes comerciais, embora em menor quantidade dado o conteúdo fertilizante das águas residuais e apenas para facilitar a germinação das sementes.

O tipo e quantidade de adubos a aplicar foram determinados com base nos resultados da análise preliminar de uma amostra de solo compósita representativa da área global do ensaio e colhida antes da sementeira e no teor de nutrientes determinado pelas análises de amostras dos efluentes. Não foi adicionada qualquer fertilizante orgânico (estrume), a fim de se poder determinar a contribuição de matéria orgânica para o solo em resultado da aplicação dos AR tratadas.

Em cada talhão foram colhidas amostras de solo, antes e após o ensaio, a fim de observar efeitos na sua composição química e micro biológica.

As densidades de sementeira utilizadas foram as seguintes:

a) Milho .....	67 000 plantas/ha
b) Sorgo .....	167 000 plantas/ha
c) Girassol .....	53 000 plantas/ha

Foram aplicadas sementes em quantidade correspondente ao triplo destas densidades, de modo a assegurar a obtenção das densidades pretendidas, tendo-se procedido posteriormente ao desbaste das plantas em excesso.

O estudo dos aspectos de saúde pública relacionados com a sobrevivência de patogénicos é de primordial importância num estudo de irrigação com AR tratadas, obrigando a que a não contaminação de talhões adjacentes seja assegurada. Por este motivo, optou-se pela irrigação em sulcos, em vez da aspersão.

Os intervalos entre regas foram idênticos para as três culturas, os quais foram irrigadas 14 vezes até ao início de Setembro.

As AR tratadas foram analisadas quimicamente em todas as sessões de irrigação, durante as quais foram colhidas amostras compostas

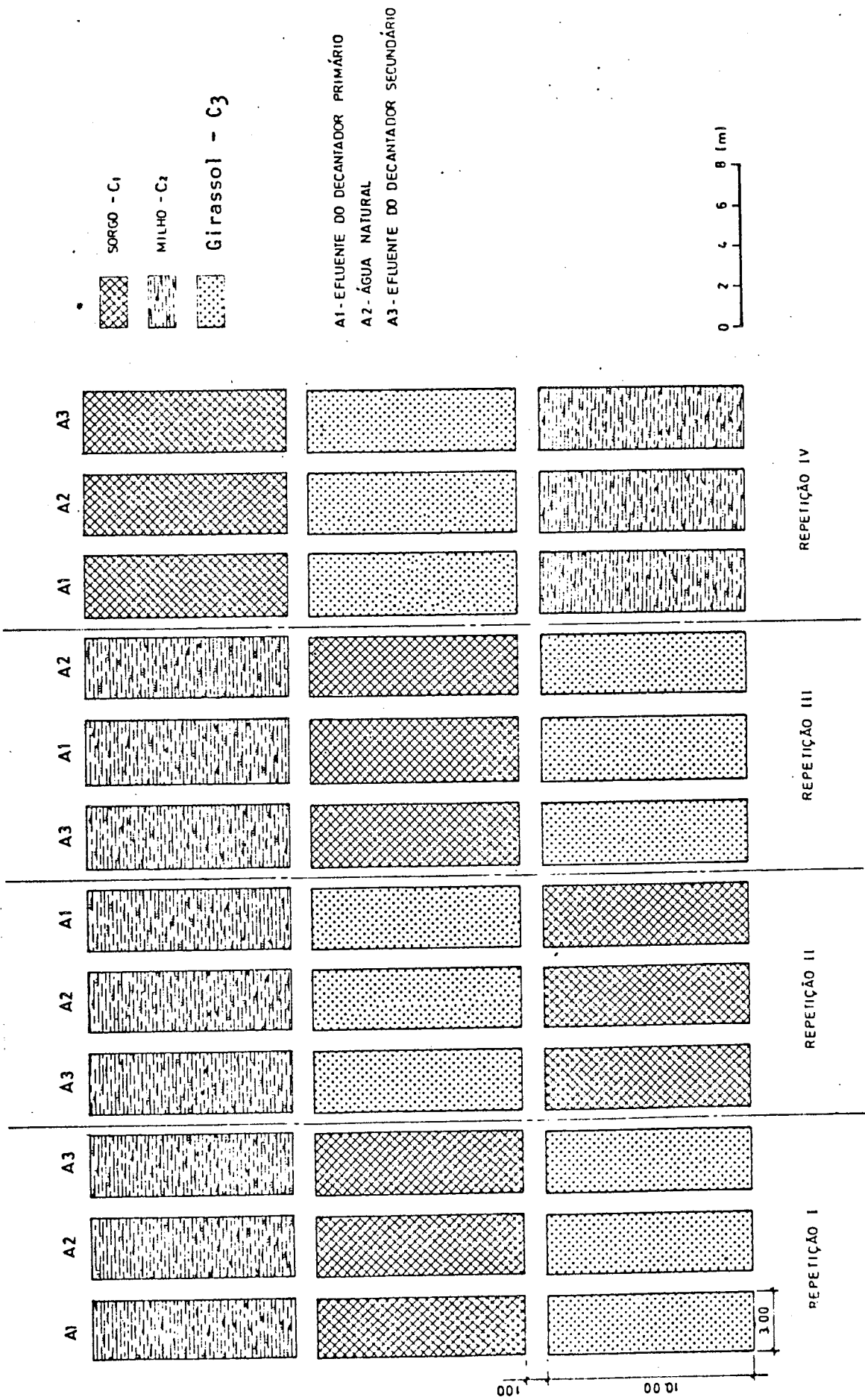


Fig.1 - ESQUEMA DO ENSAIO IMPLANTADO

a intervalos de 15 minutos, sendo portanto representativas das águas aplicadas (Quadros 4 e 5). A água aplicada nos talhões de controlo foi analisada apenas uma vez por mês, visto a sua qualidade ser praticamente constante, por se tratar de água de abastecimento.

A análise microbiológica das AR tratadas foi processada uma vez por mês, sobre amostras simples colhidas em frascos esterilizados.

O estudo das culturas incidiu sobre dois objectivos principais: produtividade agrícola e avaliação dos riscos de saúde pública (acumulação de elementos tóxicos nas plantas e sobrevivência de patogénicos). Em princípio só seria necessário analisar as partes das plantas destinadas ao consumo humano ou de animais ou com os quais possa haver contacto dos trabalhadores agrícolas. No entanto, como algumas partes destinadas a não serem consumidas, podem ter capacidade para acumular alguns elementos tóxicos, nomeadamente metais pesados, foram analisadas neste estudo tanto as partes destinadas a ser consumidas como as restantes. As amostras das plantas para análise química e microbiológica foram colhidas na altura da colheita (Quadro 9). Em cada talhão foi colhida uma planta ao acaso numa das linhas centrais (a fim de obstar aos chamados "efeitos de bordadura"). As plantas da mesma espécie colhidas nos quatro talhões que sofreram o mesmo tratamento (irrigadas com a mesma água) constituem uma amostra. Depois de colhidas as amostras das plantas para fins analíticos, foram colhidas as plantas das linhas centrais (as das linhas periféricas foram desprezadas pelos motivos atrás citados) a fim de serem pesadas e calculada a produtividade.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - Generalidades

Os resultados apresentados nas sessões seguintes constituem quase todos os dados obtidos neste ensaio. Exceptuam-se os dados relativos às características físico-químicas do solo e à composição química do girassol, que ainda não estão disponíveis no presente momento.

#### 3.2 - Qualidade das AR tratadas aplicadas na irrigação

##### 3.2.1 - Resultados experimentais

A qualidade das águas residuais municipais tratadas de um modo geral é aceitável para ser utilizada na irrigação de culturas adequadamente seleccionadas. As raras excepções devem-se não tanto a deficiente funcionamento da ETAR, mas mais frequentemente a outro tipo de razões, como seja a infiltração de águas salinas na rede de colectores de drenagem ou a descarga de poluentes industriais na referida rede. Apesar disso, deve efectuar-se uma cuidadosa avaliação dos eventuais efeitos a longo prazo no solo e nas culturas, provocadas pelos nutrientes, sais e elementos traço.

A avaliação da qualidade de uma água para rega é feita com base na determinação dos seguintes parâmetros: salinidade (medida através da condutividade eléctrica, teores de sólidos dissolvidos totais e principais iões, como o cálcio, magnésio, sódio, carbonato, hidrogenocarbonato, cloreto e sulfato), macronutrientes (nitrato, amónia, azoto orgânico, potássio e fósforo total), e outros parâmetros, nomeadamente o boro, pH e SAR (razão de absorção de sódio ajustada). Num estudo de investigação requer-se informação analítica mais vasta,

QUADRO 4 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO EFLUENTE DA DECANTAÇÃO PRIMÁRIA

NUTRIENTES (a)	Unidades	Valores	SALINIDADE	Unidades	Valores	ELEMENTOS TRAÇO	Unidades	Valores
Nitrato (N-NO3)	mg N/l	2,0	Condutividade elect. Ew (b)	mnho/cm	1,96	Arsénio (As)	µg/l	3,8
Amónia (N-NH3)	mg N/l	16,8	Sólidos dissolvidos tot. (a)	mg/l	585,5	Cádmio (Cd)	mg/l	< 0,002
Azoto orgânico (N-org)	mg N/l	25,0	ANIÕES E CATIÕES			Crómio (Cr)	mg/l	< 0,02
Azoto total (N-total)	mg N/l	43,8	Cálcio (Ca++) (a)	mg/l	47,5	Cobalto (Co)	mg/l	< 0,03
Potássio (k)	mg/l	25,2	Magnésio (Mg++) (a)	mg/l	17,6	Cobre (Cu)	mg/l	< 0,01 - 0,26
			Sódio (Na+) (a)	mg/l	81,7	Ferro (Fe)	mg/l	0,056
MATERIA ORGÂNICA (a)	Unidades	Valores	Carbonato (CO3=) (a)	mg/l	ND	Molibdénio (Mo)	µg/l	< 2 - 3,1
			Hidrogenocarbonato (HCO3-) <sup>(b)</sup>	mg/l	489,8	Níquel (Ni)	µg/l	< 0,001
DBO5	mg O2/l	194,9	Cloreto (Cl-) (b)	mg/l	151,6	Chumbo (Pb)	µg/l	< 0,005
DQO	mg O2/l	402,3	Sulfato (SO4 --) (b)	mg/l	65,00	Zinco (Zn)	µg/l	0,019
SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (a)	Unidades	Valores	(a) Média de 14 amostras			DIVERSOS	Unidades	Valores
Sólidos em suspensão totais	mg/l	89,7	(b) Média de 8 amostras			Cianeto (CN-)		ND
Sólidos em suspensão fixos	mg/l	18,1	(* ) O valor de 0,02 mg/l foi encontrada numa só amostra			pH		6,4
Sólidos em suspensão voláteis	mg/l	71,6				Boro ( B+++ )	mg/l	1,10
						SAR aj	SAR aj	4,9



QUADRO 5 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO EFLUENTE DO "PBAC"

NUTRIENTES (a)	Unidades	Valores	SALINIDADE	Unidades	Valores	ELEMENTOS TRAÇO	Unidades	Valores
Nitrato (N-NO3)	mg N/l	9,10	Condutividade eléct. Ew (b)	mnho/cm	1,39	Arsénio (As)	µg/l	4,4
Amónia (N-NH3)	mg N/l	15,27	Sólidos dissolvidos tot. (a)	mg/l	637,31	Cádmio (Cd)	mg/l	< 0,0002
Azoto orgânico (N-org)	mg N/l	13,76	ANIÕES E CATIÕES			Crómio (Cr)	mg/l	< 0,02
Azoto total (N-total)	mg N/l	38,13	Cálcio (Ca++) (a)	mg/l	46,16	Cobalto (Co)	mg/l	< 0,003
Potássio (k)	mg/l	29,50	Magnésio (Mg++) (a)	mg/l	17,57	Cobre (Cu)	mg/l	< 0,01-0,30
			Sódio (Na+) (a)	mg/l	81,86	Ferro (Fe)	mg/l	0,053
MATERIA ORGÂNICA (a)	Unidades	Valores	Carbonato (CO3--)(b)	mg/l	-	Molibdénio (Mo)	µg/l	2,7
			Hidrogenocarbonato(HCO3-)	mg/l	434,84	Níquel (Ni)	µg/l	190
DBO5	mgO2/l	82,1	Cloreto (Cl-) (b)	mg/l	155,14	Chumbo (Pb)	µg/l	24,0
DQO	mgO2/l	211,7	Sulfato (SO4--)(b)	mg/l	65,00	Zinco (Zn)	µg/l	
SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (a)	Unidades	Valores	(a) Média de 14 amostras			DIVERSOS	Unidades	Valores
Sólidos em suspensão totais	mg/l	32,1	(b) Média de 8 amostras			Cianeto (CN-)		ND
Sólidos em suspensão fixos	mg/l	3,8	ND - não detectado			pH		6,70
Sólidos em suspensão voláteis	mg/l	28,3	(* ) A designação "PBAC" refere-se efectivamente ao efluente do decantador secundário			Boro (B+++)	mg/l	1,20
						SAR aj	SAR aj +	6,90

principalmente no que se refere aos elementos traço, como: arsênio, cádmio, crômio, cobalto, cobre, ferro, chumbo, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco.

No Quadro 4 apresentam-se os valores médios determinados no efluente do decantador primário ao longo das catorze sessões de rega e no Quadro 5 é apresentada informação equivalente relativa ao efluente do decantador secundário que se segue ao percolador biológico de alta carga.

Os critérios existentes de classificação da qualidade de águas para rega conduzem por vezes a resultados diferentes. Consequentemente, será sempre boa norma utilizar mais do que um único critério. Os resultados dos Quadros 4 e 5 foram interpretados à luz de dois critérios distintos.

### 3.2.2 - Critérios de interpretação da qualidade de água para irrigação

O United States Salinity Laboratory [6] elaborou um critério de classificação de águas para rega, baseado principalmente nos valores de condutividade eléctrica e da razão de adsorção de sódio (SAR). Segundo este critério, tanto o efluente tratado por decantação primária como por percolação biológica de alta carga caem dentro da classificação C3-S1. Significa isto que se trata de águas apropriadas para solos de boa drenagem e culturas tolerantes à salinidade e ainda que o teor de sódio não é de molde a provocar problemas no solo.

Westcod e Ayers [6] apresentaram o critério da classificação de águas para rega mais completo, o qual considera um numeroso grupo de parâmetros, incluindo elementos traço. De acordo com este critério e considerando os valores da salinidade e da condutividade eléctrica, o efluente da decantação primária poderá ser usado sem restrições, enquanto que para o efluente da percolação biológica, mais mineralizado, deverão ser atendidas ligeiras a moderadas restrições na sua utilização. Considerando outros parâmetros, como os teores dos cloretos e hidrogenocarbonatos, concluir-se-á, segundo este critério, que para ambos os efluentes deverão ser consideradas ligeiras restrições à sua utilização. O teor de boro encontrado em ambas as AR tratadas utilizadas neste ensaio não é de molde a provocar qualquer problema nas culturas ensaiadas, embora seja ligeiramente elevado para o girassol e certamente seria excessivo para culturas sensíveis a este elemento, como por exemplo, os citrinos.

Os valores determinados para todos os elementos traço situaram-se abaixo das concentrações máximas recomendadas para águas de rega.

Em conclusão, pode afirmar-se que AR tratadas por decantação primária e percolação biológica de alta carga, no que se refere à sua composição química, poderão ser utilizadas para rega, desde que sejam observadas ligeiras restrições no tipo do solo e de culturas seleccionadas.

### 3.3 - Produtividade

Os resultados médios da produtividade agrícola determinados neste primeiro ano de investigação e apresentados no Quadro 6 não evidenciam diferenças significativas da produtividade em função dos três tratamentos.

QUADRO 6

PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS

TIPO DE ÁGUA	PRODUTIVIDADE (t/ha)		
	Sorgo (*)	Milho (**)	Girassol (*)
Efluentes da DP	8,7	8,9	2,2
Água potável	9,1	8,1	1,9
Efluente da PBAC	8,6	8,6	2,3

DP - decantação primária

PBAC - percolação biológica de alta carga

A análise dos resultados do Quadro 6 permite concluir que a produtividade das culturas irrigadas com AR tratadas é muito semelhante à produtividade das mesmas culturas irrigadas com água potável e fertilizadas com adubos comerciais.

Os valores indicados no Quadro 6 são muito próximos da produtividade expectável à partida em função das características do solo [8] e que foram consideradas no cálculo das fertilizações.

QUADRO 7

PRODUTIVIDADE EXPECTÁVEL

CULTURA	PRODUTIVIDADE EXPECTÁVEL (t/ha)
Sorgo	12,5
Milho	8
Girassol	2

A produtividade do sorgo foi bastante inferior ao valor expectável, o que foi devido ao facto de o sorgo ter sido colhido duas vezes neste estudo, em lugar das 4 colheitas habituais.

3.4 - Capacidade fertilizante das AR tratadas

A reutilização de águas residuais tratadas para irrigação pode constituir uma prática economicamente atraente, mesmo em casos em

(\*) Toneladas de matéria seca/ha

(\*\*) Toneladas de grão com 15,5% de humidade /ha

que o utilizador pode dispôr de água natural com facilidade, devido à composição dos AR, principalmente o seu teor de nutrientes. Este estudo avaliou a capacidade fertilizante de ambos os efluentes não aplicando adubação de cobertura nos talhões irrigados com essas AR tratadas, e fornecendo essa adubação aos talhões de controlo irrigados com água potável.

O Quadro 8 apresenta a fertilização adicionada aos talhões irrigados com as duas AR tratadas, avaliada em termos de Kg de azoto/ha contidos nesses efluentes. Estes valores foram determinados com base nos teores de azoto amoniacal e nítrico contidos nos efluentes aplicados em cada sessão de irrigação. O quadro 8 permite ainda comparar os valores da fertilização comercial com a fertilização transmitida pelas AR tratadas.

QUADRO 8  
COMPARAÇÃO DAS FERTILIZAÇÕES DE COBERTURA

CULTURAS	ADUBAÇÃO DE COBERTURA (Kg N/ha)		
	ADUBO COMERCIAL	ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS	
		DECANTAÇÃO PRIMÁRIA	PERCOLAÇÃO BIOLÓGICA DE ALTA CARGA
Sorgo	2 x 55	110,2	107,2
Milho	2 x 60	88,2	85,8
Girassol	45	88,2	85,7

Considerando os resultados expressos no Quadro 8 e ainda que a produtividade dos talhões irrigados com ambas as AR tratadas não diferiram muito dos resultados obtidos nos talhões de controlo, pode concluir-se que o teor de azoto das AR tratadas pelos processos considerados pode produzir resultados semelhantes, em termos de produtividade.

Salienta-se porém que os dados disponíveis até ao momento não são ainda suficientes para definir, com precisão, os limites da fertilização azotada carregada pelas AR tratadas. Espera-se que no termo dos cinco anos do horizonte deste estudo experimental seja possível estabelecer os limites do intervalo de valores da quantidade de azoto fornecido por este tipo de águas.

Os valores da economia provável conseguida pela substituição dos fertilizantes comerciais da adubação de cobertura pela fertirrigação das AR tratadas são estimados em:

- (a) milho ..... US\$ 140/ha
- (b) sorgo ..... US\$ 147/ha
- (c) girassol ..... US\$ 67/ha



### 3.5 - Aspectos de saúde pública

#### 3.5.1 - Generalidades

Os aspectos de saúde pública podem ser abordados sob dois pontos de vista distintos: composição química das culturas e sobrevivência dos microrganismos patogênicos no solo e nas culturas.

#### 3.5.2 - Composição química das culturas irrigadas

Foram analisadas as partes destinadas ao consumo humano e/ou animal, bem como as que estão fora desta perspectiva, como as folhas de girassol, a fim de determinar a eventual ocorrência de acumulação preferencial de elementos tóxicos, nomeadamente metais pesados. A composição química do sorgo (médias de primeira e segunda colheitas) e do milho (grão, palha e carolo), irrigados com os três tratamentos (águas) é apresentada no Quadro 9.

Da comparação da composição das culturas irrigadas com água potável com as mesmas culturas irrigadas com os efluentes, concluiu-se que não há evidência de acumulação de elementos tóxicos.

#### 3.5.3 - Aspectos microbiológicos

O Quadro 10 apresenta a qualidade microbiológica observada nas águas residuais tratadas, bem como na própria água residual bruta. Estes dados são a média geométrica de quatro amostras, nas quais se procedeu à contagem de CF e SF e à verificação da presença ou ausência de helmintas.

QUADRO 10

#### QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO

MICROORGANISMO	ÁGUA RESIDUAL BRUTA	EFLUENTES DE DECANTAÇÃO PRIMÁRIA	EFLUENTES DO PBAC
CF/100 ml	$2,9 \times 10^8$	$2,7 \times 10^6$	$3,7 \times 10^5$
SF/100 ml	$7,8 \times 10^7$	$4,2 \times 10^6$	$8,7 \times 10^5$
Helmintas	(a)	(b)	ND

(a) - detectadas em 2/3 das amostras

(b) - não detectadas em 2/3 das amostras

ND - não detectado

O grau de contaminação das culturas foi avaliado em amostras colhidas na altura da colheita, mediante a contagem de CF e salmonella e a detecção da presença ou ausência de campylobacter. No milho e no girassol não foram encontrados quaisquer microrganismos. No Quadro 11 apresentam-se os valores encontrados no sorgo, por 100 g de material.

QUADRO 11

CONTAMINAÇÃO DO SORGO

ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	COLIFORMES FECAIS	SALMONELLA	CAMPYLOBACTER
EFLUENTE DO DECANTADOR PRIMÁRIO	4,2	0	ND
EFLUENTE DO PBAC	2,5	0	ND
ÁGUA POTÁVEL	3,2	0	ND

O grau de contaminação do solo determinado após o ciclo cultural (que terminou no final de Setembro e princípios de Outubro, para o girassol no primeiro caso e milho e sorgo no segundo) é apresentado no Quadro 12 (amostras colhidas 40 dias após a última rega). Pode pois concluir-se que o nível de contaminação fecal do solo é ligeiro, visto que muitas bactérias do grupo dos coliformes totais existem naturalmente no solo

QUADRO 12

CONTAMINAÇÃO DO SOLO

TALHÕES IRRIGADOS COM	ÁGUA POTÁVEL			EFLUENTE DO DESCARREGADOR PRIMÁRIO			EFLUENTE DO PBAC		
	M	S	G	M	S	G	M	S	G
CT/G	$1.3 \times 10^2$	$3.5 \times 10^3$	$4.1 \times 10^2$	$3.4 \times 10^2$	$4.4 \times 10^3$	$3.2 \times 10^3$	$2.7 \times 10^2$	$4.1 \times 10^2$	$3.3 \times 10^2$
CF/G	$3.8 \times 10^{-1}$	$5.5 \times 10^{-1}$	9x10	$1.3 \times 10^{-1}$	1.4	7.8	7	$4.3 \times 10^{-1}$	$2.5 \times 10^{-1}$

M — milho      S — sorgo      G — girassol

Esta conclusão é confirmada pelos valores semelhantes determinados tanto nos talhões irrigados com as AR tratadas como com a água potável.

O baixo nível de contaminação encontrado no solo e nas culturas é devido principalmente ao método de rega utilizado (no que diz respeito às culturas) e ainda à qualidade microbiológica das AR tratadas.

As revisões mais recentes do estado da arte dos aspectos de saúde pública relacionados com a utilização de AR e excreta na agricultura [10] "rejeitaram o ponto de vista convencionalmente aceite até agora de avaliar esses riscos apenas através do conhecimento da sobrevivência de patogénicos nas AR, excreta, solo e culturas e aceitaram que a avaliação desses riscos se deve basear em estudos epidemiológicos credíveis". Concluíram ainda que "muitos critérios de utilização de resíduos humanos para agricultura, incluindo as recomendações do Relatório Técnico nº517 da O.M.S. são injustificadamente restrictivos e não se baseiam em dados epidemiológicos disponíveis actualmente".

Considerando que o principal critério de qualidade microbiológica para reutilização de AR na agricultura consiste na remoção quase completa dos ovos de nemátodos intestinais (até uma média geométrica de  $\leq 1$  ovo viável em nemátodos por litro) e os resultados do Quadro 10, pode concluir-se que AR tratadas por decantação primária e percolação biológica de alta carga podem ser utilizadas para irrigação de certas culturas, como forragens, árvores de fruto e culturas industriais.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores expressam o seu reconhecimento aos técnicos das seguintes instituições, que também colaboraram neste estudo: DRAA ( Direcção Regional de Agricultura do Alentejo), ARSE (Administração Regional de Saúde de Évora), Câmara Municipal de Évora, ISA (Instituto Superior de Agronomia e à Universidade de Leeds (UK).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AHLGREN, G.H.- Forage Crops 2nd ed. New York. Mc Graw - Hill Book Company, 1956.
- [2] BOTELHO DA COSTA, J. - Caracterização e Constituição do Solo, 2nd ed., Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1979.
- [3] COSTA, J.P. da - O Milho e a sua cultura, Divulgação nº 11 , Lisboa, Direcção Geral de Extensão Rural, 1981.
- [4] LANÇA, J.C.E., PARREIRA, J.S. - O sorgo: cultura com interesse, Divulgação nº 10, Lisboa, Direcção Geral de Extensão Rural, 1981.
- [5] MARECOS DO MONTE, M.H.F., SILVA E SOUSA, M., NOGUEIRA, M.G. - Metodologia de reutilização de águas residuais em rega na estação de tratamento de águas residuais de Évora, Informação APESB, nº 27, Lisboa, Associação Portuguesa para Estudos de Saneamento Básico, 1985.
- [6] PETTYGROVE, G.S., ASANO, T. - Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater - A Guidance Manual, Chelsea, MI 98118, Lewis Publishers, Inc. 1985.
- [7] SAMPAIO, J.A. - A cultura do girassol, Divulgação nº 4, Lisboa Direcção Geral de Extensão Rural, 1980.
- [8] SOVERAL DIAS, J.C. et al. - Serviço de Análise de Terras e de Análise Foliar - Guia Prático de Fertilização 2nd ed., Lisboa, DGER - Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, 1980.
- [9] SYMPOSIUM held at Muscle Shoals. Alabala, 1971 - Micronutrients in Agriculture, Madison, Soil Science Society of America, 1972..
- [10] The ENGELBERG REPORT - Health Aspects of Wastewater and Excreta Use in Agriculture and Aquaculture, Dubendorf, IRCWD, 1985.
- [11] VILLAX, E.J. - La culture des Plantes Fourragères dans la Région Méditerranée Occidentale, Rabat, Institut National de la Recherche Agronomique, 1963.