

**AVALIAÇÃO DE RISCOS DE
DEGRADAÇÃO DE SOLO.
PROTECÇÃO E
RECUPERAÇÃO DE SOLOS**

Estudo das condições técnicas de utilização das águas da ETAR da Praia da Vitória

Assessment of technical conditions for use of wastewater from the Praia da Vitória treatment plant

A. Azevedo¹, J. Pinheiro, L. Matos & J. Madruga

RESUMO

Este estudo teve como objectivo o estudo das condições técnicas de utilização das águas da ETAR da Praia da Vitória para a rega de espaços. A ETAR da Praia da Vitória produz volumes de águas muito apreciáveis os quais são presentemente lançados no oceano através de um emissário submarino. No entanto é provável que esta água, que agora se perde, possa vir a ser utilizada para a rega de espaços verdes numa perspectiva integrada de gestão sustentável do recurso. Para tal, numa primeira fase avaliaram-se os volumes e caudais das águas residuais gerados e a sua sazonalidade e colheram-se amostras para a sua caracterização físico-química.

Instalou-se também um ensaio biológico em vasos, com dois solos de carácter ândico classificados ambos como Vitric Hapludands (SSS, 1999), aos quais se aplicaram três tratamentos distintos sendo estes: água de abastecimento público, efluente da ETAR e uma solução nutritiva preparada em laboratório, com o objectivo de comparar o efeito destes tratamentos na produção de uma graminha de relvado (*Agrostis stolonifera*). Os resultados analíticos deixa-

ram clara a importância do valor nutritivo das águas residuais, com teores elevados dos macronutrientes azoto, fósforo, cálcio e magnésio, e evidenciado com base no ensaio biológico onde ocorreu um efeito geral positivo das águas residuais no crescimento das plantas em dois solos que, embora do mesmo tipo, apresentavam um nível de fertilidade diferente, mormente em relação aos macronutrientes fósforo, potássio e cálcio solúveis. O efeito residual no solo resultante da aplicação do efluente da ETAR foi verificado apenas em relação ao magnésio.

ABSTRACT

De main goal of this work is to study the technical conditions of utilization of the treated waters of the wastewater treatment plant of Praia da Vitória to lawn and garden irrigation. The WTP of Praia da Vitória treats significant volumes of water which are presently discarded to the ocean. However it is possible that this water could be reused to lawn and garden irrigation under a sustainable perspective of resource management. For such, we firstly esti-

¹ Departamento de Ciências Agrárias da Universidade dos Açores, 9701-158 Terra – Chã, Angra do Heroísmo, e-mail: ana.azevedo12@sapo.pt

mated the amounts of the treated wastewater and its time evolution and samples for chemical characterization were collected.

A biological essay in pots was also installed, with three treatments: tap water, treated wastewater and nutritive solution and the objective was to compare treatment effect on a graminea used for lawns (*Agrostis stolonifera*). The analytical results stressed the importance of the nutritive value of the treated wastewater with high macronutrient concentrations nitrogen, phosphorus, calcium and magnesium, and stressed by the biological essay where a general positive effect of the treated wastewater on the plant growth was shown in two soils of the same type although with different levels of soluble nutrients phosphorus, potassium and calcium. The residual effect on the soil from the treated wastewater was verified only for magnesium.

INTRODUÇÃO

Os actuais problemas que se levantam no domínio dos recursos hídricos impõem a necessidade de procurar evitar que a crescente escassez de água possa constituir obstáculo ao desejável desenvolvimento económico-social. Além disso, interessa definir os meios de que se poderá lançar mão no futuro para racionalizar a utilização dos recursos hídricos, optimizando os benefícios que estes, nas suas múltiplas utilizações, podem proporcionar (Cunha *et al.*, 1980).

O consumo de água cresce com a expansão industrial e urbana, o crescimento e aumento do nível de vida da população e o desenvolvimento da agricultura. A escassez de água é uma das principais causas para incentivar a reutilização dos esgotos tratados. Aliás, esse princípio está expresso

no Decreto-Lei de 152/97 de 19 de Junho que recomenda que "as águas residuais tratadas, bem como as lamas, devem ser reutilizadas, sempre que possível ou adequado".

As Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR's) constituem meios que a técnica fornece para restabelecer o equilíbrio biológico natural do meio aquático alterado pela poluição, evitando-se assim, o lançamento de águas residuais com características que provocam consequências graves nos ecossistemas marinhos e saúde pública e possibilitando a reutilização dessas águas residuais para outros fins.

As águas residuais, adequadamente tratadas, podem ser utilizadas de forma económica e segura como águas de rega na agricultura, desde que sejam tomadas as devidas precauções, como por exemplo, técnicas agronómicas apropriadas e selecção de culturas (Pescod, 1992).

Sendo a água um factor escasso, e a agricultura o seu maior utilizador, e estando a instalar-se a ideia, propalada, de que a agricultura é um grande desperdiçador e um grande poluidor, torna-se urgente gerir a rega numa forma adequada à disponibilidade da água e às necessidades espaciais e temporais das diferentes culturas (Oliveira, 2004).

O aproveitamento das águas residuais tratadas para a rega é uma prática importante para muitas regiões, onde o nível de precipitação é escasso e onde os recursos hídricos disponíveis são limitados. Esta é uma prática que abrange não apenas o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende o controlo de perdas e desperdícios e a minimização da produção de efluentes, como também a vantagem das águas residuais possuírem nutrientes importantes para o desenvolvimento de determinadas culturas (Teixeira & Pereira, 1998).

MATERIAL E MÉTODOS

Volume e características dos efluentes

Numa primeira fase avaliaram-se os volumes e caudais de água residual gerados e a sua sazonalidade, posteriormente fez-se a caracterização físico-química e microbiológica das águas produzidas no processo de funcionamento da ETAR.

Foram realizadas três colheitas com intervalos de uma semana em três pontos de amostragem diferentes: à entrada do desarenador/desengordurador; nos tanques de arejamento e à saída dos decantadores secundários, ou seja, o efluente tratado (Figura 1).

Os parâmetros analisados em laboratório para a caracterização das águas residuais foram os seguintes: condutividade (conductímetro), pH (método potencimétrico), azoto Kjeldhal, azoto amoniacal (por destilação com o reagente de Nessler), nitratos (eléctrodo de iões selectivos). Os elementos fósforo potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, cobre, zinco, cádmio e níquel foram doseados por absorção atómica após digestão com água régia.

Tendo em conta a importância dos parâmetros microbiológicos para a caracterização das águas residuais, no Quadro 1 estão apresentados estes valores. Os parâmetros microbiológicos, foram determinados com periodicidade trimestral, estando representado no quadro o valor médio dos

meses de Janeiro, Abril e Julho de 2004, tendo-se verificado que o efluente final apresentou valores inferiores aos admissíveis pela legislação nacional em vigor.

Ensaio biológico

Instalou-se um ensaio biológico em vasos com dois solos de carácter ácido classificados ambos como Vitric Hapludands (SSS, 1999) e aplicaram-se três tratamentos: água da rede pública; efluente final da ETAR e uma solução nutritiva cuja sua composição foi a seguinte: hidrogenofosfato de potássio KH_2PO_4 , nitrato de potássio KNO_3 , nitrato de cálcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, sulfato de magnésio $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, micronutrientes e uma solução de ferro, nas proporções normais para este tipo de soluções nutritivas. A planta utilizada foi uma gramínea (*Agrostis stolonifera*) própria para relvados.

A terra utilizada para o ensaio biológico em vasos foi seleccionada com base num estudo analítico sumário, com vista a obtermos dois meios dotados de diferentes níveis de fertilidade nutritiva, uma “baixa” e outra “elevada”, capaz de permitir respostas agrónomicas potencialmente diferentes. As análises foram efectuadas de acordo com as seguintes metodologias: textura pelo densímetro de Boyoucos, pH em água pelo método potencimétrico, matéria orgânica pelo método de Walkley e Black, P e K pela solução extractiva de Egner-Riehm, Ca e

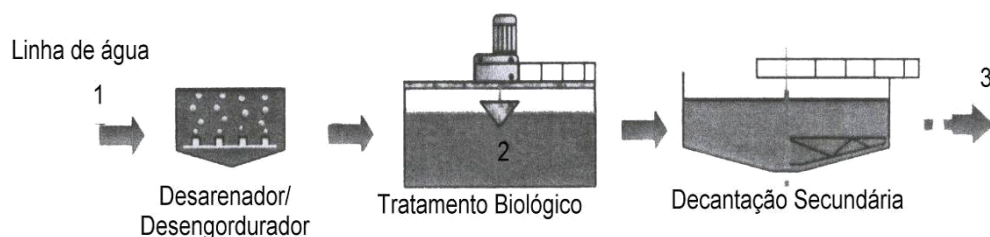


Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem na ETAR da Praia da Vitória

QUADRO 1 - Caracterização de alguns parâmetros das águas residuais da ETAR da Praia da Vitória

Parâmetros	Afluente Bruto		Efluente Final	
	Variação		Variação	
	Intervalo	* MA ± DP	Intervalo	MA ± DP
Coliformes Totais (UFC/100 ml)	1,0E+05 - 4,3E+07	1,2E+07 ± 2,1E+07	6,0E+03 - 5,2E+05	2,2E+05 ± 2,3E+05
Coliformes Fecais (UFC/100 ml)	4,7E+04 - 8,9E+05	4,2E+05 - 3,5E+05	4,0E+03 - 1,1E+04	5,1E+03 ± 4,4E+03
Salmonelas	positivo	-----	positivo	-----

Mg extraídos com acetato de amónio e doseados por absorção atómica, Cu, Zn, Fe e Mn extraídos com EDTA e doseados por absorção atómica. O Quadro 2 mostra que as maiores diferenças entre os solos se verificavam relativamente aos nutrientes P, K e Ca, sendo pouco importantes relativamente aos restantes parâmetros analisados.

QUADRO 2 - Caracterização dos solos utilizados no ensaio

Parâmetro	Solo A	Solo B
Textura	franco	franco
pH	6,5	6,3
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	120	100
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	134,1	49,0
K ₂ O (mg kg ⁻¹)	749,4	279,2
Ca (mg kg ⁻¹)	3651,0	2149,1
Mg (mg kg ⁻¹)	228,3	199,4
Cu (mg kg ⁻¹)	3,5	3,2
Zn (mg kg ⁻¹)	27,5	20,6
Fe (mg kg ⁻¹)	425,1	187,2
Mn (mg kg ⁻¹)	114,8	180

O ensaio foi objecto de um acompanhamento diário, tendo-se procurado manter um nível de humidade no solo nunca limitativo das necessidades hídricas da cultura através de uma rega diária de 100 ml da solução correspondente a cada tratamento. Neste labor de manejo e acompanhamento da experiência, procedia-se também ao controlo das infestantes através de monda manual

bem como à rotação dos vasos com o fim de favorecer condições de homogeneidade experimental.

O ensaio biológico teve a duração de seis semanas e depois do corte procedeu-se à pesagem do material vegetal, que foi seco a 55 °C numa estufa de ventilação forçada para a determinação do teor de matéria seca. Nesta fase foram também colhidas amostras de solo de cada um dos vasos para serem analisados individualmente quanto aos parâmetros anteriormente referidos.

Foi efectuada a análise estatística dos resultados com base no teste de Tuckey para a comparação das médias relativas a cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Volume e características dos efluentes

Os caudais afluentes à ETAR da Praia da Vitória foram ao longo do ano de 2002 e 2003 sempre superiores a 20 000 m³/mês, sendo tratado um volume total anual superior a 250 000 m³ (Figura 2).

É de realçar que a sazonalidade dos volumes de água é reduzida e praticamente equilibrada durante todo ano, notando-se apenas no período de Verão um pequeno decréscimo no caudal afluente à ETAR.

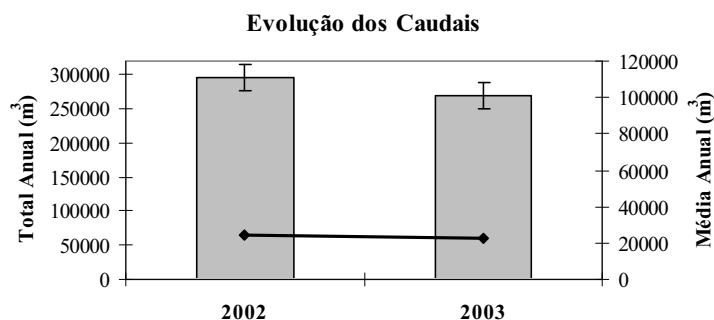


Figura 2 —Teores médios e erro padrão dos caudais afluentes à ETAR nos anos 2002 e 2003. O traço horizontal no gráfico representa a média anual m³

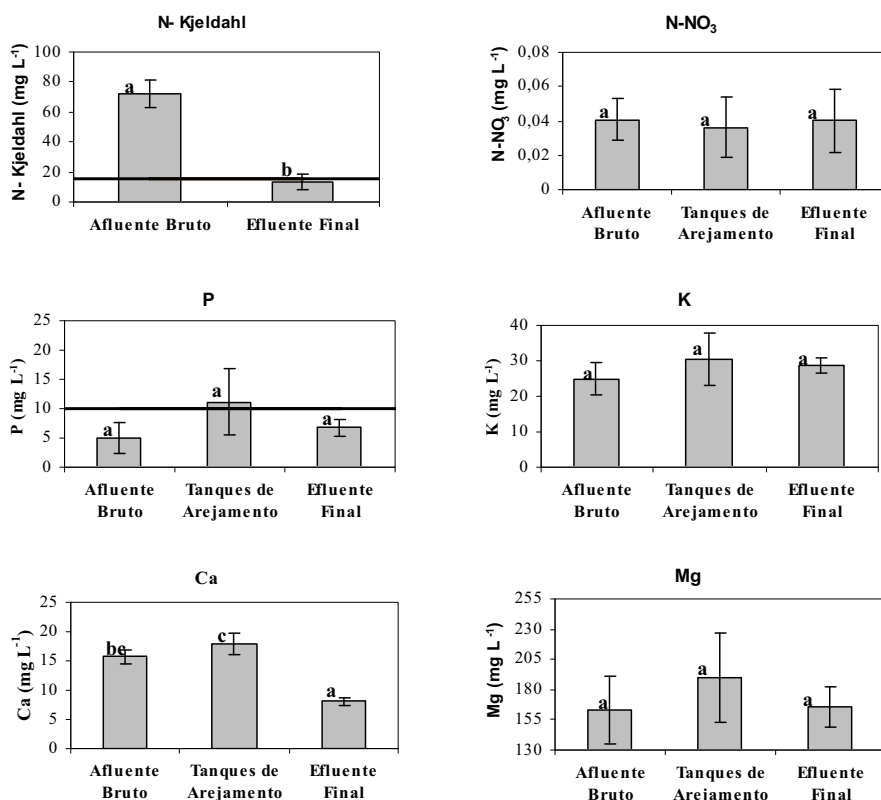


Figura 3 - Teores médios e erro padrão de alguns nutrientes (N-Kjeldahl, N-NO₃, P, K, Ca e Mg) nos três pontos de amostragem das águas residuais. Valores médios para cada parâmetro seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes ($P < 0,05$). O traço horizontal no gráfico representa o valor limite para os parâmetros que se encontram legislados (D.L. n°236/98 e D.L. n°152/97)

Apesar de elevado, todo o volume de água residual tratada é simplesmente lançado no oceano através de um emissário submarino, não tendo actualmente qualquer aproveitamento útil, nem mesmo para uso nas operações de lavagem na própria ETAR.

A Figura 3 mostra os valores médios dos parâmetros analisados relativos às águas residuais colhidas nos 3 pontos de amostragem, bem como os respectivos desvios-padrão.

A concentração de N-Kjeldahl sofreu

uma redução significativa do afluente bruto para o efluente final. O $N-NO_3$ não apresentou variações médias estatisticamente diferentes nos três pontos de amostragem.

Relativamente aos macronutrientes P, K e Mg não se verificaram diferenças significativas entre os valores médios obtidos nos três pontos de amostragem. Em relação ao cálcio o efluente final apresenta um valor médio significativamente inferior ao dos outros dois pontos de amostragem, ao longo do processo na ETAR.

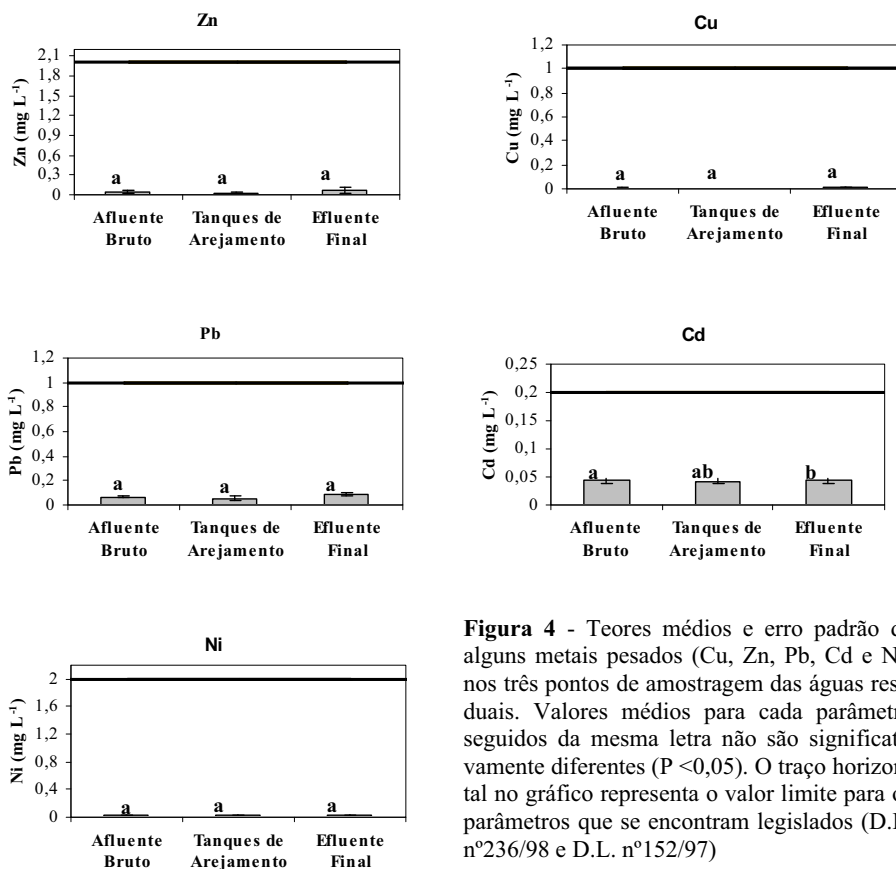


Figura 4 - Teores médios e erro padrão de alguns metais pesados (Cu, Zn, Pb, Cd e Ni) nos três pontos de amostragem das águas residuais. Valores médios para cada parâmetro seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes ($P < 0,05$). O traço horizontal no gráfico representa o valor limite para os parâmetros que se encontram legislados (D.L. n°236/98 e D.L. n°152/97)

As concentrações dos metais pesados, Cu, Zn, Pb, Cd e Ni nas águas residuais, apresentam em todos os tratamentos valores consideravelmente inferiores aos limites impostos pela legislação, como se pode observar nos gráficos respectivos (Figura 4). Apenas o chumbo apresenta médias significativamente diferentes em relação ao efluente final, indicando um pequeno incremento da sua concentração.

Ensaio biológico

No ensaio biológico verificou-se a ocorrência de diferenças significativas quanto à produção de matéria seca entre os três tratamentos em cada um dos dois solos. De igual modo, as diferenças verificadas entre os dois solos em relação a cada um dos tratamentos são significativamente diferentes, tendo o solo A apresentando valores médios superiores aos do solo B (Figura 5).

Estes resultados deixam pois clara a importância do valor nutritivo da água

residual, cuja aplicação na rega determinou um significativo acréscimo de produção quando comparada com a água simples. Importa contudo assinalar que apesar do significado nutritivo das águas residuais ele é, mesmo assim, inferior ao de uma solução nutritiva otimizada, conforme a que foi utilizada num dos tratamentos.

Da aplicação dos tratamentos resultou ainda um efeito residual nos solos, conforme se pode verificar pela variação de alguns elementos apoiada pela análise estatística de comparação das médias (Figura 6). A variação ocorreu de forma mais óbvia quando foi aplicada a solução nutritiva onde se verificaram acréscimos significativos para todos os macronutrientes em ambos os solos, quando comparados com o tratamento com água de abastecimento público.

No entanto, em relação ao tratamento com efluente, principal objecto de estudo deste trabalho, verificaram-se acréscimos significativos no solo apenas em relação ao magnésio.

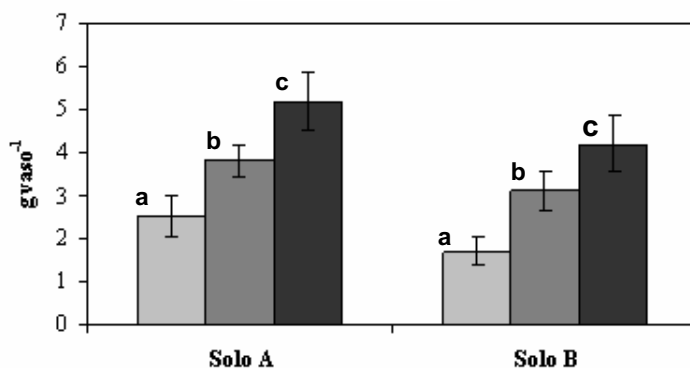


Figura 5 - Produção média de matéria seca e erro padrão nos três tratamentos: água da rede pública, efluente final da ETAR e solução nutritiva, respectivamente pela ordem no gráfico. Valores médios para cada parâmetro seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes ($P < 0,05$)

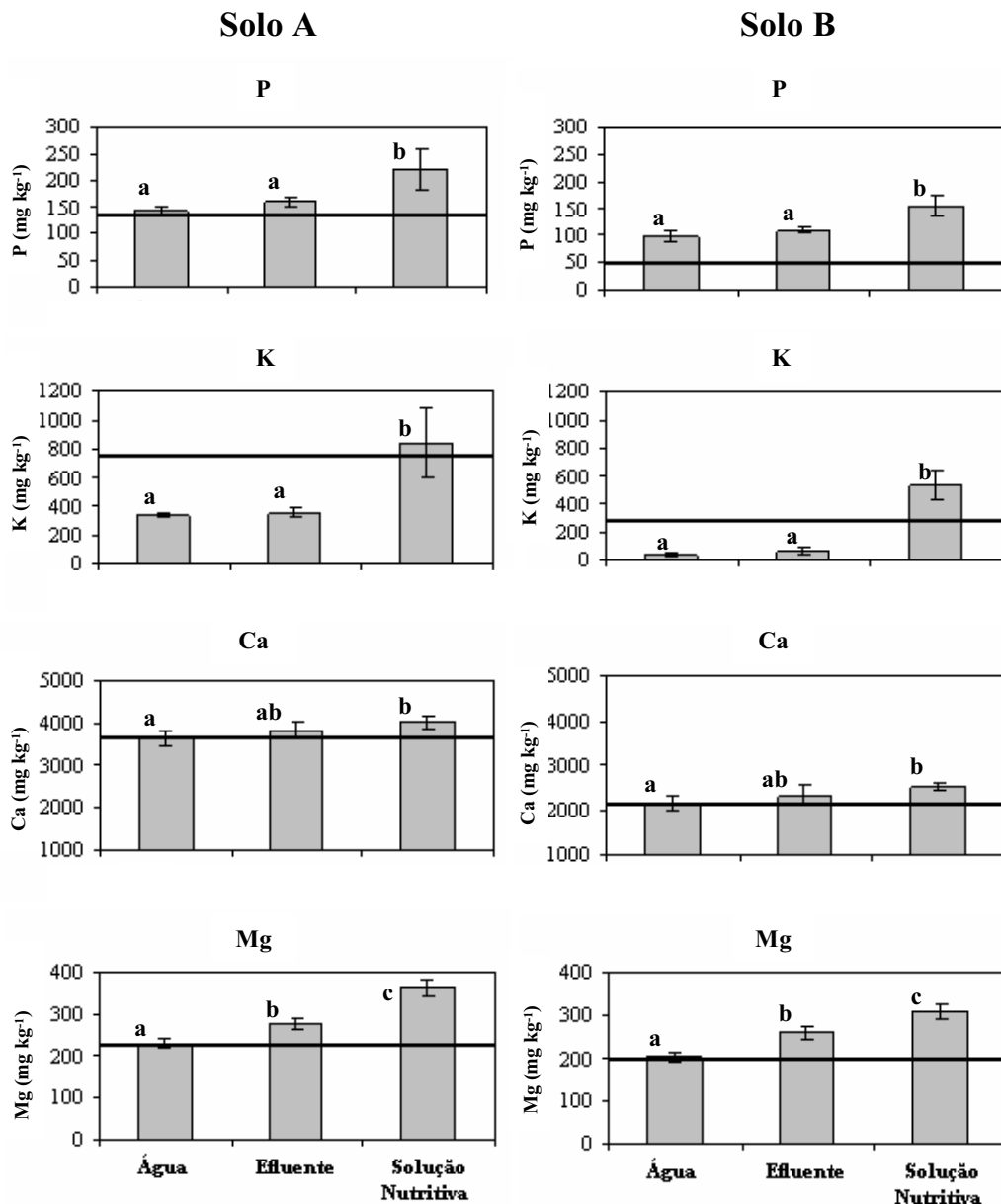


Figura 6 - Teores médios e erro padrão de alguns macronutrientes (P, K, Ca e Mg) nos solos (A e B) após o ensaio. Valores médios para cada parâmetro seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes ($P < 0,05$). O traço horizontal no gráfico representa o valor no solo original

CONCLUSÕES

As características das águas residuais da ETAR da Praia da Vitória, sofreram variações muito pequenas ao longo do período de tempo em que foram colhidas amostras para análise, o que sugere uma uniformidade nos seus parâmetros e no próprio funcionamento do sistema de tratamento.

As águas residuais apresentam a nível quantitativo, caudais médios superiores a 20 000 m³/mês, sendo tratado um volume total superior a 250 000 m³/ano. Importa realçar que estas águas são simplesmente lançadas através de um emissário submarino, não tendo actualmente qualquer aproveitamento útil.

Do ponto de vista qualitativo, as águas residuais apresentaram teores elevados dos macronutrientes azoto, fósforo, cálcio e magnésio, o que lhes confere um valor nutritivo importante. Por outro lado, os teores de metais pesados apresentaram-se muito baixos para todos os elementos estudados, representando uma fracção reduzida em relação aos valores limites legalmente estabelecidos.

O ensaio biológico evidenciou um efeito geral positivo das águas residuais no crescimento de uma graminea vulgarmente utilizada em relvados em dois solos que, embora do mesmo tipo, apresentavam diferentes níveis de fertilidade, mormente em relação aos macronutrientes fósforo, potássio e cálcio solúveis. Deste modo, verificou-se a ocorrência de diferenças significativas na produção de matéria seca entre os três tratamentos em cada um dos dois solos. Assim, o valor nutritivo das águas residuais fez com que a sua aplicação na rega determinasse um acréscimo na produção quando comparada com o método convencional de água simples, embora a produção fosse inferior à do tratamento em que se aplicou uma solução nutritiva con-

tendo todos os macronutrientes em concentrações optimizadas para culturas em hidroponia.

Quanto ao efeito residual nos solos após o período de aplicação dos tratamentos, verificaram-se acréscimos positivos em ambos os solos apenas relativamente ao magnésio no tratamento com água residual. Tal tem a ver com o facto de os teores nas águas residuais serem relativamente baixos e também porque o ensaio teve uma curta duração. Em condições de aplicação por períodos mais longos importa monitorizar um eventual efeito de salinização que possa vir a manifestar-se no solo.

Em suma, embora a utilização de águas residuais seja interdita na rega de culturas agrícolas para consumo humano por razões de segurança sanitária, elas poderão apresentar características nutritivas que permitam considerar viável e útil a sua reutilização para a rega de espaços verdes, tais como relvados e campos de golfe, essencialmente numa perspectiva integrada de gestão sustentável do recurso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cunha, L., Gonçalves, A., Figueiredo, V. & Lino, M. 1980. *A Gestão da Água*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa
- Decreto – Lei n.º 152/97 – Tratamento de águas residuais. Diário da república n.º 139, I Série A, 19 de Junho de 1997.
- Decreto – Lei n.º 236/98 – Lei da qualidade da água. Diário da república n.º 176, I Série A, 1 de Agosto de 1998.
- Oliveira, I. 2004. *O Uso Sustentado da Rega*. Director Técnico–Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. Lisboa, [www.agroportal.pt/a/2001/ioliveira.htm] data de consulta 21/05/2004.

Pescod, M.B. 1992. *Wastewater Treatment and Use in Agriculture*. FAO irrigation and drainage paper. Rome, Italy.

SSS (Soil Survey Staff). 1999. *Soil Taxonomy: a Basic System for Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Second edition USDA-SCS

Agricultural Handbook no. 436. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.

Teixeira, J.L. & Pereira, L.S. 1998. *Rega em Condições de Disponibilidade de Água Limitada*. 3ª Jornadas de Engenharia dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Ministério da Ciência e da Tecnologia, Lisboa.