

ESTUDOS SOBRE A REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS PARA GESTÃO DA RECARGA DE AQUÍFEROS

Teresa E. Leitão¹, Tiago Martins¹, Elsa Mesquita¹, Maria José Henriques¹, Tiago Carvalho², Maria João Rosa¹, J.P. Lobo Ferreira¹

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal (Email: tleitao@lnec.pt, tmartins@lnec.pt, emesquita@lnec.pt, mjhenriques@lnec.pt, mjrosa@lnec.pt, lferreira@lnec.pt)

²Terra, Ambiente e Recursos Hídricos (TARH), Rua Forte Monte Cintra 1B3, Sacavém, Portugal (Email: tcarvalho@tarh.pt)

RESUMO

Os efeitos das alterações climáticas na intensidade e duração da precipitação têm conduzido a eventos extremos cada vez mais recorrentes de escassez de água mas também de inundações. Neste contexto, a adoção de estratégias inovadoras e adaptativas para uma melhor gestão da água são fundamentais. A utilização de técnicas de MAR (*Managed Aquifer Recharge*, em nomenclatura inglesa ou gestão de recarga de aquíferos) visa armazenar a água em aquíferos durante os períodos de excedentes podendo ajudar a resolver posteriores desafios de escassez de água e, assim, melhor gerir a variabilidade temporal da disponibilidade de água. Acresce que a qualidade da água pode ser melhorada durante o processo de infiltração na zona vadosa e saturada, através de sistemas de tratamento de solo-aquífero, como resultado de reações químicas e biológicas, juntando o paradigma do tratamento e reutilização da água com a gestão de recursos hídricos (González *et al.*, 2015). Este artigo apresenta os resultados de um ensaio feito em escala de demonstração (DEMO) na Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de São Bartolomeu de Messines (SB Messines), onde foram construídos sistemas de tratamento em bacias (Soil-Aquifer Treatment, SAT, em nomenclatura anglo-saxónica). Os sistemas SAT visaram melhorar a qualidade do efluente tratado antes da sua descarga no ribeiro Meirinho, cujas águas posteriormente se infiltram no aquífero cársico Querença-Silves ao longo das secções influentes do ribeiro. A melhoria da qualidade da água foi conseguida utilizando a capacidade do solo para reduzir as concentrações de contaminantes, nomeadamente compostos farmacêuticos e nutrientes, através de processos naturais (e.g. retenção de partículas, adsorção, absorção e biodegradação). As condições físico-químicas do solo foram optimizadas em termos de permeabilidade, teor em matéria orgânica e condições aeróbias / anaeróbias. Os resultados obtidos mostraram uma melhoria da qualidade do efluente da ETAR após passar pelo sistema SAT.

Palavras-Chave: reutilização de águas residuais; melhoria da qualidade da água; Tratamento Solo-Aquífero (SAT); camada reativa de solo; SB Messines.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto MARSOL do 7.º PQ da UE (Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought, <http://www.marsol.eu/>), cujo objetivo principal foi demonstrar que MAR é uma estratégia sólida, segura e sustentável para combater a escassez de água no Sul da Europa, e que pode ser aplicada com grande confiança. O trabalho aqui apresentado foi extraído da publicação final do projeto sobre o conjunto de cinco locais de demonstração em Portugal (cf. Leitão *et al.*, 2017 parcialmente publicado em Leitão *et al.*, 2018).

A área de estudo está localizada na região do Algarve, localizada no sul de Portugal (Fig. 1). As principais pressões sobre a qualidade da água estão relacionadas com a atividade agrícola, a ETAR de SB Messines, as fossas sépticas e as unidades de produção pecuária (Leitão *et al.*, 2017). A ETAR está a funcionar desde 2004. Recebe principalmente efluentes urbanos da cidade de São Bartolomeu de Messines, abrangendo uma média de 4 228 habitantes, uma população envelhecida, e, portanto, onde se espera um consumo de compostos farmacêuticos relativamente elevado.

14.º SILUSBA



Fig. 1. Localização da ETAR de SB Messines e bacias SAT (adaptado de Leitão *et al.*, 2018)

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema SAT do projeto MARSOL (Fig. 2) foi construído em junho de 2016, pela TARH com o apoio do LNEC, e é formado por duas bacias SAT com 15 x 7 m projetadas para trabalhar continuamente por gravidade, i.e. sem quaisquer requisitos de bombeamento, podendo trabalhar em paralelo (simultaneamente) ou em série, caso seja necessário um tratamento sequencial, permitindo que a água da bacia 1 (B1) flua para a bacia 2 (B2).

As bacias SAT, e a conexão entre si, foram projetadas de forma a poder receber o efluente da ETAR fazendo-o percolar através de uma camada de solo (ver Fig. 2) com cerca de 60 cm de espessura. Este solo foi composto para otimizar a retenção dos contaminantes, remanescentes ao tratamento da ETAR, ao mesmo tempo que assegura a infiltração de caudais apreciáveis. À saída das bacias SAT, o efluente tratado é drenado através de um tubo de PVC para o rio, aproximadamente no local onde é atualmente descarregado pela ETAR.

Foi desenvolvida uma rede de três sensores Smart Water para a monitorização remota da qualidade da água (condutividade elétrica, temperatura, pH e potencial redox) e comunicação de dados em tempo real, das águas à entrada de água (B_IN) e à saída de ambas as bacias (B1_OUT e B2_OUT). Além disso, a água foi amostrada semanalmente, durante três meses, e foram analisados 24 compostos farmacêuticos, matéria orgânica, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , B, Zn, Cu. A zona vadosa também foi monitorizada utilizando cápsulas de sucção colocadas em dois pontos em cada bacia e duas profundidades (20 e 40 cm), num total de quatro cápsulas por bacia (cf. Fig. 2).

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os ensaios decorreram em 2,5 meses, de 15 de setembro a 30 de novembro de 2016, altura em que o efluente da ETAR de SB Messines foi parcialmente desviado (1/3) para as bacias SAT para realizar o tratamento terciário da água. O efluente da ETAR percolou a sequência de estratos de 60 cm (composta de 40% de solo local, 40% de areia grosseira e 20% de composto vegetal) e foi posteriormente drenada para o rio. Foram testados diferentes ciclos aeróbios / anaeróbios.

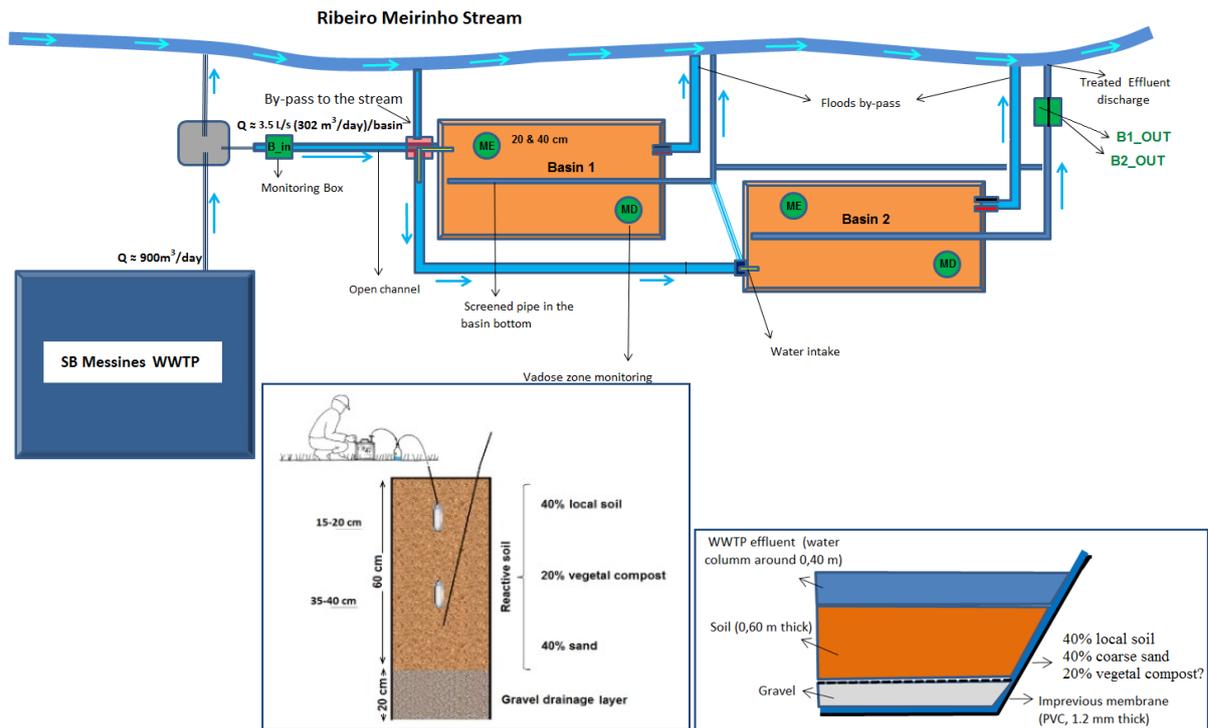


Fig. 2. Desenho esquemático das bacias SAT do projeto MARSOL em SB Messines (acima) e do perfil do solo (em baixo à direita) (adaptado de Leitão *et al.*, 2017)

Apresentam-se alguns dos resultados obtidos, com o exemplo do ciclo do azoto e de um composto farmacêutico. A Fig. 3 mostra os resultados obtidos para o NH_4^+ . O comportamento do azoto mostra claramente os efeitos dos ciclos aeróbio e anaeróbio. No primeiro, a presença de oxigênio é responsável por transformar a maioria da amônia (NH_4^+) em nitrato (NO_3^-) através de: $2 \text{NH}_4^+ + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{H}^+$ e $2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^-$. No ciclo anaeróbio, o NH_4^+ permanece estável e quase nenhum nitrato ou nitrito é formado. Entre 3/11/2016 e 10/11/2016, período em que água rica em oxigênio passou da bacia 2 para a bacia 1 (num período onde os tubos de ligação estavam em teste), foi novamente possível observar nitrificação.

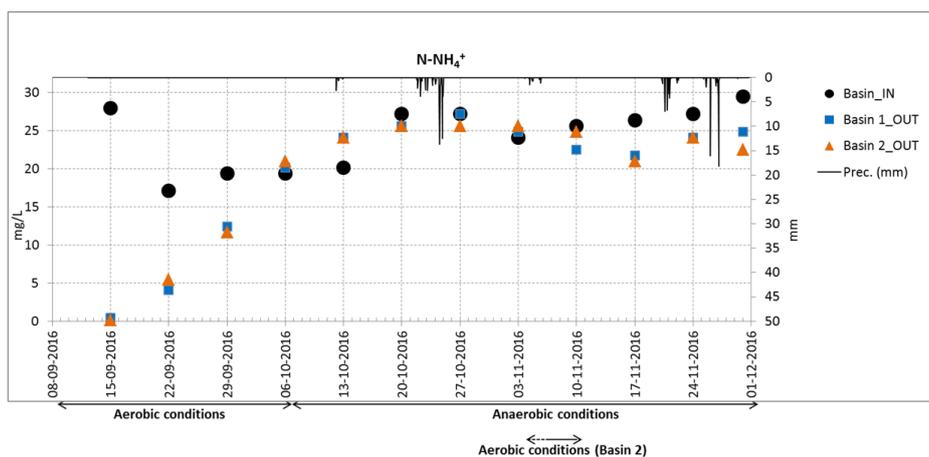


Fig. 3. Concentração em amônia em amostras de água colhidas nas bacias SAT (adaptado de Leitão *et al.*, 2018)

A Fig. 4 apresenta os resultados da diminuição da concentração de diversos compostos farmacêuticos, através do sistema SAT, onde também se pode observar o comportamento recalcitrante da carbamazepina.

Os sistemas de demonstração SAT em S. Bartolomeu de Messines mostraram uma capacidade muito interessante para remover ou minimizar vários tipos de contaminantes de ETAR, particularmente compostos farmacêuticos, compostos nitrogenados, sólidos em suspensão, bem como fosfatos e possivelmente metais.

Além da própria qualidade inicial da água infiltrada, o desempenho destes sistemas depende de uma série de fatores, como a permeabilidade das camadas do solo e da carga hidráulica – os dois fatores responsáveis pelo tempo de contacto / equilíbrio solo-água – e também a mineralogia do solo, o teor de matéria orgânica, o pH, as condições redox e a atividade microbiana que, no seu conjunto, determinam a eficácia dos processos de biodegradação e de adsorção.

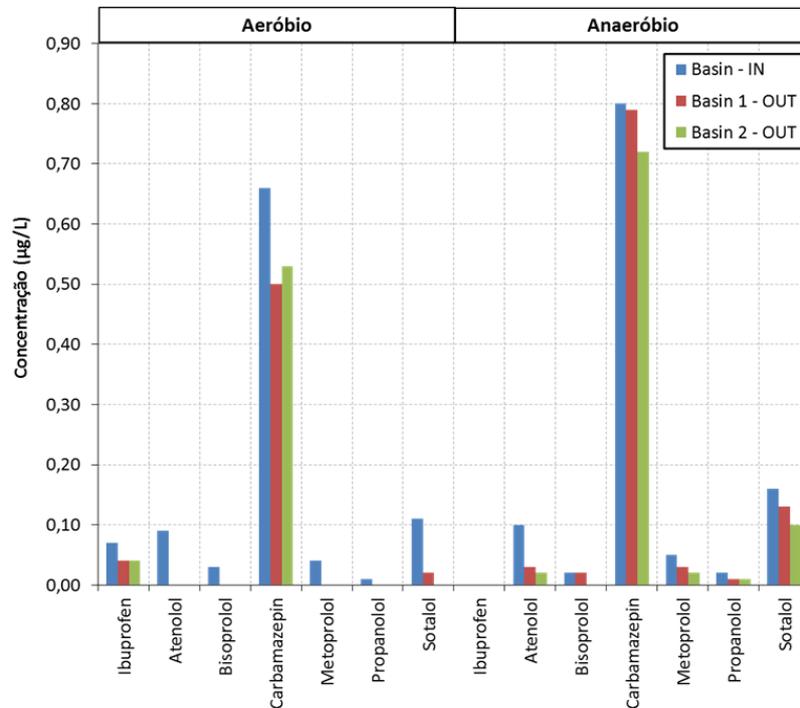


Fig. 4. Concentrações médias de compostos farmacêuticos em amostras de água colhidas nas bacias SAT (adaptado de Leitão *et al.*, 2018)

AGRADECIMENTOS

O trabalho apresentado foi desenvolvido no âmbito do projeto n.º 619120 MARSOL (Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought), do 7.º Programa-Quadro da União Europeia. Agradece-se também à Agência Portuguesa do Ambiente (ARH Algarve) e à Águas do Algarve, S.A. (AdA) por todo o seu apoio durante este projeto. Agradece-se ao IWW (<http://iww-online.de/en/>) a realização das análises dos compostos farmacêuticos. Finalmente agradece-se o apoio dos Srs. Fernando Oliveira e Márcio Lopes, da empresa Grupo de Estudos e Simulações Ambientais em Reservatórios (GESAR) que presta apoio à AdA, pela sua ajuda no processo de amostragem semanal das bacias SAT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- González, B. L., Sprenger, C., Kliene, C., Simon, E., Grützmacher, G., Besselink, H., Hernández, M., Hartog, N., Gibert, O. & Wolfgang, S. (2015). D11.2 Demonstration of MAR effects on groundwater resources - development and application of different approaches for risk and impact assessment. DEMEAU EU project.
- Leitão, T.E., Lobo Ferreira, J.P., Martins, T., Oliveira, M.M., Henriques, M.J., Carvalho, T.M., Martins de Carvalho, J., Agostinho, R., Carvalho, R., Sousa, R., Monteiro, J.P., Costa L.R.D., Hugman, R., Mota, R., Mesquita, E., Rogeiro, J., Rosa, M.J., 2017 – *D4.5 Managed Aquifer Recharge to Improve the Groundwater Status in South Portugal*. MARSOL EU project - Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and Drought, 139 pp. (http://www.marsol.eu/files/marsol_d4-5_mar-south-portugal_final-report.pdf).
- Leitão, T.E., Martins, T., Mesquita, E., Henriques, M.J., Rogeiro, J., Carvalho, T., Rosa, M.J., Lobo Ferreira, J.P., 2018 - Soil-Aquifer Treatment as a passive solution to enhance treated wastewater quality. *In Sanitation Approaches & Solutions and the Sustainable Development Goals*. Eds. J.S. Matos, M.J. Rosa. ERSAR, EWA, APESB, CERIS. Lisbon. 10 pp.