

Rega de espaços verdes urbanos com água para reutilização: o que esperar?

Irrigation of urban green spaces with reclaimed water: what to expect?

Laura MONTEIRO^{1,a}, Patrícia PISSARRA^{2,a}, Maria Paula MENDES^{3,a}

^a CERIS- Investigação e Inovação em Engenharia Civil para a Sustentabilidade, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa – Portugal

¹ Doutorada em Engenharia Civil; laura.monteiro@tecnico.ulisboa.pt

² Mestre em Engenharia do Ambiente; patriciapissarra95@gmail.com

³ Doutorada em Georrecursos; mpaulamendes@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO: O panorama climático atual, com períodos de seca cada vez mais frequentes e severos, obriga à procura de novas origens de água para satisfazer as necessidades hídricas das cidades. A utilização de água residual tratada para reutilização é, neste contexto, uma medida que poderá diminuir a necessidade de captação, tratamento e distribuição de água para consumo humano, satisfazendo usos urbanos que não requerem potabilidade, como a rega de espaços verdes. Contudo, a utilização desta água em Portugal está ainda a dar os primeiros passos, sendo frequentemente questionada a segurança do seu uso e os potenciais impactos na saúde pública e no ambiente. Uma vez que a utilização de água para reutilização (ApR) na rega de espaços verdes urbanos é já uma realidade noutros locais do mundo há vários anos, importa identificar os reais impactos da utilização continuada de ApR nesses locais. Neste artigo apresentam-se os principais resultados da monitorização dos impactos associados à utilização continuada de ApR na rega de espaços verdes urbanos em diversos pontos do mundo. Os estudos publicados mostram que os solos regados com ApR acumulam contaminantes químicos (sódio, boro, etc.) e microbiológicos presentes na ApR, tendo também sido identificados patogénicos, fármacos e genes de resistência a antibióticos. Contudo, os resultados são muito variáveis consoante o tipo de solo e as características da ApR. De forma a garantir o uso seguro de ApR na rega de espaços verdes urbanos é, portanto, necessária uma avaliação do risco cuidada e a implementação de medidas de gestão e de mitigação dos riscos adequadas às condições locais.

Palavras-Chave: Reutilização; Rega; Risco; Espaços verdes urbanos

ABSTRACT: *The current climate panorama, with increasing frequency and severity of droughts, forces the search for new sources of water to meet the water needs of cities. The use of treated wastewater for reuse, in this context, can reduce the need for abstracting, treating, and distributing drinking water, satisfying urban uses that do not require potability, such as the irrigation of green spaces. However, the use of this water in Portugal is still taking its first steps, frequently being questioned about the safety of its use and the potential impacts on public health and the environment. Since the use of reclaimed water (RW) in the irrigation of urban green spaces has been a reality in other parts of the world for several years, it is important to identify the real impacts of the continued use of RW in those places. This paper presents the main results of monitoring the impacts associated with the continued use of RW in the irrigation of urban green spaces in different parts of the world. Published studies show that soils irrigated with RW accumulate chemical (sodium, boron, etc) and microbiological contaminants present in RW, while pathogens, drugs and antibiotic resistance genes have also been identified. However, the results vary widely depending on the type of soil and the characteristics of the RW. In order to guarantee the safe use of RW in the irrigation of urban green spaces, it is, therefore, necessary to carry out a careful risk assessment and to implement risk management and risk mitigation measures appropriate to local conditions.*

Keywords: Water Reuse, Irrigation; Risk; Urban green spaces.

Este artigo é parte integrante da *Revista Recursos Hídricos*, Vol. 42, N.º 1, 25-29 março de 2021.

© APRH, ISSN 0870-1741 | DOI 10.5894/rh42n1-cti3

1. INTRODUÇÃO

O aumento da frequência e severidade dos períodos de seca obriga ao uso sustentável dos recursos hídricos existentes. O uso de águas residuais tratadas para reutilização pode vir a permitir satisfazer as necessidades de água para fins que não requerem potabilidade, reduzindo a procura de água destinada ao consumo humano e consequentemente os volumes captados e tratados. As maiores Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) portuguesas localizam-se maioritariamente em meios urbanos, longe dos campos agrícolas, potenciais grandes utilizadores de água para reutilização (ApR), pelo que a utilização desta água em meio urbano poderá ser a mais imediata. A rega de espaços verdes, como jardins e parques, surge assim como uma potencial aplicação de ApR, para a qual são apenas necessárias infraestruturas de distribuição de água a curtas distâncias. De notar que a rega de espaços verdes urbanos é um dos maiores consumidores de água potável nas cidades, apesar deste fim não requerer potabilidade (Reyes-Paecke *et al.*, 2019).

Se o benefício ambiental associado à utilização de ApR na rega é evidente do ponto de vista da conservação da água, do ponto de vista da saúde pública e da preservação de solos e plantas persistem ainda algumas preocupações. Estas prendem-se com os riscos para a saúde associados à possível propagação de organismos patogénicos existentes na ApR que não são completamente removidos na ETAR, assim como com os riscos para o ambiente associados à presença de outros contaminantes com potencial de acumulação nos solos, de causar danos na vegetação e/ou de lixiviação para as águas subterrâneas (Qian, 2006). Diversos contaminantes têm vindo a ser identificados em águas residuais tratadas para reutilização, tais como poluentes orgânicos persistentes (POP), metais pesados, disruptores endócrinos, fármacos e produtos de higiene pessoal, endotoxinas, microrganismos patogénicos, antibióticos e subprodutos de desinfeção (Deng *et al.*, 2019). A presença e concentração destes e outros contaminantes em ApR depende grandemente da sua existência e teor no afluente da ETAR e do tratamento a que a água é sujeita. Deste modo, a utilização segura de ApR está intrinsecamente relacionada com a capacidade da ETAR para remover uma grande diversidade de contaminantes, muitos deles em concentrações muito baixas.

A legislação portuguesa (DL 119/2019) prevê o uso de ApR para rega agrícola, usos paisagísticos, urbanos e industriais e define os critérios de qualidade da água e as barreiras necessárias consoante os usos, numa abordagem *fit-for-purpose*.

Desta forma, pretende-se adequar o tratamento às necessidades da qualidade da água para cada uso. No que se refere à rega de espaços verdes urbanos, a qualidade da ApR poderá ser do tipo A ou B, dependendo do acesso ao espaço verde em questão ser restrito (tipo B) ou não (tipo A). Independentemente de ser do tipo A ou B, a rega de parques e outros espaços verdes urbanos exige os mais elevados níveis de qualidade da ApR e os tratamentos mais avançados.

Em 2019, apenas 1,2% das águas residuais tratadas em ETAR foram reutilizadas, maioritariamente em usos próprios das entidades gestoras das instalações de tratamento (ERSAR, 2020). A rega de espaços verdes urbanos em Portugal com ApR está ainda a dar os primeiros passos resumindo-se a alguns projetos piloto, como é exemplo o caso da rega do parque da Bela Vista, em Lisboa, em 2018 aquando de um festival de música.

2. UTILIZAÇÃO DE APR NA REGA DE ESPAÇOS VERDES URBANOS

A ApR tem vindo a ser utilizada para rega de parques e outras zonas verdes urbanas em vários países (Tabela 1). A sua utilização prolongada tem vindo a ser estudada em alguns locais, com vista à identificação de eventuais impactos ao nível do solo e da vegetação, bem como ao nível da propagação de contaminantes.

Tabela 1. Casos de estudo da utilização de ApR na rega de espaços verdes urbanos.

País	Duração da rega com ApR	Tipo de solo e vegetação	Referência
EUA (Colorado)	5 anos	Solo franco-argiloso com relva e pinheiros	Qian, 2006
China	3-9 anos	Solo franco arenoso com relva, arbustos e pinheiros	Chen <i>et al.</i> , 2015 Lyu and Chen, 2015
Australia	-	-	Han <i>et al.</i> , 2016
México	-	Solo argilo-siltoso	Palacios <i>et al.</i> , 2017
Espanha	5-15 anos	Solo franco-argiloso arenoso com relva, arbustos e cedros	Zalacáin <i>et al.</i> , 2019a, 2019b, 2019c the city of Madrid (Spain)

3. EFEITOS NO SOLO E VEGETAÇÃO

A rega com ApR fornece aos solos uma quantidade de nutrientes superior à da rega com água com uma qualidade compatível com o consumo humano,

devido aos elevados teores em carbono, fósforo e azoto. Logo, os solos continuamente regados com ApR apresentam maiores teores nestes elementos do que os regados com água potável (Chen *et al.* 2015). Em campos de golfe, onde as necessidades de rega são bastante superiores às dos espaços verdes urbanos, a rega com ApR permitiu até alcançar poupanças significativas em fertilizantes (Mujeriego *et al.*, 1996).

Os efeitos negativos no solo mais frequentemente associados à rega com ApR são as alterações das propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo e a introdução e acumulação de contaminantes químicos e biológicos (Becerra-Castro *et al.*, 2015). Se por um lado as alterações das propriedades do solo podem ter implicações no crescimento e saúde das plantas, a acumulação de contaminantes no solo de espaços verdes urbanos pode ter repercussões negativas ao nível da saúde pública e do ambiente (Becerra-Castro *et al.*, 2015).

A acumulação de sais em solos regados com ApR tem sido observada frequentemente (Andrews *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2015; Zalacáin *et al.*, 2019a), ainda que nem sempre seja acompanhada por alterações na estrutura do solo (Chen *et al.* 2015; Zalacáin *et al.* 2019a). A suscetibilidade da estrutura do solo à salinidade da água depende da natureza do solo, sendo que os solos arenosos são menos propensos à acumulação de sais (Qian, 2006). De facto, a rega de solos arenosos na China mostrou não haver salinização dos mesmos após a rega continuada com ApR, mas apenas uma ligeira alcalinização (Chen *et al.* 2015), enquanto que nos EUA, num parque com solos argilosos regado com ApR durante cinco anos, a condutividade elétrica do solo aumentou em 187%. Apesar do aumento do teor de sais na área da zona radicular poder conduzir a uma efetiva redução do crescimento da vegetação (Lazarova e Bahri, 2005), a rega com ApR de parques urbanos na China e em Espanha demonstrou não provocar stress na vegetação regada (Chen *et al.* 2015; Zalacáin *et al.* 2019c). Contudo, nos EUA, foi observada dez vezes mais necrose nas agulhas dos pinheiros e um ligeiro declínio no aspeto da relva após vários anos de rega com ApR (Qian, 2006). Na China, a acumulação de metais pesados nos solos dos parques regados com ApR foi insignificante (Chen *et al.*, 2015).

Han *et al.* (2016) e Lyu e Chen (2015) observaram o impacto da rega com ApR na abundância e diversidade da comunidade microbiana do solo, sugerindo a ApR como um fator influenciador da estrutura das comunidades bacterianas. Chen *et al.* (2015) concluíram que o uso de ApR nos parques estudados da China melhorou significativamente

a atividade dos microrganismos do solo e que, no geral, as condições de saúde do solo foram melhorando com a rega continuada com ApR. Também no México a rega com ApR não teve efeito negativo nos microrganismos indicadores da qualidade dos solos (Palacios *et al.*, 2017). Outros estudos apontam para diferenças irrelevantes na quantidade e tipo de microrganismos presentes em solos regados com águas subterrâneas e com águas residuais tratadas ao longo de 40 anos (Li *et al.*, 2019).

Em Espanha, num jardim de uma ETAR regado com ApR, foram detetados fármacos no solo, com predominância dos analgésicos e dos anti-inflamatórios (Biel-Maeso *et al.* 2018). Estes compostos foram encontrados no solo a 150 cm de profundidade, indicando lixiviação. No entanto a análise de risco ecotoxicológico mostrou um risco muito baixo.

4. EFEITOS NA ÁGUA SUBTERRÂNEA

O efeito da rega de solos com ApR nas massas de água subterrâneas tem sido pouco estudado, apesar de ser expectável que alguns dos contaminantes presentes na ApR possam atingir as águas subterrâneas por infiltração nos solos.

A qualidade das águas subterrâneas e do solo num campo de golfe após três anos de rega com ApR foi estudada por Candela *et al.* (2007). Foram detetadas alterações significativas nas características químicas do solo e do aquífero. As concentrações de cálcio e de magnésio na água subterrânea e, portanto, a dureza, aumentaram. Os valores constantes de sódio durante o período de monitorização foram justificados pela acumulação de sódio no solo, o que ocasionou a salinização das camadas superiores do mesmo. A alteração mais significativa nas águas subterrâneas foi o aumento de cloretos, da ordem de 400 mg/ano. Os mesmos autores demonstraram a importância da zona insaturada do solo, atuando como um sistema de tampão, minimizando a contaminação das águas subterrâneas de contaminantes microbiológicos e químicos.

Segundo Toze (2006), o aumento da salinidade das águas subterrâneas devido à rega com ApR é de certa forma inevitável. Contudo, o mesmo autor também refere que são as características do solo, da qualidade da ApR e a salinidade inicial da água subterrânea que determinam o impacto que o sal tem na qualidade da água. Isto é, se a água subterrânea já tiver elevada concentração de sal, então o sal adicional tem impacto limitado.

5. RISCOS PARA A SAÚDE PÚBLICA E O AMBIENTE

Até à data não foram reportadas situações de efeitos adversos na saúde humana diretamente associados ao contacto ou inalação de ApR usada na rega de espaços verdes urbanos. Contudo, não são de descurar possíveis impactos na saúde pública quer por contacto direto com a ApR, quer por contacto com os solos regados. Os riscos para a saúde pública associados à ApR dependem não só da qualidade da ApR mas também das vias de exposição aos contaminantes. Uma vez que a rega por aspersão predomina em muitos parques urbanos, associada às áreas de relvado, existe a possibilidade de inalação de compostos orgânicos voláteis e/ou aerossóis. O risco de cancro associado à inalação de subprodutos da desinfecção da ApR é superior para os trabalhadores dos parques, presentes no momento da rega, do que para os visitantes (Wang *et al.*, 2013). Um fator determinante para a exposição destes trabalhadores é a diferença de alturas entre os mesmos e os aspersores.

Palacios *et al.* (2017) detetaram *Escherichia coli* (*E. coli*), *Salmonella* e bactérias resistentes a antibióticos em ApR e solos regados com a mesma em parques urbanos do México. Foi também observado um aumento significativo de *E. coli* causado pela estagnação da água nos reservatórios de ApR dos parques, em particular nos meses de verão. Nos solos de parques urbanos da China e da Austrália foram igualmente encontrados resíduos de antibióticos (Wang *et al.* 2014) e observado um aumento significativo de genes de resistência a antibióticos (Han *et al.*, 2016). Os solos dos parques regados com ApR apresentaram uma maior diversidade e abundância destes genes comparativamente aos regados com água tratada para consumo humano.

CONCLUSÕES

A utilização de ApR na rega de espaços verdes urbanos pode permitir reduzir o consumo de água para consumo humano e melhorar algumas características dos solos, nomeadamente a estrutura microbiana e o conteúdo em matéria orgânica, fósforo e azoto. Contudo, foram observados impactos negativos, como a salinização dos solos e a acumulação de contaminantes (fármacos, microrganismos patogénicos, genes de resistência a antibióticos, etc.), com potencial para lixiviar e contaminar as águas subterrâneas.

A utilização de ApR na rega de espaços verdes urbanos carece, portanto, de uma avaliação de

risco cuidada, com base no conhecimento das condições *in situ*, nomeadamente das condições climáticas locais, das propriedades do solo e da sua capacidade de drenagem, das necessidades hídricas e da tolerância à salinidade da vegetação existente e das características químicas e microbiológicas da ApR à saída da ETAR. Algumas medidas de gestão podem ajudar a mitigar os riscos, como a escolha de espécies mais tolerantes à salinidade, a adequação dos volumes de rega às necessidades hídricas do espaço (evitando perdas excessivas e acumulação de contaminantes) e a adoção de barreiras entre o ponto de aplicação e os trabalhadores e visitantes dos parques (e.g., restrição de acesso, distância entre os aspersores e locais de passagem).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CERIS pelo financiamento do projeto de investigação exploratório ENSURE – Enabling Safe Wastewater Reuse in Urban Areas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrews DM, Robb T, Elliott H, Watson JE (2016) Impact of Long-term Wastewater Irrigation on the Physicochemical Properties of Humid Region Soils: “ The Living Filter ” Site Case Study. *Agricultural Water Management* 178, 239–247.

Becerra-Castro C, Lopes AR, Vaz-Moreira I, Silva EF, Manaia CM, Nunes OC (2015) Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. *Environment International* 75, 117–135.

Biel-Maeso M, Corada-Fernández C, Lara-Martín PA (2018) Monitoring the occurrence of pharmaceuticals in soils irrigated with reclaimed wastewater. *Environmental Pollution* 235, 312–321.

Candela, L., Fabregat, S., Josa, A., Suriol, J., 2007. Assessment of Soil and Groundwater Impacts by Treated Urban Wastewater Reuse . A Case Study: Application in a Golf Course (Girona , Spain). *Science of the Total Environment*. 374, 26–35.

Chen, W, Lu S, Pan N, Wang Y, Wu L (2015) Impact of Reclaimed Water Irrigation on Soil Health in Urban Green Areas. *Chemosphere* 119, 654–661.

Deng S, Yan X, Zhu Q, Liao C (2019) The Utilization of Reclaimed Water: Possible Risks Arising from

- Waterborne Contaminants. *Environmental Pollution* 254, 1–16.
- ERSAR (2020) Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal. Volume 1 - Caracterização do Setor de Águas e Resíduos.
- Han X-M, Hu H-W, Shi X-Z, Wang J-T, Han L-L, Chen D, He J-Z (2016) Impacts of Reclaimed Water Irrigation on Soil Antibiotic Resistome in Urban Parks of Victoria, Australia. *Environmental Pollution* 211, 48–57.
- Lazarova V, Bahri A (2005) *Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscape and Turfgrass*. CRC Press.
- Li, B., Cao, Y., Guan, X., Li, Y., Hao, Z., Hu, W., Chen, L., 2019. Microbial assessments of soil with a 40-year history of reclaimed wastewater irrigation. *Science of the Total Environment*. 651, 696–705.
- Lyu S, Chen W (2015) Soil Quality Assessment of Urban Green Space under Long-term Reclaimed Water Irrigation. *Environmental Science and Pollution Research* 23, 4639–4649.
- Mujeriego R, Sala L, Carbó M, Turet J (1996) Agronomic and public health assessment of reclaimed water quality for landscape irrigation. *Water Science & Technology* 33, 335–344.
- Palacios OA, de la Serna FJ, Ballinas-Casarrubias ML, Espino-Valdés MS, Nevárez-Moorillón GV (2017) Microbiological impact of the use of reclaimed wastewater in recreational parks. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14, 1009.
- Qian Y (2006) *Urban Landscape Irrigation with Recycled Wastewater*. Colorado Water Resource Research Institute. Completion Report Number 204.
- Reyes-Paecke, S., Gironás, J., Melo, O., Vicuña, S., Herrera, J. (2019) Irrigation of green spaces and residential gardens in a Mediterranean metropolis: Gaps and opportunities for climate change adaptation. *Landscape and urban planning* 182, 34-43.
- Toze, S., 2006. Reuse of Effluent Water — Benefits and Risks. *Agricultural Water Management*. 80, 147–159.
- Wang CC, Niu ZG, Zhang Y (2013) Health risk assessment of inhalation exposure of irrigation workers and the public to trihalomethanes from reclaimed water in landscape irrigation in Tianjin, North China. *Journal of Hazardous Materials* 262, 179–188.
- Zalacáin D, Bienes R, Sastre-Merlín A, Martínez-pérez S (2019a) Influence of Reclaimed Water Irrigation in Soil Physical Properties of Urban Parks: A Case Study in Madrid (Spain). *Catena* 180, 333–340.
- Zalacáin D, Martínez-pérez S, Bienes R, García-díaz A, Sastre-Merlín A (2019b) Turfgrass Biomass Production and Nutrient Balance of an Urban Park Irrigated with Reclaimed Water. *Chemosphere* 237, 124481.
- Zalacáin D, Martínez-Pérez S, Bienes R, García-Díaz A, Sastre-Merlín A (2019c) Salt Accumulation in Soils and Plants under Reclaimed Water Irrigation in Urban Parks of Madrid (Spain). *Agricultural Water Management* 213, 468–476.

LEGISLAÇÃO

Decreto-Lei n 119/2019; estabelece o regime jurídico de produção de água para reutilização, obtida a partir do tratamento de águas residuais, bem como da sua utilização. Diário da República n.º 159/2019, Série I de 2019-08-21, páginas 21-44.