

Circularidade da água: casos de estudo

Water circularity: case studies

Cristina Matos¹ , Isabel Bentes¹ 

RESUMO

A sociedade e as empresas têm cada vez mais a necessidade de caminhar para uma economia circular, um conceito que surgiu como resposta às desvantagens do modelo de crescimento convencional de extrair-produzir-consumir-dispor e à mudança para um desenvolvimento sustentável. Os potenciais benefícios econômicos, sociais e ambientais de avançar para uma economia circular são convincentes: até 2030, a Europa espera ver uma duplicação dos benefícios econômicos, crescimento de 11% nos rendimentos médios disponíveis e redução para metade das emissões de dióxido de carbono. Para o setor da água, que inclui todas as instituições e indivíduos responsáveis pela gestão do ciclo da água, a transição para uma economia circular apresenta a oportunidade para acelerar e ampliar a investigação e os avanços tecnológicos que sustentam maior eficiência no setor. Os serviços públicos de água, saneamento e águas residuais podem tornar-se motores da economia circular. Os sistemas de abastecimento de água existentes são a maioria das vezes ineficientes desde a captação até o consumidor final e, posteriormente, de volta à origem. Essa ineficiência pode manifestar-se em qualquer um dos componentes dos sistemas. Existem grandes perdas de água na grande maioria das vezes já tratada, para além de haver grandes desperdícios e má utilização, o que faz exacerbar a lacuna entre a oferta e a procura de água doce disponível e o seu custo para o consumidor final. O caminho da água deve ser desenvolvido como um sistema de circuito fechado, com opções de qualidade de água em cascata, cujo nível deve ser determinado e diferenciado por uso. Neste artigo, apresentam-se três casos de estudo, no domínio do aproveitamento das águas pluviais, desenvolvidos pelas autoras, e respectiva viabilidade económica, servindo de base a uma reflexão sobre a aplicabilidade dessas soluções técnicas de forma a poderem ser economicamente viáveis, contribuindo para a circularidade da água e, por conseguinte, para o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: água; circularidade; reutilização; aproveitamento de águas pluviais.

ABSTRACT

Society and companies increasingly need to move toward a circular economy, a concept that emerged in response to the conventional "take-make-consume and play" growth model, and the shift toward sustainable development. The potential environmental and socio-economic benefits available to a circular economy are compelling: by 2030, Europe expects to see a doubling of economic benefits, an 11% yield in economics, and a halving of social savings in carbon dioxide. For the water sector – which includes water institutions and management sustaining the water cycle – the transition to a circular economy reveals an opportunity to present technological advances that increase efficiency in the sector. Public water, sanitation, and wastewater services can become engines of the circular economy. Existing water systems are often inefficient from catchment to consumer, and then back to catchment. This inefficiency can manifest itself in any of the components of the systems. There are large losses of water, most of the time already treated, due to listed and misused water. Such systems continue to exacerbate a gap between the supply of and demand for available freshwater and its cost to the end consumer. The water path should be developed as a closed-loop system, with cascading water quality options, determined and differentiated by use. This article presents three case studies, in the field of rainwater harvesting, developed by the authors, and respective economic viability, serving as a basis for a reflection on the applicability of these technical solutions in order to be economically viable, contributing to the circularity of water and, consequently, for sustainable development.

Keywords: water; circularity; reuse; rainwater harvesting.

¹Departamento de Engenharias, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental - Vila Real, Portugal.

*Endereço para correspondência: Quinta de Prados, Vila Real, Portugal. E-mail: crismato@utad.pt

INTRODUÇÃO

A água é um bem indispensável à vida. Por isso, a sua escassez em algumas zonas do globo é uma das maiores preocupações do mundo atual. Esse problema exige uma política de racionalização da utilização da água (MATTEO; BUTERA; REVELLI, 2022), evitando sobretudo o seu desperdício e promovendo mudanças comportamentais (RANDHIR; AXELSON, 2019), nomeadamente no sentido de adaptar a qualidade da água ao fim para o qual vai ser utilizada.

As diretrizes europeias adotadas por Portugal evidenciam a necessidade de promoção da economia circular. Se em alguns setores de atividade, como nos resíduos, tal propósito é nítido, nos recursos hídricos ainda há um longo caminho a percorrer e entaves a ultrapassar. A implementação de medidas que visam à circularidade desse recurso é uma oportunidade para que os setores da água e do saneamento se alinhem com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas.

A água é o recurso mais circular que existe, começando pelo seu ciclo natural, ciclo hidrológico, e acabando na sua utilização, recorrendo a técnicas de recuperação intensivas que permitem a sua rápida reutilização. Todavia, continua a não se adaptar o grau de tratamento necessário ao tipo de uso a que se destina, potabilizando a água para fins que não o justificam, nomeadamente na rega de jardins públicos e privados das habitações, na lavagem das ruas e outros pavimentos, na lavagem dos veículos, nos autoclismos, entre outros. A maioria das estratégias de incremento da circularidade de uso da água se assenta no conceito de *fit to purpose*.

A circularidade sustentável da água levanta alguns desafios. Os maiores desafios estão relacionados com a qualidade, a quantidade, a eficiência e a segurança na sua utilização, bem como com mudanças comportamentais (MIRANDA *et al.*, 2022).

Como já referido, deve-se adequar a qualidade da água ao uso a que se destina, criando diferentes níveis de qualidade em cascata e adequando cada nível a determinados tipos de utilização, não consumindo, como atualmente, água tratada, de elevada qualidade, ou seja, água cara, para fins que não o justifiquem.

Relativamente à quantidade, a distribuição da água pelo território é cada vez mais irregular, tendo-se vindo a acentuar as cheias e os longos períodos de seca. A procura de origens de água alternativas para o desenvolvimento das atividades humanas tem de passar pelo aproveitamento da água pluvial, da água residual tratada e das águas cinzentas, bem como por maior investimento no armazenamento da água das épocas úmidas para as secas e por uma gestão mais eficiente das bacias hidrográficas, tendo ainda em conta o aproveitamento das energias renováveis na gestão do armazenamento da água e que implica problemas de qualidade da água (CROSSON, 2020).

Quanto à eficiência na sua utilização, há que se continuar a trabalhar no sentido de reduzir as perdas nos sistemas de abastecimento e de rega, utilizar equipamentos mais eficientes, diminuir o desperdício, bem como adotar todo o conjunto de pequenas medidas que possam contribuir para aumentar a eficiência.

A utilização de origens de água alternativas às da rede pública, bem como a recirculação da água de jusante para montante das barragens, encerra em si problemas de segurança da água quer para a saúde humana, quer para o meio ambiente, devendo ser claramente legisladas as condições de uso dessa água.

Há ainda muito a trabalhar no domínio das mudanças comportamentais que aceitem e promovam os desafios anteriores.

Existe uma grande diversidade de soluções que podem conduzir à circularidade sustentável da água, entre as quais se destacam:

- O aproveitamento das águas pluviais *in situ*, que usa soluções simplificadas a nível de tratamento, mas exige armazenamento das épocas úmidas para as épocas secas ou utilização dessa origem de água, como alternativa à da rede pública, quando existe disponibilidade;
- A reutilização da água *in situ* (ARDEN *et al.*, 2020), recorrendo a dispositivos simples e individuais de utilização;
- A reutilização da água após tratamento na estação de tratamento de águas residuais para irrigação ou para utilização urbana. Neste último caso se necessita da existência de uma rede geral de distribuição.

As soluções descritas podem não ser estanques, mas sim integradas. Das soluções apresentadas individualmente, a que aparenta ser mais segura e econômica parece ser a primeira (THAPA *et al.*, 2022). Por um lado, porque a qualidade da água pluvial não é comparável à de nenhum tipo de água residual, não necessitando de tratamento ou necessitando de um tratamento simplificado, o que implica que a sua utilização seja mais segura e econômica, porém a distribuição temporal e espacial da precipitação pode levar a que, de acordo com o tipo de utilização, seja necessária a construção de sistemas de armazenamento que podem inviabilizar os sistemas. Não sendo óbvias essas análises, é preciso efetuar estudos que nos conduzam a um melhor enquadramento de todas as políticas e soluções técnicas de forma a podermos caminhar de maneira rápida e segura para uma circularidade da água.

Neste trabalho, são apresentados três casos de estudo, desenvolvidos pelas autoras, no domínio do aproveitamento das águas pluviais (SAAP), e respectiva viabilidade econômica, servindo de base a uma reflexão sobre a aplicabilidade dessas soluções técnicas de modo a poderem ser economicamente viáveis, contribuindo para o incremento da circularidade da água e, por conseguinte, para o desenvolvimento sustentável.

ENQUADRAMENTO

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2022), a estratégia definida para a reutilização da água em Portugal é a seguinte: integrar os últimos desenvolvimentos sobre a matéria, a nível da Europa; abranger usos não potáveis (urbanos, agrícolas, florestais, industriais, paisagísticos, entre outros), incluindo o suporte de ecossistemas; avaliar potenciais produtores e potenciais utilizadores; definir um regime flexível, mas com mecanismos que garantam a segurança para a saúde e para o ambiente.

A reutilização de água residual tratada integra o Plano de Ação para a Economia Circular no Setor das Águas, introduzindo o regime jurídico que regulamenta a produção de águas para reutilização, obtidas de águas residuais tratadas (PORTUGAL, 2019).

A nível internacional, diversas organizações, nomeadamente a Organização Mundial da Saúde, têm vindo a

desenvolver estratégias com vistas à promoção da reutilização de água, com base no desenvolvimento de normas que objetivam a proteção da saúde pública. Também a Organização Internacional de Normalização (ISO) tem vindo a desenvolver normas que propõem a utilização de águas residuais tratadas para rega, usos urbanos e usos industriais, bem como a avaliação do risco para a saúde (ISO/TC 282, 2021). No campo de ação da Diretiva-Quadro da Água (PARLAMENTO EUROPEU, 2000), foi adotado um guia para a promoção da reutilização de água, para o uso na rega agrícola de águas residuais de origem urbana (abrangidas pela Diretiva 91/271/CEE do Conselho, de 21 de maio de 1991, transposta para o direito nacional pelo Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho de 1997). O Regulamento UE 2020/741 do Parlamento Europeu e do Conselho da Europa, de 25 de maio de 2020, estabelece requisitos mínimos para a qualidade da água e a respectiva monitorização, além de disposições sobre a gestão dos riscos, para a utilização segura da água para reutilização no contexto da sua gestão integrada (EUROPEAN UNION, 2020). Esse regulamento é aplicável sempre que as águas residuais urbanas tratadas sejam utilizadas para a rega agrícola, e um dos seus objetivos se prende precisamente à promoção da economia circular (**Figura 1**). O Decreto-Lei nº 119/2019, de 21 de agosto de 2019, já contempla a maioria das disposições do referido regulamento.



Figura 1 - Urbanização O Professor, em Vila Real.

A Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais (2022) tem publicado algumas normas técnicas que ajudam na concepção e no dimensionamento de instalações de aproveitamento de águas pluviais e sistemas de reutilização de águas cinzentas tratadas. São as seguintes:

- Comissão Técnica 0701: sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios;
- Comissão Técnica 0905: reutilização e reciclagem de águas cinzentas.

As normas publicadas fornecem indicações para se conseguir aplicar sistemas descentralizados de aproveitamento de águas cinzentas tratadas.

DESCRIÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

Neste artigo, como já referido, descrevem-se três casos de estudo focados na utilização de águas pluviais, para usos não potáveis, desenvolvidos em Portugal. Esses casos referem-se a SAAPs desenhados no âmbito de trabalhos de investigação desenvolvidos pelas autoras e que evidenciam a importância do dimensionamento, da seleção, do tipo de utilização e do estudo econômico na avaliação da viabilidade desses sistemas.

Metodologia

Nos casos de estudo descritos neste artigo existiu sempre o objetivo primordial de implementar medidas de circularidade no que respeita à utilização da água. Tecnicamente, a metodologia empregada para dimensionamento dos sistemas de aproveitamento de água pluvial consistiu na aplicação do método de Rippl nas situações concretas, estimando as necessidades de água, que, dependendo dos casos, podem ser para rega, para descarga de autoclismos e para lavagem de pavimentos. Estimou-se também a oferta de água em cada caso, e avaliaram-se diferentes situações correspondentes à regularização anual ou a períodos de regularização inferiores à anual.

O primeiro desses casos de estudo se refere ao dimensionamento de um SAAP para uma cooperativa residencial (**Figura 1**) para utilização na rega dos jardins das habitações; o segundo, ao dimensionamento de um SAAP para o *campus* da Universidade de Trás-os-Montes e Alto

Douro (**Figura 2**), também para rega das zonas verdes; e o terceiro, ao dimensionamento de um SAAP para o Centro Comercial Dolce Vita Braga (**Figura 3**), tendo-se estudado inúmeros cenários que contemplaram diferentes combinações de utilização nos autoclismos, na lavagem dos pavimentos e na rega das zonas verdes.

O primeiro caso de estudo desenvolveu-se na Cooperativa O Professor, que é constituída de 99 moradias com dois pisos e que possuem jardins em frente aos seus alçados principais e posteriores (**Figura 1**). Esse estudo foi orientado no sentido de fazer o aproveitamento da água pluvial para a rega desses jardins, aproveitando a água pluvial do inverno para o verão, atendendo aos constantes apelos das entidades para reduzir ou eliminar a rega dos jardins com água da rede atendendo à seca que se tem vindo a sentir em Portugal no verão.

Foram projetadas uma rede para transporte da água pluvial proveniente dos telhados das habitações até um reservatório de armazenamento e uma rede de abastecimento de água pluvial para alimentar a rega dos jardins das moradias da referida urbanização vinda do reservatório (SILVA; DIAS; PEREIRA, 2009). Do sistema de tratamento da água, faz parte um filtro com escoamento sub-superficial vertical, constituído de sucessivas camadas de

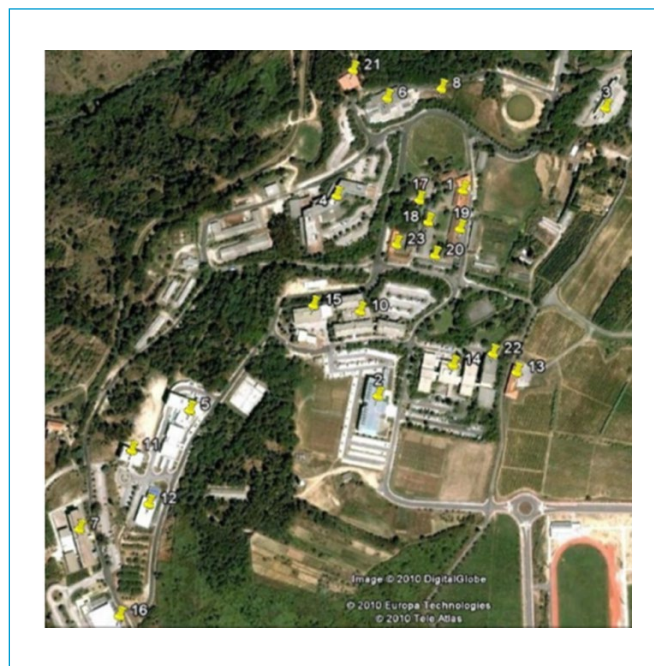


Figura 2 - Campus da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

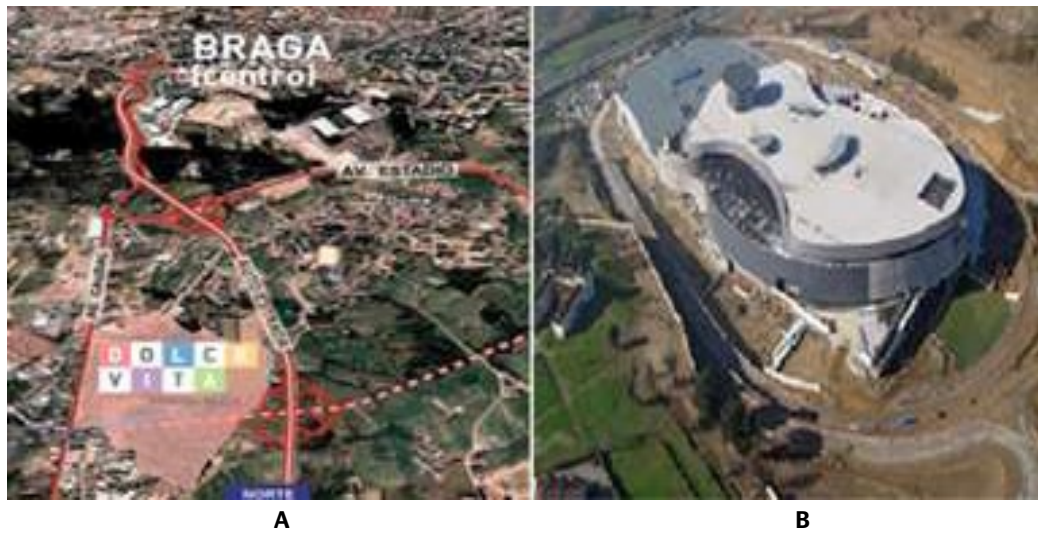


Figura 3 – Dolce Vita Braga.

gravilha e areia de granulometria variável, para eliminação das partículas de maior dimensão transportadas pela água pluvial e que poderiam danificar o sistema de rega.

O segundo caso de estudo corresponde aos estudos efetuados para o *campus* da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (**Figura 2**) e consistiu no aproveitamento das águas pluviais captadas em várias coberturas do *campus* universitário, com área de 12.700 m², para armazenamento em um ou vários reservatórios de acordo com o cenário estudado, do qual, posteriormente, a água seria aproveitada para a rega de espaços verdes do *campus*, que tem necessidade anual de água de 16.500 m³. O sistema inclui, ainda, cerca de 2.000 m de rede de transporte de água das coberturas ao reservatório e 2.800 m de rede desde o reservatório até as zonas de rega (CORDEIRO, 2012).

Posteriormente, refez-se o estudo considerando uma solução simplificada para armazenamento da água.

O terceiro caso de estudo corresponde à concepção de um SAAP para o Centro Comercial Dolce Vita Braga, cuja construção implicou uma área de intervenção de 159.971 m², sendo a área útil da zona comercial de 46.611 m² e a área bruta de 90.000 m². Estruturalmente, o edifício comercial distribui-se por três pisos com um parque de estacionamento com área total de 62.000 m², repartido por quatro caves, correspondendo a 2.750 lugares de estacionamento automóvel (**Figura 3**).

Estudaram-se, para essa infraestrutura, vários cenários de utilização de água pluvial, considerando a sua recolha do telhado e diferentes possibilidades de utilização (auto-clismos, lavagem dos pavimentos incluindo os parques de estacionamento e rega dos jardins) e períodos de regularização (regularização anual e de sete meses correspondendo aos períodos mais chuvosos), que conduziram a diversas capacidades para os tanques de armazenamento de água pluvial (MATOS *et al.*, 2013; MATOS *et al.*, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após aplicação do método de Rippl ao caso de estudo 1, o estudo da regularização anual dos caudais conduziu a um reservatório com capacidade de 1.400 m³ (PEREIRA *et al.*, 2009). A descrição completa da solução apresentada, bem como o estudo de viabilidade econômica, encontra-se detalhadamente em Pereira, Matos e Bentes (2010), exibindo-se neste trabalho somente o resumo dos resultados finais do estudo econômico.

Na **Tabela 1**, há o período a partir do qual o projeto se tornou rentável e o valor líquido atualizado (VLA) no horizonte de projeto para taxas de atualização de 3, 4, 5 e 5,28%.

Analisando-se os resultados, pode-se dizer que só com VLA inferiores a 5,28% o projeto começa a ser rentável, tendo-se considerado 40 anos o horizonte de projeto.

No que diz respeito ao caso de estudo 2, do dimensionamento de um SAAP para o *campus* da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, consideraram-se os seguintes cenários de acordo com a localização das coberturas dos edifícios e a sua posição altimétrica relativamente às zonas a regar (**Quadro 1**).

A descrição completa da solução, bem como o estudo de viabilidade econômica, encontra-se detalhadamente em Cordeiro (2012), apresentando-se neste trabalho somente o resumo dos resultados finais do estudo econômico, considerando-se duas metodologias para cada cenário de acordo com o método utilizado para calcular o custo do reservatório (**Tabela 2**). Há que se salientar que nesse caso de estudo a regularização de caudais foi também anual.

Se o VLA for nulo, o investimento não proporcionará nem lucro nem déficit. Os resultados obtidos mostram que para todos os cenários, para além de ser negativo, o VLA no horizonte de projeto continua muito elevado. Isso significa que, mesmo que a taxa de atualização usada fosse menor, o resultado continuaria negativo. Logo, o projecto seria sempre inviável. A metodologia de cálculo usada na estimativa de custo dos reservatórios influencia significativamente os resultados. Quanto maior for o

volume do reservatório, mais vantajosa fica a aplicação da metodologia 1. Para o cenário A, em que existe o reservatório de maior capacidade, o VLA é mais favorável aplicando-se a metodologia 1. Ao contrário, para os cenários B, C e D, é mais favorável aplicando-se a metodologia 2. Independentemente do cenário escolhido, a instalação de um SAAP no *campus* da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro é bastante inviável economicamente.

Existem vários fatores que contribuem para a inviabilidade econômica constatada nesse caso de estudo. A configuração geográfica do local de instalação do SAAP proporciona vários entraves à realização de um SAAP viável. Os edifícios e os relvados estão espalhados pelo *campus*, fazendo com as redes de drenagem e de distribuição sejam extensas, aumentando dessa forma os custos do investimento. A nível altimétrico, pode-se dizer que o planeamento dos espaços verdes não é o mais favorável à instalação de um SAAP. De fato, as maiores áreas relvadas estão a um nível altimétrico alto, acima de quase todos os edifícios. A área dos relvados do parque desportivo representa cerca de 70% da área total de relvados do *campus*, enquanto as áreas de cobertura que poderiam contribuir

Tabela 1 - Resultados do estudo econômico para o caso de estudo 1.

| Taxa de atualização (%) | Payback do projeto | Valor líquido atualizado no horizonte de projeto |
|-------------------------|-----------------------------|--|
| 5,28 | 40 anos | 0 |
| 5 | 36 anos + 6 meses + 8 dias | 8.429,76 |
| 4 | 31 anos + 2 meses + 10 dias | 43.999,90 |
| 3 | 27 anos + 18 dias | 90.452,20 |

Tabela 2 - Resultados do estudo econômico para o caso de estudo 2: primeira fase.

| Cenário | Taxa de atualização (%) | Valor líquido atualizado no horizonte de projeto: Metodologia 1 | Valor líquido atualizado no horizonte de projeto: Metodologia 2 |
|---------|-------------------------|---|---|
| A | 8,375 | -862150,2 | -1008875,2 |
| B | 8,375 | -591279,6 | -373272,8 |
| C | 8,375 | -800092,3 | -731174,3 |
| D | 8,375 | -496022,1 | -316399,1 |

Quadro 1 - Cenários considerados no estudo.

| Cenário | Descrição |
|---------|--|
| A | Transporte da água pluvial desde as coberturas até os reservatórios por gravidade para um único reservatório, mas recurso a bombagem para a rega das zonas verdes |
| B | Subdivisão do sistema em quatro subsistemas de forma a que o transporte da água pluvial desde as coberturas até os reservatórios seja feito por gravidade, bem como a rega das zonas verdes |
| C | Subdivisão do sistema em três subsistemas de forma a que o transporte da água pluvial desde as coberturas até os reservatórios seja feito por gravidade, bem como cerca de 30% da rega das zonas verdes. Os restantes 70% seriam feitos por bombagem (zona do parque desportivo). |
| D | Subdivisão do sistema em três subsistemas de forma a que o transporte da água pluvial desde as coberturas até os reservatórios seja feito por gravidade, bem como cerca de 30% da rega das zonas verdes. Os restantes 70% seriam regados com água da rede pública (zona do parque desportivo). |

para um reservatório colocado nessa zona ficam pelos 7% da área total de coberturas.

Outro motivo pelo qual a aplicação de SAAP é inviável é referente às condições meteorológicas da zona estudada, que são particularmente difíceis para plantas como a relva. Existe um clima de extremos, a precipitação é muita durante o inverno, quando as necessidades da planta em água são baixas, no entanto no verão as precipitações escasseiam, enquanto as necessidades de água da relva aumentam significativamente por causa do aumento da temperatura e da diminuição da umidade relativa. Tais extremos fazem com que a quantidade de água para rega que deve ser acumulada para satisfazer às necessidades seja grande. Consequentemente, os reservatórios devem ter dimensões importantes, o que tem peso significativo no custo do investimento.

Haja vista o fato de os reservatórios terem peso importante na viabilidade do projeto e entendendo que a finalidade da água é a rega, estudou-se ainda a viabilidade da utilização de soluções de armazenamento simplificadas como as representadas na **Figura 4**.

A descrição completa das soluções, bem como o estudo de viabilidade econômica, encontra-se detalhadamente em Santos (2019), apresentando-se neste trabalho somente o resumo dos resultados finais do estudo econômico referentes à solução idêntica à do cenário A, já referido (transporte da água pluvial desde as coberturas até os reservatórios por gravidade para um único reservatório, mas recurso a bombagem para a rega das zonas



Figura 4 - Soluções de armazenamento simplificadas.

verdes), mas considerando uma solução simplificada de armazenamento (**Tabela 3**).

Nesse caso, chegou-se a 13 anos para período de retorno do investimento (*payback* do projeto) e à taxa de atualização de 8%, evidenciando o peso do tipo de reservatório na viabilidade do projeto.

No que se refere ao caso de estudo 3, após a definição de diversos cenários em que se analisaram diferentes possibilidades de usos não potáveis (**Quadro 2**) e que podem ser consultados com mais detalhes no estudo já publicado, estão na **Tabela 4** os resultados referentes

Tabela 3 - Resultados do estudo econômico para o caso de estudo 2: segunda fase.

| Taxa de atualização | Payback do projeto | Valor líquido atualizado no horizonte de projeto |
|---------------------|--------------------|--|
| 8% | 13 anos | 146.652,60 |

Quadro 2 - Cenários estudados no caso de estudo 2.

| Cenários | Usos não potáveis preconizados | | |
|----------|--------------------------------|----------------|-----------------|
| | Autoclismos | Pavimentos | Rega de jardins |
| 1 | Autoclismos | Pavimentos | Rega de jardins |
| 2 | - | Pavimentos | Rega de jardins |
| 3 | Autoclismos | Pavimentos | - |
| 4 | Autoclismos | - | Rega de jardins |
| 5 | - | - | Rega de jardins |
| 6 | - | Pavimentos | - |
| 7 | Autoclismos | - | - |
| 8 | 50% Autoclismos | Pavimentos | Rega de jardins |
| 9 | 40% Autoclismos | Pavimentos | Rega de jardins |
| 10 | 30% Autoclismos | Pavimentos | Rega de jardins |
| 11 | 50% Autoclismos | - | Rega de jardins |
| 12 | 60% Autoclismos | - | Rega de jardins |
| 13 | Autoclismos | 50% Pavimentos | - |

Tabela 4 - Resultados do estudo econômico do caso de estudo 3.

| Cenário | Taxa de atualização (%) | Payback do projeto |
|---------|-------------------------|--------------------|
| 1 | 10 | 1 ano + 5 meses |
| 1 | 5 | 1 ano + 4 meses |
| 11 | 10 | 6 anos |
| 11 | 5 | 5 anos |
| 13 | 10 | 5 anos |
| 13 | 5 | 4 anos |

aos cenários cujo estudo econômico apresentou melhores resultados. Esses resultados mostraram-se bastante encorajadores para implementação real do projeto, mas há que se salientar que foi utilizada uma regularização de caudais correspondente aos sete meses do ano, os meses mais chuvosos. Ou seja, nos sete meses mais chuvosos a água utilizada nos fins considerados provinha do SAAP, e nos três meses mais secos do ano, da rede pública. Dessa forma, foi possível reduzir substancialmente a dimensão do reservatório e o tempo necessário para o *payback* do projeto.

CONCLUSÕES

A reutilização *in situ* para rega, atendendo ao clima em Portugal, com verões quentes e secos e invernos frios e chuvosos, obriga a uma regularização anual, o que implica grandes capacidades de armazenamento, tornando a viabilização desse tipo de solução bastante difícil.

É por vezes mais adequada a utilização de diversos sub-sistemas com reservatórios de capacidade mais reduzida do que um sistema com um único reservatório de grandes dimensões. Para rega, podem ser adotadas soluções de armazenamento simplificadas, tais como depressões

impermeabilizadas no terreno, que se mostram muito mais econômicas.

No caso da utilização *in situ*, nos edifícios, para os autoclismos e lavagem dos pavimentos, por exemplo, a regularização anual dos caudais pluviais não é uma boa solução, sendo muito econômica a utilização da água pluvial nos períodos chuvosos, o que implica uma capacidade de armazenamento muito reduzida e dispensa a aquisição de água tratada, muito embora nos períodos secos seja necessário recorrer à água da rede de distribuição.

Torna-se premente a disseminação de sistemas de abastecimento que usem fontes de água alternativas em fins não potáveis, contribuindo assim para os princípios de circularidade da água. As descargas de autoclismos, a lavagem de veículos e pavimentos e a rega de jardins e similares são usos em que a quantidade de água exigida é elevada e em que a qualidade da água pode ser inferior à da água potável, constituindo fins potenciais de reutilização. A utilização de águas pluviais pode revelar-se uma prática a considerar desde que a sua quantidade e qualidade sejam suficientes para suprir a procura para os fins referidos e se mostrem economicamente viáveis.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (APA). *Água para reutilização*. Portugal: APA, 2022. Disponível em: <https://apambiente.pt/agua/agua-para-reutilizacao-apr>. Acesso em: 3 jun. 2022.

ARDEN, S.; MORELLI, B.; SCHOEN, M.; CASHMAN, S.; JAHNE, M.; MA, X.; GARLAND, J. Human health, economic and environmental assessment of onsite non-potable water reuse systems for a large, mixed-use urban building. *Sustainability*, v. 12, n. 13, p. 5459, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12135459>

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A QUALIDADE DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS. *Portal*. Disponível em: <https://anqip.pt>. Acesso em: 3 jun. 2022.

CORDEIRO, M.P.A. *Caso de estudo de um sistema de aproveitamento de água pluvial para rega de zonas verdes no Campus da UTAD*. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2012.

CROSSON, C. Answering the supply-demand gap with alternative water sources: retrofitting cities to achieve net zero urban water. *Landscape Journal*, v. 39, n. 1, p. 1-20, 2020.

EUROPEAN UNION. *Diretiva 91/271/CEE do Conselho, de 21 de maio de 1991*. European Union, 1991. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/271/oj>. Acesso em: 4 maio 2023.

EUROPEAN UNION. Regulamento 2020/741 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de maio de 2020. *Jornal Oficial da União Europeia*, 2020. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/271/oj>. Acesso em: 4 maio 2023.

ISO/TC 282. *Technical Committees Water reuse*. 2021. Disponível em: <https://www.iso.org/committee/4856734.html>. Acesso em: 4 maio 2023.

- MATOS, C.; BENTES, I.; SANTOS, C.; IMTEAZ, M.; PEREIRA, S. Economic analysis of a rainwater harvesting system in a commercial building. *Water Resources Management*, v. 29, p. 3971-3986, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-1040-9>
- MATOS, C.; SANTOS, C.; PEREIRA, S.; BENTES, I.; IMTEAZ, M. Rainwater storage tank sizing: case study of a commercial building. *International Journal of Sustainable Built Environment*, v. 2, n. 2, p. 109-118, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.04.004>
- MATTEO, C.; BUTERA, I.; REVELLI, R. Water savings and urban storm water management: evaluation of the potentiality of rainwater harvesting systems from the building to the city scale. *PLoS One*, v. 17, n. 11, e0278107, 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278107>
- MIRANDA, A.C.; FIDÉLIS, T.; ROEBELING, P.; MEIRELES, I. Assessing the inclusion of water circularity principles in environment-related city concepts using a bibliometric analysis. *Water*, v. 14, n. 11, p. 1703, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14111703>
- PARLAMENTO EUROPEU. *Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000*. Bruxelas: Parlamento Europeu, 2000.
- PEREIRA, L.; MATOS, C.; BENTES, I. Viabilidade económica de um aproveitamento de água pluvial. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 10, 2010, Alvor, Portugal. *Anais [...]*. 2010.
- PEREIRA, L.; SILVA, A.; DIAS, F.; MATOS, C.; BENTES, I. Utilização de água pluvial: caso de estudo de uma urbanização em Vila Real - Portugal. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 9, 2009, Benguela, Angola. *Anais [...]*. 2009.
- PORTUGAL. Decreto-lei nº 119, de 21 de agosto de 2019. *Diário da República*, I Série, n. 209/90, 2019.
- PORTUGAL. Decreto-Lei nº 152, de 19 de junho de 1997. *Diário da República*, Série I-A, n. 139, p. 2959-2967, 1997.
- RANDHIR, T.O.; AXELSON, J. Preferências de uso e conservação de água entre famílias em um gradiente de urbanização. *Water Conservation Science and Engineering*, v. 4, n. 4, p. 163-173, 2019. <https://doi.org/10.1007/s41101-019-00074-5>
- SANTOS, P.A.C. *Dimensionamento de um SAAP*. Trabalho de Projeto de Investigação. Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2019.
- SILVA, A.; DIAS, F.; PEREIRA, L. *Estimativa de caudais pluviais numa urbanização e respectivas perspectivas de reutilização: dimensionamento da recolha, armazenamento e redistribuição*. Projeto I da Licenciatura em Engenharia Civil. 2009.
- THAPA, A.; KHANAL, G.; MAHAPATRA, S.K.; DEVKOTA, N.; MAHATO, S.; PAUDEL, U.R. Identifying determinants of sustainable water management at the household level through rainwater harvesting systems in Nepal. *Water Policy*, v. 24, n. 10, p. 1676-1691, 2022. <https://doi.org/10.2166/wp.2022.113>
- Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho
- Regulamento UE 2020/741 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de maio de 2020
- Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto