



## IV-927- GESTÃO DE SERVIÇOS DE ÁGUAS – PROPOSTA DE ABORDAGEM INTEGRADA

### **Jorge Cardoso-Gonçalves** <sup>(1)</sup>

Doutorado em Engenharia Civil – Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Presidente da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos (APRH) e Gestor de Inovação e Formação da LIS-Water. Partner da empresa Water Services Consulting and Management, Lda.

### **José Tentúgal-Valente** <sup>(2)</sup>

Doutorado em Engenharia Civil (Hidráulica), pela Universidade do Porto.

### **Diana Tavares** <sup>(3)</sup>

Mestre em Engenharia do Ambiente, pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Centro de Incubação e Inovação Industrial de Arouca, 4540-322 Escariz, Arouca, Portugal - Tel: +351 918 425 218 - e-mail: [jjtc.goncalves@gmail.com](mailto:jjtc.goncalves@gmail.com).

### **RESUMO**

O equilíbrio entre a aposta em soluções inovadoras e a preservação de boas práticas basilares, procurando desenvolver metodologias que incorporem uma visão integrada da gestão do edificado e das infraestruturas públicas, está na base do desenvolvimento conceptual desta proposta de abordagem.

A metodologia de Gestão Integrada Circular (GIC), apresentada neste trabalho, consiste numa estratégia de gestão integrada do abastecimento de água e da drenagem de águas residuais e pluviais, considerando, também, a gestão dos resíduos sólidos e do espaço urbano, num modelo comum. A produção de energia em redes de abastecimento de água, em estações de tratamento de água (ETA) e em estações de tratamento de águas residuais (ETAR), e a valorização de resíduos de tratamento em ETA e em ETAR também se incluem nesta estratégia comum.

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão integrada, economia circular, infraestruturas hidráulicas.

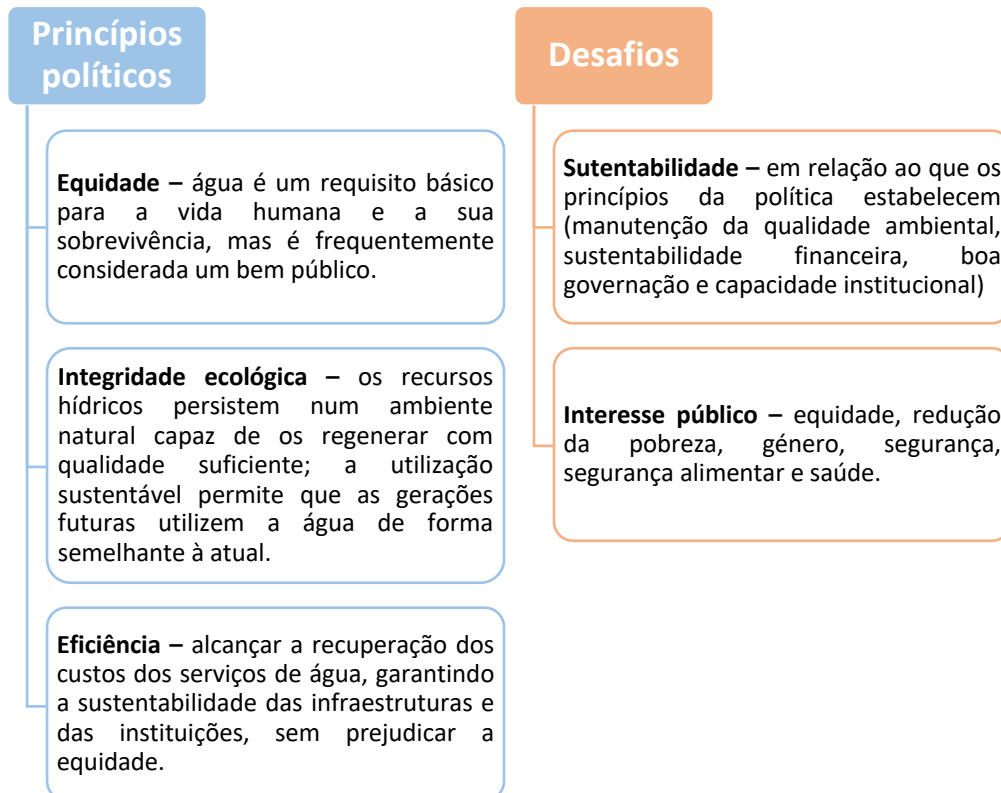
### **INTRODUÇÃO**

Os recursos hídricos são limitados e têm sido sujeitos à crescente poluição e às necessidades exigentes da sociedade [1]. Atualmente, ainda existe uma parte da população mundial em países com escassez de água e sem acesso a água potável – em 2021, a WHO (Organização Mundial de Saúde) registou mais de 2 mil milhões de pessoas a viverem em países em stress hídrico e pelo menos 1.7 mil milhões que bebem água de origens contaminadas com fezes [2]. Além disto, as alterações climáticas, assim como, as atividades antropogénicas, estão a causar grandes impactos no ciclo hidrológico natural, causando pressão adicional a um recurso já fragilizado [3]. Devido a estas várias vulnerabilidades, a gestão da água é cada vez mais complexa e dinâmica [4], acrescentando a esta complexidade as interações entre águas superficiais e águas subterrâneas e entre águas costeiras e águas doces [1]. No entanto, a consciencialização e consenso sobre a necessidade de abordagens integradas é internacionalmente crescente [1].

Tradicionalmente, a gestão da água é focada no fornecimento de serviços de água seguros, confiáveis e económicos. Contudo, os desafios que surgiram no século XXI – alterações climáticas, crescimento populacional e urbanização intensa – estão a pressionar os sistemas urbanos no que toca ao desempenho e à gestão dos serviços de água [5]. Assim, surge a Gestão Integrada de Recursos Hídricos, que procura gerir os recursos hídricos numa perspetiva abrangente e holística [1]. Contudo, a sua implementação é desafiante para os decisores, devido às exigências tecnológicas e socioinstitucionais [5]. Esta abordagem integrada considera a natureza transversal da água e os recursos hídricos (águas superficiais, águas subterrâneas, rios, oceanos) e os serviços de água (abastecimento de água, drenagem de águas residuais e drenagem de águas pluviais) em conjunto – abordagem da origem ao oceano [6, 7]. Silva-Hidalgo [6] refere que “*A GIRH é visualizada como um processo de planeamento estratégico, com a finalidade de promover o desenvolvimento e a gestão coordenada da água e dos recursos naturais relacionados, a fim de alcançar uma melhor utilização económica e bem-estar social de uma forma igualitária orientada para a*



*conservação do ambiente*”, enquanto Postel [8] estabelece que a gestão integrada dos recursos hídricos se baseia em três princípios políticos (figura 1):



**Figura 1** Representação esquemática dos princípios políticos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos, de acordo com Postel [8], citado por Savenije [1].

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho conceptual é o desenvolvimento de uma metodologia que permita a gestão integrada dos recursos hídricos, com particular foco no ciclo urbano da água, adicionando a este conceito o termo “circular”. Uma gestão integrada com uma perspectiva de circularidade, procurando a eficácia na resposta às necessidades, a eficiência global e a sustentabilidade dos recursos – Gestão Integrada e Circular (GIC).

## METODOLOGIA

A metodologia de GIC aplica o conceito de gestão integrada envolvendo uma gestão conjunta dos serviços de água, resíduos urbanos e espaços públicos [9], propondo uma abordagem holística, multidisciplinar e integrada [10].

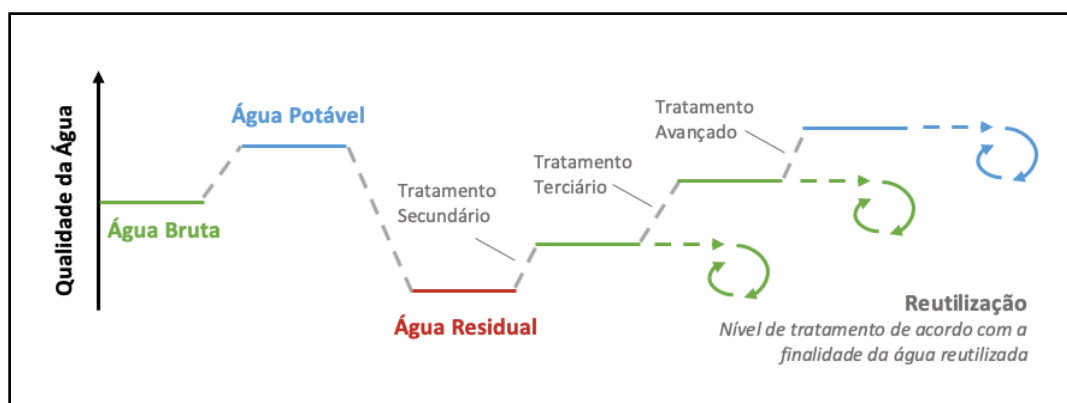
De forma a valorizar os recursos hídricos, a gestão do ciclo urbano da água deve focar no uso eficiente da água, promovendo a utilização de água não potável, se possível pela reutilização de águas residuais, o aproveitamento das águas pluviais e soluções inovadora, como a produção de energia em sistemas de água.

A otimização operacional com vista à eficiência deve apresentar períodos curtos de retorno do investimento e promover a preservação dos recursos. O uso eficiente da água também passa pelo uso de tecnologia que permita a eficiência sem prejuízo da eficácia das infraestruturas hidráulicas [10]. A GIC também aborda a gestão eficiente dos investimentos e ganhos, podendo esta resultar no financiamento de um processo de melhoria contínua [8]. Desta forma, a otimização operacional pode ser o principal financiador do processo de mudança, em direção à sustentabilidade, económica e ambiental.

Relativamente aos sistemas de abastecimento de água, existem vários desafios que precisam de ser abordados e ultrapassados. Uma das soluções amplamente propostas é a utilização de água não potável (apenas com tratamento adequado) para finalidades que dispensam água potável [9]. Outra vertente a explorar para sistemas de abastecimento de água é a hidrogeração através de microturbinas, utilizando a energia dissipada para controlo de pressões de serviços, sem comprometer o processo de abastecimento de água [11]. Esta energia pode ser utilizada para autoconsumo (no próprio sistema onde é gerada), ou para abastecer a rede pública [12].

A eficiência dos sistemas de abastecimento poderá passar, também, por explorar origens de água alternativas, como a reutilização de águas cinzentas e o aproveitamento de águas pluviais. Especificamente em sistemas de abastecimento de água prediais, o foco poderá passar pela diminuição do consumo de água potável, principalmente para fins que não necessitam de água o máximo de tratamento, a reutilização de águas cinzentas, após algumas fases de tratamento e o aproveitamento das águas pluviais.

Na gestão de águas residuais, poderá equacionar-se um destino final diferente do atual. O crescimento populacional torna mais relevante o desenvolvimento de novas aboragens [13]. Como alternativa, sugere-se a reutilização de águas residuais (após tratamento adequado) para finalidades que dispensem água potável [14]. A figura 3 representa a possibilidade de reutilização de águas residuais depois de das diferentes fases de tratamento.



**Figura 3** Representação da associação entre qualidade da água, tratamento de águas residuais e reutilização após tratamento [15].

A investigação nesta matéria deve ser prioritária, de forma a desenvolverem-se tecnologias que apoiem a reutilização das águas residuais. Também deve investir-se no combate às aflúencias indevidas de águas pluviais nos sistemas de drenagem de águas residuais [9], o que pode sobrecarregar as estações de tratamento de águas residuais. Esta estratégia pode resultar numa estratégia financeira eficaz, que pode, posteriormente, financiar a gestão integrada dos sistemas de água urbanos [10].

Os desafios que têm surgido relativamente às águas pluviais também necessitam de ser abordados. A inclusão destes sistemas na gestão pode representar uma evolução, sendo que estes não foram priorizados antes. Os desafios e oportunidades atuais, principalmente relacionados com as alterações climáticas, representam um papel significativo na organização e planeamento territorial [9].

O planeamento urbano e a atenuação do caudal de ponta são possíveis soluções a considerar [13]. A adequação dos sistemas de drenagem de acordo com a dimensão das populações que servem também é importante. Enquanto pequenos aglomerados podem necessitar de sistemas de drenagem de águas pluviais mais simplificados, aglomerados populacionais maiores podem exigir sistemas mais elaborados com infraestruturas e acessórios subterrâneos, o que implica custos de construção e exploração significativos.

Ainda é necessária a promoção da permeabilidade e infiltração, através de espaços verdes e bacias de retenção, e a recuperação das águas pluviais, de forma a melhorar os ganhos operacionais associados à diminuição de ocorrências e do consumo de energia [7]. Novamente, estes ganhos podem ser utilizados como investimento, promovendo uma lógica de gestão circular.



## RESULTADOS

A figura 2 representa, detalhadamente, a lógica circular proposta na metodologia de GIC, particularizando a aposta em redirecionar ganhos operacionais para investimento.

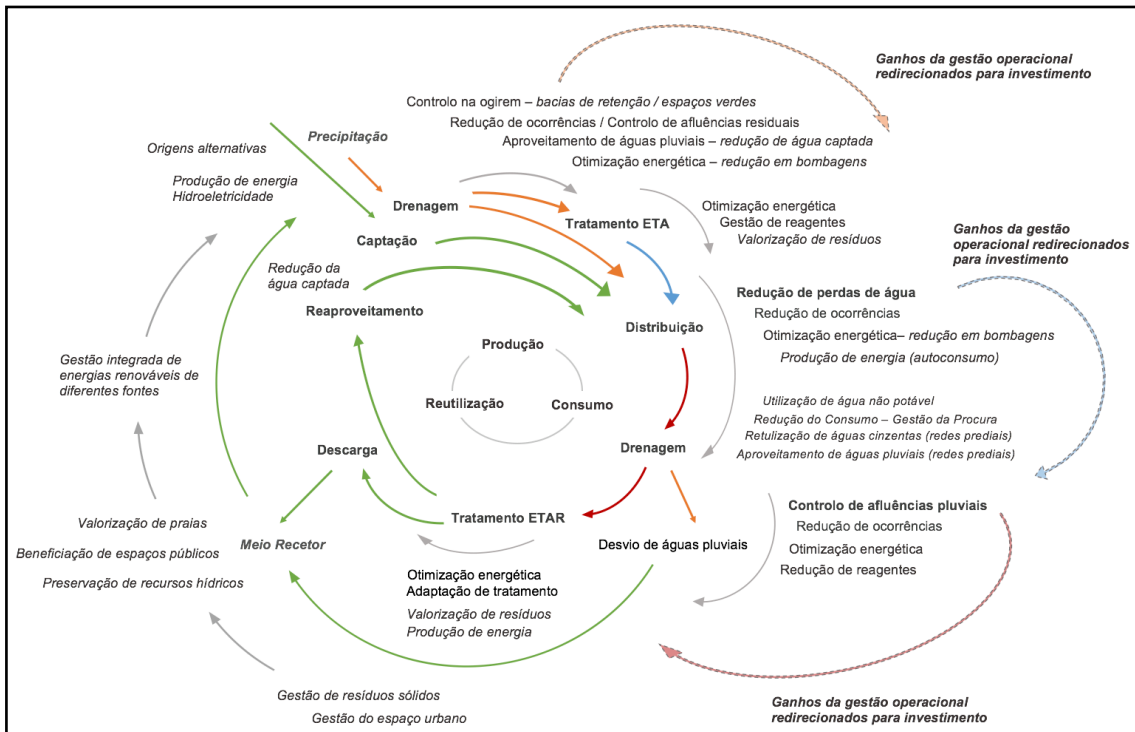


Figura 2 Esquema representativo do conceito da GIC [11].

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A metodologia de GIC pretende otimizar a utilização dos recursos hídricos nos sistemas urbanos, de forma a diminuir a pressão nas origens de água, sujeitas à crescente pressão demográfica e exigências populacionais, assim como às alterações climáticas. Como é possível constatar na figura 2, no centro da metodologia está o princípio da circularidade entre a produção, o consumo e o reutilização.

Relativamente aos processos após a utilização da água potável, propõe-se a reutilização das águas residuais (para usos não potáveis) após tratamento, criando “fábricas de água”. A metodologia propõe também, como origem de água alternativa, as águas pluviais, que podem ser recolhidas e aproveitadas. A GIC também inclui a redução de perdas de água, o controlo das águas pluviais para a diminuição de ocorrências, e a produção de energia (hidrogeração) nos sistemas urbanos de água.

A estratégia circular proposta inclui, também, a gestão dos resíduos urbanos, a valorização das praias e a beneficiação de espaços públicos, conciliadas com preservação de recursos hídricos e com a aposta em energias renováveis.

## CONCLUSÕES

A gestão dos recursos hídricos deve considerar a infraestrutura, os serviços e os recursos hídricos em conjunto. A metodologia de GIC consiste em incorporar uma visão estratégica e integrada do ciclo urbano da água, considerando as suas diversas componentes, que estão inseparavelmente relacionados com o espaço, com as pessoas e com a resposta às suas necessidades.



Como abordagem futura, na mesma lógica circular, poderão explorar-se novos processos, metodologias inovadoras e a gestão inteligente da água (e.g. sensorização; monitorização avançada; inteligência artificial). Sugere-se, também, o desenvolvimento de um estudo de viabilidade da gestão operacional conjunta ou, pelo menos, colaborativa dos serviços de águas (sistemas de abastecimento de água, sistemas de drenagem de águas residuais, sistemas de drenagem de águas pluviais), da recolha de resíduos, dos espaços públicos e das zonas balneares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SAVENIJE, H. H., & VAN DER ZAAG, P. (2008). *Integrated water resources management: Concepts and issues. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 33(5), 290-297.
2. “Drinking-Water”. WORLD HEALTH ORGANIZATION, June 4th, 2024, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
3. GRIGG, N. (2024). *Water Resources Sustainability: Assessment, Integrated Management, and Public Communication*.
4. NETO, S. (2018). *Territorial integration of water management in the city*. In Water challenges of an urbanizing world. IntechOpen.
5. NIEUWENHUIS, E., CUPPEN, E., LANGEVELD, J., & DE BRUIJN, H. (2021). *Towards the integrated management of urban water systems: Conceptualizing integration and its uncertainties*. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124977.
6. SILVA-HIDALGO, H., MARTÍN-DOMÍNGUEZ, I. R., ALARCÓN-HERRERA, M. T., & GRANADOS-OLIVAS, A. (2009). *Mathematical modelling for the integrated management of water resources in hydrological basins*. *Water Resources Management*, 23, 721-730.
7. NETO, S. (2016). *Water governance in an urban age*. *Utilities Policy*, 43, 32-41.
8. POSTEL, SANDRA, 1992. *Last Oasis, Facing Water Scarcity*. W.W. Norton, New York.
9. CARDOSO-GONÇALVES, J.; TENTÚGAL-VALENTE, J. (2020). *Gestão Integrada Circular. Proposta de Abordagem Inovadora nos Serviços de Águas*. In XI Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água da Fundación Nueva Cultura del Agua.
10. CARDOSO-GONÇALVES, J. (2019). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).
11. PIQUEIRO, F. & CARDOSO-GONÇALVES, J., 2018. *Hidrogeração. A produção descentralizada de energia na exploração e controlo de sistemas de abastecimento de água*. s.l., s.n.
12. SAMORA, I. ET AL., 2016. *Energy Recovery Using Micro-Hydropower Technology in Water Supply Systems: The Case Study of the City of Fribourg*. Water.
13. ALMEIDA, M.C.; VIEIRA, P.; RIBEIRO, R. (2006). *Uso Eficiente da Água no Sector Urbano*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.
14. SOARES, F. M. R. C. G., 2012. *Contributo para a Avaliação da Possibilidade de Reutilização de Águas Cinzentas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente.
15. EPA, 2012. Guidelines for Water Reuse. [Online] Available at: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-08/documents/2012-guidelines-water-reuse.pdf>