



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA NA GESTÃO DE PERDAS DE ÁGUA

Manutenção e operação da qualidade da água em redes de abastecimento de água

Ana, POÇAS¹; Dália, LOUREIRO²; Elsa, MESQUITA³; José, MENAIA⁴

¹ Bolseira de Pós-Doutoramento, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), apocas@lnec.pt

² Investigadora Auxiliar, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), dloureiro@lnec.pt

³ Bolseira Pós-doutoramento, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), emesquita@lnec.pt

⁴ Investigador Principal, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), jmenaia@lnec.pt

Resumo

A garantia da qualidade da água nas redes de distribuição pode ser um desafio, quando as condições de abastecimento se limitam ao transporte da água com caudal e pressão adequadas. Na operação dos sistemas, a medição de parâmetros de qualidade da água pode permitir compreender melhor a relação entre quantidade e qualidade da água, levando, também, a uma maior eficiência hidráulica da rede. No âmbito do projeto iPerdas 2016, foi efetuado um trabalho exploratório para recolha de informação relativa à medição ou registo das componentes do consumo autorizado (não faturado) no balanço hídrico, nomeadamente nas descargas em condutas e reservatórios e outras intervenções na rede (reparação de roturas, avarias, ações de reabilitação). A metodologia adotada consistiu num questionário, que incluiu a quantificação dos volumes utilizados, com indicação dos registos da medição dos parâmetros de qualidade da água. Os resultados obtidos enfatizaram a necessidade de se efetuarem registos e medição dos consumos de água, nomeadamente quando se realizam descargas em condutas e, por estimativa, na reparação de roturas. No que se refere aos reservatórios, os procedimentos apresentaram-se mais sistematizados, com dados das limpezas efetuadas, identificação da data e capacidade. Em relação aos volumes descarregados em condutas e reservatórios, os resultados que foram disponibilizados variaram numa ordem de grandeza entre as diferentes entidades gestoras. Nas outras intervenções na rede, apenas foi disponibilizada informação relativamente a reparações de roturas, ficando de fora eventuais ações de reabilitação ou avarias.

Palavras-chave: Manutenção da qualidade da água, balanço hídrico; consumo não faturado não medido; operação e manutenção de redes de abastecimento.

Tema: Água e energia.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

1. INTRODUÇÃO

A operacionalização dos sistemas de distribuição de água está muitas vezes condicionada por questões infraestruturais, como seja o sobredimensionamento das redes de abastecimento de água, a deficiente reabilitação dos sistemas, ou o desadequado traçado da rede (e.g., redundâncias, velocidades baixas) (Vreeburg *et al.* 2008; Poças *et al.* 2014a), com as ineficiências energéticas que lhes podem estar associadas (Mamade *et al.* 2014). Estes constrangimentos podem condicionar a exploração dos sistemas nas entidades gestoras (EG), como por exemplo no controlo de pressões ou na manutenção da qualidade da água. Mais especificamente, mas não em exclusivo, o elevado tempo de permanência da água na rede, as roturas e avarias, as intrusões, a acumulação de sedimentos, as incrustações de calcário ou a depleção de desinfetante residual, dependendo do tipo e características da rede (e.g., água de origem, materiais das condutas), podem favorecer a degradação da qualidade da água, desde do tratamento ao sistema de distribuição (Batté *et al.* 2003; Lehtola *et al.* 2004).

Aspetos relevantes na manutenção da qualidade da água são a acumulação de sedimentos e o consumo de desinfetante residual nas condutas e reservatórios (Poças 2014). Uma das formas para o seu combate passa pela realização de descargas de água das condutas através de hidrantes e da higienização dos reservatórios, ou da reposição dos níveis de desinfetante residual. Estes procedimentos representam consumos de água, a que acrescem os volumes correspondentes às descargas necessárias para reposição do funcionamento da rede, por exemplo as decorrentes de intervenções de reabilitação ou de reparação de roturas. De acordo com a terminologia adotada para cálculo do balanço hídrico, todos os volumes mencionados correspondem a consumos autorizados não faturados, sendo geralmente não medidos. A sua falta de mensurabilidade deve-se não só a dificuldades de medição no terreno e de ações não planeadas (e.g., reparação de roturas), mas também à importância relativa dada a estes consumos num contexto de gestão de perdas (Loureiro *et al.* 2016) ou de qualidade da água (Poças *et al.* 2014b). Contudo, e apesar da dificuldade em efetuar medições no terreno em muitos casos, a sua importância para efeitos de contabilização de perdas (balanço hídrico) e garantia da manutenção da qualidade da água não deve ser desvalorizada.

Os procedimentos para apuramento dos volumes referidos não estão padronizados, ou carecem de monitorização no que concerne à qualidade da água. É assim difícil avaliar a dimensão do problema (quantidade de água despendida, frequências de limpeza e garantia da qualidade) e compreender a eficácia das medidas adotadas, em que se inclui a realização de descargas. Por outro lado, a perceção habitual de que os consumos de água realizados nas descargas da rede são muito relevantes em termos de quantidade de água despendida também não é realista (Vreeburg 2007), por exemplo quando comparados a grandes roturas. Vreeburg, J. (2007) estima que para se limpar eficazmente uma rede, ou seja realizarem-se descargas em condutas correspondentes a três vezes o volume da rede a cada três anos, pode representar entre 0,18% a 0,31% em volume da água não medida por ano.

Relativamente à manutenção da qualidade da água, de uma forma simplista, os volumes utilizados para limpeza das condutas podem apresentar proporcionalidade com as



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

concentrações de sedimento observadas, ou ser indicativos das características do sedimento em causa (e.g., idade, riqueza orgânica/inorgânica). A deposição de sedimentos pode ainda ser indicativa da ocorrência de velocidades baixas na rede, de redundâncias desnecessárias ou de idades da água excessivas, para além contribuir para o consumo de desinfetante residual. Esta redundância, que pode resultar da setorização e obrigação de garantir caudais de incêndio (Vreeburg *et al.* 2009), é uma questão particularmente importante para a manutenção da qualidade da água nas redes. Contudo, no projeto das redes, o objetivo do fornecimento ininterrupto de água em quantidade pode sobrepor-se às questões de qualidade, cuja solução fica entregue à exploração do sistema.

No âmbito do projeto iPerdas 2016 (iperdas.org), foi efetuado um trabalho exploratório para recolha de informação relativa à medição ou registo das componentes do consumo autorizado (não faturado) no balanço hídrico, com a medição de parâmetros de qualidade da água. Para tal, foi disponibilizada uma folha de cálculo às EG participantes, com um questionário, concebido com os objetivos de: i) contribuir para medir ou estimar as componentes relativas ao consumo autorizado no balanço hídrico, ii) relacionar medições na rede com parâmetros de qualidade da água e iii) aferir descargas/operações de limpeza de condutas e reservatórios, minimizando custos; e, por último, iv) documentar práticas relativas a lavagens em condutas, reservatórios e procedimentos perante roturas. Nesta comunicação apresentam-se e discutem-se os principais resultados recolhidos, pondo-se em evidência as relações entre as medições ou estimativas efetuadas na rede e aspetos pertinentes da qualidade da água, como sejam os relacionados com as limpezas de condutas e reservatórios ou a ocorrência e reparação de roturas, ou outras intervenções na rede (e.g., avarias).

2. METODOLOGIA

Durante o projeto iPerdas 2016, as EG participantes procederam ao preenchimento e revisão dos balanços hídricos para o seu sistema. Foi ainda disponibilizado um questionário para preenchimento das componentes relativas aos consumos não faturados e não medidos (componente 1 - descargas em condutas, componente 2 - operações de manutenção e limpeza de reservatórios, e da componente 3 - intervenções na rede), com a identificação dos volumes consumidos e a medição de parâmetros de qualidade da água. Como intervenções da rede destacaram-se a reparação de roturas e as ações relacionadas com a reabilitação (substituição/reparação) das condutas. O ficheiro de apoio inclui uma folha de início (folha 1) e outra para a caracterização da rede (folha 2), onde constam o balanço hídrico e a caracterização das zonas de medição e controlo (ZMC), incluindo a medição de parâmetros de qualidade da água. As restantes folhas incluíram a medição da componente 1 (folha 3), da componente 2 (folha 4) e da componente 3 (folha 5), com a identificação dos volumes consumidos, características e medição de parâmetros de qualidade da água. Foi ainda incluída uma folha para a identificação das práticas realizadas na EG (folha 6).

Balanço hídrico do sistema e caracterização das ZMC

A folha de início destinou-se à identificação dos volumes relativos ao balanço hídrico. Na folha de caracterização identificaram-se as ZMC para registo dos consumos não medidos

não faturados relativos às 3 componentes em estudo (condutas, reservatórios e intervenções). Para esta caracterização é usada informação relativamente a: i) densidade de ramais, ii) extensão da rede e iii) abastecimento de água (superficial/subterrânea e identificação da estação de tratamento - ETA). A folha 2 incluiu ainda parâmetros de qualidade da água (quando aplicáveis), para caracterização da origem de água e a resultados obtidos na ZMC. Os parâmetros de qualidade da água pedidos incluíram: cloro residual, condutividade, turvação, pH, ferro total e os sólidos suspensos totais.

Descargas em condutas, reservatórios e intervenções na rede

Em relação à informação pedida para caracterização das componentes 1, 2 e 3, para além do i) ano de referência, do ii) número de descargas realizado em cada ZMC (apenas nas componentes 1 e 2), iii) dos volumes médios por descarga e do iv) volume total descarregado, foram pedidas as informações elencadas na Tabela 1. Na componente 1, quando possível, as EG podiam incluir um esquema da ZMC e na componente 2 um esquema das entradas e saídas.

Tabela 1. Informação recolhida através de questionário relativa às componentes: descargas em condutas, em reservatórios e outras intervenções na rede (e.g., roturas, reabilitação)

Dados	Informação pedida	Conduta	Reservatório	Outras intervenções
Data e local	ZMC/localização	x	x	x
	Dia/Mês/Ano	x	x	x
	Hora	(a)	(a)	(b)
Tipo de descarga	Descarga (programada/não programada)	x	x	
	Motivo (reclamação/limpeza/outro)	x	x	
	Colheita (hidrante/ boca de incêndio)	x		
Características do local	Material	x		x
	Número de células		x	
	Diâmetro	x		x
	Capacidade		x	
	Data de instalação	x	x	x
	Configuração (geometria)		x	
Dados da descarga	Volume descarregado	X	x	(c)
	Tempo da descarga	x	x	x
	Caudal descarregado	x	x	x
	Método de medição (caudal)	x	x	x
	Crítério de medição (tempo da descarga)	x	x	x
Histórico de descargas	Data(s) da(s) descarga(s) anterior(es)	x	x	
	Motivo(s) da(s) descarga(s)	x	x	
	Descargas efetuadas (últimos 5 anos)	x	x	
	Volume médio (últimos 5 anos)	x	x	
	Volume total (últimos 5 anos)	x	x	
Parâmetros de qualidade da água antes e após descarga (se aplicável)	Cloro (inicial, final)	x	x	(d)
	Turvação (inicial, final)	x	x	(d)
	Sólidos suspensos totais (inicial, final)	x	x	(d)
	Ferro total (inicial, final)	x	x	(d)
	Condutividade	x	x	x
	pH	x	x	x
<p>(a) Início da descarga (b) Início da rotura (c) Volume descarregado + volume necessário para a conduta ficar em carga (d) Apenas o final</p>				

Práticas atuais de cada entidade gestora

Na última folha do questionário pediu-se uma descrição das práticas atuais da entidade gestora, com o ano de referência, o número de reclamações relativas a qualidade da água (por 1000 ramais), o número de reclamações total e uma contabilização do volume total descarregado, considerando as três componentes anteriormente referidas. Nesta descrição incluíram-se também os procedimentos para: efetuar as descargas, limpeza dos reservatórios, e atuação perante roturas, com indicação dos motivos e da existência de medição.

3. RESULTADOS

No iPerdas 2016 participaram 13 EG nacionais, responsáveis pelo abastecimento de água com funções de adução (regime em “alta”) e de distribuição (regime em “baixa”). Entre as 13 EG participantes no projeto iPerdas 2016, 12 EG chegaram ao fim do projeto, tendo 5 EG disponibilizado-se para responder ao questionário.

No global, relativamente à água entrada, as 12 EG participantes no iPerdas 2016 apresentaram um valor médio de 23% de água não faturada (valores disponibilizados pelas EG no preenchimento do balanço hídrico). Dentro da água não faturada, em média, as perdas totais (aparentes e reais) representaram 19,6%, o consumo não faturado não medido 2,6% (entre 0,02% e 13,09%) e o consumo não faturado medido 1,3% (Figura 1).

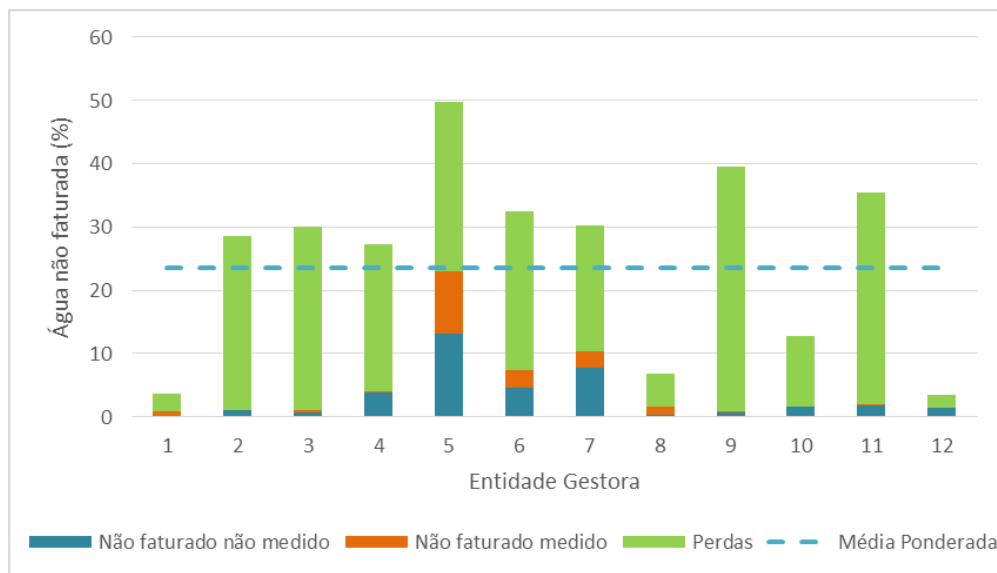


Figura 1 – Água não faturada repartida em: consumo não faturado não medido, consumo não faturado medido e perdas totais, com representação da média ponderada.

De realçar que os consumos não faturados não medidos apresentaram uma gama de incerteza considerável, relativamente ao valor estimado, pelo que a percentagem de



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

consumo não faturado não medido poderia estar significativamente subestimada ou sobrestimada. A subestimação ou sobrestimação dos resultados pode ter impacto nas restantes componentes, nomeadamente nas perdas totais, cujo cálculo se faz por diferença entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado. Dentro dos consumos autorizados não faturados não medidos, aqueles que poderiam ter uma associação com parâmetros de qualidade da água são: consumo para lavagem de condutas e reservatórios (ERSAR & LNEC 2005).

Em relação às informações facultadas pelas 5 EG através do questionário, verificou-se que os procedimentos de manutenção e operação das redes para controlo da qualidade da água (i.e., descargas em condutas, limpeza de reservatórios, outras intervenções na rede) não estavam totalmente padronizados. Por exemplo, na ocorrência de descargas, houve entidades a apresentar apenas o volume total descarregado e outras sem dados para eventuais descargas efetuadas. De salientar que numa das EG houve medição de parâmetros de qualidade da água, incluindo cloro, turvação, sólidos, condutividade e pH, embora sem a análise sistemática no início e final da descarga, e sem indicação parcial dos volumes descarregados. Realça-se que, para este caso, na maioria das situações, o que motivou as descargas foi o plano de segurança da água. Dentro dos procedimentos descritos, a higienização periódica dos reservatórios, algumas vezes em regime de *outsourcing*, foi o procedimento mais sistematizado. Primeiro, todas as EG apresentaram dados para as limpezas efetuadas aos reservatórios. Depois, 4 das 5 EG mostraram informações relativamente ao motivo da limpeza, com indicação da data e da capacidade do reservatório. No que se refere a outras intervenções na rede, apenas foram identificadas reparações de roturas, ficando de fora eventuais ações de reabilitação ou avarias. Em relação aos volumes descarregados em condutas e reservatórios, os resultados variaram numa ordem de grandeza entre as diferentes EG.

No geral, verificou-se a falta de medição dos volumes consumidos, para além da necessidade de se fazer a monitorização da qualidade da água antes das descargas e na reposição do abastecimento. Ainda relativamente aqueles volumes, apesar da sua relevância para efeitos de contabilização do balanço hídrico e diagnóstico das perdas de água, observou-se uma grande disparidade entre os resultados apresentados, que se depreende ser resultado de subestimativas ou sobrestimativas em cada uma das componentes. A partir da informação recolhida, verificou-se que as EG tiveram dificuldades em preencher grande parte da informação requerida pelos seguintes motivos: dispersão e falta de dados e o aparente desconhecimento da importância de alguns dos aspetos inquiridos. Estas dificuldades foram justificadas com a separação, dentro da EG, entre a gestão técnica das redes e a gestão para garantia da qualidade da água.

4. DISCUSSÃO

Nas redes de abastecimento de água a existência de matéria particulada pode dar origem à ocorrência de sedimentos e à sua acumulação nos pontos com velocidades relativamente baixas, regimes hidráulicos pouco variados (Poças *et al.* 2013b) e sem picos durante o dia (Vreeburg *et al.* 2009), ou de elevados tempos de residência na rede (Manuel C.M. *et al.* 2007). Por outro lado, a ressuspensão de sedimentos pode ocorrer nos locais em que a



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

velocidades do escoamento seja superior ou em que ocorra uma maior variabilidade instantânea no consumo. Esta ressuspensão, para além de poder gerar insatisfação do consumidor (e.g., água com coloração amarelo/castanha), pode acarretar riscos, já que a acumulação de sedimentos pode estar associada à depleção de desinfetante residual, ao desenvolvimento microbiano (Zacheus *et al.* 2001) ou à acumulação de compostos inorgânicos (Peng & Korshin 2011).

Nos reservatórios, dadas as condições hidráulicas vigentes, a acumulação pode existir, embora mais limitada pela ausência de turbulência (Poças *et al.* 2014a). Em relação às características da rede, apesar do material das condutas não ter aparentemente relação com a composição dos sedimentos (Poças *et al.* 2013b), a existência de condutas com rugosidade elevada (e.g., em ferro fundido) pode levar a uma maior acumulação de sedimentos, em resultado do desenvolvimento exacerbado de biofilme pelo aumento da superfície específica disponível e seu desprendimento quando a tensão de corte a isso conduzir. Contudo, a ocorrência de sedimentos também ocorre em redes sem condutas de ferro (Vreeburg *et al.* 2008). No que às características da água se refere, a acumulação de sedimentos pode ocorrer preferencialmente com origens de água mais ricas em ferro total e em sólidos voláteis, nomeadamente em *extracellular polymeric substances* (EPS) (Poças *et al.* 2013a), ou em águas que possam levar a um maior desenvolvimento de biofilme, por exemplo com maiores níveis de *assimilable organic carbon* (AOC) (Flemming *et al.* 2002; van der Kooij 2003). As maiores velocidades da água (Lehtola *et al.* 2006), por aporte de substrato, podem também conduzir a um maior desenvolvimento de biofilme nas condutas. A acumulação de sedimentos pode ser favorecida, devido à turbulência, numa gama de velocidades, por exemplo entre 0,01 m/s e 0,30 m/s (Poças *et al.* 2014a).

Em relação aos consumos das descargas em condutas, limpezas de reservatórios ou outras intervenções na rede, observou-se uma grande disparidade entre os resultados obtidos (Figura 1) na sua representatividade sobre a água não faturada. A disparidade observada pode ter sido causada por estimativas grosseiras ou decorrer das incertezas associadas. Contudo, tendo por base o valor de 0,01% para descargas em condutas sobre o consumo não faturado não medido, que correspondeu à EG com o maior número de registos, e os resultados de Vreeburg, J. (2007), i.e., 0,18% a 0,31%, pode inferir-se que os consumos aqui explorados não foram muito significativos.

A recolha sistemática de informação relativamente aos consumos das descargas, com a medição de parâmetros de qualidade da água poderia, assim, permitir a identificação dos pontos críticos para a existência de regimes hidráulicos favoráveis à acumulação de sedimentos (i.e., regimes pouco variados), para além de otimizar a utilização das descargas nas operações de limpeza. Em relação aos consumos, deve ser tido em conta que a duração da descarga apresenta proporcionalidade com a quantidade e natureza do sedimento acumulado. Da medição de parâmetros de qualidade da água (e.g., cloro, turvação, sólidos, ferro total), poderá ser possível aferir a quantidade necessária para uma limpeza mais efetiva. Em relação à condutividade e pH, estes parâmetros poderão dar uma indicação da origem da água (e.g., subterrânea, superficial), ou ser sinal de alarme, por exemplo da ocorrência de uma intrusão (salina ou outra) em resultado de uma rotura.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

Para ilustrar a importância da qualidade da água na gestão das perdas de água, apresentam-se seguidamente 2 exemplos. No exemplo 1, um sistema de abastecimento de água possuía um reservatório com sistema de bombagem para garantia do abastecimento de toda a rede, incluindo os pontos da rede a cota mais elevada. Contudo, o tempo de residência no reservatório era muito elevado, levando ao decaimento do nível de desinfetante residual. Neste caso, para a maior pressurização da rede não se acautelou o maior tempo de residência da água no reservatório. Para garantir um tempo de residência no reservatório adequado, seria necessário uma maior variação de nível, aferida com medições de desinfetante residual à entrada e à saída do reservatório nos períodos em que o padrão de consumo seria menor (período noturno). No exemplo 2, uma rede de abastecimento de água possuía o abastecimento de um conjunto de moradias a uma cota topográfica elevada, através de uma conduta de grande diâmetro. Como o consumo era muito inferior ao consumo projetado para o abastecimento por aquela conduta, frequentemente ocorria a deposição de sedimentos, com posterior ressuspensão detetada na torneira do consumidor. Neste caso, até fazer-se o abastecimento de forma a minimizar o tempo de residência na conduta de montante e garantir condições hidráulicas mais favoráveis, seria necessário fazerem-se descargas sistemáticas com grande frequência.

A garantia da qualidade da água da ETA até ao consumidor pode ser um desafio para as EG, quando as condições de abastecimento se limitam ao transporte da água com caudal e pressão adequadas. É necessário que as EG atendam às questões infrasestruturais com impacto na qualidade (e.g., formação e deposição de sedimentos, consumo de desinfetante residual, elevados tempos de residência) desde o projeto à operação dos sistemas de distribuição. Neste contexto, a medição de parâmetros de qualidade da água pode permitir compreender melhor a relação entre quantidade e qualidade da água desde a ETA ao sistema de abastecimento, levando, também, a uma maior eficiência hidráulica da rede.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos enfatizaram a necessidade de se efetuarem registos e medição dos consumos de água, nomeadamente quando se realizam descargas em condutas e, por estimativa, na reparação de roturas. A recolha sistemática de informação relativamente aos consumos das descargas, com a medição de parâmetros de qualidade da água pode permitir a identificação dos pontos críticos para a existência de regimes hidráulicos favoráveis à acumulação de sedimentos (i.e., regimes pouco variados), para além de otimizar a utilização das descargas nas operações de limpeza dos sistemas de abastecimento. Apesar do conjunto de registos não ter sido vasto, os resultados indicaram que as descargas efetuadas podem não ter grande representatividade no consumo não faturado não medido das EG.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todas as entidades participantes no projeto iPerdas 2016, nomeadamente aquelas que se disponibilizaram para preencher o questionário aqui descrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batté M., Appenzeller B., Grandjean D., Fass S., Gauthier V. and Jorand F. (2003). Biofilms in drinking water distribution systems. *Reviews in Environmental Science & Bio/Technology* **2**, 147-68.
- ERSAR e LNEC (2005). *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*.
- Flemming H. C., Percival S. L. and Walker J. T. (2002). Contamination potential of biofilms in water distribution systems. *Water science & technology: water supply* **2**(1), 271–80.
- Lehtola M., Laxander M., Miettinen I., Hirvonen A., Vartiainen T. and Martikainen P. (2006). The effects of changing water flow velocity on the formation of biofilms and water quality in pilot distribution system consisting of copper or polyethylene pipes. *Water Research* **40**(11), 2151-60.
- Lehtola M., Nissinen T., Miettinen I., Martikainen P. and Vartiainen T. (2004). Removal of soft deposits from the distribution system improves the drinking water quality. *Water Research* **38**(3), 601-10.
- Loureiro D., Alegre H., Silva M. S., Ribeiro R., Mamade A. and Poças A. (2016). Implementing tactical plans to improve water-energy loss management. *Water Science and Technology: Water Supply*.
- Mamade A., Loureiro D., Covas D. and Alegre H. (2014). Energy auditing as a tool for improving service efficiency of water Supply systems. *Procedia Engineering* **89**, 557-64.
- Manuel C.M., Nunes O. C. and Melo L.F. (2007). Dynamics of drinking water biofilm in flow/non-flow conditions. *Water Research* **41**, 551-62.
- Peng C.-Y. and Korshin G. V. (2011). Speciation of trace inorganic contaminants in corrosion scales and deposits formed in drinking water distribution systems. *Water Research* **45**, 5553-63.
- Poças A. (2014). *Discolouration loose deposits in distribution systems: composition, behaviour and practical aspects*. PhD, Civil Engineering and Geosciences Delft University of Technology, Delft.
- Poças A., Benoliel M. J., Rietveld L. C., Vreeburg J. and Menaia J. (2014a). Discolouration loose deposits: balancing views and practices. In: *World Water Congress IWA* (ed.), Lisbon, Portugal.
- Poças A., Miranda A., Paiva J., Benoliel M. J., Vreeburg J. and Menaia J. (2013a). Hydrogel floc nature and biogenic constituents of drinking water discolouration deposits. *Water science & technology: water supply* **13**(6), 1486-94.
- Poças A., Rebola N., Cordeiro B., Rodrigues S., Benoliel M. J., Vreeburg J. and Menaia J. (2013b). Methodology for sampling drinking water loose deposits at low velocities. *Water science & technology: water supply* **13**(4), 1116-22.
- Poças A., Santos Silva M., Monteiro L., Menaia J. and T. Coelho S. (2014b). A qualidade da água num contexto de gestão patrimonial de infraestruturas - GPI. In: *12º Congresso da Água, 16º ENASB, 16º SILUBESA*, Lisboa.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

- van der Kooij D. (2003). Managing Regrowth in drinking-water. In: *in Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety* Bartram J, Cotruvo J, Exner M, Fricker C and Glasmacher A (eds), World Health Organization, IWA Publishing, UK, London.
- Vreeburg J. (2007). *Discolouration in drinking water systems: a particular approach*. PhD, Department of Water Management., Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
- Vreeburg J. H. G., Blokker E. J. M., Horst P. and van Dijk J. C. (2009). Velocity based self cleaning residential drinking water distribution systems. *Water Science & Technology* **9**(6), 635-41.
- Vreeburg J. H. G., Schippers D., Verberk J. Q. J. C. and van Dijk J. C. (2008). Impact of particles on sediment accumulation in a drinking water distribution system. *Water Research* **42**(16), 4233-42.
- Zacheus O. M., Lehtola M. J., Korhonen L. K. and Martikainen P. J. (2001). Soft deposits, the key site for microbial growth in drinking water distribution networks. *Water Research* **35**, 1757-65.