



# UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO APOIO À DETEÇÃO DE FUGAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Eduardo VIVAS<sup>1</sup>, Pedro LEITE<sup>2</sup>, Sara PINTO<sup>3</sup>

1. H2OPT, Rua do Monte Cativo 313, 4050-402 Porto, [eduardo.vivas@h2opt.pt](mailto:eduardo.vivas@h2opt.pt)
2. H2OPT, Rua do Monte Cativo 313, 4050-402 Porto, [pedro.leite@h2opt.pt](mailto:pedro.leite@h2opt.pt)
3. H2OPT, Rua do Monte Cativo 313, 4050-402 Porto, [sara.pinto@h2opt.pt](mailto:sara.pinto@h2opt.pt)

## RESUMO

Os sistemas de abastecimento de água são, tipicamente, compostos por condutas enterradas, com funcionamento em pressão, por vezes elevada. Estas características, associadas a períodos de vida útil que, frequentemente, atingem mais de 40 anos, potenciam a ocorrência de fugas de água. No entanto, apenas em situações muito particulares (e.g. roturas de grande dimensão), essas ocorrências são facilmente detetáveis à superfície ou por desvio do padrão de consumo, obrigando a um importante esforço de alocação de recursos (humanos e financeiros) por parte das entidades gestoras, com vista a um controlo adequado dos níveis de perdas e fugas nestes sistemas.

Nesse sentido, destaca-se a necessidade de implementação de metodologias que permitam avaliar, de forma contínua e expedita, os níveis de fugas existentes no sistema e a ocorrência de novas situações. Uma possibilidade, cada vez mais útil, face aos níveis crescentes de monitorização em tempo real dos caudais em circulação nos sistemas, passa pelo apoio de ferramentas de inteligência artificial, nomeadamente de Redes Neurais Artificiais (RNA) e de modelos do tipo Modelo Aditivo Generalizado (MAG), atendendo às suas características preditivas, tomando por base a incorporação de informação de um histórico de dados de caudais.

Assim, no presente trabalho, considera-se a utilização destas ferramentas para auxílio na identificação precoce de novas ruturas, bem como para reconhecimento de tendências no volume de perdas de base, apoiando e direcionando as campanhas de deteção no terreno. É exposta a aplicação e avaliação por análise dos dados de monitorização de caudais.

**Palavras-Chave:** caudais; redes neuronais; análise de dados; previsão; deteção precoce.

## 1. ENQUADRAMENTO

Pelas características inerentes à conceção e funcionamento dos sistemas de abastecimento de água, o controlo de fugas e perdas é extremamente complexo e requer uma ação contínua e eficaz de avaliação e de intervenção.

De facto, existem diversos aspetos que devem ser abordados no controlo dos volumes de água que, apesar de serem contabilizados na entrada do sistema, não são quantificados na faturação dos clientes servidos. Essa diferença de balanço, também designada por Água Não Faturada (ANF) poderá corresponder a perdas económicas (i.e. volumes efetivamente consumidos, mas não faturados) e a perdas físicas reais (i.e. volumes de água que saíram fisicamente do sistema e não chegam aos utilizadores finais), também designados por fugas, para facilidade de distinção em relação às anteriores.

Em Portugal, de acordo com os dados mais recentes da Entidade Reguladora (ERSAR), referentes a 2019 (ERSAR, 2020), verificou-se um nível médio de ANF, no setor de distribuição (em baixa) de quase 30%, sendo de salientar que os níveis mais reduzidos de água não faturada correspondem a cerca de 5% e os níveis mais elevados de ANF correspondem a mais de 80% da água entrada no sistema.

No caso das perdas (económicas) poderão estar em causa: (i) consumos ilícitos (e.g. ligações ilegais, adulteração de contadores, etc.), (ii) consumos que, apesar de autorizados, não são faturados, podendo, ou não, ser quantificados (e.g. usos próprios da entidade gestora, combate a incêndios, rega de jardins, etc.), (iii) consumos

não quantificados, por deficiências associadas aos métodos de medição, também designadas perdas aparentes e que estão associadas à imprecisão dos medidores/contadores por características inadequadas ou por perda de capacidade de medição ao longo do tempo.

Por outro lado, no caso das fugas (físicas), objeto da avaliação do presente trabalho, poderão estar em causa os volumes perdidos por roturas de tubagens ou os volumes perdidos por pequenas fissuras, deficiências de ligações entre tubagens e acessórios, etc. Em ambos os casos, a principal dificuldade está na localização da parcela de fugas não visíveis, ou seja, das situações em que, não surgindo a água à superfície, de forma facilmente detetável, poderá decorrer um longo período entre o início do problema, a sua deteção e a eficaz localização/ resolução, implicando a perda de um volume de água muito significativo. Nesse sentido, qualquer estratégia de controlo de fugas deverá basear-se, antes de mais, no controlo do funcionamento do sistema para minimização do tempo de duração das perdas.

Assim, no presente trabalho, apresenta-se um exemplo de utilização de ferramentas de inteligência artificial que possam, com base na análise de parâmetros de monitorização dos sistemas (ex. caudal) e de forma contínua e automatizada, apoiar a deteção precoce destas situações.

## 2. DETEÇÃO DE FUGAS

A medição zonada constitui um elemento muito importante para a caracterização de consumos e caudais numa rede de distribuição, incluindo a sua variação espacial e temporal, sendo, ainda, um aspeto fundamental para o controlo ativo de fugas nesses sistemas.

A medição zonada consiste na subdivisão do sistema de distribuição num conjunto de Zonas de Monitorização e Controlo (ZMC), cada uma equipada em permanência com um (ou mais) medidor(es) de caudal no(s) ponto(s) de alimentação e saída de caudal, podendo, ou não, contar, também, com medição de pressão, e que, idealmente, estão associados a um sistema registo e/ou de transmissão remota.

Tendo em atenção a incerteza associada à avaliação da totalidade das componentes da Água Não Faturada, volumes não faturados e não medidos, perdas aparentes, etc., considera-se, habitualmente, a avaliação de caudais para deteção de ocorrência de novas fugas, seja por avaliação da variação dos caudais verificados num dado período, por comparação com padrões previamente estabelecidos típicos da área em análise, seja por avaliação dos Caudais Mínimos Noturnos (CMN), uma vez que, tipicamente, no período noturno, em áreas de consumos predominantemente domésticos, os consumos serão mais reduzidos (Figura 1), podendo ser estimada a parcela de fugas (perdas físicas reais) a ocorrer nesse período (Alegre et al, 2005; Farley, 2001; Hamilton & Mackenzie, 2014).

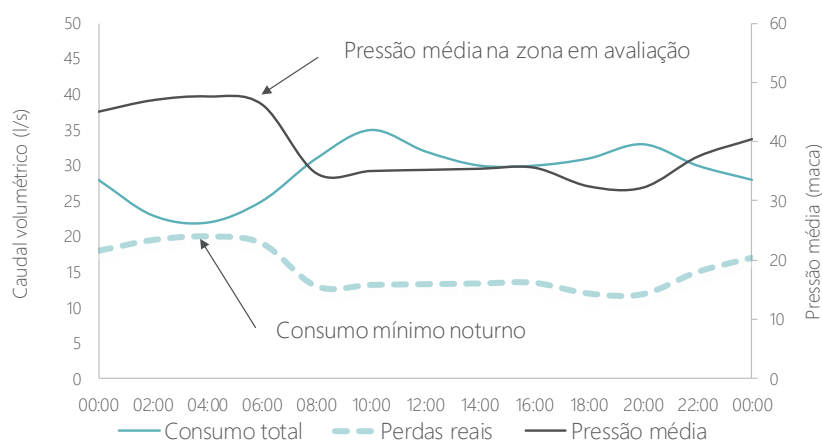


Fig. 1 – Exemplo de avaliação de caudais mínimos noturnos.

Além disso, para a avaliação de dados de caudais, poderá considerar-se a utilização de indicadores específicos para uma mais rápida deteção da ocorrência de problemas, de acordo com as características da zona a analisar, tais como a amplitude diária de caudais ou a relação entre o caudal mínimo noturno e o caudal médio, que poderão



auxiliar o processo de detecção de novas situações anómalas, bem como, salientar a relevância do nível de perdas reais expectável face aos caudais médios em circulação no sistema (Serranito & Donnelly, 2015; CESDA, 2018).

### **3. APOIO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Atendendo ao volume de dados gerados na monitorização do sistema, e à necessidade de avaliação contínua de dados, em múltiplos pontos de controlo, a utilização de ferramentas de inteligência artificial poderão permitir uma detecção automatizada de situações anómalas, sejam correspondentes a situações de novas roturas, ou a um aumento dos níveis de fugas de base verificadas. Para tal, uma das ferramentas mais poderosas poderá ser a utilização de um modelo preditivo para, com base na análise do histórico de registos de caudais, por ex., realizar uma previsão de curto prazo de valores de caudais expectáveis e comparação com os valores reais monitorizados (Romano, et al, 2014; Huang et al, 2018).

Entre a variedade de metodologias que existem para a reprodução de padrões de caudais, destacam-se as Redes Neurais Artificiais (RNA) pela sua capacidade de adaptação e de considerar diversos parâmetros relacionados.

Além das RNA, salienta-se um modelo do tipo Modelo Aditivo Generalizado (MAG) projetado para lidar com as características comuns de séries temporais, nomeadamente a tendência, sazonalidade e efeitos de feriados. O modelo é flexível o suficiente para uma ampla gama de séries temporais e de rápido ajuste, além de que, possibilita analisar cada componente da previsão separadamente e contém parâmetros de fácil interpretação, possíveis de ser alterados, de modo a aumentar ou diminuir a flexibilidade da tendência e a força do componente de sazonalidade.

O algoritmo desenvolvido é aplicado na detecção de dois padrões distintos nos dados em monitorização. O primeiro corresponde à identificação de roturas no sistema em monitorização, permitindo uma atuação e resolução precoce, e o segundo, ao reconhecimento de uma tendência no volume de perdas de base, auxiliando e direcionando as campanhas de detecção no terreno.

No caso da detecção de rutura a metodologia baseia-se na avaliação contínua do desvio entre o diagrama de caudal medido e o previsto por uma rede neuronal do tipo recorrente. Esta RNA é baseada no histórico de consumo recente e a diferença aceitável é calculada e atualizada pelo histórico do desvio (previsto e real) para a mesma hora e em período comparável (e.g. dias de semana e fim de semana).

Por sua vez, a identificação de uma tendência de aumento nas perdas de base é um processo mais complexo, tendo em atenção que, os dados recolhidos correspondem a uma série temporal composta pela tendência de base, que se pretende caracterizar, e a inerente sazonalidade (e.g. anual, mensal e semanal). Assim, considerou-se o modelo do tipo Modelo Aditivo Generalizado (MAG), baseado e validado em valores diários e assente num histórico de dados mais alargado, que pela sua estrutura permite incorporar a tendência e a sazonalidade na sua previsão. A comparação entre os dados medidos e o histórico de previsões permite salientar a alteração da tendência de base. Associada a esta análise, consideram-se ainda alguns mecanismos de validação da tendência detetada, como por exemplo a alteração da correlação entre pontos de monitorização do mesmo município.

### **4. APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO**

Diferentes pontos de medição reais foram alvo de análise, segundo a metodologia anteriormente mencionada, sendo o caso de estudo considerado correspondente a um ponto de medição real, cujos dados de monitorização são atualizados em contínuo, com um intervalo de aquisição de 30 min dos volumes totalizados. O treino e a validação da previsão tiveram por base um período temporal de 2 anos, sendo a base de dados atualizada com a mesma cadência dos valores disponibilizados.

Na Figura 2 apresenta-se como exemplo de análise de dados, a avaliação do desvio entre o consumo medido e o previsto, para o mês de maio de 2020.

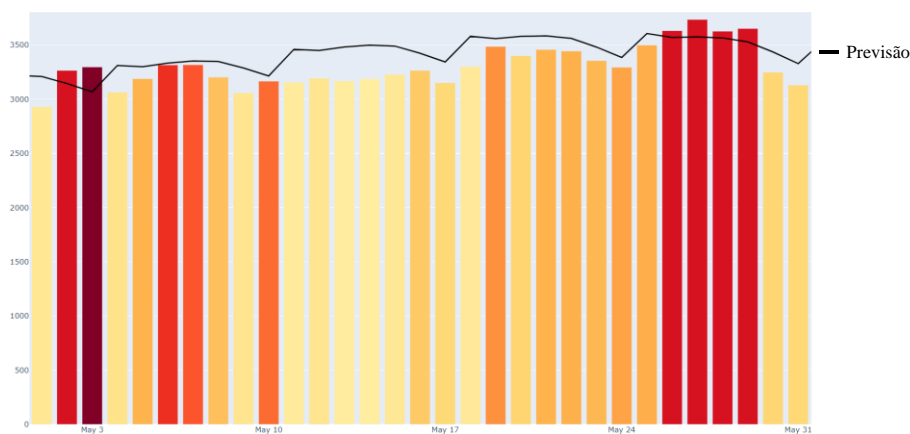


Fig. 2 – Desvio entre o consumo medido e o previsto (maio de 2020).

## 5. CONCLUSÕES

Os padrões de rutura assinalados foram maioritariamente comprovados, validando a metodologia apresentada, independentemente do permanente processo de otimização associado a este tipo de ferramenta, associado ao ajuste dos parâmetros de calibração dos modelos e à contínua aquisição de dados. Por sua vez, a identificação de tendência de base nas séries temporais permitiu evidenciar informação relevante nos dados recolhidos, comprovando sua mais-valia. Todavia, o histórico de dados necessário para validar as tendências detetadas, implica que a sua utilização generalizada e automática deva ser acompanhada por uma utilização prévia mais alargada. Por último, fica patente que esta análise dinâmica dos dados facilita, não só os esforços das equipas no terreno, mas também a avaliação inerente à Gestão Patrimonial, orientando os procedimentos de reabilitação dos sistemas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, H., Coelho, S.T., Almeida, M.C., Vieira, P. (2005), *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*, Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Série Guias Técnicos, ISBN 972-99354-4-0,
- CESDA (2018), Ficha de Boas Práticas (CESDA\_010) Eficiência dos Sistemas de Abastecimento de Água, Comissão Especializada de Sistemas de Distribuição de Água (CESDA), Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Água (APDA).
- ERSAR (2019). Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2019), Volume 1 – Caraterização do setor de águas e resíduos. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Novembro de 2019, ISBN 978-989-8360-38-0
- Farley, M. (2001). *Leakage Management and Control. A Best Practice Training Manual*, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Hamilton, S.; Mckenzie, R. (2014), *Water management and Water Loss*, IWA Publishing, ISBN 9781780406350
- Huang, P., Zhu, N., Hou, D., Chen, J., Xiao, Y. Yu, J., Zhang, G. and Zhang, H. (2018), Real-Time Burst Detection in District Metering Areas in Water Distribution System Based on Patterns of Water Demand with Supervised Learning, *Water* 2018, 10, 1765, DOI 10.3390/w10121765.
- Romano, M., Kapelan, Z., Savic, D. (2014), *Automated Detection of Pipe Bursts and other Events in Water Distribution Systems*, *Journal of Water Resources Planning and Management*, American Society of Civil Engineers, Volume 140 Issue 4 - April 2014.
- Serranito, F.; Donnelly, A. (eds) (2015), *Controlo Ativo de Perdas de Água*, EPAL – Empresa Portuguesa de Águas Livres, S.A, Lisboa, ISBN 978-989-8490-02-5.