

GESTÃO OPERACIONAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS. ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE AROUCA

Operational Management of Hydraulic Infrastructures. Case Study: Arouca Water Supply System

JORGE CARDOSO-GONÇALVES ⁽¹⁾ e JOSÉ TENTÚGAL-VALENTE ⁽²⁾

⁽¹⁾ Mestre em Engenharia Civil, FEUP,
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, up200902986@fe.up.pt

⁽²⁾ Professor Associado, FEUP
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, tvalente@fe.up.pt

Resumo

A gestão da água, atendendo às necessidades da sociedade, à viabilidade económica e à sustentabilidade ambiental, deverá considerar os desafios que surgem no contexto atual, nomeadamente a segurança no abastecimento, a salvaguarda das origens de água, a gestão em cenários de escassez, a preservação dos meios recetores, a resposta a fenómenos extremos, a adaptação dos sistemas a novas solicitações e o desenvolvimento sustentável. A gestão operacional de infraestruturas hidráulicas procura incrementar os padrões de eficiência, otimizando os procedimentos operacionais e estabelecendo um compromisso de melhoria contínua, transversal a toda a organização das Entidades Gestoras (EG) dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais.

O desenvolvimento de uma metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas enquadra-se na dissertação de doutoramento a que se refere o projeto de tese de investigação, Cardoso-Gonçalves (2016). Esta metodologia visa estruturar os procedimentos de exploração dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais e apoiar a tomada de decisão. O estado da arte versa sobre diferentes temáticas, relacionadas com a gestão das infraestruturas hidráulicas (gestão patrimonial, gestão do risco e gestão técnica). Propõe-se uma estrutura de apoio à gestão com as seguintes componentes principais: Desafios; Organização; Infraestruturas (Estado, Desempenho, Custo e Risco); Operação; Ações; Monitorização. A partir de dados de exploração dos sistemas (cadastro, monitorizações, históricos de operação e manutenção), pretende-se desenvolver uma estrutura de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas que permita a redução de custos de exploração, o aumento da qualidade do serviço prestado e a salvaguarda do ambiente. Apresenta-se, no âmbito deste artigo, a metodologia que se encontra em estudo. A sistematização de procedimentos de gestão é desenvolvida com o objetivo de obter resultados práticos que possam apoiar a exploração das infraestruturas. A metodologia proposta é aplicada ao caso de estudo do Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (SAA-Arouca).

Palavras-chave: Gestão operacional, abastecimento de água, drenagem de águas residuais, infraestruturas hidráulicas, gestão patrimonial de infraestruturas, gestão do risco, gestão técnica.

Abstract

Water management, taking into account societal needs, economic viability and environmental sustainability, should consider the challenges that arise in the current context, namely the security of supply, the safeguarding of water sources, the management in scarcity scenarios, the preservation of the receiving means, the response to extreme events, the adaptation of systems to new demands and the sustainable development. The operational management of hydraulic infrastructures seeks to increase efficiency standards, optimizing operational procedures and establishing a commitment to continuous improvement, transversal to the whole organization of the Managing Entities (EG) of water supply and wastewater drainage systems.

The development of the methodology of operational management of hydraulic infrastructures fits in the doctoral thesis to which the project of thesis of investigation Cardoso-Gonçalves (2016) refers to. This methodology aims to structure the procedures for exploring water supply and wastewater drainage systems and to support decision making. The state of the art deals with different themes related to the management of hydraulic infrastructures (patrimonial management, risk management and technical management). It is proposed a support management structure with the following main components: Challenges; Organization; Infrastructures (State, Performance, Cost and Risk); Operation; Actions; Monitoring. From data of exploration of systems (registration, monitoring, operation and maintenance history), it is intended to develop a structure of operational management of hydraulic infrastructures that allows the reduction of operating costs, the increase of the quality of the provided service and the environment safeguarding. In the scope of this article, the methodology that is being studied is presented. The systematization of management procedures is developed with the purpose to obtain practical results that can support the exploitation of the infrastructures. The proposed methodology is tested with the case study of the Water Supply System of Arouca (SAA-Arouca).

Keywords: Operational management, water supply, wastewater drainage, hydraulic infrastructures, patrimonial management of infrastructure, risk management, technical management.

1. Introdução

O recurso água representa um bem essencial para a comunidade, com um interesse estratégico no seu desenvolvimento económico e para a salvaguarda do seu bem-estar. A gestão deste recurso deverá considerar a preservação das origens, a disponibilidade em cenários de escassez, a segurança no abastecimento, a salvaguarda de meios recetores, a resposta a fenómenos extremos e a adaptação a novos contextos.

A gestão das infraestruturas hidráulicas, de acordo com metodologias estruturadas e focadas na obtenção de resultados, deverá atender aos seguintes aspetos:

- resposta às necessidades da sociedade;
- viabilidade económica;
- sustentabilidade ambiental.

O objetivo central do presente artigo consiste na apresentação de uma metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, Cardoso-Gonçalves (2016). Para dar cumprimento a este objetivo geral, indicam-se os seguintes objetivos específicos:

- enquadrar a temática da gestão dos sistemas de abastecimento de água (SAA);
- sistematizar o estado da arte;
- apresentar a metodologia de gestão operacional;
- caracterizar o caso de estudo;
- aplicar a metodologia;
- discutir os conceitos introduzidos e o seu desenvolvimento.

A metodologia seguida neste artigo foi a seguinte:

- análise do estado da arte;
- apresentação da metodologia de gestão operacional;
- caracterização do caso de estudo;
- processamento e tratamento de dados fornecidos pela entidade gestora (EG);
- apresentação de resultados preliminares;
- discussão de resultados.

O artigo organiza-se nos seguintes pontos: Introdução; Estado da Arte; Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas; Caso de Estudo; Considerações Finais.

2. Estado da Arte

O ciclo urbano da água (captação, distribuição, recolha, transporte e devolução ao meio recetor) constitui a parte do ciclo hidrológico que apresenta uma intervenção antrópica mais significativa.

A utilização adequada da água para consumo humano relaciona-se com os procedimentos aplicados nas diferentes fases do ciclo urbano da água (Tentúgal-Valente, 2007).

Alegre (2008) descreve a gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas como a arte de equilibrar o desempenho, o custo e o risco, alicerçada nas competências de gestão, engenharia e informação, e planeada ao nível estratégico, tático e operacional.

Realça-se a adoção de metodologias simplificadas, salientando-se a proposta de USEPA (2005), com a definição de estados de conservação, que se podem relacionar de forma simplificada com a vida residual (vr) e com a vida útil (vu) dos ativos.

O “Índice de Valor da Infraestrutura” (IVI) determina-se pelo quociente entre o valor atual (va) do(s) ativo(s) e o custo de substituição (cs) do(s) ativo(s), de acordo com a equação seguinte,

$$IVI = \frac{\sum_{i=1}^N (cs_{i,t} \times vr_{i,t} / vu_{i,t})}{\sum_{i=1}^N cs_{i,t}} = \frac{va}{cs} \quad [1]$$

em que, cs representa o custo de substituição do ativo i no instante t , vr a vida residual do ativo i no instante t , vu a vida útil do ativo i no instante t e va o valor atual do ativo i no instante t .

Valores de IVI na ordem dos 50% (40%-60%) indicam situações de infraestruturas estabilizadas, nas quais se investe em reabilitação, em média, o equivalente à depreciação; valores muito acima dos 50% indicam que as infraestruturas são jovens (não estabilizadas) ou que as infraestruturas atravessam uma fase de crescimento (ainda que antigas) ou que se trata de infraestruturas nas quais se está a sobreinvestir em reabilitação; valores baixos indicam que a infraestrutura se encontra mais envelhecida do que seria expectável, necessitando de investimentos significativos de reabilitação.

Em situações perigosas e incertas, o risco caracteriza-se pelo seu caráter prático e operacional, salientando-se a necessidade de controlar a variável “risco” da forma o mais eficaz possível, mediante as circunstâncias que se verificam, de forma a evitar ou atenuar as consequências negativas associadas à ocorrência de determinados eventos.

O processo identificado como “operacionalização do risco” integra as seguintes etapas: definição do contexto; avaliação do risco (identificação de perigos e riscos, análise do risco, apreciação do risco); decisão e tratamento do risco (aceitação ou não aceitação do risco associado a uma situação em análise; decisão de selecionar ou hierarquizar medidas de tratamento dos riscos – medidas de controlo e mitigação); comunicação e consulta; monitorização e revisão (monitorização das variáveis que podem afetar diretamente o valor do risco; monitorização da implementação das medidas resultantes do processo de decisão) (Almeida, 2011).

O conceito de risco não apresenta uma definição unânime, (Almeida, 2011). Em aplicações técnicas, associadas a análises quantitativas, refere-se como consolidada a definição técnica geral de risco, que se traduz por um valor monetário de risco (R), calculado pelo produto entre a probabilidade de ocorrência de um determinado evento (P) e a consequência associada à sua ocorrência (C), de acordo com a seguinte equação,

$$R_{i,t} = P_{i,t} \times C_{i,t} \quad [2]$$

em que R representa o risco associado ao evento i , no instante t , em euros (€), P a probabilidade de ocorrência do evento i , no instante t , em percentagem (%), C a consequência associada ao evento i , no instante t , em euros (€).

A determinação da probabilidade de ocorrência de determinados eventos efetua-se, por vezes, com recurso à opinião de especialistas e/ou com recurso a protocolos de correspondência, designadamente entre as expressões verbais e os valores numéricos de probabilidade (probabilidade equivalente convencionada e respetiva gama de variação), indicando-se os seguintes exemplos (Almeida, 2011):

- acontecimento virtualmente (quase) impossível – probabilidade de 0,01 (0,00 a 0,05);
- acontecimento muito pouco provável – probabilidade de 0,10 (0,02 a 0,15);
- acontecimento completamente incerto (duas situações possíveis) – probabilidade de 0,90 (0,75 a 0,90);
- acontecimento (virtualmente) quase certo – probabilidade de 0,99 (0,90 a 0,995).

Cardoso-Gonçalves (2016) enquadra, na temática da gestão técnica de infraestruturas hidráulicas, o controlo de perdas de água, a monitorização da qualidade da água, a operação de estações de tratamento de água (ETA), a operação de reservatórios de distribuição, a operação de estações de tratamento de águas residuais (ETAR), a operação de estações elevatórias (EE), o controlo de aflúências pluviais indevidas a sistemas de drenagem de águas residuais domésticas e a medição de caudais em sistemas de drenagem de águas residuais.

As perdas de água referem-se ao diferencial entre a água que entra num determinado sistema e o consumo autorizado pela EG desse sistema (Loureiro, 2012). As perdas de água, nas diferentes componentes dos SAA, até aos contadores dos clientes, designam-se por perdas físicas. As imprecisões de medição de água produzida e consumida e o consumo não autorizado caracterizam-se por perdas aparentes (Alegre *et al.*, 2005). Indicam-se os quatro pilares principais do controlo de perdas reais: gestão de pressão na rede; qualidade e rapidez das reparações de fugas e roturas; controlo ativo de perdas; reabilitação e substituição das infraestruturas (Cardoso *et al.*, 2013).

3. Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas

A gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, de acordo com um modelo comum de gestão, aplicável a diferentes cenários e segundo uma visão integrada das infraestruturas hidráulicas, analisa-se no âmbito desta investigação.

As infraestruturas hidráulicas (abastecimento de água, drenagem de águas residuais e drenagem de águas pluviais) podem investigar-se do ponto de vista da operacionalidade, do risco e da decisão. A metodologia em desenvolvimento baseia-se nos conceitos de gestão introduzidos (gestão patrimonial, gestão do risco e gestão técnica) e pretende atender aos principais desígnios da gestão das infraestruturas hidráulicas. A estrutura da metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas em desenvolvimento está representada esquematicamente na Figura 1 (Cardoso-Gonçalves, 2016).

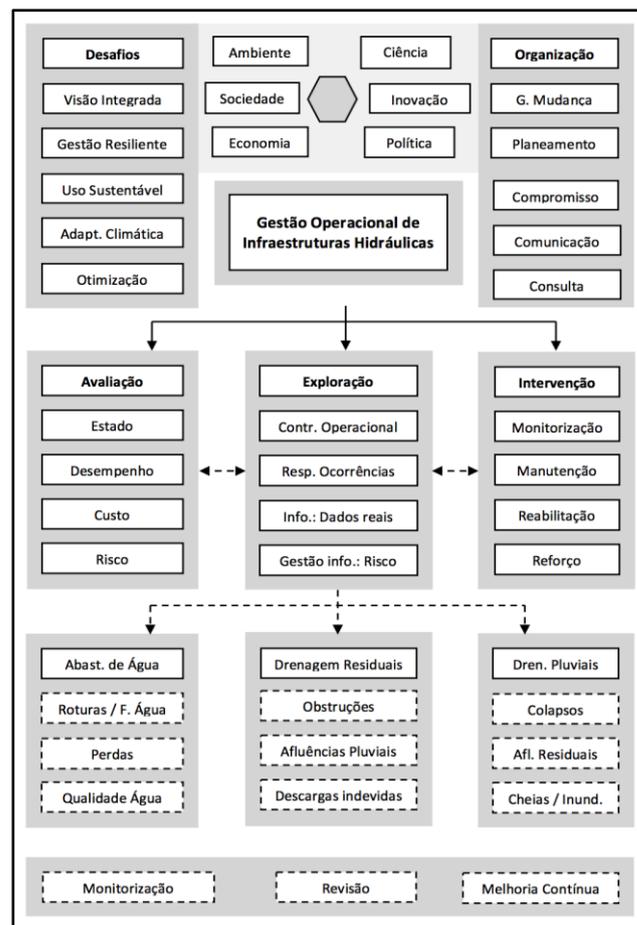


Figura 1. Representação esquemática da metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas.

Concetualmente, a metodologia proposta procura responder aos desafios do setor e às dinâmicas organizacionais das EG, assentando em três principais áreas operacionais: avaliação, exploração e intervenção. No que se refere à avaliação de infraestruturas, o Quadro 1 sintetiza as classes de avaliação de estado, desempenho e risco propostas no âmbito da metodologia. Relativamente à avaliação de risco, analisam-se as probabilidades de ocorrência de determinados eventos.

Quadro 1. Avaliação dos reservatórios do SAA-Arouca.

Classe	Estado	Desempenho	Risco (Probabilidade)
1	Muito bom	Excelente	Muito baixa
2	Bom	Eficiente	Baixa
3	Razoável	Eficaz	Média
4	Mau	Pré-eficaz	Alta
5	Muito mau	Ineficaz	Muito alta

4. Caso de Estudo

4.1. Caracterização do SAA-Arouca

O SAA-Arouca integra o Sistema de Águas da Região do Noroeste (SARN), cuja responsabilidade de exploração se encontra a cargo da Águas do Norte, S.A. (Entidade Gestora da Parceria – EGP). O SAA-Arouca (Figura 2) abastece uma população residente de 22 359 habitantes (AQUASIS, 2015) e apresenta uma extensão de rede de cerca de 369 600 metros.

Trata-se de uma zona rural, localizada no interior, com acentuadas variações em altitude (Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente, 2018).

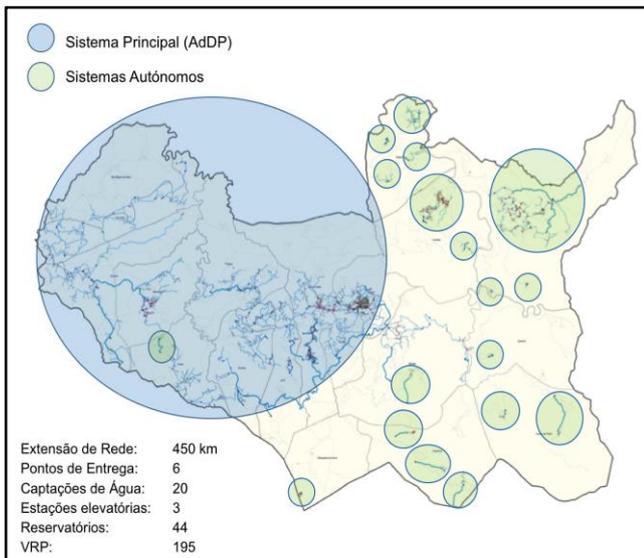


Figura 2. Sistema de abastecimento de água de Arouca (Cardoso-Gonçalves, 2016).

Relativamente à origem da água, este SAA divide-se em Sistema Principal (SP) e Sistemas Autónomos (SA). O SP, abastecido em alta pela Águas do Douro e Paiva, S.A. (AdDP), integra seis pontos de entrega (PE) em alta, designadamente: Abelheira, Provisende, Souto Redondo, Ameixieira, Forcada e Moldes. Os SA são abastecidos por vinte captações de água (furos e minas). A Figura 2 representa o SAA-Arouca e caracteriza as suas principais infraestruturas.

4.2. Aplicação da metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas ao SAA-Arouca

A aplicação de metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas em desenvolvimento, no âmbito deste artigo, efetua-se nos seguintes domínios: avaliação dos reservatórios (estado, desempenho, custo e risco), exploração (análise da ocorrência de roturas) e intervenções (síntese de intervenções).

Apresentam-se alguns resultados preliminares (evolução de água entrada no sistema e roturas), relativos ao primeiro semestre de 2018, na sequência da aplicação de diversos procedimentos propostos no âmbito da dissertação de doutoramento a que se refere o projeto de tese Cardoso-Gonçalves (2016).

4.2.1. Avaliação

Relativamente aos reservatórios do SAA-Arouca, com base na metodologia de avaliação do estado de infraestruturas, nos pressupostos introduzidos no estado da arte e nas informações prestadas pela EG, avaliou-se o estado (construção civil e equipamentos), o desempenho (capacidade de reserva, controlo de nível e estanquidade) e o risco (perda de água, *security* e ambiente e segurança). Obtiveram-se os valores que se apresentam no Quadro 2, que carecem de uma avaliação mais rigorosa, a efetuar no âmbito da dissertação de doutoramento em desenvolvimento.

Quadro 2. Avaliação dos reservatórios do SAA-Arouca

	E	D	R	Cs (€)	Va (€)	IVI
Abelheira	3,0	1,0	3,0	368 963	264 008	0,72
Provisende	-	-	-	-	-	-
S. Redondo	4,0	4,0	4,0	186 172	76 473	0,41
Ameixieira	3,0	2,0	3,0	277 265	220 673	0,80
Forcada	3,0	3,0	2,5	206 605	178 277	0,86
Moldes	3,5	3,0	3,0	532 721	317 514	0,60
SP	4,0	3,0	3,0	1 571 726	1 056 945	0,67
SA	4,0	3,5	3,0	782 054	368 346	0,47
Total	4,0	3,0	3,0	2 353 779€	1 425 292	0,61

Numa análise mais global, verifica-se que os reservatórios do SAA-Arouca apresentam, em termos médios, mau estado, um desempenho eficaz e uma probabilidade de ocorrência média. A comparação entre os SA e o SP evidenciam que a avaliação através de valores médios de estado, desempenho e risco poderá indicar classes aproximadas, embora a avaliação de custo indique valores de IVI distintos. Dentro do SP, os reservatórios do subsistema da Abelheira apresentam um desempenho global excelente, com um estado razoável e uma probabilidade de ocorrência média.

4.2.2. Exploração

Na área operacional de exploração, analisa-se a ocorrência de roturas no SAA-Arouca, do ponto de vista temporal e espacial. A utilização de dados reais poderá, através da sistematização da informação, otimizar o controlo operacional. A Figura 3 representa a distribuição mensal de roturas no SAA-Arouca (triénio 2015-2017).

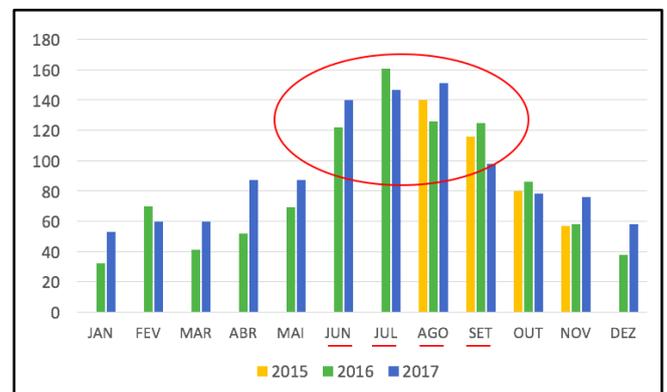


Figura 3. Distribuição mensal da ocorrência de roturas no SAA-Arouca, no triénio 2015-2017 (adaptado de Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente, 2018).

Os meses de junho, julho, agosto e setembro apresentam uma incidência de roturas mais elevada, constatação que possibilitará a definição de estratégias de reforço da capacidade de resposta.

No que se refere ao risco de rotura, a avaliação efetuada centra-se no SP do SAA-Arouca. A partir dos registos facultados pela EG, considerou-se a probabilidade de ocorrência de roturas em cada subsistema do SP (Abelheira - SAA-201; Provisende - SAA-202; Souto Redondo - SAA-203; Ameixieira - SAA-204; Forcada - SAA-205; Moldes - SAA-206) e a consequência associada (custo de reparação e reposição do pavimento).

A Figura 4 representa esquematicamente o risco de rotura por subsistema do SP, no triénio 2015-2017.

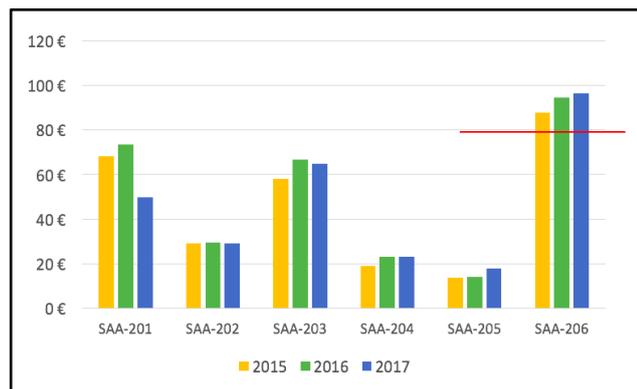


Figura 4. Risco de rotura por PE do SP do SAA-Arouca (adaptado de Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente, 2018).

Realça-se que os subsistemas de Abelheira (SAA-201), Souto Redondo (SAA-203) e Moldes (SAA-206) apresentam valores de risco de rotura mais elevados. Salienta-se que o risco de rotura no subsistema de Abelheira (SAA-201) apresenta uma redução significativa em 2017.

4.2.3. Intervenção

No que diz respeito à intervenção em infraestruturas hidráulicas (monitorização, manutenção, reabilitação e reforço), sistematizam-se as principais ações efetuadas:

- Monitorização de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP) no SP:
 - reduzida a pressão em 62 VRP;
 - redução média de pressão a jusante de VRP: 6 mca (18%);
 - executada entre nov/17 e jan/18;
- Reabilitação:
 - 2016: substituíram-se 2 120 m de condutas, com um investimento aproximado de 83 235 €;
 - 2017: substituíram-se 6 769 m de condutas, com um investimento aproximado de 202 425 €;
 - 2017: substituíram-se 10 VRP no SP, com um investimento aproximado de 21 000 €;
- Reforço:
 - 2017: controlou-se a perda por extravasamento em 7 reservatórios do SP, com a instalação de controlo de nível, entre mar/17 e mai/17;
 - 2017: instalaram-se cerca de 6 072 m de condutas, com um investimento aproximado de 172 764 €;
 - 2017: instalaram-se 34 VRP no SP, com um investimento aproximado de 79 500 €.

As ações supramencionadas foram desenhadas e estruturadas no âmbito do desenvolvimento da dissertação de doutoramento referida em Cardoso-Gonçalves (2016), tendo sido implementadas no âmbito da gestão operacional do SAA-Arouca. Estima-se um investimento de 306 660 € associado à reabilitação de infraestruturas hidráulicas (285 660 € em condutas e 21 000 € em VRP) e de 252 264 € em reforço de infraestruturas hidráulicas (172 764 € em condutas e 79 500 € em VRP).

Pela análise efetuada, uma equipa funcional afeta à monitorização (controlo de pressões), manutenção, reabilitação (substituição) e reforço (instalação) de VRP poderá ter um custo anual de cerca de 40 000 € (custos com pessoal, viaturas, ferramentas e materiais). A fase 1 de monitorização e manutenção de VRP teve uma duração aproximada de 3 meses (nov/17 a jan/18) e um custo estimado de 10 000 €. Desde o início da implementação da metodologia e até ao final de 2017, a intervenção em condutas teve um investimento de cerca de 458 424 € e em VRP de cerca de 110 500 €.

4.3. Resultados preliminares

Os resultados preliminares que se apresentam neste artigo referem-se ao primeiro semestre do ano de 2018, período seguinte à implementação de diversas ações referidas anteriormente. Nos pontos seguintes analisa-se a evolução da Água Entrada no Sistema (AES), em cada um dos PE do SP, adquirida pela EG (Águas do Norte, S.A.) à AdDP, e a evolução do número de roturas ocorridas no SP e nos SA do SAA-Arouca.

Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente (2017), no âmbito da dissertação de doutoramento a que se refere Cardoso-Gonçalves (2016), sugerem diversas ações que, entretanto, foram implementadas no SAA-Arouca. Destacam-se as estratégias de combate às perdas reais (gestão de pressões, medição de caudais, pesquisa ativa de fugas, diminuição de tempos de resposta a roturas e intervenções de reabilitação), de combate às perdas aparentes (substituição de contadores, contabilização de consumos públicos e ações de fiscalização), de redução de ocorrências (roturas - gestão de pressões e substituição de troços com elevada ocorrência de roturas; falhas de água - planos de monitorização e alertas de nível em reservatórios) e de garantia de qualidade da água (controlo de funcionamento de sistemas autónomos e monitorização de qualidade da água através de colheitas periódicas).

4.3.1 Evolução da Água Entrada no Sistema (AES)

Globalmente, a instalação de dispositivos de controlo de extravasamento nos reservatórios de distribuição (entre mar/17 e mai/17) e a gestão de pressões no sistema principal (entre nov/17 e jan/18) antecedem uma diminuição generalizada de AES. Nos parágrafos seguintes, analisa-se a evolução da AES por subsistema do SP do SAA-Arouca, identificando as ações mais relevantes que foram implementadas.

No caso do subsistema da Abelheira (Figura 5), em mai/17, concluiu-se a substituição de diversos troços com elevada ocorrência de roturas e suspeita de fugas e, em jan/18, terminou a fase 1 de gestão de pressões, com uma redução média da pressão, a jusante de VRP, de cerca de 8,5 mca (26%). No primeiro semestre de 2018, verificou-se, neste PE, uma redução de cerca de 34% da água adquirida em alta.

O controlo de pressões no subsistema dependente do PE de Provisende (Figura 6) concluiu-se em dez/17, com uma redução média da pressão a jusante de VRP de 7 mca (23%). Entre janeiro e junho de 2018 verificou-se uma diminuição de 20% da AES.

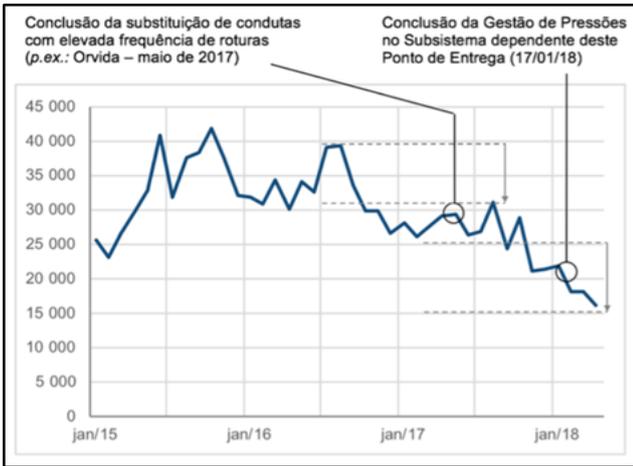


Figura 5. Evolução mensal da AES no PE da Abelheira.

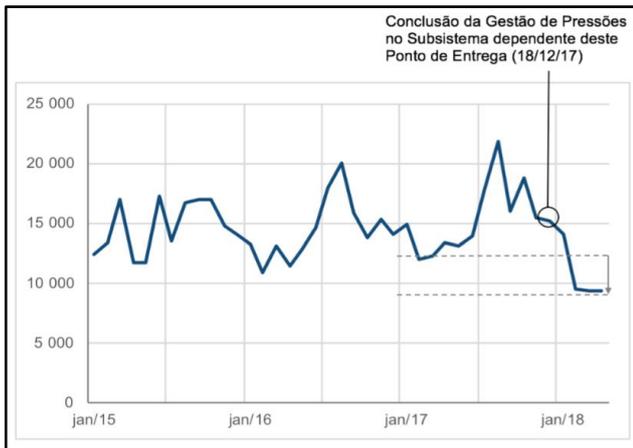


Figura 6. Evolução mensal da AES no PE de Provisende.

O subsistema de Souto Redondo (Figura 7) sofreu diversas intervenções, sobretudo relacionadas com o controlo de pressões, salientando-se a instalação de 7 VRP na freguesia de Tropeço (zona abastecida por este PE), em jul/17, e a fase 1 de controlo de pressões, com término em dez/17.

A redução da pressão média a jusante de VRP foi de cerca de 4 mca (13%), embora se realce que a instalação de novas VRP tenha tido particular relevância no abastecimento de água com pressões de serviço adequadas. No primeiro semestre de 2018, a AES, neste PE, apresentou uma diminuição de 39%.



Figura 7. Evolução mensal da AES no PE de Souto Redondo.

No que se refere ao subsistema de Ameixeira (Figura 8), realça-se a instalação de dispositivos de controlo de nível em reservatórios de distribuição, entre mar/17 e abr/17, e a conclusão da fase 1 de gestão de pressões em dez/17, com a redução da pressão média, a jusante de VRP, em cerca de 6 mca (18%). Posteriormente ao controlo de extravasamentos (entre mai/17 e dez/17), verificou-se uma diminuição de 20% da AES. No entanto, no período seguinte (1º semestre de 2018), verificou-se que a AES se mantém aproximadamente constante, comparativamente com o ano anterior, apresentando um ligeiro aumento de 2%.

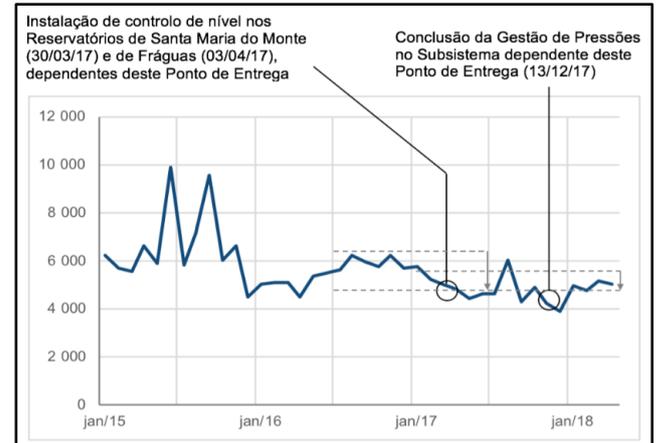


Figura 8. Evolução mensal da AES no PE de Ameixeira.

Relativamente ao subsistema da Forcada (Figura 9), salienta-se a conclusão da fase 1 de controlo de pressões na rede de distribuição, em dez/17, com a diminuição da pressão média, a jusante de VRP, em cerca de 4 mca (12%). No decorrer do primeiro semestre do ano de 2018, verificou-se uma diminuição de cerca de 20% da AES, neste PE.

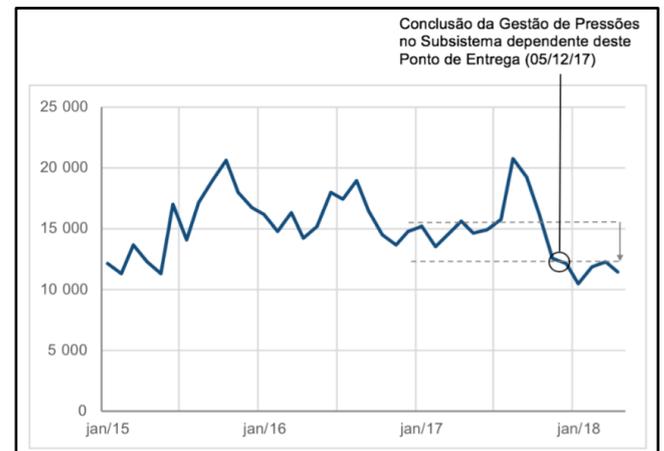


Figura 9. Evolução mensal da AES no PE de Forcada.

No caso do subsistema dependente do PE de Moldes (Figura 10), identificam-se diferentes ações levadas a cabo no âmbito da gestão operacional do SAA-Arouca, designadamente: instalação de controlo de nível em reservatórios (entre abr/17 e mai/17), conclusão da fase 1 de gestão de pressões (out/17), com a redução da pressão média, a jusante de VRP, em cerca de 7 mca (19%), reparação de uma rotura com perda de água significativa (fev/18), redução do patamar de pressão da freguesia de Santa Eulália, zona abastecida por este PE (mar/18), desativação da conduta do Boco (abr/18) e controlo de pressões na Zona Histórica (mai/18).

As ações executadas na rede de distribuição dependente do PE de Moldes, em 2018, embora se trate de um período de análise particularmente curto, poderão encontrar-se na base da alteração significativa do volume associado ao PE Moldes, a partir de abr/18. No primeiro semestre de 2018, a AES, no PE, sofreu uma diminuição de cerca de 12%.

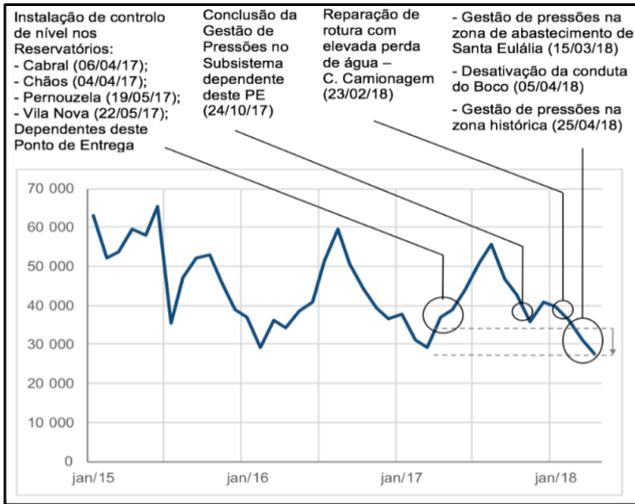


Figura 10. Evolução mensal da AES no PE de Moldes.

O volume de AES referente ao SP do SAA-Arouca (Figura 11), no primeiro semestre do ano de 2018 (536.671.m³), apresenta uma redução de 23% relativamente ao período homólogo do ano de 2017 (695.137.m³). De acordo com o valor médio de aquisição de água em alta pelo Município de Arouca (0,5207.€/m³), a diminuição de 158 466 m³ traduz-se numa redução de 82 513 € nos encargos com a aquisição de água em alta. A Figura 12 representa a variação mensal da AES no SP do SAA-Arouca nos anos de 2015, 2016, 2017 e 1º semestre de 2018.

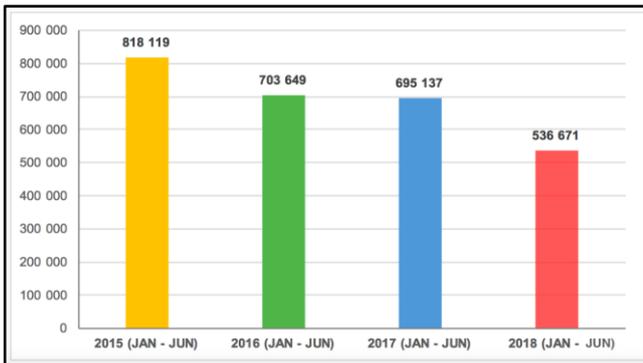


Figura 11. Evolução da AES no SP do SAA-Arouca (1º semestre).

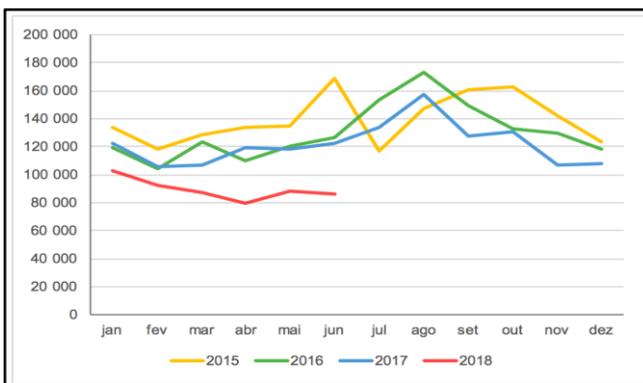


Figura 12. Evolução mensal da AES no SP do SAA-Arouca.

4.3.2. Evolução da ocorrência de roturas

A evolução do número de roturas registadas no SAA-Arouca, reparadas por prestador externo, é analisada na globalidade do SAA-Arouca e, mais especificamente, no caso do SP. Sistematizam-se os principais dados de roturas no SAA-Arouca:

- 1º semestre de 2016 – 355 roturas;
- 1 semestre de 2017 – 300 roturas (- 15%);
- 1º semestre de 2018 – 185 roturas (- 38%).

No caso dos SA do SAA-Arouca onde não se efetuou a gestão de pressões, verifica-se que o número de roturas permanece aproximadamente constante, no primeiro semestre de 2018 (58 roturas), relativamente ao mesmo período de 2017 (54 roturas).

Relativamente ao SP, verifica-se uma redução significativa do número de roturas nos diferentes subsistemas dependentes dos 6 PE do sistema em alta (Figura 13).

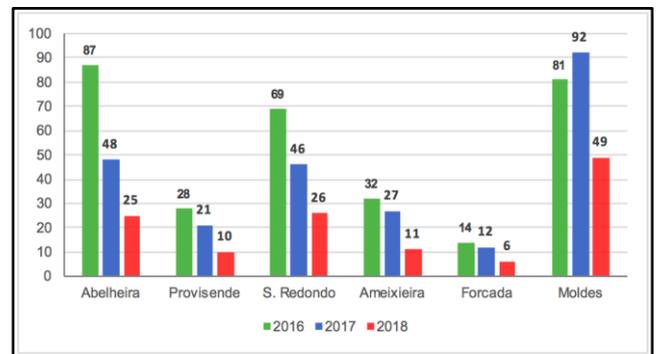


Figura 13. Número de roturas por PE do SP do SAA-Arouca, no período de janeiro a junho.

A Figura 14 representa a distribuição de roturas ocorridas no SP, nos primeiros semestres dos anos 2016, 2017 e 2018. Realça-se a diminuição significativa (48%) do número de roturas ocorridas na primeira metade do ano de 2018 (127 roturas), relativamente ao período homólogo do ano anterior (246 roturas).

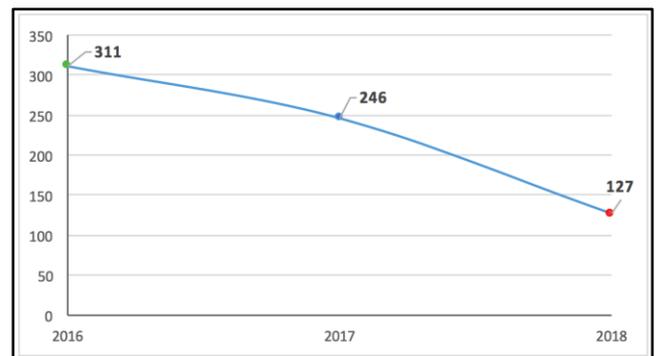


Figura 14. Número de roturas no SP do SAA-Arouca, no período de janeiro a junho.

Considerando os custos médios de reparação de 220€/rotura e de reposição de 50€/m², estima-se que a redução de roturas que se verificou no SP se traduza numa redução de encargos de cerca de 48 856 €.

5. Considerações Finais

Este estudo apresenta as principais linhas orientadoras da metodologia de Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, que integra conceitos de gestão patrimonial (estado, desempenho, custos, risco, manutenção, reabilitação), de gestão do risco (metodologias de cálculo simplificadas, com base em dados reais, introdução do conceito de gestão operacional informada pelo risco) e de gestão técnica (conceitos operacionais e organizacionais), e que se divide em três áreas operacionais principais: avaliação, exploração e intervenção.

A avaliação de infraestruturas hidráulicas proposta na metodologia em estudo possibilita uma análise expedita do estado, do desempenho e do custo das diferentes componentes de um sistema de abastecimento de água, com base em inquéritos às EG ou em avaliações patrimoniais ou outras efetuadas anteriormente. Neste artigo avaliam-se os reservatórios do SAA-Arouca e refere-se que, no âmbito da dissertação de doutoramento (em desenvolvimento) em que este se baseia, se avaliam as restantes infraestruturas deste sistema de abastecimento de água.

Relativamente à exploração de infraestruturas hidráulicas, inclui-se uma breve análise da distribuição temporal e espacial das roturas no SAA-Arouca. A análise efetuada procura informar a gestão operacional, de forma a identificar o período temporal em que se verifica ser necessário reforçar a capacidade de resposta a ocorrências (equipas internas e prestadores externos), no sentido de perseguir o objetivo de diminuição do tempo de resposta, de acordo com uma visão integrada de otimização do serviço prestado e uma redução das perdas de água. O risco de rotura poderá ser um indicador dos locais a selecionar para o controlo ativo de perdas e para o investimento em substituição de condutas, de forma a maximizar o retorno.

As intervenções efetuadas no SAA-Arouca, até ao final de 2017, encontram-se sintetizadas no presente artigo. Aborda-se a instalação de dispositivos de controlo de nível em reservatórios e a substituição e instalação de condutas e VRP. A análise efetuada procura sistematizar as ações efetuadas no sistema em estudo, para que se possa enquadrar a análise do seu desempenho no período seguinte. Salienta-se que as intervenções referidas foram projetadas, planeadas e implementadas no âmbito do desenvolvimento do estudo de base deste artigo.

Na dissertação de doutoramento em desenvolvimento, são propostas intervenções de monitorização, manutenção, reabilitação e reforço a implementar no futuro, referindo-se que, parte delas, já se encontram executadas ou em execução.

A análise de dados reais de AES, por PE, refere-se apenas ao primeiro semestre de 2018. Considerando que se trata de um período de análise reduzido, a evolução dos dados necessita de uma avaliação mais detalhada, a levar a cabo aquando da existência de um maior intervalo temporal.

Considera-se, como principal objetivo desta análise, identificar tendências de evolução dos volumes de água entrados no SP, na sequência de intervenções efetuadas no âmbito da Gestão Operacional do SAA-Arouca.

Nesse sentido, salienta-se a diminuição significativa da AES fornecida em alta, situação que deve ser enquadrada com a tendência de aumento de volume entregue a clientes (AF) e com a desativação de origens autónomas e o consequente aumento da área abastecida pelo SP. Caso se mantenha a tendência do primeiro semestre, poderá estimar-se uma redução de custos relacionados com a aquisição de água, em 2018, de cerca de 165 000 €.

A análise da evolução do número de roturas no SAA-Arouca evidencia o efeito do controlo de pressões nos sistemas de abastecimento de água, sobretudo em locais com a orografia do Município de Arouca, com elevadas variações em altitude. O SP onde se efetuou o controlo sistemático de pressões apresenta uma diminuição próxima de 50% do número de roturas, no primeiro semestre de 2018, enquanto os SA, onde não se efetuou o controlo de pressões apresentam um número de roturas equivalente a 2017. O controlo de pressões foram efetuadas através da instalação de novas VRP e pela redução da pressão média, a jusante de VRP, em cerca de 6 mca (18%). A substituição de troços com elevada incidência de roturas também deverá ser considerada nesta análise. Tendo em conta que a tendência de diminuição de roturas se mantém no segundo semestre de 2018, poder-se-á estimar uma redução de encargos com roturas na ordem dos 98 000 €.

Relativamente a intervenções futuras, para redução de perdas reais, sugere-se o seguinte: gestão de pressões (fase 2 de gestão de pressões; medição sistemática de pressões nos pontos críticos do sistema; substituição e instalação de VRP); diminuição do tempo de resposta (continuar o caminho que tem sido seguido); instalação de contabilização em reservatórios de distribuição (em curso); substituição de condutas com roturas recorrentes e/ou perda de água (em curso); pesquisa ativa de fugas (em curso). A redução de perdas aparentes poderá ser apoiada pelos seguintes procedimentos: contabilização de consumos públicos (em curso); substituição de contadores (em curso); ações de fiscalização (em curso).

Em relação a orientações para a investigação futura, de acordo com a estratégia definida em Cardoso-Gonçalves (2016), salientam-se aspetos que se podem aprofundar: avaliação de desempenho de outras infraestruturas (reservatórios, estações elevatórias, condutas, captações); gestão do risco com base em dados reais (risco de perda de água; risco de rotura; risco de falta de água; risco de qualidade da água; risco social); estabelecimento de estratégias de intervenção (monitorização; manutenção; reabilitação; reforço).

A metodologia proposta de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas parte do tratamento de dados reais disponíveis e estabelece o contexto (desafios e organização) de base às três áreas operacionais: avaliação, exploração e intervenção. A metodologia considera os principais desafios da gestão de infraestruturas hidráulicas e, nas diferentes componentes das áreas operacionais propostas, procura sistematizar e analisar, de forma objetiva, a situação existente e definir as “ações propostas” em cada uma das áreas operacionais (avaliação, exploração e intervenção).

A componente de apoio à decisão constitui um dos pontos que se encontra em desenvolvimento, no âmbito da dissertação de doutoramento em que se baseia o presente artigo. A “ferramenta de apoio à decisão” pretende integrar a informação da situação existente das infraestruturas do caso de estudo em análise (avaliação, exploração e intervenção) e as ações propostas.

Considerando o investimento e o retorno estimado dos investimentos a efetuar, com base nas informações sistematizadas, de acordo com a metodologia proposta (Figura 1), pretende-se desenvolver uma ferramenta que permita apoiar a gestão das infraestruturas hidráulicas, tornando a tomada de decisão mais objetiva e menos intuitiva.

Desde o início da implementação da estratégia de gestão operacional proposta para o SAA-Arouca, o investimento associado a condutas e VRP estima-se na ordem dos 568.924.€ e o ganho anual, em 2018, poderá rondar os 263.000.€. Realçando-se a necessidade de efetuar uma análise cuidadosa dos dados, pelo facto de o período de análise ser particularmente curto, poder-se-ia estimar, de forma expedita, um período de retorno do investimento um pouco superior a 2 anos.

A determinação do retorno associado a estratégias de gestão operacional de um determinado sistema, infraestrutura ou ativo, do ponto de vista global ou em intervenções específicas, não pretende comparar-se com análises criteriosas baseadas em históricos de dados longos e robustos.

A análise efetuada executa-se com o objetivo de desenhar estratégias, priorizar intervenções e planear ações de um modo mais organizado e de acordo com uma ferramenta que permita decidir de forma mais objetiva

Referências

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 (IRAR). Lisboa.

Alegre, H. (2008). *Gestão Patrimonial de Infra-estruturas de Abastecimento de Água e de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Almeida, A.B. (2011). *Gestão da Água: Incertezas e Riscos. Conceptualização Operacional*. Esfera do Caos, Lisboa.

AQUASIS (2015). *Constituição do Cadastro das Infraestruturas de Abastecimento de Água e de Saneamento Existentes nos Municípios da Parceria Sistema de Águas da Região do Noroeste*. Município de Arouca. Relatório da AQUASIS, Sistemas de Informação, S.A., Lisboa.

Cardoso, A., Oliveira, F., Lacerda, F., Poças-Martins, J. (2013). *Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água: Otimização das Pressões numa Grande Rede de Distribuição de Água - Aplicação a um Subsistema da Cidade do Porto*. 8.^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Cardoso-Gonçalves, J.J.T. (2016). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas*. Projeto de Tese de Investigação, Programa Doutoral em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2017). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca*. 13^o Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa (SILUSBA). Porto, Portugal.

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca*. 14^o Congresso da Água. Évora, Portugal.

Loureiro, D. (2012). *Metodologias de Análise de Consumos para a Gestão Eficiente de Sistemas de Distribuição de Água*. Dissertação de Doutoramento, LNEC.

Tentúgal-Valente, J.C. (2007). *Disciplina de Hidráulica Urbana e Ambiental*. Apontamentos. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Hidráulica Urbana e Ambiental, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

USEPA (2005). *USEPA Advanced Asset Management Workshop*. US Environmental Protection Agency.