



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## WADI – DETECÇÃO INOVADORA DE FUGAS DE ÁGUA EM GRANDES REDES DE DISTRIBUIÇÃO A PARTIR DA VIGILANCIA ATRAVES DE AVIÕES TRIPULADOS E DRONES

Alexandra CARVALHO<sup>1</sup>; Anabela, OLIVEIRA<sup>2</sup>; Elsa, ALVES<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Diretora, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2, Beja, [acarvalho@edia.pt](mailto:acarvalho@edia.pt), 284 315 110

<sup>2</sup> Investigadora Principal, LNEC, Av. do Brasil, 101, Lisboa, [aoliveira@lneec.pt](mailto:aoliveira@lneec.pt), 218443631

<sup>3</sup> Investigadora Auxiliar, LNEC, Av. do Brasil, 101, Lisboa, [ealves@lneec.pt](mailto:ealves@lneec.pt), 218443636

### Resumo

A redução de fugas em grandes redes de distribuição de água foi identificada como um dos desafios do Horizonte 2020, para contribuir para a criação de uma sociedade eficiente em termos hídricos e energéticos e resiliente aos impactos das alterações climáticas.

No projeto H2020 WADI desenvolveu-se um conceito inovador para deteção de fugas de água nestas redes. A metodologia WADI consiste na utilização acoplada de dispositivos óticos de monitorização remota, instalados em plataformas aéreas complementares (aviões e drones). Esta metodologia permite uma monitorização precoce das fugas de forma precisa, mesmo em sistemas de difícil acesso, sendo uma alternativa mais eficiente e económica aos métodos locais disponíveis e mais fiável do que a deteção por satélites.

A aplicação deste sistema de deteção precoce de fugas vai permitir aumentar a eficiência do uso da água. A metodologia será demonstrada em dois sítios piloto: na região da Provença para desenvolvimento da metodologia e validação da tecnologia, e no empreendimento do Alqueva, para demonstração operacional. A aplicação numa seção da rede de rega deste empreendimento pretende reduzir o consumo de água e também o consumo de energia, dado que toda a água é bombeada neste empreendimento.

O sistema WADI foi já aplicado para validação preliminar na infraestrutura da rede de água da Société du Canal de Provence (SCP). A plataforma aérea voou sobre 3 áreas com alto potencial de humidade do solo, para deteção de várias fugas de água criadas artificialmente, validando o procedimento de deteção. Os dados das primeiras campanhas WADI foram já processados para suportar a determinação de comprimentos de onda otimizados para deteção de fugas. O resultado é uma série de mapas de diferentes indicadores que permitem revelar a presença de água (índice de água). Apresenta-se nesta comunicação a metodologia WADI e uma primeira especificação da sua demonstração no empreendimento do Alqueva.

**Palavras-chave:** Eficiência hídrica, Deteção remota de fugas, Drones, Aviões tripulados.

**Tema:** Gestão integrada da água, do território e das cidades



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
NOVOS  
DESAFIOS

## 1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água para os usos humanos e a manutenção dos ecossistemas aquáticos constitui uma preocupação transversal em particular num contexto de alterações climáticas. A escassez de água afeta já todos os continentes, com mais de 1 bilião de pessoas vivendo em zonas de escassez (FAO, 2007). As perdas de água são assim um problema grave que afeta muitas áreas a nível mundial (Morais & de Almeida, 2007)

Existe assim uma necessidade de desenvolver métodos e tecnologias que permitam reduzir as perdas de água, em particular em grandes redes de distribuição, em paralelo com abordagens para melhor eficiência no uso da água. Na Europa, os problemas são múltiplos, desde sobre-exploração das águas subterrâneas (afetando 60% das cidades europeias), até ao risco de perda de 50% das zonas húmidas. No entanto, a adoção de novas tecnologias tem vindo a ser limitada por vários fatores: falta de financiamento e baixa capacidade de recuperação dos custos e uma fragmentação entre as instituições, responsabilidades de gestão e conhecimento nesta área. É assim necessário identificar metodologias e técnicas, e percorrer todo o ciclo da inovação até à demonstração em condições reais, de modo a tornar este mercado atrativo para os investidores e as entidades gestoras.

As perdas de água nas grandes redes de distribuição, para além de representarem uma grande parte destas perdas, apresentam ainda desafios superiores devido a uma maior dificuldade de acesso aos canais/conduitas e a uma multitude de potenciais percursos para o derrame. Os métodos que têm vindo a ser aplicados (métodos *in-situ*, tais como os métodos de deteção acústicos, eletromagnéticos e por radar) são em geral de difícil ou muito onerosa aplicação nestas condições. As alternativas existentes tiram partido da deteção remota por satélite (e.g. Faidrullah 2007), reduzindo dessa forma o esforço de monitorização *in-situ* (e.g. Agapiou et al., 2016), sendo potencialmente muito atrativos em grandes redes de distribuição devido à grande extensão destas redes. Agapiou et al. (2006) explorou o uso de várias imagens de baixa resolução e de uma imagem de alta resolução, mas não foi efetuada uma análise de custo-benefício. Adicionalmente, não existe ainda informação reportada sobre a taxa de sucesso destas metodologias em várias condições ambientais e para vários tipos de infraestruturas, nem se cumprem os requisitos requeridos pelas entidades gestoras em termos de rapidez de deteção, custo e de precisão.

No âmbito do programa de financiamento H2020 WATER-1b-2015: *Demonstration/pilot activities*, está a ser desenvolvido o projeto WADI - *Water-tightness Airborne Detection Implementation*, coordenado pela empresa YOURIS e com a direção científica da ONERA (Centro francês de investigação aeroespacial). Este projeto visa desenvolver um serviço de deteção de fugas com base em deteção remota baseada em aviões tripulados e drones, tirando partido de sensores que permitam boa deteção e tenham um custo razoável, sendo a EDIA e o LNEC os parceiros portugueses.

O projeto WADI visa assim contribuir para a redução de perdas de água em grandes redes de distribuição e simultaneamente reduzir o consumo de energia associado a este transporte, esperando por esta via obter uma melhor performance das entidades gestoras.



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

Descrivem-se nos capítulos seguintes a metodologia de base a este sistema de deteção e o plano para a sua aplicação no empreendimento do Alqueva, como caso de estudo de demonstração final do projeto. O artigo encerra com algumas considerações para investigação futura, focadas nas tarefas do LNEC e da EDIA.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia WADI é baseada no cálculo do índice da presença de água, indicador revelador desta presença. De modo a obter os valores para este indicador, são calculados o índice OSAVI e a temperatura normalizada, obtido por combinação de sensores de infravermelhos e de sensores hiper-espectrais (<http://www.waditech.eu/newsevents/determination-of-a-set-of-optimised-wavelengths-for-airborne-water-leak-detection.kl>). Esta análise permitirá definir o comprimento de onda otimizado para as câmaras multiespectrais (de utilização comum e custo relativamente baixo).

Com base na definição do tipo de sensores adequados por comparação com sensores hiper-espectrais (já validados para este fim), é desenvolvido um serviço que inclui a componente de deteção, análise de imagem, análise de confiabilidade de dados e integração numa interface amigável para utilização pelas entidades gestoras. Este serviço será aplicado em três fases: na primeira irão ser efetuados testes controlados para definição do comprimento de onda adequado à deteção por sensores “off-the-shelf”, na 2ª fase será validado o serviço e a sua performance por comparação com medições locais, conduzindo a um afinamento deste serviço, e finalmente na 3ª fase, será efetuada a demonstração do serviço em modo de produção a uma fração do empreendimento do Alqueva.

## **3. ENQUADRAMENTO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA WADI AO EMPREENDIMENTO DO ALQUEVA**

### *3.1 Seleção e características do setor a usar na demonstração*

O Bloco de rega do Monte Novo foi selecionado como zona de demonstração no projeto WADI. A utilização deste bloco como área de estudo deve-se ao maior tempo de operação entre os vários blocos do empreendimento, por possuir vários tipos de materiais nas tubagens, para além do interesse de ter uma rede primária com diversos tipos de infraestruturas de adução (em canal e por conduta de vários diâmetros).

O Bloco de rega do Monte Novo abrange uma área total de 7.683 ha (Figura 1), localizando a sul entre Monte do Trigo e Torre de Coelheiros e desenvolvendo-se a Norte em direção à albufeira do Monte Novo. A povoação de S. Manços fica situada no centro do Bloco.



O Canal Loureiro - Monte Novo tem um desenvolvimento de 24 km e um caudal de dimensionamento que varia entre 9 m<sup>3</sup>/s no seu início e termina em 3 m<sup>3</sup>/s, abastecendo no seu percurso vários reservatórios que, por sua vez fornecem as redes de rega que beneficiam o Bloco do Monte Novo. Este canal termina na albufeira do R4, com NPA à cota (204).

O Bloco está dividido em 4 sub-blocos (1,2,3 e 4), sendo que os sub-blocos 1 e 4 estão subdivididos em 2 e 3 zonas, respetivamente (Figura 2).

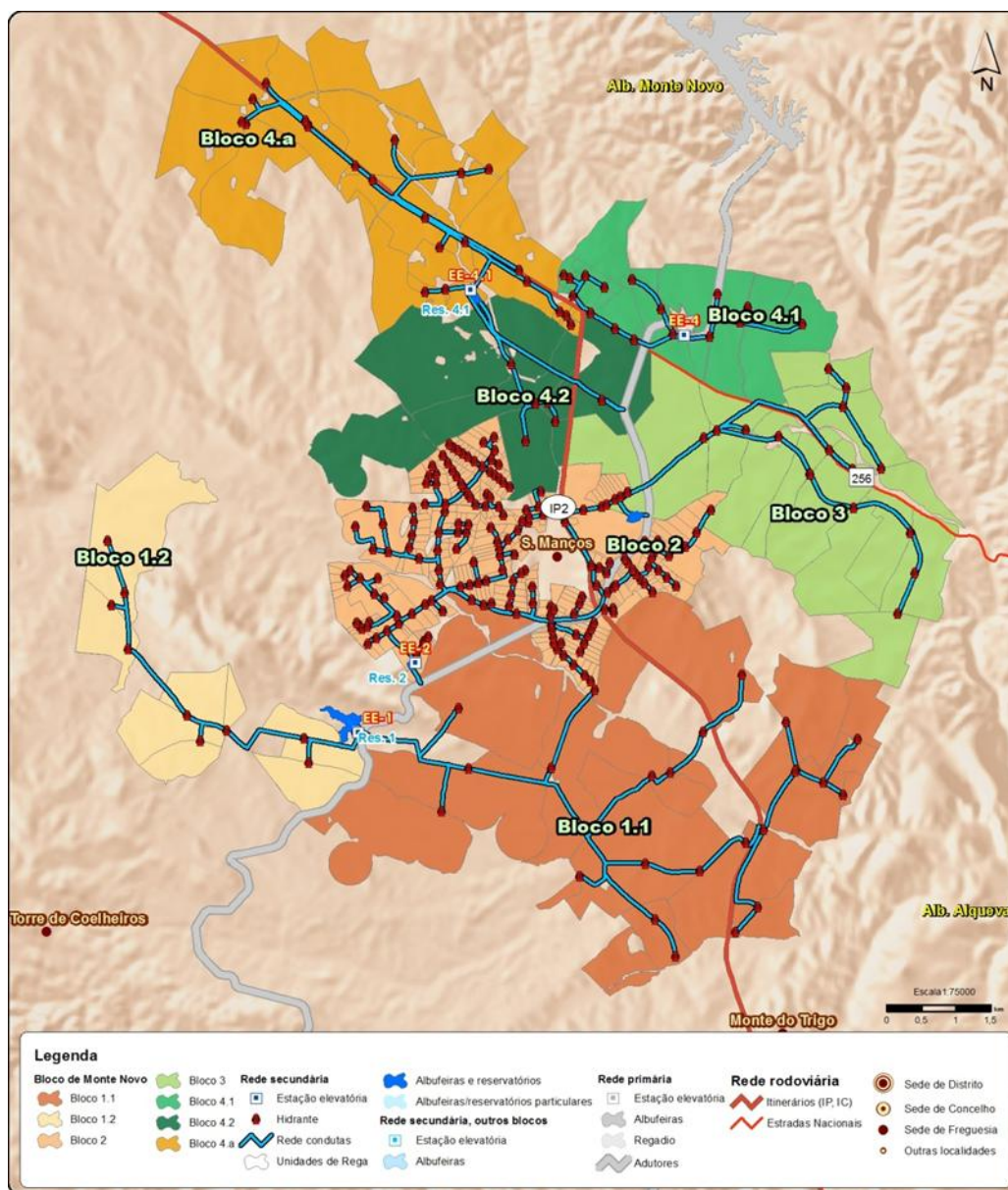


Figura 12. Composição do Bloco do Monte Novo (EDIA,2017)



O sub-bloco 1 localiza-se a Sul do perímetro, predominando a grande propriedade e sendo abastecido a partir do Reservatório 1 (R1). Este sub-bloco é dividido em duas áreas: a área 1.1 e área 1.2, diferenciando-se estas essencialmente pela forma de distribuição de água. Na área 1.1 a água é abastecida por gravidade e na área 1.2, a partir da Estação Elevatória 1 (EE1), localizada junto do paramento de jusante do R1.

O sub-bloco 2 situa-se junto a São Manços, onde predomina a pequena propriedade. É abastecido pelo Reservatório 2 (R2), através da estação elevatória 2 (EE2).

O sub-bloco 3, caracterizado maioritariamente por média e grande propriedade, é abastecido graviticamente a partir do Reservatório 3 (R3).

O sub-bloco 4 é formado por 3 áreas distintas:

- A área 4.1 localiza-se a Norte de São Manços e é constituída essencialmente por média e grande propriedade. O canal principal fornece-lhe água através da Estação Elevatória 4 (EE4), que, por sua vez, é abastecida pelo Reservatório 4 - onde termina o canal Loureiro- Monte Novo;
- A área 4.2 é beneficiada por gravidade através do reservatório R4.1, que é abastecido por uma conduta própria, que se inicia no Canal Loureiro-Monte Novo.
- Na área 4.A, a distribuição de água é feita sob pressão, por um sistema que tem como origem de água o R4.1, encontrando-se na sua origem a Estação Elevatória (EE 4.1).

Resume-se na Tabela 1 as características deste Bloco.

**Tabela 1.** Tabela resumo das características do Bloco.

Sub-bloco	Reservatório	Estação elevatória	Sub-bloco beneficiado	Área (ha)
1	R1	-	1.1	2302
		EE.1 Q= 0,858 m <sup>3</sup> /s Hm= 66	1.2	628
2	R2	EE.2 Q= 1,73 m <sup>3</sup> /s Hm= 52	2	1004
3	R3	-	3	1280
4	R4	EE4 Q= 0,73 m <sup>3</sup> /s Hm= 75	4.1	468
	R4.1	EE4.1 Q= 1,65 m <sup>3</sup> /s Hm= 82	4.A	1221
		-	4.2	780
Total				7683



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

### 3.2 Principais Infraestruturas do Bloco

O reservatório R1 encontra-se localizado junto ao Canal Loureiro-Monte Novo, pelo que será alimentado diretamente a partir daquele canal. Este reservatório é constituído por uma pequena barragem em aterro, dotada de torre de tomada de água, tem volume útil do reservatório de 100.000 m<sup>3</sup> e com um NPA (213,3).

O reservatório R2 localiza-se a cerca de 200 m do canal de adução. Deste modo, foi necessário construir uma conduta de adução gravítica, que irá permitir a alimentação do reservatório. Este reservatório foi semi-escavado e revestido com tela. O volume útil do reservatório é de 30.000 m<sup>3</sup> e o NPA (212,8).

O reservatório R3 encontra-se localizado junto ao Canal Loureiro-Monte Novo, pelo que será alimentado diretamente a partir daquele canal. Este reservatório é formado por uma barragem de aterro com NPA (209,5), dotada de uma torre de tomada de água e tem um volume útil de 70.000 m<sup>3</sup>.

O reservatório R4 situa-se no final do canal Loureiro-Monte Novo, e é formado por uma barragem de aterro, dotada de uma torre de tomada de água. O volume útil do reservatório é de 108.000 m<sup>3</sup> e o NPA (205,00)

O reservatório R4.1 é em escavação e aterro impermeabilizado com tela e abastecido a partir do adutor, com origem no canal Loureiro-Monte Novo com um volume útil de 60.000 m<sup>3</sup> e NPA (207,50)

A rede secundária é constituída por tubagens que variam entre o DN1600 e DN90, com um comprimento total de 92,7 km.

As características encontram-se resumidas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Tabela resumo das características das infraestruturas.

Sub-bloco	Área (ha)	Nº Prédios	Número de hidrantes	Número de bocas de rega	Comprimento da rede (m)	Densidade (m/ha)
1.1	2302	35	39	64	21281	9,2
1.2	628	9	9	14	6301	10,0
2	1004	257	165	384	32576	32,4
3	1280	17	17	28	11961	9,3
4.1	468	20	15	24	5855	12,5
4.2	780	7	5	13	2717	3,4
4.A	1221	39	20	34	12024	9,8
<b>Total</b>	<b>7683</b>	<b>384</b>	<b>270</b>	<b>561</b>	<b>92715</b>	<b>12,0</b>

Estas infraestruturas apresentam um conjunto alargado de materiais, sendo assim adequadas à aplicação da metodologia WADI (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo do tipo de tubagens e suas características

Tubagens da Rede de Rega		Comprimento das Tubagens (m)						
		Bloco 1.1	Bloco 1.2	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4.1	Bloco 4.2	Bloco 4.A
<b>Betão com Alma de Aço</b>	DN 1600	963			1769			
	DN 1400	1901						
	DN 1200	2113			1859		1201	1174
	DN 1000	1661						
	DN 800	475	1450		10		660	2510
	DN 700	1901	1323		2336	24		1996
	DN 600	3095	2128		1610	1087	17	902
<b>Sub-Total (1)</b>		<b>12109</b>	<b>4901</b>		<b>7584</b>	<b>1111</b>	<b>1878</b>	<b>6582</b>
<b>Ferro Fundido Dúctil</b>	DN 1200			1620				
	DN 1000			60				
	DN 900			1867				
	DN 800			1201				
	DN 700			898				
	DN 600			1201				
<b>Sub-Total (2)</b>				<b>6847</b>				
<b>PEAD</b>	DN 500	3273		688	1294	70		1154
	DN 450			271		975		
	DN 400	2735	798	3853	669	939	532	2267
	DN 315	1889	336	2713	1051	1181		982
	DN 280				355			
	DN 250		266	4320		833	307	731
	DN 200			2930	569	150		117
	DN 160			2435		170		191
	DN 140			2531		100		
	DN 125	788		2159				
	DN 110	487		2723	439	326		
DN 90			1106					
<b>Sub-Total (3)</b>		<b>9172</b>	<b>1400</b>	<b>25729</b>	<b>4377</b>	<b>4744</b>	<b>839</b>	<b>5442</b>
<b>TOTAL</b>		<b>21281</b>	<b>6301</b>	<b>32576</b>	<b>11961</b>	<b>5855</b>	<b>2717</b>	<b>12024</b>

Na Tabela 4 resumem-se ainda os vários órgãos de exploração e segurança em cada um dos sub-blocos.





7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

**Tabela 4.** Resumo do tipo de tubagens e suas características

Órgãos de Exploração e Segurança	Bloco 1.1	Bloco 1.2	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4.1	Bloco 4.2	Bloco 4.A
Nº Hidrantes	39	9	165	17	15	5	20
Nº Ventosas	34	9	78	24	16	5	20
Nº Descargas de Fundo	45	9	71	24	16	5	24
Nº Válvulas de Secionamento	7	4	50	8	9	/	57

#### **4. LEVANTAMENTO DOS DADOS COMPLEMENTARES PARA ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DA METODOLOGIA**

A validação da metodologia WADI no empreendimento do Alqueva será efetuada através da comparação com dados obtidos *in-situ* durante a campanha de demonstração (através de métodos convencionais adequados ao tipo de infraestrutura) e com dados de outras fontes disponíveis para o território em causa. Este procedimento visa dar confiabilidade aos dados medidos e aos indicadores de perdas de água calculados com base nesses dados. Irá assim ser feito um levantamento dos dados disponíveis de deteção remota por satélite (Copernicus) e de dados locais de temperatura e humidade no solo.

Adicionalmente irão ser usadas técnicas de validação com base no escoamento, através de mapeamento desde a zona em que a fuga é detetada até encontrar a infraestrutura, permitindo assim fazer uma identificação fina da fuga e validar a fonte da mesma.

O conjunto destes dados complementares será ainda usado no cálculo dos indicadores da matriz de performance.

O consumo de água no bloco do Monte Novo no ano de 2017 foi de 29 hm<sup>3</sup>. Se, por hipótese, a deteção de fugas através deste método permitisse uma redução de cerca de 5% deste volume poderiam diminuir as perdas atuais em cerca de 1,4 hm<sup>3</sup> - ordem de grandeza de valor já muito importante.



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

Para efeitos de controlo da exploração, medição e também de verificação de perdas, a EDIA dispõe atualmente de medidores localizados estrategicamente (designadamente em reservatórios, estações elevatórias e nós principais) e com alguma redundância, e do numeroso conjunto de hidrantes na entrega aos beneficiários que medem caudal e pressão, conjunto este totalmente ligado à telegestão do Empreendimento. Neste contexto, atualmente as fugas são detetadas por redução brusca da pressão ou caudal, sendo que por diferença se pode estimar um valor aproximado das perdas da rede, havendo ainda assim um moroso trabalho de aferição rigorosa e de localização de pormenor do problema específico de cada situação. A minimização deste problema é do maior interesse, em particular face ao grande e pouco habitual desenvolvimento dos circuitos hidráulicos do EFMA, seja em extensão seja em secção.

Uma nota é merecida também ao tipo de circuitos hidráulicos do EFMA e concretamente do Monte Novo. Efetivamente trata-se de um conjunto de obras de armazenamento, regularização e distribuição, ligadas entre si, tendo intercaladas estações elevatórias. Destaca-se ainda a rede de distribuição, com uma grande densidade de condutas e de pontos de entrega. Neste contexto há ainda que ter em atenção um conjunto de perdas que são incontornáveis, tais como a evaporação nas albufeiras/ reservatórios e canais e as perdas por percolação nas albufeiras.

## **5. CONSIDERAÇÕES DE INVESTIGAÇÃO FUTURA**

Apresentou-se aqui um novo método para identificação de fugas de água em grandes redes de distribuição baseado na deteção remota por aviões tripulados e drones. Este método irá ser materializado através de um serviço que inclui a componente de deteção, devidamente calibrada com sensores de maior resolução e validada em condições controladas e em dois sistemas com características ambientais e de infraestruturas distintos, e numa interface para facilitar a aplicação em casos reais. Um dos casos de validação escolhidos é um dos blocos de rega do empreendimento do Alqueva, o qual é aqui apresentado em detalhe à luz desta aplicação.

Para além da metodologia de deteção, este projeto permitirá ainda o desenvolvimento de uma base de dados de imagens ricas e exclusivas em diferentes condições climáticas, tipos de solo e vegetação e taxas de fugas de água. Assim, contribuirá para um melhor conhecimento do território gerido pela EDIA e para a sua resiliência e adaptação às alterações climáticas.



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

Os próximos passos na criação do serviço WADI nas atividades a cargo do LNEC serão o desenvolvimento de uma metodologia de confiabilidade dos dados medidos e dos indicadores calculados e a sua integração no sistema de avaliação de performance deste serviço. A EDIA será responsável pela demonstração do serviço no controle de perdas numa das seções da sua infraestrutura, validando todas as componentes do mesmo para atingir o melhor desempenho, que se antecipa superior às metodologias concorrentes e com menores custos operacionais. Esta demonstração será precedida duma validação na infraestrutura da SCP, em França, efetuada em condições ambientais e de tipo de infraestrutura distintas, dando assim robustez à metodologia e confiança à sua aplicação.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto H2020 WADI (Grant agreement No: 689239) da EU. Os autores agradecem ainda às várias equipas a cargo da conceção e desenvolvimento das múltiplas componentes deste serviço, nomeadamente ONERA, GG, AIRMARINE e NTGS.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Agapiou, A., Alexakis, D.D., Themistocleous, K. & Hadjimitsis, D.G. (2016) Water leakage detection using remote sensing, field spectroscopy and GIS in semiarid areas of Cyprus, *Urban Water Journal*, 13:3, 221-231, DOI:10.1080/1573062X.2014.975726

EDIA, 2006. Ligação Loureiro - Monte Novo e Respetivo Bloco de Rega.

Faidrullah, N.S., 2007. Normalized different vegetation index for water pipeline leakage detection. In ACRS, 28th Asian conference on remote sensing, 12–16 November 2007, Kuala Lumpur, Malaysia (pp. 915–921). Tokyo, Japan: Malaysia Ministry of Science Technology and Innovation, Malaysian Centre for Remote Sensing (MACRES), Asian Association on Remote Sensing (AARS). ISBN: 9781615673650.

FAO, 2007. Coping with water scarcity. Challenge of the twenty-first century. UN-Water, FAO, 2007 <http://www.fao.org/3/a-aq444e.pdf>

Huang, Y., Fipps, G., Maas, J.S., and Fletcher, R.S., 2005. Airborne multispectral remote sensing imaging for detecting irrigation canal leaks in the lower Rio Grande valley. In American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), 20th Biennial Workshop on Aerial Photography, Videography, and High Resolution Digital Imagery for Resource Assessment 2005, 4–6 October 2005, Weslaco, TX, USA (pp. 169–173). ISBN: 9781604236057.

Morais, C.D. and de Almeida, T.A., 2007. Group decision-making for leakage management strategy of water network. *Resources, Conservation and Recycling*, 52 (2), 441–459.