

Conferência

Água - Desafios do futuro

16, 17 e 18 de maio de 2024 Faro Universidade do Algarve - Campus da Penha

Livro de Resumos



Imagem criada através de um gerador de imagens de IA (Stable Diffusion), com a seguinte prompt: algarve, faro Informações: 218443428 | aprh@aprh.pt | www.aprh.pt

PATROCINADORES

Platina



Cofinanciado pela União Europeia. No entanto, os pontos de vista e as opiniões expressas são da exclusiva responsabilidade do(s) autor(es) e não refletem necessariamente a posição da União Europeia. Nem a União Europeia nem a entidade que concede o financiamento podem ser responsabilizadas pelos pontos de vista e pelas opiniões expressas.

Media Partners





Prata



Ouro



Grupo Águas de Portugal

Livro de resumos

Conferência

Água - Desafios do futuro

EDITORES

José Manuel Gonçalves, Jorge Cardoso Gonçalves,
Carla Rolo Antunes

ORGANIZAÇÃO



APOIO

PATROCINADORES

Platina



Sessão Especial B-Rural (CONSULAI)



Media Partners

ambiente

INDUSTRIAMBIENTE

Prata



Ouro



Cofinanciado pela União Europeia. No entanto, os pontos de vista e as opiniões expressas são da exclusiva responsabilidade do(s) autor(es) e não refletem necessariamente a posição da União Europeia. Nem a União Europeia nem a entidade que concede o financiamento podem ser responsabilizadas pelos pontos de vista e pelas opiniões expressas.

APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

Título

Livro de Resumos da Conferência "Água - Desafios do Futuro"

Editores

José Manuel Gonçalves, Jorge Cardoso Gonçalves, Carla Rolo Antunes

Design Capa

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

ISBN

978-989-8509-37-6

1ª Edição: 14 de maio 2024

Site do evento: <https://www.aprh.pt/pt/eventos/organizados-pela-aprh/proximos/agua-desafios-do-futuro/>

Email APRH: aprh@aprh.pt

ORGANIZAÇÃO

Comissão Organizadora

Carla Antunes - Presidente

Jorge Cardoso Gonçalves - CD

Paulo Rosa Santos - NRN

Ricardo Gomes - NRC

João Santos - NRS

José Manuel Gonçalves - Presidente
da CC

Rui Lança - UALG

Manuela Moreira da Silva - UALG

Ana Estêvão Secretariado

Comissão Científica

José Manuel Gonçalves - Presidente

Maria Vale - Vice-Presidente

Ana Carla Garcia - Vice-Presidente

Manuel Abrunhosa (CEAS)

Bernardo Silva (CEAE)

José Maria Santos (CEQAE)

Rui Ferreira (CEHF)

Dália Loureiro (CESA)

José Paulo Monteiro (UALG)

Margarida Ribau Teixeira (UALG)

TEMAS

Eficiência Hídrica e Novas Origens

Água, Território e Agricultura

Ciclo Urbano da Água

Zonas Costeiras

Qualidade da Água

Inovação Tecnológica no Domínio da Água

INDÍCE

ORGANIZAÇÃO	5
TEMAS	5
PROGRAMA	13
SESSÃO 1 - EFICIÊNCIA HÍDRICA E NOVAS ORIGENS	15
6 METODOLOGIA E RESULTADOS OBTIDOS NA REDUÇÃO DE PERDAS EM ENTIDADES GESTORAS NUM CONTEXTO DE ESCASSEZ	15
<i>Ana Rita Santos, Bárbara Barbosa, Sofia Graça, Miguel Zilhão, Carla Martins, Sara Carriço</i>	
12 A EFICIÊNCIA HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE MAÇÃO.....	17
<i>José Santos, Tiago Cerejo, João Pires</i>	
16 INTEGRAÇÃO DA OPERAÇÃO DE BARRAGENS NUM MODELO HIDROLÓGICO PARA CÁLCULO DO CAUDAL: ACOPLAMENTO DE UM MODELO CLSTM COM O MODELO MOHID-LAND.....	19
<i>Ana R. Oliveira , Tiago B. Ramos, Lúcia Pinto, Ramiro Neves</i>	
24 MONITORIZAÇÃO REMOTA DO ARMAZENAMENTO NAS ALBUFEIRAS DAS BARRAGENS ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE	21
<i>Nuno de Santos Loureiro</i>	
28 CAMINHO PARA EFICIÊNCIA HÍDRICA DE UMA EG DO CICLO URBANO DA ÁGUA - MUNICÍPIO DE SILVES	23
<i>Andreia Vieira , João Delgado, Jorge Tavares, Nelson Silva, José Marques, Rui Santos</i>	
44 ALGARVE: A INSUSTENTÁVEL LEVEZA DAS DECISÕES SOBRE A ÁGUA	25
<i>Alice Pisco , Carla do Carmo, Manuel Vieira, Nídia Braz, Rosa Guedes, Tereza Fonseca</i>	
61 INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO PARA CUMPRIMENTO DE OUTORGAS DOS POÇOS DA UNIDADE DE NEGÓCIO OESTE - REGIÃO METROPOLITANA DO ESTADO DE SÃO PAULO	27
<i>Silvana Morales de Azevedo</i>	
SESSÃO 2 - ÁGUA; TERRITÓRIO E AGRICULTURA	29
14 O SISTEMA IRRIGASYS DE APOIO À GESTÃO DA REGA: CARACTERÍSTICAS E RESULTADOS	29
<i>Lucian Simionesei, Hanaa Darouich, Ana R. Oliveira, Jorge Palma, Ramiro Neves, Tiago B. Ramos</i>	

Conferência Água - Desafios do futuro

15

VARIABILIDADE ESPACIAL DO SOLO NA MODELAÇÃO HIDROLÓGICA DO
BALANÇO DE ÁGUA À ESCALA REGIONAL. IMPACTO DE DIFERENTES MAPAS DIGITAIS..... 31

Ana Horta, Ana R. Oliveira, Leonardo Azevedo, Tiago B. Ramos

32

DIGITALIZAÇÃO DO REGADIO - DESENVOLVIMENTO NO APROVEITAMENTO
HIDROGRÁFICO DO VALE DO LIS 33

*João Delgado, Andreia Vieira, Rui Eugénio, Henrique Damásio, Manuel Nunes, Susana Ferreira,
José Manuel Gonçalves*

33

A REINVENÇÃO DOS JARDINS XERÓFILOS NO ALGARVE COM RECURSO ÀS
SUCULENTAS XEROMÓRFICAS 35

Delisa Xarepe, Ricardo Quinto-Canas

47

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA (APR CLASSE B) PARA REGA DE
CAMPOS DE GOLFE E JARDINS 37

João Venâncio, Filipe Reis

57

USO DE ÁGUA SALINA NA PRODUÇÃO DE RÚCULA COM ADUBAÇÃO ORGÂNICA 39

*Laíres Sales Reis, Emanuel Ernesto Fernandes Santos, Lucas Sódre Bezerra, Felipe Salis de
Oliveira, Carolina Evangelista da Silva, Lucas Juliérmenson Lopes da Silva, Leonilson Osvaldo da
Silva, Victor Alexandre Silva Ribeiro Matos*

58

DESEMPENHO DE MUDAS DE MARACUJÁ, CV REDONDO AMARELO, EM SOLO
COM DIFERENTES ÍNDICES SALINOS 41

*Laíres Sales Reis, Emanuel Ernesto Fernandes Santos, Victor Alexandre Silva Ribeiro Matos,
Lucas Juliérmenson Lopes da Silva, Leonilson Osvaldo da Silva, Carolina Evangelista da Silva,
Felipe Salis de Oliveira, Marcio Henrique Rodrigues da Costa Silva*

SESSÃO 3 - CICLO URBANO DA ÁGUA 43

9

GESTÃO INTEGRADA DA ÁGUA URBANA: EM DIREÇÃO A COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS..... 43

Sara Bona, Armando Silva-Afonso, Ricardo Gomes

19

SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE LAMAS FECAIS: UM MODELO DE DECISÃO
MULTICRITÉRIO..... 45

Carolina Castro, José Saldanha Matos

30

A GESTÃO DA ÁGUA ENQUADRADA NA ESTRATÉGIA “SMART CITIES” DA
INFRA-ESTRUTURA - A SALA DE COMANDO..... 47

João Delgado, Paula Silva, Soraia Almeida, José Pinto, Hugo Rodrigues, Luís Brissos, Vânia Revez

38

A IMPORTÂNCIA DA VIGILÂNCIA DE FUNGOS CONSIDERADOS CRÍTICOS PELA
OMS EM ÁGUAS RESIDUAIS HOSPITALARES 49

João Brandão, Ana Ascenso, Pedro Teixeira, Elisabete Valério

Conferência **Água - Desafios do futuro**

43

ESTRATÉGIAS PARA CONTROLO DE COMPOSTOS FARMACEUTICOS EM ETAR URBANAS COM LAMAS ATIVADAS..... 51

Catarina Silva, Margarida Campinasa , Gabriela Faria, Cláudio Costa, Maria João Rosa

46

MODELAÇÃO HIDRÁULICA DO SUBSISTEMA DE ÁGUAS RESIDUAIS (SAR) DE SERZEDO – PLANO DE ACÇÃO DE CONTROLO DE ÁGUAS PLUVIAIS 53

Vitor Ribeiro , Carlos Silva

SESSÃO 4 - ÁGUA; TERRITÓRIO E AGRICULTURA.....55

50

EDUCAR PARA A PROTEÇÃO DOS ECOSISTEMAS COSTEIROS - O CLUBE DOS CIENTISTAS E O IMPACTE DOS GEE NA RIA FORMOSA 55

Duarte Duarte, Berta Rodrigues, Ana Pinheiro, Manuela Moreira da Silva

21

A ÁGUA NA ARQUITETURA E DIVERSIDADE DA PAISAGEM: CONTRIBUTO PARA O DESENVOLVIMENTO PORTUGUÊS..... 57

Fátima Bacharel, Maria Vale

35

AUMENTAR A RESILIÊNCIA DAS PAISAGENS MEDITERRÂNICAS AOS IMPACTOS DOS FENÓMENOS HIDROCLIMÁTICOS EXTREMOS..... 59

Miguel Rodriguesa , Luís Dias, Cristina Antunes, João Pedro Nunes

40

ÁGUA: ARQUITETA DA PAISAGEM..... 61

Carla Rolo Antunes , Miguel Azevedo Coutinho

42

PROCESSO E QUADRO DE AVALIAÇÃO DE PLANEAMENTO ESTRATÉGICO PARA UMA SOCIEDADE MAIS INTELIGENTE NA GESTÃO DA ÁGUA..... 63

Maria Adriana Cardoso, Catarina Silva , Helena Alegre, Maria João Rosa

53

AS ÁRVORES E A ÁGUA NAS CIDADES MEDITERRÂNICAS DOIS CASOS DE ESTUDO: FARO E LOULÉ 65

Pedro Matias, João Teigão, Amílcar Duarte , Manuela Moreira da Silva

27

ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO DIREITO DA ÁGUA: REFLEXÕES SOBRE O DIREITO INTERNACIONAL E O DIREITO DA UNIÃO EUROPEIA..... 67

Paulo Canelas de Castro

SESSÃO 5 - INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO DOMÍNIO DA ÁGUA69

5

PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NOS AGROECOSISTEMAS ORIZÍCOLAS – CONTRIBUTO DO PROJETO PROMEDRICE 69

José M. Gonçalves , Olga Filipe, Manuel Nunes, Sérgio Oliveira, Susana Ferreira , Kiril Bahcevandziev , Paula Amador , Isabel Duarte , Jorge Varejão , Cláudia Santos , Filipe Melo, Rosinda Leonor, Helena Marques, Teresa Vasconcelos , Daniel Chongo

Conferência Água - Desafios do futuro

7	MAPAS DE INUNDAÇÃO RESULTANTES DE DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DO TERRENO . 71	
	<i>Jorge E. Matos , Cíntia F. Santos, Raquel Matos</i>	
10	INOVAÇÃO NÃO É OPCIONAL..... 73	
	<i>Helder Pereira</i>	
11	MONITORIZAÇÃO SATÉLITE COMO FERRAMENTA PARA A DETEÇÃO DE FUGAS NÃO VISÍVEIS..... 75	
	<i>Eduardo Rodrigues , Alan Boukai, Nuno Pedroso</i>	
20	UTILIZAÇÃO DO VOLUME ERODIDO NA AVALIAÇÃO DO DANO EM ENSAIOS EM MODELO FÍSICO DE QUEBRA-MARES DE TALUDES 77	
	<i>Rute Lemos , Conceição J.E.M. Fortes, Gabriel Silva</i>	
25	DESAFIOS E INOVAÇÕES NA GESTÃO HÍDRICA: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PORTUGAL E FINLÂNDIA 79	
	<i>Pedro Barbosa da Silva</i>	
26	“DEEP LEARNING” APLICADO À TRANSFORMAÇÃO PRECIPITAÇÃO- ESCOAMENTO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS PORTUGUESAS 81	
	<i>Rafael Francisco , José Pedro Matos</i>	
	SESSÃO 6 - QUALIDADE DA ÁGUA83	
3	TACKLING THE MULTIDIMENSIONALITY OF WATER QUALITY: A COLLABORATIVE APPROACH TO SUSTAINABLE MANAGEMENT 83	
	<i>Suebat Oluwakemi Mustapha, M.Sc.</i>	
4	AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA E TOXICIDADE DE POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES NA ÁGUA E SOLO. 85	
	<i>Ana Raposo, Catarina Mansilha, Alexander Veber, Armindo Melo , João Rodrigues, Helena Rebello, Jose Grossinho, Manuela Cano, Cristina Almeida, Ljiljana Puskar, Ulrich Schade, Luisa Jordao</i>	
8	DESTA ÁGUA NÃO BEBEREI? - IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA OCORRÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS- 87	
	<i>Elsa Dias , Carolina Duarte, Carina Menezes</i>	
23	FATORES AMBIENTAIS NA VARIABILIDADE ESPACIAL DO CO ₂ NO CONTINUUM DO BAIXO RIO AMAZONAS..... 89	
	<i>Maria Gabriella da Silva Araújo , Vania Neu, Maria Victória Ramos Ballester</i>	
22	DIRETIVA DAS ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS- DESAFIOS COM A SUA REVISÃO E PROCESSOS DE TRATAMENTO AVANÇADOS 91	
	<i>Stella Silva , Filipa Ferreira, José Saldanha Matos</i>	

Conferência **Água - Desafios do futuro**

63

REMOÇÃO DE FLÚOR EM ÁGUA COM CARVÃO ATIVADO OBTIDO A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS..... 93

Beatriz Alvez Tovar , Paulo Sergio Scalize , Leonardo Ribeiro Pinto, Bruna Melo Miranda, Tatianne Ferreira de Oliveira

SESSÃO 7 - INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO DOMÍNIO DA ÁGUA95

29

SEIS ANOS DE H2PORTO, O REPOSITÓRIO CENTRALIZADO DE DADOS DA AEDPORTO, E.M., BASEADO NO DATALAKE NAVIA 95

Andreia Vieira , João Delgado, Jorge Tavares, Nelson Silva, Maria João Veiga, Marisa Pimentel, Moisés Neves

31

LIFEGUARD - O CAMINHO PARA A SEGURANÇA DOS COLABORADORES 97

Andreia Vieira , João Delgado, Jorge Tavares, Liliana Afonso, Pedro Carvalho, Frederico Lopes, Susana Carvalho

34

NORBI – TRANSFORMAR A EXPERIÊNCIA DO CLIENTE NUMA ENTIDADE GESTORA DE ÁGUA 99

Joana Araújo, Maria João Oliveira, Moisés Neves, Rita Carrapatoso, Sara Silva

36

CONTRIBUTOS PARA A HISTÓRIA RECENTE DA OCUPAÇÃO E USO DO SOLO NO ALGARVE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE IMAGENS DE SATÉLITE 101

Pedro Luiz, Carlos Guerrero , Nuno de Santos Loureiro

37

A EXPANSÃO DA CÉLULA DE HADLEY E A ESCASSEZ DE ÁGUA NA REGIÃO DO ALGARVE ... 103

Rui Lança , Carlos O. Silva, Helena Maria Fernandez, Fernando Miguel Granja-Martins

59

GOVERNANÇA ADAPTATIVA: A TRANSIÇÃO NECESSÁRIA PARA UMA GESTÃO JUSTA E RESILIENTE DA ÁGUA 105

Carla Gomes , Marcella Melo, Luísa Schmidt

64

INOVAÇÃO NÃO É OPCIONAL..... 107

Helder Pereira

SESSÃO 8 - ZONAS COSTEIRAS/QUALIDADE DA ÁGUA 109

54

BIOACUMULAÇÃO DE FÁRMACOS EM AMÊIJOAS RUDITAPES DECUSSATUS EXPOSTAS À DESCARGA DE ETAR NA RIA FORMOSA..... 109

Alexandra Cravo , Cristina Almeida, Sofia Silva, João Rodrigues, Vitor Cardoso, Maria do Rosário Coelho, Maria João Rosa

62

AN INNOVATIVE STORMWATER ATTENUATION & ENHANCED INFILTRATION SYSTEM TO MITIGATE DROUGHT & FLOODING..... 111

Stephen D. Thomas, George French, Joseph O'Meara, Matthew Dale

Conferência Água - Desafios do futuro

13

OBRAS DE REPARAÇÃO DO QUEBRA-MAR PRINCIPAL DO PORTO DE PONTA DELGADA. ENSAIOS EM MODELO FÍSICO 115

Conceição J.E.M. Fortes , Rosa Emília Soares, Rute Lemos, Luís Gabriel Silva, César Costa

18

INTEGRAÇÃO DA ELEVÇÃO DAS MARÉS AO MOHID LAND EM UM ESTUÁRIO DE MACROMARÉ AMAZÔNICO 117

Débora R. Pereira , Ana R. Oliveira, Marcelo Rollnic, Ramiro Neves

41

DESIGN DE UM PILOTO DE DESSALINIZAÇÃO SOLAR COM ELEVADA TAXA DE RECUPERAÇÃO DE LÍQUIDO VISANDO UM CONCEITO “ZERO LIQUID DISCHARGE”ALÉM DO ESTADO DA ARTE 119

Frederico Felizardo , Pedro Horta, Maria Helena Novais

SESSÃO 9 - CICLO URBANO DA ÁGUA 121

48

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO RISCO PARA A SAÚDE HUMANA ASSOCIADO À REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA EM USOS URBANOS NÃO POTÁVEIS 121

Rita Ribeiro , Maria João Rosa

49

PROJETO B-WATERSMART - GESTÃO INTELIGENTE DA ÁGUA EM MEIO URBANO E O LABORATÓRIO VIVO DE LISBOA 123

Maria João Rosa , Helena Alegre, Pedro Teixeira, Fátima Néo, Catarina Freitas, Rita Ribeiro

51

DIMENSIONAMENTO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA CONSIDERANDO ÍNDICES DE RESILIÊNCIA..... 125

João Caetano , Nelson Carriço, Dídia Covas

52

QUALIDADE DAS ÁGUAS DE SERGIPE-BRASIL - LEVANTAMENTO DOS ESTUDOS DE CASO EM SERGIPE SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS E SEUS MÚLTIPLOS USOS 127

Karla Fabiany Santana Passos , Emanuela Carla Santos

56

PRIORIZAÇÃO DE SUBSISTEMAS E DE INVESTIMENTOS E MONITORIZAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS PARA REDUÇÃO DE PERDAS REAIS: A EXPERIÊNCIA DE CAPACITAÇÃO NA REGIÃO DO ALGARVE 129

Dália Loureiro, Maria Adriana Cardoso, Sérgio Inácio, Ana Bicho, Pedro Coelho, Helena Alegre

PROGRAMA

16 maio		17 maio		18 maio	
9h00-9h30	Auditório 1.5 Recepção Participantes	-		9h30-13h00	Visita Técnica
9h30-10h00	Auditório 1.5 Sessão de Abertura	9h30-11h00	Auditório 1.5 Sessão Plenária 4 Novas Origens: Pomarão/Foupana; ApR		
10h00-11h00	Auditório 1.5 Sessão Plenária 1 Políticas locais e governança				
11h00-11h30	Intervalo	11h00-11h30	Intervalo		
11h30-12h30	Auditório 1.5 Sessão Plenária 2 Novas Origens: Dessalinização	11h30-13h00	Auditório 1.5 \\ Auditório 1.4 \\ Sala 6 - ISE Sessões Técnicas 4, 5, 6 (3 paralelas)		
12h30-13h00	Auditório 1.5 Sessão Especial B- Rural (Consulai)				
13h00-14h30	Almoço	13h00-14h30	Almoço		
14h30-16h00	Auditório 1.5 Sessão Plenária 3 Água e Território	14h30-16h00	Auditório 1.5 \\ Auditório 1.4 \\ Sala 6 - ISE Sessões Técnicas 7, 8, 9 (3 paralelas)		
16h00-16h30	Intervalo	16h00-16h30	Intervalo		
16h30-18h00	Auditório 1.5 \\ Sala 6 - ISE \\ Sala 1.06 - Ed. Eng. Civil Sessões Técnicas 1, 2, 3 (3 paralelas)	16h30-18h00	Auditório 1.5 Sessão Plenária 5 Inovação Tecnológica e Gestão Integrada da Água		
18h00-18h30	Momento Cultural	18h00-18h30	Auditório 1.5 Sessão de Encerramento		
20h00	Jantar				

METODOLOGIA E RESULTADOS OBTIDOS NA REDUÇÃO DE PERDAS EM ENTIDADES GESTORAS NUM CONTEXTO DE ESCASSEZ

Ana Rita Santos^{1,2}, Bárbara Barbosa¹, Sofia Graça¹, Miguel Zilhão¹, Carla Martinsa, Sara Carriço¹

1 Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: asantos@ags.pt (Eng.)

2 AGS- Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade S.A., Edifício Q54 D. José – Rua da Qta da Fonte-2770-203 Paços de Arcos, Portugal

RESUMO

A eficiência hídrica dos serviços urbanos de água mantém-se como um dos principais focos de preocupação das entidades gestoras (EG). Em Portugal, num contexto de alterações climáticas e para responder a um problema estrutural de seca, foram definidos em 2020 os Planos Regionais de Eficiência Hídrica. Mais recentemente, o Plano Estratégico para o Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais 2030 (PENSAARP 2030) vem reforçar esta preocupação, definindo a eficiência hídrica como um dos 20 objetivos específicos, inserida no objetivo estratégico global da eficiência dos serviços. Torna-se por isso, fundamental que as EG definam a estratégia para redução da água não faturada (ANF), ajustada ao seu contexto específico e à sua capacidade de implementação, que promova a eficiência tanto a curto-prazo como de forma sistemática a longo-prazo.

A AGS, empresa detida a 100% pela Marubeni, é responsável pela gestão de 12 EG em Portugal e no Brasil, e pela sua génese tem uma preocupação intrínseca com a eficiência e sustentabilidade dos serviços, procurando promover a melhoria contínua através da implementação de boas praticas de gestão e engenharia.

Em particular, no âmbito da gestão das perdas de água dos sistemas de abastecimento, a AGS detém uma vasta experiência que advém da implementação de diversos projetos técnicos e tecnológicos em vários operadores em diferentes países, da colaboração com variados centros de investigação portugueses e internacionais, bem como da participação em projetos de investigação & desenvolvimento. Efetivamente, a AGS tem trabalhado ativamente nesta área, especialmente desde 2008, desenvolvendo metodologias e ferramentas baseadas em procedimentos padronizados e em práticas reconhecidas internacionalmente.

O trabalho desenvolvido nas suas participadas no âmbito da eficiência hídrica permitiu à AGS estabelecer uma metodologia robusta para o controlo de perdas, estando atualmente a desenvolver serviços de assistência técnica a diversas entidades em Portugal, Brasil, Chile, Filipinas, Japão e Roménia.

A metodologia estabelecida pela AGS tem como base o modelo *PDCA* (*Plan, Do, Check, Act*) e também a abordagem à gestão patrimonial de infraestruturas definida no guia técnico n.º 16 da ERSAR (Alegre & Covas, 2010). A metodologia inclui seis etapas: 1. Realização do diagnóstico – com o objetivo principal de avaliação da situação atual, identificar problemas e potenciais causas e prioridades de intervenção; 2. Definição do plano de intervenção – esta atividade inclui a definição dos objetivos e metas e será construído todo o plano com as atividades específicas a implementar com o respetivo cronograma; 3. Implementação de ferramentas de apoio – esta atividade inclui a implementação de ferramentas tecnológicas (*software*) de suporte ao controlo operacional e monitorização do desempenho, que irá também promover o processo de transformação digital da EG (Cassidy *et al.*, 2021); 4. Formação e capacitação técnica – com o objetivo de garantir uma transferência de conhecimento mais rápida e eficaz no que respeita à metodologia e práticas operacionais; 5. Implementação do plano – acompanhamento na implementação das atividades

operacionais para controlo das diferentes componentes de água não faturada; e 6. Monitorização – análise de resultados e monitorização de desempenho, reajuste de prioridades, revisão e atualização do plano de ação (Figura 1).



Figura 1 – Abordagem AGS à redução de água não faturada

Nos projetos que tem vindo a desenvolver com as EG, a AGS foca-se no estabelecimento de ganhos operacionais a curto-prazo, mas principalmente, na garantia de uma transferência de conhecimento eficaz que permita à EG manter os níveis de eficiência a longo-prazo. Estes projetos integrados têm tido igualmente diversos ganhos indiretos, uma vez que funcionam como catalisadores de outros processos importantes, tais como a gestão patrimonial de infraestruturas e a evolução ajustada da maturidade digital, garantindo que a EG vai progredindo na qualidade de dados recolhidos e na eficácia dos sistemas de informação de suporte à decisão (Zilhão *et al.*, 2023).

Pretende-se desta forma apresentar não só as especificidades da metodologia descrita, mas também exemplos de resultados de diferentes EG com distintas dimensões e problemas. Cada uma das EG apresenta-se num estágio de maturidade distinto e com objetivos operacionais específicos. Será dado especial destaque a casos de estudo de uma EG na região do Algarve e de EG internacionais cuja operação decorre também em contexto de escassez hídrica.

Palavras Chave – eficiência hídrica, metodologia para redução de água não faturada, controlo operacional de perdas.

REFERÊNCIAS

- Alegre H., Covas D. 2010. Gestão Patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água. Guia Técnico 16, ERSAR, LNEC e IST. Lisboa, Portugal. ISBN: 9789898360045.
- Cassidy, J.; Barbosa, B.; Damião, M.; Ramalho, P.; Ganhão, A.; Santos, A.; Feliciano, J. 2021. Taking water efficiency to the next level: Digital tools to reduce non-revenue water. *J. Hydroinformatics*, 23, 453–465.
- Zilhão, M.; Ramalho, P.; Malheiro, R.; Maia, J.M.; Faria, D.; Barbosa, B.; Santos, A.R.; Feliciano, J. 2023. Implementação de um contrato de performance para melhoria da eficiência hídrica – experiência da AGS na Roménia. Comunicação nº 108, ENEG 2023

A EFICIÊNCIA HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE MAÇÃO

José Santos¹, Tiago Cerejo², João Pires³ *

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: tiago.cerejo@tejoambiente.pt (Eng. Tiago Cerejo)

1 Tejo Ambiente E.I.M. S.A., Ourém, Portugal

2 Tejo Ambiente E.I.M. S.A., Ourém, Portugal

3 Tejo Ambiente E.I.M. S.A., Ourém, Portugal

RESUMO

A Tejo Ambiente - Empresa Intermunicipal de Ambiente do Médio Tejo S.A. (TA) é a Entidade Gestora (EG) que tem por objeto a exploração e a gestão do sistema intermunicipal de ambiente do Médio Tejo, agregando os sistemas municipais de abastecimento público de água de Ferreira do Zêzere, Mação, Sardoal, Tomar e Vila Nova da Barquinha, desde o ano de 2020, composto por 2000 km de condutas adutoras e distribuidoras, 109 reservatórios com uma capacidade de reserva global de 9470 m³ e cerca de 41868 ramais domiciliários que, em conjunto, abastecem um total de mais de 42.800 Clientes.

Em 2019, o Município de Mação apresentava um índice de Água Não Faturada (ANF) na ordem dos 71,2%. Em junho de 2020, a TA assumiu a gestão deste sistema público de abastecimento de água (SAA), e com vista à melhoria da qualidade do serviço prestada e sustentabilidade económico-financeira da EG, definiu como objetivo principal a redução do índice de ANF de 71% para um valor próximo de 25%, nos primeiros oito anos de atividade.

Ambiciona valores mais reduzidos nos anos subsequentes, já com um maior grau de maturidade ao nível da eficiência do SAA e da EG.

Para se atingir o objetivo proposto, foram definidas um conjunto de estratégias, operações, planos de ação e investimentos, que pudesse contribuir para aumentar a eficiência do SAA e assegurar a sua sustentabilidade ambiental, social e económico-financeira a curto, médio e longo prazos. As principais vertentes de atuação foram: o controlo ativo de perdas, a substituição de contadores por antiguidade, a renovação urgente de troços de conduta, a instalação de contadores em locais sem medição de caudal, a setorização da rede em zonas de monitorização e controlo (ZMC's), a instalação do sistema de telegestão, a reabilitação de reservatórios, entre outras.

Como resultado da implementação das principais vertentes de atuação anteriormente referidas, desde junho de 2020 até ao final de 2023, o índice de ANF da EG, no município de Mação, atingiu os 36,38%, verificando-se que a instalação de contadores em locais sem medição de caudal, a setorização da rede em zonas de monitorização e controlo (ZMC's) e a instalação do sistema de telegestão, foram as medidas prioritárias mais bem sucedidas, atendendo à realidade existente, nomeadamente o comprimento da rede e o número de instalações geridas.

As estratégias implementadas contribuíram de forma muito significativa para a garantia da sustentabilidade ambiental, social e económico-financeira da TA, naquela que é também a estratégia de aumento de resiliência e capacidade de adaptação do território aos efeitos crescentes das alterações climáticas.

A aposta na redução do índice de ANF e naturalmente na redução das perdas de água, leva a que a EG necessite de adquirir um volume mais reduzido de água para assegurar a distribuição em baixa, bem como à obtenção de um retorno imediato ao nível da faturação, atendendo à melhoria e controlo significativos da fiabilidade de medição dos contadores.

Em termos globais, a aposta na redução das perdas de água é fundamental para a garantia da melhoria

Conferência **Água - Desafios do futuro**

da qualidade do serviço prestado, da resiliência ambiental dos sistemas e da sustentabilidade económico-financeira de qualquer EG, mas com maior impacto numa EG que procura o equilíbrio entre a enorme dispersão geográfica, um número elevado de instalações e um número reduzido de utilizadores a gerir.

Palavras-Chave – Abastecimento de água, Perdas de água, Água Não Faturada, Eficiência hídrica, Resiliência, Alterações Climáticas.

INTEGRAÇÃO DA OPERAÇÃO DE BARRAGENS NUM MODELO HIDROLÓGICO PARA CÁLCULO DO CAUDAL: ACOPLAMENTO DE UM MODELO CLSTM COM O MODELO MOHID-LAND

Ana R. Oliveira* ¹, Tiago B. Ramos¹, Lúcia Pinto¹, Ramiro Neves¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: anamosoliveira@tecnico.ulisboa.pt (Ana Oliveira)

¹ MARETEC-LARSyS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

RESUMO

O conhecimento sobre o regime de caudais num rio e os seus valores é essencial em diferentes atividades e situações, nas quais a tomada de decisão tem de ser justificada. Contudo, o comportamento do regime de caudais é comumente assumido como não-linear, sendo controlado por vários mecanismos que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais. A não-linearidade do caudal, bem como os referidos mecanismos, tornam o seu cálculo desafiante. A construção e operação de infraestruturas como as barragens constituem um exemplo da referida situação.

Os desafios enfrentados pelos modeladores para descreverem corretamente o impacto das barragens nos sistemas hidrológicos é considerável. No presente estudo, uma implementação já calibrada e validada do modelo MOHID-Land considerando o regime natural no Rio Ulla é usada como cenário de referência. O modelo MOHID-Land é um modelo hidrológico, fisicamente baseado. É um modelo distribuído que aplica as equações de conservação da massa e do momento considerando o método dos volumes finitos. Os fluxos de água no MOHID-Land são estimados considerando 4 compartimentos principais: atmosfera, meio poroso, escoamento superficial e rede de drenagem. O compartimento relativo à atmosfera não é explicitamente modelado, sendo utilizado apenas para impor as condições de fronteira do sistema (condições meteorológicas). Nos restantes módulos os fluxos de água são simulados considerando as equações de Saint-Venant (escoamento superficial e rede de drenagem) e a equação de Richards (escoamento subterrâneo). As trocas de água entre os diferentes compartimentos são calculadas considerando diferenças de pressão entre os meios, sendo possível ter em conta trocas entre o solo e a rede de drenagem, entre a superfície e a rede de drenagem e entre a superfície e o solo (processo de infiltração). A evolução da vegetação também pode ser simulada considerando a evapotranspiração da planta. A quantidade de água evapotranspirada é retirada do solo tendo em consideração a profundidade das raízes das plantas.

A bacia hidrográfica do Rio Ulla, situada na Galiza, Espanha, compreende um conjunto de três albufeiras: uma com elevada capacidade de armazenamento e duas sem capacidade de armazenamento, sendo as respetivas barragens das duas últimas consideradas como fio-de-água. As três albufeiras encontram-se instaladas em cascata, com a albufeira de maior capacidade situada mais a montante e, imediatamente, seguida pelas duas barragens a fio-de-água. O caudal efluente e descarregado imediatamente a jusante das barragens do tipo fio-de-água foi calculado considerando uma regra de operação básica enquanto o caudal efluente da barragem mais a montante foi calculado com um modelo do tipo rede neuronais, nomeadamente, um modelo do tipo Convolutional Long Short-Term Memory (CLSTM). Os valores obtidos por este modelo foram posteriormente impostos no modelo hidrológico, enquanto o modelo hidrológico alimentou, por sua vez, o modelo CLSTM através do cálculo do caudal afluente à albufeira e o nível da mesma.

O referido sistema acoplado foi avaliado com uma frequência diária em duas estações hidrométricas situadas a jusante do conjunto de barragens, tendo-se verificado uma melhoria significativa do caudal calculado nestas estações quando comparado com o cenário de referência. A análise dos resultados das simulações com e sem a consideração da operação das barragens demonstrou, ainda,

que existiu um aumento do caudal do rio durante a época seca e uma diminuição do mesmo durante a época húmida, embora não tenham sido verificadas diferenças no caudal médio do rio. O sistema acoplado, demonstrou, assim, ser uma solução efetiva para a melhoria do cálculo do caudal em rios modificados.

Palavras Chave – bacia hidrográfica, barragens, modelo hidrológico, redes neuronais, MOHID-Land, CLSTM.

MONITORIZAÇÃO REMOTA DO ARMAZENAMENTO NAS ALBUFEIRAS DAS BARRAGENS ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE

Nuno de Santos Loureiro¹

1 Universidade do Algarve - Departamento de Ciências da Terra, do Mar e do Ambiente, Campus de Gambelas, 8005-139 FARO, Portugal. Email: nlourei@ualg.pt

RESUMO

A água é um dos recursos naturais mais importante do Planeta e é um recurso escasso em grande parte dele. Os reservatórios artificiais resultantes da construção de barragens são uma solução eficaz para armazenar água, que pode depois ser utilizada para satisfazer as contínuas necessidades de água para consumo humano, agricultura, pecuária, produção de electricidade e para assegurar caudais ecológicos. A monitorização sistemática dos volumes de água armazenados nessas albufeiras artificiais é de extrema importância para garantir a gestão adequada do recurso e de todas as atividades que dele dependem.

A Observação Óptica Remota da Terra, ou seja, a detecção remota a partir de imagens de satélite, pode fornecer um contributo decisivo para a avaliação quase em tempo real e quase contínua das reservas de água disponíveis nas albufeiras artificiais, tanto a escalas locais como regionais.

Para satisfazer esse objetivo é indispensável, para cada reservatório artificial, um modelo matemático que relacione o volume do corpo hídrico com a área visível do plano hídrico superficial. A validade do modelo depende principalmente da precisão dos levantamentos topográficos realizados antes do início do enchimento da albufeira artificial, e também dos baixos índices de erosão do solo na bacia hidrográfica a montante da mesma, minimizando a deposição de sedimentos ao longo do tempo, ou, em alternativa, da quantificação da erosão do solo e do posterior cálculo da perda de capacidade de armazenamento do reservatório artificial.

Índices quantitativos como o *Normalized Difference Water Index* (NDWI), originalmente proposto por McFeeters em 1996, também são necessários. O NDWI permite a identificação e cartografia dos planos superficiais de água, distinguindo-os de outros usos e ocupações da superfície terrestre, como o solo nu ou a vegetação. O cálculo do NDWI requer imagens multiespectrais e utiliza a banda da luz verde visível (G), escolhida por evidenciar valores elevados da reflectância dos planos de água, e uma banda de radiação infravermelha próxima (NIR), escolhida por evidenciar os valores baixos de reflectância dos planos de água.

Os satélites Landsat, os satélites Sentinel e os satélites Pléiades Neo são equipamentos de três programas diferentes, mas todos eles fornecem imagens multiespectrais que podem ser facilmente usadas para calcular o NDWI. Uma das diferenças mais significativas entre os três programas é a resolução das imagens: 60 ou 30 metros para o Landsat, 10 metros para o Sentinel-2 e 1,2 metros para o Pléiades Neo. Entre as semelhanças mais importantes que podem ser referidas estão as amplitudes das bandas G e NIR que são quase coincidentes, a disponibilidade de produtos pré-processados e prontos para uso e a existência de bibliotecas estruturadas com históricos de imagens em arquivo.

A região do Algarve (5.000 km²), situada no sul de Portugal continental, tem sido afetada por alterações climáticas, causadoras de severas reduções da precipitação e de aumentos da temperatura do ar e da velocidade do vento. Possui seis reservatórios artificiais resultantes da construção de barragens, os quais, quando cheios, representam cerca de 400 milhões de metros cúbicos de água. Mas em anos de precipitação escassa e elevado consumo de água, os níveis de armazenamento atingem valores críticos e motivam grande preocupação, bem como potenciais conflitos ambientais e sócio-económicos relacionados com a gestão da água.

Este estudo demonstra a eficácia do uso de imagens Landsat e Sentinel para estimar os volumes de água armazenados nessas seis albufeiras artificiais. As imagens Sentinel-2 apresentam excelentes resultados ($r^2 = 0,99$), quando se compararam valores oficiais fornecidos pelo SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) com valores estimados com base no NWDI. No futuro, pretende-se utilizar imagens Pléiades Neo, e avaliar remotamente planos de água de charcas e também de cursos sazonais de água.

Palavras Chave – Detecção Remota, Sentinel-2, armazenamento, albufeiras artificiais de barragens.

CAMINHO PARA EFICIÊNCIA HÍDRICA DE UMA EG DO CICLO URBANO DA ÁGUA - MUNICÍPIO DE SILVES

Andreia Vieira*¹, João Delgado², Jorge Tavares³, Nelson Silva⁴, José Marques⁵, Rui Santos⁶

Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: avieira@naviasolutions.com (Eng.ª Andreia Vieira)

1 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

2 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

3 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

4 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

5 Câmara Municipal de Silves, Largo do Município, 8300-117 Silves, Portugal

6 Câmara Municipal de Silves, Largo do Município, 8300-117 Silves, Portugal

RESUMO

A água é essencial à vida e, a sua preservação, devido à atual situação de escassez é fundamental. A opinião pública tem um peso muito grande sobre este assunto, sendo que em casos de má gestão geram-se situações de credibilidade que prejudicam a reputação da EG e a confiança que os respetivos consumidores nelas depositam.

A eficiência hídrica é algo que todas as EG devem procurar atingir, existindo diversas metodologias que auxiliam este processo, de modo a reduzir as perdas ao longo das suas infraestruturas, tais como:

- Elaboração de um Balanço Hídrico;
- Gestão da pressão na rede de abastecimento;
- Controlo Ativo de Perdas;
- Gestão patrimonial das infraestruturas e dos ativos;
- Entre outras.

Aliada a estas metodologias, a implementação de um software capaz de realizar a monitorização e gestão em tempo real de uma rede de abastecimento permitirá à EG a melhoria dos processos de deteção e redução de perdas.

Sendo assim, a presente comunicação tem como objetivo apresentar a implementação do software NAVIA, nomeadamente, o módulo de monitorização de redes e gestão de perdas no Município de Silves.

O Município de Silves, localizado no distrito de Faro, possui uma área de cerca de 680 km² e, dada a sua dimensão, as infraestruturas do ciclo urbano da água, nomeadamente em relação ao abastecimento de água, são igualmente numerosas – 626km de condutas de rede, 12 reservatórios, 12 hidropressoras, 4 estações elevatórias, 31 VRP, entre outras.

O Município tem atualmente 60 Zonas de Medição de Controlo (ZMC) e possui cerca de 130 pontos de medição que transmitem o valor do caudal de água ou pressão em tempo real. Com o objetivo de reduzir o valor de cerca de 48,2% de água não faturada (ANF) e as perdas reais de água de 346 L/ (ramal/dia) (ERSAR, 2022), o Município de Silves tomou a decisão de implementar o NAVIA, sendo que o software foi totalmente direcionado para a atingir este objetivo.

O módulo de gestão de perdas do NAVIA compreende diversas funcionalidades que apresentam uma

imagem integrada, fidedigna e em tempo real, através da ligação a sistemas de aquisição de dados. Com a utilização desta ferramenta o Município de Silves ficou totalmente autónomo para criar e parametrizar os pontos de medição das suas ZMC's, sendo também possível extrair todo o tipo de indicadores necessários para uma análise massiva das suas infraestruturas, de modo a compreender e identificar potenciais fontes de perdas na rede de abastecimento.

Anteriormente à implementação do módulo de perdas do NAVIA, a metodologia de combate às perdas do Município, era basicamente reativa, ou seja, resultava da reparação de roturas visíveis ou ocorrências que ocasionavam falta de pressão/caudal permanente.

Não existia setorização de rede, não estava definido um plano para o controlo ativo de perdas e em termos operacionais não era possível responder de forma mais eficiente.

Com o POSEUR, foi possível obter investimento de forma a iniciar o caminho para a eficiência hídrica e formar ZMC/SubZMC de forma a otimizar a pesquisa de acordo com os caudais mínimos noturnos.

Com a conclusão da definição das ZMC, em conjunto com a implementação do módulo de gestão de perdas e da gestão operacional do NAVIA, foi possível alterar a metodologia de trabalho. Esta metodologia passou a ser mais preventiva, assente na análise dos caudais mínimos noturnos, e permitiu ao Município reduzir substancialmente o tempo de resposta na deteção de fugas de água, melhorar a qualidade das reparações e gerir de forma mais eficiente as pressões do sistema de abastecimento.

Em termos de resultados propriamente ditos, dos de 48,2% de água não faturada (ANF) (ERSAR, 2022) o Município estima que durante o presente ano se alcance os 39%. Esta redução, que naturalmente se traduz num grande esforço da C.M. de Silves que com recurso a tecnologia e com a setorização permitiu esta redução. Com a análise dos caudais mínimos noturnos, foi possível reduzir as perdas de água em cerca de 6%, ou seja 116 256 m³.

O próximo passo para a continua redução de perdas, passa pela formação de uma equipa dedicada à monitorização e análise diária os dados provenientes das Zonas de Medição e Controlo, assim como para a pesquisa de fugas de água não visível, e desse modo acelerar a redução de perdas de água no Município.

Palavras Chave – Perdas de água, Software de gestão operacional, Eficiência hídrica, Entidade gestora.

ALGARVE: A INSUSTENTÁVEL LEVEZA DAS DECISÕES SOBRE A ÁGUA

Alice Pisco* ¹, Carla do Carmo¹, Manuel Vieira¹, Nídia Braz¹, Rosa Guedes¹,
Tereza Fonseca¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: pas.plataforma.agua@gmail.com

¹ Plataforma Água Sustentável - PAS, Algarve, Portugal

RESUMO

A evolução da situação de escassez hídrica do País tem vindo sistematicamente a confirmar as previsões anunciadas, pelo menos desde meados do século passado. Quer o problema, quer importantes medidas estruturais para o ultrapassar estão identificadas desde essa altura.

Em outubro de 2020, face ao agravamento da situação hídrica do Algarve, e do País, vários movimentos e Associações reuniram-se e concluíram que era premente um trabalho comum, criando a Plataforma Água Sustentável (PAS), a fim de promover propostas de soluções sustentáveis para a região. Desde a sua constituição que a PAS vem alertando para a falta de resposta institucional atempada ao problema da escassez hídrica, designadamente na região do Algarve, tem mostrado os efeitos negativos de algumas propostas oficiais e tem divulgado alternativas.

Partindo do Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP) publicado pela Entidade Reguladora dos Serviços de Água (ERSAR, 2023), apresentamos alguns dados demonstrativos da inadequada gestão dos recursos hídricos nesta região, nomeadamente:

- as perdas de água nas redes de abastecimento do Algarve, medidas pela água não facturada, são, em média, de 26,2 % para o cluster Algarve e Alentejo, sendo Lagoa (41,5%) e Lagos (39,0%) os municípios algarvios onde se registam as percentagens mais elevadas dessa sub facturação;
- a monitorização da condição dos coletores, para o serviço em baixo e em alta, é insatisfatória - abaixo dos 5%; e
- a reduzida percentagem de água residual, AR18 alta - produção de água para reutilização (ApR) - 3,2% relativamente às Águas do Algarve, sendo 0,1% a média do cluster Algarve e Alentejo.

Para além dos valores relativos às perdas de água no setor urbano, destacamos ainda as perdas nas redes de distribuição de água nos perímetros de rega para fins agrícolas. Segundo um representante da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), estas perdas são superiores a 35% do valor total consumido, sendo que este sector consome quase o dobro do consumidor doméstico.

É igualmente relevante ter em consideração o facto de não ser contabilizado o volume de água subterrânea captado através de furos, para consumo humano ou agrícola.

A PAS considera que as iniciativas mais recentes (em 2024) no sentido de reabilitar as redes de abastecimento de água e aumentar a disponibilização e consumo de ApR são adequadas e devem ser maximizadas.

Ao contrário, o caminho de aumento da oferta da água, explorando novas origens - construção de dessalinizadora, captação de água no Pomarão para reforço da Barragem de Odeleite, Barragem da Foupana, agrava a situação em vez de a resolver. O aumento da oferta de água leva a consumos cada vez mais elevados do recurso e a danos acrescidos nos ecossistemas, também eles dependentes da disponibilização de água doce. O caso de Espanha é paradigmático: apesar de ter o maior

armazenamento em barragens per capita da Europa, transvases entre várias Bacias Hidrográficas, e 765 dessalinizadoras em funcionamento (maio de 2023), enfrenta problemas de escassez de água muito mais graves do que Portugal.

Neste artigo listamos as principais preocupações e as principais medidas estruturais que o país, e o Algarve em específico, deverá tomar para a gestão sustentável de um recurso tão crucial como a água.

A PAS considera que as soluções para enfrentar a escassez hídrica na região do Algarve têm que passar, entre outras, pelas seguintes **medidas estruturais**:

- **Criar condições para aumentar a pluviosidade e reter água no território** através de:
 - a) Florestação com espécies endémicas;
 - b) Conservação do solo e do respectivo sob-coberto;
 - c) Pequenas retenções de água na Serra para hidratação da paisagem e manutenção de ecossistemas;
 - d) Proteção de pontos de recarga dos aquíferos subterrâneos.

E **medidas imediatas** de planeamento, gestão, utilização e reutilização da água, de acordo com as disponibilidades existentes:

- **Diminuição das necessidades de consumo** através de:
 - a) Incentivos à modificação de modos de produção agrícola (substituição de monocultura intensiva por policultura, agricultura regenerativa, entre outros);
 - b) Substituição de relvados e jardins regados, por prados e jardins resistentes à seca;
 - c) Uso de águas de piscinas públicas para limpeza urbana e rega de espaços verdes;
 - d) Penalização de consumos excessivos dos consumidores públicos e privados (no preço ou na disponibilidade).
- **Dar prioridade à concretização de obras para diminuição das perdas de água** nas redes urbanas e de regantes:
 - a) Obras de reparação e/ou substituição de condutas e outros equipamentos;
 - b) Manutenção adequada de condutas e outros equipamentos.
- **Dar prioridade à concretização da reutilização das águas residuais, controlando a qualidade da água, para:**
 - a) Consumo urbano - lavagem de ruas, rega de espaços verdes e todos os outros fins compatíveis com a sua qualidade;
 - b) Consumo agrícola.

Complementarmente, deve criar-se legislação que obrigue à separação das águas cinzentas, nas novas construções.

- **Monitorização e avaliação sistemática de todos os consumos** fazendo ajustes na disponibilização de água para os diversos setores, sempre que se justifique:
 - Identificação das captações não licenciadas;
 - Instalação de contadores de água em todos os furos (públicos e privados).

Palavras Chave – água no Algarve; governança; medidas; participação; sociedade civil; sustentabilidade; transparência.

INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO PARA CUMPRIMENTO DE OUTORGAS DOS POÇOS DA UNIDADE DE NEGÓCIO OESTE – REGIÃO METROPOLITANA DO ESTADO DE SÃO PAULO

Silvana Morales de Azevedo*¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: smorales@sabesp.com.br (Bacharel em Ciências Biológicas Modalidade Médica – Biomedicina pela Universidade de Santo Amaro (2000), Pós-graduada em Microbiologia pela Faculdade Oswaldo Cruz (2003), Tecnóloga em Gestão Ambiental pela Universidade Metodista de São Paulo (2021))

¹ Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Rua Augusto José Avancini nº 108 – Jardim São Jorge – São Paulo – SP - CEP: 05568-050, Brasil

RESUMO

A identificação dos aspectos e tratamento dos impactos ambientais, bem como as fiscalizações periódicas da Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de São Paulo – ARSESP, levaram o Controle Sanitário Oeste, a buscar uma solução para o cumprimento de outorgas (vazão outorgada e horas de funcionamento) dos poços na área de atuação da Unidade de Negócio Oeste – Sabesp, a qual pertence à Região Metropolitana do Estado de São Paulo, permitindo assim assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos, evitando conflitos entre seus usuários e garantindo esse acesso de forma igualitária a toda sociedade.

O funcionamento do sistema de gestão prevê que cada poço tenha um controlador lógico programável (CLP) com a funcionalidade de manter a operação automática, nesses controladores são introduzidas bibliotecas dedicadas para apoiar as demandas operacionais, dentre elas a parametrização horária com o propósito de dar autonomia a equipe de operação para programar o horário de desligar/religar conforme a necessidade operacional, o que possibilita uma antecipação aos problemas, e viabiliza o funcionamento das bombas dosadoras de forma mais preservada. Além disso, elimina a necessidade de intervenção manual constante e aumenta a eficiência operacional do poço.

É importante ressaltar que a outorga de direito de uso ou interferência de recursos hídricos é um ato administrativo, de autorização ou concessão, mediante o qual o Poder Público concede ao outorgado o uso da água por determinado tempo, com finalidade específica e condição determinada no respectivo ato. Trata-se de um instrumento da Política Estadual de Recursos Hídricos, essencial à compatibilização harmônica entre os anseios da sociedade e as responsabilidades e deveres que devem ser exercidas pelo Poder concedente, que promove o uso sustentável e garante a gestão integrada deste recurso natural.

O objetivo do trabalho foi ter conformidade legal junto ao órgão regulador e garantir a manutenção da qualidade da água fornecida à população. Foi uma ação com abordagem inovadora, e que está alinhada às diretrizes e objetivos estratégicos, com foco em eficiência operacional, para atender as diretrizes de sustentabilidade com equilíbrio entre a redução de custos com a operação desnecessária e oferta de água de qualidade para a sociedade, de forma sustentável.

Após o recebimento dos Relatórios de Fiscalização Técnica enviados pela ARSESP, com o objetivo de identificar possíveis aspectos operacionais que poderiam comprometer a continuidade ou eficiência dos serviços prestados, foram elaborados planos de ação para abordar essas questões.

A instalação de gestão nos poços dos municípios de Pirapora do Bom Jesus e Santana de Parnaíba, foi uma ação imediata e importante para melhorar o controle e a eficiência operacional do abastecimento

de água, pois essas unidades já possuíam macromedidores adequados para a parametrização. A substituição dos macromedidores nos demais poços para adequação ao sistema envolveu vários recursos, incluindo financeiros, materiais e humanos.

O acompanhamento das ações ocorreu por meio de reuniões virtuais e presenciais com pessoas chave, foi uma abordagem eficaz para garantir a coordenação e a comunicação entre as partes envolvidas. Entretanto, durante o projeto alguns obstáculos foram enfrentados, tais como a adequação dos macromedidores para a instalação da lógica, pois vários macromedidores eram antigos e não compatíveis com a tecnologia, outro obstáculo foi a questão do abastecimento das áreas que estavam sujeitos às horas de outorga dos poços, assim teve que ser realizado um levantamento dos consumos pela Divisão de Operação de Água, com esses dados foi possível definir o melhor horário para operação dos poços, e assim não desabastecer a região e ao mesmo tempo cumprir as exigências da legislação.

O treinamento da equipe de técnicos responsáveis pela operação dos poços foi uma etapa importante antes da instalação, para poder parametrizar o sistema de gestão de acordo com os limites das outorgas, ou mesmo para reiniciá-lo em caso de paradas e/ou falhas, o que garantiu a operação e manutenção do sistema de forma eficaz e segura.

Esta operação é realizada diariamente, seguindo um padrão de trabalho com verificação dos resultados de cloro residual livre e fluoreto do dia anterior. A leitura do horímetro e do macromedidor é realizada in loco, com as devidas anotações nos formulários de controle, posteriormente é realizada uma inspeção nas tubulações, mangueiras e reservatórios de produtos químicos para detecção de possíveis vazamentos. Para garantir um funcionamento pleno do sistema, são verificadas as bombas dosadoras e realizados os ensaios de pH e cloro residual livre, finalizando com a amostragem de parâmetros a serem ensaiados nos laboratórios, conforme preconiza a legislação vigente.

A solução de automação e monitoramento, trouxe diversos benefícios com melhorias e ganhos para o processo de produção de água, tais como população abastecida, preservação do manancial, redução de custos com manutenções e redução do consumo de produtos químicos.

A efetividade da prática foi comprovada pelas médias anuais 2022 dos indicadores de controle: ISc14 – Utilização do volume de água captada outorgado (31,5% - meta \leq 100%), ISp18 - Conformidade da quantidade de amostras para aferição da água tratada (98% - meta \geq 80%), ISp20a - Água tratada dentro do padrão (78,5% - meta \geq 75%) e IDQA- Índice de Desempenho da Qualidade da Água Produzida (95% - meta \geq 90%).

A ausência de apontamentos durante as fiscalizações periódicas da Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de São Paulo em 2022, é uma evidência do sucesso da implementação do sistema de gestão e monitoramento, que contribuiu para a eficiência operacional e a conformidade legal no abastecimento de água.

Portanto, podem ser destacados como benefícios intangíveis: a preservação dos recursos hídricos e a conscientização da responsabilidade social das atividades de operação de poços em benefício da sociedade e do meio ambiente, que garantem o abastecimento de água seguro e sustentável para as gerações presentes e futuras.

Palavras Chave – Gestão, Outorgas, Poços.

O SISTEMA IRRIGASYS DE APOIO À GESTÃO DA REGA: CARACTERÍSTICAS E RESULTADOS

Lucian Simionesei¹, Hanaa Darouich², Ana R. Oliveira¹, Jorge Palma¹,
Ramiro Neves¹, Tiago B. Ramos*¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: tiagobramos@tecnico.ulisboa.pt

¹ Centro de Ciência e Tecnologia do Ambiente e do Mar (MARETEC-LARSyS), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

² LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associated Laboratory-TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

RESUMO

O IrrigaSys é um sistema de apoio à decisão (SAD) para a gestão da rega ao nível da parcela. Foi desenvolvido com recurso a ferramentas online de código aberto e em parceria com técnicos da Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorraia (ARBVS). Apoiou os agricultores do perímetro de rega do Vale do Sorraia entre 2017 e 2022. Nesta apresentação, descrevem-se a estrutura e regras de funcionamento e implementação do IrrigaSys. Apresentam-se também os resultados da análise multicritério que visou analisar o desempenho dos agricultores face às recomendações geradas pelo sistema. Tomaram-se dois anos para análise: um ano seco e um ano de pluviosidade média.

A estrutura do IrrigaSys inclui: o acesso remoto a estações meteorológicas locais para obtenção das condições meteorológicas; um modelo meteorológico para previsão do tempo; o modelo MOHID-Land para o cálculo do balanço hídrico do solo e programação da rega; e uma base de dados para repositório de dados. Apesar da sua complexidade, os dados necessários à sua implementação ao nível da parcela agrícola são mínimos e incluem: a localização; o tipo de cultura; as datas de sementeira e colheita; a textura do solo; o método de rega; e as dotações de rega aplicadas diariamente/semanalmente. Com base nesta informação, o sistema descarrega semanalmente os dados meteorológicos da estação meteorológica mais próxima de cada parcela agrícola, bem como a previsão meteorológica para os sete dias seguintes. O balanço hídrico do solo é então calculado desde a data de sementeira até a data atual (atualizando sempre o sistema com informações recém-adquiridas). É também proposto o calendário de rega para a semana seguinte com base nos resultados do balanço hídrico e das previsões meteorológicas. Os resultados são disponibilizados por meio de uma interface web, aplicativo móvel, SMS e e-mail. O IrrigaSys fornece ainda o NDVI (Normalized difference vegetation index) calculado a partir das imagens Sentinel-2 mais recentes.

O SAD apoiou a tomada de decisão dos agricultores relativa à programação da rega durante seis anos (2017–2022). No final, foi realizada uma pós-avaliação do desempenho dos agricultores face às recomendações do sistema, empregando uma abordagem de análise multicritério (MCA) com dados de 2019 (ano mais seco) e 2020 (ano médio). O principal objectivo foi tentar compreender a adesão dos agricultores aos resultados do IrrigaSys. Foram tomados em consideração dois cenários distintos: o primeiro, centrado na poupança da água e o segundo, tendo como critério prioritário o retorno económico. Os resultados do primeiro cenário revelaram que os agricultores demonstraram um nível razoável de conhecimentos, especialmente durante o ano mais seco. Os agricultores conseguiram indicadores relativos à poupança de água comparáveis com os obtidos seguindo os calendários de rega propostos pelo sistema. Na época mais chuvosa, surgiram discrepâncias entre os resultados dos agricultores e os do SAD, atribuídas principalmente aos desafios na integração de previsões de precipitação de confiança no processo de tomada de decisão. No segundo cenário, os resultados dos agricultores foram comparáveis com os do sistema ao longo das duas épocas. Embora o IrrigaSys exija mais desenvolvimentos, estes resultados mostram a contribuição para uma melhor eficiência do uso da água de rega na região onde foi aplicado.

Palavras Chave – Programação da rega, Balanço hídrico, Previsões meteorológicas, Análise multicritério.

VARIABILIDADE ESPACIAL DO SOLO NA MODELAÇÃO HIDROLÓGICA DO BALANÇO DE ÁGUA À ESCALA REGIONAL. IMPACTO DE DIFERENTES MAPAS DIGITAIS

Ana Horta¹, Ana R. Oliveira², Leonardo Azevedo³, Tiago B. Ramos² *

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: tiagobramos@tecnico.ulisboa.pt

¹ Gulbali Institute, Charles Sturt University, Albury-Wodonga, Australia

² Centro de Ciência e Tecnologia do Ambiente e do Mar (MARETEC-LARSyS), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa

³ CERENA, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

RESUMO

A modelação hidrológica deve ser considerada como uma ferramenta de apoio à elaboração de planos eficientes de gestão da água que garantam, não só a eficiência dos recursos, mas também a segurança alimentar. No entanto, os modelos distribuídos, baseados em processos totalmente físicos, são altamente complexos, difíceis de implementar. Parte dessa complexidade resulta da sua capacidade em descreverem os processos físicos, como a dinâmica da água do solo ou o transporte de solutos, de forma precisa e rigorosa. Para tal, é necessária informação descritiva das propriedades hidráulicas do solo, nomeadamente a curva de retenção de água e a curva da condutividade hidráulica do solo. A determinação destas relações não lineares à escala local é já de si altamente complexa, morosa e dispendiosa. À escala regional, o uso de métodos diretos para a caracterização daquelas relações é impraticável.

Muito recentemente, têm sido produzidos mapas digitais das propriedades hidráulicas do solo à escala global a partir da informação armazenada em bases de dados de propriedades básicas do solo e com recurso a funções de pedotransferência. Estas funções são usadas para converter estas propriedades básicas, mais fáceis de determinar (por exemplo, a textura do solo, massa volúmica aparente, teor de carbono orgânico), nas propriedades hidráulicas do solo, difíceis de caracterizar. Um dos problemas que estes mapas apresentam é serem produzidos a partir de bases de dados onde a informação armazenada dos solos nacionais é extremamente reduzida ou até inexistente. Outro problema é que as funções de pedotransferência usadas não refletem as condições edafoclimáticas dos solos portugueses.

Neste trabalho, avalia-se o impacto que esses mapas, quando usados para caracterizar a variabilidade dos solos nacionais, têm nas estimativas do balanço hídrico do modelo distribuído MOHID-Land. Por comparação, utilizaram-se mapas digitais das propriedades hidráulicas do solo expressamente produzidos a partir da informação armazenada na base de dados INFOSOLO, que reúne dados analíticos de perfis de solo estudados em Portugal, usando modelos geoestatísticos. No desenvolvimento desses mapas foram também usadas funções de pedotransferência nacionais.

Os resultados mostram explicitamente onde ocorrem diferenças nas respostas do modelo, as quais são relacionadas com a variabilidade espacial das propriedades físicas e hidráulicas do solo representada nos diferentes mapas digitais e com o uso do solo. A variabilidade estatística e espacial do teor de água do solo simulado e do stress hídrico para diferentes usos do solo também dependeu dos dados de solo utilizados na simulação numérica. Com os mapas globais, o teor de água do solo foi maior e o stress hídrico menor, e ambos tiveram menor variabilidade estatística e espacial em comparação com os resultados dos mapas produzidos a partir da informação nacional. Uma consequência prática destes resultados será uma programação da rega mal ajustada às propriedades reais do solo, que podem ser prejudiciais para a produção agrícola e promover a degradação do solo. Um plano de

gestão da água baseado nos resultados dos mapas globais determinará menores necessidades de água, o que pode não ser realista para as condições mediterrânicas que caracterizam a área de estudo. O uso de mapas digitais com informação dos solos nacionais é assim fundamental para o maior realismo das simulações geradas por modelos distribuídos.

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais, através do projeto “A importância da variabilidade das propriedades hidráulicas do solo na modelação dos processos. Uma avaliação a múltiplas escalas” (<http://doi.org/10.54499/2022.03921.PTDC>).

Palavras Chave – MOHID-Land, Balanço hídrico, Propriedades hidráulicas do solo, Funções de pedotransferência.

DIGITALIZAÇÃO DO REGADIO - DESENVOLVIMENTO NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO VALE DO LIS

João Delgado* ¹, Andreia Vieira², Rui Eugénio³, Henrique Damásio⁴, Manuel Nunes⁵, Susana Ferreira⁶, José Manuel Gonçalves⁷

* Autor para correspondência. E-mail: joaodelgado@naviasolutions.com (Eng.º João Delgado)

1 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

2 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

3 Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis, Quinta do Picoto, 2425-000 Monte Real – Leiria, Portugal

4 Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis, Quinta do Picoto, 2425-000 Monte Real – Leiria, Portugal

5 Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

6 Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

7 Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

RESUMO

A melhoria da gestão da água em atividades agrícolas é geralmente uma tarefa complexa que requer múltiplas ações e recursos significativos. Uma das estratégias passa pela aposta num sistema de informação que vise a monitorização dos recursos e processos, que forneça dados de procura e distribuição de água, energia consumida, custos de manutenção e conservação de infraestruturas.

A competitividade da agricultura portuguesa depende fortemente do regadio, atividade que permite o aumento da produtividade através da valorização do cultivo e que mitiga os efeitos da seca, através da disponibilização sustentada de água. Nesse sentido, todos os esforços para melhorar a gestão da atividade de regadio são muito úteis no desenvolvimento sustentável da prática agrícola nacional, nomeadamente em regiões onde é o “stress hídrico” se faz mais sentir.

O presente estudo centra-se no aproveitamento hidroagrícola do Vale do Lis (AHVL), um regadio público com de cerca de 2.000 hectares, localizado nos concelhos de Leiria e Marinha Grande. A rede de abastecimento compreende vários açudes e estações elevatórias, captando se água do rio Lis e dos seus afluentes, distribuindo-se através de uma rede gravítica com condução em canal, com o controlo essencialmente manual do escoamento nas aflúências e derivações.

Visando a melhoria da gestão deste sistema, foi criada em 2018, trabalhando até 2022, o Grupo Operacional para a gestão da água no Vale do Lis. Uma parceria que integrou a Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis (ARBVL), entidades de investigação e empresas agrícolas. O objetivo passou pela criação de sinergia entre entidades com múltiplas competências nas áreas da gestão da água, em concreto do regadio. A melhoria da planificação e gestão da água como requisito para a modernização sustentável da atividade.

As ações de melhoria e controlo da rede coletiva de abastecimento envolveram as seguintes atividades e metas:

- Medição quantitativa das aflúências aos vários setores de rega;
- O controlo do consumo de energia na bombagem dos reforços de caudal praticados;
- A mensuração da qualidade físico-química e microbiológica da água de rega e drenagem;
- A monitorização da procura de água para rega com base nas necessidades hídricas das culturas praticadas;

- A avaliação qualitativa dos principais sistemas de rega aplicados.
- A implementação de um sistema de informação com a capacidade de armazenar, integrar e processar a informação da rede de monitorização, assim como de registar e processar informação relativa à operação, manutenção e conservação de infraestruturas.

Com o intuito de alcançar este último objetivo, está a ser implementada uma plataforma *web* para apoio à gestão integrada, em tempo real, de informação e operação da infraestrutura do AHVL. Esta plataforma, aplicada no contexto de um regadio coletivo de pequena dimensão, revelou-se um projeto inovador, de grande importância para estender a potencialidade da aplicação desta tecnologia a outros regadios de dimensão superior.

A plataforma digital NAVIA™ apresenta-se como um *software* totalmente parametrizável permitindo um melhor enquadramento com a atividade realizada em diferentes infraestruturas e atividades. Agrega e centraliza toda a informação registada, sendo assim possível realizar a gestão de todos os processos e infraestruturas instaladas. A utilização do *software* permite um acesso prático e simples, visando o trabalho colaborativo, a comunicação entre a atividade “de terreno” e o *backoffice*. A sua usabilidade permite gerir toda a atividade e implementar o conceito de sala de comando em tempo real, podendo esta ser centralizada num local específico, ou distribuída por vários responsáveis da área ou região.

Através de mecanismos de integração com diferentes fontes de informação, tais como georreferenciação e cadastro (SIG), ou bases de dados “em bruto” (SCADA), torna-se possível a agregação e tratamento de dados de múltiplas fontes, funcionando o NAVIA™ como um *datalake* facilitador da gestão da operação e uma ferramenta fundamental no processo de decisão.

Neste projeto, de caráter inovador, é apresentado o papel decisivo da digitalização e da implementação NAVIA™ na melhoria do controlo processual e na gestão parcimoniosa da água na atividade de regadio do Vale do Lis.

Palavras Chave – Regadio; gestão da água; digitalização; Vale do Lis, NAVIA™.

A REINVENÇÃO DOS JARDINS XERÓFILOS NO ALGARVE COM RECURSO ÀS SUCULENTAS XEROMÓRFICAS

Delisa Xarepe*¹, Ricardo Quinto-Canas¹

* Delisa Xarepe. E-mail: a47383@ualg.pt

¹ Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal.

RESUMO

A disponibilidade hídrica é determinante para a criação de qualquer espaço verde (Stermann, 2018). No entanto, os espaços verdes xerófilos, cumprem simultaneamente as funções estéticas e de sustentabilidade inerentes a qualquer espaço verde bem projetado (Çetin *et al.*, 2018). Esta tipologia de espaço verde inclui vegetação, cuja morfologia e mecanismos fisiológicos, permite a sua sobrevivência em condições estacionais rigorosas, como é o caso da flora mediterrânica (Fernández-Cañero *et al.*, 2011) ou, em casos de extrema aridez, as suculentas xeromórficas, cuja especialização às condições de baixa disponibilidade hídrica do habitat, em termos de capacidade de armazenamento de água, não tem paralelo no reino *Plantae*.

Uma das principais crises que enfrentamos no século XXI, especialmente na região sul de Portugal (Algarve), são os episódios de seca mais severos, frequentes e prolongados, que poderão ser agravados pelas alterações climáticas (Pörtner & Roberts, 2022). Uma seleção criteriosa da vegetação a implementar nos espaços verdes, como a vegetação xérica, é uma das resoluções primordiais na aplicação de estratégias sustentáveis, no sentido da promoção da resiliência dos espaços verdes espaços às alterações climáticas. A seleção de plantas, de acordo com as necessidades edafoclimáticas do local, é um dos princípios fundamentais da Arquitetura Paisagista (Xavier, 2007), que, infelizmente, ainda é muitas vezes negligenciado na região do Algarve, onde o atual modelo conceitual de paisagismo não se coaduna claramente com a promoção destes dois conceitos essenciais (sustentabilidade e resiliência), além de que, a maior parte da vegetação aplicada em espaços verdes públicos ou privados, não reflete a realidade climática regional.

A vegetação é essencial para promover a diversidade e coerência, tanto estética como funcional, de qualquer espaço verde, tornando-se a peça central de qualquer projeto de Arquitetura Paisagista (Ingels, 2009). Assim, para promover a resiliência do território às alterações climáticas, é fundamental um profundo conhecimento científico e técnico da vegetação a aplicar em cada projeto, para além dos recursos hídricos e pedológicos locais, uma vez que as secas e a desertificação tendem ser intensificadas pelas alterações climáticas (Pörtner & Roberts, 2022), bem como pelo aumento da procura, que convirá racionalizar em função das disponibilidades hídricas da região. Como as suculentas xeromórficas estão perfeitamente adaptadas a estes solos, típicos de regiões áridas e semiáridas (Hartshorne, 1995) e considerando que a aridez do Algarve tende a ser intensificada pelas alterações climáticas (AMAL, 2019), este grupo de plantas deve ser considerado como uma opção legítima, pois permite uma redução significativa das taxas de consumo hídrico (Van Mechelen *et al.*, 2015), devido aos seus mecanismos de armazenamento de água, tornando-as uma mais valia para a gestão dos recursos hídricos em espaços verdes (Griffiths & Males, 2017).

As suculentas xeromórficas constituem um grupo de plantas, de diferentes famílias taxonómicas, com características bem específicas, sendo a suculência, ou seja, a sua capacidade de armazenar água durante longos períodos, umas das mais relevantes (Males, 2017). Ao longo de milhões de anos de evolução, as suculentas xeromórficas, foram desenvolvendo diversas estratégias, de forma a colonizar áreas com condições extremas de aridez, especialmente as áreas desérticas (Speirs, 1980). Estudos sobre estes mecanismos de tolerância ao stress hídrico são cada vez mais frequentes, o que poderá se mostrar vantajoso na adaptação aos desafios futuros. Além disso, o potencial ornamental

das suculentas xeromórficas é enorme, uma vez que as suas formas arrojadas e panóplia de cores são uma verdadeira explosão sensorial, que aliada às suas características morfológicas e mecanismos fisiológicos as torna efetivamente uma opção na reconversão ou criação de jardins xerófilos. Contudo a falta de conhecimento, tanto científico como técnico, é um dos principais fatores para que este grupo de plantas ainda se encontre manifestamente marginalizado na conceção de espaços verdes no Algarve (Xarepe, 2023), o que se traduz na relutância por parte dos profissionais da área na sua utilização em projetos paisagistas, e, conseqüentemente, na sua baixa produção em viveiro, embora seja possível encontrar em viveiros da região algumas espécies de suculentas xeromórficas não invasoras, cultivadas sobretudo pela sua ornamentalidade, como o *Agave attenuata*, *Aloe vera*, *Beaucarnea recurvata*, *Crassula ovata*, *Dracaena draco*, entre outras.

Tendo em conta a atual conjuntura de risco crescente associado à procura e ao risco de decréscimo de disponibilidade hídrica, é um consenso de que os espaços verdes nas grandes machas urbanas contemporâneas devem ser cada vez mais numerosos e simultaneamente mais sustentáveis, estando adaptados às condições edafoclimáticas do local e com custos de manutenção reduzidos. No caso do Algarve, onde a investigação deste trabalho se centrou, a disponibilidade hídrica atual e futura, assume um papel preponderante na conceção de espaços verdes, onde as exigências acima mencionadas só poderão ser concretizadas se nos desviarmos das atuais práticas paisagistas insustentáveis e desenvolvermos estratégias holísticas de gestão e conceção dos espaços verdes que integrem diferentes áreas do conhecimento e não meramente as questões estéticas (Xarepe, 2023). Neste contexto, esta investigação teve como objetivo desenvolver práticas paisagistas mais adaptadas e resilientes às condições climáticas do Algarve, reinventando assim o conceito de espaço verde nesta região de Portugal. Atividades socioeconómicas altamente dependentes dos recursos hídricos, como os espaços verdes, de lazer e desportivos, muitos dos quais associados ao setor turístico da região, devem sofrer uma mudança drástica no seu modelo conceptual, com o objetivo de promover um conjunto de práticas e estratégias sustentáveis de gestão dos recursos hídricos, seja através da aplicação de vegetação xérica, como as suculentas xeromórficas, ou por meio de práticas paisagistas sustentáveis que promovam a resiliência e adaptabilidade desses espaços (Xarepe, 2023). Além disso, esta investigação permitiu ainda destacar a perfeita integração das suculentas xeromórficas não invasoras em espaços verdes, num contexto de baixa disponibilidade hídrica, utilizando os princípios e técnicas inerentes ao conceito de jardim xerófilo, através da identificação das suas características ecológicas e estéticas. Isto permite apelar à atratividade destes espaços, bem como às suas vantagens ecológicas no contexto climático atual e futuro da região algarvia, e simultaneamente permite desmistificar ideias preconcebidas de que um jardim com suculentas xeromórficas é uma paisagem árida, monótona, sem cor e sem vida (Sterman, 2018)

Palavras-Chave – Jardins xerófilos; Suculentas xeromórficas; Secura; Adaptação; Resiliência; Algarve.

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA (APR CLASSE B) PARA REGA DE CAMPOS DE GOLFE E JARDINS

João Venâncio¹, Filipe Reis² *

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: filpecarraco@ctga.pt (Eng.º Filipe Reis)

1 CTGA, Rua dos Morais nº70 Taveiro Coimbra, Portugal

2 CTGA, Rua dos Morais nº70 Taveiro Coimbra, Portugal

RESUMO

A água constitui um recurso natural imprescindível para qualquer forma de vida. A necessidade de assegurar a sua disponibilidade e qualidade adequada para diversos usos repercute-se numa crescente preocupação global no que concerne à gestão dos recursos hídricos. Nos últimos anos, decorrente do crescimento populacional e conjuntamente com períodos de precipitação reduzida e episódios de seca, tem-se verificado um aumento de situações de stress hídrico com impactos significativos diversos. Neste sentido, a reutilização de água consubstancia uma prioridade a considerar na gestão eficiente dos recursos hídricos.

A água residual proveniente das Estações de Tratamento de Água Residual (ETAR), quando devidamente tratada a um nível compatível com determinados usos, constitui uma solução adequada e com aplicabilidade diversa que contribui significativamente para a gestão hídrica sustentável

Considerando a necessidade de assegurar a gestão sustentável deste recurso natural, o Centro Tecnológico de Gestão Ambiental (CTGA) desenvolveu um projecto, promovido pelas Águas do Algarve (AdA), que visa dotar a ETAR de Quinta do Lago, em Loulé, de um sistema de tratamento capaz de assegurar uma ApR Classe B, isto é, compatível com a sua utilização para efeitos de rega de jardins com restrição de acesso, incluindo áreas de lazer e desportivas, nomeadamente campos de golfe.

A utilização de ApR, exige não só o licenciamento para a sua produção e utilização, como também compreende uma avaliação de risco relativa aos seus impactes na saúde pública e nos meios receptores. Essa avaliação de risco suportará o desenvolvimento das respectivas medidas de gestão e mitigação desses possíveis impactes.

A produção de ApR Classe B deverá assegurar o cumprimento dos seguintes limites: Carência Bioquímica de Oxigénio em 5 dias (CBO5) igual ou inferior a 25 mg O₂/L; Sólidos Suspensos Totais (SST) igual ou inferior a 35 mg SST/L; *Escherichia coli* igual ou inferior a 100 UFC/100 mL.

Atualmente, a linha de tratamento da ETAR de Quinta do Lago permite assegurar um efluente tratado de nível terciário, materializado através de uma etapa final de desinfecção com recurso a radiação ultravioleta. Não obstante, apesar da água residual tratada ser potencialmente compatível com a sua reutilização (valores de CBO5, SST e *Escherichia coli* iguais ou inferiores aos referidos no parágrafo anterior), é importante considerar que a utilização de radiação UV como etapa de desinfecção não impede a recontaminação da água no processo de transporte/adição, pelo que não se consegue assegurar a qualidade microbiológica desta nos pontos de entrega.

Como tal, neste âmbito, foi desenvolvida uma linha de tratamento composta pelas seguintes operações unitárias:

- Desinfecção com hipoclorito de sódio – doseamento de solução de hipoclorito de sódio no efluente tratado, permitindo assegurar presença de cloro residual, evitando a recontaminação da água desinfectada e assegurando a qualidade microbiológica desta nos pontos de entrega.

- Armazenamento e regularização de ApR – Preparação, armazenamento e regularização de ApR, assegurado por lagoa de contacto e armazenamento;
- Elevação e transporte de ApR até aos respectivos Pontos de Entrega.

Durante o processo de transporte de ApR entre o local de produção e os respectivos pontos de entrega, ocorre o decaimento do cloro residual, afetado por factores como o tempo de retenção na rede de distribuição e temperatura. Por forma a evitar a recontaminação microbiológica na rede de distribuição e a formação de biofilme em dispositivos hidráulicos, é importante que se assegure, nos pontos de entrega, uma ApR com concentrações de cloro residual livre normalmente compreendidas entre 0,2 – 0,4 mg/L.

A presença de cloro na água, em concentrações residuais, produz impactes ínfimos na saúde pública e meios receptores. Todavia, em concentrações mais elevadas, é tóxico para as formas de vida superiores, principalmente para organismos aquáticos autotróficos e heterotróficos de primeira ordem. Relativamente aos solos, para além da possível contaminação de lençóis freáticos pela percolação de água no solo, também poderá impactar negativamente a qualidade do solo, dependendo da natureza deste e da sua constituição no que concerne à presença de substâncias orgânicas e compostos azotados.

Após preparação da ApR, esta será transportada até aos cinco pontos de entrega previstos. A execução do projecto referido permitirá substituir a utilização anual de cerca de 1,17 milhões de metros cúbicos de água subterrânea por água residual tratada, repercutindo-se numa melhor gestão dos recursos hídricos numa zona considerada de escassez.

Palavras-Chave: ApR Classe B, Reutilização, Desinfecção, Hipoclorito de Sódio, Rega com água residual tratada.

USO DE ÁGUA SALINA NA PRODUÇÃO DE RÚCULA COM ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Laíres Sales Reis¹, Emanuel Ernesto Fernandes Santos¹, Lucas Sódre Bezerra¹,
Felipe Salis de Oliveira¹, Carolina Evangelista da Silva¹,
Lucas Juliérmenson Lopes da Silva¹, Leonilson Osvaldo da Silva¹,
Victor Alexandre Silva Ribeiro Matos¹

¹ Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Juazeiro - BA, Brasil.

RESUMO

Uma alternativa para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões semiáridas, a exemplo do semiárido do nordeste brasileiro, é o uso de água de elevada condutividade elétrica, devido a disponibilidade da mesma nos mananciais subterrâneos. No entanto faz necessário a adoção de práticas agrícolas a exemplo a adoção do uso cíclico de água com qualidade inferior com água de boa qualidade, nos diferentes estágios fisiológicos das plantas, uma vez que a tolerância da(s) culturas/ cultivares em ambientes com salinidade elevada no solo ou da água, entre outros fatores, dependem das fases de desenvolvimento das mesmas. A adubação orgânica associada à irrigação com água de elevada condutividade elétrica pode ser uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação e promover o crescimento saudável das plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar estratégia de adubação orgânica no desenvolvimento de rúcula (aspectos morfológicos e fisiológicos) submetida à irrigação com água salobra em diferentes estágios de desenvolvimento de rúcula, sob irrigação com água de diferentes níveis de salinidade e seu impacto na condutividade elétrica do solo.

A pesquisa foi realizada no viveiro de plantas nativas da caatinga da Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS do campus III, em Juazeiro-Bahia, Brasil. Como planta teste adotou-se a Rúcula (*Eruca vesicaria ssp. sativa*). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x3x4 correspondentes: 5 estratégias de uso de água de condutividade elétrica elevada ($CE=5,36 \text{ dSm}^{-1}$) substituindo por água de baixa condutividade elétrica ($CE=0,11 \text{ dSm}^{-1}$), em diferentes fases de desenvolvimento da cultura; adotando três doses de adubação orgânica (0%, 10% e 20% de esterco caprino na base do volume de solo - Neossolo fúlvico).

Como estratégias de irrigação iniciaram as 14 dias após a semeadura, adotando os seguintes tratamentos: PPP (0-31 dias) - as plantas foram irrigadas com água de maior CE durante todo o ciclo da cultura; PRR as plantas foram irrigadas com água de maior CE no período entre 0-13 dias, tempo restante as plantas foram irrigadas com água de menor CE; RPR de 14-22 dias as plantas foram irrigadas com água de maior CE, demais períodos com água de baixa CE; RRP de 23-31 as plantas foram irrigadas com água de maior CE, demais períodos com água de baixa CE; e no RRR as plantas foram irrigadas com água de menor CE durante todo período de avaliação.

A irrigação ocorreu manualmente 2x ao dia, de modo a manter o solo com a umidade na máxima capacidade de retenção de água, determinada a partir do momento em que foi observado início de drenagem, momento em que a irrigação foi interrompida.

Foram realizadas leituras do teor de clorofila a e de clorofila b aos: 13, 22 e 31 dias após a semeadura, com o Clorofilog CFL modelo 1030. No final do experimento (aos 31 dias após o início dos tratamentos) foi realizada a colheita sendo avaliadas as seguintes variáveis: Altura da Planta (AP); Número de Folhas (NF); Massa fresca parte aérea e da Raiz (MSPA e MFR); Massa Seca da Parte Aérea e das Raízes (MSF e MSR) e Volume de Raiz (VR). Após a colheita, foram coletadas amostras de solo de todos os tratamentos, para determinação de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo-CEes.

Durante todo o experimento, foram coletados dados do clima na estação meteorológica da Universidade do Estado da Bahia- UNEB, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS, Campus III de Juazeiro-BA, Brasil. Os dados foram submetidos à análise da variância e adotando-se o teste Tukey, a 5 % de probabilidade, na comparação das médias através do software AgroEstat. Os dados discutidos são apenas aqueles que foram significativos.

Foi observado o aumento significativo condutividade elétrica do solo em todos os tratamentos que receberam água salobra, independente da época. A CEes foi mais elevada, na estratégia de irrigação PPP (CE solo=12,93 dS/m), que recebeu água salobra por um período de 31 dias. Ocorreu a redução da CEes na estratégia PRR (CE solo=4,42 dS/m), quando comparado às estratégias PRP (CE do solo=6,26 dSm⁻¹), e RRP (CE do solo=3,60 dS/m), independente dos percentuais de esterco utilizado - adubação orgânica.

A menor CE no tratamento PRR pode ser um indicativo da lixiviação de sais, promovida pela água de menor CE nos período de 18 dias após o início dos tratamentos. A maior CE do solo no tratamento RPR, pode ser um indicativo que o tempo de irrigação com a menor CE, no período subsequente ao uso de água de maior CE, não foi suficiente para lixiviar os sais adicionados no período de água de maior CE.

O teor de clorofila a e a clorofila b apresentaram aumento no segundo tempo de avaliação, seguido de redução nos tempos seguintes. A CE do tratamento PPP foi a maior encontrada (12,53 dS/m) devido ao maior tempo em exposição aos sais, apresentando valor mais acentuado sob adubação de 10% de esterco (12,93 dS/m). Não houve interação entre o uso cíclico das águas e o uso de matéria orgânica. Nos tempos de análise, foi constatado aumentos nos teores de clorofila a aos 13 dias de tratamento seguido por redução nos demais tempos de avaliação. Esses valores elevados podem representar plantas sob condição de estresse salino no período subsequente ao uso de água de maior CE.

Os resultados podem ter sido influenciados pela condição climática da região. Uma vez que foram encontradas temperaturas elevadas no período, acima das máximas para cultura superior a 24°C e com UR<60%, contribuindo para o não desenvolvimento adequado da cultura, trazendo resultados não satisfatórios.

Observou-se que não ocorreu diferença significativa nas variáveis ALT, MFPA, MSPA, MFR, MSR e VR entre as estratégias de uso de água PPP, PRR e RPR. A estratégia de irrigação RRR apresentou menores médias, diferindo estatisticamente das estratégias PRR e PRP, para todas as variáveis analisadas, exceto MSR e VR. Esses dados sugerem que não houve efeito restritivo no uso da água de maior CE nas fases iniciais de desenvolvimento da rúcula. O aumento nas médias das variáveis analisadas pode ser um indicativo de tolerância do cultivar avaliada.

Em relação a adubação orgânica o uso de esterco caprino, apresentaram maiores médias nas variáveis avaliadas, diferindo estatisticamente do tratamento sem adubação orgânica apresentou diferença estatística para as variáveis ALT, MFPA, MSPA, MFR, MSR e VR. Provavelmente resultado da maior disponibilidade de nutrientes, nitrogênio e fósforo e aumento na disponibilidade de água. Todas as variáveis analisadas apresentam comportamento semelhante, sugerindo que os maiores teores de matéria orgânica atenuam os efeitos da salinidade.

A salinidade na água de irrigação contribui para altos teores de Clorofila na produção de Rúcula. O aumento de MFPA, MFSR, MSPA e MSSR nos tratamentos sob irrigação com água salobra sugerem tolerância da cultivar ao estresse salino, no entanto novos estudos devem ser realizados para caracterizar a tolerância em situação de da alternância de água salobra e água de boa qualidade. O uso da Dose de 20% de esterco caprino indica uma maior produtividade.

Palavras Chave - Agricultura Bioessalina, Condutividade Elétrica, Cultivo Protegido, *Eruca vesicaria* ssp. sativa, Esterco Caprino, Fotossíntese, Sustentabilidade do Solo, Olericultura.

Agradecimentos: À FAPESB pela concessão da bolsa IC e UNEB/DTCS por todo suporte para realização dessa pesquisa.

DESEMPENHO DE MUDAS DE MARACUJÁ, CV REDONDO AMARELO, EM SOLO COM DIFERENTES ÍNDICES SALINOS

Laíres Sales Reis¹, Emanuel Ernesto Fernandes Santos¹,
Victor Alexandre Silva Ribeiro Matos¹, Lucas Juliérmenson Lopes da Silva¹,
Leonilson Osvaldo da Silva¹, Carolina Evangelista da Silva¹,
Felipe Salis de Oliveira¹, Marcio Henrique Rodrigues da Costa Silva¹

1 Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Juazeiro - BA, Brasil.

RESUMO

Solos com altos níveis de salinidade podem prejudicar o desenvolvimento de mudas de maracujá. A cultura é sensível à salinidade e o tipo de solo a ser utilizado na produção de muda contribui para um vigor adequado, desenvolvimento e pegamento, uma vez que é a principal fonte de nutrientes.

Existe uma escassez nos estudos sobre o cultivo de maracujá em solo salino e sobre os seus impactos na fitomassa e fisiologia da planta, bem como nos componentes químicos do solo. Uma alternativa para minimizar esses problemas é a adoção de uma lâmina de irrigação superior a necessária durante o cultivo em solo salino a fim de lixiviar os sais ali contidos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de maracujá, cv redondo amarelo, cultivadas em solo com diferentes condições de salinidade em sistema protegido. O experimento foi realizado durante os meses de setembro a novembro de 2023, no viveiro de plantas nativas da caatinga, da Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS campus III, Juazeiro - BA, Brasil.

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x7, correspondendo a cinco solos classificados como Neossolo Flúvico, textura arenosa: solo1 CE = 0,51 dSm⁻¹; solo2 CE = 16,54 dSm⁻¹; solo3 CE = 29,80 dSm⁻¹; solo4 CE = 35,05 dSm⁻¹ e solo5 CE = 44,62 dSm⁻¹, e sete repetições. Os solos utilizados no presente trabalho foram cultivados com beterraba, sob irrigação com água de diferentes condutividades elétricas. Os solos foram submetidos ao processo de lixiviação antes do processo de repicagem das mudas, que foram produzidas em bandejas de polietileno, preenchidas com substrato comercial. As mudas foram transplantadas aos 25 dias após a semeadura, quando apresentaram duas folhas definitivas.

As mudas foram transplantadas para vaso com capacidade de 600mL, três mudas por vaso. Aos oito dias após o transplantio - DAT, foi realizado o desbaste deixando uma planta por vaso. A irrigação ocorreu duas vezes ao dia, com água de CE = 0,11 dSm⁻¹. Oito DAT foi iniciado as análises morfológicas e fisiológicas, com leitura semanal de: Clorofila a, Clorofila b, Clorofila Total, Altura da planta (cm) e número de folhas. A clorofila foi determinada utilizando o medidor eletrônico Falker modelo-CFL1030, com leituras na maior folha de cada muda, uma muda por vaso. A altura da planta - AP foi medida com régua a partir do colo até ápice da planta (gema terminal) e o número de folhas - NF determinou-se contagem nominal.

Aos cinquenta DAT foi realizada a colheita avaliando: Massa Fresca Foliar - MFF, Massa Fresca da Raiz - MFR; Massa Seca Foliar - MSF, Massa Seca da Raiz - MSR, Volume de Raiz - VR e Diâmetro de Caule - DC. A MFF, MFR, MSF, MSR foram determinadas com balança analítica de precisão, o DC foi medido a três centímetros do solo com o auxílio do paquímetro digital, precisão de 0,01 mm, e o VR pelo método da proveta - volume de raízes é igual ao deslocamento de água na proveta. Foram coletadas amostras de solo, em cada vaso para determinação de pH e Condutividade Elétrica no extrato de saturação do solo - CEes. O pH foi determinado com pH de bancada e CE pelo

Conduvímetero portátil. Os resultados foram submetidos à análise de variância, adotando o teste de tukey com probabilidade de 5%, pelo software Agroestat.

Houve redução da CE e aumento do pH em todos os solos. O pH apresentou diferença estatística entre os tratamentos para solo1, quando comparado aos demais tratamentos; as maiores médias de pH foram observados no solo1. As maiores médias de pH foram observados nos tratamentos solo5 (pH = 7,62) e solo3 (pH = 7,57) que não deferiram entre si. A lâmina de lixiviação adotada promoveu a redução de bases trocáveis, reduzindo a CE de todos os solos (Solo1=0,54b dSm⁻¹; Solo2=0,64a dSm⁻¹; solo3=0,66a dSm⁻¹;solo4=0,64a dSm⁻¹ e solo5=0,66a dSm⁻¹).

O teor de clorofila a, clorofila total, AP e NF apresentaram diferença estatística nos diferentes tempos e para os diferentes tratamentos, quando analisado isoladamente clorofila a e clorofila total os maiores valores foram encontrados no T5 e T1, com evidência aos 36 dias. O teor de clorofila b apresentou diferença estatística nos diferentes tempos e para os diferentes solos. Apresentou maiores em T1 e T5 (7,96a; 7,78a) valores aos 29,36 e 46 dias. A AP e NF apresentaram melhores resultados em T5 aos 50 Dias, apresentando maior período para seu desenvolvimento.

As variáveis MFF, MFR, MSF, MSR, VR e DC não apresentaram diferença estatística. A baixa CEes ocasionada pela lixiviação dos sais, contribuiu com esse resultado de forma que nos solos salinos não apresentaram toxicidade. Esse comportamento fez com que as plantas não apresentassem perdas no seu desenvolvimento de modo a não haver diferença estatística nas variáveis.

A irrigação com água de baixa CE diária foi responsável pela lixiviação dos sais corroborando para o desenvolvimento. Os tratamentos não influenciaram no desenvolvimento do maracujá, cv redondo amarelo. Cultivo de maracujá em solo salino se torna tecnicamente viável quando irrigado com água de baixa CE favorecendo o seu desenvolvimento.

Palavras Chave - Agricultura Biossalina, Condutividade Elétrica, Cultivo Protegido, Fitomassa, Fotossíntese, Manejo e conservação do Solo e da água, Olericultura, Passiflora edulis f.

Agradecimentos: À UNEB/DTCS por todo suporte para realização dessa pesquisa.

GESTÃO INTEGRADA DA ÁGUA URBANA: EM DIREÇÃO A COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS

Sara Bona¹, Armando Silva-Afonso^{1 2}, Ricardo Gomes³

1 RISCO, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal, sara.cbona@ua.pt

2 ANQIP, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal, asilva.afonso@outlook.pt

3 INESC Coimbra e SMAS de Leiria, Departamento de Engenharia Civil, Politécnico de Leiria, Campus 2 Morro do Lena – Alto do Vieiro, 2411-901, Leiria, Portugal, ricardo.gomes@ipleiria.pt

RESUMO

O aumento da procura de água, os fenómenos climáticos extremos e a permanente preocupação com a melhoria da eficiência e da qualidade na prestação dos serviços de águas impõem desafios crescentes às infraestruturas urbanas de água. Com o rápido crescimento das áreas urbanas nas últimas décadas, a gestão centralizada da água tornou-se a norma; no entanto, os atuais sistemas públicos urbanos de serviços de água enfrentam dificuldades para cumprir metas globais, como o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6: Água Potável e Saneamento. Este objetivo exige um aumento significativo da eficiência do uso da água e a garantia da sustentabilidade do abastecimento, fazendo face à escassez de recursos hídricos. É, portanto, imperativo repensar o ciclo urbano da água, considerando soluções integradas de eficiência hídrica, economia circular e processos naturais. Neste contexto, o estudo aqui evidenciado propõe uma abordagem de gestão holística que enfatiza a descentralização e a integração de soluções flexíveis, eficientes e resilientes como fundamentais para enfrentar os desafios dos sistemas públicos de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais em meio urbano. Esta abordagem baseia-se na otimização e reutilização dos recursos hídricos e procura desenvolver um modelo que equilibre alternativas de oferta e procura de água para usos domésticos não potáveis, como complemento ou alternativa ao abastecimento público de água. Adicionalmente, procede-se a uma análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) que permite ter uma visão global dos fatores internos e externos associados à proposta. Esta análise permite avaliar os pontos fortes e fracos e identifica as oportunidades e ameaças – elementos essenciais para fundamentar as estratégias e garantir a eficácia da abordagem proposta.

A eficiência hídrica em edifícios, e as medidas correlatas de reutilização da água ou de recurso a origens alternativas, representam uma oportunidade significativa para uma transição sustentável no setor. Estima-se que a implementação de soluções estratégicas de eficiência hídrica em edifícios pode reduzir o consumo de água potável entre 30% a 50%. Estas soluções, integradas com práticas baseadas na natureza (por exemplo, telhados verdes e pavimentos permeáveis), são abordagens que não só melhoram a qualidade de vida dos cidadãos, como também atenuam alguns dos efeitos das alterações climáticas e promovem a gestão sustentável dos recursos naturais. Estas práticas não se limitam a edifícios individuais, mas estendem-se à criação de comunidades urbanas sensíveis à água, onde a eficiência hídrica é maximizada e partilhada sinergicamente no ambiente construído. Esta abordagem integrada não só otimiza o uso da água a nível local, como também contribui para a resiliência e sustentabilidade mais amplas das infraestruturas públicas de abastecimento de água e de drenagem em áreas urbanas já consolidadas.

O modelo aqui proposto de gestão da água em meio urbano (Figura 1) representa uma mudança de paradigma, promovendo a circularidade e a eficiência hídrica a diferentes escalas, desde os edifícios individuais às comunidades urbanas. Esta gestão integrada não é apenas uma resposta aos desafios atuais, mas uma visão para o futuro em que a água é gerida de forma sustentável, desde a sua captação até à sua reintegração natural no ciclo hidrológico. A gestão da procura inclui estratégias como a redução de consumos, o controlo das perdas, a utilização de dispositivos eficientes e a segmentação do consumo em função da sua finalidade. Simultaneamente, a gestão da oferta recorre a fontes alternativas, como as águas pluviais e as águas freáticas, ou à reutilização. Também maximiza os recursos através da recarga de aquíferos e da gestão de águas negras, para recuperar recursos valiosos, como por exemplo os nutrientes para a produção de fertilizantes.

A Figura 2 resume os elementos críticos do modelo de gestão de águas urbanas proposto. Destacam-se vantagens, como a integração com soluções baseadas na natureza e o aumento da segurança hídrica. Na análise dos desafios, são notáveis o controlo de qualidade e a manutenção das soluções, bem como a complexidade das intervenções em áreas urbanas consolidadas. As oportunidades incluem benefícios em termos de redução de

energia e de emissões, bem como o estímulo ao senso de comunidade. No entanto, é fundamental estar ciente às ameaças, como a resistência à adoção de boas práticas e as pressões do mercado.



Figura 1 – Metodologia para Gestão Integrada e Descentralizada da Água Urbana

PONTOS FORTES (FORÇAS)	PONTOS FRACOS (FRAQUEZAS)
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas híbridos locais integrados; • Apoio às infraestruturas urbanas de água existentes; • Estratégias de eficiência hídrica e economia circular (otimização de recursos); • Integração com soluções baseadas na natureza; • Exploração de fontes alternativas (diversificação da matriz de abastecimento); • Minimização do consumo energético; • Aumento da segurança no abastecimento de água; • Redução do impacto ambiental; • Crescimento da procura e da oferta de água; • Aumento do acesso e da equidade na distribuição de água; • Viabilidade de novos empreendimentos; • Redução do custo operacional dos sistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial substancial; • Sistemas complexos de controlo e de tratamento; • Carência de conhecimentos técnicos especializados; • Descarte/reciclagem de efluentes; • Necessidade de infraestruturas de armazenamento; • Custos de manutenção e operacional; • Complexidade de intervenção em áreas urbanas consolidadas.
OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
<ul style="list-style-type: none"> • Criação de emprego altamente especializado; • Sensibilização dos utilizadores; • Estímulo ao senso de comunidade; • Atração de investimentos sustentáveis; • Utilização de recursos locais e ecológicos (redução de emissões de CO₂); • Incentivo à criação e atualização de legislação sustentável; • Programas e incentivos governamentais; • Procura de mudanças sustentáveis no setor; • Procura por produtos e serviços sustentáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Riscos operacionais relacionados com a qualidade da água (necessidade de monitorização contínua); • Resistência à adoção de práticas de construção inovadoras; • Falta de regulamentação específica; • Aumento da responsabilidade dos utilizadores (manutenção); • Pressão do setor privado; • Desafios logísticos e técnicos em contextos urbanos consolidados.

Figura 2 – Análise SWOT para a Gestão Integrada e Descentralizada da Água Urbana

A incorporação de edifícios eficientes do ponto de vista hídrico na dinâmica das comunidades urbanas representa uma transformação de paradigma que promove a sustentabilidade, a resiliência e a eficiência em áreas urbanas. Esta abordagem coletiva atua como um catalisador para uma mudança significativa no ciclo urbano da água, delineando um caminho para uma gestão mais holística, descentralizada, integrada e equitativa dos recursos hídricos. A sua abordagem à escala mostra-se promissora para orientar novas infraestruturas urbanas de água no planeamento urbanas e reforçar as existentes. A continuação desta investigação é essencial para contribuir para uma compreensão mais profunda e uma implementação bem-sucedida das melhores práticas, consoante os objetivos ambientais internacionais. Este é um passo essencial para enfrentar os crescentes desafios relacionados com a água nas áreas urbanas.

Palavras Chave – Descentralização; Sustentabilidade; Eficiência Hídrica; Comunidades Urbanas da Água; Gestão Integrada da Água.

Esta investigação foi apoiada pela Doctoral Grant 2021 MPP2030-FCT (PRT/BD/152847/2021), financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), no âmbito do projeto MIT Portugal Program (Bona S.).

SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE LAMAS FECAIS: UM MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Carolina Castro*¹, José Saldanha Matos^{1 2}

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: carolina.pires.castro@tecnico.ulisboa.pt

¹ Hidra, Hidráulica e Ambiente, Av. Defensores de Chaves, 31-1º Esq., 1000-111 Lisboa, Portugal

² Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

RESUMO

O saneamento seguro é um direito humano e um fator importante para o desenvolvimento social, económico e humano das sociedades. A ausência de saneamento seguro é responsável anualmente por cerca de 830 mil mortes (UNICEF & WHO, 2020) e é origem de doenças transmitidas pela água, sendo a mais frequente a diarreia, uma das principais causas de morte entre crianças com menos de 5 anos, especialmente em países de baixo e médio rendimento.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) (UN, 2022), 56% da população mundial ainda não possui acesso a serviços de saneamento seguro e 494 milhões de pessoas ainda praticam defecação a céu aberto. De forma a alcançar as metas propostas nos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) até 2030, o acesso universal a saneamento e higiene e a eliminação da defecação a céu aberto, as taxas de progresso teriam de quadruplicar.

A melhoria dos serviços de saneamento poderia evitar muitas mortes e surtos de doenças, diminuir a pressão nos sistemas de saúde, melhorar a segurança alimentar e criar um ambiente mais limpo e sustentável, consequentemente reduzindo também problemas sociais (UNICEF & WHO, 2020). A pobreza seria minimizada, bem como a desigualdade de género, uma vez que as mulheres e as raparigas são os grupos mais afetados por um saneamento deficiente. Em síntese, serviços de saneamento adequados e seguros resultam em países mais desenvolvidos, social e economicamente.

A disponibilidade de água é um fator essencial na escolha do sistema de saneamento a implementar. Em locais onde não existem sistemas de abastecimento de água canalizada, devem ser adotados sistemas de saneamento localizado (SL). Os sistemas de drenagem centralizados só devem ser utilizados quando o consumo de água e a densidade populacional garantem autolimpeza dos coletores e viabilidade económica do sistema (Matos *et al.*, 2023).

Os sistemas de saneamento podem ser classificados em dois diferentes tipos: com ou sem água. Os sistemas de saneamento com água são utilizados quando há fornecimento de água ou um consumo per capita mínimo de cerca de 50L/habitante/dia (Monvois *et al.*, 2010). Sistemas de saneamento sem água, a seco, são utilizados quando o consumo de água capita é inferior a 30-50L/habitante/dia. Por sua vez, o tratamento de águas residuais e de lamas fecais (LF) pode ser classificado como on-site (descentralizado) ou off-site (centralizado). Nos sistemas centralizados, as águas residuais são encaminhadas para tratamento numa Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Nos sistemas descentralizados, o tratamento de efluentes ou excreta, é feito localmente, ex. em latrinas ou fossas sépticas. Para baixos tempos de retenção, ou no caso de falta de espaço, as lamas produzidas necessitam de recolha e transporte para uma Estação de Tratamento de Lamas Fecais (ETLF).

Atualmente, 2,7 mil milhões de pessoas no mundo utilizam sistemas de SL e espera-se que, até o final de 2030, esse número aumente para 5 mil milhões de pessoas (Rao *et al.*, 2016; Strande *et al.*, 2014).

Ao projetar um sistema de saneamento descentralizado, é importante não restringir o sistema apenas à interface com o utilizador. É essencial considerar todo o processo desde que o excreta é

produzido até ao seu destino final. O sistema de saneamento deve incluir a interface com o utilizador, o armazenamento, o transporte, o tratamento e, por último, a reutilização ou eliminação do excreta, ou seja, toda a cadeia de serviços.

O modelo desenvolvido tem como objetivo apoiar o processo de decisão de implementação de um sistema de Gestão de Lamas Fecais (GLF) numa cidade, considerando a cadeia de GLF, desde a interface com o utilizador até ao processo de tratamento, apresentando uma solução recomendada para cada fase da cadeia de serviços, bem como um valor global aproximado de investimento. O âmbito de aplicação do modelo é o saneamento descentralizado. O modelo considera aspetos sociais, económicos, técnicos e ambientais, bem como a relevância atribuída a cada uma destas dimensões, de forma a excluir as tecnologias que não são adequadas ao local e classifica as restantes com valores de 1 a 5. A solução com a pontuação mais alta para cada uma das fases da cadeia de serviços é a recomendada.

As soluções de saneamento que são consideradas pelo modelo são, para saneamento a seco, a Latrina Simples, a Latrina Melhorada Ventilada Simples e Dupla, a Fossa Alternativa, a Latrina Ecológica e o Saneamento com base em recipientes, e para saneamento com água, a Fossa Séptica. No que diz respeito aos métodos de recolha, são considerados a recolha manual direta, a recolha manual em recipientes, o Gulper, o MAPET e a Bomba de Diafragma Manual (enquanto métodos mecânicos de recolha), e ainda o Vacutug e o Limpa-Fossas (enquanto métodos de recolha motorizados). Relativamente ao transporte, este pode ser manual, ou recorrendo a triciclos motorizados, a carrinhas de transporte de recipientes, ao Vacutug ou ao Limpa-Fossas. O modelo analisa ainda a necessidade de implementação de uma ou mais Estações de Transferência de Lamas (ETL), diferenciando assim o processo de transporte em transporte primário, do local de recolha até à ETL, e transporte secundário, da ETL até à ETLF.

O utilizador tem ainda a possibilidade de dividir a área de estudo até 10 zonas distintas, de acordo com as suas características, sendo sugeridas diferentes soluções para cada zona, garantindo que toda a área de estudo é estudada e sujeita a avaliação.

Pretende-se, com a aplicação deste modelo, auxiliar no planeamento de toda a cadeia de gestão de lamas fecais em determinado local, seja numa cidade ou numa área mais restrita, garantindo o acesso universal a serviços de saneamento seguro, assim como recolha, transporte e tratamento adequados das lamas, assentando sempre no conceito de Saneamento Inclusivo à Escala da Cidade.

Palavras Chave – Saneamento Localizado, Lamas Fecais, Sustentabilidade, Gestão de Lamas Fecais.

REFERÊNCIAS

- Matos, R. V., Ferreira, F., & Matos, J. S. (2023). Sistemas de Saneamento de Pequenos Agregados Populacionais. FUNDEC.
- Monvois, J., Gabert, J., Frenoux, C., & Guillaume, M. (2010). How to select appropriate technical solutions for sanitation (Vol. 4).
- Rao, K. C., Kvarnström, E., Di Mario, L., & Drechsel, P. (2016). Business Models for Fecal Sludge Management (Vol. 6).
- Strande, L., Ronteltap, M., & Brdjanovic, D. (2014). Faecal Sludge Management; Systems Approach for Implementation and Operation Faecal Sludge Management (L. Strande, M. Ronteltap, & D. Brdjanovic, Eds.; 1st ed.). WA Publishing.
- UN (United Nations). (2022). The Sustainable Development Goals Report.
- UNICEF (United Nations Children's Fund), & WHO (World Health Organization). (2020). State of the World's Sanitation (J. Sinden, Ed.). UNICEF/WHO. www.unicef.org/wash

A GESTÃO DA ÁGUA ENQUADRADA NA ESTRATÉGIA “SMART CITIES” DA INFRAMOURA - A SALA DE COMANDO

João Delgado* ¹, Paula Silva², Soraia Almeida³, José Pinto⁴, Hugo Rodrigues⁵,
Luís Brissos⁶, Vânia Revez⁷

* Autor para correspondência. E-mail: joaodelgado@naviasolutions.com (Eng.º João Delgado)

1 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

2 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

3 Inframoura – Empresa de Infraestruturas de Vilamoura, E.M., Rua das Amoreiras, 8125-497 Vilamoura, Portugal

4 Inframoura – Empresa de Infraestruturas de Vilamoura, E.M., Rua das Amoreiras, 8125-497 Vilamoura, Portugal

5 Inframoura – Empresa de Infraestruturas de Vilamoura, E.M., Rua das Amoreiras, 8125-497 Vilamoura, Portugal

6 Inframoura – Empresa de Infraestruturas de Vilamoura, E.M., Rua das Amoreiras, 8125-497 Vilamoura, Portugal

7 Inframoura – Empresa de Infraestruturas de Vilamoura, E.M., Rua das Amoreiras, 8125-497 Vilamoura, Portugal

RESUMO

O termo *Smart Cities*, ou cidades inteligentes, é utilizado de forma recorrente, no entanto, não é consensual ou objetiva a sua definição. De um modo generalista, poder-se-á considerar que se trata de uma simbiose entre as pessoas e o próprio espaço que habitam, visando a utilização eficaz e sustentável dos recursos urbanos disponíveis: o próprio território, as suas infraestruturas e processos, os bens, os serviços e todo o tipo de recursos ao dispor. Cidades inteligentes serão aquelas que partilham conhecimento, oportunidades e cultura entre cidadãos e as mais diversas entidades instaladas no tecido urbano. A gestão eficaz de uma smart city, será aquela que permita a interação e o envolvimento dos seus concidadãos, proporcionando-lhes condições que assegurem a universalidade de acesso aos serviços prestados e a coesão económico-social local e regional. A tecnologia como instrumento e a digitalização como processo, surgem respetivamente como a ferramenta e o elo que une todas as partes intervenientes: a gestão, os cidadãos, as entidades, os serviços, etc., proporcionando canais transparentes e bidirecionais de comunicação e a aquisição de conhecimento.

Foi norteadora pela tónica de otimização de recursos, desmaterialização de serviços e promoção do empreendedorismo urbano, que a Inframoura - Empresa de Infraestruturas de Vilamoura, E.M., avançou com a implementação de uma solução integrada que aliada à gestão operacional das suas infraestruturas, permite a agregação de conhecimento, análise de informação e comunicação em tempo real com os cidadãos, visando a gestão assertiva e otimizada das intervenções em infraestruturas e espaços públicos de Vilamoura.

A tecnologia de digitalização escolhida para alcançar este objetivo foi a plataforma NAVIA™, que suporta desde 2014, a gestão entre outros, dos seguintes sistemas:

- Adução e distribuição de água, incluindo o controlo de qualidade da mesma;
- Rede de drenagem de águas residuais e pluviais;
- Limpeza urbana e espaços verdes;
- Manutenção da rede viária, estacionamento públicos;
- Gestão Urbana e Manutenção preventiva de parques infantis, plataformas de desporto/lazer, mobiliário urbano, estações de bicicletas;
- Edifícios e infraestruturas para uso próprio;
- Equipamentos de energia renovável, leituras de energia.

O NAVIA centraliza a atividade operacional da empresa, bem como toda a informação proveniente da gestão das suas infraestruturas urbanas, onde se inclui a gestão de ativos, energia e água. À monitorização das infraestruturas alia-se um conjunto de ações inerentes ao controlo de processos operacionais, facilitados pela integração funcional com o sistema de informação geográfica (SIG) da entidade, a interface com o sistema CRM (gestão comercial), com o próprio site da Inframoura E.M. e mais recentemente, a comunicação direta com os cidadãos através da App Inframoura Share (app NAVIAcity).

Este elevado nível de digitalização e de centralização de conhecimento, obtido através da plataforma NAVIA™, faz parte da “Sala de Comando” da Inframoura, conceito que esta entidade gestora desenvolveu, recentemente, para a gestão do seu território e das suas infraestruturas.

Os resultados são evidentes e manifestam-se na melhoria da qualidade do serviço prestado, na motivação da equipa, na melhoria da eficiência e da sustentabilidade da sua operação, fatores que serão apresentados, documentados e discutidos, na comunicação que se propõe apresentar.

Nesta comunicação serão apresentados o percurso percorrido, mas também os resultados alcançados com a implementação de *dashboards* de controlo da operação em tempo real.

Deixamos um particular agradecimento à Inframoura – Empresa de Infraestruturas de Vilamoura, E.M., pela colaboração na elaboração deste artigo.

Palavras Chave – Smart Cities, Gestão Operacional, Ciclo Urbano da Água, Gestão Urbana, Sala de Comando, apoio à decisão, integração de dados, dashboards.

A IMPORTÂNCIA DA VIGILÂNCIA DE FUNGOS CONSIDERADOS CRÍTICOS PELA OMS EM ÁGUAS RESIDUAIS HOSPITALARES

João Brandão^{1, 2}, Ana Ascenso¹, Pedro Teixeira^{2, 3}, Elisabete Valério^{1, 2}

¹ Department of Environmental Health, National Institute of Health Doutor Ricardo Jorge, 1649-016 Lisboa, Portugal

² Centre for Environmental and Marine Studies (CESAM), Department of Animal Biology, Faculty of Sciences, University of Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal

³ Câmara Municipal de Lisboa, Direção Municipal Do Ambiente, Estrutura Verde, Clima e Energia, Laboratório de Bromatologia e Águas, Avenida Cidade Do Porto S/N, 1700-111, Lisboa, Portugal

RESUMO

Várias instituições da área de Lisboa estabeleceram uma parceria para caracterizar as águas residuais de alguns hospitais e respetivas fábricas de água a jusante através do projeto AgIR. A caracterização das águas residuais afluentes às Fábricas de Água (FA) e que são provenientes de unidades hospitalares no Município de Lisboa pretendem contribuir para o estabelecimento de sistemas de vigilância epidemiológica que concorram para melhorar a resposta a eventuais surtos de doenças na população e promover a otimização dos processos de tratamento nas FA e nas unidades hospitalares.

Neste contexto foram selecionados alguns microrganismos considerados potencialmente relevantes para o impacto na Saúde Pública.

A OMS publicou em 2022: *WHO fungal priority pathogens list to guide research, development and public health action*. Os patógenos incluídos foram classificados e depois categorizados em três grupos de prioridade (crítico, alto e médio). A priorização é um processo focado em patógenos fúngicos que podem causar infeções fúngicas sistémicas agudas e subagudas invasivas, ou infeções para as quais existe resistência aos medicamentos ou outros desafios de tratamento e gestão. O grupo crítico inclui *Cryptococcus neoformans*, *Candida auris*, *Aspergillus fumigatus* e *Candida albicans*. Estes organismos não são considerados em regulação de nenhum tipo de água.

Os métodos usados para realizar a pesquisa destes organismos, nomeadamente *Candida auris* e *Aspergillus fumigatus*, recorrem quer a métodos clássicos de microbiologia, avaliando o crescimento em placa, assim como a métodos moleculares como Real-Time PCR para a sua deteção e identificação.

Apesar de atualmente não se encontrar descrita nenhum caso clínico autóctone de infeção com *Candida auris*, habitualmente multirresistente a antifúngicos, detetámo-los em 3 águas residuais hospitalares, indicando que, mesmo transitoriamente, pelo menos, terão de já estar presentes na comunidade, provavelmente como colonizações da pele ou diagnósticos incorretos. A investigação nesta área permite que os hospitais sejam informados e possam prestar especial atenção a casos mais complicados e suspeitos, permitindo assim uma intervenção mais eficaz, além de ajudar as comissões contra as infeções hospitalares a procurarem nichos físicos como mobiliário e equipamento.

Este estudo foi realizado com financiamento do Fundo Ambiental

Palavras Chave – Águas residuais, fungos, *Candida auris*, *Aspergillus fumigatus* sensu stricto

ESTRATÉGIAS PARA CONTROLO DE COMPOSTOS FARMACEUTICOS EM ETAR URBANAS COM LAMAS ATIVADAS

Catarina Silva¹, Margarida Campinasa*¹, Gabriela Faria², Cláudio Costa²,
Maria João Rosa¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: mcampinas@lnec.pt (Doutora Margarida Campinasa)

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA), Núcleo de Engenharia Sanitária (NES), Av. do Brasil, 101 1700-066 Lisboa, Portugal

² TRATAVE, Rua ETAR de Serzedelo, 4765-543 Serzedelo GMR, Portugal

RESUMO

A evolução da legislação europeia, em termos de micropoluentes, é reflexo das preocupações crescentes com um número cada vez mais vasto de contaminantes de interesse/preocupação emergente (CEC) (Yang *et al.* 2017), tendo começado por maior exigência na sua monitorização e, mais recentemente, de tratamento (Rosa *et al.* 2023a). Exemplo disso é a nova diretiva de tratamento de águas residuais (DARU ou UWWTD, em inglês), a ser publicada este ano, a qual exigirá um tratamento adicional (quaternário) nas ETAR que permita 80% de remoção de uma lista de substâncias indicadoras de micropoluentes para todas as ETAR acima de 150.000 p.e. (implementação faseada) e para as ETAR acima de 10.000 p.e. selecionadas com base numa avaliação do risco. A nova Diretiva coloca múltiplos desafios, com maiores exigências também ao nível de controlo de nutrientes e metas de neutralidade energética.

Existe assim, mais do que nunca, uma necessidade urgente de otimização da eficiência dos recursos das ETAR e minimização do impacto dos efluentes na qualidade e utilização da água do meio recetor. Neste contexto, entre outras, as seguintes necessidades/desafios estão a ser abordadas pelo projeto LIFE Fitting (LIFE22-ENV-PT-LIFE Fitting): i) reduzir a descarga de compostos farmacêuticos (PhC) pelas ETAR; ii) promover valores-alvo de descarga das ETAR alinhados com a “abordagem combinada” da Diretiva Quadro da Água, ou seja, em função da qualidade da água e capacidade de diluição do meio recetor e do uso previsto para este (*fit-for-purpose*); iii) promover a eficácia, fiabilidade e eficiência (energia e reagentes) das ETAR; e iv) promover a circularidade da água através de uma reutilização (in)direta mais segura.

Os múltiplos desafios exigem ferramentas integradas e multifuncionais capazes de apoiar as entidades gestoras (e indiretamente, agências ambientais, reguladores e legisladores) no planeamento e implementação de estratégias ambiental e economicamente viáveis para melhor tratar as águas residuais. Uma delas é uma nova ferramenta para prever o controlo de CEC em ETAR com lamas ativadas, com base na sua biodegradabilidade (k_{bio}) e distribuição solução-sólido (K_d) (Silva *et al.* 2023) – CEC ForecasTool. Outra é uma ferramenta de avaliação e melhoria do desempenho das ETAR (Silva *et al.* 2016) que incorpora componentes de eficácia e fiabilidade, energia e eficiência dos reagentes (Cassidy *et al.* 2023) – PASTool.

Num trabalho anterior, confirmámos que a operação em condições favoráveis ao crescimento de bactérias nitrificantes constitui uma estratégia de controlo parcial de PhC (Silva *et al.* 2023). Neste projeto, estamos a realizar campanhas à escala real em três grandes ETAR urbanas, com controlo e comparação de diferentes valores de F/M (razão alimento/microrganismos) nos reatores de lamas ativadas. Numa das ETAR, estamos também a avaliar e a melhorar o desempenho da ozonização, concebida para controlo de cor na água tratada. O estudo envolve a monitorização de mais de 54 PhC, além de parâmetros regulares (CBO5, CQO, azoto, fósforo, cor) e não regulares (e.g., T254, alcalinidade) indicadores da qualidade da água.

Nesta comunicação serão apresentados o CEC ForecasTool e os resultados de campo obtidos para os PhC, bem como o desempenho das ETAR. Estes resultados permitem identificar práticas de operação para melhorar o controlo de CEC em ETAR urbanas e urbanas com forte componente industrial, com sistemas de lamas ativadas (o tratamento biológico mais utilizado), e com ozonização como tratamento avançado com multiobjetivos.

Palavras Chave – Compostos farmacêuticos, ETAR, estratégias operacionais, ferramentas, ozono.

Agradecimento – Projeto LIFE Fitting financiado pelo programa LIFE da União Europeia, contrato 101114188 LIFE22-ENV-PT-LIFE Fitting

REFERÊNCIAS

Cassidy, J., Silva, T., Semião, N., Ramalho, P., Santos, A.R., Feliciano, J.F., Silva, C., & Rosa, M.J. 2023 Integrating reliability and energy efficiency assessment for pinpointing actionable strategies for enhanced performance of urban wastewater treatment plants. *Sustainability* 15, 12965.

Rosa M. J., Campinas M., Silva C., Mesquita E. and Viegas R. M. C. (2023). Controlling organic micropollutants in urban (waste) water treatment by activated carbon adsorption and membrane. Chapter 8 In *Clean Technologies Toward the Development of a Sustainable Environment and Future*. Pradeep Verma and Maulin P Shah (Ed.). IWA Publishing, London. Pp. 141-176. ISBN: 9781789063776 (paperback), Doi: 10.2166/9781789063783

Silva, C., Almeida, C.M.M., Rodrigues, J.A., Silva, S., Coelho M.R., Martins, A., Lourinho, R., Cardoso, E., Cardoso, V.V., Benoliel M.J., Mesquita, E., Ribeiro, R., Rosa, M.J. 2023 Improving the pharmaceutical compounds control in two activated sludge wastewater treatment plants: key operating conditions and monitoring parameters. *Journal of Water Process Engineering* 54, 103985.

Silva, C., Matos, J.S., Rosa, M.J. 2016 A comprehensive approach for diagnosing opportunities for improving the performance of a WWTP. *Water Science and Technology* 74(12), 2935-2945.

Yang, Y., Ok, Y.S., Kim, K.-H., Kwond, E.E. & Tsang Y.F. 2017 Occurrences and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water and water/ sewage treatment plants: a review, *Sci. Total Environ.* 596-597, 303–320.

MODELAÇÃO HIDRÁULICA DO SUBSISTEMA DE ÁGUAS RESIDUAIS (SAR) DE SERZEDO – PLANO DE ACÇÃO DE CONTROLO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Vitor Ribeiro* ¹, Carlos Silva²

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: vitor.ribeiro@ctga.pt (Eng.)

¹ CTGA, Lda., Rua dos Morais, nº70, Coimbra

² CTGA, Lda., Rua dos Morais, nº70, Coimbra

RESUMO

A complexidade dos grandes sistemas de drenagem, que integram redes unitárias e separativas, tornam a problemática do controlo das aflúências indevidas, dos riscos de inundações e da poluição dos meios receptores especialmente difícil. O principal desafio consiste, possivelmente, em controlar esses riscos de forma racional e transparente, em termos sustentáveis, isto é, com custos mínimos em termos económicos, sociais e ambientais.

No âmbito da prestação de serviços de “Modelação Hidráulica do Subsistema de Águas Residuais (SAR) de Serzedo”, procurou-se dotar a entidade gestora do sistema de saneamento em estudo, com uma ferramenta que lhe permita avaliar o desempenho do subsistema, particularmente no que concerne à existência de aflúências indevidas nas redes que o compõem. Perante este cenário, foi desenvolvido um modelo hidráulico, com o objectivo de promover um enquadramento para a análise de cenários de estudo de optimização do comportamento hidráulico do referido subsistema e, complementarmente, elaborar um Plano de Acção para o controlo de águas pluviais ao mesmo.

O processo de modelação hidráulica do SAR de Serzedo contemplou várias etapas que permitiram a obtenção do modelo de simulação final (versão base). Numa primeira fase realizou-se o planeamento do modelo procedendo à recolha e análise de informação disponível para a caracterização das infra-estruturas existentes, assumindo o cadastro da rede como fundamental para o desenvolvimento do modelo.

Posteriormente efectuou-se a construção da infra-estrutura física e definiram-se os caudais de base, de acordo com a informação disponível, culminando este processo com a produção de uma versão base do modelo de simulação hidráulica.

A fase seguinte consistiu na definição de medidas e intervenções a implementar, identificando-se medidas de curto prazo, de rápida implementação, onde se incluem acções de sensibilização e fiscalização, detecção de ligações indevidas e inspecções/correção de câmaras de visita, assim como medidas de aquisição de informação e conhecimento.

Estas últimas afiguram-se fundamentais para a prossecução de um plano de acção eficaz no controlo de aflúências indevidas, na medida em que constituirão a base para a calibração e desenvolvimento do modelo final de simulação do comportamento hidráulico do sistema, possibilitando assim a identificação dos pontos críticos do sistema e a definição das soluções de controlo de caudais, bem como a elaboração de um plano de reabilitação/remodelação das infra-estruturas constituintes do sistema de drenagem.

Finalmente, procedeu-se à elaboração de um plano de investimentos plurianual, de modo a permitir à entidade gestora enquadrar esses investimentos nos seus orçamentos anuais.

Palavras Chave – Drenagem, Águas residuais, Modelo hidráulico, Aflúências indevidas, SWMM.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Águas do Norte, S.A. pela colaboração crucial neste projecto e pela confiança depositada na CTGA, Lda. Todo o apoio e informação disponibilizados, tornaram possível a elaboração do presente trabalho.

EDUCAR PARA A PROTEÇÃO DOS ECOSISTEMAS COSTEIROS - O CLUBE DOS CIENTISTAS E O IMPACTE DOS GEE NA RIA FORMOSA

Duarte Duarte¹, Berta Rodrigues², Ana Pinheiro², Manuela Moreira da Silva³

¹ Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia. CIMA-ARNET. Campus Gambelas, 8005-139 – Faro, Portugal.

² Agrupamento de Escola D. Afonso III, Rua Luís de Camões, 8000-014 Faro, Portugal.

³ Universidade do Algarve, Instituto Superior de Engenharia. CIMA-ARNET. Campus Penha, 8005-139 – Faro, Portugal; CEiiA. Avenida D. Afonso Henriques 1825, 4450-017 Matosinhos, Portugal.

RESUMO

Atualmente a educação é considerada uma ferramenta fundamental na transição para um desenvolvimento mais sustentável, uma vez que os jovens são um catalizador único para a transformação comportamental necessária ao futuro do planeta (Thomaes *et al.*, 2023). Numa abordagem pedagógica interativa e colaborativa, um grupo de docentes e alunos do Agrupamento de Escolas D. Afonso III em Faro, criou o *Clube dos Cientistas* com o objetivo de se alertar e envolver os jovens ativamente em ações concretas para proteção dos habitats e da biodiversidade. A emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE), incluindo o CO₂ e o CH₄, associada às diversas atividades humanas é uma das principais causas das alterações climáticas, acarretando graves prejuízos para o planeta (IPCC, 2023; WHO, 2011), e nomeadamente para os ecossistemas aquáticos costeiros.

Neste projeto o *Clube dos Cientistas* focou-se no Parque Natural da Ria Formosa, classificado como site Ramsar, e sujeito a uma pressão antrópica crescente, devida sobretudo, à urbanização, turismo, agricultura, indústria e aquacultura (Moreira da Silva *et al.*, 2021). O objetivo foi perceberem o funcionamento e a importância ecológica dos ecossistemas costeiros, e a necessidade da sua conservação, através da reprodução experimental do impacte negativo dos GEE. Através do contacto direto dos jovens com a Natureza, estes fizeram um reconhecimento dos diversos ecossistemas, e em particular das pradarias marinhas e das planícies intermareais arenosas com conchas. Em laboratório, com a colaboração da Universidade do Algarve, procederam à reprodução desses dois ecossistemas, sujeitando os organismos e as conchas à presença de concentrações elevadas de CO₂ e de CH₄, de forma a simular o impacte da pressão antrópica. Este projeto desenvolveu-se entre janeiro e junho de 2023, em quatro fases distintas e consecutivas. Na 1ª fase, na sede do Clube dos Cientistas, organizaram-se exposições sobre as características, o funcionamento e a importância socioambiental dos sistemas costeiros como a Ria Formosa, especialmente focados nas pradarias marinhas e nas planícies intermareais arenosas com conchas. Na 2ª fase efetuaram-se visitas dirigidas aos dois tipos de ecossistemas na Ria Formosa. Foi explorada a biodiversidade e elencados os seus serviços ecossistémicos, fundamentais para as comunidades da região. Ainda nesta fase, procedeu-se à recolha de amostras de ervas marinhas (*Zostera noltii*) e de conchas de ameijoas (*Rudicapes decussatus*), de água e de sedimentos. Para se caracterizar as condições naturais, mediram-se *in situ* vários parâmetros físico-químicos da água junto aos pontos de amostragem, designadamente, temperatura, condutividade elétrica e oxigénio recorrendo-se a uma sonda multiparamétrica (HANNA Instruments), e pH, amónia, nitratos, e nitritos através de testes colorimétricos (Tetratest). A 3ª fase consistiu no desenvolvimento experimental em laboratório, reproduzindo-se os dois ecossistemas, utilizando-se para o efeito três aquários. O ecossistema de pradarias marinhas foi reproduzido no aquário #1, e incluiu água, sedimento e ervas marinhas. O ecossistema das planícies intermareais arenosas com conchas foi reproduzido no aquário #2, e incluiu sedimento, água e conchas (de ameijoas mortas) previamente pesadas. Em ambos aquários injetou-se de forma contínua CO₂ e CH₄. No aquário #3, que funcionou como controlo, colocou-se sedimento, água, ervas marinhas e conchas, e injetou-se de forma contínua ar atmosférico com recurso a uma bomba de ar. O CO₂ e o

CH₄ injetados foram produzidos em dois biodigestores desenvolvidos pelos alunos. Para a produção de CO₂, construiu-se um biodigestor com um recipiente em plástico translúcido (presença de luz), com água, açúcar e fermento de padeiro, para potenciar a fermentação aeróbica e a produção de CO₂, que foi libertado para os aquários através de um tubo plástico. O CH₄ foi produzido num recipiente plástico opaco (na ausência de luz) fechado, contendo excrementos de galinha, e libertado para os aquários através de um tubo plástico.

Durante o período experimental, procedeu-se ao acompanhamento visual da qualidade aparente da água e do sedimento, bem como do comportamento de alguns gastrópodes presentes nos sistemas experimentais. Fez-se a monitorização diária dos mesmos parâmetros físico-químicos quantificados *in situ*. Fase 4. Os alunos procederam à análise, à discussão e à divulgação dos resultados obtidos no âmbito deste projeto, quer em ambiente escolar, quer em eventos exteriores, envolvendo a família, a escola e a comunidade em geral.

No momento inicial, procedeu-se à caracterização dos parâmetros físico-químicos da água, para definição do estado de referência. Iniciou-se então a injeção de CH₄, CO₂ e de ar nos respetivos aquários. Um dia depois, a qualidade da água dos aquários #1 e #2 começou a degradar-se, verificando-se, por ex. um decréscimo dos teores em O₂ dissolvido de 86 para 65 %, e começou a surgir movimentação de organismos, nomeadamente de gastrópodes. Neste momento, os alunos transferiram estes organismos para o aquário de controlo. No terceiro dia os aquários #1 e #2 já apresentavam as paredes laterais e o fundo cobertos por um biofilme cinzento, e a água estava turva e acinzentada, o O₂ dissolvido baixou para 35 %, sentindo-se um cheiro desagradável, e encontraram-se alguns gastrópodes acima da coluna de água, transferindo-os para o aquário #3. No quarto dia, os aquários #1 e #2 o O₂ dissolvido quantificou-se em 20 %, a cor das paredes dos aquários e da água escureceu mais e a turvação aumentou. No sexto dia, a água e as paredes dos aquários #1 e #2 estavam completamente negras e a água apresentava apenas 5 % de O₂ dissolvido. As conchas colocadas no aquário #2 apresentavam-se desgastadas com marcas visíveis de dissolução, tendo sofrido um perda de massa de 9,020 g para 5,515 g. O pH da água no aquário #2 desceu de 6,6 para 5,9 devido ao efeito tampão da dissolução do CaCO₃ das conchas, e no aquário #1, sem conchas a diminuição do pH da água foi mais acentuada, de 6,6 para 5.1. O aquário #3 continuava a apresentar uma qualidade de água e um aspeto similar ao do início da experiência, sendo que os gastrópodes continuavam vivos. Os jovens cientistas discutiram entre si e com os seus docentes os resultados obtidos, extrapolando-os para a realidade da Ria Formosa.

Pretende-se que no futuro, o *Clube dos Cientistas* continue a aprofundar os conhecimentos sobre os ecossistemas costeiros, de forma multidisciplinar, em abordagens complementares e mesmo distintas, criando o gosto pela proximidade à Natureza de forma a serem sempre os seus guardiões. Para além da comunidade escolar, o Clube dos Cientistas contou com o apoio da Universidade do Algarve e do CIMA-ARNET, do Clube de Surf da praia de Faro, do Município de Faro.

Palavras Chave – Juventude e Sustentabilidade; Tecnologias Pedagógicas Interativas; Ecossistemas Aquáticos.

REFERÊNCIAS

Intergovernmental Panel on Climate Change—IPCC. Climate Change 2023. Synthesis Report. 2023. Available online:

https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf (accessed on 5 February 2024)

Moreira da Silva, M., Aníbal, J., Duarte, D., Veloso, N., Patrício, F., Chícharo, L. 2021. Metals from Human Activities in a Coastal Lagoon Saltmarsh – Sediment Toxicity and Phytoremediation by *Sarcocornia frutescens*. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 22, 4, 1441–1449.

Thomaes, S.; Grapsas, S.; Wetering, J.; Spitzer, J.; Poorthuis, A. Green teens: Understanding and promoting adolescents' sustainable engagement. *One Earth* 2023, 6, 352–361. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.02.006>.

WHO, World Health Organization. Urban Health Initiative. Improving Air Quality and Health in Cities. Health Impacts. 2021. Available online: <https://www.who.int/initiatives/urban-health-initiative/health-impacts> (accessed on 5 February 2024).

A ÁGUA NA ARQUITETURA E DIVERSIDADE DA PAISAGEM: CONTRIBUTO PARA O DESENVOLVIMENTO PORTUGUÊS

Fátima Bacharel¹, Maria Vale²

Autor para correspondência. Dr.ª Fátima Bacharel, fbacharel@dgterritorio.pt; Dr.ª Maria Vale: mvale@dgterritorio.pt

1 Direção Geral do Território, R. Artilharia 1 107, Lisboa, Portugal

2 Direção Geral do Território, R. Artilharia 1 107, Lisboa, Portugal

RESUMO

A diversidade da paisagem está em estreita relação com a hidrografia e as disponibilidades de água de cada lugar.

Esta diversidade, muito presente no território português, é reflexo de uma riqueza e diversidade bioclimática e paisagística extraordinária. Revela-se por isso mesmo indispensável perceber a realidade concreta de cada região e lugar e de a ter presente em cada processo de desenvolvimento para que este se torne adequado e efetivo.

Na sequência da atividade desenvolvida pela Direção Geral do Território relativamente à integração da arquitetura da paisagem em processos de desenvolvimento, no contexto da política de ordenamento do território, apresentam-se dois casos de estudo em que se explora o potencial do desenho da paisagem na sua estreita relação com a distribuição de recursos hídricos e com o ciclo hidrológico, para com eles ilustrar como se podem promover processos que contribuem para prevenir situações de stress hídrico.

Explora-se o tema recorrendo aos exemplos da Gestão da água associados à bacia drenante da albufeira do Castelo do Bode e ao Programa de Transformação da Paisagem abrangendo as Serras Algarvias de Monchique e Silves e Serra do Caldeirão, ilustrando o contributo dos recursos hídricos na organização de uma paisagem com mais conectividade ecológica e melhor desempenho dos serviços dos ecossistemas no respeito pela aptidão dos solos, mais resiliente ao fogo e impulsionando uma nova economia, valorizando e dinamizando os ativos territoriais.

Toma-se a boa gestão da água como fator potenciador de relações socioeconómicas e ambientais dinamizadoras de crescimento, considerando o país no seu todo.

Suporta-se a narrativa com uma análise complementar:

(1) qualitativa, mais descritiva, associada à imagem da evolução da arquitetura da paisagem no ordenamento do território, à luz da cultura portuguesa;

e

(2) quantitativa simples, explorando alguns indicadores ligados à evolução socioeconómica, e ambiental da paisagem.

Toma-se como base da narrativa o trabalho desenvolvido na DGT relativos ao ordenamento do Território e à paisagem; explorando os dois exemplos base e ligando-os ao modelo de desenvolvimento de Portugal como um todo.

Analisa-se, ainda indicadores ligados à sustentabilidade de gestão da água e ao combate ao stress hídrico, explorando a sua evolução na relação com a evolução da socioeconómica do lugar, explorando a integração de custos ambientais associados aos processos de desenvolvimento e procurando integrar a visão do recurso como serviço e da gestão e circularidade.

Conferência **Água - Desafios do futuro**

Em conclusão consolida-se uma análise crítica suportada no conhecimento exposto e nos diferentes exemplos, e sistematiza-se uma abordagem estruturada capaz de apoiar outras abordagens futuras, melhorar procedimentos e consolidar estratégias de boa e eficiente governança, conhecimento que é fundamental para o crescimento equilibrado, para a equidade social e consolidação da democracia.

Palavras Chave – Desenvolvimento, Água; Território; Paisagem, Cultura.

AUMENTAR A RESILIÊNCIA DAS PAISAGENS MEDITERRÂNICAS AOS IMPACTOS DOS FENÓMENOS HIDROCLIMÁTICOS EXTREMOS

Miguel Rodrigues^{* 1}, Luís Dias¹, Cristina Antunes¹, João Pedro Nunes^{1 2}

** Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: msirodrigues@fc.ul.pt*

1 Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais (FCUL), Campo Grande 5, 1749-016 Lisboa, Portugal

2 Wageningen University, Droevendaalsesteeg 2, 6708 Pb, Holanda

RESUMO

No mediterrâneo, uma das regiões do mundo mais vulnerável aos impactos das alterações climáticas, têm-se observado nas últimas décadas variações acentuadas nos principais componentes do ciclo hidrológico, com consequências para a distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos [1,2].

Na região do Algarve, o aumento da ocorrência de fenómenos hidroclimáticos extremos, como cheias e secas, agrava a sustentabilidade ambiental e socioeconómica da região. Por isso, torna-se fundamental aumentar a resiliência dos sistemas socioecológicos (e.g., ecossistemas, agricultura, áreas urbanas) a estes extremos hidroclimáticos [3].

Para aumentar a resiliência da paisagem a estes fenómenos, é fundamental adotar e combinar várias medidas à escala da bacia hidrográfica, incorporando-as na gestão do território para que garantam simultaneamente o bem-estar humano e a integridade dos ecossistemas [4]. Neste contexto, as soluções inspiradas e apoiadas pela natureza (NbS) surgem como uma possível estratégia para garantir a resiliência do território, diminuindo a conectividade hidrológica da paisagem ao promover a retenção de água no solo [5].

Este trabalho concilia os objetivos de dois projetos de investigação, um a nível nacional e outro a nível europeu, focados na melhoria da resiliência do território aos extremos hidroclimáticos (cheias e secas), através da aplicação de modelos hidrológicos baseados no conceito de conectividade hidrológica e na cocriação de cenários de adaptação.

Através de uma abordagem colaborativa com as partes interessadas locais e regionais, será calibrado o modelo eco-hidrológico SWAT em cenários de alterações climáticas e de alterações aos usos do solo até ao final do século XXI na região do Algarve. O modelo irá incluir uma rede de NbS distribuídas pelas áreas agrícolas presentes nas bacias hidrográficas das albufeiras que garantem o abastecimento de água para consumo humano e agrícola. Irá também contemplar a introdução de NbS ao longo do Rio Séqua, no concelho de Tavira. Os principais objetivos são:

(i) identificar os benefícios, limitações e contributos das NbS como medidas de adaptação às alterações climáticas para a gestão integrada e sustentável de bacias hidrográficas mediterrânicas; (ii) avaliar a eficácia da introdução de NbS em paisagens mediterrânicas para reduzir os impactos de cheias em áreas urbanas críticas, e aumentar a retenção de água no solo em áreas agrícolas; (iii) compreender o papel e a importância da localização espacial das NBS para a sua eficácia, identificando oportunidades para melhorar os serviços ecossistémicos da água em cenários de alterações climáticas e dos usos do solo; (iv) identificar potenciais sinergias que resultem da interação entre NbS distribuídas pela paisagem para mitigar os efeitos dos extremos hidroclimáticos; e (v) demonstrar que a adoção de NBS como medidas de adaptação às alterações climáticas irá contribuir para a distribuição adequada dos recursos hídricos assegurando as necessidades humanas e de regadio, e simultaneamente os caudais ecológicos que garantam a manutenção dos ecossistemas aquáticos naturais.

A elaboração de cenários de adaptação, decorrente da estreita colaboração com as partes interessadas, permitirá apresentar soluções espacialmente viáveis e passíveis de serem incorporadas

no planeamento regional. Pretende-se que os resultados produzidos, nomeadamente os decorrentes da modelação eco-hidrológica, sirvam de apoio a gestores à decisão, avaliando-se a contribuição de NbS sobre a resiliência da paisagem aos efeitos dos extremos hidroclimáticos na região do Algarve, e eventualmente noutras bacias hidrográficas mediterrânicas.

Palavras-Chave – Extremos hidroclimáticos, Soluções baseadas na natureza, Alterações climáticas, Mediterrâneo, Secas, Cheias.

REFERÊNCIAS

- [1] Noto, L. V., Cipolla, G., Francipane, A., & Pumo, D. (2023). Climate change in the mediterranean basin (part I): Induced alterations on climate forcings and hydrological processes. *Water Resources Management*, 37(6-7), 2287-2305.
- [2] Allam, A., Moussa, R., Najem, W., & Bocquillon, C. (2020). Specific climate classification for Mediterranean hydrology and future evolution under Med-CORDEX regional climate model scenarios. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(9), 4503-4521.
- [3] Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J. P., Iglesias, A., ... & Xoplaki, E. (2018). Aclimate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972-980.
- [4] Ward, P. J., Daniell, J., Duncan, M., Dunne, A., Hananel, C., Hochrainer-Stigler, S., ... & de Ruiter, M. (2021). Invited perspectives: a research agenda towards Disaster Risk Management pathways in multi-risk assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 2021, 1-15.
- [5] Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794), 20190120.

ÁGUA: ARQUITETA DA PAISAGEM

Carla Rolo Antunes*¹, Miguel Azevedo Coutinho²

** Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: cmantunes@ualg.pt (Prof.)*

1 Universidade do Algarve, MED, Campus de Gambelas 8005-139 Faro, Portugal

2 Universidade de Lisboa – Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1049-001 Lisboa. Portugal

RESUMO

O capital natural água constitui um recurso essencial, para a vida, a estruturação do território e, consequentemente, na construção da paisagem, assegurando as massas de água (lagos e rios) múltiplas funções (hidrológicas, biofísicas, ecológicas, paisagísticas e económicas) e serviços. A perceção da rede hidrográfica, como elemento fundamental na modelação do território, associada à presença da vegetação marginal, constitui um elemento marcante na paisagem, contribuindo para a diversidade e sustentabilidade ecológica, bem como, para a viabilidade económica dos sistemas fluviais.

A água constitui um vetor na localização e implantação de povoamentos, tendo sempre feito parte da vida das populações. Pelas suas características desempenha um papel relevante na construção da paisagem, contribuindo para a fixação humana que usufrui dos recursos, naturais e culturais, que lhe estão associados.

Os rios, componentes dinâmicos dos sistemas, modelam o território criando diferenciados paisagens ao longo da bacia hidrográfica. O rio no seu percurso, desde a nascente até à foz, desenvolve um trabalho de modelação dos territórios por onde passa, resultado de processos de erosão, de transporte dos sedimentos e de acumulação, destes últimos, em zonas marginais e planícies aluviais, com os consequentes reflexos na paisagem, nos usos do solo, nos costumes da população e na respetiva identidade.

Os planos de água gerados pela criação de albufeiras, enquanto meio hídrico léntico superficial, desempenham diversas funções nas regiões onde se inserem, pois além da aptidão para atividades ligadas ao usufruto do espaço numa perspetiva de lazer e recreio geram potencialidades de alterações nos usos do solo, com inerentes repercussões na paisagem.

Considerando paisagem como “a expressão formal das numerosas relações existentes num período entre a sociedade e um território, sendo a sua aparência o resultado da ação ao longo do tempo, dos fatores humanos e naturais e da sua combinação” (Convenção Europeia da Paisagem, 2000, assinada por Portugal em Florença em 2000 e transposta para a Lei Portuguesa em 2005), pretende-se com este estudo refletir sobre a importância da água no processo de construção de paisagens, apresentando-se dois casos de estudo, aos quais estão associadas paisagens e dinâmicas bastantes diferentes.

Um caso de estudo respeita ao rio Douro, enquanto agente modelador do relevo e elemento fundamental da estruturação do território dominado pela respetiva bacia hidrográfica. O rio Douro nasce na serra de Urbión (Espanha), a cerca de 1 700 m de altitude e apresenta um comprimento de 927 km, dos quais 122 km acompanham a fronteira e os restantes 208 km são percorridos em Portugal. A região hidrográfica do Douro domina uma área de 79 000 km² (em que 19 000 km² são em Portugal).

O outro caso de estudo incide nas alterações na paisagem alentejana associadas quer à presença da albufeira de Alqueva (plano de água inserido na bacia hidrográfica do rio Guadiana, com uma área inundada de cerca de 250 km² desenvolve-se ao longo de cerca de 83 km, cuja área envolvente abrange os concelhos de Moura, Portel, Mourão, Reguengos de Monsaraz e Alandroal, que representam a área territorial do Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona Envolvente da Albufeira do Alqueva – PROZEA), quer às mudanças na ocupação e usos do solo resultantes da disponibilidade de água (área equipada de regadio de aproximadamente de 120 000 hectares), em que as culturas de

sequeiro deram lugar a extensas áreas de regadio. O turismo associado a este plano de água, também tem induzido alterações na paisagem, nomeadamente através das marinas construídas para apoio às atividades de recreio, a reabilitação de antigos montes (apoios de lavoura) e a construção de novas edificações.

Enquanto o rio Douro é uma linha de água que se desenvolve de forma linear no território e à qual está associado movimento (fluxo hídrico, de um sistema hídrico lótico), pois a água flui, por ação gravítica, de montante para jusante, desenvolvendo ao longo do seu percurso um trabalho de modelação dos territórios por onde passa, e cuja organização do território resultou da ocupação urbana em torno da linha de água e envolvente próxima; a albufeira de Alqueva é um plano de água construído, de águas paradas (sistema hídrico lântico), em que as zonas de influência mais próximas resultam da justaposição da água com a paisagem, com uma ocupação urbana muito reduzida na envolvente próxima.

Da análise dos dois casos de estudo é possível concluir que as paisagens resultantes, e associadas à presença de água, são bastantes distintas em vários aspetos, podendo estar-se perante situações opostas, por exemplo no que respeita ao estado de consolidação, principalmente nos aspetos humanos e culturais, e à componente visual.

No caso do rio Douro está-se em presença de uma paisagem consolidada tanto em aspetos físicos, como humanos e culturais, enquanto no caso do Alqueva está-se perante uma “neo-paisagem”, em fase de consolidação, constituindo a água e nova identidade da região.

Neste enquadramento, do papel da água no território e na construção de paisagem, interessa salientar que ao nível da paisagem diretamente relacionada com a água são fundamentais os processos físicos e ecológicos que ocorrem na bacia hidrográfica, para a compreensão dos respetivos reflexos na linha de água e vale principal - corredor fluvial.

As paisagens têm vindo a ser reconhecidas como componentes essenciais do património natural, histórico e cultural, constituindo elementos fundamentais da identidade local e regional e suporte de prestação de serviços. As contínuas interações entre o Homem e o território, suporte físico da paisagem, refletem-se em paisagens que assumem um carácter identitário de um local, marcante, enquanto expressão cultural.

Palavras Chave – água, território, paisagem, Douro, Alqueva

PROCESSO E QUADRO DE AVALIAÇÃO DE PLANEAMENTO ESTRATÉGICO PARA UMA SOCIEDADE MAIS INTELIGENTE NA GESTÃO DA ÁGUA

Maria Adriana Cardoso¹, Catarina Silva*¹, Helena Alegre¹, Maria João Rosa¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: csilva@lnec.pt (Doutor C Silva)

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, Portugal

RESUMO

O planeamento estratégico apoia, fortalece e dá coerência ao processo de decisão, melhora o desempenho da organização e constitui uma ferramenta que facilita a adaptação da organização e da sua atividade a novas necessidades socioeconómicas e do ambiente. Além disso, permite desenvolver estratégias para alcançar os objetivos da organização e, por último, produzir e manter atualizado o plano estratégico para toda a organização (Alegre *et al.* 2013). Com base na respetiva visão e missão, a organização deve: estabelecer objetivos e metas estratégicos, efetuar a avaliação e diagnóstico quanto ao cumprimento dos objetivos, comparar com as metas definidas, identificar oportunidades de melhoria, selecionar e priorizar alternativas, acompanhar a implementação, e monitorizar e rever o plano.

No âmbito do projeto B-WaterSmart “Accelerating water smartness in coastal Europe and beyond”, foi criada uma Aliança de Inovação (InAll) com as sete principais organizações dos seis laboratórios vivos (LL) do projeto (Alicante, Bodø, Flandres, Lisboa, Frísia Oriental e Veneza) para capacitação em planeamento estratégico e teste do quadro de avaliação de “water smartness” (necessário para o efeito), crucial à transição para uma sociedade mais inteligente na gestão de água. A InAll constituiu um instrumento chave de coprodução do quadro de avaliação e permitiu que as organizações aprendessem a utilizar e internalizassem a ferramenta de avaliação como instrumento fundamental para o planeamento estratégico. As sete organizações representam diversas missões, características, locais, contextos, dimensões e desafios a que o quadro de avaliação, por ser flexível e abrangente, conseguiu responder. O processo da InAll segue um cronograma em 5 fases (Figura 1) comum a todas as organizações de forma a promover a partilha de experiências no planeamento estratégico de cada organização e na aplicação e melhoria do quadro de avaliação (Cardoso *et al.* 2023).

O quadro de avaliação é orientado por objetivos (Figura 2) e segue uma estrutura de objetivos-critérios-métricas. Os cinco objetivos foram estabelecidos a partir da definição de “water smartness” desenvolvida no âmbito do projeto: “As sociedades são inteligentes na gestão da água quando geram bem-estar social através da gestão sustentável dos recursos hídricos. Cidadãos bem informados e atores de todos os setores envolvem-se em coaprendizagem e inovação contínuas para desenvolver um uso circular eficiente, eficaz, equitativo e seguro da água e dos recursos relacionados. Isso é alcançado através da adoção de uma perspetiva de longo prazo para garantir água para todos os usos relevantes, salvaguardar os ecossistemas e os seus serviços para a sociedade, impulsionar a criação de valor em torno da água e antecipar a mudança para uma infraestrutura resiliente” (traduzido de Damman *et al.* 2023). O quadro de avaliação da inteligência na gestão da água considera, portanto, os seguintes aspetos: eficiência técnica, nível de sustentabilidade (económica, ambiental e social) e risco associado a diferentes escalas (local, urbana, regional ou nacional).

Na comunicação apresentar-se-á o processo e os principais resultados do planeamento estratégico desenvolvido na InAll e o quadro de avaliação constituído por cinco objetivos estratégicos (OE), descritos através de 15 critérios de avaliação (AC) e avaliados por 60 métricas, com os correspondentes valores de referência (Silva *et al.* 2023).

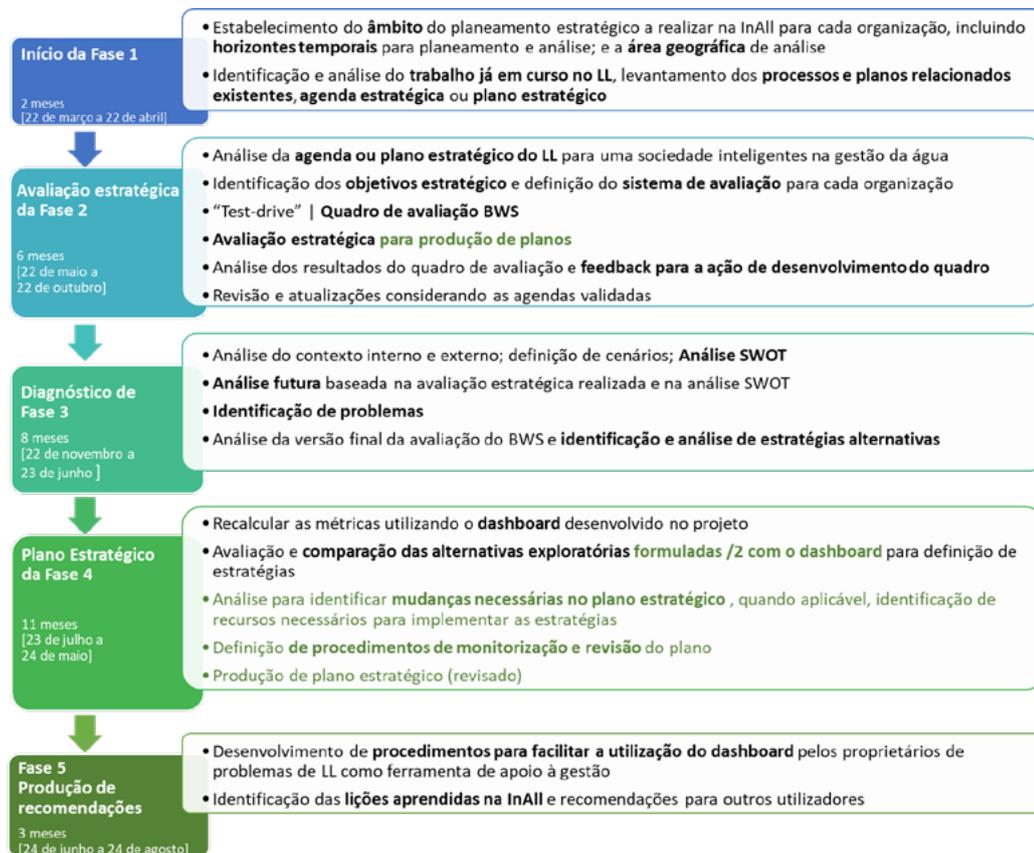


Figura 1. As 5 fases do processo da InAll

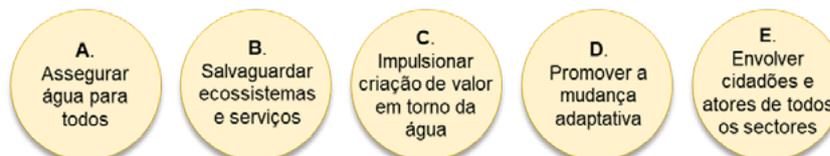


Figura 2. Objetivos estratégicos do quadro de avaliação

Palavras Chave – planeamento estratégico, métricas, desempenho, sociedade inteligente, gestão da água.

Agradecimento – projeto B-WaterSmart financiado pelo programa H2020 União Europeia, contrato 869171

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegre, H., Coelho, S.T., Covas, D., Almeida, M.C., Cardoso, M.A. (2013). A utility-tailored methodology for integrated asset management of urban water infrastructure. *Water Science & Technology: Water Supply* Vol 13 No 6 pp 1444-1451 © IWA Publishing 2013 doi:10.2166/ws.2013.108.

Cardoso M.A., Silva C., Rosa M.J., Alegre H., Ugarelli R., Bosco C., Raspati G., Casals I., Gonzalez E., Mateo M.R., Flores L., Lyngstad S.U., Elveos M., Muthana T.M., Vervaeren H., Moerenhout S., Vanysacker L., Pronk G., Glotzbach R., Oberdörffer J., Hesse K., Wallschlag S., Wencki K., Schmuck A., Teixeira P., Perdigão M., Neo F., Chiuichini N., Ragazzo P., Moretto G. (2022). Recommendations for refinement of the water-smartness framework and its transformation into a dashboard-type software. *B-WaterSmart D1.3*. LNEC, October, 43 pp.

Damman S., Schmuck A., Oliveira R., Koop Steven (Stef) H.A., Almeida M.C., Alegre H., Ugarelli R. M. (2023) Towards a water-smart society: Progress in linking theory and practice. *Utilities Policy* 85 (2023) 101674.

Silva C., Cardoso M. A., Rosa M. J., Alegre H., Ugarelli R., Bosco C., Raspati G., Azrague K., Bruaset S., Damman S., Koop S., Munaretto S., Melo M., Gomes C.; Rosell L. F., Schmuck A., Strehl C., Doss P. M. (2023). Final version of the water-smartness assessment framework. *B-WaterSmart D6.3*. February, 276 pp.

AS ÁRVORES E A ÁGUA NAS CIDADES MEDITERRÂNICAS DOIS CASOS DE ESTUDO: FARO E LOULÉ

Pedro Matias¹, João Teigão², Amílcar Duarte^{1 3}, Manuela Moreira da Silva*⁴

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: msanti@ualg.pt (Prof. Doutora)

¹ MED-Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento e CHANGE – Global Change and Sustainability Institute, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal.

² Universidade do Algarve, Instituto Superior de Engenharia, Campus da Penha, 8000-139 Faro, Portugal.

³ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal.

⁴ Universidade do Algarve, Instituto Superior de Engenharia, Campus da Penha, 8000-139 Faro, Portugal. CIMA-ARNET; CEiiA. Avenida D. Afonso Henriques 1825, 4450-017 Matosinhos, Portugal.

*msanti@ualg.pt; Sócia APRH nº 1774

RESUMO

As cidades mediterrânicas estão tipicamente sujeitas a um clima marcado por verões quentes e secos, alternados com invernos suaves e húmidos. No entanto o Mediterrâneo tem sido particularmente afetado pelas alterações climáticas, estimando-se actualmente que esta região tenha sofrido já um aumento de 1,5 oC da temperatura média atmosférica e uma clara alteração dos padrões de precipitação, com diminuição da precipitação anual média, superior à da média global do planeta, e episódios de precipitação extrema durante curtos espaços temporais são cada vez mais frequentes (IPCC, 2023). Neste cenário, a água carece de ser gerida de forma sustentável para responder aos diversos usos humanos, tendo presente a alternância de períodos cada vez mais prolongados de escassez com períodos curtos de extrema abundância, frequentemente associados a inundações urbanas, e respetivos danos humanos e materiais. Em novembro de 2023, a população mundial atingiu os oito mil milhões de pessoas, sendo que nas últimas décadas, estas se têm vindo a concentrar nas cidades (Database.earth, 2024.). Para além das pessoas, as cidades concentram as principais infraestruturas e serviços. Este problema é ainda mais evidente nas cidades localizadas em zonas costeiras, que têm vindo a sofrer uma pressão turística crescente, necessitando de cada vez maior quantidade de água e para usos cada vez mais diversos. A pressão exercida sobre os recursos hídricos naturais devida aos elevados consumos nas diversas atividades humanas é uma ameaça à preservação dos habitats e à manutenção da biodiversidade. Assim, a gestão sustentável da água requer uma visão integrada, que permita o uso eficiente (reduzindo perdas e desperdícios) e uma escolha inteligente das diversas origens de água, que para além das águas dos ecossistemas naturais (superficiais e subterrâneos), também considere o uso de água para reutilização (ApR), a recolha e o aproveitamento da água da chuva, a dessalinização da água do mar, entre outras. Apesar dos espaços verdes urbanos precisarem de água para rega, a Natureza nas cidades assegura variados serviços ecossistémicos que são indispensáveis à qualidade de vida, nomeadamente relacionados com a promoção da saúde física, psíquica e social. Se a arquitectura do ambiente natural for integrada no planeamento urbano, as plantas produzem oxigénio, sequestram dióxido de carbono e poluentes atmosféricos, proporcionam sombras e reduzem as ilhas de calor, diminuem a propagação do ruído, mantêm a humidade atmosférica e melhoram o equilíbrio do ciclo urbano da água (Wang *et al.*, 2022). No entanto, os espaços verdes urbanos devem ser planeados e implementados tendo presentes as características edafoclimáticas de cada cidade, privilegiando as espécies autóctones, prevendo armazenamento de água para as áreas regadas e o uso de origens alternativas de água numa lógica de proximidade, de forma a minimizar-se o consumo de energia para o seu transporte e a evitar-se a rega com água potável. Num momento em que o Algarve enfrenta uma seca estrutural, o objetivo deste estudo foi estudar o papel de seis espécies de árvores em Faro (*Populus nigra*, *Platanus x hispanica*, *Casuarina equisetifolia*, *Jacaranda mimosifolia*, *Eucalyptus globulus* e *Quercus suber*) e três em Loulé (*Ceratonia siliqua*, *Olea europaea* e *Pinus pinea*) no ciclo urbano da água, nomeadamente em termos de evapotranspiração, evaporação,

transpiração, água interceptada e redução do escoamento superficial. Foi feito um reconhecimento local das espécies de árvores estudadas e realizadas medições de cinco indivíduos de cada espécie, com tamanhos (altura total e diâmetro do tronco à altura do peito) considerados representativos dos respetivos espaços verdes. Utilizou-se um modelo previamente validado para o cálculo dos diversos parâmetros hidrológicos (i-Tree™ Eco v6 disponível em: <https://www.itreetools.org/>) considerando-se os dados climáticos locais. Os resultados obtidos (Tabela 1) indicam que quanto maior é a área foliar, maior é a capacidade de interseção de água e o efeito de redução do escoamento superficial. Nas espécies estudadas em Faro, as árvores de *Platanus × hispanica* foram as mais eficazes, enquanto que em Loulé foram as de *Pinus pinea*. Estes resultados evidenciam o importante papel das árvores urbanas durante eventos de precipitação extrema, através da interseção da água pelas copas e da redução do escoamento superficial, reduzindo o impacte ou mesmo evitando inundações urbanas. Por outro lado, através da transpiração, as árvores provocam o aumento da humidade atmosférica reduzindo a sua amplitude térmica. Em ambas as cidades, sujeitas a verões cada vez mais quentes e secos, verificou-se que as árvores urbanas estudadas dão um relevante contributo para a manutenção da humidade atmosférica, por exemplo, estima-se que a maior árvore de *Platanus × hispanica* em Faro liberte para a atmosfera 50,6 m³.ano⁻¹ de água.

Tabela 1. Efeitos hidrológicos das árvores estudadas nos espaços verdes de Faro e Loulé.

	Área foliar (m ²)		Evapotranspiração (m ³ .ano ⁻¹)		Transpiração (m ³ .ano ⁻¹)		Água intersetada (m ³ .ano ⁻¹)		Redução do escoamento superficial (m ³ .ano ⁻¹)	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Faro										
<i>Casuarina equisetifolia</i>	15,1	200,5	2,0	26,0	1,1	14,1	0,1	0,9	0	0,2
<i>Eucalyptus globulus</i>	14,5	340,2	1,9	44,1	1,0	23,9	0,1	1,6	0	0,4
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	15,5	280,9	2,0	36,4	1,1	19,8	0,1	1,3	0	0,3
<i>Platanus × hispanica</i>	8,9	718,5	1,2	93,1	0,6	50,6	0,0	3,3	0	0,8
<i>Populus nigra</i>	6,4	423,7	0,8	54,9	0,4	29,8	0,0	2	0	0,4
<i>Quercus suber</i>	3,2	310,2	0,4	40,2	0,2	21,8	0,0	1,4	0	0,3
Loulé										
<i>Ceratonia siliqua</i>	129,6	507,2	16,6	64,8	8,8	34,5	0,6	2,3	0,1	0,5
<i>Olea europaea</i>	36,8	408,1	4,7	52,1	2,5	27,8	0,2	1,9	0	0,4
<i>Pinus pinea</i>	186	530	23,7	67,7	12,7	36,1	0,9	2,4	0,2	0,6

Confirmou-se assim que a presença e a escolha adequada de árvores nas cidades é muito importante para se mitigar o impacte das alterações climáticas. No atual cenário de escassez de água que a região do Algarve enfrenta, é da maior importância adotarem-se medidas nas zonas urbanas para se encontrarem origens alternativas de água para rega dos espaços verdes, de forma a manter-se os diversos serviços ecossistémicos que as árvores asseguram reduzir o stress hídrico e em particular proteger disponibilidade de água para consumo de água potável.

Palavras Chave – Cidades mediterrânicas, Alterações climáticas, Ciclo urbano da água, Natureza nas cidades, Serviços ecossistémicos.

REFERÊNCIAS:

- Database.earth. 2024. Disponível online: <https://database.earth/population> (acedido em fevereiro de 2024).
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. AR6 Synthesis Report: Climate Change. 2023. Disponível online: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (acedido em fevereiro de 2024).
- Wang, Y.; Chang, Q.; Li, X. Promoting sustainable carbon sequestration of plants in urban greenspace by planting design: A case study in parks of Beijing. Urban For. Urban Green. 2022, 64, 127291.

ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO DIREITO DA ÁGUA: REFLEXÕES SOBRE O DIREITO INTERNACIONAL E O DIREITO DA UNIÃO EUROPEIA

Paulo Canelas de Castro

Faculdade de Direito, Universidade de Macau, RAE de Macau, China

Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Portugal

pcanelas@umac.mo

INTRODUÇÃO

O famoso Acordo de Paris de 2015 estabelece um objetivo de 1,5°C para os esforços de mitigação das alterações climáticas. A meta de mitigação muitas vezes ofusca o facto de o acordo também procurar aumentar a capacidade de as sociedades em todo o mundo se adaptarem aos impactos adversos das alterações climáticas. A adaptação às alterações climáticas contende diretamente com o direito e a governação da água: os ciclos hidrológicos globais e locais estão a sofrer mudanças rápidas e radicais devido aos impactos negativos das alterações climáticas. Estes impactos das alterações climáticas relacionados com a água incluem secas, inundações e tempestades cada vez mais graves, bem como a subida do nível do mar. As alterações climáticas afetam também a qualidade da água, através de alterações nos padrões de precipitação, sazonalidade e outros processos. Em suma, as alterações climáticas trarão uma vasta gama de consequências relativas à água que resultarão em fundas perturbações das sociedades. O direito da água desempenha um papel fundamental na adaptação às alterações climáticas. Regula a utilização dos recursos hídricos, bem como as medidas de proteção contra os extremos hidrológicos (por exemplo, inundações e secas) e a preservação e gestão dos recursos hídricos.

O PROBLEMA CONCEPTUAL: PODE O DIREITO DA ÁGUA ADAPTAR-SE ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS?

A relação entre a adaptação às alterações climáticas e o direito da água foi discutida na investigação jurídica por Keessen e van Rijswijk (direito europeu da água), Craig (direito da água nos Estados Unidos), Tarlock (direito internacional da água) e Verschuuren (elementos básicos do direito internacional e nacional da água), entre outros estudiosos. A nossa análise da literatura contemporânea sobre o direito da água deteta duas lacunas nestes regimes. Em primeiro lugar, a literatura existente centra-se muitas vezes apenas num nível (internacional, regional ou nacional) do direito da água, não considerando as interligações entre os níveis de regulação jurídica (lacuna da internormatividade). Em segundo lugar, embora a literatura frequentemente discorra sobre a segurança da água e os riscos colocados pelas alterações climáticas (especialmente inundações e secas), habitualmente não presta atenção às implicações para os direitos de utilização da água e para as autorizações das crescentes alterações hidrológicas, também elas uma dimensão das alterações climáticas. O argumento que nesta apresentação expendemos é o de que, em muitos casos, o atual sistema de direito da água a vários níveis não está a conseguir acompanhar o ritmo das condições hidrológicas em mudança, na sua ambição de proteger os ecossistemas e as pessoas das alterações climáticas. Uma explicação para esta situação é que os objetivos, as regras e as instituições (por exemplo, os regimes de licenciamento) da legislação sobre a água foram concebidos para condições hidrológicas estáveis, ou seja, aquelas em que as condições hidrológicas futuras podem ser previstas com relativa certeza a partir de observações hidrológicas passadas. Uma determinada bacia hidrográfica tem frequentemente um nível limitado de resiliência (ou seja, capacidade) para lidar com as flutuações dos ciclos hidrológicos. O pressuposto até à data tem sido o de que esta variação se situará dentro de um determinado intervalo hidrológico passado (por exemplo, caudais máximos do rio que duplicam; mas não quadruplicam). No entanto, com as alterações climáticas, estamos a entrar naquilo a que Ruhl chama um futuro “não análogo”, em que as observações hidrológicas passadas são fracos indicadores do futuro. Dado que as condições hidrológicas em que o direito da água é concebido e aplicado se alteram e contêm uma elevada incerteza científica, o sector confronta-se com um desafio monumental para acompanhar o ritmo e a escala da mudança. Por exemplo, na generalidade dos Estados europeus, os requisitos de caudal

de água nas licenças hidroeléctricas são normalmente definidos de acordo com ciclos hidrológicos anuais (passados). Uma das componentes destes ciclos, em estados europeus nórdicos, tem sido a ocorrência de cheias na primavera, quando o gelo derrete nos lagos e rios. No entanto, com o aquecimento dos Invernos, as condições de licenciamento baseadas em ciclos passados estão a revelar-se cada vez mais demasiado rígidas, com opções demasiado limitadas para gerir cheias que diferem dos caudais e níveis de água sazonais previstos, o que, por sua vez, diminui a capacidade das barragens hidroeléctricas para mitigar as crescentes cheias de inverno. Em suma, o Direito da água corre o risco de proteger a permanência de decisões jurídicas passadas em detrimento de uma adaptação eficaz às alterações climáticas. Uma sugestão ponderosa para melhorar a capacidade do Direito da água para apoiar a adaptação às alterações climáticas é a de consagrar a gestão adaptativa como um princípio de conceção fundamental deste Direito. Num contexto jurídico, a gestão adaptativa procura melhorar a capacidade da lei para reconhecer e abordar a natureza dinâmica, complexa e incerta dos sistemas socio-ecológicos. Esta abordagem envolve um quadro de tomada de decisão iterativa que revê decisões de gestão anteriores, como as licenças de gestão da água, nos casos em que as circunstâncias ou os requisitos legais se alteraram ou em que as decisões se basearam em informações desactualizadas. Além disso, a adoção da gestão adaptativa na legislação ambiental exige que a própria lei seja capaz de mudar, quando necessário, para acomodar as alterações no contexto socio-ecológico em que opera.

A QUESTÃO PARTICULAR: ESTÃO O DIREITO INTERNACIONAL DA ÁGUA E O DIREITO DA UNIÃO EUROPEIA ADAPTADOS ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS?

Com base na noção de gestão adaptativa, a questão de investigação deste artigo é saber se o atual Direito da água a nível internacional, e europeu (comunitário) tem capacidade para se adaptar a crescentes alterações hidrológicas a longo prazo, bem como a circunstâncias excepcionais a curto prazo, como inundações e secas. Olha-se em particular às alterações da quantidade de água, mas também refletimos sobre as questões da qualidade da água, uma vez que as duas estão intimamente ligadas. Para tanto, consideramos tanto as disposições substantivas como processuais do atual Direito da água. Para proporcionar capacidade de adaptação, o Direito deve ser suficientemente flexível em termos substantivos e incluir mecanismos processuais para alterar tanto as leis da água como as decisões administrativas em resposta às alterações hidrológicas. A nível internacional, analisamos as duas convenções mundiais sobre a água - a Convenção da UNECE sobre a Água de 1992 e a Convenção das Nações Unidas sobre os Cursos de Água de 1997. A nível da UE, a tónica é colocada na Diretiva-Quadro da Água (DQA) e na Diretiva Inundações - os instrumentos mais importantes da legislação da União em matéria de água para a adaptação às alterações climáticas. Numa parte final da apresentação, procuramos levar a análise deste problema um pouco mais longe, com uma discussão dos principais pontos fortes e fracos dos actuais regimes de direito da água, concluindo com a apresentação de algumas orientações para o futuro desenvolvimento do Direito da água a vários níveis de regulação, à luz da evolução das circunstâncias hidrológicas.

CONCLUSÕES/PROPOSTA: POR UM DIREITO ADAPTATIVO

Em função das considerações precedentes, advogamos que o Direito relativo à água, em vez de disposições rígidas centradas na exclusiva proteção das utilizações históricas das águas, mesmo quando comporte exceções em vista de situações extremas, reforce a flexibilidade substantiva e processual das suas disposições, a sua adaptabilidade, por forma a facilitar a adaptação a novas circunstâncias hidrológicas, eminentemente variáveis. Nesta preparação adaptativa a um futuro “não análogo” é necessário proceder à modelação das alterações a longo prazo e a monitorização constante das alterações hidrológicas a curto prazo. Estes dados devem alimentar um procedimento jurídico de planeamento e gestão da água que não procure proteger um determinado equilíbrio hidrológico histórico, mas que permita a adaptação as novas circunstâncias. Para tanto, as licenças e os direitos de utilização da água devem ser revistos sempre que as circunstâncias hidrológicas tenham mudado significativamente ou estejam prestes a mudar na escala temporal relevante. No plano do Direito Internacional, ainda que as convenções mundiais sobre a água proporcionem um quadro jurídico flexível para a cooperação entre Estados, torna-se imperioso que os acordos bilaterais e multilaterais sobre a água possam ser revistos em função da evolução das circunstâncias hidrológicas. Já no que respeita ao Direito da UE relativo à água, o estado histórico da água em relação ao qual são medidos os objetivos ambientais deve também poder ser reconsiderado à luz da evolução das circunstâncias hidrológicas. Na sua aplicação a nível nacional, são necessárias disposições nas legislações nacionais que facilitem uma revisão periódica das licenças de captação, extração e poluição.

Palavras chave: adaptação; alterações climáticas; direito internacional; direito da União Europeia; gestão adaptativa

PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NOS AGROECOSSISTEMAS ORIZÍCOLAS – CONTRIBUTO DO PROJETO PROMEDRICE

José M. Gonçalves^{* 1 2}, Olga Filipe¹, Manuel Nunes¹, Sérgio Oliveira¹, Susana Ferreira^{1 3}, Kiril Bahcevandziev^{1 2}, Paula Amador^{1 2}, Isabel Duarte^{1 2}, Jorge Varejão^{1 2}, Cláudia Santos^{1 2}, Filipe Melo¹, Rosinda Leonor¹, Helena Marques¹, Teresa Vasconcelos^{1 2}, Daniel Chongo⁴

** Autor para correspondência: José Manuel Gonçalves, Professor, jmmg@esac.pt*

1 Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

2 Centro de Estudos de Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

3 UCLM Universidad de Castilla-La Mancha, Instituto de Desarrollo Regional, Albacete, Espanha.

4 Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Maputo, Moçambique

RESUMO

O arroz é a base da alimentação de mais da metade da população mundial e a cultura agrícola com maior uso de água em todo o mundo, 24 a 30% do total de água doce usada. Na região do Mediterrâneo o arroz cultiva-se em 1.3 Mha, em deltas de rios, estuários, pântanos, planícies e zonas húmidas costeiras. Em Portugal, a área de cultivo é de aproximadamente 30 mil ha, essencialmente nos Vales do Tejo, Sado e Mondego. No cultivo do arroz, é por vezes difícil controlar os nutrientes e pesticidas lixiviados e a lavagem de sais resultantes da rega por alagamento, originando a poluição da água e degradação do solo nos agroecossistemas orizícolas e ecossistemas naturais adjacentes. Devido a fatores como as alterações climáticas, o crescimento populacional e a maior atenção da sociedade civil aos impactos ambientais das atividades humanas, há uma pressão crescente sobre o sector de produção do arroz para reduzir o consumo de água, as emissões de metano e a poluição do solo e da água. Para responder a estas pressões, são necessárias mudanças no paradigma produtivo através de melhores práticas agrícolas, que incluam melhorias efetivas na rega, fertilização e proteção vegetal.

É sabido que os efeitos do regadio na qualidade dos recursos hídricos dependem fundamentalmente da gestão agrícola e da gestão da rega, relacionadas com as tecnologias aplicadas, com o nível de intensificação da produtividade do solo e com a sensibilidade ambiental dos agroecossistemas. Esta perceção foi o ponto de partida para a proposta do projeto PROMEDRICE (<https://doi.org/10.54499/PRIMA/0007/2022>), do programa PRIMA (<https://prima-med.org/>), com o objetivo de contribuir para a prevenção e redução da salinização e poluição de solos e águas nos agroecossistemas orizícolas, recorrendo a práticas agrícolas eficazes e sustentáveis do ponto de vista ambiental, económico e social. PROMEDRICE é um projeto transnacional de âmbito mediterrânico, com a participação de instituições de Portugal, Espanha, Itália, Turquia e Marrocos, sob liderança da Universidade de Girona, Espanha, tendo-se iniciado em outubro de 2023 e com um período de execução de três anos. O projeto visa desenvolver e promover a adoção de práticas agrícolas específicas para cada região de estudo, para reduzir a contaminação e salinização do solo e da água, mantendo ou melhorando a produtividade e a eficiência do uso da água. O projeto prevê uma abordagem de Pesquisa-Ação Participativa, através de Painéis de Parte Interessadas (*Stake-Holder Panels*) em cada um dos seis locais de estudo dos países participantes, para garantir a integração do conhecimento regional no desenvolvimento de soluções adaptadas às condições locais e promover sua efetiva aplicação. A presente comunicação refere-se à participação portuguesa no projeto, da responsabilidade do Instituto Politécnico de Coimbra, com ênfase nos objetivos e linhas gerais da metodologia.

O Vale do Baixo Mondego é o local de estudo nacional considerado no PROMEDRICE. Localiza-se no Litoral Centro de Portugal, com uma área total regada de cerca de 12 mil ha e uma área de arroz de cerca de 6 mil ha. A região possui clima mediterrânico, classificação Csb e Csa de Köppen, com precipitação média anual de cerca de 800 mm a 900 mm, verões temperados e amenos, praticamente sem chuvas, e invernos chuvosos com temperaturas amenas. Os solos são predominantemente aluvionares, com elevada qualidade agrícola. Nas áreas a jusante do vale, os solos são de textura pesada, muito planos, com má drenagem, risco de salinização e níveis freáticos elevados. É nestes solos que predomina o cultivo o arroz, praticado em canteiros de nível, regados por alagamento contínuo, com uma profundidade de lâmina de água de cerca de 10 cm. Este método de rega obriga a um uso de água relativamente elevado em face da percolação profunda significativa que ocorre aquando do alagamento e à drenagem superficial decorrente de práticas culturais na fase inicial. A água de rega é derivada do Rio Mondego e de alguns dos seus afluentes - Rios Fôja, Arunca e Pranto -, transportada geralmente por gravidade e distribuída em sistemas coletivos. As principais questões da produção de arroz relacionam-se com os riscos ambientais de uso da água, salinização do solo, poluição das massas de água, controlo de infestantes e sustentabilidade económica da cultura.

A atividade experimental do PROMEDRICE conta com a participação de várias empresas orizícolas para a realização dos trabalhos de campo, no vale central e vales secundários, estando selecionadas 24 parcelas para o conjunto do estudo. Estas parcelas vão permitir uma amostragem detalhada das diferentes áreas do Vale do Baixo Mondego e um estudo da variabilidade espacial em relação às características do solo e salinidade, nomeadamente com o fator de proximidade à costa atlântica. A monitorização inclui os temas: análise físico-química e microbiologia da água de rega e drenagem, físico-química do solo, agrometeorologia, gestão da rega, desenvolvimento da cultura, práticas agrícolas e produtividade.

A rega nos vários canteiros é monitorizada através de observações de níveis de água em relação à superfície do solo recorrendo a “tubos de água” (*pani-pipes*) equipados com sensores automáticos. As diversas práticas culturais nas várias parcelas são monitorizadas através de registos manuais e fotográficos, efetuando-se o acompanhamento do desenvolvimento da cultura, designadamente por medição de índices de vegetação. O estudo do solo nos locais experimentais inclui parâmetros físicos e químicos analisados em laboratório de especialidade e em medições de condutividade hidráulica em solo saturado. A integração desta informação com os dados de agrometeorologia permite determinar os volumes de água usados na rega, as componentes de drenagem e de evapotranspiração.

A amostragem de água de drenagem, superficial e freática em cada local será efetuada em pontos de montante e jusante da área de arrozais, para se avaliar o seu efeito na qualidade da água, e no início da campanha de rega, no período de ponta de rega e após a época de rega. A análise da qualidade da água, em termos físico-químicos, considera os seguintes parâmetros: pH, oxigénio dissolvido residual, saturação do oxigénio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, cloretos, sulfatos, nitratos, azoto total fósforo total e potássio. As análises microbiológicas das amostras de água incluem a enumeração de coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais.

Na primeira fase do projeto serão identificados e quantificados os principais problemas de poluição e salinização que afetam a água e o solo, com base nos dados observados e na informação pré-existente em variados estudos. Na fase seguinte, serão avaliadas soluções que contemplam métodos e práticas de rega que economizem água (como o uso de imagens de satélite para apoio à gestão da cultura e da rega), melhorias na fertilização, melhorias na aplicação de pesticidas, ou a possibilidade de recirculação da água de drenagem na prática da rega.

Agradece-se à Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo financiamento do Projeto PROMEDRICE-PRIMA-0007-2022 (<https://doi.org/10.54499/PRIMA/0007/2022>): “Proteção dos recursos hídricos nos agroecossistemas orizícolas mediterrâneos através de práticas agrícolas eficazes” e às entidades do Vale do Baixo Mondego que apoiam o projeto através do Painel de Parte Interessadas e pela disponibilidade de recursos experimentais de campo.

Palavras Chave – Água, Arroz, Baixo-Mondego, Mediterrâneo, monitorização ambiental, PRIMA.

MAPAS DE INUNDAÇÃO RESULTANTES DE DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DO TERRENO

Jorge E. Matos*¹, Cíntia F. Santos², Raquel Matos³

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: j.matos@mathidro.pt (Doutor Eng. Jorge E. Matos)

¹ e ² Mathidro Engineering Lda., Campo Mártires da Pátria 144-A, Porto, Portugal

³ Kengo Kuma & Associates Ltd., Tokyo, Japão

RESUMO

Em Portugal, contrariamente ao que ocorre nos restantes países da Europa, os modelos digitais do terreno (MDT) existentes com resolução de 10 ou 5 metros não cobrem todo o território, são ainda escassos, caros e de difícil acesso, o que faz dos obtidos por via satélite, de acesso livre e gratuito, uma ferramenta essencial para os estudos hidrológicos e hidráulica dos recursos hídricos. Os MDT gratuitos atualmente disponíveis foram obtidos por diferentes satélites, em diferentes datas e com diferentes algoritmos utilizados na sua elaboração. Por essa razão, apresentam naturalmente diferenças significativas quer em altitude, quer nos resultados que proporcionam neste tipo de estudos. Assim, é pertinente a avaliação e análise das diferenças da introdução dos MDT atualmente disponíveis para simulação e previsão de inundações, assim como reduzir possíveis erros que estes possam apresentar.

Neste estudo, apresenta-se uma comparação de oito MDT de livre acesso, 7 deles com uma resolução de 30 m e um com resolução de 12,5 m, utilizando a análise estatística dos ficheiros raster de cada modelo e também uma simulação de inundação urbana em duas bacias hidrográficas em Portugal: na Bacia do Rio Leça, a norte do Porto, e na Bacia do Rio Arade, no Algarve, usando o modelo hidrodinâmico HEC-RAS a duas dimensões.

Foram analisadas as diferenças altimétricas entre os vários MDT fazendo uma comparação com as Cartas Militares Portuguesas com escala 1/25.000. Essa comparação foi realizada para uma centena de pontos, em cada bacia, mas também ao longo de curvas de nível escolhidas aleatoriamente e num comprimento de 10 km. As diferenças apresentam desvios padrões que variam entre 2,16 m do modelo FABDEM, até 9,08 m do modelo ASTER na bacia do rio Leça. A comparação de altitudes dos MDT com a curvas de nível escolhidas em cada bacia mostraram ser mais precisas na bacia do rio Leça do que na do rio Arade.

Em seguida foram realizadas simulações de cheias, e respetivos mapas de inundação para todos os MDT, nas duas bacias hidrográficas, particularizando zonas específicas, onde o risco de inundação poderá pôr em risco a população. No caso da Bacia do Rio Leça simulou-se a cheia que ocorreu no dia 4 de novembro de 2023. Para a Bacia do Rio Arade, simulou-se a inundação que ocorreria no caso de rebentamento/colapso da Barragem do Arade, construída em 1956. Calcularam-se as áreas inundadas assim como as profundidades de escoamento para cada um dos MDT utilizados.

Demonstrou-se que o modelo pioneiro SRTM, elaborado pela NASA, está ultrapassado em termos de precisão altimétrica e que os modelos mais recentes elaborados pela Agência Espacial Europeia, como o COPERNICUS GLO-30 e seus subprodutos como o FABDEM são os modelos digitais mais apropriados para a simulação hidrológica no nosso país.

Palavras Chave – Hidrologia, mapas de inundação, modelação hidráulica, MDT, barragens.

INOVAÇÃO NÃO É OPCIONAL

Helder Pereira¹

1 Vice Presidente, Tecnilab Portugal S.A., helder.pereira@tecnilab.pt

RESUMO:

Esta comunicação irá incidir de como utilizar as plataformas integradoras de dados, vulgarmente denominadas de telegestão para introduzir novas técnicas de manutenção e de gestão de ativos.

O aproveitamento das estruturas que foram criadas de comunicações como veículos de passagem de informação entre os ativos remotos (Estações Elevatórias, ETAs, reservatórios...etc) e os centros de comando e uma utilização correta, simples e precisa dessa informação pode levar a importantes ganhos operacionais.

Iremos nos focar na evolução da sensorização ao nível da manutenção condicionada (sensores de vibração, temperatura e sensores de impulso de choque para rolamentos) que permitem implementar conceitos de manutenção baseada na medida precisa da condição de máquinas. Alinhar, equilibrar, lubrificar ou mesmo trocar um rolamento só quando necessário desde que medida em continuo a sua condição e estado.

A manutenção condicionada em oposição à manutenção preventiva é uma inovação e uma modernização de conceitos que as entidades gestoras terão que equacionar. A redução de custos de manutenção e o total controlo sobre o estado dos ativos são benefícios que valem a pena.

Por outro lado, as plataformas de agregação de dados podem ser aproveitadas para proteção de ativos elétricos muito expostos a incêndios causados por variadíssimas razões, desde curto-circuitos, maus apertos ou mesmo entrada de roedores. A deteção e extinção precoce antes do seu efeito se tornar catastrófico e a rápida transmissão da informação para o centro de comando a informar que houve um incidente pode ser a diferença entre a continuidade da operação ou não.

Em resumo inovar sobre a inovação do que foram os investimentos nas plataformas agregadoras de dados para introduzir conceitos modernos de gestão de ativos, ligados à redução de custos de manutenção e à segurança e proteção de ativos que estão dispersos numa área geográfica, mas que estão acessíveis através de redes de comunicação que devem ser utilizadas e exploradas ao máximo.

A inovação tem de ser mais que uma boa intenção. Tem de fazer uma promessa e ter todas as condições para a cumprir. Reunir estas condições implica coragem por parte das organizações e decisores. Coragem para alocar recursos humanos e técnicos, e coragem para fazer o que nunca foi feito, ou fazer melhor o que já foi. Sair de zonas de conforto e acima de tudo questionar o que tem sido feito e como tem sido feito, desde testar tecnologia, e até criar ou instalar nova tecnologia. Fazer um uso efetivo desta e ser capaz de demonstrar os ganhos em o fazer. Uma nova mentalidade: ágil, analítica e curiosa, mobilização da vontade.

Implica-me a mim e a todos vós.

Palavras Chave: Inovação, tecnologia, manutenção condicionada

MONITORIZAÇÃO SATÉLITE COMO FERRAMENTA PARA A DETEÇÃO DE FUGAS NÃO VISÍVEIS

Eduardo Rodrigues* ¹, Alan Boukai², Nuno Pedroso³

** Autor para correspondência. Corresponding author.*

E-mail: eduardo.rodrigues@aguasistemas.pt (Eng. Eduardo Rodrigues)

1 ÁguaSistemas, Via Jean Piaget, 356, Vila Nova de Gaia, Portugal

2 ASTERRA, Atir Yeda St. 1, Kfar Saba, Israel

3 ÁguaSistemas, Via Jean Piaget, 356, Vila Nova de Gaia, Portugal

RESUMO

Com as temáticas das alterações climáticas e escassez hídrica cada vez mais prementes, com especial enfoque na região do Algarve no nosso país, a questão da eficiência hídrica deverá ser encarada como uma prioridade para todas as entidades gestoras, especialmente quando ainda se verificam níveis médios de aproximadamente 30% de perdas de água no nosso país (dados do último relatório anual da ERSAR). Não obstante, as perdas de água são sinónimo de ineficiência dos sistemas de abastecimento pelo que o seu controlo constitui uma preocupação diária na gestão das Entidades Gestoras (EG) quer por razões económicas quer por razões ambientais e sociais.

A ASTERRA desenvolveu, em Israel, uma aplicação com tecnologia SAR (Synthetic Aperture Radar) capaz de encontrar água potável no subsolo. Esta tecnologia consiste na utilização de um sensor que, montado num satélite em órbita, emite ondas eletromagnéticas com capacidade para penetrar no subsolo e detetar humidade em contacto com solo. Caso a propriedade dielétrica encontrada seja correspondente à “pegada” de água potável, esse ponto é georreferenciado como um ponto de interesse (POI) para investigação.

O cruzamento de todos os POI, sinalizados pelo satélite, com o cadastro da rede de abastecimento de água permite-nos definir o mapeamento final de áreas que deverão ser analisadas pelas equipas de deteção ativa de fugas. Desta forma as equipas de deteção ativa de fugas, passam a ser orientadas, reduzindo significativamente o espaço a percorrer.

A promessa de valor desta tecnologia, não passa pela eliminação do trabalho de campo para a deteção de fugas. Passa sim, por tornar essa tarefa muito mais eficiente e rápida, permitindo às EG encontrar mais fugas, mais depressa com os mesmos ou até menos recursos, comparado com os métodos de trabalho tradicionais.

A ÁguaSistemas é, desde 2022, o parceiro oficial da ASTERRA em Portugal, procurando em conjunto com as entidades gestoras a implementação desta tecnologia. Em 2022, foi realizado um projeto piloto na Águas de Santarém, cujos resultados serão apresentados nesta comunicação. Atualmente, estão em curso, com início no ano de 2023, mais dois projetos com entidades gestoras da região de Lisboa, cujos resultados também serão parcialmente partilhados neste artigo.

Palavras-Chave – Satélite, deteção de fugas, tecnologia, água não faturada, sustentabilidade

UTILIZAÇÃO DO VOLUME ERODIDO NA AVALIAÇÃO DO DANO EM ENSAIOS EM MODELO FÍSICO DE QUEBRA-MARES DE TALUDES

Rute Lemos*¹, Conceição J.E.M. Fortes¹, Gabriel Silva¹

* Rute Lemos. E-mail: rlemos@lnec.pt (Eng.)

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

RESUMO

Os ensaios em modelo físico (Fig. 1) são utilizados como apoio ao projeto de quebra-mares de taludes, com o objetivo de avaliação do comportamento da solução projetada do ponto de vista da estabilidade hidráulica da estrutura. Esta avaliação do comportamento é efetuada através da evolução do dano, para a qual são utilizadas duas metodologias distintas na avaliação do comportamento da secção ensaiada: o método de contagem visual e o método do volume erodido.

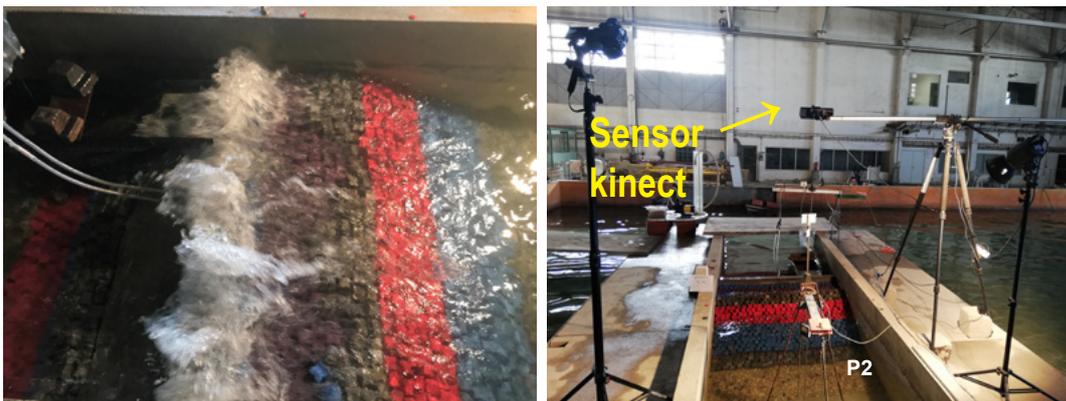


Fig.1. Aspeto de um ensaio em modelo físico bidimensional (esquerda). Localização do sensor Kinect© sobre o modelo (direita)

No primeiro método procedeu-se à contagem visual dos blocos removidos do manto no fim de cada ensaio (associado a um determinado período de pico T_p e altura significativa de onda, H_s). No segundo método, o volume erodido foi calculado através da comparação entre levantamentos tridimensionais do modelo físico, realizados no início e no final das séries de ensaio (conjunto de ensaio com o determinado T_p associados a várias alturas de onda significativas, H_s). Estes levantamentos foram realizados com recurso ao sensor de posição Kinect V2, o qual utiliza a tecnologia “Time of Flight” (Fig. 1). Esta tecnologia estima a posição de um ponto relativamente ao sensor, medindo o tempo que o feixe infravermelho demora a percorrer a distância entre o sensor e o objeto e a regressar, considerando a velocidade da luz.

Os levantamentos foram realizados com sensor Kinect posicionado a cerca de 2.0 m acima do coroamento da obra, tendo os levantamentos sido realizados com os seguintes parâmetros: resolução do Voxel: 512 nas direções x, y e z; Voxel por metro: 256.

O resultado de cada levantamento é uma nuvem de pontos, cujo pós-processamento para a determinação do volume erodido é realizado com o software de uso livre *CloudCompare*. A relação entre o volume erodido numa determinada zona e o volume unitário de um cubo Antifer, permite estimar o número de blocos removidos nessa zona, através da expressão $S3D=(VE*(1-P))/(Dn^3)$

onde VE é o volume erodido, P é a porosidade do manto resistente e Dn o diâmetro nominal do bloco, que no caso dos cubos Antifer possui um valor aproximadamente igual à altura do bloco. O número estimado de blocos removidos foi posteriormente comparado com os contados visualmente.

No âmbito dos ensaios realizados no LNEC de uma secção de um quebra-mar de taludes com manto resistente constituído por blocos cúbicos tipo Antifer, à escala 1:61.5, Fig. 1, foram aplicadas as duas metodologias com vista à avaliação das potencialidades e limitações de cada método.

Na Fig. 2 apresenta-se o mapa de diferenças entre as nuvens de pontos obtidas no início e no final da série de ensaios associada ao nível de maré de Preia-mar sobrelevada (PMS) e a um período de pico (T_p) de 22 s. As alturas significativas de onda variaram entre 6 m e 12 m. Apresenta-se ainda um perfil (P2) representativo da erosão verificada numa secção localizada sensivelmente a meio do trecho reproduzido no modelo 2D.

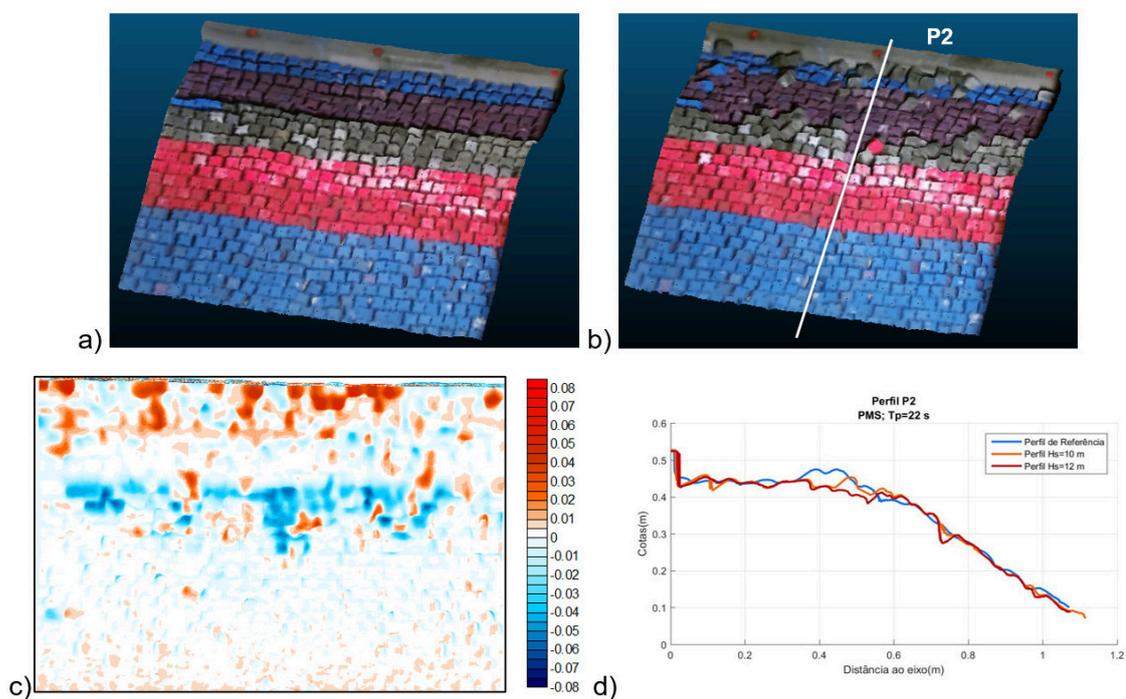


Fig.2. Levantamento tridimensional do extradorso do modelo do quebra-mar com nível de Preia-mar sobrelevada e $T_p=22$ s. a) Início da série de ensaios; b) final do ensaio com $H_s=12$ m; c) Mapa de diferenças (m): azul-erosão; vermelho-acreção d) Evolução do dano no perfil P2

No final da atuação da altura de onda significativa de $H_s=12$ m, foram contabilizados cerca de 33 cubos removidos da faixa cinzenta do manto. Por outro lado, o volume erodido obtido por subtração das nuvens de pontos nessa zona foi de 0.0032893 m^3 . Este valor conduziu a uma estimativa de 34 blocos removidos, atendendo a que a porosidade do manto resistente, P, é 0.33 e que o diâmetro nominal do bloco, Dn, é 0.04 m.

A boa convergência entre o número de blocos contado e estimado sugere uma aplicação eficaz dos levantamentos tridimensionais de superfície na avaliação da evolução do dano.

Análises complementares serão apresentadas com base em resultados obtidos com ambos os métodos, para três séries de ensaios com diferentes níveis de dano, de modo a ilustrar as potencialidades e limitações de cada um deles.

Palavras Chave – Evolução do dano, Modelo físico, Levantamentos tridimensionais; Sensor de posição

DESAFIOS E INOVAÇÕES NA GESTÃO HÍDRICA: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PORTUGAL E FINLÂNDIA

Pedro Barbosa da Silva*

* Dr. Pedro Barbosa da Silva. E-mail: pedro.ulp5510mail.com

Universidade do Minho – Campus de Gualtar, R. da Universidade, 4710-057 Braga, Portugal

RESUMO

No ano de 2016, o “*World Economic Forum*” destacou a crise hídrica como um dos principais riscos globais para as economias, de cada país, que se virá a verificar durante a próxima década. Em pleno 2024, esta crise chegou a Portugal, a quebrar todos os valores antigos relativos a secas e ao desperdício de água. Em 2022, o “*World Wide Fund*”, realizou uma análise dos cenários climáticos e socioeconómicos, mostrando que a Europa será, cada vez mais, propensa a secas e à escassez de água. Sendo os recursos hídricos um bem essencial para a vida humana, é factual afirmar que um dos mais significativos perigos para a sua preservação, advém da insuficiência no fornecimento de água e na prestação de serviços de saneamento. Esta preocupação, ultrapassa o cariz individual, no sentido que deverá ser imputado aos governos, empresas e investidores europeus que continuam a fechar os olhos aos riscos de escassez da água.

De facto, as deliberações internacionais relativas ao desenvolvimento de políticas hídricas e dos princípios que norteiam os serviços sustentáveis de água e do saneamento, sugerem, claramente, que muitos dos obstáculos relacionados com os serviços hídricos têm uma natureza predominantemente institucional, mesmo que, por vezes, conduzam a falhas de ordem tecnológica. Neste sentido, agora e melhor que nunca, está na hora do nosso país se afirmar e “bater o pé”, visto que já tinha sido afirmado em 2016 que este problema é o eventual ponto inicial para outros problemas como crises no setor alimentar; propagação de doenças. O meu objetivo neste texto é sensibilizar a comunidade para um problema que é bastante presente e para a contribuição, na medida do meu conhecimento, de uma melhor qualidade de vida. Neste sentido, invoco a importância de análise dos países que tem vindo a demonstrar progressos neste departamento.

No último ano, a *United Nations University Institute for Water, Environment and Health* (“*UNU INWEH*”), realizou um estudo sobre os níveis de segurança dos recursos hídricos a nível global, sendo que atribuiu um valor de 0 a 10 ao desempenho dos países nas categorias relacionadas com o aproveitamento e segurança das águas. Nas variadas categorias, o nosso país manifestou um desempenho satisfatório na gestão e aproveitamento das águas. Contudo, sendo um país desenvolvido (em comparação com os países em desenvolvimento, também presentes neste gráfico) seria de valer uma melhor classificação. Assim, voltado ao tópico inicial, assumo a importância de avaliar e tomar notas das ações que têm sido tomadas na Finlândia, visto que se encontra sempre com uma classificação máxima em todos os departamentos. Independentemente de ser um país sujeito às normas da União Europeia e aos seus regulamentos, a Finlândia destaca-se como um notável exemplo de sucesso nos domínios económico, financeiro e histórico.

Visando uma melhoria dos Sistemas de Aproveitamento da Água, a Finlândia passou por diversos desafios. Os maiores problemas relacionam-se, principalmente, com a infraestrutura envelhecida dos serviços da água, bem como questões relativas ao crescimento urbano pós-Segunda Guerra Mundial e a necessidade de proteção das fontes de água bruta, especialmente em relação à proteção das águas subterrâneas no contexto do planeamento do uso do solo.

Ao analisar vastos documentos que assinalam a capacidade deste país em ultrapassar todos os desafios, consigo destacar certos pontos chave conexos e semelhantes, pelos quais o nosso país está a viver.

Em primeiro lugar, destaco o problema da infraestrutura envelhecida. A Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), divulgou um relatório com dados de 2021 que, demonstra que nos últimos 10 anos temos vindo a perder entre 150 a 180 milhões de metros cúbicos por ano. Isto significa que à medida que as águas chegam de Espanha pelos rios conexos, são logo perdidas nas primeiras “paragens”, levando a que a perda se alastre para as regiões mais a sul que não possuem uma vasta rede de aquíferos. Os especialistas da área, destacados pelo governo finlandês, afirmam que, no seu caso específico, a revitalização das infraestruturas de rede, deveria ser feita através de métodos de intervenção não intrusivos e não destrutivos, sempre que possível. À semelhança das nossas infraestruturas, mas contrariamente à nossa atuação, neste país nórdico tem sido feita uma restauração progressiva de torres de água, que têm como objetivo o armazenamento de água de forma segura e flexível para áreas que necessitam de uma alta demanda de armazenamento. Neste sentido e comparativamente a outras realidades, é de notar que a abordagem dos desafios apresentados pela envelhecida infraestrutura hídrica é imperativa.

Uma realidade que importa destacar, versa sobre as diferenças a nível institucional e legal que existam entres ambos os países. O lado finlandês é caracterizado pela diversidade de organizações ligadas à água, cuja maioria delas, depende mais das Autarquias do que do Estado. O país adotou várias opções organizacionais e institucionais em diversas escalas. Uma das novidades visa as variações locais e regionais adotadas, evitando a aplicação de um modelo organizacional. Na maioria das cidades e municípios finlandeses, os serviços de água e esgotos são regulados por apenas uma única entidade.

Na vertente legal, é possível afirmar que o papel da legislação e do controlo associado se revelou amplamente bem-sucedido na Finlândia. Este sucesso verifica-se especialmente no controlo da poluição da água, dado que o princípio orientador na legislação e política finlandesa, relativas aos serviços de água, tem sido o do desenvolvimento contínuo e dinâmico. Relativamente às políticas públicas, a Finlândia também inova comparativamente ao resto da Europa, visto que apesar das diretivas da União Europeia terem de ser adotadas, este país, face aos vários pedidos e argumentos sobre a regulamentação, decidiu pela renovação e melhoria do que já estava a ser implementado. Neste sentido, afirmo que o mais importante é começar por uma iniciativa, independentemente qual seja, e verificar se é possível melhorar ou não. Em caso negativo, podemos avançar para a regulamentação, mas nunca sem pensar noutras hipóteses menos dispendiosas a nível temporal. Desta maneira, é possível resolver o problema na sua origem, impedindo que algo menor se torne em algo maior.

Em conclusão, a análise comparativa dos sistemas legais e ordenamentos das águas em Portugal e na Finlândia revelam nuances distintas e abordagens singulares para o desafio comum da gestão hídrica. Em Portugal, a legislação tem procurado adaptar-se a diferentes realidades climáticas e geográficas, refletindo um compromisso com a sustentabilidade e a conservação dos recursos hídricos. Por outro lado, na Finlândia, há uma ênfase no desenvolvimento contínuo e dinâmico nas políticas de serviços de água, destacando uma abordagem flexível e adaptável.

Ambos os países incorporam princípios europeus, como o da subsidiariedade, mas enfrentam desafios específicos. Contudo, a busca por soluções inovadoras e a valorização da diversidade biológica e cultural, são aspetos comuns que merecem destaque. Assim, sustento que a colaboração internacional e a partilha de melhores práticas são essenciais para enfrentar os desafios globais e construir um futuro sustentável para as gerações vindouras.

Palavras-Chave –águas; aproveitamento; Finlândia; Portugal; escassez; soluções; políticas públicas.

“DEEP LEARNING” APLICADO À TRANSFORMAÇÃO PRECIPITAÇÃO-ESCOAMENTO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS PORTUGUESAS

Rafael Francisco* ¹, José Pedro Matos¹

* Autor para correspondência. Corresponding author.
E-mail: rafael.francisco@tecnico.ulisboa.pt (Eng. Rafael Francisco)
¹ Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-101 Lisboa

RESUMO

A recente evolução de modelos linguísticos (“large language models”, LLM) como o ChatGPT, revelou, à sociedade em geral, o enorme potencial das ferramentas de aprendizagem automática (“machine learning”). O potencial deste tipo de ferramentas em variados campos da engenharia tem sido reconhecido e explorado por especialistas, incluindo na área dos recursos hídricos.

Em tarefas de simulação e previsão operacional de caudais, modelos como as redes neuronais “profundas” do tipo “Long Short-Term Memory” (LSTM) e, mais recentemente, dos “Temporal Fusion Transformers” (TFT) apresentam vantagens significativas quando comparados com modelos mais clássicos do tipo concetual, semi-distribuído ou distribuído.

Os TFTs são uma classe de redes neurais desenvolvidas especificamente para a previsão de séries temporais e a análise de dados sequenciais. Estes incorporam as vantagens dos “transformers” [1], notabilizados pela sua responsabilidade na revolução dos LLMs. Equipados com uma arquitetura inovadora, que lhes permite reconhecer relações temporais complexas nos dados, os TFTs utilizam mecanismos de atenção que lhes permitem capturar dependências e padrões “escondidos” nos dados, sem a necessidade de uma representação explícita dos fenómenos físicos subjacentes. São modelos altamente adaptáveis a uma grande variedade de cenários de simulação e previsão, com grande utilidade no estudo de questões como o impacto das alterações climáticas, a previsão hidrológica operacional ou a simulação de escoamentos em bacias não monitorizadas

Neste estudo, TFTs são aplicados a quatro bacias hidrográficas em Portugal à escala diária: em particular, às bacias hidrográficas a montante das estações hidrométricas de Nelas (10K/03H) e Ponte Juncais (10L/01H), inseridas na bacia hidrográfica do Mondego, e às de Ponte Rodoviária (31H/02H) e Cural de Boieiros (30L/02H), inseridas na bacia hidrográfica Ribeiras do Algarve..

Do ponto de vista metodológico deste estudo, seguiu-se o seguinte esquema:

- Recolha e pré-processamento de dados: os dados hidrológicos (caudal) foram extraídos do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), para cada uma das bacias. As quatro estações apresentam pelo menos 15 anos de registos consecutivos, dado a necessidade de um conjunto de dados históricos relativamente longo ser essencial para a calibração deste tipo de modelos. Os dados meteorológicos (temperatura e precipitação) foram obtidos recorrendo ao modelo de reanálise ERA5-Land, do qual foram extraídos e agregados valores horários entre 1980 e 2022, para as quatro bacias. A Tabela 1 resume os dados extraídos.
- Preparação e calibração dos modelos hidrológicos: vários modelos do tipo TFT foram calibrados com grupos independentes de treino e validação.



Figura 1. Localização das bacias hidrográficas consideradas, em Portugal Continental.

Tabela 1. Informação geral associada às séries hidrométricas consideradas.

Estação hidrométrica	Código SNIRH	Lat. (°)	Long. (°)	Área (km ²)	Q _{médio} (m ³ /s)	P _{média} (mm/ano)	T _{média} (°C)
Nelas	10K/03H	40.503	-7.823	1 124.26	12.66	722.79	12.91
Ponte Juncais	10L/01H	40.612	-7.521	605.24	8.58	796.87	12.71
Ponte Rodoviária	31H/02H	37.124	-8.174	321.83	1.07	500.33	16.50
Curral de Boieiros	30L/02H	37.180	-7.624	61.26	0.31	474.49	17.82

c) Avaliação do desempenho dos modelos: os resultados dos vários modelos foram analisados, utilizando várias métricas adaptadas a previsões determinísticas como a eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), a eficiência de Kling-Gupta (KGE) e o viés relativo, bom como métricas adaptadas a séries probabilísticas (fiabilidade, resolução e “Continuous Ranked Probability Score”, CRPS), sendo comparados com a climatologia (ver Tabela 2 e, para um exemplo de previsão, a Figura 2).

Tabela 2. Informação geral associada às séries hidrométricas consideradas.

Métrica	Modelo	10K/03H	10L/01H	30L/02H	31H/02H	Nota interpretativa
CRPS	Climatologia	6.36	2.94	0.21	0.69	O CRPS, semelhante ao erro absoluto médio, varia entre 0 e +∞. 0 é o valor
	TFT	4.15	2.13	0.18	0.59	
KGE	Climatologia	0.26	0.24	-0.18	-0.18	O KGE varia entre -∞ e 1. 1 é o valor ótimo.
	TFT	0.79	0.66	0.19	0.23	
NSE	Climatologia	0.24	0.19	-0.03	0.02	O NSE varia entre -∞ e 1. 1 é o valor ótimo.
	TFT	0.66	0.50	-0.06	0.27	
Viés relativo	Climatologia	-0.05	0.14	0.56	0.38	O viés relativo varia entre -∞ e +∞. 0 é o valor ótimo.
	TFT	-0.03	0.12	0.47	0.02	
Fiabilidade	Climatologia	0.83	0.91	0.75	0.84	A fiabilidade varia entre 0 e 1. 1 é o valor ótimo.
	TFT	0.94	0.95	0.63	0.54	
Resolução	Climatologia	0.85	0.83	0.43	0.58	A resolução varia entre 0 e ∞. Valores maiores são preferidos.
	TFT	1.42	1.30	0.60	0.80	

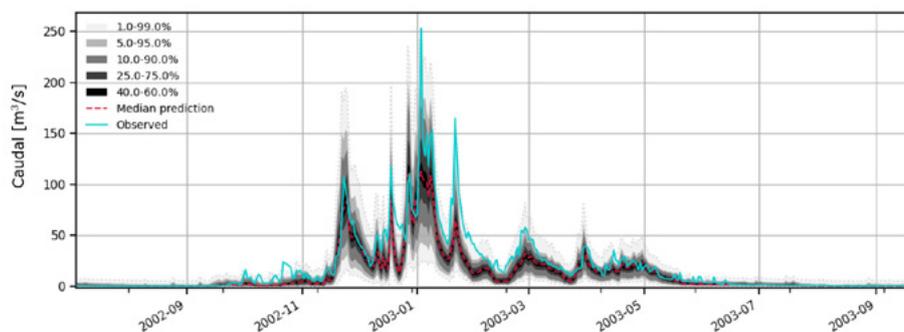


Figura 2. Exemplo de previsão probabilística conseguida com TFTs. Estação hidrométrica de Nelas.

Os resultados evidenciam o potencial dos TFTs, que claramente acrescentam informação às séries climatológicas, mas também ilustram as dificuldades associadas à qualidade e estacionariedade das séries hidrológicas. A apresentação incluirá detalhes sobre a aplicação dos TFTs, discorrendo sobre vantagens e desvantagens da sua aplicação. Será ainda feita a comparação com resultados de modelos hidrológicos “clássicos”.

Palavras-Chave – Previsão hidrológica, machine learning, Temporal Fusion Transformers, previsão probabilística, simulação hidrológica

REFERÊNCIAS

Vaswani, A.; Shazeer, N.; Parmar, N.; Uszkoreit, J.; Jones, L.; Gomez, A.N.; Kaiser, Ł. ukasz; Polosukhin, I. Attention Is All You Need. In Proceedings of the Advances in Neural Information Processing Systems; Guyon, I., Luxburg, U. Von, Bengio, S., Wallach, H., Fergus, R., Vishwanathan, S., Garnett, R., Eds.; Curran Associates, Inc., 2017; Vol. 30.

TACKLING THE MULTIDIMENSIONALITY OF WATER QUALITY: A COLLABORATIVE APPROACH TO SUSTAINABLE MANAGEMENT

Suebat Oluwakemi Mustapha, M.Sc.

University of Algarve, Joint Master's Degree in Applied Ecohydrology (MAEH)

Maintaining healthy water resources is critical for human and environmental well-being. However, water quality is a multifaceted concept extending far beyond simple chemical composition. Physical characteristics like temperature and turbidity, biological factors like microbial presence, and ecological considerations like aquatic life health all contribute to the overall health of a water body. This multidimensionality presents significant challenges for effective and sustainable water management. Traditional approaches to water quality management often focus on singular aspects, such as chemical contamination, neglecting the complex interplay between these various dimensions. This fragmented approach can lead to suboptimal solutions and unintended consequences. For instance, focusing solely on chemical disinfection might eliminate harmful pathogens but leave behind detrimental ecological impacts.

This paper provides a comprehensive exploration of the multifaceted nature of water quality, delving into its various dimensions and significant impacts on our planet and its inhabitants. The study begins by stating water quality importance, followed by multidimensional concept of a water encompassing its physical, chemical, biological, and ecological characteristics that define its status. Additionally, the challenges involved in managing water multifaceted quality to include fragmented approaches, suboptimal solutions, difficulties in prioritization, and challenges in developing metrics and standards were stated.

A critical challenge lies in the limitations of conventional water management practices. These approaches often treat water quality as a one-dimensional issue, neglecting the complex web of physical, chemical, biological, and ecological factors that contribute to its overall health. This fragmented approach hinders effective management and can lead to unintended consequences. The paper highlights how focusing on a single aspect in isolation can have cascading impacts on other water quality parameters. Real-world examples illustrate the challenges associated with fragmented management and underline the necessity for more comprehensive approaches. By recognizing the interconnected nature of water quality, we can progress towards developing sustainable management strategies that address the multi-faceted challenges of maintaining healthy water resources.

Recognizing the limitations of fragmented management, this paper proposes a paradigm shift towards a collaborative approach for sustainable water management. By fostering cooperation and knowledge exchange among diverse stakeholders, we can develop holistic strategies that address the multidimensionality of water quality. This emphasis on collaboration is crucial for achieving sustainable water management. Effective water management strategies require a holistic perspective that considers all water quality dimensions. This necessitates knowledge exchange and collaboration among key stakeholders. Scientists contribute invaluable knowledge on water quality dynamics, pollution sources, and potential treatment methods. Policymakers play a crucial role in translating scientific understanding into regulations, resource allocation, and incentive structures that promote responsible water use and pollution control. Local communities possess vital knowledge of local environmental conditions, water usage patterns, and cultural practices. Their inclusion ensures that management strategies are culturally sensitive, socially equitable, and have strong community buy-in. This paper explores the roles of different stakeholders, highlighting the importance of knowledge exchange and collaborative decision-making. By fostering communication and collaboration across diverse stakeholder groups, we can develop comprehensive water management strategies that address the multifaceted challenges of water quality and ensure the long-term health of our water resources.

This paper further examines the complexities of implementing collaborative water management. While cooperation between scientists, policymakers, and local communities presents a promising solution for sustainable water quality, communication barriers and unequal power dynamics can impede progress. Strategies for fostering effective collaboration, such as enhanced communication channels and capacity building programs, are explored. Additionally, the paper addresses potential conflicts among stakeholders and proposes methods for navigating these challenges to achieve successful collaborative water management.

In conclusion, the critical role of collaborative water management in achieving sustainable water security and a healthy environment is important. By fostering knowledge exchange and collaboration among scientists, policymakers, and local communities, we can develop holistic strategies that address water quality's multifaceted nature. Future research directions and recommendations for strengthening collaborative water management efforts are presented.

AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA E TOXICIDADE DE POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES NA ÁGUA E SOLO.

Ana Raposo¹, Catarina Mansilha², Alexander Veber³, Armindo Melo², João Rodrigues¹, Helena Rebelo¹, Jose Grossinho¹, Manuela Cano¹, Cristina Almeida¹, Ljiljana Puskar³, Ulrich Schade³, Luisa Jordao*¹

* *Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: maria.jordao@insa.min-saude.pt (Luisa Jordao)*

1 Instituto Nacional de Saúde Dr Ricardo Jorge, Avenida Padre Cruz, 1649-016 Lisboa, Portugal

2 Instituto Nacional de Saúde Dr Ricardo Jorge, Rua Alexandre Herculano 321, 4000-055 Porto, Portugal

3 Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Albert-Einstein-Strasse 15, D-12489 Berlin, Alemanha.

RESUMO

O plástico, muito utilizado no quotidiano, acumula-se inevitavelmente no meio ambiente, tornando-se um poluente persistente devido à sua reduzida e/ou extremamente lenta reciclabilidade. As partículas de plástico com dimensões na gama dos micro/nanómetros, denominadas micro (MP) e nanoplásticos (NP), respetivamente, constituem um enorme desafio ecotoxicológico. Devido às suas elevadas áreas superficiais, podem adsorver/absorver outros poluentes persistentes com propriedades químicas semelhantes, tais como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), com efeitos imprevisíveis na sua persistência e distribuição no meio ambiente. MPs/NPs, com ou sem poluentes ad/absorvidos, podem entrar na cadeia trófica ao nível de invertebrados, infligindo efeitos toxicológicos em todos os níveis do ecossistema.

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a distribuição de MPs e PAHs em amostras de água doce e baseado nos resultados obtidos avaliar a potencial toxicidade destes poluentes em células eucariotas. De forma a conseguir um melhor enquadramento foram avaliadas as características físico/químicas e microbiológicas da água e sedimentos recolhidos em três pontos da barragem do Alqueva associados a atividades turísticas durante 2021. No total foram realizadas quatro campanhas de amostragem (uma por estação do ano) tendo sido ainda recolhidos mesoplásticos e materiais naturais para pesquisa de biofilmes.

A qualidade da água foi considerada aceitável com um baixo nível de eutrofização. Os PAHs foram detetados em concentração inferiores aos limites padrão estabelecidos para águas superficiais. Os perfis de PAH apresentaram diferenças significativas quando comparados os períodos seco e chuvoso, com a amostra recolhida na primavera a apresentar uma maior diversidade. Embora em concentrações mais elevadas, a diversidade dos PAHs no solo foi semelhante à da água sugerindo a existência de um equilíbrio. Os PAHs de baixo peso molecular, geralmente associados à deposição atmosférica e contaminação por petróleo, foram mais prevalentes.

Os MPs foram detetados em todas as amostras de água, com exceção de uma durante a campanha de inverno. No total foram detetados oito polímeros diferentes, sendo o polietileno o mais frequente seguido pelo poliestireno (PS). Nas amostras de solo foram detetados apenas três polímeros diferentes sendo a poliamida (PA) o mais frequente. Os plásticos são mais propensos à colonização por biofilmes do que os materiais naturais. Além disso, os biofilmes detetados em plásticos são mais complexos, com maior diversidade microbiana e abundância de matriz extracelular. Entre a população microbiana da água e do solo foram identificados microrganismos previamente associados à degradação de plástico e PAHs, sugerindo a necessidade de mais estudos para avaliar a viabilidade do uso de biofilmes como parte de uma estratégia verde de mitigação da poluição.

De seguida foi avaliada a toxicidade de MPs (PS) e PAHs (fluoranteno, fenantreno) encontrados nas amostras de água em células HePG2. Os poluentes (MPs e PAHs) foram avaliados isoladamente e em misturas de forma a compreender a contribuição de cada composto para o efeito tóxico observado e identificar uma potencial sinergia, respetivamente. As concentrações e misturas usadas mimetizam as encontradas no ambiente. Os resultados obtidos até ao momento sugerem a existência de uma sinergia entre os poluentes, sendo os efeitos mais relevantes observados ao nível dos componentes proteicos e lipídicos das células eucariotas.

Os resultados produzidos por este trabalho demonstram que os poluentes estudados apresentam efeitos nocivos para células eucariotas atuando, aparentemente, de forma sinérgica. Tal reforça a necessidade de serem adotados mecanismos de monitorização e remediação da ocorrência destes poluentes no meio ambiente. Neste campo, a utilização de estratégias de remediação envolvendo biofilmes microbianos pode representar uma alternativa com vantagens a nível económico e ambiental.

Palavras Chave – água, microplásticos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, poluentes orgânicos persistentes, toxicidade.

DESTA ÁGUA NÃO BEBEREI? - IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA OCORRÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS-

Elsa Dias*¹, Carolina Duarte², Carina Menezes¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: elsa.dias@insa.min-saude.pt (Doutora E. Dias)

¹ Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, Av. Padre Cruz, 1649-016 Lisboa, Portugal

² Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

RESUMO

As cianobactérias são microrganismos fotossintéticos ubíquos no ambiente, designadamente em rios e lagos, no mar, nos solos, nas rochas e plantas. São organismos conhecidos sobretudo pela sua ocorrência em reservatórios de água doce superficial, onde encontram condições ambientais favoráveis ao seu crescimento, atingindo densidades celulares muito elevadas (*blooms*). Inúmeras espécies cianobacterianas têm capacidade toxigénica, podendo produzir hepatotoxinas (Microcistinas, Nodularina, Ciliindrospermopsina) ou neurotoxinas (Saxitoxina, Anatoxina-a, Anatoxina-a/S). As cianotoxinas podem persistir na água, quando os sistemas de tratamento são ineficazes na eliminação de *blooms* tóxicos, constituindo um risco para a saúde humana e animal.

Num estudo relativo à monitorização (de 2 a 14 anos) de 8 albufeiras do centro do país usadas para atividades balneares e recreativas (Menezes *et al.*, 2017), avaliámos o perfil de risco associado à ocorrência de *blooms* tóxicos. Em 5 das 8 albufeiras, identificámos potenciais cenários de risco de exposição humana a cianobactérias e microcistinas. De uma forma geral, identificámos uma grande variedade de espécies de cianobactérias, sendo as mais prevalentes e dominantes pertencentes a géneros descritos como potencialmente tóxicos (*Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Dolichospermum*, *Microcystis*, *Oscillatoria* e *Planktothrix*).

Os *blooms* cianobacterianos foram detetados maioritariamente na primavera e verão. No entanto, em 5 das 8 albufeiras monitorizadas, também ocorreram *blooms* no outono e inverno, quando a temperatura média do ar estava acima do valor normal para a época ou em períodos chuvosos precedidos de ondas de calor e de períodos de seca. A maioria destes *blooms* de outono/inverno era composta sobretudo por espécies filamentosas como *Aphanizomenon* spp., *Dolichospermum* spp. e *Cylindrospermopsis raciborskii*, provavelmente devido às suas estratégias adaptativas.

A espécie *C. raciborskii*, por exemplo, em tempos considerada uma cianobactéria tropical, disseminou-se já para zonas temperadas, sendo uma espécie comum em Portugal. Efetivamente, a espécie *C. raciborskii* foi detetada em setembro de 2023 noutra albufeira do centro litoral, passando a co-dominar a comunidade fitoplanctónica conjuntamente com a espécie *Planktothrix agardhii*, espécie dominante nessa albufeira desde 2006, onde formava *blooms* monoalgais persistentes e tóxicos.

Noutro estudo na albufeira do Roxo (Menezes *et al.*, 2020) a espécie *C. raciborskii* foi identificada, juntamente com outras espécies filamentosas, num *bloom* tóxico intenso, responsável pela produção de compostos orgânicos voláteis (geosmina e 2-MIB) que conferiram mau odor e sabor à água abastecida às populações. Na água tratada foram detetadas densidades significativas de cianobactérias e, a partir de uma amostra recolhida à saída da estação de tratamento, foi possível isolar células de *C. raciborskii* viáveis, demonstrando a elevada resistência desta espécie aos processos de tratamento de água convencionais.

A monitorização de cianobactérias em 5 albufeiras do Alentejo (Monte Novo, Caia, Alqueva, Roxo e Monte da Rocha) entre 2022 e 2023 revelou uma ocorrência muito elevada de *blooms* (87,5% das amostragens). Todas as albufeiras apresentaram *blooms* na primavera. No verão e no inverno foram detetados *blooms* em 4 albufeiras. No outono registou-se um *bloom* na albufeira do Roxo,

período em que a temperatura desta massa de água foi mais baixa e estando a zona da albufeira numa situação e chuva fraca. Por outro lado, as albufeiras do Monte novo e Alqueva registaram as densidades cianobacterianas mais elevadas. Na albufeira do Monte novo estas densidades celulares corresponderam ao nível de alerta 1 da OMS para águas recreativas na primavera, e ao nível de alerta 2 no verão. Na albufeira do Alqueva, registou-se o nível de alerta 1 na amostragem de inverno, associado a uma densidade cianobacteriana de mais de 100.000 células/mL. As cianobactérias dominantes nestes *blooms* incluem espécies potencialmente tóxicas como *Aphanizomenon flos-aquae*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Cuspidothrix issastchenkoi*, *Dolichospermum* spp., *Microcystis aeruginosa*, *Planktothrix agardhii* e *Pseudanabaena limnetica*, o que explica a deteção de vários tipos de cianotoxinas nas albufeiras. As microcistinas foram detetadas em todas as albufeiras no verão e primavera. A saxitoxina foi detetada em todas as albufeiras no verão. A cilindrospermopsina foi detetada nas albufeiras do Alqueva e Roxo em todas as estações do ano. A anatoxina-a foi detetada no verão na albufeira do Monte Novo.

No seu conjunto, estes estudos revelam, contrariamente ao que é geralmente assumido, que as cianobactérias e cianotoxinas não prevalecem nas massas de água doce superficial somente nos meses mais quentes, sendo difícil estabelecer uma relação entre a ocorrência de *blooms* tóxicos e a temperatura da água, a situação de seca, o nível de armazenamento das albufeiras, entre outros fatores. Esta dificuldade coloca algumas questões ainda sem resposta: O aumento da temperatura e dos períodos de seca ao longo dos anos têm contribuído para o aumento de *blooms* de cianobactérias em Portugal? Esse aumento tem induzido alterações na composição da comunidade cianobacteriana? As espécies tóxicas e “invasoras” têm-se tornado prevalentes? As cianobactérias das regiões do sul de Portugal estarão mais adaptadas às variações do clima, pelo que a dinâmica de *blooms* será menos alterada do que em regiões habitualmente menos quentes e secas?

Neste trabalho apresentamos os principais resultados da monitorização de cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios de água doce superficial e discutiremos a importância da realização de um estudo retrospectivo à escala nacional e da criação de uma base de dados e ferramentas de gestão da informação, de forma a avaliar a real tendência da ocorrência de *blooms* cianobacterianos em função das alterações climáticas.

Palavras Chave – Cianobactérias, *blooms*, cianotoxinas, monitorização, alterações climáticas.

FATORES AMBIENTAIS NA VARIABILIDADE ESPACIAL DO CO₂ NO CONTINUUM DO BAIXO RIO AMAZONAS

Maria Gabriella da Silva Araújo*¹, Vania Neu²,
Maria Victória Ramos Ballester¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: gabriella.araujo@usp.br

¹ Center of Nuclear Energy in Agriculture, São Paulo, Brazil

² Federal Rural University of Amazonia, Pará, Brazil

ABSTRACT

Continental aquatic ecosystems are important contributors to the global carbon balance. This research aims to understand how gas exchange can be influenced by hydrodynamics in the final portion of the Amazon River basin. The objective is to identify the potential forcings (hydrodynamic and biogeochemical) that best explain the variability of carbon dioxide (CO₂) concentration and flow from 2014 to 2016, along the Óbidos-Mouth continuum of the Amazon River. Six expeditions were carried out in different hydrological periods (low, rising, high, and falling river discharge) at 4 points in the main channel of the lower Amazon River. In all sampling expeditions, flow measurements were taken, CO₂ was sampled via headspace, and the river's CO₂ flux was determined *in situ* using an infrared gas analyzer (LiCor, model LI-820). Dissolved organic carbon (DOC), Dissolved oxygen (DO), pH, electrical conductivity, water and air temperature, and wind speed, were also determined. The CO₂ concentration has been significantly reduced toward the river mouth, which did not occur for the emission of this gas.

According to global estimates, the Amazon River, which has a flow that represents 20% of the total freshwater discharge into the oceans, is responsible for emissions of 0.6 Pg C year⁻¹ in the form of CO₂ (RICHEY *et al.*, 2002). This emission represents around 25% of global river emissions. In view of the hydrodynamic complexity of the Lower Amazon region, the aim is to identify the potential forcing factors (hydrodynamic and biogeochemical) that best explain the variability of concentration and emission of carbon dioxide (CO₂), at the different sampling stations along the Óbidos - Mouth *continuum* of the Amazon River.

The study was carried out along the lower Amazon region, which comprises the region between Óbidos-PA and around 900 km downstream, at the mouth of the Amazon River. The samples were collected at 4 points in the main channel of the Amazon River. Near Óbidos and Almeirim (PA), the north and south channels in front of Macapá (AP). The samples were collected at two depths in the water column, 30 cm and 50% of the total depth of the river, from the surface. Sampling took place between 2014 and 2016, totaling six expeditions carried out according to the seasonality of the river. Sampling was carried out using a Rule 360 GPH immersion pump connected to a hose, which under continuous flow pumped water from the river into a 2-liter measuring cylinder. Samples for determining dissolved organic carbon (DOC) were taken using syringes (60 mL) and filtered through glass fiber filters. To determine the CO₂ concentration (p CO₂), sampling was carried out using the "headspace" technique, which involves the phase equilibrium between water and an inert gas; while the CO₂ flux (fCO₂) of the river water was determined *in situ* using an infrared gas analyzer (LiCor, model LI-820). *In situ*, the physicochemical parameters were also determined: dissolved oxygen (DO), hydrogen potential (pH), water and air temperature, and wind speed.

At the station furthest downstream on the channel continuum (Macapá) there is a more linear flow than at the points further upstream (Óbidos and Almeirim). This pattern may be the result of the phenomenon of tidal flow inversion that occurs at the mouth of the river, thus exerting a strong influence on water velocity, discharge amplitude, and water residence time (ABREU *et al.*, 2020). Less *et al.* (2021) also recorded a lack of significant variability in river flow in their study of the northern channel of the Amazon. The biogeochemical parameters of a river are strongly influenced by hydrodynamic factors, and both can be important forcers of gas variability. Therefore, this relationship justifies the spatial and seasonal patterns observed, even in the same river. The discharge rate correlated strongly ($r > 0.5$) with all the other variables analyzed (pCO₂, fCO₂, DOC, pH, water temperature, and DO).

The CO₂ concentration and flow had no correlation with DOC and the pH was only significant for concentration. For the other variables (water temperature, DO, and discharge), in addition to high correlation, CO₂ concentration, and flow had their variances explained by more than 60% ($R^2 > 0.60$), with DO and discharge contributing, respectively, 96% and 84%. These results reinforce the fact that biogeochemical and hydrodynamic factors have a strong influence on the dynamics of gases produced in rivers.

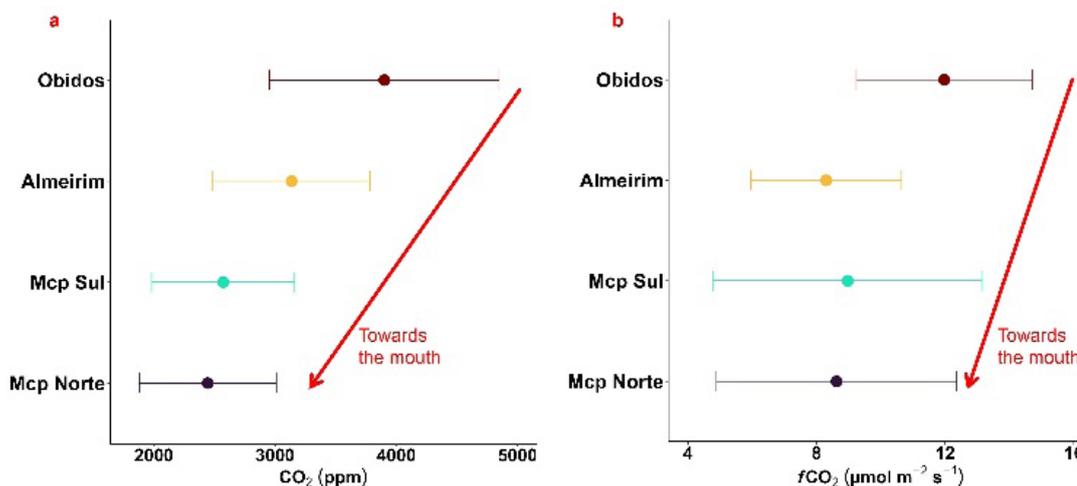


Fig. 1. Concentration (a) and flow (b) of CO₂ along the Lower Amazon River.

Between Óbidos and the mouth of the Amazon River, CO₂ showed a more pronounced reduction in concentration in water when compared to its flux into the atmosphere (Fig. 1). This observation is reinforced by statistical effects registered (*cohen's d*) which indicate that there are no differences between the CO₂ flows at these two points on the river ($d \leq 0.5$), while the concentration gradient towards the mouth registers a difference of around 1330 to 1460 ppm of CO₂, with largest effect size ($d \geq 0.8$). This decrease in $p\text{CO}_2$ towards the mouth of the river corroborates the spatial pattern of distribution of CO₂ concentration and flux already estimated at the same time and region (SAWAKUCHI *et al.*, 2017). These studies observed an inverse relationship between $p\text{CO}_2$ and $f\text{CO}_2$ with increasing order and distance from river sources.

The physical-chemical characteristics of the waters, combined with the hydrodynamics of each river and climatic variables such as rainfall, can impose different patterns of variation on these aquatic environments in terms of their parameters and, consequently, the dynamics of the gases in their waters. This relationship can be seen, for example, when maximum and minimum values of biogeochemical parameters in rivers are observed in different seasonal periods. More studies are needed to refine estimates and analyses related to river biogeochemistry and gas dynamics, contributing to the carbon balance.

REFERENCES

- ABREU, C.H.M.; BRITO, D.C.; BARROS, M.L.C.; TEIXEIRA, M.R., CUNHA, A.C. Hydrodynamic modeling and simulation of water residence time in the Estuary of the Lower Amazon River. *Water*, 12(3), 1–30. 2020.
- LESS, D. F. S., WARD, N. D., RICHEY, J. E., AMP; DA CUNHA, A. C. Seasonal and Daily Variation of Hydrodynamic Conditions in the Amazon River Mouth: Influence of Discharge and Tide on Flow Velocity. *Journal of Coastal Research*, 2021.
- RICHEY, J. E.; MELACK, J. M.; AUFDENKAMPE, A. K.; BALLESTER, V. M.; HESS, L. L. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. *Nature*, [s.l]. v. 6416, n. 1991, p. 6413–6416, 2002.
- SAWAKUCHI, H. O.; NEU, V.; WARD, N. D.; BARROS, M. de L. C.; VALERIO, A. M.; GAGNE-MAYNARD, W.; CUNHA, A. C.; LESS, D. F. S.; DINIZ, J. E. M.; BRITO, D. C.; KRUSCHE, A. V.; RICHEY, J. E. Carbon Dioxide Emissions along the Lower Amazon River. *Frontiers in Marine Science*, [s.l]. v. 4, n. March, p. 1–12, 2017

Palavras Chave – Ciclo Biogeoquímico, Amazônia, Gases de Efeito Estufa.

DIRETIVA DAS ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS– DESAFIOS COM A SUA REVISÃO E PROCESSOS DE TRATAMENTO AVANÇADOS

Stella Silva* ¹, Filipa Ferreira¹, José Saldanha Matos¹

*Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: stella.silva@tecnico.ulisboa.pt

¹ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, Lisboa, Portugal

RESUMO

O crescimento da população, as alterações climáticas, a poluição ambiental e os desenvolvimentos económicos têm afetado negativamente a disponibilidade de água no planeta. De acordo com as Nações Unidas, cerca de dois terços da população mundial, enfrentará pelo menos um mês de escassez de água até 2050 (Cusick, 2022), o que levará a sociedade a repensar a gestão da água e a mudar o paradigma de utilização deste recurso, com uma abordagem mais sustentável e adequada ao fim a que se destina.

As águas residuais urbanas são uma das principais fontes de poluição da água, se não forem recolhidas e tratadas adequadamente. A Diretiva das Águas Residuais Urbanas (DARU), Diretiva 91/271/CEE do Conselho, foi adotada com o objetivo de “proteger o ambiente na União Europeia (UE) contra os efeitos adversos das descargas de águas residuais provenientes de fontes urbanas e de indústrias específicas”. Ao longo de mais de 30 anos de aplicação desta Diretiva, confirma-se a redução significativa da poluição descarregada nos meios recetores.

Nas últimas décadas têm surgido novos e crescentes desafios neste setor, nomeadamente associados com as alterações climáticas, com a presença e o impacto de micropoluentes na saúde e ambiente, ou com a poluição por águas pluviais. Além disso, importa alinhar o setor das águas residuais com os objetivos estabelecidos pelo *European New Green Deal*, sem comprometer os custos e a qualidade dos serviços, principalmente no que se refere à redução das emissões dos gases com efeito de estufa (GEE), balanço energético neutro e transição para uma economia circular, com reutilização de recursos. Foram identificados novos contaminantes nas águas residuais, micropoluentes ou poluentes emergentes, que são substâncias tóxicas com propriedades persistentes que podem pôr em risco a saúde humana e o ambiente. Estes contaminantes estão presentes em muitos produtos que são utilizados diariamente, como cosméticos, produtos farmacêuticos, pesticidas ou detergentes, e não são removidos em operações e processos de tratamento convencionais.

Por forma a responder aos desafios mencionados, foi publicada em outubro de 2022, pela comissão europeia (*European Commission*, 2022) uma proposta de revisão da DARU. Após negociação entre o Parlamento e o Conselho da EU, foram acordadas a 29 de janeiro de 2023 as principais linhas orientadoras:

- a) Redução da poluição por água pluvial urbana, através da implementação de Planos Integrados de Gestão da Água em todos os grandes aglomerados (que servem mais de 100 000 e.p.) e nos aglomerados de média dimensão (entre 10 000 e 100 000 e.p.) que descarreguem para zonas de risco.
- b) Redução da poluição hídrica, com alargamento do tratamento mínimo de nível secundário a sistemas que sirvam mais de 1 000 e.p. (em vez dos atuais 2000 e.p.) e a eliminação do conceito de zonas menos sensíveis.
- c) Redução da poluição por nutrientes, com requisitos mais exigentes para os limites de emissão dos parâmetros fósforo total e azoto total em sistemas que sirvam mais de 150 000 e.p., independentemente da classificação do meio recetor, e para todas as instalações com um e.p. superior a 10 000 que descarreguem em zonas sensíveis, em termos de risco de eutrofização.
- d) Redução de poluição por micropoluentes, exigindo uma eficiência de remoção mínima de 80% para 6 desses compostos, para sistemas que sirvam mais de 150 000 e.p. ou instalações com um e. p. superior a 10 000 que descarreguem para zonas onde existem riscos para o ambiente ou para a saúde pública decorrentes daquelas descargas.
- e) Objetivo de neutralidade energética a nível nacional, nas ETAR que sirvam mais de 10 000 e.p. Os Estados-Membros terão de garantir que a energia total anual utilizada pela ETAR é equivalente à produção total anual de energia renovável do sector.

Independentemente dos benefícios diretos e indiretos para o ambiente e sociedade, a proposta causa desafios especialmente difíceis e complexos a Portugal, com áreas atualmente identificadas como menos sensíveis (Cabo da Roca, Madeira e Porto Santo) e um número relativamente limitado de zonas sensíveis, quando comparado com as de muitos outros Países europeus. Este facto pode ser atribuído à extensa orla costeira de Portugal, em que as condições hidrodinâmicas de diluição, dispersão e renovação, bem como de autodepuração, diferem muito das que ocorrem em rios e lagos do interior da Europa. Adicionalmente, existem no País vários aglomerados de pequena dimensão (inferiores a 2 000 e.p.), verificando-se que muitas das entidades gestoras não garantem recuperação de custos dos seus serviços. Nesse sentido, crê-se que a proposta de revisão da Diretiva ainda poderá evoluir, após o dialogo da Comissão com a Parlamento e o Conselho, que também apresentaram as suas propostas, no sentido da exigência, mas numa lógica racional e integrada de custo-benefício, de “fit for purpose”, com preocupações de sustentabilidade económica, tecnológica, social e ambiental.

Em Portugal, a maioria das ETAR (cerca de 85%) dispõem de tratamento secundário e apenas 10% integram processos de desinfecção e/ou de remoção de nutrientes (tratamento terciário). Além disso, dados de 2021 demonstraram que apenas 1,2% das águas residuais tratadas são reutilizadas (RASARP, 2022), maioritariamente para aplicações na própria ETAR, ficando muito abaixo do objetivo de reutilizar 20% das águas residuais tratadas em 2030.

Assim, será um grande desafio cumprir não só os limites de emissão mais exigentes para o azoto e fósforo, mas também os de remoção de micropoluentes (tratamento quaternário).

A reabilitação das ETAR com tecnologias avançadas é um método eficaz para remover micropoluentes das águas residuais e incrementa o potencial de reutilização da água tratada. Ao longo dos anos têm sido estudados vários tipos de tratamento avançado para remover micropoluentes, nomeadamente: ozonização, adsorção por carvão ativado, membranas, plasma não térmico e eletro-oxidação, entre outros. A ozonização e o tratamento com carvão ativado são mais frequentemente utilizados, uma vez que têm uma eficiência de remoção em regra superior a 80% (Sturm *et al.*, 2022). No entanto, a ozonização pode causar apenas uma oxidação parcial dos compostos, originando produtos de transformação potencialmente nocivos e mais tóxicos do que o composto original (Pistocchi, 2022; Luczkiewicz, 2019). O mesmo não se verifica com o carvão ativado visto que os micropoluentes não são oxidados, mas sim adsorvidos, por conseguinte não são formados produtos de transformação.

O objetivo desta comunicação é identificar os desafios que a revisão da DARU trará para Portugal e apresentar tecnologias que podem ser implementadas nas ETAR para remoção de micropoluentes, apresentando as suas características técnicas, aplicabilidade, requisitos, consumo específicos de energia, entre outros. Serão ainda apresentados critérios preliminares de seleção das soluções a aplicar em cada caso, em função das características das águas residuais, tipos de tratamento existentes, área disponível, e financiamento, entre outros fatores.

Palavras-Chave – águas residuais, Diretiva das Águas Residuais Urbanas, micropoluentes, sustentabilidade, tratamento quaternário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cusick, D. (2022). Five billion People Will Face Water Shortages by 2050, U.N. Says. *Scientific American*.
- European Commission (2022) – Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council, concerning urban wastewater treatment (recast), Brussels, 26.10.2022.
- Luczkiewicz A; Fudala-Ksiazek S.; Jankowska K.; Szopinska M. (2019). Overview of advanced technologies in wastewater treatment for removal of pharmaceuticals and other micropollutants. Status in four coastal regions of the South Baltic Sea Germany, Sweden, Poland, and Lithuania Project MORPHEUS.
- Pistocchi, A.; Andersen, H.; Bertanza, G.; Brander, A.; Choubert, J. (2022). Treatment of micropollutants in wastewater: Balancing effectiveness, costs, and implications. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, Italy. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157593>.
- RASARP, (2022). Volume 1- Caracterização do setor de águas e resíduos, ERSAR.
- Sturm, M.; Myers, E.; Schober, D.; Thege, C.; Korzin, A.; Schuhen, K. (2022). Adaptable Process Design as a Key for Sustainability Upgrades in Wastewater Treatment: Comparative Study on the Removal of Micropollutants by Advanced Oxidation and Granular Activated Carbon Processing at a German Municipal Wastewater Treatment Plant. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/18/11605.3>

REMOÇÃO DE FLÚOR EM ÁGUA COM CARVÃO ATIVADO OBTIDO A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Beatriz Alvez Tovar^{1 2}, Paulo Sergio Scalize*¹, Leonardo Ribeiro Pinto¹,
Bruna Melo Miranda², Tatianne Ferreira de Oliveira²

* Autor para correspondência. Corresponding author.

E-mail: pscalize.ufg@gmail.br (Prof. D.r Paulo Sergio Scalize; Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil)

1 Laboratório de Análises de Águas, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

2 Laboratório de Controle e Qualidade de Alimentos, Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

RESUMO

A água é essencial para o crescimento e a resistência das plantas e dos animais, mas a industrialização, urbanização e outras práticas antropogênicas têm causado uma contaminação massiva da água, fazendo com que bilhões de pessoas em todo o mundo não tenham acesso a água potável. Para alcançar a sustentabilidade ambiental, muitos esforços estão sendo dedicados ao monitoramento, avaliação e mitigação de contaminantes em ambientes aquáticos. O flúor é um elemento essencial, mas sua acumulação excessiva no meio ambiente apresenta consequências fatais generalizadas para a saúde humana, das plantas e do mundo animal. Nós seres humanos, o nível de fluoreto em doses baixas (<1 mg/L) é vantajoso para proteção contra carie dentária. Por outro lado, a exposição elevada (>1,5 mg/L) causam lesões e disfunções esqueléticas, fluorose dental, hiperatividade e neurotoxicidade, afetando negativamente o crescimento e desenvolvimento humano, além de impactar negativamente na cadeia alimentar e no equilíbrio ecológico. Assim, sua remoção, quando necessária, pode ser realizada por adsorção, a qual tem se mostrado uma abordagem eficiente e promissora. Nesse sentido, a aplicação de materiais de carbono de baixo custo é atraente em comparação com o carvão ativado comercial de origem lignítica ou bituminosa. Materiais de resíduos de origem vegetal não são frequentemente usados em suas formas primárias como materiais adsorventes, estando sujeitos a modificações térmicas como a carbonização e a ativação.

Os resíduos gerados na produção do baru (*Dipterix alata* Vog.), a árvore monguba (*Pachira aquatica* Aubl.) e o cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.), podem ser materiais orgânicos promissores. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi aproveitar esses resíduos agroindustriais, transformando-os em materiais porosos para a adsorção de flúor na água.

Os materiais precursores usados para os carvões ativados produzidos neste trabalho foram provenientes de diferentes regiões do Brasil: município de Várzea da Palma, estado de Minas Gerais (baru), município de Ilhéus, estado da Bahia (cacao) e município de Camaçari, estado da Bahia (monguba). As amostras foram lavadas para remover a sujeira superficial, e secas a 110°C por 20 horas, trituradas, peneiradas em malha 2 e armazenadas a 4°C até o uso. Foram seguidas duas metodologias para obter carvões ativados: Ativação química, adaptando as metodologias de Boundzanga *et al.* (2020) e Pereira *et al.* (2014). As cascas secas e trituradas de baru, cacao e monguba foram impregnadas com agente de ativação H₃PO₄ a 85%, na proporção de 1:2 (amostra:agente de ativação) e mantidas a 80°C sob agitação por 30 minutos. As amostras foram filtradas e colocadas em um forno a 110°C por 20 horas. Após esse tempo, as amostras foram carbonizadas em um reator de quartzo, dentro de um forno tubular (SANCHIS) sob as seguintes condições: 500°C, com uma taxa de aquecimento de 10°C min⁻¹, sob fluxo de N₂ (160 mL.min⁻¹), por 1 hora. Após a carbonização, as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente e tratadas com lavagem com HCl a 37% para remover as cinzas formadas e outras impurezas geradas durante o tratamento térmico. Em seguida, as amostras foram lavadas com H₂O ultrapura e NaOH 0.01M até atingir pH neutro. Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa a 110°C por 20 horas para garantir a completa evaporação da água. O carvão ativado também foi obtido por Ativação física, seguindo a metodologia de Pallarés *et al.* (2018) com modificações, onde as cascas secas e trituradas de baru, cacao e monguba

foram pesadas e colocadas no reator de aço, dentro de um forno tubular (SANCHIS) em duas etapas: carbonização a 500°C, com uma taxa de aquecimento de 10°C min⁻¹, sob fluxo de N₂ (160 mL.min⁻¹), por 1 hora, e ativação a 700°C, com uma taxa de aquecimento de 10°C min⁻¹, sob fluxo de CO₂ (250 mL.min⁻¹), por 1 hora. Após esse tempo, as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente sob atmosfera de N₂ (160 mL.min⁻¹). Finalmente, os carvões ativados secos foram armazenados à temperatura ambiente para estudos posteriores. O rendimento percentual (Y) das amostras foi estimado de acordo com a equação $Y (\%) = X1Xo \cdot 100$, onde X_o é o peso do material precursor (g) e X₁ é o peso do carvão ativado (g). Os ensaios de adsorção foram realizados colocando 0,1 g de cada carvão ativado em contato com 50 ml de solução de 6 mg.L⁻¹ de Fluoreto de sódio, em erlenmeyers de 250 ml de capacidade sob agitação contínua a 160 rpm e 25 °C. Foi estimada a concentração de íons flúor com Fluorômetro (550 Analyzer).

Após os processos de carbonização e ativação (química e física), foram recuperados materiais que mantiveram a integridade na condição granular, e rendimento entre 28,0 e 36,7 %, com os melhores resultados para os carvões obtidos por ativação química. As análises termogravimétricas revelaram vários eventos de perda de massa nos materiais, prévios à carbonização, atribuindo-se a: evaporação de água (80-120°C), degradação de hemicelulose (200-350°C), celulose (270-410°C) e lignina (200-500°C) (Queiroz *et al.*, 2020). Após 500°C não houve perda de massa, a decomposição completa ocorreu até esta temperatura, pelo qual a carbonização foi realizada a 500°C. Os resultados posteriores a carbonização mostraram uma tendência similar (Pezoti *et al.*, 2016), e confirmam a resistência dos materiais à 500°C, evidenciado pelos baixos valores de perda de massa, sendo o maior valor 30,78% (Cacau-CO₂) e o menor 10,74% (Monguba-H₃PO₄). A perda de massa dos carvões ativados com H₃PO₄ é menor comparado com CO₂, sugerindo que este método é mais eficaz na ativação e na eliminação de impurezas, além de que poderia introduzir grupos funcionais na superfície, enquanto a ativação com CO₂ poderia afetar principalmente a porosidade dos carvões produzidos, ambos casos interessantes, pelo que é preciso realizar testes de adsorção para confirmar a funcionalidade e possível aplicação de cada material (Zięzio *et al.*, 2020).

Como conclusão se tem que a transformação dos resíduos de baru, cacau e monguba em carvões ativados têm grande potencial para futuras aplicações como materiais adsorventes, podendo ser utilizados na eliminação de contaminantes em água para o consumo, o que pode ter grande impacto na produção de alimentos mais limpa, econômica e sustentável.

Palavras Chave – Carvão ativado, Frutos brasileiros, Purificação de água, Contaminação com flúor, resíduos, adsorção; soluções alternativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boundzanga, H., Cagnon, B., Roulet, M., de Persis, S., Vautrin, C. & Bonnamy, S. (2020). Contributions of hemicellulose, cellulose, and lignin to the mass and the porous characteristics of activated carbons produced from biomass residues by phosphoric acid activation. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12:3081–3096. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00816-9>
- Pallarés, J., González, A. & Arauzo, I. (2018). Production and characterization of activated carbon from barley straw by physical activation with carbon dioxide and steam. *Biomass Bioenergy*, 115:64-73. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.04.015>
- Pereira, R., Martins, C., Mendes, N., Farias, L., Ferreira, R., Oliveira, A., Oliveira, M. & da Costa, R. (2014). Preparation of activated carbons from cocoa shells and siriguela seeds using H₃PO₄ and ZnCl₂ as activating agents for BSA and α-lactalbumin adsorption. *Fuel Processing Technology*, 126:476–486. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.06.001>
- Pezoti, O., Cazetta, A., Bedin, K., Souza, L., Martins, A., Silva, T., Santos, O., *et al.* (2016). NaOH-activated carbon of high surface area produced from guava seeds as a high-efficiency adsorbent for amoxicillin removal: Kinetic, isotherm and thermodynamic studies, *Chem. Eng. J.*, 288: 778-788. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.12.042>
- Queiroz L., de Souza L., Thomaz K., Leite E., da Rocha G., do Nascimento L., de Oliveira L., *et al.* (2020). Activated carbon obtained from amazonian biomass tailings (acai seed): Modification, characterization, and use for removal of metal ions from water. *J. Environ. Manag.*, 270: 110868, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110868>
- Zięzio, M., Charnas, B., Jedynak, K., Hawryluk, M., Kucio, K. (2020). Preparation and characterization of activated carbons obtained from the waste materials impregnated with phosphoric acid (V). *Appl. Nanosci.* 10:4703–4716. <https://doi.org/10.1007/s13204-020-01419-6>

SEIS ANOS DE H2PORTO, O REPOSITÓRIO CENTRALIZADO DE DADOS DA AEDPORTO, E.M., BASEADO NO DATALAKE NAVIA

Andreia Vieira* ¹, João Delgado², Jorge Tavares³, Nelson Silva⁴,
Maria João Veiga⁵, Marisa Pimentel⁶, Moisés Neves⁷

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: avieira@naviasolutions.com (Eng.^a Andreia Vieira)

1 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

2 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

3 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

4 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

5 Águas e Energia do Porto, E.M., Rua Barão de Nova Sintra 285, 4300-367 Porto, Portugal

6 Águas e Energia do Porto, E.M., Rua Barão de Nova Sintra 285, 4300-367 Porto, Portugal

7 Águas e Energia do Porto, E.M., Rua Barão de Nova Sintra 285, 4300-367 Porto, Portugal

RESUMO

Em 2016 a Águas e Energia do Porto, E.M. assumiu estrategicamente o repto de desenvolver uma “Plataforma Tecnológica de Gestão Integrada do Ciclo Urbano da Água”. Esta plataforma - atualmente designada por H2PORTO - teve como objetivo principal permitir efetuar a gestão das operações e atividades de manutenção num único local visando a eficiência da gestão de recursos alinhada com o conceito de Smart Water Management. Baseada na plataforma NAVIA, o H2PORTO, dota todas as equipas da AEdPorto de uma ferramenta de trabalho colaborativo que promove o conhecimento, a previsão, a agregação de dados e o apoio à decisão, tornando-se o backbone do negócio desta entidade.

A gestão diária da atividade da AEdPorto é baseada num vasto leque de dados, no conhecimento da sua infraestrutura e no registo das atividades operacionais cujo processamento e disponibilização é fundamental para a obtenção e melhoria de resultados, bem como, para a avaliação da sua atividade e para a implementação de processos de melhoria. Estes dados têm origem num grande e disperso número de fontes que, antes da implementação do H2PORTO, se encontravam dispersos em várias bases de dados e softwares, pelo que um dos objetivos maiores da plataforma era a organização e a disponibilização de toda esta informação e conhecimento.

Desde a sua implementação, e até à presente data, o H2PORTO incorpora um conjunto alargado de dados oriundos de cerca de vinte e duas fontes diferentes a referir - SIG, rede de sensores em tempo real, contadores domésticos, SCADA, laboratório, sistema de faturação, estações meteorológicas, ordens de serviço e logística, entre outros. A estes dados obtidos por “meios digitais” acrescem todos os dados originados na atividade das equipas operacionais, de manutenção, de qualidade e de fiscalização que são efetuados no software NAVIA. O H2Porto tem, pois, em pleno funcionamento e há mais de 6 anos, o emergente conceito de DATALAKE, tendo-o completamente embebido no dia-a-dia das suas equipas, na sua gestão e na sua tomada de decisão.

O datalake H2PORTO armazena e processa atualmente grandes volumes de dados que são posteriormente processados e utilizados como base para uma grande variedade de necessidades analíticas que abrangem todas as áreas do negócio da AEdPorto. Devido à sua arquitetura aberta e escalável, o NAVIA.link, que é a base do DATALAKE do H2PORTO, acomoda todo o tipo de dados, de qualquer origem, com garantia de fiabilidade e com plena disponibilidade para toda a equipa e para todos os processos da empresa.

A disponibilidade de toda a informação de forma consistente, fiável e centralizada tem permitido

utilizar esses dados como fonte para outros projetos desenvolvidos pela AEdPorto tais como – H2Leaks, H2Meter, H2Bill, SAT, entre outros. São projetos inovadores que, contribuem diariamente para um aumento de eficiência nas operações desenvolvidas pela empresa, e que discriminamos de seguida:

A plataforma H2Leaks, que se baseia em algoritmos de inteligência artificial (*machine learning*) e na interligação entre várias fontes internas e externas, o que permite o tratamento de um volume muito significativo de dados, assim como a emissão de alertas de fugas em condutas. O sucesso deste projeto fez com que, em 2022, se avançasse para uma nova versão, H2Leaks v2 - alertas e fugas na rede predial, onde os principais objetivos foram a criação de um novo módulo para deteção e geração de alertas de fugas nos consumidores equipados com telemetria.

Em 2021 foi desenvolvido o H2METER, que visa a otimização de rotas através de algoritmos de IA e que tem tido resultados muito positivos no trabalho diário realizado pela AEdP. A sua implementação resultou num aumento de produtividade superior a 20% no desempenho das equipas operacionais, ao nível das distâncias percorridas no terreno, permitindo aumentar o número de serviços realizados, bem como o cumprimento atempado de agendamentos com Clientes.

O H2Porto integra, também, automaticamente requisições ou pedidos de serviço com base nas interações com os clientes provenientes da aplicação SAT (Script de Atendimento Telefónico). A plataforma SAT foi desenvolvida para elevar a qualidade do serviço de atendimento ao cliente, assegurando que as interações com os Clientes seguem uma metodologia alinhada com os padrões de qualidade estabelecidos e, ao mesmo tempo, otimizar os processos internos, no sentido de um maior foco e de uma melhor e mais rápida resposta ao Cliente. A integração do SAT com o H2Porto permitiu simplificar o processo de acompanhamento e resolução de problemas, garantindo que nenhuma solicitação seja perdida ou esquecida.

O H2Bill (faturação de serviços técnicos), lançado em março de 2022, integra as intervenções do H2Porto com o cadastro disponível numa aplicação da AEdP relativa à gestão dos prédios, com vista a agilizar a emissão de faturas dos serviços técnicos realizados.

Volvidos 6 anos com este ambicioso processo de digitalização e de inovação no terreno, vamos apresentar neste artigo resultados, mas, sobretudo, falar de futuro, para o qual temos uma grande dose de ambição e de motivação. Numa altura em que tanto se fala de digitalização, de inovação, de eficiência hídrica, de alterações climáticas e de sustentabilidade, o projeto H2Porto, é um caso concreto do rumo que uma equipa e uma empresa materializam há vários anos.

Com o recente alargamento da área de atuação da AEdPorto para a energia prevêem-se projetos futuros na plataforma H2PORTO nesta área, tais como, elaboração de dashboards específicos para a Sala de Comando desta entidade que visem o controlo e monitorização da rede (iluminação pública, controlo do carregamento dos veículos elétricos, entre outros).

Palavras Chave – Datalake, Middleware, Gestão Operacional, Inovação, Agregação de dados, Eficiência Hídrica, Sala de Comando

LIFEGUARD - O CAMINHO PARA A SEGURANÇA DOS COLABORADORES

Andreia Vieira*¹, João Delgado¹, Jorge Tavares¹, Liliana Afonso²,
Pedro Carvalho², Frederico Lopes², Susana Carvalho²

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: avieira@naviasolutions.com (Eng.^a Andreia Vieira)

1 NAVIA, Av. Dom Afonso Henriques 1122 sala L, 4450-011 Matosinhos, Portugal

2 Águas do Norte, S.A., Rua Dom Pedro de Castro nº1 A, 5000-669 Vila Real, Portugal

RESUMO

O risco profissional e segurança no trabalho é definido como a possibilidade de um trabalhador sofrer um dano provocado por um trabalho que estava a efetuar.

Atualmente a segurança no trabalho só é garantida se forem conhecidos todos os riscos e implementadas todas as medidas adequadas para garantir o bem-estar e segurança dos colaboradores.

Todos os tipos de trabalho apresentam riscos para a segurança dos trabalhadores, sendo que, a prevenção desses mesmos riscos resulta de uma análise sistemática que permitirá desenvolver uma atividade segura na realização de qualquer tipo de tarefa.

As entidades gestoras não escapam a este pergaminho, sendo a segurança e saúde dos colaboradores uma prioridade. A gestão segura e eficiente dos serviços de saneamento e abastecimento requer que sejam adotadas medidas baseadas no risco com a intenção de não comprometer a segurança dos colaboradores.

Nesse sentido, diferentes processos de prevenção devem ser adotados para garantir que o risco é minimizado e as variáveis às quais o colaborador é exposto são diminuídas.

As pessoas são o ativo mais importante e por esse mesmo motivo devem ser implementadas todas as medidas de segurança possíveis que possam garantir a sua segurança e conforto.

Nesse sentido, desenvolveu-se o *Life Guard* através de uma parceria entre a Águas do Norte e o NAVIA, que funciona como um módulo no sistema de gestão operacional, GERE, permitindo monitorizar a realização de tarefas e enviar alertas imediatos em caso de emergência.

O processo de ativação deste sistema pode ser obrigatório ou não, dependendo da parametrização realizada previamente.

Através deste sistema é possível monitorizar todos os pedidos ativos no Centro de Alertas e Notificações e em caso de emergência será enviado um SMS e e-mail para a equipa de monitorização responsável pelo trabalho daquele colaborador ou equipa.

Este é um processo inovador que permite ao colaborador a realização de tarefas em locais remotos com exposição a inúmeros perigos e ameaças de forma segura e com monitorização constante.

O sistema *Life Guard* está diretamente inserido na App de mobilidade existente e quando o colaborador realizar uma tarefa que possa ser considerada perigosa ativa o mecanismo de segurança.

O próprio colaborador define o tempo que irá demorar a realizar a tarefa, passado esse tempo é gerado um alarme que será enviado diretamente para a equipa de monitorização que saberá prontamente que o colaborador necessita de auxílio.

Durante a realização da tarefa o colaborador também tem a opção de gerar o alarme de forma imediata se for confrontado com perigo iminente.

O *Life Guard* apresenta inúmeras vantagens, entre elas estão a monitorização em tempo real das

condições de segurança dos colaboradores, a rápida mobilização para resposta a eventuais emergências e por fim o aumento da confiança por parte dos colaboradores que se sentem mais confortáveis a trabalhar sabendo que existe um mecanismo de segurança que pode funcionar como um salva-vidas.

Ao nível de gestão operacional, este sistema permite avaliar que tipos de tarefas são potencialmente perigosas através da sua ativação. Será possível obter uma série de indicadores que aliados à matriz de gestão de risco permitirão a minimização dos riscos a que os colaboradores estão sujeitos.

Assim, o *Life Guard* contribuí para um ambiente de trabalho mais seguro e confortável para todos.

Palavras Chave – *Life Guard*, Segurança, Inovação, Gestão Operacional, Alarme, Monitorização, Emergência.

NORBI – TRANSFORMAR A EXPERIÊNCIA DO CLIENTE NUMA ENTIDADE GESTORA DE ÁGUA

Joana Araújo¹, Maria João Oliveira¹, Moisés Neves¹, Rita Carrapatoso¹, Sara Silva¹

1 Águas e Energia do Porto, Rua Barão Nova Sintra, 285, Portugal

RESUMO

A Águas e Energia do Porto, EM (AEdP) é uma entidade empresarial local de âmbito municipal dotada de autonomia estatutária, administrativa e financeira, constituída em outubro de 2006, cujo capital social é detido, na totalidade, pela Câmara Municipal do Porto. O seu objeto social corresponde à gestão integrada e sustentável de todo o ciclo urbano da água no Município do Porto. A esta vertente juntou-se a definição e execução da estratégia energética municipal, após a alteração e republicação dos estatutos em novembro de 2020. Estão, assim, englobadas as seguintes atividades: distribuição de água (sistema em baixa), drenagem e tratamento de águas residuais (sistemas em baixa e em alta), drenagem de águas pluviais, gestão das linhas de água (rios e ribeiras urbanas), gestão da frente marítima, gestão da energia e promoção da educação ambiental e da sustentabilidade.

A NORBI enquadra-se na estratégia de transformação digital da AEdP, já que se apresenta como um projeto verdadeiramente transformador na forma como a organização comunica com o cliente. Este projeto surge como resposta aos desafios identificados, como a complexidade dos procedimentos de atendimento ao cliente, a existência de múltiplos canais de comunicação, a falta de uniformidade na comunicação e a necessidade de criar um histórico de interações. O projeto nasce da vontade da AEdP de melhorar e transformar a experiência do Cliente sempre que este entra em contacto com a empresa, a par da necessidade de potenciar as ferramentas internas de trabalho, nomeadamente no sentido de assegurar um maior foco e uma melhor e mais rápida resposta ao Cliente. A solução identificada foi o desenvolvimento de uma ferramenta que permitisse agregar todas as comunicações digitais e otimizar os processos de comunicação com o Cliente Cliente (pedidos de informação, pedidos de serviço, sugestões, reclamações, elogios, entre outros). Como resultado deste projeto desenvolveu-se uma plataforma, a funcionar desde dezembro de 2022, que foi desenhada para dar resposta aos seguintes objetivos:

- Quantificar e melhorar o nível de serviço prestado ao Cliente, através da adequação e uniformização da comunicação digital com o Cliente;
- Sistematizar os processos que decorrem de pedidos do Cliente e definir as tipologias de interações e procedimentos internos para automatizar a atribuição de pedidos do cliente e agilizar a comunicação interna e o rastreamento de informação relacionada com um pedido do Cliente.
- Criar um histórico, devidamente estruturado, de interações com o Cliente e melhorar a gestão e a monitorização do tratamento dos pedidos do Cliente (através da disponibilização de *dashboard* para auxiliar nos processos de gestão).
- Organizar informação para reporte dos indicadores de 4.^a geração à Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).

Iniciou-se a implementação do projeto com o desenvolvimento da tipificação dos pedidos recebidos pela AEdP para automatizar a atribuição dos mesmos à respetiva unidade. A normalização destes pedidos envolveu o levantamento de informação de 33 unidades da AEdP e a construção de *workflows* de procedimentos internos, resultando numa matriz automática de atribuição de formulários baseada em temas, assuntos e sub-assuntos (TAS). Cada combinação de TAS tinha apenas um “owner”, ou seja, uma unidade responsável pelo pedido. Isso levou à criação de uma matriz com 11 temas, 51 assuntos e 381 sub-assuntos. Este levantamento decorreu um simultâneo com o desenvolvimento da

interface Norbi para gestão interna dos pedidos do cliente (funcionando como *backend* do balcão digital), e a construção de um formulário de pedidos disponível no website Fale Conosco do Balcão Digital para o cliente submeter o seu pedido. Nesta fase também se destacam as ações de comunicação interna e externa, para canalizar os pedidos para o balcão digital e possibilitar o encerramento do canal email. Também foi incluído no desenvolvimento a automatização dos registos no Customer Relationship Management (CRM) e a integração com o software de gestão documental.

A segunda fase do projeto incidiu na melhoria do website e da interface Norbi. Atualmente os desenvolvimentos no website já incluem a construção de respostas para um conjunto de perguntas frequentes dos clientes (FAQs interativas), tendo sido construída uma *knowledge base* interna que incorpora mais de 400 perguntas e respostas para esclarecimento de dúvidas dos clientes. Relativamente à interface Norbi, até ao momento já foi possível implementar um novo módulo na interface, que permite realizar a gestão de tarefas associadas a pedidos. Este novo módulo permite que, internamente, seja pedido apoio a uma unidade diferente do “owner” do pedido, sem que este seja removido da sua responsabilidade.

A comunicação interna e a formação desempenharam um papel crucial no sucesso da implementação da Norbi. A empresa investiu em campanhas de comunicação interna, adotando a cor rosa Barbie como parte da identidade da Norbi, que também está incorporado no *lettering* da aplicação, além da impressão em 3D de pins e da realização de eventos corporativos associados ao tema. As campanhas foram alinhadas com o lançamento do filme da Barbie e incluíram formação em cascata para os colaboradores, enfatizando a importância do envolvimento de todos na adoção da plataforma. A AEdP também realizou uma segunda fase de formação para capacitar as equipas para os novos desenvolvimentos e os colaboradores demonstraram um alto nível de aceitação da plataforma, resultado do envolvimento de todos na sua construção.

Desde a implementação da Norbi, observam-se mudanças organizacionais significativas que permitiram à AEdP dar uma resposta mais eficaz e rápida aos clientes. Destacam-se os principais resultados:

- Diminuição do tempo de resposta em cerca de 96%, reduzindo o lead time dos pedidos digitais dos clientes de 35 dias (final 2022) para 1,5 dias (final 2023), tendo sido o objetivo inicialmente traçado para o ano de 2023 de 5 dias;
- Resposta a pedidos digitais: em 2023 foram rececionados e respondidos mais de 20.000 pedidos, tendo em 2022 sido registados cerca de 15.000 pedidos. Os mesmos são respondidos por um total de 152 utilizadores, abrangendo um total de 31 áreas da empresa;
- Automatização e distribuição eficiente dos contactos: eliminação de tempos no tratamento manual, encaminhamento e classificação de pedidos;
- Uniformização na comunicação com o Cliente: disponibilização de respostas padronizadas, promovendo uma abordagem mais consistente e homogénea;
- Empoderamento do Cliente: possibilidade do cliente classificar o seu pedido como reclamação, dar o seu pedido como concluído ou responder ao mesmo, mantendo-o em aberto, o que contribui para uma maior satisfação;
- Simplificação da comunicação digital com o Cliente: centralização de pedidos, respostas, documentos e dados associados aos pedidos;
- Melhor monitorização: acesso a um conjunto de dados que permitem acompanhar e avaliar o atendimento digital, em número, *lead time* e monitorização da qualidade.

Palavras Chave – inovação, tecnologia, atendimento ao cliente, comunicação

CONTRIBUTOS PARA A HISTÓRIA RECENTE DA OCUPAÇÃO E USO DO SOLO NO ALGARVE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE IMAGENS DE SATÉLITE

Pedro Luiz¹, Carlos Guerrero^{1 2}, Nuno de Santos Loureiro*¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. email: nlourei@ualg.pt

¹ Universidade do Algarve - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Gambelas, 8005-139 FARO, Portugal

² MED - Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento, Pólo Algarve, Campus de Gambelas, Edifício 8, 8005-139 FARO, Portugal

RESUMO

O lançamento do Programa Landsat, no início da década de 1970, mudou a forma como o Planeta passou a ser, desde então, continuamente observado. A detecção remota emergiu como uma fonte de informação fundamental, se não mesmo indispensável, para atingir objectivos muito diversificados, e entre eles o de permitir a elaboração de cartografias da ocupação e uso do solo a escalas geográficas regionais, nacionais e continentais. Nas cinco décadas que o Programa Landsat já conta, são quatro as principais gerações de satélites. Cada uma delas conseguiu substanciais melhorias tecnológicas, a que se juntaram ganhos no processamento das imagens adquiridas pelos diversos sensores em órbita. Desde 1982, com o lançamento do Landsat 4, o qual marcou o início da segunda geração de satélites, passaram a ser utilizados sensores ópticos TM (*Thematic Mapper*) de sete bandas espectrais e resolução espacial de 30 metros. As imagens adquiridas pelos sensores começaram a ser pré-processadas pelos proprietários do Programa Landsat, para fornecerem informação de Level-2 (*atmospherically-corrected surface reflectance*) com a robustez adequada para análises espaciais e temporais.

A política norte-americana de grande abertura à sociedade civil, associada à generalização da internet, veio permitir, progressivamente, o livre acesso, o *download*, o pós-processamento e a análise detalhada de um manancial quase infinito de informação multi-espectral obtida por detecção remota.

A União Europeia, em data muito posterior, começou também a contribuir para o incremento das fontes de informação obtidas a partir de sensores instalados em satélites. Em 2015 teve início a constelação de satélites Sentinel-2, parte do Programa Copernicus, que oferece um número mais alargado de bandas espectrais e uma resolução espacial nove vezes superior. A política de livre acesso à informação foi igualmente adoptada, permitindo adicionar os produtos Sentinel-2 aos produtos Landsat.

Toda esta informação tem vindo a ser utilizada, por exemplo, para a produção de cartografia da ocupação e uso do solo (LCLU - *Land Cover Land Use*). Em Portugal, a Direção-Geral do Território tem-se destacado pela produção das COS - Cartas de Uso e Ocupação do Solo, relativas a diversas datas, complementadas com as COSc, ou seja, as COS conjunturais. Mas estes valiosos produtos cartográficos não esgotam todo o potencial de análise e interpretação da informação proveniente das imagens dos satélites Landsat e Sentinel-2.

Em paralelo com o desenvolvimento das tecnologias de detecção remota, foram ganhando destaque os métodos de utilização da informação que passou a estar disponível. Índices calculados a partir das reflectâncias das diferentes entidades presentes à superfície do Planeta, medidas pelos sensores instalados nos Landsat e Sentinel-2, asseguram a obtenção de informação sobre as ocupações e usos do território. O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), proposto por Krieger *et al.* em 1969, foi um dos índices quantitativos que alcançou maior popularidade, por se basear em cálculos simples, de interpretação igualmente simples, e também por ser considerado um indicador associado à caracterização da vegetação e de outras ocupações do solo. O NDVI foi, e continua a ser,

ao longo da mais recente década, beneficiário de um impulso adicional, com a nova oportunidade criada pela instalação de sensores multi-espectrais em plataformas distintas, como os drones, os quais, sobrevoando a superfície do Planeta a altitudes muito inferiores, permitiram um incremento substancial na resolução espacial das imagens, a par da minimização dos efeitos da atmosfera.

O NDVI é um indicador utilizado para avaliar o estado vegetativo e a densidade do coberto vegetal. Assume valores entre -1 e 1, com os números mais altos a indicar maior actividade vegetativa e/ou maior densidade foliar (LAI - *Leaf Area Index*). Em posições geográficas como a de Portugal continental, na Primavera e no Verão as plantas tendem a ter um aumento na actividade vegetativa e, conseqüentemente, maior crescimento. As folhas verdes são mais abundantes e também mais verdes. A carência de um qualquer factor de produção que leve à diminuição do teor de clorofila e/ou ao aparecimento de folhas mais secas fará com que os valores de NDVI sejam reduzidos. As culturas não regadas, que dependem principalmente da precipitação, têm variações intra-anuais mais pronunciadas de NDVI, refletindo os ciclos climáticos sazonais e de disponibilidade de água. Durante os períodos estivais é expectável que as áreas não regadas apresentem uma vegetação menos verde e com menores valores de NDVI, conseqüência de um estado de stress hídrico. Áreas ocupadas com culturas regadas tendem a exibir números mais altos. A presença de água adicional possibilita a manutenção da actividade vegetativa e, conseqüentemente, a vegetação evidenciará valores superiores de NDVI. A utilização do NDVI no final do Verão pode permitir, na análise do coberto vegetal, a distinção entre áreas de regadio e de sequeiro. Estas observações, feitas ao longo de anos, podem ser utilizadas para analisar a instalação e expansão de regadios, nomeadamente, com pomares de citrinos, de abacates e mesmo de olival.

No presente estudo, levado a cabo para a região do Algarve (5.000 km²), situada no sul de Portugal continental, são revisitadas quatro décadas de imagens Landsat (Landsat 4 a Landsat 9) e oito anos de imagens Sentinel-2. É feita uma análise cronológica, ao longo desses anos, para os meses do período estival (Julho, Agosto e Setembro). Foi feito o cálculo sistemático do NDVI para toda a região, ano a ano, entre o início da década de 1980 e o final de 2023. A série cartográfica dos NDVI médios estivais anuais foi depois seccionada em quadrículas pentaquilométricas ETRS89. Com base nos valores de cada um desses polígonos é feita uma análise da evolução dos NDVI médios estivais ao longo de quatro décadas, no Algarve, com um especial foco para a estimativa da cartografia das áreas de regadio e das áreas de sequeiro. Os resultados obtidos, de cariz preliminar, são comparados com cartografias diversas, nomeadamente as COS e COSc, os perímetros de rega e ortofotografias a cores e a infravermelho / falsa cor, com o intuito de validar quer a metodologia estabelecida, quer os próprios resultados.

Palavras Chave – Detecção Remota; Landsat; NDVI; Regadio; Sentinel-2; Sequeiro.

Financiamento – Este estudo está integrado no projecto “Ground level multispectral indices, vegetation, water and short-term forecasts”.

A EXPANSÃO DA CÉLULA DE HADLEY E A ESCASSEZ DE ÁGUA NA REGIÃO DO ALGARVE

Rui Lança* ¹, Carlos O. Silva¹, Helena Maria Fernandez²,
Fernando Miguel Granja-Martins²

¹ Universidade do Algarve, Campus da Penha, Faro, Portugal

² CinTurs-Centro de Investigação em Turismo, Sustentabilidade e Bem-estar, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Faro, Portugal

RESUMO

A Célula de Hadley (CH) é uma característica marcante da circulação atmosférica da Terra (Figura 1) que abrange metade do planeta. O ar quente sobe perto do equador e move-se em direção ao Pólo e o ar frio desce nos subtrópicos e depois desloca-se para o equador. Esta circulação reduz o gradiente de temperatura associado à radiação solar recebida.

O ramo ascendente forma a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), cuja posição oscila em função da estação do ano, caracterizando-se por intensas tempestades e chuva abundante. O ramo descendente produz uma alta pressão atmosférica semipermanente em torno da latitude 30° tanto no hemisfério norte como no hemisfério sul. Este fenómeno tem um grande impacto no tempo e no clima nos trópicos, resultando num tempo sem nuvens e sem chuva.

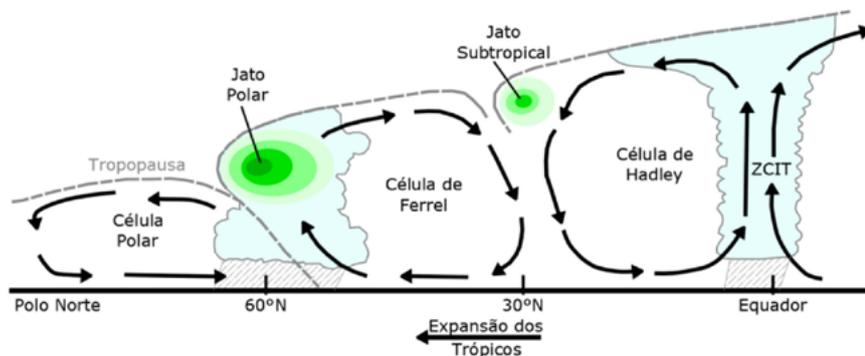


Figura 1 – Modelo esquemático das células de circulação das massas de ar.

O aumento da concentração de gases com efeito estufa (GEE) na atmosfera e o consequente aumento da temperatura (Figura 2) promove a intensificação do movimento convectivo no equador, apresentando-se como a causa mais provável para a expansão da CH (Grise & Davis, 2020). Nas últimas décadas, no inverno, o Anticiclone dos Açores (AA) tem registado um

aumento da pressão (Iqbal *et al.*, 2019). O AA representa o ramo descendente da CH no setor do Atlântico Norte (AN) e o aumento da pressão do AA é uma consequência da expansão da CH no AN, atribuída à recente tendência de aquecimento global (Iqbal *et al.*, 2019). A expansão da CH e o consequente recuo da Célula de Ferrel (CF) resulta da deslocação da massa de ar das regiões desérticas para latitudes mais elevadas, promovendo condições mais secas nas regiões subtropicais semiáridas (Schmidt & Grise, 2017), incluindo o mediterrâneo, o sudoeste dos Estados Unidos, o sul da Austrália e o sul de África (IPCC, 2021).

O Sul da Península Ibérica, especialmente o Algarve, é particularmente suscetível à expansão da CH, pois a latitude 37° a que se encontra, a situa na fronteira entre a CF e a CH. No Verão o AA prevalece, associado ao bom tempo e ausência de chuva. Já no inverno os sistemas frontais vindos de Noroeste, associados à ocorrência de precipitação, dominam o estado do tempo, sendo o primeiro consequência do ramo descendente da CH e o segundo um elemento da CF. Em conjunto estes sistemas tendem a variar de intensidade gerando a Oscilação

do Norte Atlântico (NAO). O modo de circulação da NAO influencia o clima da superfície do continente europeu, tendo este um padrão intra-anual não estacionário, ou seja, a força da correlação entre o índice NAO e as variáveis climáticas locais indicam alterações interdecadais (Trigo *et al.*, 2004).

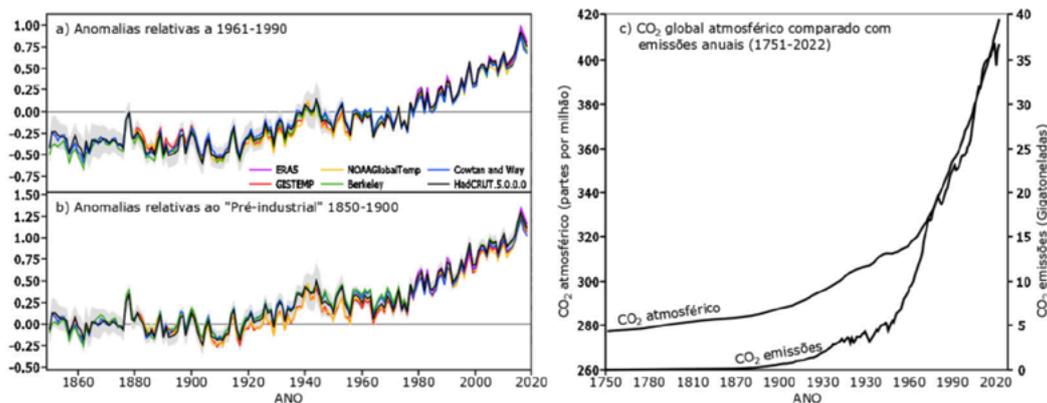


Figura 2 – a) Avaliação da variação da temperatura à superfície desde 1850: o conjunto de dados HadCRUT5 (Morice *et al.*, 2021); b) Concentrações e emissões de CO₂ na atmosfera 1751 – 2022 (NOAA, 2023).

Neste contexto, a precipitação e a temperatura no Sul na Península Ibérica têm vindo a ser analisadas, indo além da vertente histórica da sua evolução em função do cenário de emissão dos GEE. Esta análise tem como referência as trajetórias representativas de concentração (RCP) para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 (Lorenzo *et al.*, 2024), que assumem, respetivamente, uma estabilização das emissões no século XXI e um aumento contínuo das emissões no século XXI.

Estas projeções apontam para uma alteração climática severa, independentemente de o futuro seguir uma aproximação ao cenário RCP4.5 ou RCP8.5. Em conjunto, a diminuição da precipitação e o aumento da temperatura (Costa & Soares, 2009; Guerreiro *et al.*, 2016; Lorenzo *et al.*, 2024) contribuem para o aumento da aridez e para um cenário em que a disponibilidade de água não é suficiente para as necessidades (escassez), exigindo uma gestão eficiente e apontando para a necessidade de uma política de gestão da água.

Palavras Chave – Célula de Hadley, Célula de Ferrel, Precipitação, Temperatura, Algarve, Gestão da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Costa, A. C., & Soares, A. (2009). Trends in extreme precipitation indices derived from a daily rainfall database for the South of Portugal. *International Journal of Climatology*, 29(13), 1956–1975. <https://doi.org/10.1002/joc.1834>
- Guerreiro, S. B., Kilsby, C. G., & Fowler, H. J. (2016). Rainfall in Iberian transnational basins: A drier future for the Douro, Tagus and Guadiana? *Climatic Change*, 135(3), 467–480. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1575-z>
- Grise, K. M., & Davis, S. M. (2020). Hadley cell expansion in CMIP6 models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(9), 5249–5268. <https://doi.org/10.5194/acp-20-5249-2020>
- Iqbal, M. J., Rehman, S. U., Hameed, S., & Qureshi, M. A. (2019). Changes in Hadley circulation: The Azores high and winter precipitation over tropical northeast Africa. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(3), 2941–2948. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02765-4>
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1.a ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Lorenzo, M. N., Pereira, H., Alvarez, I., & Dias, J. M. (2024). Standardized Precipitation Index (SPI) evolution over the Iberian Peninsula during the 21st century. *Atmospheric Research*, 297, 107132. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.107132>
- Morice, C. P., Kennedy, J. J., Rayner, N. A., Winn, J. P., Hogan, E., Killick, R. E., Dunn, R. J. H., Osborn, T. J., Jones, P. D., & Simpson, I. R. (2021). An Updated Assessment of Near-Surface Temperature Change From 1850: The HadCRUT5 Data Set. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126(3), e2019JD032361. <https://doi.org/10.1029/2019JD032361>
- NOAA. (2023). *CO2 emissions vs concentrations 1751-2022*. NOAA Climate.gov. <https://www.climate.gov/media/14596>
- Schmidt, D. F., & Grise, K. M. (2017). The Response of Local Precipitation and Sea Level Pressure to Hadley Cell Expansion. *Geophysical Research Letters*, 44(20), 10,573-10,582. <https://doi.org/10.1002/2017GL075380>
- Trigo, R. M., Pozo-Vázquez, D., Osborn, T. J., Castro-Diez, Y., Gámiz-Fortis, S., & Esteban-Parra, M. J. (2004). North Atlantic oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 24(8), 925–944. <https://doi.org/10.1002/joc.1048>

GOVERNANÇA ADAPTATIVA: A TRANSIÇÃO NECESSÁRIA PARA UMA GESTÃO JUSTA E RESILIENTE DA ÁGUA

Carla Gomes* ¹, Marcella Melo¹, Luísa Schmidt¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: carla.gomes@ics.ulisboa.pt (Doutora C. Gomes)

¹ Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa (ICS-ULisboa)
Avenida Prof. Aníbal Bettencourt, 9, 1600-189 Lisboa, Portugal

RESUMO

A última década foi a mais quente jamais registada, coincidindo com secas intensas e prolongadas que têm vindo a agravar os cenários de escassez de água em muitas regiões do mundo. Na Europa, a crise da água afeta em especial os países do Sul, em particular regiões como o Alentejo e o Algarve, que já chegaram mesmo a ter de impôr o racionamento dos consumos à agricultura, turismo e setor doméstico. Perante este cenário, a Comissão Europeia anunciou uma nova estratégia para a resiliência hídrica, que acabou por ser adiada num momento de acesa controvérsia sobre a implementação do Pacto Ecológico Europeu.

Esta comunicação aborda os principais desafios que se colocam na actualidade à governança da água na Europa, a partir de uma análise comparativa sobre as seis cidades e regiões constituídas em Laboratórios Vivos do projeto B-WaterSmart (Research and Innovation Action financiada pela Comissão Europeia através do programa H2020, Grant Agreement n.º 869171). A partir da experiência de Lisboa (Portugal), Alicante (Espanha), Frísia Oriental (Alemanha), Bodø (Noruega), Flandres (Bélgica) e Veneza (Itália), apresentamos um conjunto de recomendações-chave para uma governança adaptativa da água.

Complementamos esta análise com a referência às boas práticas de governança adaptativa ao nível nacional, regional e local, nomeadamente por parte dos municípios que desenvolvem as suas estratégias e planos de adaptação com envolvimento efetivo dos atores locais. Terminamos com um conjunto de recomendações com vista a uma gestão mais sustentável, justa e adaptativa do recurso água em Portugal, tendo em conta a sua posição de particular vulnerabilidade ambiental, social e económica.

No contexto europeu o risco de escassez hídrica afeta de forma particular os países do Sul, mas tende a abranger um território cada vez mais vasto e uma crescente percentagem da população. O aumento dos consumos nas últimas décadas – dos domésticos à agricultura passando pela indústria – associado ao turismo e às populações sazonais em algumas regiões, tem contribuído para uma pressão cada vez maior. Uma análise da WWF publicada em 2022 estima que 17% da população do continente europeu e 13% do PIB venham a ser afetados por um risco de escassez alto a extremo até 2050 (WWF, Water Risk Filter). A Agência Europeia do Ambiente estima que a seca e as temperaturas elevadas de 2022 tenham custado aos países da União Europeia 40 mil milhões de euros (o segundo evento climático mais oneroso desde 1980, depois das cheias que afetaram a Alemanha e a Bélgica em 2021, causando perdas de 44 mil milhões de euros).

Um dos relatórios mais recentes do B-WaterSmart faz uma análise das soluções que estas regiões estão a desenvolver à luz dos 12 princípios da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico), apontando algumas recomendações que serão concretizadas no final do projeto (agosto de 2024). Entre elas, aponta-se a necessidade de criar novos programas de financiamento, bem como fornecer orientações claras a nível nacional e capacitar as autoridades locais e regionais para implementar soluções inovadoras para reutilização, recuperação de nutrientes (para a indústria e agricultura) e gestão de águas pluviais.

Para implementar este tipo de mudanças de uma forma efetiva e duradoura, o envolvimento dos cientistas sociais tem vindo a ser reforçado na transição para a sustentabilidade. Só com uma abordagem interdisciplinar e intersetorial nos poderemos adaptar às alterações climáticas, garantindo uma governança da água mais resiliente e mais justa, que passa por uma proteção adequada dos grupos sociais e setores socio-económicos mais vulneráveis. No caso do B-WaterSmart, os Laboratórios Vivos criaram Comunidades de Prática (CoPs) que têm funcionado como uma extensão à comunidade, nomeadamente aos *stakeholders* que são convidados a participar na co-criação das soluções para a gestão inteligente da água.

Paralelamente à dinamização das CoPs, a equipa do ICS-ULisboa, que coordena a área de Sociedade, Governança e Políticas, tem vindo a analisar as barreiras e os fatores impulsionadores à adoção da gestão inteligente da água, nomeadamente a aceitação da Água para Reutilização, as perceções sociais sobre a escassez hídrica e sobre o ciclo urbano da água. Além da melhoria da eficiência, diversificar as fontes de água tem sido uma das principais estratégias de adaptação à escassez. Também no âmbito do B-WaterSmart, os Laboratórios Vivos têm desenvolvido ferramentas digitais de apoio à decisão e gestão da procura, que serão determinantes num contexto de escassez hídrica.

Nos últimos anos surgiram novas políticas que trazem a oportunidade de iniciar um novo ciclo na governança da água na Europa, como o Pacto Ecológico Europeu, a Estratégia de Adaptação às Alterações Climáticas e o Plano de Ação para a Economia Circular. A revisão das diretivas sobre a qualidade de água para consumo humano e sobre o tratamento das águas residuais urbanas, bem como o regulamento sobre a reutilização de água para uso agrícola, são outros instrumentos fundamentais para impulsionar esta mudança de paradigma, bem como, em Portugal, o Plano Estratégico para o Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais que acaba de entrar em vigor (PENSAARP 2030).

A crise da água é, acima de tudo, um problema de governança, e esta terá de refletir, cada vez mais, a interligação dos ecossistemas e das comunidades humanas. Através da experiência adquirida com o B-WaterSmart ao longo de quatro anos, pretende-se contribuir para um novo paradigma de governança e para uma gestão mais sustentável do “ouro azul” na Europa e no mundo.

Palavras Chave – Governança; adaptação climática; escassez de água; justiça.

INOVAÇÃO NÃO É OPCIONAL

Helder Pereira¹

1 Vice Presidente, Tecnilab Portugal S.A., helder.pereira@tecnilab.pt

RESUMO:

Esta comunicação irá incidir de como utilizar as plataformas integradoras de dados, vulgarmente denominadas de telegestão para introduzir novas técnicas de manutenção e de gestão de ativos.

O aproveitamento das estruturas que foram criadas de comunicações como veículos de passagem de informação entre os ativos remotos (Estações Elevatórias, ETAs, reservatórios...etc) e os centros de comando e uma utilização correta, simples e precisa dessa informação pode levar a importantes ganhos operacionais.

Iremos nos focar na evolução da sensorização ao nível da manutenção condicionada (sensores de vibração, temperatura e sensores de impulso de choque para rolamentos) que permitem implementar conceitos de manutenção baseada na medida precisa da condição de máquinas. Alinhar, equilibrar, lubrificar ou mesmo trocar um rolamento só quando necessário desde que medida em continuo a sua condição e estado.

A manutenção condicionada em oposição à manutenção preventiva é uma inovação e uma modernização de conceitos que as entidades gestoras terão que equacionar. A redução de custos de manutenção e o total controlo sobre o estado dos ativos são benefícios que valem a pena.

Por outro lado, as plataformas de agregação de dados podem ser aproveitadas para proteção de ativos elétricos muito expostos a incêndios causados por variadíssimas razões, desde curto-circuitos, maus apertos ou mesmo entrada de roedores. A deteção e extinção precoce antes do seu efeito se tornar catastrófico e a rápida transmissão da informação para o centro de comando a informar que houve um incidente pode ser a diferença entre a continuidade da operação ou não.

Em resumo inovar sobre a inovação do que foram os investimentos nas plataformas agregadoras de dados para introduzir conceitos modernos de gestão de ativos, ligados à redução de custos de manutenção e à segurança e proteção de ativos que estão dispersos numa área geográfica, mas que estão acessíveis através de redes de comunicação que devem ser utilizadas e exploradas ao máximo.

A inovação tem de ser mais que uma boa intenção. Tem de fazer uma promessa e ter todas as condições para a cumprir. Reunir estas condições implica coragem por parte das organizações e decisores. Coragem para alocar recursos humanos e técnicos, e coragem para fazer o que nunca foi feito, ou fazer melhor o que já foi. Sair de zonas de conforto e acima de tudo questionar o que tem sido feito e como tem sido feito, desde testar tecnologia, e até criar ou instalar nova tecnologia. Fazer um uso efetivo desta e ser capaz de demonstrar os ganhos em o fazer. Uma nova mentalidade: ágil, analítica e curiosa, mobilização da vontade.

Implica-me a mim e a todos vós.

Palavras Chave: Inovação, tecnologia, manutenção condicionada

BIOACUMULAÇÃO DE FÁRMACOS EM AMÊIJOAS RUDITAPES DECUSSATUS EXPOSTAS À DESCARGA DE ETAR NA RIA FORMOSA

Alexandra Cravo*¹, Cristina Almeida², Sofia Silva², João Rodrigues³,
Vitor Cardoso³, Maria do Rosário Coelho⁴, Maria João Rosa⁵

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: acravo@ualg (Prof. A. Cravo)

¹ Universidade do Algarve – FCT, CIMA, Campus de Gambelas, Portugal

² iMed.UL - Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa, Av. Prof. Gama Pinto 2,
1649-003 Lisboa, Portugal

³ EPAL, S.A., Direção de Controlo de Qualidade da Água, Av. Berlim 15, 1800-031 Lisboa, Portugal

⁴ Águas do Algarve, Rua do Repouso 10, 8000-302 Faro, Portugal

⁵ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Unidade de Águas Urbanas, Av. Brasil 101,
1700-066 Lisboa, Portugal

RESUMO

Os compostos farmacêuticos activos (CFAs) são contaminantes emergentes amplamente estudados, devido ao risco significativo que podem representar para o ambiente e para os organismos vivos. Muitos destes compostos não são removidos pelas ETARs convencionais, acabando por ir parar às águas marinhas costeiras, onde podem ser detectados em organismos mesmo quando não são detetados na água ou nos sedimentos (Gaw *et al.*, 2014). A bioacumulação no biota é altamente dependente das características físico-químicas da disponibilidade dos contaminantes e dos processos ambientais, pelo que a utilização de bioindicadores é muito importante.

O sistema mesotidal da Ria Formosa no sul de Portugal (Fig. 1) é uma importante lagoa costeira do ponto de vista ecológico e socio-económico, correspondendo a principal área de produção de bivalves em Portugal. Este sistema regista uma elevada taxa de renovação de água em cada ciclo de maré; no entanto, é um sistema vulnerável, nomeadamente pela influência da descarga de efluentes tratados das ETARs, potenciada durante os meses de verão (Cravo *et al.*, 2015), correspondente à época alta turística. No presente estudo, foi realizada uma experiência de exposição com duração de um mês (junho-julho), da amêijoia *Ruditapes decussatus*, para avaliar e compreender a biodisponibilidade dos CFAs em condições ambientais reais. As amêijoas foram expostas a um gradiente de dispersão de efluentes da ETAR (Fig. 1), em três anos consecutivos (2016-2018) (Cravo *et al.*, 2022). A ETAR (Fig. 1) serve uma população de cerca de 25.000 habitantes e descarrega cerca de 4.700 m³/dia (média anual) num canal com circulação de água restrita. Os 24 CFAs foram analisados nos efluentes da ETAR, nas águas marinhas receptoras e nas amêijoas por cromatografia líquida acoplada à espetrometria de massa em tandem (LC-MS-MS) após SPE (amostras de água) ou QuEChERS (amêijoas) (Rodrigues *et al.*, 2019).

As experiências de exposição de amêijoas nos três anos mostraram que os resultados de bioacumulação dos CFAs foram bastante consistentes, o perfil dos compostos dominantes nas águas marinhas reflectiram o perfil destes nos efluentes tratados: diclofenac > carbamazepina > cafeína. As concentrações de CFAs nos efluentes, nas águas marinhas e nas amêijoas foram baixas, dentro dos intervalos encontrados na literatura. A cafeína foi consistentemente o CFA dominante nas amêijoas, seguida pelo acetaminofeno, representando os compostos mais biodisponíveis para as amêijoas. A análise global dos dados mostrou que os factores bióticos (tamanho, peso, índice de condição, estado sexual e teor lipídico) desempenharam um papel principal na absorção e bioacumulação de fármacos pelas amêijoas *Ruditapes decussatus*, explicando a dominância de cafeína e os valores mais elevados nos tecidos das amêijoas, particularmente em 2016, quando foram maiores e mais pesadas.

As propriedades físico-químicas dos CFAs (Log Kow e pKa), em interação com outros factores abióticos (como temperatura, pH e oxigénio dissolvido), desempenharam um papel secundário na bioacumulação de CFAs nas amêijoas e na variabilidade destes compostos nas águas marinhas. O gradiente de diluição teve apenas um papel terciário na variabilidade dos CFAs, sendo responsável pela discriminação espacial dos CFA na água, com o local mais afastado da da ETAR (a 1,5 km) a registar as concentrações mais baixas.



Figura 1. Localização da lagoa costeira da Ria Formosa em Portugal e vista geral da ETAR de Faro Noroeste, dos locais de exposição da amêijoas e dos locais de referência para as experiências de 2016, 2017 e 2018

O presente estudo forneceu dados consistentes e reprodutíveis sobre a bioacumulação de CFAs em espécies edíveis, como as amêijoas *Ruditapes decussatus*, obtidos em condições ambientais reais, durante três anos, em oposição aos estudos laboratoriais. O estudo da interação dos factores bióticos, das características físico-químicas dos CFAs e das condições ambientais permitiu uma melhor compreensão do processo de bioacumulação dos CFAs neste valioso recurso, que pode ser transposto para outros sistemas semelhantes.

Palavras Chave – Compostos farmacêuticos activos; *Ruditapes decussatus*; Bioacumulação.

AN INNOVATIVE STORMWATER ATTENUATION & ENHANCED INFILTRATION SYSTEM TO MITIGATE DROUGHT & FLOODING

Stephen D. Thomas^{*1}, George French¹, Joseph O'Meara², Matthew Dale²

** Engenheiro Doutor Stephen Thomas, Fellow of the Institution of Civil Engineers, e Membro da Ordem dos Engenheiros, Vice-Presidente da Comissão Especializada das Águas Subterrâneas (CEAS) da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. stephen.thomas@ogi.co.uk*

1 OGI Groundwater Specialists Ltd, City of Durham, UK

2 Groundwater Dynamics Ltd, Leamington Spa, UK

ABSTRACT

This paper describes an innovative stormwater attenuation & enhanced infiltration system, specifically designed to mitigate drought and flooding, comprising the construction of attenuation trenches, perforated pipes with a filter material surround, integrated with large numbers of drilled vertical infiltrators installed through the base of the trenches (Figure 1 & 5).

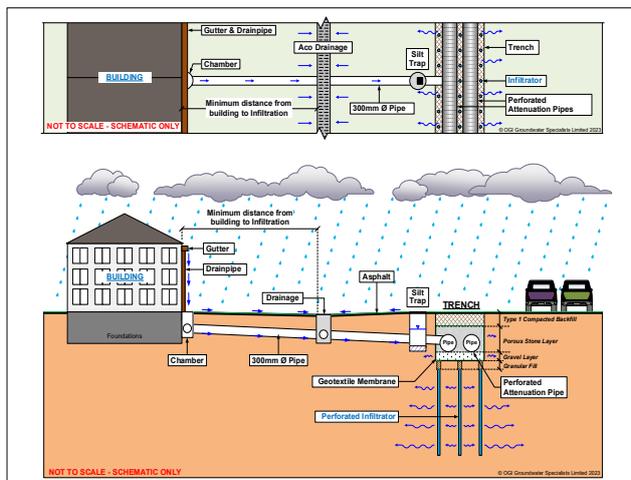


Fig. 1. Attenuation and enhanced infiltration system.



Fig. 2. Backfilling of attenuation pipes.

Combining the pressure head of the collected stormwater in the attenuation trenches, with the negative suction pressure within the unsaturated soil vadose zone, provides the differential pressure to force the collected water into the ground via these infiltrators. Furthermore, by installing vertical infiltrators, higher permeable ground strata are often encountered, particularly in anisotropic ground conditions where the horizontal permeability is much greater than the vertical permeability.

Beneath the attenuation trenches are a series of vertical infiltrators (Figures 1 & 4) which are specially designed plastic pipes which accelerate the infiltration of water into the soil. Before installing the attenuation trench, each infiltrator is installed into a 90mm diameter drilled borehole. The top of each infiltrator is set normally 300mm below the base of the trench. The length of each infiltrator normally varies between 3m and 12m, depending on the geology and volumes of water that need to be infiltrated, together with the ambient water table level.

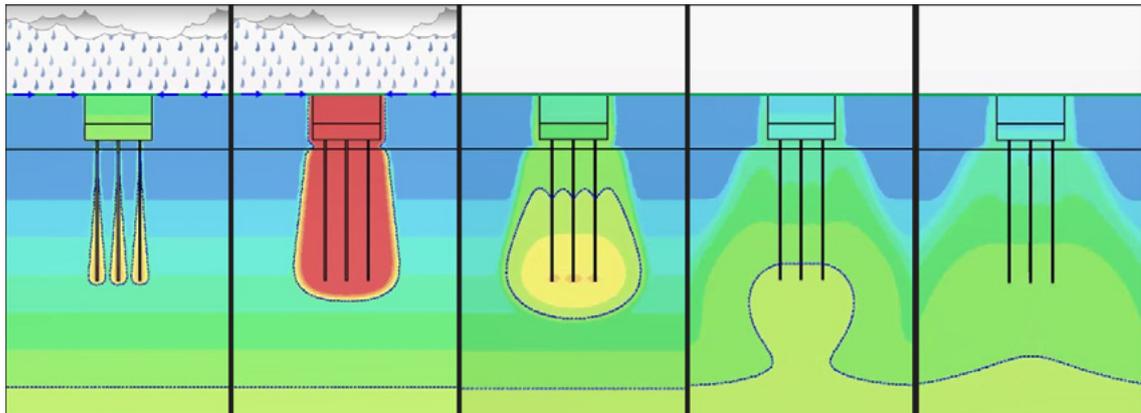


Fig. 3. Dynamic simulation of stormwater collection, attenuation and enhanced infiltration

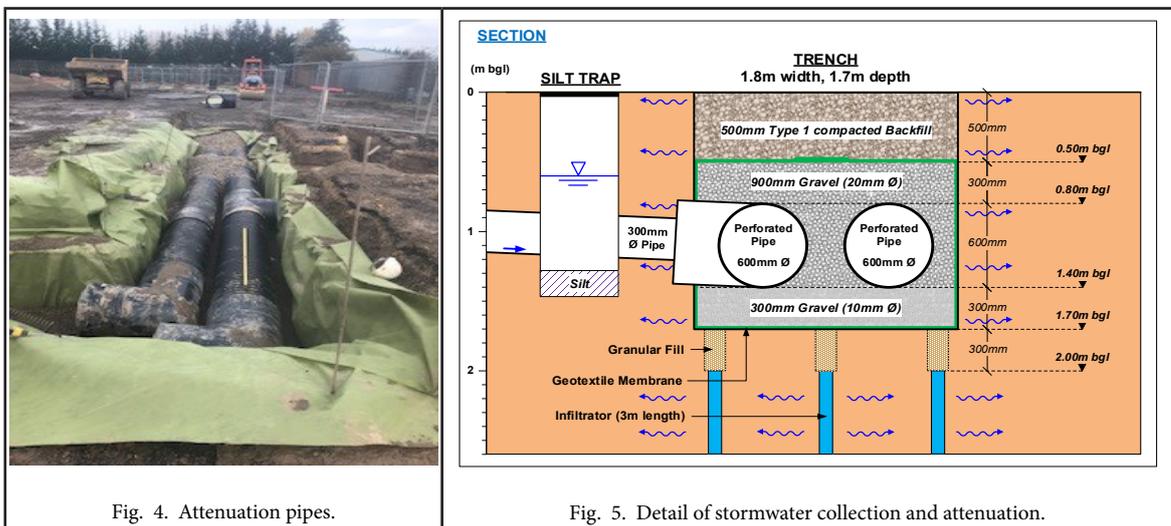


Fig. 4. Attenuation pipes.

Fig. 5. Detail of stormwater collection and attenuation.

With stormwater collected, filtered, attenuated, and then infiltrated into the vadose zone above the water table, the collected stormwater will eventually percolate its way down to the water table, and so mitigates drought conditions by supplementing the aquifer water resources.

To extend the knowledge gained from installing over 500 systems throughout the United Kingdom, mathematical models have been created to simulate flow through the infiltrator system, and into the surrounding soil strata.

Combining the storage capacity of the attenuation trenches with the infiltrator suction produces a highly efficient attenuation & infiltration system that not only mitigates the impact of flooding, but has no requirement for ongoing energy consumption.

Stormwater Attenuation & Enhanced Infiltration Systems (SAEIS) have been used regularly in the UK for many years, predominantly to mitigate both surface and groundwater flooding. In addition, these systems simultaneously result in delivering much-needed water recharge to groundwater resources. With groundwater resources similarly in decline in Portugal, and with more frequent flooding occurring due to climate change resulting in more intense rainfall, these attenuation and enhanced infiltration systems could also be most beneficial to the mitigation of the worsening hydrogeological and weather conditions of Portugal.

The stormwater attenuation & enhanced infiltration system exemplifies true low-carbon sustainability, and contributes to the United Nations Department of Economic and Social Affairs for Sustainable Development - Goal 6: Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all.

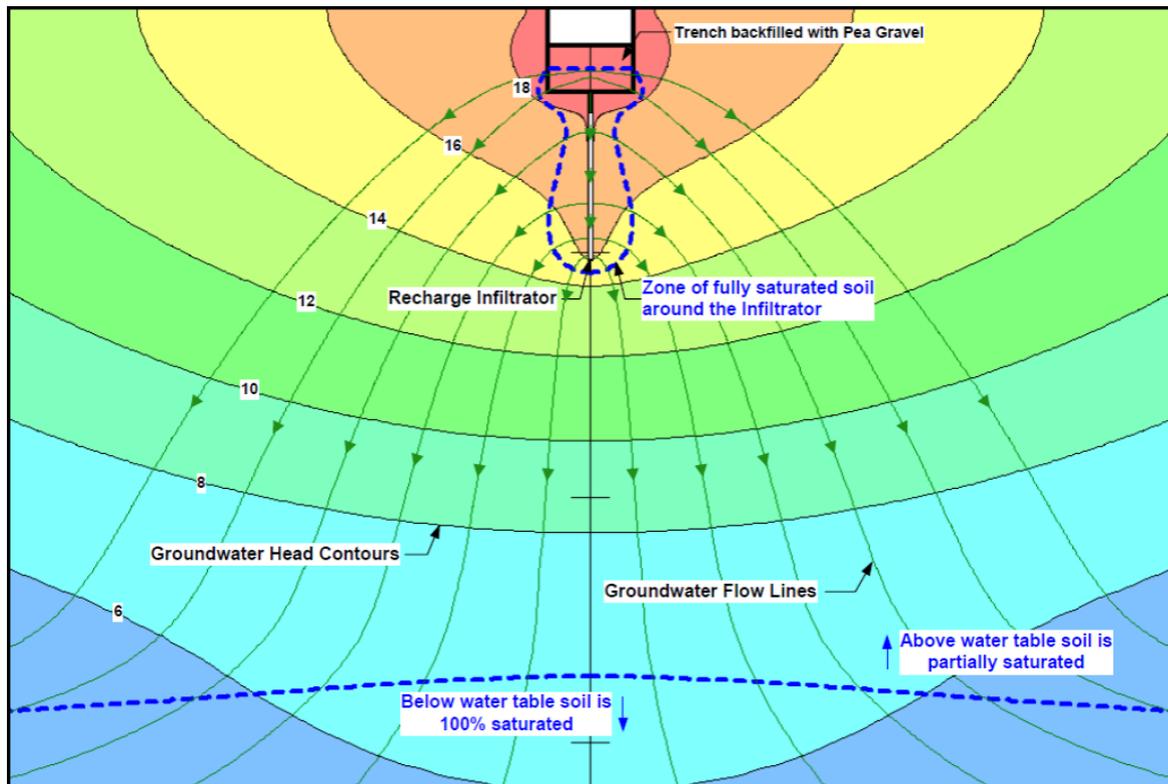


Fig. 6. Radial finite element model simulation of the water infiltration into the vadose zone.

Keywords – Stormwater, Flooding, Drought, Mitigation, Attenuation, Enhanced Infiltration

Theme – Innovation and new technologies related to water.

OBRAS DE REPARAÇÃO DO QUEBRA-MAR PRINCIPAL DO PORTO DE PONTA DELGADA. ENSAIOS EM MODELO FÍSICO

Conceição J.E.M. Fortes*¹, Rosa Emília Soares¹, Rute Lemos¹,
Luís Gabriel Silva¹, César Costa¹

* Conceição J.E.M. Fortes. E-mail: jfortes@lnec.pt

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, resoares@lnec.pt,
rlemos@lnec.pt, jfortes@lnec.pt, lgsilva@lnec.pt, ccosta@lnec.pt

RESUMO

O porto de Ponta Delgada localiza-se na cidade de Ponta Delgada na ilha de S. Miguel, no Arquipélago dos Açores. Ligado às principais vias rodoviárias da ilha, o porto possui 3 infraestruturas portuárias e 2 ancoradouros. As suas infraestruturas portuárias consistem num cais comercial, um terminal de passageiros com um cais de cruzeiros e um cais de ferries, e ainda um porto de pescas. O porto é protegido por um quebra-mar de taludes com cerca de 1500 m ao nível do coroamento (Fig. 1a), cujos mantos são constituídos por blocos de diferentes tipos, maioritariamente cubos Antifer e tetrápodes, consoante a zona do quebra-mar (Fig. 1b).



Fig.1. Porto de Ponta Delgada. a) Localização b) Vista geral do porto

Em 2 de outubro de 2019, o furacão Lorenzo atingiu as ilhas do Arquipélago dos Açores, provocando estragos significativos no molhe principal do porto de Ponta Delgada. No sentido da reposição das melhores condições de segurança, foi elaborado um projeto de reparação do molhe, tendo, nesse âmbito, sido necessária a realização dos ensaios em modelo físico tridimensional com o objetivo de avaliar a estabilidade da solução projetada para um trecho de cerca de 800 m do quebra-mar (Fig. 1 a), bem como das condições de galgamento da mesma.

O modelo físico foi construído e explorado à escala 1:65 de um dos tanques do Pavilhão de Hidráulica Marítima do Departamento de Hidráulica e Ambiente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil. A solução proposta pela empresa projetista Consulmar, é caracterizada por mantos resistentes compostos por blocos de betão do tipo Antifer, com densidade no protótipo entre 23.5 kN/m³ e 25.2 kN/m³ e com peso variável entre 236 kN e 799 kN.

Os ensaios foram realizados segundo um programa de ensaios que consiste em 6 séries de ensaios associados a 3 rumos de agitação marítima (WSW, S, SSW) e a dois níveis de maré (baixa-mar e preia-mar). Cada série de ensaios é constituída, por sua vez, por um conjunto de ensaios correspondentes a 5 períodos de pico (12, 14, 16, 18 a 20 s) e altura de onda significativa (entre 8 m e 15 m).

A verificação da estabilidade do quebra-mar foi efetuada através da quantificação e à qualificação

das quedas e dos movimentos dos cubos Antifer constituintes dos mantos e pé do talude. Complementarmente, foram efetuados levantamentos tridimensionais de cada troço do quebra-mar com recurso a um sensor Kinect®, no início e fim de cada série de ensaios.

Quanto aos galgamentos, procedeu-se à classificação qualitativa dos mesmos ao longo da obra. Foi ainda efetuada a caracterização das condições de agitação em alguns locais do modelo físico, pelo que foi colocado um conjunto de sondas resistivas com vista ao registo da elevação da superfície livre. Foram também efetuados registos fotográficos e em filme foram feitos com recurso a máquinas fotográficas de utilização corrente. A Fig.2 ilustra a divisão da obra em troços (Fig. 2a) o posicionamento do equipamento (sondas resistivas e gerador, Fig. 2b) no modelo físico, e apresenta uma visão geral do modelo (Fig. 2c).

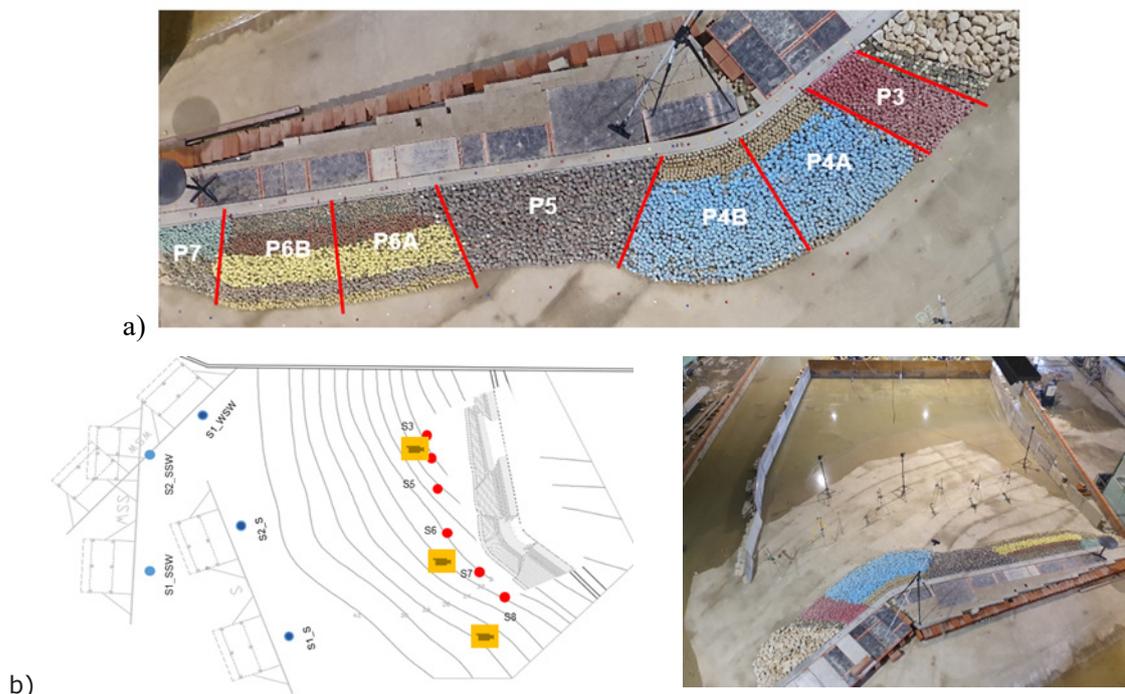


Fig.2. a) Modelo físico e sua divisão em troços; b) Posicionamento dos equipamentos (sondas resistivas); c) Visão geral do modelo.

Nesta comunicação, descreve-se o conjunto de ensaios realizados e apresentam-se os principais resultados obtidos (agitação, dano e galgamentos).

No que diz respeito à estabilidade, verificou-se, que a estrutura mostrou ter uma resiliência suficiente que lhe permitirá resistir a condições adversas, semelhantes às ocorridas durante o furacão Lorenzo, preservando a sua funcionalidade. A estrutura poderá ser galgada por grandes massas de água com tempestades do quadrante sul e valores de H_s da ordem de 10-11 m, quando associadas ao nível de maré de Preia-mar e a períodos da ordem de grandeza de 16 s ou superiores.

Palavras Chave – Quebra-mar, Ponta Delgada, Modelo físico, Levantamentos tridimensionais; sensor de posição

INTEGRAÇÃO DA ELEVAÇÃO DAS MARÉS AO MOHID LAND EM UM ESTUÁRIO DE MACROMARÉ AMAZÔNICO

Débora R. Pereira*¹, Ana R. Oliveira¹, Marcelo Rollnic², Ramiro Neves¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: debora.pereira@tecnico.ulisboa.pt (Mestra)

¹ MARETEC-LARSyS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Lisboa, Portugal

² LAPMAR, Universidade Federal do Pará, R. Augusto Corrêa 1, 66075-110, Belém, Pará, Brasil

RESUMO

As águas interiores e costeiras são componentes vitais da biosfera global. Diversos corpos d'água estão interligados, com interações complexas e trocas de propriedades, como nutrientes e sedimentos. Simulações precisas de modelos são essenciais para a gestão eficaz dos recursos hídricos, incluindo a segurança hídrica, os riscos naturais, a dinâmica sedimentar, a navegação e a agricultura. Os modelos hidrológicos são utilizados para estudar corpos d'água interiores, fornecendo representações do ciclo da água e dos processos hidrológicos, incluindo a troca de água entre o limite de terra e os rios. Em ambientes estuarinos caracterizados por dinâmicas de maré, o padrão de fluxo entre o estuário e a fronteira de terra difere da dinâmica fluvial, devido à oscilação das marés. Este estudo tem como objetivo incorporar a elevação das marés em um modelo hidrológico para avaliar a sua eficiência ao simular a maré. Essa abordagem possibilita uma representação abrangente de ambientes estuarinos ao considerar as trocas entre escoamento superficial e os rios. O caso de estudo é o estuário do rio Pará, um estuário amazônico de meso a macromaré localizado na segunda maior bacia da região amazônica, no Brasil. A onda de maré sofre uma redução na amplitude devido à atenuação, resultando em áreas com regimes de mesomaré e outras com regimes macromarés. Neste estudo, é utilizado o modelo MOHID Land. Este é um modelo hidrológico baseado em princípios físicos, e utiliza as equações completas de Saint Venant e de conservação de massa. O MOHID Land tem a capacidade de incorporar séries temporais de nível de água como condição de contorno, possibilitando uma simulação implícita das elevações das marés. Para avaliar a capacidade do MOHID Land em simular padrões de maré, foram utilizadas duas séries temporais de elevação das marés fornecidas pelo Observatório da Costa Amazônica (OCA) para a calibração. As métricas de performance do modelo utilizadas foram: a Raiz do erro médio quadrático, o Coeficiente de determinação, a Eficiência de Nash-Sutcliffe e o Bias. Os resultados das métricas demonstram que o MOHID Land possui capacidade em simular a oscilação da elevação das marés no estuário do rio Pará, mesmo a uma distância de quase 60 km da linha de costa. O potencial deste estudo é simular a troca de água entre o estuário e a fronteira de terra considerando os padrões de oscilação das marés e o escoamento superficial proveniente da precipitação. A representação das marés em um ambiente complexo, como o caso de estudo, juntamente com os processos hidrológicos, pode permitir uma representação mais precisa da dinâmica e uma melhor compreensão do impacto dos processos de escoamento e infiltração/exfiltração em ambientes estuarinos.

Palavras Chave – Amazônia, Modelos Hidrológicos, Dinâmica Estuarina.

DESIGN DE UM PILOTO DE DESSALINIZAÇÃO SOLAR COM ELEVADA TAXA DE RECUPERAÇÃO DE LÍQUIDO VISANDO UM CONCEITO “ZERO LIQUID DISCHARGE” ALÉM DO ESTADO DA ARTE

Frederico Felizardo*¹, Pedro Horta¹, Maria Helena Novais¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: facf@uevora.pt (Eng. F. Felizardo)

¹ Cátedra Energias Renováveis, Universidade de Évora, Largo dos Colegiais, 2, Portugal

RESUMO

Considerando que a necessidade de recursos hídricos adicionais é cada vez maior devido à combinação do aumento da população e do consumo específico de água, juntamente com os impactos climatológicos das alterações climáticas. A maior fiabilidade e eficiência das tecnologias de dessalinização tornam os recursos hídricos marinhos ou água salobra uma solução viável, especialmente nas em zonas costeiras, áreas onde, por sua vez, ocorrem os maiores conglomerados populacionais.

Tendo em vista a coincidência de regiões de escassez hídrica com elevados potenciais de irradiação solar, a utilização da energia solar como insumo energético para o maior consumo específico de energia inerente às tecnologias de dessalinização. Surge como uma solução tecnológica para a redução dos impactos ambientais provocados pelo seu consumo de energia e também aumentar a sua competitividade económica para uma gama mais ampla de aplicações e contextos.

Um aprofundamento dos potenciais impactos da dessalinização implica, uma consideração perspicaz do seu efluente - a salmoura - o que tem levado ao desenvolvimento, ao longo dos últimos anos, do chamado conceito “Zero Liquid Discharge”, visando uma maior recuperação e/ou na valorização económica deste efluente. Alguns dos seus componentes são extraídos ao longo de processos consecutivos e/ou, idealmente, eliminando totalmente as descargas líquidas da central de dessalinização/valorização de efluentes.

O piloto pretende demonstrar uma combinação tecnológica “além do estado da arte”, superando a taxa de recuperação de água produzida existente nos sistemas atuais situada em torno de 50%, para níveis próximos de 80%, figura 1. O sistema de tratamento em cadeia terá capacidade para tratar 1 metro cúbico de água por dia e é composto pelos seguintes equipamentos: painéis fotovoltaicos com sistema de osmose reversa (PV/RO), um reator de fluxo plug-in de alimentação múltipla (MF-PFR), um equipamento de destilação por membrana (MD) e na fase final do tratamento duas lagoas de evaporação solar. A água do mar é enviada para a unidade RO alimentada pela energia elétrica produzida por painéis fotovoltaicos, tem capacidade de operar com salinidade da água de até 45g/l e proporciona uma taxa de recuperação de salmoura de 30%. Produz duas correntes: uma permeada com alto grau água de qualidade para fins industriais e potáveis e uma salmoura, enriquecida com todos os iões presentes na água do mar.

A salmoura é enviada para a unidade MF-PFR para recuperação seletiva de magnésio e remoção de cálcio na forma de hidróxidos. A recuperação/remoção é realizada por uma cristalização reativa fracionada adicionando um reagente alcalino, como solução aquosa de hidróxido de sódio. Após a separação dos sólidos, o efluente será enviado para uma unidade de destilação por membrana do tipo “vacuum-enhanced air-gap”, que funciona com energia solar. Tem capacidade de tratamento de água com alta salinidade, operando em lotes, pode produzir duas correntes diferentes, uma é um destilado puro e a outra é uma salmoura, cuja concentração pode chegar a cerca de 250.000 ppm.

A salmoura concentrada resultante é enviada para uma primeira bacia de evaporação solar (Bacia

Solar 1) para produzir NaCl com alta pureza, com possibilidade de ser utilizada pela indústria alimentícia e uma salmoura restante empobrecida em NaCl é enviada para a bacia de evaporação solar 2. Aqui realiza-se a evaporação completa e precipitação de uma mistura de sais de cloreto e sulfato, que pode ser usada para fins de descongelamento. Neste ponto toda a cadeia de tratamento atende ao conceito “Zero Liquid Discharge”, pois nenhum efluente é produzido e depois lançado no meio ambiente. A instalação piloto e o comissionamento estão programados para serem realizados durante o último trimestre de 2024.

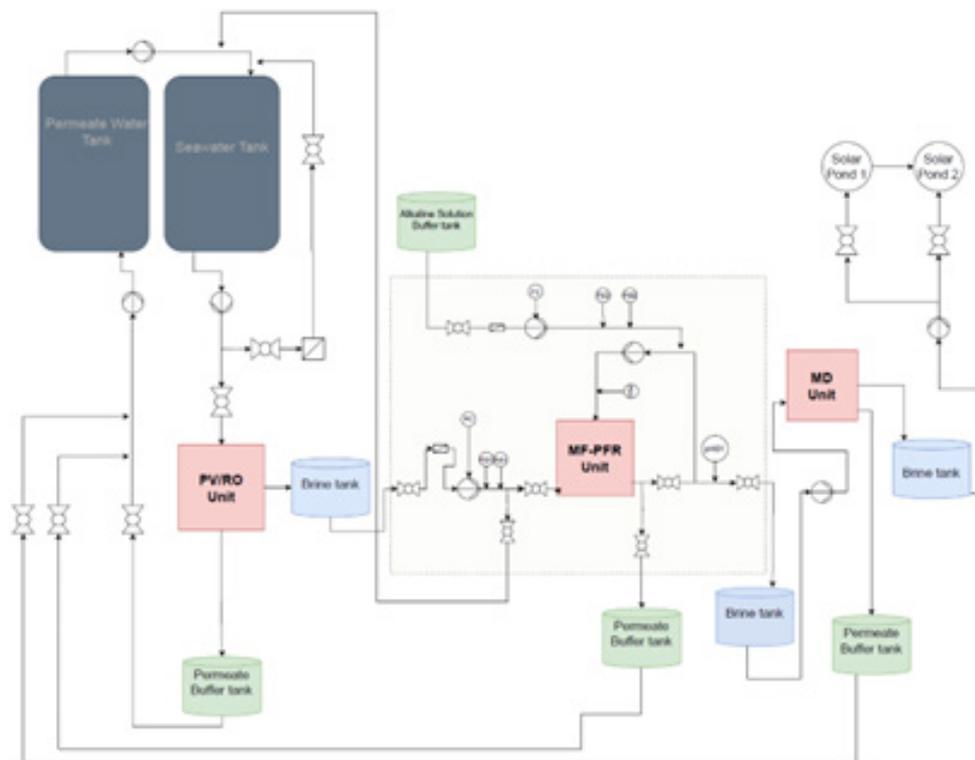


Figura 1: Cadeia de tratamento para produzir água de alta qualidade e valorização de salmoura (conceito Zero Liquid Discharge)

Palavras Chave – Dessalinização solar, “Zero Liquid Discharge”, Elevada taxa de recuperação, Piloto demonstrativo, Caso de estudo.

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO RISCO PARA A SAÚDE HUMANA ASSOCIADO À REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA EM USOS URBANOS NÃO POTÁVEIS

Rita Ribeiro* ¹, Maria João Rosa¹

** Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: rribeiro@lnec.pt (Doutora R. Ribeiro)
1 Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil 101
1700-Lisboa, Portugal*

RESUMO

Em zonas urbanas, a água constitui um desafio crescente pela, também frequentemente crescente, escassez promovida pelo aumento da ocorrência, severidade e duração de secas a par do aumento da procura devido ao crescimento económico e populacional. É, portanto, necessário reduzir o consumo de água potável e aumentar a reutilização de água em usos não potáveis. A avaliação do risco constitui uma ferramenta chave para aumentar a segurança e a confiança na reutilização de água, mas os procedimentos para a sua realização, em particular, o estabelecimento dos cenários de exposição, não estão ainda agilizados.

Na presente comunicação apresenta-se a metodologia desenvolvida para apoiar a avaliação do risco para a saúde humana em usos não potáveis através da sua exemplificação num projeto de reutilização de água na rega de espaços verdes. Esta metodologia está incorporada numa solução digital produzida no projeto europeu B-WaterSmart (tool #27), no âmbito do Laboratório Vivo de Lisboa.

Esta metodologia tem por base o procedimento de avaliação do risco estabelecido no Decreto Lei n.º 119/2019, na sua atual redação (artigo 6.º). Incorpora também aspetos do procedimento de avaliação do risco definido no Regulamento (UE) 2020/741 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de maio, relativo aos requisitos mínimos para a reutilização de água na rega agrícola. Tal como acontece no DL n.º 119/2019 e no Reg. (UE) 2020/741, a metodologia desenvolvida está alinhada com os princípios estabelecidos na normalização internacional no domínio da avaliação do risco.

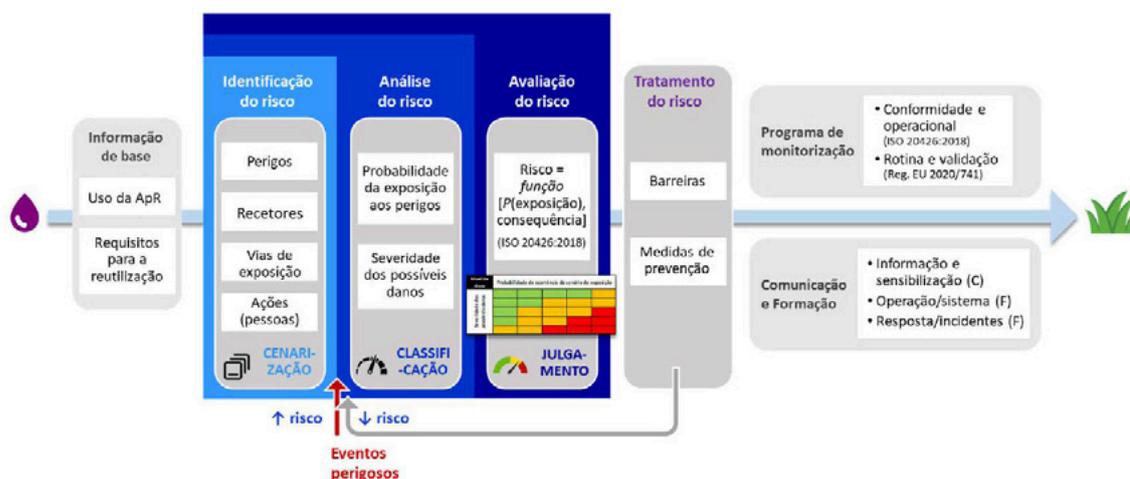
De acordo com a NP ISO 31000:2018, o processo de avaliação do risco integra três etapas principais: identificação do risco, análise do risco e caracterização do risco. Na primeira etapa, identificam-se perigos, eventos perigosos, recetores, e vias e cenários de exposição. A análise do risco (segunda etapa) consiste num processo de compreensão da natureza do risco nos diferentes cenários e de determinação do nível de risco associado. Na terceira etapa, realiza

se a caracterização do risco (ou seja, a avaliação do risco propriamente dita) através da comparação dos resultados da análise do risco com critérios previamente estabelecidos para a aceitabilidade do nível do risco. Desta forma, a avaliação do risco fornece as bases para as decisões do tratamento do risco, com vista à gestão do mesmo até um nível residual considerado aceitável.

Os cenários de exposição estabelecem de que modo e em que circunstâncias os recetores poderão estar expostos aos perigos, como resultado da reutilização de água. A construção de cenários de exposição pressupõe uma análise estruturada sobre como determinadas ações, mais ou menos típicas, poderão funcionar em termos da combinação de incertezas. Esta combinação pode conduzir facilmente ao desenvolvimento de inúmeros cenários, tantos quanto a imaginação permitir, que complexificam, sem ganhos, a avaliação do risco. Importa, assim, usar uma abordagem sistemática para a construção de cenários, baseada no conhecimento sobre o sistema de reutilização de água e na identificação clara do aspeto que poderá ter maior influência em termos de incumprimento dos objetivos estabelecidos para o mesmo. É necessário responder a três questões: “o quê?”, “porquê?” e “como?” (Ribeiro e Rosa, 2022). Num primeiro momento (“o quê”), é feita uma análise ao sistema

de reutilização de água para identificação dos elementos constituintes, em particular dos que possam estar na base do risco. Seguidamente (“porque”), identifica-se a ligação entre os elementos do sistema. Finalmente (“como”), descrevem-se combinações verosímeis entre os elementos do sistema que correspondem a situações normais de utilização do sistema que podem, por influência de eventos perigosos, aumentar o nível do risco.

Na norma ISO 20426:2018 *Guidelines for health risk assessment and management for non potable water reuse*, o risco é apresentado como sendo função da probabilidade de ocorrência de um evento perigoso e do potencial impacto adverso na saúde que lhe está associado. Este último entendimento está incorporado no DL n.º 119/2019 e no Reg. (UE) 2020/741. Na Comunicação da Comissão 2022/C298/01, sugere-se a avaliação qualitativa dos riscos como a metodologia mais adequada e economicamente viável, sendo referido que a avaliação quantitativa dos riscos apenas se justifica em projetos de risco elevado e caso estejam disponíveis dados suficientes para a sua execução. A metodologia desenvolvida aplica-se à reutilização de água em usos não potáveis, à partida com risco limitado, razão pela qual incorpora um método qualitativo baseado no estabelecido na secção 5.2.1 da ISO 20426:2018.



Palavras Chave – Avaliação e gestão do risco, reutilização de água, normalização, regulamentação.

Agradecimentos - O projeto B-WaterSmart - *Accelerating Water-Smartness in coastal Europe* (<https://b-watersmart.eu/>) é financiado pelo programa Horizonte 2020 da União Europeia, contrato n.º 869171.

REFERÊNCIAS

Comunicação da Comissão 2022/C298/01, de 5 de agosto, Orientações para apoiar a aplicação do Regulamento (UE) 2020/741 relativo aos requisitos mínimos para a reutilização de água, 2022.

ISO 20426:2018 *Guidelines for health risk assessment and management for non-potable water reuse*. ISO, Organização Internacional de Normalização, Genebra, Suíça. 2018

NP ISO 31000:2018 – Gestão do risco: Linhas de orientação, Instituto Português da Qualidade, Almada, Portugal. 2018

RIBEIRO, R.; ROSA, M. J., 2022 – Avaliação do risco para a saúde humana associado à reutilização de água: construção de cenários de exposição. 20.º Encontro Nacional de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENaSB). Cascais, 24 a 26 de novembro de 2022.

PROJETO B-WATERSMART - GESTÃO INTELIGENTE DA ÁGUA EM MEIO URBANO E O LABORATÓRIO VIVO DE LISBOA

Maria João Rosa* ¹, Helena Alegre¹, Pedro Teixeira², Fátima Néo²,
Catarina Freitas², Rita Ribeiro¹

* *Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: mjrosa@lnec.pt (Doutora M.J. Rosa)*

*1 Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil 101
1700-Lisboa, Portugal*

*2 Direção Municipal do Ambiente, Estrutura Verde, Clima e Energia, Câmara Municipal de Lisboa, Praça do
Município, 1100-038 Lisboa, Portugal*

RESUMO

A concentração crescente da população nas cidades, economias em crescimento, as alterações climáticas, designadamente ondas de calor e secas, o aumento das áreas verdes urbanas para garantir a qualidade de vida dos cidadãos e a sustentabilidade da vida urbana são desafios enfrentados pela maioria das regiões e cidades Europeias, de que Lisboa é um exemplo. É assim necessário acelerar a transformação para uma sociedade e economia mais inteligentes na gestão da água, reduzindo o consumo e aumentando a utilização de origens de água mais resilientes às alterações climáticas, ou seja, mais independentes da pluviosidade, como é a reutilização da água em usos não potáveis, compatíveis com a qualidade da água para reutilização (ApR).

Lisboa é uma das 6 cidades e regiões costeiras europeias parceiras do projeto H2020 B WaterSmart (36 parceiros, 17 M€). Este projeto pretende acelerar a transformação das economias e sociedades da Europa costeira para uma gestão mais inteligente da água, com novos modelos de mercado, promoção da circularidade e soluções de gestão de dados para múltiplos setores e utilizadores. A Câmara Municipal de Lisboa lidera o Laboratório Vivo (LL - *Living lab*) de Lisboa, do qual fazem parte o LNEC - mentor do Laboratório Vivo de Lisboa e coordenador do trabalho de cocriação e demonstração de inovação sistémica de todo o projeto, a AdTA (Águas do Tejo Atlântico), a Lisboa E-Nova (Agência de Ambiente e Energia de Lisboa), a Adene (Agência para a Energia) e a empresa tecnológica Baseform. O ICS-UL (Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa) coordena a atividade do projeto no tema sociedade, governança e políticas.

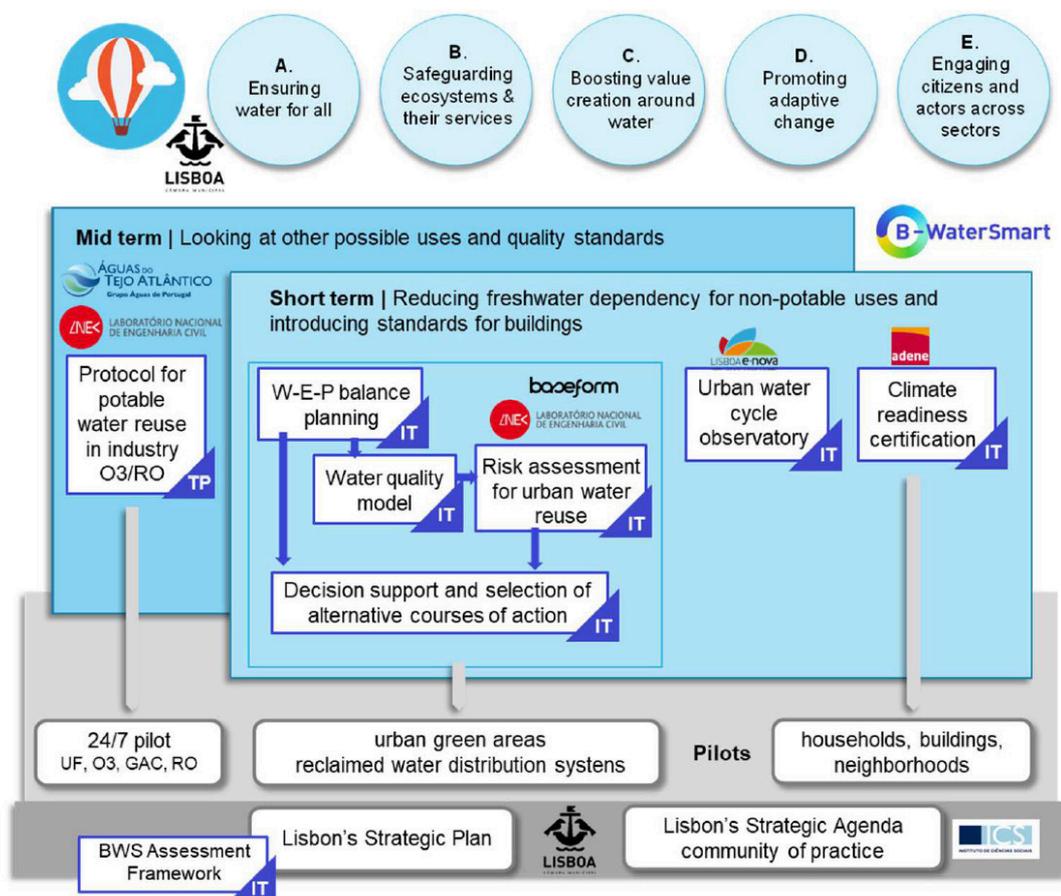
No processo de planeamento estratégico desenvolvido pela CML para o LL Lisboa foram selecionados cinco objetivos estratégicos: 1) Assegurar água para todos; 2) Salvar ecossistemas e serviços; 3) Impulsionar a criação de valor em torno da água; 4) Promover a mudança adaptativa; 5) Envolver cidadãos e atores de todos os setores (Figura 1). No âmbito do projeto B-WaterSmart, o LL Lisboa teve como objetivos específicos: (i) promover a eficiência no uso da água, e na energia e fósforo associados; (ii) gerir de modo inteligente a água consoante os seus usos, utilizando água de qualidade adequada à finalidade (*fit-for-purpose*); (iii) promover a economia circular da água na cidade, designadamente, promovendo a reutilização segura de água em usos urbanos não potáveis, com destaque para a rega de espaços verdes. Numa ótica de sensibilização da população para a segurança da reutilização de água, o LL Lisboa incluiu ainda a demonstração (à escala piloto) da produção de água para utilizar na produção artesanal de cerveja, um tipo de reutilização potável direta industrial que poderá vir a ser equacionada no futuro, em cenários de escassez extrema prolongada.

Para prossecução destes objetivos, o LL Lisboa desenvolveu e testou, em pilotos da cidade de Lisboa, uma série de produtos ou ferramentas (metodologias, algoritmos e *software*) que promovem e facilitam a gestão inteligente da água (figura abaixo). Foi estudado à escala piloto, em contínuo (24/7), o tratamento avançado de ApR para desenvolvimento de um Protocolo para produção de

Conferência Água - Desafios do futuro

água de qualidade alimentar a partir de águas residuais tratadas por ozono/osmose inversa, para produção de cerveja artesanal (#1). Melhorou-se o Observatório do ciclo urbano da água, ao nível da cidade e do consumidor privado (ferramenta #20) e desenvolveu-se a Certificação *Climate Readiness*, para avaliação da eficiência hídrica e energética de frações habitacionais individuais, edifícios e bairros (#33). Desenvolveu-se ainda um software de Apoio à decisão e seleção de alternativas de ação (#17) para melhor adequação da qualidade e quantidade (eficiência) da água aos usos não potáveis na cidade de Lisboa, que é “alimentado” por três módulos: Planeamento do balanço água-energia-fósforo para usos não potáveis (#25), Avaliação do risco da reutilização de água em meio urbano (#27) e Modelo de qualidade da ApR nas redes de distribuição (#24).

Na comunicação, apresentar-se-á o projeto B-WaterSmart e, em particular, o LL Lisboa, ilustrando o seu contributo para uma cidade de Lisboa, e uma Europa, mais resiliente à escassez de água e adaptada aos desafios das alterações climáticas.



Palavras Chave – Gestão inteligente da água, usos urbanos, reutilização de água.

Agradecimentos - O projeto B-WaterSmart - Accelerating Water-Smartness in coastal Europe (<https://b-watersmart.eu/>) é financiado pelo programa Horizonte 2020 da União Europeia ao abrigo do contrato n.º 869171. Os autores agradecem o contributo dos parceiros do LL Lisboa, designadamente: Maria João Telhado, Pedro Oliveira, Rui Simão, José Canêdo, Marina Perdigão, Hélder Dias (CML); Rui Viegas, Margarida Campinas, Elsa Mesquita, Vítor Napier, Manuel Oliveira, Teresa Leitão, Tiago Martins, Catarina Silva, Maria Adriana Cardoso, Margarida Rebelo (LNEC); David Figueiredo, Rita Lourinho (AdTA); Rui Mendes, Rui Dinis, Eduardo Silva (LEN); Sérgio Teixeira Coelho, Diogo Vitorino, Diogo Andrade (BASEFORM); Pedro Cardoso, Joana Fernandes, Sílvia Remédios (ADENE); Luísa Schmidt, Carla Gomes, Marcella Melo (ICS).

DIMENSIONAMENTO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA CONSIDERANDO ÍNDICES DE RESILIÊNCIA

João Caetano*¹, Nelson Carriço², Dília Covas¹

* Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: Eng. João Caetano (joao.caetano@estbarreiro.ips.pt)

¹ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Portugal

² RESILIENCE, Instituto Politécnico de Setúbal, Campus do IPS - Estefanilha, 2910-761, Portugal

RESUMO

O envelhecimento dos sistemas de distribuição de água é um processo natural e inevitável, sendo a reabilitação imperativa para contrariar o processo contínuo de deterioração, permitindo assim que os sistemas possam fornecer um serviço contínuo e eficiente, com adequada qualidade a todos os utilizadores.

O processo de reabilitação é uma oportunidade para melhorar o desempenho dos sistemas, uma perspetiva cada vez mais relevante em contexto de alterações climáticas, de escassez de água, com consequentes restrições ao consumo. Assim, os sistemas devem ser redimensionados para atender não só às imposições regulamentares, mas também à resiliência. O dimensionamento de redes de distribuição de água é, inerentemente, um problema multiobjetivo (Marques *et al.*, 2018). Quando abordagens de um único objetivo, baseadas na minimização dos custos de construção, são usadas, as redes projetadas apresentam configurações de rede ramificadas, ou seja, menos fiáveis (Todini, 2000). A incorporação de índices de resiliência na formulação do problema de dimensionamento permite obter redes melhor preparadas para superar condições de stress ou falha, ou seja, redes mais resilientes. Em contexto de reabilitação, isso corresponde a uma melhoria da prática atual que, habitualmente, adota abordagens nas quais as condutas são substituídas por outras com materiais equivalentes e diâmetros semelhantes.

O conceito de resiliência está intrinsecamente relacionado com a capacidade do sistema superar falhas (Todini, 2000). Um conjunto de medidas surrogadas de resiliência têm vindo a ser propostas para avaliar a resiliência hidráulica de sistemas de forma eficiente, computacionalmente, para que as mesmas possam ser incorporadas em processos de otimização. Estas medidas podem ser categorizadas em dois grupos principais (Carneiro *et al.*, 2023): (i) baseadas em energia supérflua (Liu *et al.*, 2017; Prasad & Park, 2004; Sousa *et al.*, 2022) e (ii) baseadas em entropia (Liu *et al.*, 2014; Tanyimboh & Templeman, 1993). As medidas baseadas em energia supérflua demonstram ser mais eficazes na avaliação da resiliência, quando comparadas com medidas baseadas em entropia (Liu *et al.*, 2017; Raad *et al.*, 2010).

A maioria dos modos de falha em sistemas de distribuição de água resulta num aumento significativo do caudal que percorre as condutas, o que inevitavelmente leva a uma aumento da dissipação da energia interna. Neste sentido, os índices baseados em energia supérflua exploram a contribuição da redução da dissipação de energia nas condutas para melhorar a resiliência do sistema sob condições de stress. Este artigo propõe uma nova medida surrogada de resiliência, *Loop Resilience Index*, uma extensão do *Resilience Index* proposto por Todini (2000), introduzindo um coeficiente de ponderação nodal para uniformizar os diâmetros das condutas que pertencem a um mesmo loop.

As vantagens da utilização da medida, *Loop Resilience Index*, são demonstradas através da análise comparativa com outras três medidas surrogadas de resiliência: (i) *Resilience Index* (Todini, 2000), (ii) *Network Resilience Index* (Prasad & Park, 2004) e (iii) *Weighted Resilience Index* (Sousa *et al.*, 2022), aplicadas a três problemas de dimensionamento ótimo de redes de distribuição de água com topologias e complexidades distintas. O problema de otimização é formulado considerando

dois objetivos: a minimização dos custos de construção e a maximização da resiliência hidráulica, sendo o algoritmo de otimização utilizado, o GALAXY (Wang *et al.*, 2017), dada a sua demonstrada capacidade em equilibrar adequadamente a procura global e local recorrendo a uma parametrização mínima.

A comparação dos resultados obtidos entre as quatro medidas surrogadas de resiliência, demonstram que a *Loop Resilience Index* é a medida que melhor promove a criação de loops hidráulicos e que menos afeta o propósito de maximizar a energia supérflua nos nós da rede, a ser dissipada em caso de condições de operação anormais. Além disso, a *Loop Resilience Index* leva às configurações com a mesma resiliência que outras medidas (por exemplo, *Network Resilience Index*), mas com um custo de construção mais baixo. Este índice de resiliência é uma medida eficaz e computacionalmente eficiente para incorporar em problemas de dimensionamento ótimo de redes de distribuição de água.

Palavras Chave – Redes de Distribuição de Água, Resiliência, Dimensionamento Ótimo, Reabilitação.

REFERÊNCIAS

- Carneiro, J., Loureiro, D., & Covas, D. (2023). Exploratory analysis of surrogate metrics to assess the resilience of water distribution networks. *Water Resources Research*. <https://doi.org/10.1029/2022WR034289>
- Liu, H., Savić, D. A., Kapelan, Z., Creaco, E., & Yuan, Y. (2017). Reliability Surrogate Measures for Water Distribution System Design: Comparative Analysis. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 143(2), 1–14. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000728](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000728)
- Liu, H., Savić, D., Kapelan, Z., Zhao, M., Yuan, Y., & Zhao, H. (2014). A diameter-sensitive flow entropy method for reliability consideration in water distribution system design. *Water Resources Research*, 50(7), 5597–5610. <https://doi.org/10.1002/2013WR014882>
- Marques, J., Cunha, M., & Savić, D. (2018). Many-objective optimization model for the flexible design of water distribution networks. *Journal of Environmental Management*, 226(July 2017), 308–319. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.054>
- Prasad, T. D., & Park, N.-S. (2004). Multiobjective Genetic Algorithms for Design of Water Distribution Networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 130(1), 73–82. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2004\)130:1\(73\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2004)130:1(73))
- Raad, D. N., Sinske, A. N., & van Vuuren, J. H. (2010). Comparison of four reliability surrogate measures for water distribution systems design. *Water Resources Research*, 46(5), 1–11. <https://doi.org/10.1029/2009WR007785>
- Sousa, J., Muranho, J., Bonora, M. A., & Maiolo, M. (2022). Why aren't surrogate reliability indices so reliable? Can they be improved? *2nd International Joint Conference on Water Distribution Systems Analysis & Computing and Control in the Water Industry* *Conference on Water Distribution Systems Analysis & Computing and Control in the Water Industry*, July, 18–22.
- Tanyimboh, T. T., & Templeman, A. B. (1993). MAXIMUM ENTROPY FLOWS FOR SINGLE-SOURCE NETWORKS. *Engineering Optimization*, 22(1), 49–63. <https://doi.org/10.1080/03052159308941325>
- Todini, E. (2000). Looped water distribution networks design using a resilience index based heuristic approach. *Urban Water*, 2(2), 115–122. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00049-2](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00049-2)
- Wang, Q., Savić, D. A., & Kapelan, Z. (2017). GALAXY: A new hybrid MOEA for the optimal design of Water Distribution Systems. *Water Resources Research*, 53(3), 1997–2015. <https://doi.org/10.1002/2016WR019854>

QUALIDADE DAS ÁGUAS DE SERGIPE-BRASIL - LEVANTAMENTO DOS ESTUDOS DE CASO EM SERGIPE SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS E SEUS MÚLTIPLOS USOS

Karla Fabiany Santana Passos* ¹, Emanuela Carla Santos²

** Autor para correspondência. Corresponding author. E-mail: karla.engseg@gmail.com (Me. Karla Passos)*

1 Universidade Federal de Sergipe, Aracaju-SE, Brasil

2 Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Aracaju-SE, Brasil

RESUMO

A água, fonte inestimável de vida no planeta, vem sendo alvo de estudos nas mais diversas áreas do conhecimento, abrangendo a multidisciplinaridade em pesquisas para os mais diversos fins. Um destes vieses trata da gestão dos recursos hídricos no enfoque do saneamento básico e ambiental.

Diante disso, é importante ressaltar a extensa rede hidrográfica que o Brasil possui, com rios, lagos e reservatórios que desempenham um papel crucial na oferta de água para abastecimento público, agricultura, indústria e outros usos. Já Sergipe, menor estado brasileiro, conta com oito bacias hidrográficas, das quais três são nacionais, e sua gestão deve garantir a administração, conservação, controle e distribuição sustentável dos recursos hídricos no estado.

É necessário frisar, também, que Sergipe enfrenta desafios como o uso intensivo da água na agricultura e questões relacionadas ao saneamento. Portanto, é fundamental uma abordagem integrada e sustentável para assegurar a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos no estado.

Da mesma forma, é sabido que a qualidade das águas está intimamente relacionada ao grau de antropização de uma determinada região, ou seja, as atividades humanas influenciam diretamente nessa qualidade pelo uso e ocupação do solo, já que os múltiplos usos desse recurso cumprem um papel fundamental no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica.

Em Sergipe esse quadro não é diferente. O estado conta com o tratamento das unidades operacionais da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) para a coleta e tratamento do esgoto dos municípios que são atendidos por ela. Entretanto, o número de localidades que não detém de provimento de saneamento básico é muito grande, até mesmo na capital, Aracaju, onde grande parcela da população, inclusive de região considerada como de alto padrão, não possui rede coletora de esgoto.

Seguindo essa linha de estudo, sugeriram indagações a respeito das pesquisas realizadas nos últimos anos em Sergipe, e o que tem sido sugerido como resolução ou melhoria dos problemas levantados no que diz respeito a políticas públicas para a gestão dos recursos hídricos do Estado, especialmente quanto à qualidade de água para consumo humano, além de seus múltiplos usos.

Sendo assim, foi estabelecido como objetivo levantar os estudos de caso realizados em Sergipe nos últimos 5 anos a respeito da qualidade das águas para consumo e seus múltiplos usos. De forma específica, analisar as sugestões de melhoria e/ou resolução oferecida pelos pesquisadores dos trabalhos levantados.

Este trabalho trata-se de um estudo descritivo, já que se tem o aprofundamento de uma realidade, sendo denominado de estudo de caso. Para tal, foi realizado um levantamento bibliográfico por meio de consultas a livros e artigos publicados, trabalhos acadêmicos de conclusão de curso, legislação vigente e documentações institucionais para auxiliar no processo elaborativo, tabulando e analisando as situações encontradas no que diz respeito às questões voltadas à qualidade das águas de Sergipe, com foco no consumo humano e seus múltiplos usos.

Diante do que foi proposto, pôde-se constatar um grande interesse do âmbito acadêmico no tema abordado, sendo aqui utilizados 13 estudos de caso, oriundos de publicações indexadas em periódicos com grande relevância e enquadrados nas dimensões consumo de água e usos múltiplos (limpeza, irrigação, reúso, etc).

Estes trabalhos trouxeram resultados sobre a qualidade da água e percepção ambiental de comunidades, estudos sobre a potabilidade da água de poços artesianos em comunidades rurais, análises microbiológicas e físico-químicas da água de abastecimento e de poços tubulares, análise da qualidade das águas de poços artesianos e o uso de fossas negras como receptores de águas residuais, dentre outros, todos focados na sustentabilidade do recurso e qualidade de vida e saúde das comunidades.

Desse modo, é interessante ressaltar alguns deles, como o de Brito *et al.* (2020) que constataram, por meio de ferramenta estatística, a influência nos parâmetros da qualidade da água pelo conteúdo mineral, nutricional, matéria orgânica e grau de poluição. Constataram também que um dos perímetros irrigados da região se apresenta como potencial fonte de contaminação da qualidade da água do riacho de uma importante sub-bacia. Além disso verificaram a prática de despejo dos esgotos domésticos que contribuem com a alteração dos parâmetros físico-químicos da água, o que a torna inadequada para consumo, ressaltando a ausência de saneamento básico e ambiental da região, e a ausência de interesse público para a mudança deste cenário.

Já Soares *et al.* (2020) constataram, ao avaliar a qualidade da água de poços artesianos, alteração de potabilidade do recurso no período chuvoso em 9 dos 10 poços analisados, considerando a água imprópria para consumo pela presença de microrganismos patogênicos e a consequente disseminação de doenças em virtude da veiculação hídrica do recurso contaminado. Desse modo, os autores consideram imperativo melhorias das condições dos sistemas de captação de água e a conscientização da população.

Em presença dos diagnósticos apresentados em muitos desses estudos foram sugeridas melhorias e/ou soluções para os problemas encontrados, dentre os quais é possível citar a adequação de parâmetros hidráulicos em estação de tratamento de água, conscientização da população quanto à importância da qualidade do recurso, a importância da disposição de esgotos e construção adequada de fossas sépticas conforme regulamentação brasileira, monitoramento constante dos parâmetros de potabilidade, manutenção preventiva do sistema de abastecimento, entre outras. Entretanto, em muitos casos, como é comum no Brasil, os pesquisadores e autores de trabalhos acadêmicos não obtêm respostas efetivamente concretas quanto à resolução dos problemas encontrados junto aos órgãos da administração direta e/ou indireta e poderes públicos.

Para tal, ações contínuas são necessárias para enfrentar esses desafios e garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos em Sergipe e no Brasil. Isso envolve muito além de respostas, mas aportes em infraestrutura, implementação de práticas sustentáveis e a conscientização da população sobre a importância da preservação da qualidade da água.

Além disso, alguns pontos cruciais são destaque para a mudança de cenário: o Plano Nacional de Saneamento Básico (Lei Federal 11.145, de 2007) deve ser instrumento de regulamentação; o monitoramento contínuo dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos deve estar aliado com ações que promovam a melhoria gradual das condições de água oferecida; a percepção ambiental dos usuários de recursos hídricos deve ser levada em consideração, uma vez que possuem um conhecimento empírico ligado à convivência com rios, lagos e outros corpos d'água; e, por fim, a aplicação correta e efetiva das políticas públicas pelos entes federativos (União, estados, municípios e Distrito Federal) contribui sobremaneira para a promoção da sustentabilidade de toda a cadeia dos recursos hídricos.

Palavras Chave – qualidade da água, usos múltiplos, sustentabilidade, recursos hídricos.

PRIORIZAÇÃO DE SUBSISTEMAS E DE INVESTIMENTOS E MONITORIZAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS PARA REDUÇÃO DE PERDAS REAIS: A EXPERIÊNCIA DE CAPACITAÇÃO NA REGIÃO DO ALGARVE

Dália Loureiro¹, Maria Adriana Cardoso¹, Sérgio Inácio², Ana Bicho³, Pedro Coelho³, Helena Alegre¹

1 Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa

2 Comunidade Intermunicipal do Algarve, Rua General Humberto Delgado N.º 20, 8000-355, Faro

3 Agência Portuguesa do Ambiente – Administração da Região Hidrográfica do Algarve, Rua do Alportel, n.º 10 - 2º, 8000-293 Faro

RESUMO

Atualmente, em Portugal, muitos serviços de distribuição de água em baixa apresentam valores elevados de água não faturada e de perdas reais, prejudicando a sua sustentabilidade económica e ambiental. Este desafio é particularmente relevante em regiões como o Algarve, com escassez de água e fortemente turísticas durante o verão, em que é imperativa uma melhor gestão dos recursos hídricos. Na região do Algarve, com 19 EG de serviços de água em baixa, o valor de água não faturada foi muito variável (entre 3,9 % e 57,7 %, com cuja média ponderada de 28,1 % relativamente à água entrada), totalizando um volume de 19,8 milhões de m³ em 2020 (ERSAR, 2021).

No âmbito da Componente 9-Gestão Hídrica do Plano de Recuperação e Resiliência 2021-2026 (PRR), foi previsto o investimento RE-C09-i01 no Plano Regional de Eficiência Hídrica do Algarve (PREHA). Uma das medidas (SM1) visa reduzir as perdas de água no setor urbano, com incidência nos sistemas em baixa com maior potencial de redução de perdas reais. As 19 entidades gestoras (EG) dos serviços de distribuição de água em baixa da região do Algarve são responsáveis pela implementação da SM1 (investimento RE-C09-i01.01). Prevê-se com a SM1 a realização de intervenções para otimização da gestão de pressão e de reabilitação em 125 km de rede e a redução anual de 2 hm³ dos volumes captados em sistemas naturais até 2026, face à situação de base. Para tal, o investimento RE-C09-i01.01 prevê o financiamento de intervenções de renovação e reabilitação de infraestruturas degradadas ou tecnicamente deficientes, da implementação de zonas de medição e controlo (ZMC) e de zonas de gestão de pressão (ZGP).

A Comunidade Intermunicipal do Algarve (AMAL), na qualidade de beneficiário intermediário do investimento RE-C09-i01.01, e a APA-ARH Algarve, como uma das entidades responsáveis pelo PREHA, careciam de uma metodologia que promovesse a seleção de investimentos sustentáveis para redução de perdas reais, evitando a aprovação de medidas avulsas. Com o apoio do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) foi desenvolvida e implementada uma abordagem para identificar os subsistemas prioritários de intervenção e priorizar investimentos, apoiando nas especificações técnicas dos avisos de abertura de concurso (AAC), e para monitorização da implementação de medidas para redução de perdas reais (Quadro 1).

A etapa 1 foi motivada por dois aspetos principais: i) a alinhar as medidas para redução de perdas reais com as estratégias organizacionais, ii) a maioria das EG do Algarve não possui ainda processos de gestão patrimonial de infraestruturas com estratégias definidas e implementadas. Incidiu na formação sobre princípios-base para o estabelecimento de estratégias em cada EG e na região (relevante para a AMAL e APA-ARH Algarve). Esta formação permitiu também que as EG demonstrassem nas candidaturas aos AAC, o alinhamento entre as medidas para redução de perdas reais propostas para apoio através do investimento RE C09-i01.01 e as prioridades estratégicas definidas por cada EG. O sistema de avaliação de desempenho estabelecido na etapa 2 permitiu na etapa 3 a priorização dos subsistemas de distribuição de água com maiores problemas de perdas reais (classificados numa escala de 1 a 4, de muito prioritário a pouco prioritário). Alinhado com o diagnóstico e com as medidas prioritárias para redução de perdas reais apoiou-se a AMAL e a APA-ARH Algarve no estabelecimento das especificações técnicas de dois AAC (etapa 4). Na etapa 5 realizou-se uma ação de formação para aprofundar o conhecimento sobre os subsistemas prioritários de intervenção e

sobre os métodos para diagnóstico e controlo de perdas reais. Finalmente, na etapa 6 foi estabelecida uma abordagem para monitorizar o desempenho e o grau de execução das medidas para redução de perdas reais. Esta abordagem foi aplicada para avaliar o progresso das intervenções financiadas pelo investimento RE-C09-i01.01 e concluídas até 31-12-2022.

Quadro 1 – Etapas do processo de capacitação para priorização de subsistemas e da necessidade de investimentos e monitorização da implementação de medidas para redução de perdas reais

Etapas/Entidades capacitadas	AMAL e APA-ARH Algarve	19 EG
Planeamento a longo prazo (10-20 anos)		
1. Estabelecimento de prioridades estratégicas em cada EG (formação)	x	x
Planeamento a médio prazo (5-6 anos)		
2. Estabelecimento de um sistema para avaliação do desempenho em perdas reais	x	
3. Diagnóstico para identificação dos subsistemas de distribuição de água com maiores perdas reais de água e proposta de medidas de melhoria prioritárias	x	
4. Apoio nas especificações técnicas dos avisos de abertura de concurso (AAC)	x	
5. Apoio na implementação das medidas para redução de perdas reais (formação)	x	x
6. Monitorização das intervenções concluídas (monitorização do desempenho técnico e do grau de execução das intervenções concluídas)	x	

Em termos de resultados, destacam-se os seguintes números relativos à priorização dos 99 subsistemas analisados na etapa 3: 10 muito prioritários, 19 prioritários, 37 medianamente prioritários e 33 subsistemas pouco prioritários. Os resultados indicaram que se forem implementadas as medidas de controlo de perdas reais nos subsistemas muito prioritários, prioritários e medianamente prioritários, o potencial de poupança pode atingir 2,4 hm³, face à situação de partida. Este valor supera a meta prevista para redução dos volumes captados pelos sistemas de distribuição de água da região do Algarve até ao início de 2026 (2,0 hm³).

As medidas mais recomendadas para controlo de perdas reais nos vários níveis de prioridade foram a setorização da rede e a localização e reparação de fugas. Estas são devidas a grande parte das EG se encontrar em fase de finalização da macro setorização e ainda não existir a prática sistemática para a deteção ativa de fugas. É desejável um maior grau de desagregação dos setores de rede para aprofundar o conhecimento sobre as zonas mais problemáticas e deteção mais célere de perdas reais de água. Destacam-se também que a monitorização (etapa 6) revelou que as intervenções concluídas até ao final de 2022 conduziram a uma redução anual total em perdas reais neste conjunto de EG de 0,209 hm³, um valor próximo do previsto em candidatura. Além do impacto observado na redução de fugas e roturas reportadas em componentes de infraestrutura com a reabilitação de 15,2 km de condutas e de ativos verticais, destaca-se o contributo relevante das ZMC criadas. Estas ZMC permitiram identificar zonas prioritárias para pesquisa ativa de fugas não visíveis e a sua reparação mais célere. Adicionalmente, as intervenções de reforço da rede para operacionalização de ZMC e de ZGP permitiram um controlo mais sistémico e eficaz das várias componentes de perdas reais. Na monitorização do desempenho técnico, destaca-se que nos indicadores Perdas reais, Ocorrência de avarias em condutas e Água não faturada se verificaram os valores mais baixos desde 2019 nas EG com intervenções concluídas. Embora existam melhorias nalguns aspetos do serviço prestado, é da máxima relevância a conclusão célere da totalidade das ZMC e ZGP previstas no 1.º AAC, bem como criar equipas ou a capacitação das existentes para a manutenção destas atividades de controlo de perdas reais nas EG.

Palavras-Chave – Avaliação de desempenho / Eficiência hídrica / Medidas de melhoria / Sistemas de distribuição de água.

