

16º Congresso da Água

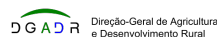
21 a 24 de março de 2023

Centro de Congressos LNEC



Viver com a Água

LIVRO DE RESUMOS



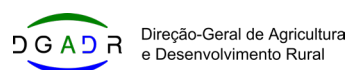
Livro de resumos

16º CONGRESSO DA ÁGUA

ORGANIZAÇÃO



PATROCINADORES



MEDIA PARTNERS



APOIOS



EXPOSITORES



Edição:

APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

Título

Livro de Resumos do 16º Congresso da Água

Design

Catarina Domingues

ISBN

978-989-8509-32-1

1ª Edição: Março de 2023

Site do evento: <https://www.aprh.pt/pt/16ca/>

Email APRH: aprh@aprh.pt

TEMAS

- Abordagens colaborativas, multidisciplinares e multisectoriais
- Adaptação e resiliência às alterações climáticas
- Água e Energia: propostas para resolver os novos desafios e a sua implementação
- Água subterrânea: inovar e adaptar
- Água, território e cultura: novas abordagens para a promoção do desenvolvimento
- Ameaças aos sistemas hídricos: cheias, qualidade da água e outros riscos
- Benefícios das soluções baseadas na natureza
- Eficiência hídrica e energética nos sistemas urbanos de águas
- Gestão da água subterrânea em condições de escassez
- Gestão da qualidade da água e ecossistemas
- Inovação e desenvolvimento nos serviços de águas
- Inovação no mar e zonas costeiras: serviços, proteção e adaptação
- Mar e zonas costeiras: monitorizar, planear, gerir e prever
- Proteção e melhoria do estado das massas de água
- Regadio: gestão da água e da energia
- Rios, sociedade e economia
- Simulação de processos fluviais e apoio à decisão
- Solo, agricultura e ambiente

INDÍCE

NOTA DE INTRODUÇÃO	XVII
<i>Carlos Coelho</i>	
COMISSÕES.....	XIX
ABORDAGENS COLABORATIVAS, MULTIDISCIPLINARES E MULTISSECTORIAIS	
1	1
A EXPERIÊNCIA CABO-VERDIANA NA GOVERNANÇA DA ÁGUA; MARCO REGULATÓRIO, NORMAS, REGULAÇÃO E DESAFIOS.....	1
<i>Elizabeth Natalícia Rodrigues FURTADO</i>	
11	
CHANGES IN TRENDS AND TELECONNECTION FOR A GRIDDED RAINFALL DATASET FOR PORTUGAL.....	2
<i>Luis Angel ESPINOSA, Maria Manuela PORTELA</i>	
21	
DIGITALIZAÇÃO DO REGADIO COLETIVO ATRAVÉS DE PLATAFORMA WEB PARA GESTÃO DE INFORMAÇÃO E OPERAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS - DESENVOLVIMENTO NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO VALE DO LIS	5
<i>Rui MIRANDA, Sérgio TATO, Andreia VIEIRA, Jorge TAVARES, Francisco CASTRO, Rui EUGÉNIO, Henrique DAMÁSIO, Manuel NUNES, Susana FERREIRA, José Manuel GONÇALVES</i>	
22	
PERCEÇÃO AMBIENTAL – INSTRUMENTO DE RESSIGNIFICAÇÃO FRENTE ÀS QUESTÕES SOCIOAMBIENTAIS.....	8
<i>Rosemeire Aparecida MOREIRA, Felipe Rosafa GAVIOLI</i>	
28	
ACEITAÇÃO SOCIAL PARA A REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DA PERSPETIVA DE ATORES CHAVE – O CASO DE ESTUDO DE ALICANTE	10
<i>Marcella CONCEIÇÃO, Carla GOMES, Luísa SCHMIDT</i>	
54	
ANÁLISE EXPERIMENTAL DA POTÊNCIA MECÂNICA DE UMA RODA HIDRÁULICA DE PÁS PLANAS	12
<i>Dídia COVAS, Miguel CAPELO, Guilherme MACARA</i>	
65	
O CONTRIBUTO DO SOFTWARE ABERTO NO PROCESSO DE INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS NA INFRAMOURA.....	15
<i>Ivo SILVESTRE, Soraia ALMEIDA</i>	
69	
RECENT DEVELOPMENTS OF THE POSEIDON PROJECT POSEIDON - DAMAGE PREDICTION AND DESIGN OF SCOUR PROTECTIONS IN COMPLEX FOUNDATIONS FOR MARINE RENEWABLE ENERGY	18
<i>Ana Margarida BENTO, Tiago FAZERES FERRADOSA, Francisco TAVEIRA PINTO, Paulo ROSA SANTOS</i>	
77	
PASSAGENS PARA PEIXES EM PORTUGAL: ESTADO ATUAL E DIREÇÕES FUTURAS	21
<i>José Maria SANTOS, Paulo BRANCO, Ana QUARESMA, Filipe ROMÃO, Susana AMARAL, Marta SANTO, Jorge BOCHECHAS, Ana TELHADO, Francisco GODINHO, João PÁDUA, Paulo PINHEIRO, Ana SILVA, Teresa VISEU, Pedro R. ALMEIDA, Teresa FERREIRA, António PINHEIRO</i>	

83	DESEMPENHO HIDRÁULICO-AMBIENTAL DE COBERTURAS VERDES PILOTO EM CLIMA MEDITERRÂNIC	23
	<i>Duarte MORENO, Maria Luíza SANTOS, Filipa FERREIRA, Cristina M. SILVA, José Saldanha MATOS</i>	
93	USO DE TECNOLOGIA ELETROLÍTICA COM CORRENTE PULSADA NO PRÉ TRTAMENTO DE	
	ÁGUAS EUTROFIZADAS NO SERTÃO CENTRAL CEARENSE- BRASIL	26
	<i>Reinaldo CAVALCANTE, Ronaldo NASCIMENTO, Fernando José ARAUJO, Lucas da SILVA</i>	
101	O DESAFIO DA GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA E SANEAMENTO PARA TODOS – O CASO DAS	
	COMUNIDADES PERIURBANAS E RURAIS EM ANGOLA	28
	<i>Afonso CUPI BAPTISTA, Allan CAIN</i>	
119	AVALIAÇÃO DO IMPACTO E IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DOS PROBLEMAS DE	
	INCRUSTAÇÃO EM SISTEMAS PÚBLICOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: UMA PROPOSTA DE	
	METODOLOGIA	31
	<i>Dália LOUREIRO, Paula VIEIRA, Elsa MESQUITA, Manuel OLIVEIRA, Tiago MARTINS, José SANTOS, Francisco MARQUES, Maria João ROSA</i>	
123	RELAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA COM A INCIDÊNCIA DE ARBOVIROSES	34
	<i>Adivânia da SILVA, Nathan MARCELINO, Thaynara OLIVEIRA, Paulo SCALIZE, Ellen Gabriel</i>	
126	SISTEMA IA PARA MONITORIZAÇÃO EM TEMPO REAL DA QUALIDADE DA ÁGUA E DETEÇÃO	
	DE ANOMALIAS	37
	<i>Zofia Czychula Rudjord, Malcolm J. Reid, Carsten Ulrich Schwermer, e Yan Lin</i>	
138	GOVERNANÇA DA ÁGUA EM PORTUGAL: O QUE FALTOU NA POLÍTICA DA ÁGUA NOS ULTIMOS 40 ANOS.	39
	<i>Susana NETO</i>	
ADAPTAÇÃO E RESILIÊNCIA ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS		43
10	A ESCASSEZ E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NOS PLANOS DE GESTÃO DE REGIÃO	
	HIDROGRÁFICA - ESTUDO COMPARATIVO ENTRE BRASIL E PORTUGAL	43
	<i>Lucas da SILVA, Carla RODRIGUES, Teresa FIDELIS</i>	
23	DISTRIBUIÇÃO DE ZONAS VERDES E REDUÇÃO DE CAUDAIS DE PROJETO EM DRENAGEM	
	URBANA NA CIDADE DE BRAGANÇA, PORTUGAL	45
	<i>Regis Pacheco CASSINO JUNIOR, Tomás de FIGUEIREDO, Felícia FONSECA, Zulimar HERNÁNDEZ</i>	
29	MODELAÇÃO HIDROGEOFÍSICA DO AQUIFERO SUSPENSO DE SÃO SEBASTIÃO (ILHA	
	TERCEIRÁ, AÇORES) E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	48
	<i>Paulo F. SILVA BORGES, Kevin M. BEFUS, J. VIRGÍLIO CRUZ, Francisco COTA RODRIGUES</i>	
53	TERAPIAS DE BASE NATURAL: DESAFIOS E BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE E BEM-ESTAR	50
	<i>Margarida REBELO, Ana Estela BARBOSA</i>	

56	ENTRE SECAS E CHEIAS: PROPOSTAS PARA UMA GOVERNANÇA ADAPTATIVA DA ÁGUA NA EUROPA.....	52
	<i>Carla GOMES, Luísa SCHMIDT</i>	
67	DETEÇÃO EM TEMPO REAL DE ROTURAS RECORRENDO A DADOS DE MONITORIZAÇÃO DA REDE	54
	<i>Bruno FERREIRA, Nelson CARRIÇO, Dídia COVAS</i>	
72	O IMPACTO DOS RESÍDUOS DAS MÁSCARAS CIRÚRGICAS DESCARTÁVEIS DE PP NO MEIO AQUÁTICO....	57
	<i>Gabriel CALEBE FERNANDES, Inês FLORES-COLEN, Manuel F. C. PEREIRA, Rui GALHANO, Poliana Bellei, Maria Paula MENDES</i>	
90	AQUABREAK: AQUACULTURA PARA PROTEÇÃO COSTEIRA E PRODUÇÃO ALIMENTAR	59
	<i>Filipe MIRANDA, Barbara PROENÇA, Diogo FONSECA, Piet HAERENS, Sudath SIRIWARDANE, Dimitrios PAVLOU, Paulo ROSA SANTOS, Francisco TAVEIRA PINTO, Tiago FAZERES FERRADOSA</i>	
94	ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA E DE ESTADO TRÓFICO DO AÇUDE ORÓS – CEARÁ - BRASIL	62
	<i>Marcus Vinicius Araujo de LIMA, Danylo de Andrade LIMA, Lucas da SILVA, Dayane de Andrade LIMA</i>	
98	“BARRAGENS NA PALMA DA MÃO”: A GESTÃO DAS BARRAGENS NA ERA DIGITAL - CASO PRÁTICO DA ÁGUAS DO NORTE	64
	<i>Ricardo CARNEIRO, André COSTA, Sofia GONÇALVES, Frederico LOPES, Luís NICOLAU, Duarte SILVA</i>	
108	EVOLUÇÃO DO DANO EM MODELOS FÍSICOS DE QUEBRA-MARES DE TALUDE A PARTIR DO VOLUME ERODIDO. APLICAÇÕES	67
	<i>Rute LEMOS, Ana MENDONÇA, Conceição FORTES, Ricardo MARTINS, Ricardo FERRÃO</i>	
109	SYNAPPS - PLATAFORMA DE ESTIMAÇÃO, CONTROLO E OPTIMIZAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS	69
	<i>Joana DIAS, Ezequiel CHINA, Hugo SABINO, Pedro NOGUEIRA, Filipe CARRACO, António TADEU, Aníbal T. ALMEIDA</i>	
115	A FASE DE CONSTRUÇÃO DO EFMA DURANTE A PANDEMIA COVID-19 – READAPTAÇÕES DAS METODOLOGIAS DE PÓS-AVALIAÇÃO	72
	<i>Filipa RUAS, Luísa PINTO, Noemí SANTIAGO</i>	
116	IMPACTO À SAÚDE DEVIDO AS CONDIÇÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO: ESTUDO DE CASO NA COMUNIDADE QUEIXO DANTAS.....	74
	<i>Débora SILVA, Paulo SCALIZE, Maria VIEIRA</i>	
117	AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TEMPORAL DE SÉRIES HIDROLÓGICAS: O MÉTODO BFAST.....	77
	<i>Maria Paula MENDES, Victor RODRIGUES-GALIANO, David ARAGONES</i>	
118	AS COSTAS LARGAS DO CLIMA E AS CHEIAS RÁPIDAS DE DEZ-2022 NA GRANDE LISBOA	79
	<i>Cláudia BRANDÃO, Luis SÁ</i>	

ÁGUA E ENERGIA: PROPOSTAS PARA RESOLVER OS NOVOS DESAFIOS E A SUA IMPLEMENTAÇÃO		81
2	A DESSALINIZAÇÃO E A QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA NA ILHA DO MAIO CABO-VERDE	81
	<i>NIDIA NADIDE SILVA FONSECA CONTINA</i>	
45	EVALUATION OF GROUNDWATER MANAGEMENT AND GOVERNANCE PERFORMANCE THROUGH THE APPLICATION OF ASSESSMENT METHODOLOGIES TO ACHIEVE GROUNDWATER SUSTAINABILITY: THE CASE OF THE MAIPO BASIN, CENTRAL CHILE.....	82
	<i>Alexander Johannes VAN DER HULST, Nuno BARREIRAS</i>	
51	EFEITO DAS ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE SEDIMENTOS NA EVOLUÇÃO DOS PERFIS TRANSVERSAIS DE PRAIA	85
	<i>Margarida FERREIRA, Carlos COELHO, Paulo A. SILVA</i>	
79	GUIA METODOLÓGICO PARA A REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS EM CABO VERDE.....	88
	<i>Filipa FERREIRA, António ALBUQUERQUE, Domingos CASTRO, Marize GOMINHO, José Saldanha MATOS</i>	
100	ESTIMAÇÃO DA RECARGA DE UM AQUÍFERO CÁRSICO POR DETEÇÃO REMOTA	90
	<i>Alexandra CASSIS DIAS, Ana Paula FALCÃO, Judite FERNANDES, Maria Paula MENDES</i>	
ÁGUA SUBTERRÂNEA: INOVAR E ADAPTAR		93
18	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: INOVAÇÃO NOS ESTUDOS E ADAPTAÇÃO DA GESTÃO TERRITORIAL	93
	<i>Victor Hugo SARRAZIN LIMA, Fernando António LEAL PACHECO, João Paulo MOURA, Teresa Cristina TARLÉ PISSARRA, Renato Farias do VALLE JUNIOR, Maytê Maria Abreu Pires de MELO SILVA, Carlos Alberto VALERA, Marília Carvalho de MELO, Luís Filipe SANCHES FERNANDES</i>	
33	UTILIZAÇÃO DA FOTODECOMPOSIÇÃO SOLAR PARA REMOÇÃO DE BTEX EM ÁGUA SUBTERRÂNEA CONTAMINADA PELA ATIVIDADE DE POSTO DE GASOLINA.....	96
	<i>Priscila GARCIA, Nilce ORTIZ</i>	
92	A NECESSIDADE DE APLICAÇÃO PRÉVIA DA DERROGAÇÕES DOS OBJETIVOS AMBIENTAIS NOS TERMOS DO N.º. 7 DO ARTIGO 4º DA DQA NO LICENCIAMENTO DE NOVOS PROJETOS HIDRÁULICOS: PRINCIPAIS DESAFIOS E DIFICULDADES	99
	<i>Francisco GODINHO, Paulo PINHEIRO, Filipa REIS</i>	
ÁGUA, TERRITÓRIO E CULTURA: NOVAS ABORDAGENS PARA A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO		101
6	SERVIÇOS DE ECOSSISTEMA PRESTADOS PELOS PEQUENOS RIBEIROS	101
	<i>Verónica FERREIRA</i>	
17	BOA PRÁTICAS AGROAMBIENTAIS EM ALQUEVA: QUANTIFICAÇÃO DE RESULTADOS	103
	<i>Filipa RUAS, Luísa PINTO, Noemí SANTIAGO</i>	

20	IMPLICAÇÕES SOCIAIS DA ESCASSEZ DE ÁGUA SOBRE AS SOCIEDADES TRANSUMANTES DO SUL DA PROVÍNCIA DO CUNENE, ANGOLA.....	106
	<i>António CHAMBEL, Carlos ALEXANDRE, Carlos RODRIGUES, Rita GUIMARÃES</i>	
AMEAÇAS AOS SISTEMAS HÍDRICOS: CHEIAS, QUALIDADE DA ÁGUA E OUTROS RISCOS		109
13	POLUENTES ALVO DE PREOCUPAÇÃO EMERGENTE EM ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS E NO MEIO RECETOR - PORTUGAL NA ÚLTIMA DÉCADA.....	109
	<i>Camila SILVA, Anabela REBELO, Manuela MOREIRA DA SILVA</i>	
19	DINÂMICA DO FITOPLÂCTON NA ZONA COSTEIRA ENTRE A TORREIRA E A VAGUEIRA	111
	<i>Ana Carla GARCIA, Barbara CAMARÃO, Christina BASSANI, Helena Veríssimo</i>	
26	REDE DE ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS DO EFMA.REDE CLIMATOLÓGICA E REDE DE QUALIDADE DA ÁGUA	113
	<i>Martinho MURTEIRA, Ana ILHÉU, Manuela RUIVO</i>	
30	REGIONALIZAÇÃO E ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DAS SECAS EM PORTUGAL CONTINENTAL	114
	<i>Maria Manuela PORTELA, Luis Angel ESPINOSA</i>	
46	APROVEITAMENTO DA ENERGIA DAS ONDAS EM PORTOS COMO MEDIDA DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	117
	<i>Tomás CALHEIROS-CABRAL, José Victor RAMOS, Gianmaria GIANNINI, Paulo ROSA-SANTOS, Francisco TAVEIRA-PINTO</i>	
52	TRANSDISCIPLINARIDADE E INOVAÇÃO AO SERVIÇO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E SOCIAL: O PROJETO NATURELAB.....	120
	<i>Ana Estela BARBOSA, Margarida REBELO</i>	
84	ESTRATÉGIAS E SOLUÇÕES PARA O CONTROLO DE INUNDAÇÕES URBANAS - OS CASOS DAS CIDADES DE LISBOA, ALBUFEIRA, ÁGUEDA E MAPUTO - PROBLEMAS ANÁLOGOS, SOLUÇÕES DIVERSAS.....	122
	<i>José Saldanha MATOS, Filipa FERREIRA</i>	
103	FENÓMENOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS ASSOCIADOS À TEMPERATURA DO AR NA ÁREA METROPOLITANA DE LISBOA	125
	<i>Maria Manuela PORTELA, Luis Angel ESPINOSA, José Pedro MATOS</i>	
120	MANAGED AQUIFER RECHARGE USING SECONDARY TREATED WASTEWATER – INSIGHTS FROM LARGE-SCALE SAND TANK EXPERIMENTS ON WATER QUALITY	128
	<i>Marcel HOROVITZ, Edinsson MUÑOZ-VEGA, Teresa LEITÃO, Christoph SCHÜTH, Stephan SCHULZ</i>	
136	ENSAIOS EXPERIMENTAIS DA ROTURA POR GALGAMENTO DE BARRAGENS E DIQUES DE ATERRO	130
	<i>Sílvia AMARAL, Teresa ALVAREZ, Solange VALENTE, Rui ALEIXO, Rui M.L. FERREIRA, Teresa VISEU</i>	

BENEFÍCIOS DAS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA		133
9	INFRAESTRUTURAS VERDES URBANAS: SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA AUMENTAR A RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE URBANA.....	133
	<i>Cristina MONTEIRO, Cristina SANTOS, Ana BRIGA-SÁ, Cristina MATOS</i>	
40	TERMINAIS DE CONTENTORES: PLANEAR, GERIR E PREVER	135
	<i>Rita POMBO, Hugo LOPES, Carlos COELHO</i>	
42	INNOVATIVE AGRICULTURAL TECHNOLOGIES TO REDUCE THE NITROGEN FOOTPRINT OF TOMATO PRODUCTION – NITRATE LEACHING DIRECT MONITORING	138
	<i>Soraia CRUZ, João S. SILVA, Teresa RIBEIRO, Cláudia M.d.S. CORDOVID</i>	
47	MONITORIZAÇÃO DO RNA DE <i>NOROVÍRUS</i> , <i>ROTAVÍRUS</i> E DO VÍRUS DA HEPATITE A EM ÁGUA NATURAL E PARA CONSUMO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DA EPAL E ADVT	140
	<i>Daniel SALVADOR, Célia NETO, Rui Neves CARNEIRO</i>	
76	CICLO DE VIDA DE ACTIVOS FÍSICOS DO SETOR DA ÁGUA NA VERTENTE DA ENERGIA – CASO DE ESTUDO.....	142
	<i>Tonny Ramalho MENDES, Ana Pedro Silva, Hugo Nogueira RAPOSO, José Torres FARINHA, Mateus MENDES</i>	
140	APPLICATION OF STORMWATER ATTENUATION & ENHANCED INFILTRATION TO FLOOD & DROUGHT MITIGATION IN PORTUGAL	143
	<i>Stephen D. Thomas</i> <i>George R. French</i>	
EFICIÊNCIA HÍDRICA E ENERGÉTICA NOS SISTEMAS URBANOS DE ÁGUAS		147
4	COBERTURAS VERDES AJARDINADAS: AVALIAÇÃO DO SEU IMPACTO NA QUALIDADE E QUANTIDADE DA ÁGUA DE ESCORRÊNCIA PLUVIAL	147
	<i>Cristina MATOS, Élio DUARTE, Isabel BENTES</i>	
15	GESTÃO DE ATIVOS – MODELO DE PREVISÃO DE RISCO DE ROTURAS	149
	<i>Vítor SOUSA, Ana Paula BARROS</i>	
110	GESTÃO DE GRANDES CONTRATOS DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO – ANÁLISE SWOT... ..	152
	<i>Judite MOTA, Filipe CARRACO, Ezequiel CHINA, Hugo SABINO</i>	
112	SISTEMA DE MONITORAMENTO E ALERTA DE QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA DO RIO DOCE	154
	<i>Vinícius NASCIMENTO OLIVEIRA, Mateus CRUZ LOSS</i>	
113	SÍNTESE DE DIAGNÓSTICO DO DEBILITADO SECTOR DE WASH DE ANGOLA	158
	<i>Lucrecio COSTA, Camilo Lombana CORDOBA, Luis A. ANDRÉS, Crystal FENWICK</i>	

GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM CONDIÇÕES DE ESCASSEZ		159
111	PROMOTING MANAGED AQUIFER RECHARGE IMPLEMENTATION IN THE MEDITERRANEAN AREA. THE AGREEMAR PROJECT AND EXPECTED OUTPUTS	159
	<i>Teresa E. LEITÃO, Tiago N. MARTINS, Manuel M. OLIVEIRA, Catalin STEFAN</i>	
GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E ECOSISTEMAS		161
3	A DECOMPOSIÇÃO DE MATÉRIA VEGETAL COMO FERRAMENTA PARA AVALIAR A INTEGRIDADE FUNCIONAL DE RIOS E RIBEIROS – AVANÇANDO PARA UMA BIOMONITORIZAÇÃO INTEGRADA DA CONDIÇÃO ECOLÓGICA.....	161
	<i>Verónica FERREIRA, Manuel A. S. GRAÇA</i>	
8	AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE ESPÉCIES PISCÍCOLAS IBÉRICAS DE ÁGUA DOCE PERANTE ESTÍMULOS SELETIVOS ACÚSTICOS E LUMINOSOS.....	164
	<i>Joaquim JESUS, Rui CORTES, Amílcar TEIXEIRA</i>	
16	PROTEÇÃO E MELHORIA ECOLÓGICA NAS MASSAS DE ÁGUA DO EFMA.....	166
	<i>Noemí SANTIAGO, Luísa PINTO, Sara VALENTE</i>	
24	THE USE OF FLOW-REFUGES BY ENDEMIC FISH SPECIES UNDER SIMULATED PULSED FLOWS: INSIGHTS FROM FLUME RESEARCH	168
	<i>Maria João COSTA, Isabel BOAVIDA, José Maria SANTOS, Renan Leite, António N. PINHEIRO</i>	
34	EFEITO DE HIDROPICOS INDUZIDOS POR PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS NO USO SAZONAL E ONTOGENÉTICO DO MICROHABITAT DE LEUCISCÍDEOS E SALMONÍDEOS NATIVOS.....	171
	<i>José Maria SANTOS, Renan LEITE, Maria João COSTA, Francisco GODINHO, Maria Manuela PORTELA, António PINHEIRO, Isabel BOAVIDA</i>	
55	AÇÃO Z – COMBATE AO MEXILHÃO-ZEBRA.....	173
	<i>David CATITA, Ana ILHEU, Bárbara TITA</i>	
70	EFEITOS DO USO DE LODO PRODUZIDO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DA ESPÉCIE CAESALPINIA FERREA.....	175
	<i>Ariane de Brito SILVA, Lucas da SILVA, Maria Amanda Menezes SILVA, Luana Viana COSTA E SILVA</i>	
71	HYDROPEAKING: HOW TO ASSESS AND MITIGATE IMPACTS	177
	<i>Isabel BOAVIDA, José Maria SANTOS, Maria João COSTA, Renan LEITE, Rui MOTA, Maria Manuela PORTELA, Francisco GODINHO, Pedro LEITÃO, António PINHEIRO</i>	
74	IMPACTOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NAS NECESSIDADES DE REGA DO MILHO. A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ABORDAGENS METODOLÓGICAS	180
	<i>Daniela SOARES, Teresa Afonso do PAÇO, Paula PAREDES, João ROLIM</i>	

78	GUIA METODOLÓGICO PARA A DETERMINAÇÃO DE REGIMES DE CAUDAIS ECOLÓGICOS EM PORTUGAL. OBJETIVOS E ESTRUTURA ESSENCIAL	182
	<i>Francisco GODINHO, Ana TELHADO, Paulo PINHEIRO, Verónica PINTO, Filipa REIS, Felisbina QUADRADO, Bernardo OLIVEIRA, António PINHEIRO</i>	
80	ANÁLISE EXPERIMENTAL DO EFEITO DE BOLSAS DE AR NOS REGIMES TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS..	184
	<i>Marta CABRAL, Sofia PICCIOCHI, João Paulo FERREIRA, Dídia COVAS</i>	
85	HYDRODYNAMICS OF <i>DAPHNIA MAGMA</i> HORIZONTAL MIGRATION: PHOTOTAXIS AND PREDATORY CUES	186
	<i>Tatiana MÁXIMO, Joana Luísa PEREIRA, Rui M.L. FERREIRA, Ana M. RICARDO</i>	
95	DENSITY CURRENT PROPAGATING IN AN ARRAY OF RIGID EMERGENT CIRCULAR CYLINDERS	189
	<i>Moisés BRITO, Rui M.L. FERREIRA, Ana M. RICARDO</i>	
114	2ª FASE DO EFMA: ALTERAÇÃO DE PROJETOS EM RESULTADO DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL. CASOS PRÁTICOS.....	191
	<i>Isabel VALENTE, Luísa PINTO</i>	
142	ADEQUAÇÃO DO REGIME JURÍDICO DA DIRECTIVA-QUADRO DA ÁGUA ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS....	193
	<i>Paulo CANELAS DE CASTRO</i>	
145	O POTENCIAL DO ADN AMBIENTAL PARA MONITORIZAÇÃO ECOLÓGICA DE SISTEMAS DE ÁGUA DOCE E DETEÇÃO PRECOZE DE ESPÉCIES INVASORAS	195
	<i>Manuel CURTO, Ana VERÍSSIMO, Sofia NOGUEIRA, Sofia BATISTA, Diogo DIAS, Carlos David SANTOS, Maria Judite ALVES, Hugo F. GANTE, Filipe RIBEIRO</i>	
INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO NOS SERVIÇOS DE ÁGUAS		197
36	DESENVOLVIMENTO DE UM EMULADOR DE MODELOS NUMÉRICOS PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE CÁLCULO EM SIMULAÇÕES DA MORFODINÂMICA ESTUARINA E COSTEIRA	197
	<i>Willian WEBER DE MELO, José PINHO, Isabel IGLESIAS</i>	
38	REDES DE DRENAGEM COM CONTROLO EM TEMPO REAL	199
	<i>Alfeu Sá MARQUES, Nuno SIMÕES, Luís COSTA, Luís GIRÃO</i>	
48	ESTUDO DE SOLUÇÕES PARA A ESTABILIZAÇÃO E PROTEÇÃO DA RESTINGA DE OFIR	202
	<i>Francisco TAVEIRA PINTO, Paulo ROSA SANTOS, Renato HENRIQUES, Luciana das NEVES, José V. RAMOS, Francisco V.C. Taveira Pinto, João CHAMBEL, Maria Francisca SARMENTO</i>	
122	MODELAÇÃO DA ENERGIA CONSUMIDA EM TEMPO DE CHUVA EM SISTEMAS DE ÁGUAS RESIDUAIS	205
	<i>Luís M DAVID, Armando PINTO, António MARTINS, Osvaldo SILVA, Alexandre ATAÍDE, Anabela OLIVEIRA</i>	
135	APLICAÇÃO DO SAFEPORT NO PORTO DE SINES DURANTE A TEMPESTADE DORA.....	208
	<i>Andreia H. GOMES, Liliana V. PINHEIRO, Conceição J. FORTES, João A. SANTOS, Carlos GUEDES-SOARES</i>	

137

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA WADI DE DETECÇÃO REMOTA DE FUGAS DE ÁGUA EM GRANDES REDES DE DISTRIBUIÇÃO 211

Elsa ALVES, Anabela OLIVEIRA, André B. FORTUNATO, Alexandra CARVALHO, Alberto AZEVEDO, Ricardo MARTINS

INOVAÇÃO NO MAR E ZONAS COSTEIRAS: SERVIÇOS, PROTEÇÃO E ADAPTAÇÃO

215

58

DAMMED FISH: IMPACTO DA PERDA DE CONECTIVIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DE REDES HIDROGRÁFICAS NA BIODIVERSIDADE PISCÍCOLA – OPTIMIZANDO SOLUÇÕES DE GESTÃO..... 215

Paulo BRANCO, Gonçalo DUARTE, José Maria SANTOS, Pedro SEGURADO, Florian BORGWARDT, Jesse O'HANLEY, Rui FIGUEIRA , Viola WHITEKIND, Tamara LEITE, Maria Teresa FERREIRA

59

PROJETO DAS OBRAS HIDRÁULICAS DE REABILITAÇÃO FLUVIAL DO RIO CEIRA 217

Miguel COSTA , Juliana MENDES , Rodrigo MAIA

60

URSA – ÁGUA EM ESTADO SOLO..... 220

David CATITA, Ana ILHEU

73

CÁLCULO DO GALGAMENTO NA PRAIA DA VAGUEIRA UTILIZANDO O MODELO SWASH..... 222

João CORREIA, Maria Graça NEVES, Ana Catarina ZÓZIMO, Gonçalo ROSA

75

CICLO DE VIDA DE ACTIVOS FÍSICOS DO SETOR DA ÁGUA COM VERTENTE DE RISCO – CASO DE ESTUDO..... 225

Ana Silva, Tonny Mendes, Samuel Martinho, Hugo Nogueira Raposo, José Torres farinha, Mateus Mendes

81

CONTRIBUTOS DA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO E DA PREVISÃO DA VIDA ÚTIL PARA A GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS URBANAS DE ÁGUA 226

Marta CABRAL, Dália LOUREIRO, Dídía COVAS

82

DESEMPENHO HIDRÁULICO E SANITÁRIO DE LEITOS DE SECAGEM DE LAMAS FECAIS EM MOÇAMBIQUE 229

Raul Mutevuie JÚNIOR, Filipa FERREIRA, Sílvia MONTEIRO, José Saldanha MATOS

86

HIBRIDIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS 231

João Matos LOPES, Maria Manuela PORTELA, Pedro Eira LEITÃO

124

SOLUÇÕES DE CONTENTORIZAÇÃO NA INDÚSTRIA DA ÁGUA 234

Telmo SILVA

125

AVALIAÇÃO DA RECARGA AO AQUÍFERO VIEIRA DE LEIRIA MARINHA GRANDE – PORTUGAL UTILIZANDO MÉTODOS DE DETECÇÃO REMOTA 239

Mariana LA PASTA CORDEIRO, Maria Teresa CONDESSO DE MELO, João Pedro NUNES

127

APLICAÇÕES DE ESPECTROFOTÓMETROS UV-VIS PARA MONITORIZAÇÃO ONLINE DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL E CONTROLO DE PROCESSO 242

Zhining SHI, Christopher W. K. CHOW , Rolando FABRIS, Jixue LIU, Bo JIN

139

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO QUEBRA-MAR DESTACADO DO PORTO INGLÊS 245

Rosa E. SOARES, Conceição E.M. FORTES, Rute LEMOS, César COSTA, Luís G. SILVA, Liliana V. PINHEIRO, M.G. NEVES

MAR E ZONAS COSTEIRAS: MONITORIZAR, PLANEAR, GERIR E PREVER

249

31

USING REMOTE SENSING AND FAO METHODOLOGY FOR THE DETERMINATION OF IRRIGATION WATER NEEDS IN A SEMI-ARID CLIMATIC REGION..... 249

Paolo TUFONI, Luís COSTA, Jonat MARQUES, Vânia Serrão SOUSA, José Paulo Patrício Geraldes MONTEIRO, Luís Miguel de Amorim Ferreira Fernandes NUNES

32

MODELAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DO EMISSÁRIO SUBMARINO DA THE NAVIGATOR COMPANY NO ESTUÁRIO DO SADO..... 252

Francisco CAMPUZANO, Ana Carla GARCIA, Ramiro NEVES

39

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS PARA AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA..... 254

Joana CARNEIRO, Dália LOUREIRO, Dídía COVAS

43

ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DE UMA ESTRUTURA INOVADORA DE PROTEÇÃO COSTEIRA BASEADA NA NATUREZA COM O DE UMA ESTRUTURA TRADICIONAL..... 257

Bárbara VIEIRA, José PINHO, Joaquim BARROS

44

PREVISÃO E ALERTA DE EVENTOS EXTREMOS EM ÁGUAS DE TRANSIÇÃO. CASO DE ESTUDO DO ESTUÁRIO DO RIO DOURO..... 260

José PINHO, Willian WEBER DE MELO, Isabel IGLESIAS

66

WAVE-CURRENT FLUME DISSIPATION SYSTEM REFLECTION ANALYSIS 262

Filipe MIRANDA , João CHAMBEL , Ana Margarida BENTO , Francisco TAVEIRA PINTO , Paulo Jorge ROSA-SANTOS , Tiago FAZERES-FERRADOSA

97

SMARTWATER - PROMOTING SMART AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT IN BOSNIA AND HERZEGOVINA..... 265

Wilk ALMEIDA, Daniela SOARES, Mihajlo MARKOVIĆ, Nataša ČEREKOVIĆ, Đurađ HAJDER, Sabrija ČADRO, Mladen TODOROVIĆ, Nery ZAPATA, Erminio RIEZZO, Teresa A. PAÇO

99

PARAMETERIZATION OF THE SIGOPRAM MODEL TO STUDY THE HYDRAULIC PERFORMANCE OF ON-DEMAND PRESSURIZED IRRIGATION NETWORKS. CASE STUDY OF LUCEFÉCIT IRRIGATION DISTRICT 267

Antónia FERREIRA, João ROLIM, Pedro SANTOS, Maria do Rosário CAMEIRA

121	AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA NOS SISTEMAS PREDIAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: NOVA PROPOSTA	271
	<i>Ana POÇAS e Dália LOUREIRO</i>	
131	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DESCARGA DO EFLUENTE GERADO PELA INDÚSTRIA EXTRATORA DE ÓLEO DE BAGAÇO DE AZEITONA NO RIO TUA.....	274
	<i>Thais GRABOWSKI, Ramiro MARTINS</i>	
133	RISCO DE INUNDAÇÃO COSTEIRA: CONTRIBUTO PARA UMA MELHOR GESTÃO	276
	<i>Paula FREIRE, André B. FORTUNATO, Alexandre O. TAVARES, Anabela OLIVEIRA, José Leandro BARROS, Alphonse NAHON, Pedro P. SANTOS, Gonçalo de JESUS</i>	
134	USO DE REDES NEURONAIAS PARA MELHORIA DAS PREVISÕES DE UM SISTEMA DE ALERTA PARA RISCOS EM PORTOS	279
	<i>Liliana PINHEIRO, Nuno MORGADO, Andreia GOMES, Sérgio LOPES, Nuno LOPES, Ana PRIOR, Juana FORTES</i>	
143	MODELAÇÃO DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA NAS PRAIAS DA COSTA DA CAPARICA PARA DIFERENTES CENÁRIOS DE INTERVENÇÃO	282
	<i>Francisco SANCHO, Vitor PISCO</i>	
REGADIO: GESTÃO DA ÁGUA E DA ENERGIA		285
14	REGA INTERMITENTE DO ARROZ (ALTERNATE WETTING AND DRYING) - EFEITOS SOBRE A PRODUTIVIDADE E CONTRIBUTOS PARA O DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE.....	285
	<i>José Manuel GONÇALVES, Manuel NUNES, António JORDÃO, José PAIXÃO, Rui EUGÉNIO, António RUSSO, Henrique DAMÁSIO, Sérgio OLIVEIRA, Susana FERREIRA, Isabel Maria DUARTE, Kiril BAHCEVANDZIEV</i>	
89	AVALIAR OS RISCOS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA EM PORTUGAL (PROJETO FRISCO)	288
	<i>Luís DIAS, João Pedro NUNES, Joana PARENTE, Akli BENALI, Oscar GONZÁLEZ-PELAYO, Ana SÁ, Dina JAHANIANFARD, Niels NITZSCHE, Joost SCHUURMAN, Jantiene BAARTMAN, Carlos BRITO</i>	
91	SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DE CHEIAS NO RIO MINHO, EM MONÇÃO.....	292
	<i>Isabela Dantas Reis Gonçalves BASTO, Mahdi ALEMI, Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira MAIA</i>	
129	IMPACTE DA DIMENSÃO DA PROPRIEDADE NA POLÍTICA DE GESTÃO DA ÁGUA: O CASO PORTUGUÊS... 295	
	<i>Maria José VALE</i>	
141	RESULTADOS DE DOIS ANOS DE ESTUDO DO GRUPO OPERACIONAL OLIVICULTURA E AZEITE- SUSTENTOLIVE - MELHORIA DAS PRÁTICAS DE REGA E FERTILIZAÇÃO NAS EXPLORAÇÕES OLIVÍCOLAS EM TRÁS-OS-MONTES PARA A SUSTENTABILIDADE DO OLIVAL.....	296
	<i>Anabela FERNANDES-SILVA, André COELHO, Susana CASAL, Thyago BRITO</i>	

SIMULAÇÃO DE PROCESSOS FLUVIAIS E APOIO À DECISÃO		299
5	IMPLANTAÇÃO DE LEI MUNICIPAL: DESCARTE ADEQUADO DE ÓLEO DE COZINHA USADO NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO ESCALVADO – MG E IMPLANTAÇÃO DO PROJETO BOLHA DE SABÃO.....	299
	<i>Maria Amélia Suriani LIMA</i>	
64	MODELO MULTICRITÉRIO PARA AGRUPAMENTO DE CONDUTAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA O PLANEAMENTO DE INTERVENÇÕES DE REABILITAÇÃO	302
	<i>João CAETANO, Soraia ALMEIDA, Nelson CARRIÇO, Dídia COVAS</i>	
87	MORTALIDADE PISCÍCOLA NA ALBUFEIRA DOS PATUDOS: UM SISTEMA NO LIMITE E COM PROBLEMAS QUE URGE SOLUCIONAR	304
	<i>Paula RAMOS, Catarina CHURRO, André GONÇALVES, Francisco GODINHO</i>	
88	GOVERNANÇA PARTICIPATIVA NA DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO FUTURA DO LITORAL DE OVAR.....	306
	<i>Márcia LIMA, Filipe ALVES, Fábio MATOS, André VIZINHO, Carlos COELHO</i>	
104	TÉCNICAS DE VÍDEO NA ANÁLISE DO ESPRAIAMENTO E EXTENSÃO DO GALGAMENTO EM ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO COSTEIRA	309
	<i>Ana MENDONÇA, Rute LEMOS, Conceição J.E.M. FORTES, Ricardo MARTINS, Ricardo FERRÃO</i>	
SOLO, AGRICULTURA E AMBIENTE		311
7	APLICAÇÃO DE IMAGENS DE SENTINEL-2 NA AVALIAÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO EM CAMPOS DE ARROZ DO BAIXO MONDEGO.....	311
	<i>Romeu GERARDO, Isabel PEDROSO DE LIMA</i>	
12	POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM ÁREAS ADJACENTES À ALBUFEIRA DO BAIXO SABOR: AVALIAÇÃO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE SIG	313
	<i>Vinicius Kenzo OKADA, Tomás de FIGUEIREDO, Felícia FONSECA, Zulimar HERNÁNDEZ</i>	
25	MONITORIZAÇÃO DO SOLO NOS BLOCOS DE REGA DO EFMA	316
	<i>Fátima SÃO PEDRO, David CATITA, Ana ILHÉU</i>	
57	TERRA: LABORATÓRIO PARA A SUSTENTABILIDADE DO USO DA TERRA E DOS SERVIÇOS DE ECOSISTEMAS.....	319
	<i>Paulo BRANCO</i>	
105	EVOLUÇÃO DO DANO DO MANTO PROTETOR DO QUEBRA-MAR DE TALUDE DO PORTO DA ERICEIRA: ANÁLISE PROBABILÍSTICA	321
	<i>Ana MENDONÇA, Bernardo MACHADO Maria Teresa REIS, João SANTOS, Conceição FORTES, Nuno LOPEZ, Ana PRIOR</i>	

NOTA DE INTRODUÇÃO

O 16.º Congresso da Água, decorreu em Lisboa, de 21 a 24 de março de 2023, dedicado ao tema “**Viver com a Água**”. Foi com foco nesta temática que a APRH, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, se propôs organizar o 16º Congresso da Água, um evento que é há longa data uma referência na comunidade científica e técnica, mas também para todos os que se interessam pelos assuntos da água em geral.

Nos últimos anos, o tema da seca e da escassez hídrica é recorrente na comunicação social Portuguesa. A relação com Espanha para a gestão das albufeiras e dos rios internacionais, é também tópico frequente nos media. A qualidade da água, as necessidades de água pelos vários setores económicos e ambientais e seu conflito de interesses, as reservas hídricas superficiais e subterrâneas, origens de água alternativas e eficiências e o planeamento do litoral são outros assuntos em destaque, que evidenciam a importância dos recursos hídricos e da forma como vivemos com a água. Por este motivo, nesta edição do congresso, as Comissões Especializadas da APRH estiveram em destaque, propondo temas que mostram a transversalidade dos assuntos da água e a importância de atuar de forma integrada, trazendo para reflexão e discussão temas atuais e do interesse de todos.

Os temas promovidos pelas Comissões Especializadas e que proporcionaram a submissão de muitos trabalhos técnicos foram: Abordagens colaborativas, multidisciplinares e multisectoriais; Adaptação e resiliência às alterações climáticas; Água e Energia: propostas para resolver os novos desafios e a sua implementação; Água subterrânea: inovar e adaptar; Água, território e cultura: novas abordagens para a promoção do desenvolvimento; Ameaças aos sistemas hídricos: cheias, qualidade da água e outros riscos; Benefícios das soluções baseadas na natureza; Eficiência hídrica e energética nos sistemas urbanos de águas; Gestão da água subterrânea em condições de escassez; Gestão da qualidade da água e ecossistemas; Inovação e desenvolvimento nos serviços de águas; Inovação no mar e zonas costeiras: serviços, proteção e adaptação; Mar e zonas costeiras: monitorizar, planear, gerir e prever; Proteção e melhoria do estado das massas de água; Regadio: gestão da água e da energia; Rios, sociedade e economia; Simulação de processos fluviais e apoio à decisão; Solo, agricultura e ambiente.

Assim, durante 3 dias houve oportunidade de acompanhar 18 sessões técnicas de apresentação oral de trabalhos, muitos posters, em formato online e presencial, 5 sessões plenárias com mesas redondas abordando tópicos que foram ao encontro do tema central da edição do congresso e três mesas redondas organizadas pelos Núcleos Regionais da APRH, dando atenção às especificidades de cada região. As cinco sessões plenárias, atendendo à importância de bem gerir a água, promoveram uma reflexão sobre o futuro, abordaram os seguintes temas: “Viver no Tejo”, “Investimentos Estratégicos – Futuros”, “Monitorização e Inovação”, “Ser Sustentável - Viver o Futuro” e “O Planeamento e Gestão no Sec. XXI”. Nas sessões regionais, o Núcleo Regional do Norte trouxe a discussão o tema “Aproveitamentos Hidroelétricos: Produção de Eletricidade versus Criação de Reservas Estratégicas de Água”, pelo Núcleo Regional do Centro foi discutido o “Reaproveitamento de Água da Valorização de Efluentes Agropecuários”, e o Núcleo Regional do Sul

trouxe a debate “A Escassez de Água a Sul do País. Como se Adaptar a uma Nova Realidade?”.

O 16º Congresso da Água decorreu em formato presencial e *online*, permitindo a participação remota e tornando o evento mais enriquecedor do ponto de vista técnico e científico, proporcionando a mais diversificada troca de experiências e perspetivas sobre os recursos hídricos. Os trabalhos técnicos foram compilados neste livro de resumos, que corresponde assim a um documento que se pretende que sirva de suporte para a disseminação e partilha do conhecimento na área dos recursos hídricos.

Agradece-se aos membros das Comissões Organizadora e Científica, aos apoiantes e aos patrocinadores a sua imprescindível colaboração para a concretização e sucesso do evento, aos convidados das sessões plenárias, que com as suas visões enriqueceram a reflexão e debate, e finalmente, aos autores e apresentadores de trabalhos técnicos e científicos expostos neste documento.

Carlos Coelho

Presidente da Comissão Organizadora do 16º Congresso da Água

COMISSÕES

Comissão de Honra

Ministro do Ambiente e da Ação Climática

Dr. Duarte Cordeiro

Ministro da Economia e do Mar

Eng.º António Costa Silva

Ministra da Agricultura e da Alimentação

Dra. Maria do Céu Antunes

Bastonário da Ordem dos Engenheiros

Eng.º Fernando Manuel de Almeida Santos

Presidente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Eng.ª Laura Caldeira

Representante da Associação Cabo-Verdiana de Recursos Hídricos

Dra. Elizabeth Furtado – ACRH

Presidente da AQUASHARE – Moçambique

Eng.º Bento Mualoja

Presidente da Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental APESB

Prof. Lígia Pinto

Presidente da Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas – APDA

Eng.º Rui Godinho

Comissão Organizadora

Presidente: Carlos Coelho

Membros:

Cláudia Brandão

Jorge Cardoso Gonçalves

Ana Estela Barbosa

Carla Antunes

Susana Neto

Paulo Rosa Santos

Ricardo Gomes

João Filipe Santos

Ana Estêvão (Secretariado)

Comissão Científica

Presidente: José Manuel Gonçalves

Vice-Presidentes:

José Luís Pinho

José Maria Santos

Membros:

Ana Carla Garcia (CEZCM)

Ana Margarida Bento (CEHF)

Ana Margarida Ricardo (CEHF)

António Sá da Costa (CEAE)

Carina Almeida (CEQAE)

Carlos Miranda Rodrigues (CEAAF)

Cláudia Cordovil (CEATC)

Cristina Martins (CEATC)

Dália Loureiro (CESA)

Eduardo Vivas (CESA)

Elsa Alves (CEHF)

Filipa Oliveira (CEZCM)

Francisco Carvalho (CEAE)

Francisco Godinho (CEQAE)

Francisco Taveira Pinto (CEZCM)

Gonçalo Rodrigues (CEAAF)

Isabel Boavida (CEQAE)

João Fernandes (CEHF)

Jorge Duque (CEAS)

José Manuel Salvado (CEAAF)

José Paulo Monteiro (CEAS)

Luís David (CESA)

Luísa Pinto (CEAAF)

Manuel Abrunhosa (CEAS)

Manuela Lima (CEHF)

Manuela Portela (CEAE)

Márcia Lima (CEZCM)

Maria Manuela Simões (CEAS)

Maria Paula Mendes (CEAS)

Maria Vale (CEATC)

Nelson Carriço (CESA)

Octávio Almeida (CESA)

Óscar Ferreira (CEZCM)

Paula Antunes (CEATC)

Pedro Manso (CEAE)

Ramiro Neves (CEZCM)

Rui Cortes (CEQAE)

Rui Miguel Madeira Lança (CEZCM)

Rui Reis (CEATC)

Teresa David (CEAAF)

Teresa Fidélis (CEZCM)

Tiago Ferradosa (CEAE/CEZCM)

A EXPERIÊNCIA CABO-VERDIANA NA GOVERNANÇA DA ÁGUA; MARCO REGULATÓRIO, NORMAS, REGULAÇÃO E DESAFIOS

Elizabeth Natalícia Rodrigues FURTADO¹

¹ *Jurista. lizahfurtado12@hotmail.com*

A regulação das águas é complexa pois se trata de um recurso político por natureza, sujeito aos mais distintos usos e indispensável para a vida humana e manutenção dos ecossistemas. O direito das águas tem como missão proteger e garantir esse recurso, bem como distribuí-lo entre os múltiplos usuários e estabelecer os responsáveis e os instrumentos para sua gestão.

A legislação é um dos aspetos da governança dos recursos hídricos e sua compreensão é fundamental para aprimorar a gestão. Portanto, pretende-se apresentar a base jurídica que norteia o direito das águas em Cabo Verde e demonstrar como ele influencia a construção da governança, distribui as competências para a gestão das águas, delimita as instituições responsáveis e estabelece os princípios e instrumentos da gestão, bem como, obriga a construção de um formato de gestão integrada e participativa. Em Cabo Verde, a lei n.º46/VIII/2013 de 17 de Setembro, cria a Agência Nacional de Água e Saneamento – ANAS, que tem por fim a implementação das políticas do governamentais e a gestão integrada dos investimentos no setor da água e saneamento, o seguimento, a regulação técnica, a supervisão e a monitorização dos serviços de produção, distribuição e comercialização de água, recolha, tratamento e rejeição de efluentes líquidos e resíduos em todo o território nacional. Compete a ANAS e matéria de representação do setor de água e saneamento, coadjuvar o Governo, a pedido deste, ou por iniciativa própria, na definição das linhas estratégicas e das políticas gerais para o setor da água e do saneamento e das atividades dos operadores, incluindo a emissão dos pareceres e a elaboração de projetos de legislação nesse domínio. Intervir no desenvolvimento de planos gerais, planos diretores e de proteção do ambiente em matéria de água e de saneamento.

Palavras-chave: regulação, normas e desafios.

CHANGES IN TRENDS AND TELECONNECTION FOR A GRIDDED RAINFALL DATASET FOR PORTUGAL

Luis Angel ESPINOSA¹, Maria Manuela PORTELA²

¹ Associação do Instituto Superior Técnico para a Investigação e Desenvolvimento (IST-ID), Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS), luis.espinosa@tecnico.ulisboa.pt

² Instituto Superior Técnico (IST), maria.manuela.portela@tecnico.ulisboa.pt

ABSTRACT

Introduction and Objectives. The assessment of rainfall trends is crucial for examining the impact of climate change on water resources for its planning and management. Seasonal and annual rainfall series were analysed for mainland Portugal given that such timescales are still relevant for climate modelling (Pereira et al., 2021) conceling in many cases highly different spatial rainfall regimes and trends. Additionally, there has not been enough focus on the importance of rainfall variations in Portugal associated to recurrent, large-scale patterns of pressure and circulation anomalies. Therefore, the primary goal of this research project is to investigate changes in trend and change detection of rainfall and North Atlantic Oscillation index (NAOI) time-series along with their potential teleconnection or link.

Methodology and data. For analysing rainfall trends and how they relate to large-scale patterns of pressure, this study integrates gridded rainfall records with information on atmospheric pressure over the North Atlantic Ocean. The previously released point-scale rainfall data from 532 rain gauges in Portugal (Portela et al., 2020) were used to create the gridded rainfall series (Figure 1a). The monthly data from the 532 rain gauges were interpolated using the Inverse Distance to a Power gridding method with a two exponent, or IDW2. From October 1919 to September 2019, or 100 hydrological years, are included in the analysis. The timelines for rainfall that are taken into account include October to December (OND), January to March (JFM), and December to March (DJFM), as well as the hydrological year (ANN), which in Portugal goes from October of one year to September of the following. The NAOI timescales are nOND (October–December), nJFM (January–March), nDJFM (December–March), and nANN (October–September). The NAOI realisations are directly acquired from Hurrell & NCAR, the quarterly, DJFM, and ANN rainfalls were aggregated from monthly values (2020). One NAOI series and 126 gridded rainfall series (Figure 1b) with 100 random values each were implemented for the period 1919–2019.

The main model used for teleconnection of rainfall changes and the NAO was the sequential Mann-Kendall (SQMK) test (Sneyres, 1990). This model allowed the estimation of the qualitative change and fluctuation over time in the trend of the NAOI series and of the gridded rainfall series at the same timescales for trend estimation. In general, the SQMK test allows detection of approximate beginning of a developing trend on time-series X_t . The test statistic sets up a standardised series, a progressive-trend series, $u(t)$, which is expected to fluctuate around zero. The SQMK also sets a retrograde-trend series, $u'(t)$, but in this work, only the series $u(t)$ were considered for rainfall-NAO teleconnection using the Pearson correlation coefficient, r .

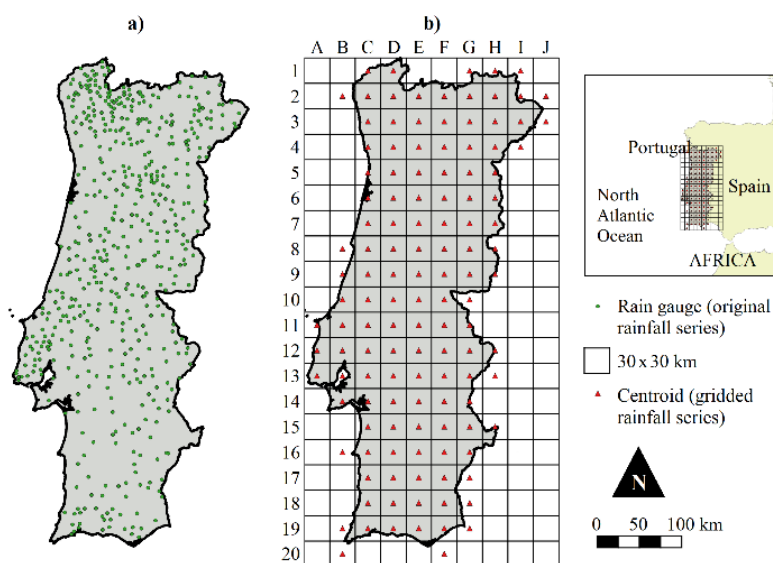


Figure 1. Locations of (a) the 532 rain gauges, or the original rainfall series, and (b) the built-in mesh with 126 centroids used for the analysis and teleconnection of rainfall trends.

Results and Discussion. The sequential Mann-Kendall (SQMK) test was applied to the gridded rainfall series, but also to the NAOI series to examine the sequential trend values and to determine the behaviour in detail of the trend lines, i.e., the mix of upward (positive) and downwards (negative) trends that may be present in the time-series. The Pearson coefficient, r , was applied to describe a pattern or relationship for teleconnection between the trends of the coupled values of the rainfall and NAOI at a same timescale, notwithstanding their statistical significance. Correlations, r , between the progressive-trend series rainfall and NAOI series are mapped in Figure 2. According to Figure 2a, rainfall-NAO correlations for the first quarter (OND-nOND) range from $r = -0.80$ to $r = 0.61$, denoting a contrasting distribution with more positive correlations in the north neutralising the negative ones in the southern coast (average correlation of 0.10). Regarding the second quarter (JFM-nJFM), correlations are stronger ranging from $r = -0.94$ to $r = -0.52$, on average of -0.85 (Figure 2b). This clearly indicates a coherent relationship between rainfall changes in Portugal and the NAO signal. Such pattern is still negatively strong over the country for the period from December through March (DJFM-nDJFM in Figure 2c), with correlation values ranging from -0.90 to -0.48 (-0.80 on average). Regarding the hydrological year (ANN-nANN in Figure 2d), the negative sign of correlation (-0.66 on average) shows a very similar dipole-type pattern of the NAO influence on rainfall changes. These results reveal that this influence has a much larger extent during wintertime and that the atmospheric circulations over the North Atlantic can be considered as a major driver for rainfall across Portugal in JFM, DJFM, and, to a lesser extent, in ANN.

While natural rainfall variability in Portugal is large, and intrinsically influenced by the NAO, based on the current research, it seems likely that drying, or downward rainfall trends, across northwest and the most southern Portugal cannot be explained by changes in the NAO alone. Therefore, the analysis of shifts in other atmospheric circulation patterns may improve the teleconnection analysis. Finally, advances in the knowledge of climate processes (as the contribution of this research for mainland Portugal) may improve the estimates of the response of climate variables to increasing radiative forcing in the potential future warming.

Keywords: Rainfall trends; teleconnection; NAOI; Sequential Mann-Kendall, Portugal

Acknowledgments. This research was supported by the Foundation for Science and Technology's support through funding UIDB/04625/2020 from the research unit CERIS, and by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101003534.

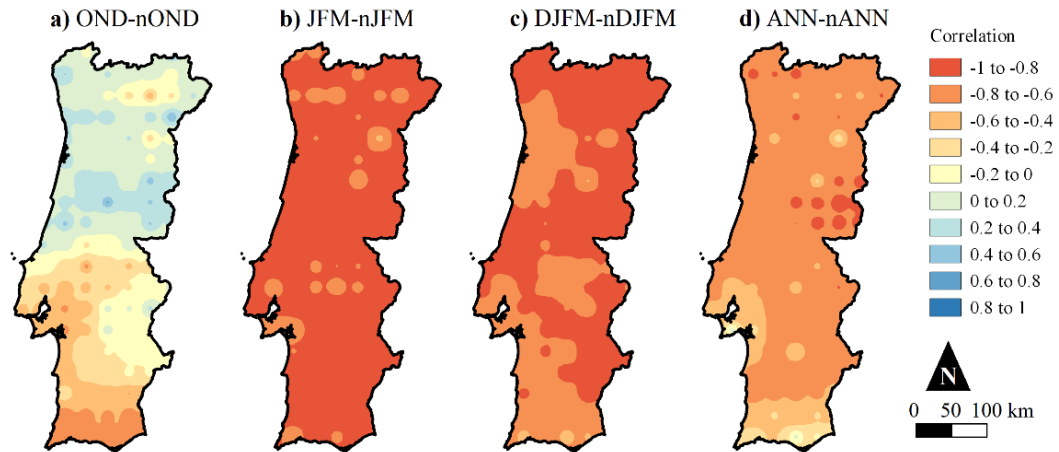


Figure 2. Teleconnection between gridded rainfall trends and NAOI trends from 1919–2019. Spatial distribution of the Pearson correlation coefficient, r , between the progressive-trend series, $u(t)$, of OND, JFM, DJFM, and ANN rainfall; and nOND, nJFM, nDJFM, and nANN NAOI, respectively.

REFERENCES

- Pereira, S. C., Carvalho, D., & Rocha, A. (2021). Temperature and Precipitation Extremes over the Iberian Peninsula under Climate Change Scenarios: A Review. *Climate*, 9(9), 139.
- Portela, M. M., Espinosa, L. A., & Zelenakova, M. (2020). Long-term rainfall trends and their variability in mainland Portugal in the last 106 years. *Climate*, 8(12), 146.
- Sneyres, R. (1990). Technical note no. 143 on the statistical Analysis of Time Series of Observation. World Meteorological Organisation, Geneva, Switzerland.

DIGITALIZAÇÃO DO REGADIO COLETIVO ATRAVÉS DE PLATAFORMA WEB PARA GESTÃO DE INFORMAÇÃO E OPERAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS - DESENVOLVIMENTO NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO VALE DO LIS

Rui MIRANDA¹, Sérgio TATO¹, Andreia VIEIRA¹, Jorge TAVARES¹, Francisco CASTRO¹, Rui EUGÉNIO², Henrique DAMÁSIO², Manuel NUNES³, Susana FERREIRA³, José Manuel GONÇALVES³

¹ NAVIA; ruimiranda@naviasolution.com, sergiotato@naviasolutions.com, avieira@naviasolutions.com, jtavares@naviasolutions.com, francisco.castro@naviasolutions.com.

² Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis, Leiria; eugenio-rui@sapo.pt, hdamasio71@gmail.com

³ Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária, Coimbra; mnunes@esac.pt; susana.ferreira@esac.pt, jmmg@esac.pt.

RESUMO

A melhoria da gestão da água no nível de um aproveitamento hidroagrícola é geralmente uma tarefa complexa que requer múltiplas ações e recursos significativos. A sua gestão racional deve basear-se num sistema de informação, com base em monitorização, que forneça dados como os da procura e distribuição de água, energia consumida, encargos de manutenção e conservação de infraestruturas. Dado que a competitividade empresarial da agricultura portuguesa depende fortemente do regadio, pois permite o aumento da produtividade da terra, o controlo dos efeitos da variabilidade climática e a possibilidade de produzir culturas de maior valor, todos os esforços para melhorar a gestão da água de rega são de grande utilidade no desenvolvimento e sustentabilidade da agricultura.

O presente estudo centra-se no Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Lis (AHVL), um regadio público com de cerca de 2000 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, de seus afluentes e valas de drenagem, funcionando a fio de água através de uma rede gravítica com condução em canal, com o controlo essencialmente manual do escoamento nas afluências e derivações. O sistema de rega está a ser modernizado no Sub-Perímetro I, com a instalação de uma rede coletiva pressurizada. No sentido da melhoria da gestão, foi criada uma parceria que integrou a Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis (ARBVL), entidades de investigação e empresas agrícolas, para que, num esforço sinérgico de múltiplas competências, permitisse inovar o processo de gestão da água em regadio através do Grupo Operacional para a gestão da água no Vale do Lis, que decorreu de 2018 a 2022. Visou-se a melhoria da planificação e gestão da água como requisito para a modernização sustentável do AHVL, no âmbito de uma intervenção integrada e harmonizada nos diferentes níveis do Aproveitamento. As ações de monitorização da rede coletiva de abastecimento envolveram medições quantitativas das afluências aos vários setores de rega e o respetivo consumo de energia na bombagem dos reforços de caudal praticados, bem como medições da qualidade físico-química e microbiológica da água de rega e drenagem. Também foi monitorizada a procura de água para rega com

base nas necessidades hídricas das culturas praticadas e ao nível da parcela procedeu-se à avaliação dos principais sistemas de rega aplicados.

Um dos objetivos do projeto foi o desenvolvimento 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 este objetivo foi desenvolvida uma plataforma web para a gestão integrada e em tempo real de informação e operação da infraestrutura do AHVL, a qual constitui uma ferramenta de apoio à gestão do aproveitamento pela ARBVL. Esta plataforma aplicada no contexto de um regadio coletivo de pequena dimensão, numa estrutura de minifúndio, reveste-se de carácter inovador, servindo a experiência de testes e avaliação, em curso, de grande importância para estender esta tecnologia a outros regadios.

A plataforma digital (NAVIA) apresenta-se como um *software* totalmente parametrizável que permite um enquadramento total com a atividade realizada em diferentes infraestruturas. Agrega e centraliza toda a informação registada, sendo assim possível realizar a gestão de todos os processos. A utilização do software permite um acesso prático e simples que leva a uma melhoria gradual no trabalho colaborativo entre o terreno e o *backoffice* de uma entidade.

Esta ferramenta mostra uma enorme capacidade de adaptação a qualquer tipo de infraestrutura sendo bastante flexível. É possível gerir toda a atividade em tempo real funcionando como um motor de gestão. O NAVIA permitirá 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. Monitoriza ecossistemas e a qualidade dos meios hídricos sendo possível através dos seus mecanismos de integração e agregação de dados registar ocorrências, não conformidades e rotinas com enorme facilidade.

Assim, através desta ferramenta, pretende-se melhorar a gestão dos diferentes recursos e infraestruturas do regadio do Vale do Lis tornando-se este o foco principal do projeto que ainda se encontra num estado embrionário, mas que conta com inúmeros desafios no que diz respeito a uma melhor gestão operacional.

Desta forma, para gerir todos os processos associados ao regadio de forma eficiente terá de existir uma base com dados e informação relativos a todos os sistemas que possam tornar a tomada de decisão mais simples e eficaz. Uma das vertentes mais importantes do projeto prende-se na integração com diferentes sistemas de informação, neste caso mais específico georreferenciação (SIG) e aquisição de dados em bruto (SCADA). Estas integrações vão permitir a comunicação e transmissão de informação entre as plataformas agregando todos os dados no NAVIA.

Desdobrando o tema, a integração com o SIG permitirá georreferenciar as diferentes infraestruturas que se encontram dispersas no regadio e permitirá definir os diferentes atributos das mesmas, facilitando os processos de manutenção e operação. A integração SCADA permitirá adquirir os dados em bruto das diferentes estações meteorológicas sendo possível, à posteriori, criar indicadores no NAVIA que permitirão uma análise criteriosa e abrangente das afluências no regadio.

Após a conclusão dos processos de integração com os diferentes sistemas de informação, será possível que as diferentes equipas realizem registos manuais no terreno. Essa informação vai estar disponível em tempo real e visível em *backoffice* através de um mecanismo de mobilidade, criando uma ponte de trabalho colaborativa

entre os diferentes intervenientes do regadio. A informação gerada pelos registos pode ser trabalhada através de indicadores ou relatórios facilitando o processo de tomada de decisão e construindo uma base de dados que permitirá obter um histórico de avarias e manutenções, passando de uma vertente meramente corretiva (trabalho diário) para uma vertente preventiva.

As diferentes tarefas de rotina que são realizadas no dia a dia do regadio poderão ser programadas e agendadas indicando os diferentes colaboradores que vão ficar responsáveis pelas mesmas. Através destes mecanismos de trabalho será possível mitigar perdas, corrigir problemas e evoluir no sentido da modernização do regadio. Para além destes registos manuais será possível importar informação de forma massiva previamente tratada e validada, agregando a informação toda no NAVIA, tornando a plataforma transversal a toda a estrutura. Toda a vertente operacional poderá ser otimizada através da mobilidade, permitindo a monitorização de todos os processos do regadio do Vale do Lis. O sistema será mais fiável, já que tudo ficará registado na plataforma, transformando um processo que atualmente exige um enorme esforço em algo mais eficiente, pois todo o processo manual será mitigado pela ação individual, otimizando custos.

Numa fase mais avançada do projeto, com um histórico de registos considerável, será possível parametrizar indicadores que agregam informação no tempo de vários locais. Este processo permitirá inclusive trabalhar indicadores calculados. Os indicadores parametrizados podem ter diversas origens, como por exemplo o número de ordens de serviço executadas numa determinada zona por tipo de trabalho realizado, ou então registos de tempos de trabalho para cada ocorrência, sendo possível até controlar custos associados à mão de obra e aos materiais utilizados.

Este projeto tem carácter inovador nos processos de desenvolvimento, de validação e comunicação de dados, permitindo um know-how que potencia estender esta tecnologia a outros regadios coletivos. Deste modo se alcançarão melhorias no uso da água e de outros fatores e se cimentará a digitalização como o futuro da gestão operacional do regadio.

Palavras-Chave: Regadio coletivo público; gestão da água em regadio; digitalização da gestão da água; Vale do Lis, NAVIA.

PERCEPÇÃO AMBIENTAL – INSTRUMENTO DE RESSIGNIFICAÇÃO FRENTE ÀS QUESTÕES SOCIOAMBIENTAIS

Rosemeire Aparecida MOREIRA¹, Felipe Rosafa GAVIOLI²

¹ DAE S/A Água e Esgoto, Av. Alexandre Ludke, 1500 – Jd. Bandeirantes, Jundiaí-SP, Brasil; rosemeire.moreira@daejundiai.com.br

² Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Rua João Ferrara, 555 – Jd. Pitangueiras II, Jundiaí-SP, Brasil; fgavioli@sp.gov.br

RESUMO

O presente ensaio tem como objetivo refletir sobre a percepção ambiental como um instrumento de ressignificação frente às questões socioambientais, considerando a intrínseca e interdependente relação homem-natureza.

A metodologia aplicada foi de revisão bibliográfica, com o pressuposto de que as distintas experiências dos indivíduos com o meio moldam as diferentes percepções, pois essas são processadas através de padrões de acordo com a cultura, localidade, história e também através dos sentidos sensoriais.

A UNESCO já destacava em 1973, há quase cinco décadas, a importância da pesquisa em percepção ambiental, como elemento necessário para o planejamento ambiental, pois uma das dificuldades para a proteção dos ecossistemas naturais decorre das funções distintas no plano social desempenhadas pelos indivíduos das diversas culturas e posições socioeconômicas, nesses ambientes.

Vale destacar a relevância deste referencial teórico, como uma ferramenta sofisticada para a formulação de estratégias, visando superar a fragmentação dos conhecimentos na formação profissional das diversas áreas, através do entendimento integral, estruturado e interdisciplinar e com base nesta metodologia, novas abordagens poderão suceder avanços, quanto às políticas públicas, nos diversos setores.

Neste contexto, a percepção ambiental, ao promover uma tomada de consciência do meio ambiente pelo homem, surge como um instrumento indispensável para o embasamento de novas alternativas de futuro, novos modos de produzir e consumir, superando o modelo vigente, que desconsidera o limite do planeta e permite às grandes corporações atuarem sem limite algum, e readequando com urgência a nossa ideia de progresso.

Por isso, as mudanças em direção ao desenvolvimento da percepção ambiental passam por uma transformação cultural para além da simples capacitação técnica, produzindo fundamentos que, se bem trabalhados localmente através da percepção, poderão ressoar globalmente.

Dentre os desafios inerentes às questões socioambientais, destacam-se atualmente as alterações climáticas, sendo que a nossa capacidade de resposta frente aos possíveis eventos climáticos extremos depende da nossa percepção dos fenômenos com suas prováveis consequências danosas e demandam estratégias integradas para as ações de prevenção, mitigação ou adaptação.

E diversas abordagens das questões socioambientais perpassam transversalmente aos recursos hídricos e considerando a pluralidade de interesses e percepções é fundamental compreender quais as atribuições específicas de cada ator e as visões/percepções ambientais expressadas, para que lacunas sejam corrigidas e ações redirecionadas.

Enfim, a contribuição relevante deste ensaio é demonstrar que uma ampliação das percepções e interações do homem consigo mesmo e com o meio ambiente em suas práticas cotidianas, através da educação, gestão e projetos ambientais bem direcionados poderão acelerar as mudanças necessárias para o tão sonhado desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade.

Palavras-Chave: Percepção Ambiental; Gestão Ambiental; Políticas Públicas.

ACEITAÇÃO SOCIAL PARA A REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DA PERSPETIVA DE ATORES CHAVE – O CASO DE ESTUDO DE ALICANTE

Marcella CONCEIÇÃO¹, Carla GOMES², Luísa SCHMIDT³

¹ ICS-ULisboa, Av. Professor Aníbal de Bettencourt, 9, marcella.conceicao@ics.ulisboa.pt

² ICS-ULisboa, Av. Professor Aníbal de Bettencourt, 9, carla.gomes@ics.ulisboa.pt

³ ICS-ULisboa, Av. Professor Aníbal de Bettencourt, 9, mlschmidt@ics.ulisboa.pt

RESUMO

As secas e a escassez de água são fenómenos que se têm intensificado e deverão agravar-se nas próximas décadas em todo o mundo, incluindo na Europa. O aumento do consumo de água doce, a par dos impactos das alterações climáticas, tem vindo a colocar cada vez maior pressão sobre os recursos hídricos, trazendo a necessidade do uso de fontes alternativas para suprir as demandas atuais. A reutilização de água residual tem sido empregada como uma forma de garantir o abastecimento e promover a circularidade do recurso fechando o ciclo de utilização da água. No continente europeu a reutilização ainda é uma prática pouco desenvolvida, sendo adotada em países que apresentam cenários mais críticos de escassez, sobretudo no sul. Espanha e Grécia já adotaram a reutilização como maneira de garantir disponibilidade de água para diversos setores, tais como a agricultura, os usos urbanos e industriais. Alicante, uma região semiárida do sudeste de Espanha, já promove a reutilização de águas residuais há algumas décadas para fazer face ao regime inconstante de precipitação no território.

Com a perspetiva de garantir não só a sustentabilidade do setor, mas também uma gestão e governança eficiente da água, é fundamental compreender as perceções e atitudes dos atores-chave face à utilização de fontes alternativas, bem como os fatores que vão influenciar a sua aceitação pela sociedade. Esta comunicação baseia-se numa tese doutoral e no trabalho que está a ser desenvolvido no projeto H2020 B-WaterSmart, tendo como objetivo contribuir para a identificação de barreiras e fatores impulsionadores no discurso dos atores-chave, neste caso no território de Alicante, uma das áreas de estudo do projeto. Para a análise das perceções e atitudes adaptámos o modelo conceptual da aceitação social, que tem vindo a ser utilizado sobretudo no estudo da adoção de novas tecnologias no setor energético. Neste modelo, são consideradas as perceções de risco dos atores-chave do setor e da comunidade, bem como os níveis de justiça e confiança nas instituições públicas e entidades de gestão.

Os dados analisados baseiam-se em entrevistas realizadas em setembro de 2022, com representantes de quatro instituições relacionadas com a gestão da água na província de Alicante. Entre eles encontram-se a agência responsável pela produção e distribuição da água para reutilização, a agência regulamentadora, a maior estação de tratamento local e a principal associação de agricultores da região. As entrevistas semiestruturadas foram realizadas como uma pesquisa exploratória e inicial de análise do estado atual da aceitação. Para análise e codificação dos resultados utilizou-se o software de análise de dados qualitativos N-VIVO®.

Espanha apresenta uma legislação sobre reutilização de água já amadurecida, tanto a nível nacional como regional, o que reflete a longa experiência do país nesta prática, demonstrado pelos resultados preliminares das entrevistas. Entretanto, os dados recolhidos evidenciam que os instrumentos regulamentadores já não correspondem aos requisitos mínimos de reutilização proposta pelo novo regulamento europeu (2020/741) que entrará em vigor em 2023. Neste sentido, o governo espanhol tem vindo a planificar a adaptação da sua legislação às exigências do novo regulamento. A análise das entrevistas evidenciou elementos importantes da teoria da aceitação social. O discurso dos atores-chave revela uma acutilada perceção dos problemas e riscos relacionados com a escassez de água em Alicante, face a outras províncias do país. Uma segunda evidência relevante para a análise da aceitação social está associada às perceções de risco sobre a qualidade da água. Há uma preocupação grande com a manutenção dos padrões mínimos de qualidade estipulados pela lei. Os diferentes entrevistados destacaram a importância da qualidade da água também para o desenvolvimento da confiança entre os diversos atores-chave e a comunidade. Outra preocupação destacada nas entrevistas refere-se aos incentivos financeiros para a reutilização, assim como para o desenvolvimento de infraestruturas para a distribuição da água. O financiamento gera incentivos à reutilização e trata-se de uma preocupação fundamental do ponto de vista das noções de justiça distributiva e equidade de acesso. Os temas da gestão e governança dos recursos hídricos assumiram também grande centralidade nas entrevistas. Os diferentes entrevistados salientaram a importância e a necessidade de uma efetiva vontade política para a promoção da reutilização de água, evidenciando, mais uma vez, elementos de justiça e confiança entre os atores.

Os avanços futuros deste estudo apontam para a identificação de fatores importantes a nível social, político e económico da aceitação social. O propósito é que o conhecimento sobre as atitudes e comportamentos face à reutilização de água contribuam para reforçar o impacto social das inovações e para implementar uma economia circular para este recurso, contribuindo para a adaptação às alterações climáticas. Recomendações de políticas públicas podem se tornar possíveis baseadas na aceitação social.

Palavras-Chave: Aceitação social; Reutilização de água; alterações climáticas; perceções de risco.

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA POTÊNCIA MECÂNICA DE UMA RODA HIDRÁULICA DE PÁS PLANAS

Dídia COVAS¹, Miguel CAPELO², Guilherme MACARA³

¹ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal.
Email: didia.covas@tecnico.ulisboa.pt

² CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal.
Email: miguelcapelo@tecnico.ulisboa.pt

³ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal.
Email: guilherme.milhano@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A energia hídrica é a maior fonte de energia renovável [1], armazenada em reservatórios ou albufeiras, estando sempre disponível para fazer face às pontas de consumo de eletricidade e sendo muito mais fiável do que as fontes eólica e solar, que apresentam variabilidade diária e requerem capacidade adicional de armazenamento (e.g. albufeiras ou reservatórios) [2]. No entanto, nos últimos anos, houve apenas um pequeno aumento na geração de energia hidroelétrica, principalmente porque os locais que reúnem as condições para um grande aproveitamento desta energia já se encontram em exploração [3]. As pequenas centrais hidroelétricas são, hoje, uma solução muito procurada, em particular quando instaladas em infraestruturas existentes, face aos baixos investimentos envolvidos [4] e aos menores impactos ambientais. Muitas vezes, a utilização de uma tecnologia simples (e.g. uma turbina hélice ou bomba a funcionar como turbina) associada a pequenas obras resulta numa alternativa sustentável com rápida recuperação dos investimentos, em particular em zonas rurais [5]. Em Portugal, estima-se que a energia total anual produzida pelas micro-hídricas varie entre 60 e 90 GWh [6] e que exista ainda um elevado potencial para a instalação micro-hídricas para a recuperação da energia em excesso de várias infraestruturas, como sistemas de abastecimento de água [7, 8] e sistemas de águas residuais [9, 10, 11].

As atuais preocupações com as mudanças climáticas, o meio ambiente e a redução das emissões de CO₂ têm levado as entidades gestoras dos serviços de água e as indústrias a melhorar o uso da água e da energia em suas atividades. Muitas medidas de melhoria da eficiência energética têm sido tomadas em equipamentos e processos, embora muito pouca atenção tenha sido dada à recuperação de energia nas infraestruturas existentes de água e saneamento, em particular, quando associadas a elevados caudais e baixas quedas e que podem ser consumidas diretamente por essas instalações. Essa energia pode ser recuperada por meio da instalação de pequenas turbinas hidráulicas, como turbinas de parafuso de Arquimedes [12, 13], rodas de água [14,15] ou turbinas de vórtice [16]. No entanto, existem muito poucas soluções comerciais e a maioria não é economicamente viável.

A presente investigação teve como objetivo determinar experimentalmente a potência mecânica de uma roda hidráulica de pás planas, construída em laboratório, e retirar

ensinamentos para desenhar uma roda hidráulica para instalar numa estação de tratamento de águas residuais. Para o efeito, foi construída uma instalação experimental com uma pequena roda de água com 0,4 m de diâmetro instalada num canal horizontal. A instalação foi equipada com um caudalímetro ultrassónico, dois transdutores de pressão, um sensor de torque e um sensor de velocidade de rotação para realização de campanhas de ensaios para vários caudais e velocidades de rotação. O sistema de aquisição de dados é composto por placas de aquisição de dados da National Instruments™ que enviam os sinais adquiridos nos sensores para um computador portátil. Foram realizados ensaios em rodas de água com 8, 12, 16, 14, 16 e 48 pás planas (Figura 1). Determinaram-se as curvas características de binário-caudal, de potência-caudal e de eficiência-caudal com base nos ensaios experimentais (Figura 2). Finalmente, os conhecimentos adquiridos são ilustrados com um caso de estudo real, um canal de saída de uma estação de tratamento de águas residuais, onde é realizada a análise técnico-económica de duas soluções de recuperação de energia, o parafuso de Arquimedes invertido e a roda de água.

Palavras-Chave: análise experimental; hidroenergia; potência; recuperação de energia; roda hidráulica.



Figura 1. Instalação experimental: roda hidráulica com 16 pás.

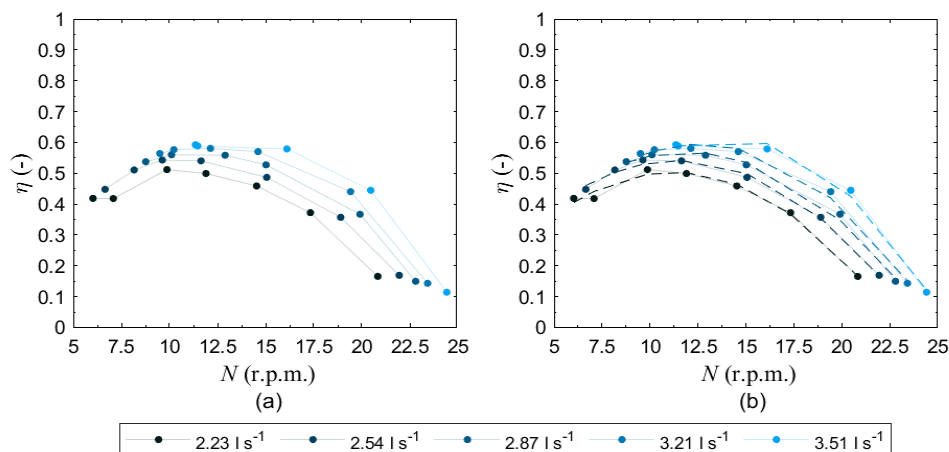


Figura 2. Eficiência mecânica gerada para a roda com (a) 8 pás e (b) 16 pás.

REFERÊNCIAS

- [1] Association, I.H., Hydropower status report. Sector trends and Insights, 2019.
- [2] Bódis, K., F. Monforti, and S. Szabó, Could Europe have more mini hydro sites? A suitability analysis based on continentally harmonized geographical and hydrological data. *Ren. and Sustainable Energy Reviews*, 2014. 37. 794-808.
- [3] Quaranta, E., Investigation & optimization of the performance of gravity water wheels. PhD. 2017, Politecnico di Torino.
- [4] Elbatran, A.H., et al., Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015. 43: p. 40-50.
- [5] Laghari, J.A., et al., A comprehensive overview of new designs in the hydraulic, electrical equipments and controllers of mini hydro power plants making it cost effective technology. *Ren. and Sustainable Energy Reviews*, 2013. 20: 279-293.
- [6] Mitrovic, D., et al., Multi-Country Scale Assessment of Available Energy Recovery Potential Using Micro-Hydropower in Drinking, Pressurised Irrigation and Wastewater Networks, Covering Part of the EU. *Water*, 2021. 13(7): p. 899.
- [7] Delgado, J., Pumps running as turbines for energy recovery in water supply systems. 2018, École Polytechnique Fédérale de Lausanne: Lausanne, EPFL. p. 174.
- [8] Monteiro, L., J. Delgado, and D.I.C. Covas, Improved Assessment of Energy Recovery Potential in Water Supply Systems with High Demand Variation. *Water*, 2018. 10(6): p. 773.
- [9] Saket, R.K., Design aspects and probabilistic approach for generation reliability evaluation of MWW based micro-hydro power plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013. 28: p. 917-929.
- [10] Jorge, C., M. Almeida, and D. Covas, Energy Balance in Wastewater Systems with Energy Recovery: A Portuguese Case Study. *Infrastructures*, 2021. 6: p. 141.
- [11] Ramos, H., et al., Energy recovery in SUDS towards smart water grids: A case study. *Energy Policy*, 2013. 62: p. 463.
- [12] Syam, I., M.I. Maulana, and A. Syuhada, Design and Performance of Archimedes Single Screw Turbine as Micro Hydro Power Plant with Flow Rate Debit Variations (. *Jurnal Inotera*, 2019. 4(1): p. 13-22.
- [13] Waters, S. and G.A. Aggidis, Over 2000 years in review: Revival of the Archimedes screw from pump to turbine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015. 51: p. 497-505.
- [14] Cleynen, O., et al., Optimal design for the free-stream water wheel: A two-dimensional study. *Energy*, 2021. 214.
- [15] Quaranta, E., Stream water wheels as renewable energy supply in flowing water: Theoretical considerations, performance assessment and design recommendations. *Energy for Sustainable Development*, 2018. 45: p. 96-109.
- [16] Rahman, M., et al. A Review on the development of Gravitational Water Vortex Power Plant as alternative renewable energy resources. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. IOP Publishing.

O CONTRIBUTO DO SOFTWARE ABERTO NO PROCESSO DE INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS NA INFRAMOURA

Ivo SILVESTRE¹, Soraia ALMEIDA¹

¹ *Inframoura, E.M., Rua das Amoreiras, 8125-497 Vilamoura, ivosilvestre@inframoura.pt, soraiaalmeida@inframoura.pt*

RESUMO

A Inframoura é uma empresa municipal com capital social partilhado entre a Câmara Municipal de Loulé (51%) e a Vilamoura World (49%) tendo como principal missão a prestação de um serviço de excelência na gestão, conservação e manutenção do espaço público em Vilamoura e Vila Sol. Por delegação de competências está-lhe atribuída, entre outras, a gestão das infraestruturas públicas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, numa área total de 18 km².

No que diz respeito ao setor da água, a Inframoura tem vindo a reunir esforços na transformação digital deste setor e conseqüentemente na integração dos sistemas existentes, entre os quais o SIG (Sistema de Informação Geográfica), o SCADA (Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados), incluído o sistema de Telemetria, o Sistema de Faturação e Gestão de Clientes e o Sistema de Gestão da Operação e Manutenção (O&M). A integração de sistemas é definida como a conexão entre os diversos sistemas, de forma a conjugar as diferentes áreas da empresa e a automatizar processos.

Com o objetivo de otimizar custos inerentes ao licenciamento e consultoria relacionados com o SIG a Inframoura optou pela migração para software livre. Entende-se por software livre e de código aberto, todo o software cujo código fonte se encontre disponível de forma livre e universal e cujo licenciamento permita a sua consulta, examinação, modificação e redistribuição em benefício da comunidade. Têm vindo a ser desenvolvidas integrações de sistemas, nomeadamente entre o SIG e os Sistemas de Faturação e O&M que careciam de melhorias na forma como se relacionam. Para colmatar essas necessidades a Inframoura reforçou o seu quadro técnico com competências da Geomática e Informática, com o objectivo de tornar a gestão do SIG mais eficiente e desenvolver internamente as melhorias nas integrações existentes, bem como nos desenvolvimentos futuros.

A interligação de sistemas encontra-se centralizada no SIG, sistema onde se encontram cadastrados e georreferenciados os ativos referentes aos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. O SIG possibilita o acesso à localização dos ativos e às suas características físicas e assume um papel fundamental como ferramenta agregadora, ao facilitar a integração de dados de diversas fontes e formatos e permitir reunir informações de diferentes domínios, como por exemplo, os clientes afetados por uma suspensão do abastecimento de água, a evolução da faturação numa determinada zona geográfica ou os custos de manutenção da rede de abastecimento de água num determinado período, informação esta basilar para um planeamento adequado e uma tomada de decisão acertada.

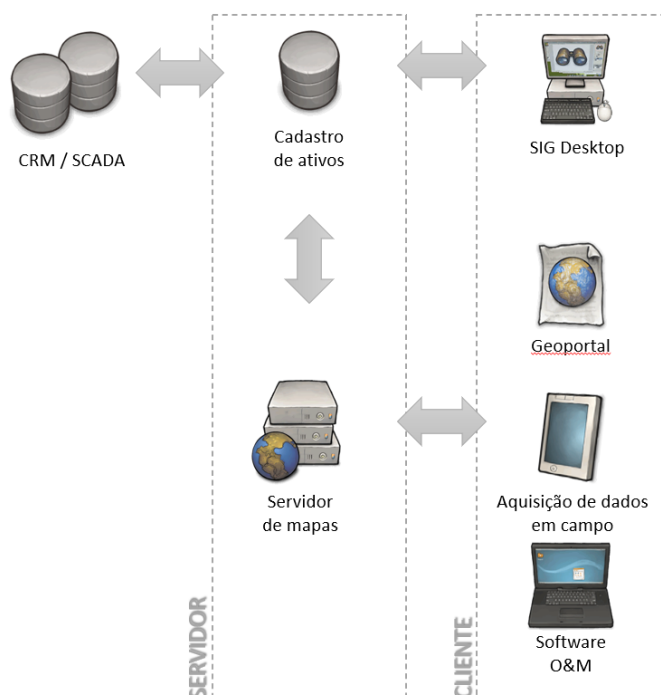
O processo de integração começou pela configuração de um servidor em ambiente Linux, onde foram instalados e configurados os seguintes elementos:

- Sistema de gestão de bases de dados (SGBD) em PostgreSQL, com a extensão PostGIS, que lhe confere a interpretação de objetos geoespaciais. Contém as bases de dados referentes ao cadastro de ativos, dados de consumos provenientes da faturação e telemetria e SCADA;
- Servidor web, com suporte HTTP e FTP, que permite disponibilizar páginas web e transferir dados entre o cliente e o servidor;
- Servidor de mapas Geoserver que permite a publicação de dados geospaciais na web, de acordo com protocolos da OGC (Open Geospatial Consortium).

No lado do cliente, foi configurado o QGIS, e configurados os diversos acessos e privilégios consoante a necessidade ou responsabilidade. O QGIS é um software livre para SIG que permite analisar e editar dados geospaciais e compor e exportar mapas. Como extensão QGIS para a gestão de redes abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, foi instalado o GISWater. O GISWater disponibiliza um modelo de dados adequado para a gestão do ciclo urbano de água, um conjunto de ferramentas práticas para gestão do cadastro, modos de exportação de ficheiros para modelação hidráulica e uma forma consolidada de articulação com bases de dados PostgreSQL e com o QGIS. O GISWater também é um software livre.

De modo a facilitar a consulta de cadastro em campo, foi configurado nos tablets dos operacionais o software QField, baseado em QGIS para aplicações móveis. Este software permite o levantamento de dados em campo, conectado a uma antena GPS de alta precisão, função que poderá ser considerada no futuro.

A figura seguinte apresenta a arquitetura da integração de sistemas, uma base de dados em PostgreSQL com o cadastro de ativos georreferenciados, disponível em desktop através do QGIS, e externamente, através da interligação a outras bases de dados ou de serviços web. Os serviços web permitem consultar dados georreferenciados em tempo real e simultaneamente a sua edição.



Como exemplos práticos da aplicação da solução implementada, apresentaremos neste artigo, a forma como a Inframoura respondeu às seguintes necessidades:

- Elaboração de Planos de Manutenção Preventiva para as válvulas de seccionamento da rede de distribuição de água;
- A gestão do parque de contadores de Vilamoura e Vila Sol, incluído o automatismo de ordens de serviço relacionadas;
- A configuração de ferramentas SIG avançadas através do recurso ao software GISWater;
- A fase de planeamento na Gestão Patrimonial de Infraestruturas.

Palavras-Chave: Software Livre e de Código Aberto; Integração de Sistemas; Sistemas de Informação Geográfica; Giswater; Sistemas de Abastecimento de Água

RECENT DEVELOPMENTS OF THE POSEIDON PROJECT POSEIDON - DAMAGE PREDICTION AND DESIGN OF SCOUR PROTECTIONS IN COMPLEX FOUNDATIONS FOR MARINE RENEWABLE ENERGY

Ana Margarida BENTO^{1,2}, Tiago FAZERES FERRADOSA^{1,2}, Francisco TAVEIRA PINTO^{1,2},
Paulo ROSA SANTOS^{1,2}

¹ *Hydraulics, Water Resources and Environmental Division, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering of the University of Porto, 4200-465 Porto, Portugal, anabento@fe.up.pt, tferradosa@fe.up.pt, fpinto@fe.up.pt, pjrsantos@fe.up.pt*

² *Marine Energy Research Group, CIIMAR—Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research, 4450-208 Matosinhos, Portugal*

ABSTRACT

POSEIDON, the research and development project “Damage prediction and design of scour protections in complex foundations for Marine Renewable Energy”, led by CIIMAR-UP, focuses on stabilizing the foundations of offshore structures to take advantage of Marine Renewable Energy (MRE), which enables a reduction in investment costs and thus contributes significantly to the competitiveness of the sector. The POSEIDON project therefore aims to study the optimization of these systems from the point of view of protecting the foundations and their maintenance, which are affected by the vibrations associated with the movement of wind turbines or other energy converters, such as wave energy converters. The main objective is to develop, through combined physical and numerical modelling, protection mechanisms that are more cost-effective than those currently in place for three types of foundations: a monopile (the most common offshore foundation), a jacket structure (commonly used in the offshore oil and gas industry), and a gravity-based foundation (widely used for intermediate water depths).

POSEIDON is about three main scientific contributions (**SC**): (1) extension and validation of dynamic scour protection to a variety of MRE technologies, such as wave, tidal, and offshore wind; (2) development of a design methodology that improves its application by MRE stakeholders; and (3) improvement of the cost-benefit ratio of the approach compared to conventional protection measures. These contributions are consistent with two breakthrough strategic imperatives (**SI**), namely (i) promoting lower LCoEs to increase MRE competitiveness and (ii) improving the energy mix transition for long-term social and environmental sustainability (Figure 1).

Therefore, the project is mainly divided into the following three phases:

1. Physical and numerical modelling activities to extend and improve dynamic scour protection for complex foundations (Tasks 1, 2 and 3);
2. Development of a general design methodology and recommended practises for dynamic scour protection of offshore structures (Task 4); and
3. Economic evaluation of the cost-benefit ratio and freely available benchmark data for dynamic scour protection (Task 5).

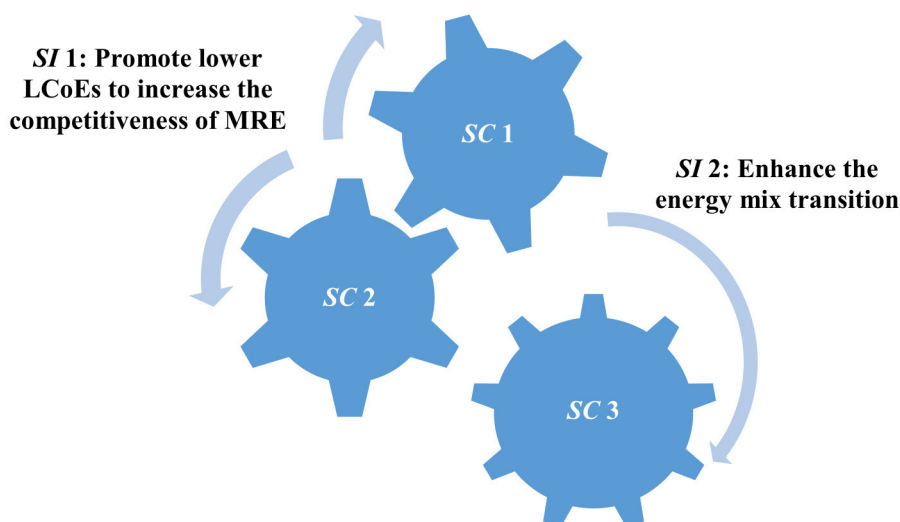


Figure 1 – POSEIDON project: main scientific contributions and strategic imperatives.

The first year of the POSEIDON project was devoted primarily to a detailed comparison of different wave hindcasts for the North Sea and how their selection and subsequent application of statistical models affect the estimated probabilities of failure of offshore scour protection devices for bottom-fixed monopile foundations. The comprehensive understanding of the effects of the modelling decisions shows that they are critical to the design and optimization of scour protection measures. The results show that the selection of different hindcast data sets and statistical models can significantly affect the probabilistic-based design of this type of scour protection, upon which practical recommendations are provided [1-4]. The effort contributed to the analysis required to develop Task 1 - Improving of damage number analysis. This included part of the milestone of application to monopile foundations, which included some physical modelling tests performed as part of a master's thesis under the POSEIDON project [5].

Since the beginning of the second year of the project, the main focus has been on the development of the experimental setup and the physical modelling of the scour phenomenon around offshore foundations. Due to the intervention of various complex mechanisms, mainly hydraulic in nature, scour is widely recognised as a serious threat to the stability of these foundations in harsh environmental conditions such as the marine environment. As part of Task 2 – Evaluation of damage number in complex foundations - the setup has been completed and initial testing has been conducted focusing on scour phenomena in both monopiles and complex Gravity-Based Foundations (GBF). Physical modelling activities are focused on the three-dimensional characterization of scour effects around a 1:50 scale model (Froude similitude) of offshore foundations for various hydrodynamic conditions, based on a prototype of the Horns Rev 3 offshore wind farm in the North Sea, and on the synergy between wave energy and offshore wind energy (by co-locating the foundations with an oscillating wave surge converter). These efforts thus helped to address the severity of scour and damage to ensure the serviceability and operability of offshore foundations. To tackle these challenges, innovative and advanced image-based approaches have been investigated and applied to comprehensive measurements of scour holes and deposition zones in their vicinity. As a result of this ongoing research, a database of physical modelling results for damage number analysis

in complex foundations is being developed. For more details on the goals and structure of POSEIDON project, as well as ongoing developments, see [POSEIDON webpage](#), which was created as part of the project. More information about the project can also be found at <https://www2.ciimar.up.pt/news.php?id=434> and <https://www2.ciimar.up.pt/projects.php?id=172>.

Keywords: Damage analysis; Marine Renewable Energy; Offshore foundations; Scour protections.

Acknowledgements: This work was supported by the Project PTDC-ECI-EGC-5177-2020 (POSEIDON project), funded by national funds through FCT – Portuguese Foundation for Science and Technology.

REFERENCES:

- [1] Figueiredo, R., Fazeres-Ferradosa, T., Chambel, J., Santos, P. R., & Pinto, F. T. Comparação de dados metoceanicos e modelos estatísticos no dimensionamento de proteções contra a erosão de estruturas offshore. In 10^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Sines 7 e 8 de Abril de 2022. url: <https://hdl.handle.net/10216/146695>.
- [2] Figueiredo, R., Fazeres-Ferradosa, T., Chambel, J., Santos, P. R., & Pinto, F. T. Comparative analysis of available wave hindcast models for the North Sea and their influence on the design of offshore Scour Protections. In Proc. of the 39th IAHR World Congress, International Association for Hydro-Environment Engineering and Research, Granada, Spain, 19th to 24th June 2022. doi: 10.3850/IAHR-39WC2521711920221808.
- [3] Chambel, J., Fazeres-Ferradosa, T., Figueiredo, R., Rosa-Santos, P., Pinto, F. T. (2022). Probabilistic Assessment and Comparison of Scour Protections at Horns Rev 3 and Egmond aan Zee Offshore Wind Farms, Vol. 7, Issue 4, p.50-58. doi: 10.4417/IJGCH-07-04-05.
- [4] Figueiredo, R., Fazeres-Ferradosa, T., Chambel, J., Santos, P. R., & Pinto, F. T. (2022). How does the selection of wave hindcast datasets and statistical models influence the probabilistic design of offshore scour protections?. *Ocean Engineering*, 266, 113123. doi: 10.1016/j.oceaneng.2022.113123
- [5] Miranda, F. (2022). Experimental study on scour around foundations for marine energy harvesting technologies in complex soils. [Master's Thesis, Faculty of Engineering of the University of Porto (FEUP)]. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/144471/2/586625.pdf>

PASSAGENS PARA PEIXES EM PORTUGAL: ESTADO ATUAL E DIREÇÕES FUTURAS

José Maria SANTOS¹, Paulo BRANCO¹, Ana QUARESMA², Filipe ROMÃO³,
Susana AMARAL¹, Marta SANTO⁴, Jorge BOCHECHAS⁴, Ana TELHADO⁵,
Francisco GODINHO⁶, João PÁDUA⁷, Paulo PINHEIRO³, Ana SILVA⁸, Teresa VISEU⁹,
Pedro R. ALMEIDA¹⁰, Teresa FERREIRA¹, António PINHEIRO²

¹ Centro de Estudos Florestais (CEF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Portugal, jmsantos@isa.ulisboa.pt, pjbranco@isa.ulisboa.pt, samaral@isa.ulisboa.pt, terferreira@isa.ulisboa.pt

² Investigação e Inovação em Engenharia Civil para a Sustentabilidade (CERIS), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, analopesquaresma@tecnico.ulisboa.pt, antonio.pinheiro@tecnico.ulisboa.pt

³ AQUALOGUS, Engenharia e Ambiente, Lda., Lisboa, Portugal, fromao@aqualogus.pt, ppinheiro@aqualogus.pt

⁴ Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), Lisboa, Portugal, Marta.Santo@icnf.pt, Jorge.Bochechas@icnf.pt

⁵ Agência Portuguesa do Ambiente (APA), Alfragide, Portugal, ana.telhado@apambiente.pt

⁶ Conselho Nacional da Água, Lisboa, Portugal, francisco.godinho@sgambiente.gov.pt

⁷ EDP Labeltec- Estudos, Desenvolvimentos E Atividades Laboratoriais, S.A, Sacavém, Portugal, Joao.Padua@edp.com

⁸ Norwegian Institute for Nature Research, Noruega, ana.silva@nina.no

⁹ Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, tviseu@lnec.pt

¹⁰ MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Universidade de Évora, Évora, Portugal, pmra@uevora.pt

RESUMO

Tal como em muitos outros países, a fragmentação dos rios em Portugal decorrente da instalação de barreiras hidráulicas transversais - com mais de 250 barragens e 8000 pequenos obstáculos transversais – de origem antrópica tem causado o declínio ou mesmo extinção local de diversos organismos aquáticos, nomeadamente de populações piscícolas, incapazes de se dispersarem eficazmente entre habitats. Mitigar os impactos da fragmentação fluvial nos movimentos piscícolas através da implementação de dispositivos específicos para transposição piscícola tem sido um foco importante nos esforços de manutenção da conectividade longitudinal, ações estas que também servem para Portugal cumprir os objetivos estabelecidos a nível europeu, nomeadamente os da Diretiva Quadro da Água (DQA) e da Estratégia para a Biodiversidade 2030. Atualmente, o país possui 95 passagens para peixes, estando quase metade dos dispositivos instalados em pequenas centrais hidroelétricas (46,3%), mas também em pequenos açudes (43,2%) e grandes barragens (10,5%). A tipologia de dispositivo mais frequente corresponde às passagens por bacias sucessivas (68,4%), seguido por passagens naturalizadas (15,8%), eclusas e sistemas combinados (cada um com 6,3%), ascensores (2,1%), e passagem específica para enguias (1,1%). A generalidade dos dispositivos está situada na zona centro e norte do país, sendo que metade (49,5%) foi construída após 2005 (ano da entrada em vigor da DQA em Portugal com a publicitação da Lei da Água), destacando-se os sistemas combinados (100%) e as passagens naturalizadas (86,7%).

Considerando os trabalhos de passagem para peixes realizados ao longo das últimas duas décadas, são apresentados os principais resultados de investigação dos diferentes tipos de passagens para peixes, delineadas linhas de investigação para estudos futuros e estratégias de implementação no terreno. No geral, existe um conhecimento limitado sobre o impacto das barreiras na migração dos peixes antes e depois da instalação de uma passagem para peixes, bem como sobre a sua funcionalidade, pelo que a avaliação e monitorização devem ser prioritárias. São igualmente necessários estudos em diferentes escalas espaciais, combinando os benefícios dos trabalhos experimentais e de campo e visando movimentos bidirecionais de diferentes espécies e estágios de vida, que possam contribuir para o desenvolvimento de novas soluções de passagens para peixes multi-espécies.

Palavras-Chave: fragmentação fluvial; conectividade; passagem de bacias sucessivas; passagens naturalizadas; monitorização; multi-espécies

DESEMPENHO HIDRÁULICO-AMBIENTAL DE COBERTURAS VERDES PILOTO EM CLIMA MEDITERRÂNICICO

Duarte MORENO¹, Maria Luíza SANTOS², Filipa FERREIRA³, Cristina M. SILVA⁴,
José Saldanha MATOS⁵

¹ Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Departamento de Engenharia do Ambiente, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, duarte.moreno@tecnico.ulisboa.pt

² Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, marialsantos@tecnico.ulisboa.pt

³ Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, filipamferreira@tecnico.ulisboa.pt

⁴ Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, cmsilva@tecnico.ulisboa.pt

⁵ Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, jose.saldanha.matos@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

Nas últimas décadas tem-se assistido a um desenvolvimento significativo das áreas urbanas, com a maior parte da população mundial a viver em cidades, sendo expectável a continuação desta tendência (*World Urbanization Prospects*, 2019).

O aumento do fenómeno da urbanização agrava os problemas associados à crescente impermeabilização do solo, com a substituição de áreas verdes permeáveis por superfícies impermeáveis, de baixo albedo e não fixadoras de carbono, que se reflete, designadamente, no incremento de inundações das zonas baixas, do efeito de ilha de calor, da poluição do ar e sonora (Vijayaraghavan, 2016).

Perante esta realidade, torna-se importante a adoção de abordagens sustentáveis de drenagem das zonas urbanas, incluindo soluções baseadas na natureza (nature based solutions - NBS, em terminologia anglo-saxónica), que recriam processos naturais e apresentam benefícios diversos, contribuindo para a mitigação dos riscos de inundação (devido à atenuação, retardamento e infiltração das águas pluviais), para a regulação climática (mitigação dos efeitos das ilhas de calor urbanas e das ondas de calor), para a redução das cargas poluentes, para o incremento da biodiversidade e para a incorporação de serviços socioculturais e paisagísticos nas zonas urbanas (Santos et al., 2022).

O sistema de coberturas verdes (CV) constitui uma NBS, sendo utilizado como estratégia de adaptação e mitigação de problemas associados à crescente urbanização e às alterações climáticas, primeiramente na gestão das águas pluviais, mas potenciando ainda outros serviços de ecossistemas. As coberturas verdes são compostas por um sistema multicamadas que incorpora, de cima para baixo, vegetação, substrato técnico, camada filtrante, camada de drenagem, camada impermeabilizante e barreira radicular.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho hidráulico-ambiental de CV extensivas, no contexto de um clima Mediterrânico, com ênfase na qualidade do efluente proveniente do sistema. As unidades piloto foram instaladas no *campus* da Alameda do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa. As oito CV piloto apresentam

diferentes espécies vegetais e diferentes tipos de substratos, algumas das unidades incorporando resíduos de construção e demolição (RCD). O desempenho dos telhados verdes piloto foi avaliado através da simulação de eventos de precipitação artificial, com água de abastecimento público, com duração de 20 minutos, de intensidade forte (40 mm/h) e violenta (90 mm/h), em conformidade com o IPMA (2022), e recolheram-se amostras do efluente a fim de analisar os seguintes parâmetros de qualidade: condutividade elétrica (CE), oxigénio dissolvido (OD), pH, carência química de oxigénio (CQO), sólidos suspensos totais (SST) e voláteis (SSV) e teor de *E. coli* no efluente.

Considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que a inclusão de RCD na composição do substrato não impediu o desenvolvimento da vegetação e não influenciou negativamente o desempenho hidrológico das CV. Os resultados de Santos et al. (2022), realizados nas mesmas instalações mostraram uma retenção de água média, por evento, de cerca de 80%, indicando que a humidade prévia do substrato influencia fortemente o desempenho hidrológico da CV.

Entre os principais resultados de qualidade, as análises de CE revelaram que as amostras provenientes de substratos que integrem RCD apresentaram valores em geral mais elevados que amostras de CV com substrato técnico. De salientar que a dissolução de sais poderá estar associada a uma humidade ótima no substrato, como observado no estudo de Bai et al. (2013), já que a dias com teores de saturação no substrato mais elevados corresponderam valores de CE superiores. As análises de OD revelam um bom arejamento do substrato e os resultados de pH exibiram valores perto da neutralidade, em concordância com o estudo de Monteiro et al. (2017).

Não foram encontradas relações entre a variação da composição de substratos, humidades relativas ou espécies vegetais e os resultados obtidos para os testes de CQO e sólidos suspensos (totais - SST e voláteis - SSV), pois estes apresentaram amplas flutuações nos valores apresentados. Os resultados de CQO aproximaram-se dos resultados médios de evento do estudo de Gong et al. (2019), e os valores de SSV são elevados face aos de SST, o que aponta para uma quantidade relevante de matéria orgânica nos substratos. Relativamente às análises de contaminação fecal, os resultados revelaram reduzido teor em *E. coli*, como expectável, com a exceção de uma amostra, havendo a possibilidade do escoamento ter entrado em contacto com excreções de animais, já que foram avistadas aves pousadas nas coberturas.

Tal como referido por diversos autores (Buffam et al., 2016; Liu et al., 2019; Vijayaraghavan, 2014), é comum observar-se, sobretudo nos primeiros anos de operação das CV, a lixiviação de vários compostos, nomeadamente compostos orgânicos, formas orgânicas e inorgânicas de azoto e fósforo e metais pesados. No entanto, as CV podem ter um desempenho benéfico no tratamento de escoamentos mais contaminados, como é o caso de águas cinzentas (Thomaidi et al., 2022) e de águas pluviais provenientes de telhados tradicionais (Liu et al., 2019).

Palavras-Chave: Solução baseada na natureza; coberturas verdes; qualidade do efluente; resíduos de construção e demolição (RCD).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bai, W., Kong, L., & Guo, A. (2013). Effects of physical properties on electrical conductivity of compacted lateritic soil. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 5(5), 406–411. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2013.07.003>

Buffam, I., Mitchell, M. E., & Durtsche, R. D. (2016). Environmental drivers of seasonal variation in green roof runoff water quality. *Ecological Engineering*, 91, 506–514. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.02.044>

Classificação da intensidade da precipitação líquida. (n.d.). IPMA. Retrieved October 28, 2022, from https://www.ipma.pt/pt/educativa/faq/meteorologia/previsao/faq_0033.html

Gong, Y., Yin, D., Li, J., Zhang, X., Wang, W., Fang, X., Shi, H., & Wang, Q. (2019). Performance assessment of extensive green roof runoff flow and quality control capacity based on pilot experiments. *Science of The Total Environment*, 687, 505–515. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.100>

Liu, R., Stanford, R. L., Deng, Y., Liu, D., Liu, Y., & Yu, S. L. (2019). The influence of extensive green roofs on rainwater runoff quality: A field-scale study in southwest China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 12932–12941. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06151-5>

Monteiro, C. M., Calheiros, C. S. C., Palha, P., & Castro, P. M. L. (2017). Growing substrates for aromatic plant species in green roofs and water runoff quality: Pilot experiments in a Mediterranean climate. *Water Science and Technology*, 76(5), 1081–1089. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.276>

Santos, M. L., Silva, C. M., Ferreira, F., & Matos, J. S. (2022). Hydrological analysis of green roofs performance in a Mediterranean climate: A case study in Lisbon, Portugal. *Sumetido à revista Sustainability*, em avaliação.

Thomaidi, V., Petousi, I., Kotsia, D., Kalogerakis, N., & Fountoulakis, M. S. (2022). Use of green roofs for greywater treatment: Role of substrate, depth, plants, and recirculation. *Science of The Total Environment*, 807, 151004. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151004>

Vijayaraghavan, K. (2014). Can green roof act as a sink for contaminants? A methodological study to evaluate runoff quality from green roofs. *Environmental Pollution*, 9.

Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 740–752. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.119>

World urbanization prospects: The 2018 revision. (2019). United Nations.

USO DE TECNOLOGIA ELETROLÍTICA COM CORRENTE PULSADA NO PRÉ TRTAMENTO DE ÁGUAS EUTROFIZADAS NO SERTÃO CENTRAL CEARENSE- BRASIL

Reinaldo CAVALCANTE¹, Ronaldo NASCIMENTO², Fernando José ARAUJO³,
Lucas da SILVA⁴

¹ Instituto Fedceral do Ceará (IFCE), Brasil, Reinaldo@ifce.edu.br

² Universidade Federal do Ceará (UFC), Brasil, ronaldo@ufc.br

³ Universidade Federal do Ceará (UFC), Brasil, email fjas@dhea.ufc.br

⁴ Instituto Federal de Educação ciência e tecnologia do Ceará (IFCE) Brasil, lucasilva@ifce.edu.br

RESUMO

A busca pelo aumento da disponibilidade hídrica de origem quantitativa e qualitativa se constitui como um dos grandes desafios ambientais deste início de século XXI. Esta situação é agravada em regiões com um histórico natural de escassez hídrica, como é o caso das regiões áridas e semiáridas em todo o mundo, que ocupam 40% da área total do planeta, e possuem uma população de aproximadamente 2 bilhões de pessoas distribuídas em 50 países. Estas áreas são fortemente suscetíveis aos processos de desertificação e salinização, tornando as atividades de maximização dos usos múltiplos dos recursos hídricos de relevância estratégica para o desenvolvimento e fixação da população destas regiões. No semiárido brasileiro, verifica-se na práica da açuidagem a principal estratégia de armazenamento de água para a execução das atividades antrópicas e economicas. No entanto as significativas taxas de ineficiência na renovação das águas, intensificação do espaçamento temporal, distribuição e frequência das precipitações nas últimas décadas, somadas a deficiências nas ações de saneamento, agravam qualitativamente a situação dos corpos hídricos da região. Conduzindo estes reservatórios a uma condição de desequilíbrio na produtividade primária e por conseguinte em sua eutrofização em mais de 90% do ano. A garantia dos usos multiplos pretendidos aos recursos hidricos ,na condição de águas eutrofizadas dos açudes do semiárido, representam um grande desafio para as atividades de abastecimento dos centros urbanos e rurais em todo o território, devido principalmente as suas grandes taxas de turbidez, e por conseguinte, dificuldades nas etapas de sedimentação, filtração e desinfecção da matéria orgânica solúvel e em suspensão, e ainda de forma adicional, a eventual presença de cianotoxinas, liberadas pela atividade biológica das microbiotas algal, predominante nesta etapa de produtividade dos corpos aquáticos. Esta realidade traz uma pressão adicional as Estações de Tratamento de Água, que precisam se valer de um conjunto cada vez mais complexo de processos para a adequação das águas aos padrões de potabilidade descritos pela Portaria N° 888 /2021 do Ministério da Saúde do Brasil. Além destes fatores as Estações de Tratamento de Água (ETAs), da região semiárida, ainda precisam conviver com a preocupação e monitoramento constante dos poluentes formados durante as etapas de tratamento das águas com elevados nível de matéria orgânica, e por conseguinte de turbidez, favorecendo a formação de compostos como por exemplo os Trihalometanos (THM) e os Ácidos Haloacéticos (AHA), espécies químicas formadas pela interação do cloro livre com matéria orgânica, com danos comprovados a saúde humana. Estas espécies tendem a ser formadas nas etapas de pré-cloração das águas, prática comum no tratamento de águas fortemente eutrofizadas,

como forma de melhoria da eficiência do processo de filtração, e na etapa da desinfecção. As técnicas que associam a eletroxidação/coagulação/flotação tem se destacado nas últimas décadas como um campo promissor de pesquisas na área do tratamento de águas de abastecimento, tendo em vista a sua relativa simplicidade de operação, versatilidade as características da água a ser tratada, e o registro de eficientes resultados na coagulação e remoção poluentes, fazem do uso de reatores eletrolíticos uma alternativa viável ao tratamento de águas eutrofizadas nas regiões semiáridas, como a região do sertão central cearense. O método consiste na geração de espécies coagulantes *in situ* produzidas pela oxidação eletrolítica de materiais sacrificiais desencadeados por corrente elétrica. O uso da corrente pulsada em substituição a corrente alternada, e a corrente contínua, fornecida nos processos eletrolíticos convencionais, tem representado uma evolução a técnica, pois o fornecimento de correntes de baixa frequência entre placas metálicas paralelas se alternam de modo que a carga positiva atribuída a uma das placas é levada a zero e a carga negativa surge, com isso o campo elétrico desaparece e depois reaparece na direção oposta, trazendo economia de energia e um desgaste de eletrodos mais uniforme. A tecnologia ainda é capaz de maximizar fenômenos como o da ressonância e da superposição vibracional de moléculas polares e formação de radicais livres, formados da interação das placas com a matriz aquosa a ser tratada. Assim com elétrons e fótons gerado na própria matriz aquosa se diminui a necessidade da adição de substâncias redutoras ou oxidantes externas. O objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho de um reator eletrolítico, operado por corrente pulsada, utilizando placas de alumínio, ligação bipolar paralela e tempo de contato de 21 minutos, no pré tratamento de águas eutrofizadas no Sertão Central Cearense do Brasil. A pesquisa se deu em um período de 10 semanas de 08/05/2022 a 22/07/2022, utilizando águas do reservatório Pedras Brancas do município de Quixadá, Estado do Ceará do Brasil, e se concentrou em observar do desempenho do reator na remoção de Turbidez, Coliformes termotolerantes e Alumínio dissolvido na água. As análises ocorreram de acordo com a metodologia internacional de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (2005). Percebeu-se neste período uma média de eficiência na remoção de turbidez da ordem de 93% saindo de 24 UNT para 1,7 UNT. A eficiência média da remoção de coliformes termotolerantes foi de 99,4 % saindo de $2,6 \times 10^2$ NPM/100 ml para $1,5 \times 10^0$ NPM/100ml. A presença de alumínio na água ao final do processo foi em média de 0,008mg/L. Estes valores brutos obtidos nos experimentos são condizentes com os obtidos pelas campanhas de monitoramento da Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH) no período. Verificou-se que apesar do reator ter obtido expressivos índices de remoção, das variáveis observadas, os valores das águas pós processo eletrolítico não atenderam aos padrões de potabilidade da legislação N° 888/2021 do Ministério da Saúde do Brasil para turbidez e Coliformes Termotolerantes que determina valores máximos permitidos de 0,5 UNT para turbidez e de ausência de Coliformes Termotolerantes, necessitando desta forma da continuidade das etapas de tratamento na ETA. Já os valores de Alumínio dissolvido na água se mantiveram dentro dos valores máximos permitidos pela legislação de potabilidade de 0,2mg/L. Desta forma foi possível verificar potencialidades no uso do reator eletrolítico, utilizando corrente pulsada, para o pré tratamento de águas eutrofizadas no sertão central cearense visando abastecimento humano, apontando como uma eficiente técnica para diminuir, abrandar a pressão sobre o sistema convencional de tratamento de águas, em processo de eutrofização, na região do Sertão Central Cearense, oportunizando a diminuição de custos com produtos químicos nas etapas de mistura rápida e desinfecção das Estações de Tratamento de Águas. Percebeu-se indícios que outras configurações de reatores eletrolíticos podem ser estudadas em trabalhos futuros como forma de aperfeiçoar seu desempenho no tratamento de águas eutrofizadas para abastecimento humano.

Palavras-Chave: Recursos Hídricos; Inovação; Tratamento; Semi-árido

O DESAFIO DA GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA E SANEAMENTO PARA TODOS – O CASO DAS COMUNIDADES PERIURBANAS E RURAIS EM ANGOLA

Afonso CUPI BAPTISTA¹, Allan CAIN²

¹ *Development Workshop Angola (DW), Luanda - Angola, kupyddao@hotmail.com*

² *Development Workshop Angola (DW), Luanda - Angola, allan.cain@gmail.com*

RESUMO

O artigo foi extraído de um trabalho de pesquisa, e foi escrito do ponto de vista dos autores, com base nas mais de três décadas de prática profissional da Development Workshop em água e saneamento no contexto de Angola. O nosso trabalho no sector assenta em objectivos globais como o nº 6, dos 17 Objectivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU até 2030 e também na própria estratégia política de 2008 de Angola de fornecer Água para Todos. Nosso objetivo neste artigo é analisar os processos de aumento do comprometimento do governo na implementação de políticas públicas de abastecimento de água e saneamento em áreas rurais e periurbanas. O artigo descreve os desafios enfrentados na reabilitação e reconstrução de infra-estruturas sociais no pós-guerra e na transformação de Angola na era do desenvolvimento nacional. O desenvolvimento de novas políticas para a governança e gestão do sector de água e saneamento precisa construir serviços públicos que atendam à satisfação do utilizador e aos requisitos básicos de saúde pública. Os programas e projectos de água e saneamento desenvolvidos por meio de financiamento público e internacional deram importantes contribuições para a melhoria da qualidade de vida de várias áreas urbanizadas, particularmente nas capitais provinciais. No entanto, apesar dos esforços empreendidos, as doenças de origem hídrica e seus efeitos ainda são um problema a ser combatido em comunidades não alcançadas na realidade nacional. O problema de análise neste artigo é, se como os municípios respondem ou podem responder para atender às demandas dos cidadãos? A futura expansão dos programas de água e saneamento deve ampliar o leque de alternativas para o acesso universal à água potável que não deixe ninguém para trás. Este deve ser o foco renovado em como as políticas públicas de água podem fornecer “Água para Todos”. O estudo da Development Workshop sobre as percepções da comunidade, nível de satisfação, valores e preocupações relacionadas com o acesso à água e ao saneamento é apresentado pelos autores. Este estudo exploratório e descritivo utiliza procedimentos metodológicos complementares: entrevistas, questionários, reuniões institucionais, visitas de aproximação, observação, conversas informais com grupos focais e pesquisa bibliográfica e documental. A investigação empírica deste estudo assenta numa sociologia das percepções, que reflecte o ponto de vista dos gestores públicos dos níveis central, provincial e municipal, a visão das organizações da sociedade civil, igrejas, universidades, empresas privadas e a opinião da população beneficiária. As zonas rurais e periurbanas, têm beneficiado do programa governamental “Água para Todos” bem como de projetos de ONGs no período pós-conflito; os resultados do mesmo na fase de reconstrução e desenvolvimento, corresponderam aos objetivos que estavam visados, fundamentalmente, a construção nas comunidades rurais de pontos melhorados

de abastecimento de água e maior acesso à água potável para consumo humano. A pesquisa baseia-se na avaliação dos autores sobre os impactos dos programas comunitários de água em três províncias: Huambo (município de Katchiungo), Cunene (vários municípios) e Cuanza Sul (município de Sumbe).

No geral, as percepções da comunidade, nível de satisfação, valores e preocupações relacionadas com o acesso à água, ao saneamento e a sua gestão, variam de região a região. No município do Cachiungo no Huambo, apesar de uma relativa diferença dos níveis de satisfação da população quando avaliam os projectos implementados pelas ONGs ou pelo Governo através de empresas; existe uma percepção de maior aceitação e satisfação com as intervenções das ONGs. Ao aprofundar as entrevistas em grupos focais, percebeu-se que, as populações estão mais familiarizadas com os técnicos das ONGs que intervêm com soluções de vida nas suas comunidades desde os primeiros momentos do fim do conflito armado e muitos deles permanecem no terreno até aos dias presentes, promovendo acções de educação comunitária que contribuem para a manutenção e sustentabilidade das infra-estruturas instaladas. No que diz respeito a manutenção e sustentabilidade das infra-estruturas de água no meio rural, a comunidade está preocupada com a falta de disponibilidade de peças sobressalentes, que é um problema que as comunidades não podem resolver sem apoio externo. As autoridades têm o dever de criar ou facilitar uma cadeia eficaz de importação e distribuição de peças, idealmente através do sector privado. Em todos os projectos analisados e na opinião de todos os informadores-chave que contribuíram neste estudo, assinalaram que o objectivo do Modelo de Gestão Comunitária da Água (MoGeCA) foi atingido cabalmente, na construção do sentido de propriedade, tanto nas comunidades rurais como nos bairros peri-urbanos; pois, o processo de criação e capacitação dos grupos comunitários de água e saneamento (GAS) despoleta um maior envolvimento dos habitantes dos seus bairros e aldeias em assuntos e preocupações comunitárias; promove e contribui para um aumento da consciência cívica e da cidadania em geral; nota-se um aumento do espírito de entreatajuda altruísta; e os GAS contribuem para uma maior sensibilização dos cuidados a ter com a água e com o saneamento. Há uma redução quase total na incidência de vandalismo das infraestruturas de água. Também foi observado um aumento da participação das mulheres na tomada de decisões, e a sua liderança em questões de saneamento e higiene. Em algumas das comunidades visitadas na província do Cunene, as lideranças comunitárias pediram que sejam instalados um ou mais ramais do chafariz para uma torneira mais perto das residências que ficam mais distantes do chafariz, incluindo nas escolas dos bairros. As constatações mais importantes nas comunidades do Sumbe, Cuanza Sul foram as seguintes: devido à carência no abastecimento de água, a venda desta virou um negócio muito rentável em muitos bairros. A expansão do acesso seguro poderá não ser bem recebida pelos agregados familiares que atualmente beneficiam deste negócio. Um dos processos consiste na transformação de muitas torneiras domiciliárias em “chafarizes pequenos” – no léxico local – competindo com os chafarizes “grandes”. Verificou-se a existência de chafarizes desativados em algumas áreas muito necessitadas. De acordo com alguns grupos de mulheres consultadas, o principal problema no acesso à água dos chafarizes tem sido a variação de preços, pois a taxa não é fixa. Existem chafarizes que vendem 20 litros por AOA10,00 e outros que vendem 60 litros por AOA50,00. As diferentes fontes de água são para todos os fins; beber, lavar, cozinhar e tomar banho etc. Algumas declaram que tratam a água do rio com lixívia e também fervem antes de consumirem. Outros bebem mesmo diretamente. Do ponto de vista dos consumidores que consomem água dos chafarizes, a sua percepção em relação à eficácia da gestão comunitária dos chafarizes, e o seu apoio para este modelo, é relativamente positiva. Através do inquérito aos agregados familiares, entrevistas a

informantes-chave e discussões em grupos focais procurou-se entender melhor as dinâmicas em relação ao acesso e consumo de água a nível familiar. Parece existir muita vontade de pagar pela água, se o serviço for de boa qualidade. A maioria dos agregados familiares não está satisfeito com a situação atual do saneamento e estão dispostos a investir em melhorias. Em relação as famílias que defecam ao ar livre, a percepção da maioria deles é da aceitação da comunidade desta prática; pois, é preocupante e aponta para uma estratégia de mudança desta norma social ao nível de toda a comunidade.

No entanto, o impacto do Programa Água para Todos (PAT) de Angola é desigual. Dentro dos municípios de Angola, nas áreas rurais em geral, o acesso à água é ainda mais difícil; as populações continuam a buscar água em poços tradicionais ou mesmo em rios distantes de suas casas. A sofisticação tecnológica excessiva de algumas infra-estruturas de abastecimento de água através de programas oficiais, a necessidade de abastecimento de combustível em comunidades remotas e a falta de manutenção deixaram algumas infra-estruturas de abastecimento de água inoperantes e as suas comunidades abandonadas. As estatísticas sobre abastecimento de água, muitas vezes, registam essas comunidades como sendo abastecidas com água mesmo quando a água é inacessível. O estudo constatou que, embora existam esforços para implementar acções de reforma do sector hídrico, o processo de adopção de novas práticas de gestão de políticas públicas ainda é desigual. O estudo revelou que as áreas rurais e periurbanas continuam atrasadas em termos de abastecimento de água e infraestrutura de saneamento. Novas reformas de políticas devem abordar a disparidade entre o abastecimento de água rural, periurbano e urbano em Angola.

Palavras-Chave: Água para Todos; Cidadania; Gestão Comunitária; Políticas Públicas; Sustentabilidade.

AVALIAÇÃO DO IMPACTO E IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DOS PROBLEMAS DE INCRUSTAÇÃO EM SISTEMAS PÚBLICOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA

Dália LOUREIRO¹, Paula VIEIRA¹, Elsa MESQUITA¹, Manuel OLIVEIRA¹, Tiago MARTINS¹, José SANTOS², Francisco MARQUES², Maria João ROSA¹

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Brasil 101, Lisboa, Portugal, dloureiro@lnec.pt, pvieira@lnec.pt, emesquita@lnec.pt, moliveira@lnec.pt, tmartins@lnec.pt, mjrosa@lnec.pt

² Tejo Ambiente E.I.M., S.A., Edifício Paço do Conde, R. Dr. Francisco Sá Carneiro, Ourém, jose.santos@tejoambiente.pt, francisco.marques@tejoambiente.pt

RESUMO

A dureza elevada da água pode conduzir à precipitação de carbonato de cálcio nos sistemas de distribuição e subsequente adesão dos precipitados às superfícies das condutas, reservatórios, grupos eletrobomba e elementos acessórios (AWWA, 1999).

A presença de incrustações constitui um problema que pode afetar seriamente a qualidade do serviço, reduzindo a pressão e a quantidade de água disponível em cada ponto de utilização. Acresce que a formação de incrustações é um processo complexo, que depende de vários parâmetros de qualidade da água, além da dureza, e pode ser influenciado por outros fatores como: temperatura, funcionamento hidráulico do sistema, tipo de material e rugosidade das superfícies em contacto com a água e sua condição infraestrutural.

Os problemas causados pela presença de incrustações têm impactos económicos que podem ser consideráveis. A diminuição da pressão disponível pode fazer com que sejam necessários maiores gastos com energia para elevação de água ao longo da rede. A limpeza e desobstrução da rede pode requerer elevados consumos de água que, apesar de autorizados, não são faturados. Os danos causados nos contadores podem traduzir-se na submedição de consumos, ou mesmo ausência de medição em caso de avaria, contribuindo para o aumento das perdas comerciais na entidade gestora. Adicionalmente, pode conduzir a elevados investimentos na substituição de troços e equipamentos quando o grau de obstrução é muito elevado e não resolúvel apenas com procedimentos de desobstrução e limpeza. Em termos de recursos humanos, pode acarretar uma elevada afetação de recursos humanos na localização de obstruções, limpeza e reparação de condutas, válvulas, bombas e contadores e elementos acessórios da rede.

Por se tratar de um processo complexo e com grave impacto na qualidade do serviço prestado, propõe-se neste artigo uma metodologia, aplicável a um sistema, subsistema ou zona de distribuição de água, que considera de forma integrada as seguintes vertentes: (i) estudo hidrogeológico das origens e captações, (ii) avaliação hidráulica e infraestrutural da área de análise, (iii) avaliação da qualidade da água na área de análise; (iv) estudo da natureza das incrustações/precipitados existentes na área de análise, (v) avaliação da qualidade do serviço e (vi) identificação das causas dos problemas na área de análise.

O estudo hidrogeológico tem como objetivo caracterizar a qualidade da água das origens e das captações, compreendendo o meio onde a água subterrânea circula e as interações

possíveis com massas de água superficial. Nos casos em que seja importante verificar se existe diferença na qualidade da água entre as várias origens pode ser relevante realizar uma análise recorrendo a um histórico o mais longo possível.

Em termos hidráulicos, é feita a análise das condições operacionais de captações, estações elevatórias, reservatórios e rede. Em termos infraestruturais, avalia-se a idade, a ocorrência de avarias na rede e a presença de incrustações/sedimentos ao longo da rede e em reservatórios. A análise é complementada com testes de perdas de carga em condutas principais da rede com possíveis problemas de incrustações para estimar a rugosidade atual das condutas. Recorre-se também à modelação hidráulica para avaliar o impacto das incrustações na rede em termos de pressão e identificar zonas de baixa velocidade e nas quais a acumulação de sedimentos pode ser maior.

A avaliação da qualidade da água consiste na análise da estabilidade química, em especial do potencial incrustante. Para o efeito, com base em resultados de campanhas de amostragem em vários locais do sistema de distribuição, é calculado o Índice de Langelier e são avaliados parâmetros de qualidade da água relacionados com o equilíbrio calco-carbónico. Adicionalmente, é estudada a evolução da estabilidade química da água desde a origem até aos pontos de consumo, de modo a identificar os locais da rede críticos e os fatores de risco. A natureza das incrustações é estudada com base na caracterização química e estrutural do material precipitado acumulado na rede. Estas vertentes da metodologia estão descritas com maior detalhe em Vieira et al. (2022).

A metodologia propõe também um sistema de avaliação do desempenho do serviço prestado (Quadro 1) com enfoque em aspetos que se relacionam com a problemática das incrustações. Além dos indicadores formulados de acordo com ERSAR (2021), propõem-se indicadores específicos para avaliação do problema. Os valores de referência adotados foram definidos com base na bibliografia (ERSAR, 2021; Alegre e Covas, 2010), com exceção dos que se referem à condição dos reservatórios e à qualidade da água na rede por falta de histórico na sua aplicação. Por último, as causas dos problemas são tipificadas em termos de características da água, características hidráulicas e modo de operação da rede e reservatórios e condição infraestrutural.

Esta metodologia foi aplicada ao subsistema de distribuição de água da Mendacha (pertencente ao sistema de abastecimento de Tomar), gerido em baixa pela Tejo Ambiente. Este sistema possui 203 km de condutas, maioritariamente em PVC, e 10 reservatórios. Aquando da realização do estudo, recebia água a partir de duas captações (subterrânea e superficial) com características muito distintas em termos de qualidade da água. Subdivide-se em 12 zonas de distribuição de água e serve cerca de 4319 alojamentos.

Os resultados obtidos evidenciam que os problemas de incrustação são motivados pelas características incrustantes da água (de elevada dureza) proveniente da captação subterrânea, sendo agravados por características e condições de funcionamento da rede a jusante. Em particular, a existência de uma rede de captação, transporte e distribuição de água extensa, intercalada por vários reservatórios que transferem água entre si e com entrada de água acima da superfície livre, e a ocorrência de baixas velocidades de escoamento em pontos extremos, onde se verificaram graves obstruções da rede. Os problemas de incrustações revelaram-se de maior gravidade nas zonas abastecidas apenas pela captação subterrânea com características incrustantes e onde a rede é mais antiga. Contudo, em zonas com redes mais recentes e abastecidas apenas durante 5-6 meses/ano pela captação subterrânea surgiram problemas num período de cerca de 10 anos.

O aumento da qualidade de serviço prestado no subsistema analisado deve passar pela correção da dureza da água e das suas características incrustantes para valores de IL entre 0.2-0.3 (por substituição da origem de água ou pelo seu amaciamento prévio à entrada no sistema de adução e distribuição) e por uma reabilitação faseada da rede de distribuição.

Quadro 1 – Indicadores para avaliação do desempenho do serviço prestado com enfoque no impacto das incrustações.

Designação	Formulação	Valores de referência	Fonte
Água não faturada (%)	Água não faturada / Água entrada x 100	● [0; 20], ●]20; 30], ●]30; 100]	ERSAR (2021)
Índice de valor da infraestrutura (-)	Valor atual da rede / Custo de substituição da rede	●]0,6; 1], ● [0,4; 0,6], ● [0; 0,4[Alegre e Covas (2010)
Reabilitação de condutas (%/ano)	Condutas reabilitadas nos últimos 5 anos com idade superior a 10 anos / Comprimento médio de condutas nos 5 anos	● [1; 4], ● [0,8; 1[ou]4; 20[, ● [0; 0,8[ERSAR (2021)
Avárias na rede (n.º/100 km/ano)	Número de avárias / Comprimento total de condutas	● [0; 30], ●]30; 60], ●]60; +∞[ERSAR (2021)
Avárias por roturas (n.º/100 km/ano)	Número de avárias por roturas na rede / Comprimento total de condutas	● [0; 30], ●]30; 60], ●]60; +∞[Definidos neste estudo
Avárias por falta de água ou pressão (n.º/100 km/ano)	Número de avárias por falta de água ou pressão na rede / Comprimento total de condutas	● [0; 30], ●]30; 60], ●]60; +∞[
Avárias que deram origem a reparações ou substituições (n.º/100 km/ano)	Número de avárias que deram origem a reparações ou substituições / Comprimento total de condutas	● [0; 30], ●]30; 60], ●]60; +∞[
Reservatórios com condição insatisfatória no que refere à presença de incrustações ou sedimentos (%)	Número de reservatórios com condição insatisfatória por incrustações ou sedimentos / Número total de reservatórios		
% de resultados de qualidade da água com IL ≥ 0,5	Número de resultados com IL ≥ 0,5 / Número total de resultados	-	
% de resultados de qualidade da água com dureza > 150 mg/L CaCO ₃	Número de resultados com dureza > 150 mg/L CaCO ₃ / Número total de resultados		

Palavras-Chave: dureza da água; incrustações; qualidade do serviço; perda de carga; sistema de abastecimento de água

REFERÊNCIAS

Alegre, H.; Covas, D., 2010 – Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água – uma abordagem centrada na reabilitação. Guia técnico n.º 16, ERSAR, Lisboa, ISBN 978-989-8360-04-5.

AWWA (1999). Water quality and treatment. 5.ª edição. McGRAW-HILL. Estados Unidos da América. ISBN 0-07-001659-3.

ERSAR (2021) – Guia da avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores. 3ª geração do sistema de avaliação. Guia técnico n.º 22, ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Lisboa.

Vieira, P., Mesquita, E., Santos Silva, A., Martins, I., Loureiro, D., Santos, J., Marques, F., Rosa, M.J. (2022). A qualidade da água e a ocorrência de incrustações em sistemas de abastecimento. 20º Encontro Nacional de Saneamento Básico. Cascais. 24-25 de novembro de 2022.

RELAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA COM A INCIDÊNCIA DE ARBOVIROSES

Adivânia da SILVA¹, Nathan MARCELINO², Thaynara OLIVEIRA³, Paulo SCALIZE⁴,
Ellen Gabriel⁵

¹ Universidade Federal de Goiás, Goiânia – Goiás – Brasil, adivania.cardoso@hotmail.com;

² Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – Minas Gerais – Brasil, nmarcelino@ufmg.br

³ Universidade Federal de Goiás, Goiânia – Goiás – Brasil, thaynaralorrayne_@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de Goiás, Goiânia – Goiás – Brasil, pscalize.ufg@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Goiás, Goiânia – Goiás – Brasil, ellenflavia@ufg.br

RESUMO

Dentre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) a serem alcançados até 2030, o ODS3, particularmente, se refere saúde e bem-estar e tem como objetivo erradicar as doenças tropicais negligenciadas. Outro objetivo, ODS6, sugere assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todo ser humano, ou seja, a universalização do saneamento (ONU, 2015; SILVA, 2022).

Ter informações precisas sobre a qualidade da água bruta é fundamental para a definição da tecnologia adequada para o tratamento com objetivo de abastecimento público, seja uma estação de tratamento de água (ETA) do tipo ciclo completo, filtração direta ou somente desinfecção. A escolha da fonte de abastecimento é precedida de inspeção sanitária da bacia hidrográfica e do estudo da qualidade da água (OLIVEIRA et al., 2014).

No Brasil, para uma água ser potável ela precisa atender a todos os requisitos dispostos na norma vigente, portaria GM/MS n. 888 (BRASIL, 2021). Assim, caso um único parâmetro não seja alcançado, possivelmente pode corroborar com a implicação e disseminação de arboviroses em países de clima tropical como o Brasil, uma vez que os protagonistas do uso da água podem optar por outras fontes de abastecimento da água, levando ao armazenamento da água em recipientes com condições inadequadas e por um longo período.

Tendo em vista a estreita relação entre saúde e saneamento, acentuada pelos ODS, percebe-se a necessidade do fomento de políticas públicas locais, principalmente no Brasil que apresenta vasto território rural. Segundo definição do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) (PNSR, 2019), áreas classificadas com o código 8, são consideradas aglomerados rurais, nessas áreas o acesso ao serviço de saúde e saneamento podem ser de extrema precariedade. Uma vez que, “doenças transmitidas pelo mosquito do tipo *Aedes aegypti* e/ou *Aedes albopictus* estão disseminadas no Brasil e podem estar associadas à ausência e/ou precariedade na oferta de serviços de saneamento básico, para garantia de salubridade ambiental” (SILVA, 2022).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a relação entre a qualidade da água e a incidência de arboviroses em uma comunidade quilombola.

Assim, o estudo foi aplicado na comunidade quilombola Vazante, localizada no distrito

do município de Divinópolis de Goiás (Goiás, Brasil), tendo característica urbana e pouco adensada, entre 200 e 300 hab./km² (PINHEIRO et al., 2022).

A água utilizada para as atividades como higiene, preparação de alimentos, limpeza da casa, do quintal e ingestão humana foram provenientes da rede de abastecimento, com captações realizadas por poços tubulares profundos e, posterior encaminhadas para o reservatório coletivo, sem nenhum tratamento, além de outras fontes, dentre elas a água mineral, água de chafariz e cisterna, bem como o tratamento intradomiciliar, com a utilização da filtração em vela cerâmica, filtragem por pano e desinfecção por cloro (SCALIZE et al., 2020).

Os dados foram obtidos do Diagnóstico Técnico Participativo (DTP) da Comunidade Vazante (SCALIZE et al., 2020) e a soroprevalência de marcadores virais para as arboviroses em Pagoto et al. (2022), depois tratados, analisados e discutidos de forma quanti e qualitativa.

A caracterização das amostras de água indicou que os resultados estão dentro dos padrões de potabilidade (BRASIL, 2021), com exceção da dureza total (DT) e da *Escherichia coli*. A DT esteve acima do VMP de 300 mg/L em 42,9% (9/21) (média = 289 mg/L; mín. = 246 mg/L; máx. = 345 mg/L; DP = 27,39 e CV = 0,09), podendo ser classificada como dura (150 a 300 mg/L) e muito dura (> 300 mg/L) (MENDONÇA; FLORES, 2017). Apesar do limite da dureza total ser de 300 mg/L, a recusa por parte da população ocorre em concentrações bem inferiores, o que pode levar ao consumo de água de outras fontes de abastecimento, colocando a saúde em risco. A aceitabilidade da água para consumo humano pode variar conforme a população, sendo que em alguns locais a tolerância pode ser superior a 500 mg/L (WHO, 2017). Segundo Libânio (2016), a rejeição ao consumo humano é constatada a partir de 100 mg/L de CaCO₃.

Assim a rejeição, devido a água dita salobra pelos moradores, que tem como característica a presença de carbonatos e bicarbonatos, faz com que a população busque por outras fontes de captação de água, tais como, em chafariz e grupos familiares, além da água mineral, cisterna de água de chuva e armazenamento desta de forma improvisada (SCALIZE et al., 2020). Em muitos casos, a proteção das fontes de solução alternativa individual (SAI) e a forma de captação podem estar em desacordo com as normas, logo em sua maioria, não há tratamento, podendo elevar os riscos à saúde da população local.

Na comunidade Vazante, notaram-se, várias formas de uso e reuso de recipientes como caixas d'água, tambores, bombonas, entre outros, encontrados nos intra e peridomicílios com água acumulada (SCALIZE et al., 2020). As formas diversas de armazenamento da água, devido principalmente à inadequação da rede de abastecimento, fazem com que o *Aedes aegypti*, ou outro culicídeo vetor, consiga colonizar em recipientes contendo água no ambiente imediato dos humanos (GUIDO-COULIBALY et al., 2022). Em Vazante, obteve-se soroprevalência de 89,8% para a dengue e 35,0% para a febre pelo vírus Zika, os expressivos valores de ocorrência das arboviroses pode ser em função da facilidade que o vetor tem de se proliferar na comunidade, evidenciado pela proximidade entre os domicílios e abundância de criadouros encontrados (caixas d'água e tambores destampados, em geral), provenientes principalmente da irregularidade no abastecimento de água e qualidade desta, motivando a população a procurar uma forma alternativa de adquirir e armazená-la. Os recipientes de armazenamento de água, como importantes locais de oviposição e a capacidade de deslocamento do mosquito *Aedes aegypti*, pode levar a uma disseminação de arboviroses, conforme verificado em outras regiões, como em El Salvador, no qual comunidades urbanas e rurais sofreram pelo surto de Zika (LEONTSINI et al., 2020).

Assim, a presente pesquisa permite concluir que a rejeição de uma água pode propiciar situações que favorecem a proliferação do principal vetor transmissor das doenças arbovirais dengue e Zika, que quando em contato com pessoas contaminadas, pode haver a disseminação de arbovírus, necessitando, portanto, do tratamento da água antes de ser consumida e a promoção de ações comportamentais como medida eficaz para a eliminação de vetores.

Palavras-Chave: saneamento básico; saúde pública; dengue; endemia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 22 revised ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2017.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural/ Ministério da Saúde, Fundação Nacional da Saúde. – Brasília: Funasa, 2019.
3. BRASIL. *Portaria GM/MS n. 888, de 4 de maio de 2021*. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: seção 1, Edição 85, Brasília, DF, p. 127, 2021.
4. LEONTSINI, E. et al. A qualitative study of community perspectives surrounding cleaning practices in the context of Zika prevention in El Salvador: implications for community-based *Aedes aegypti* control. *BMC Public Health*, v. 20, n. 1385, 14 p., 2020.
5. Libânio M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água (3rd ed.), 2010, Campinas: Átomo.
6. MENDONÇA, J. K. A.; FLORES, J. S. Desenvolvimento de uma metodologia simples para determinação da dureza da água. *Scientia Tec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS*, v. 4, pp. 133-142, 2017.
7. OLIVEIRA, M. de D. et al. Nova abordagem do Índice de Qualidade de Água Bruta utilizando a Lógica Fuzzy. *Eng. Sanit. Ambient.* Oct-Dec 2014.
8. PAGOTTO, V. et al. *Análise situacional dos dados clínicos da população de comunidades rurais e tradicionais do Estado de Goiás: 2019* [Ebook]. Goiânia: Cegraf UFG, 521 p., 2022.
9. Pinheiro, R. V. N., Chagas, I. M., Basso, R. E., Nóbrega, J. D., Bezerra, N. R., & Scalize, P. S. Proposição e aplicação de um método para caracterização de áreas rurais em setores censitários sob a ótica do saneamento. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 2022, 18, 2, pp. 67–85.
10. SCALIZE, P. S. et al. Aspectos do Saneamento. In: SCALIZE, P. S. (org.). *Diagnóstico técnico participativo da Comunidade Vazante: Divinópolis de Goiás - 2019*, v. 113, cap. 6. Goiânia: Cegraf UFG, 2020. E-book. 223p. (Coleção DTP Projeto SanRural).
11. SILVA, A.C. da. *Associação entre variáveis ambientais relacionadas a criadouros de *Aedes aegypti* e doenças arbovirais em comunidades rurais e tradicionais de Goiás, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás (UFG), 117 p., 2022.

SISTEMA IA PARA MONITORIZAÇÃO EM TEMPO REAL DA QUALIDADE DA ÁGUA E DETEÇÃO DE ANOMALIAS

Zofia Czychula Rudjord, Malcolm J. Reid, Carsten Ulrich Schwermer, eYan Lin

¹ Norwegian Institute for Water Research, Økernveien 94, 0579 Oslo, Norway

RESUMO

A monitorização da qualidade da água é fundamental para mitigar os riscos à saúde humana e ao meio ambiente. É também essencial para garantir a idoneidade dos produtos e serviços que, ao longo da sua cadeia de valor, dependam de processos relacionados com este bem essencial. A monitorização e a deteção de contaminações químicas, têm muitas vezes por base um pequeno conjunto de parâmetros ou substâncias. A monitorização convencional geralmente envolve a recolha de amostras de água no campo e análises subsequentes no laboratório. Tais estratégias são caras, demoradas e focadas num conjunto restrito de riscos potenciais. Esta demora no tempo de análise, proveniente do intervalo entre a recolha da amostra até à verificação de contaminações, resulta em correções tardias. Assim, quando detetada, a contaminação pode já ter infiltrado diferentes sistemas e outros processos da água. Dada esta necessidade, desenvolveu-se um sistema de monitorização em tempo real baseado em inteligência artificial (IA) para sensores implantáveis em campo. Utilizaram-se dados obtidos de sensores UV-spec e fluorescência de análise completa para validação neste estudo. Este sistema multisensor consiste na deteção de anomalias, utiliza métodos estatísticos multivariados para detetar qualquer estado anômalo num ambiente aquoso, usando *machine learning* (ML), e assim classifica-las dentro das categorias a priori conhecidas. Para uma prova de conceito, esta metodologia foi testada num suprimento de água potável municipal e aplicaram-se alguns contaminantes orgânicos num ambiente controlado, em laboratório. Os resultados confirmam a capacidade do sistema multisensor detetar e identificar mudanças na qualidade da água devido a incidências de contaminação química. O método pode ser aplicado a inúmeras outras áreas onde a qualidade da água deve ser medida *online* e em tempo real, como em águas superficiais, escoamento urbano ou alimentos e água de processos industriais.

Palavras-Chave: Qualidade da água; Monitorização da qualidade da água; Inteligência artificial; Sensores ultravioleta; Sensores de fluorescência

AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS

Para estabelecer variações sistemáticas, a água potável foi medida com fluxo contínuo durante um período de alguns dias. Os dados de especificação UV foram registados a cada minuto, e as medições do fluorómetro foram acionadas a cada 30s. Foram recolhidos três conjuntos de dados de 26.318, 7798 e 6453 pontos, que constituíram absorvância base, fluorescência base 254/360 e 375/460, respetivamente, para análise estatística. Foi definida a variação da absorvância ($\Delta Abso$) como a diferença entre a absorvância medida num determinado momento no tempo e a absorvância média ao longo de todo o período de recolha de dados. Da mesma forma, a variação de fluorescência (ΔFI) é a diferença entre a fluorescência medida num determinado ponto no tempo e a fluorescência média ao longo de todo o período de recolha de dados.

RESULTADOS

Linha de base e sinais

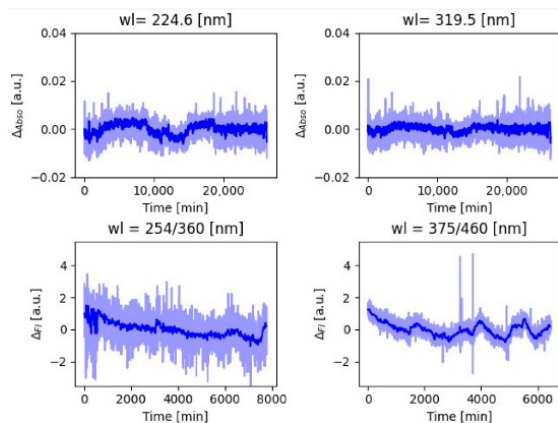


Figura 1 - Variabilidade basal e fluorescência obtidas em 2 comprimentos de onda mostrando os dados em intervalos de 10 minutos.

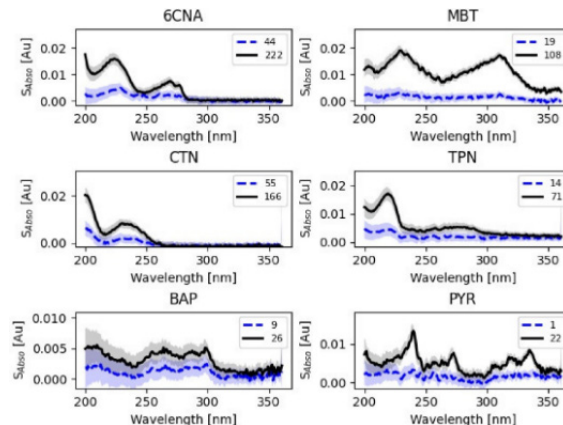


Figura 2- Variação da absorvância para as seis substâncias colocadas na água potável descritas no ponto 2.1 e para as concentrações detetáveis elevadas (linha preta) e mais baixas (linha azul) ($\mu\text{g/L}$).

A Figura 1 mostra a variabilidade basal, causada pela qualidade da água, para as duas absorvâncias selecionadas e os dois comprimentos de onda de fluorescência. Os dados de absorvância foram corrigidos quanto ao efeito de bio incrustação, conforme explicado no apêndice A. Para reduzir as flutuações estatísticas, a variabilidade foi calculada em média ao longo de intervalos de 10 minutos. Para a absorvância, um desvio padrão (σ) é igual a 0,0021 para os comprimentos de onda de 224,6 nm e 0,0012 para os comprimentos de onda de 319,5 nm, respetivamente. Para fluorescência, $\sigma = 0,45$ para 254/360 nm e $\sigma = 0,40$ para o comprimento de onda de 375/460 nm, respetivamente.

Na Figura 2 podem ser verificados os espectros. Os 6CNA, MBT e CTN não são fluorescentes e a sua presença na água manifestar-se-á através de mudanças nos espectros de absorvância. O sinal de fluorescência 254/360 foi detetado para TPN e PYR e de fluorescência 375/460 para BAP. As concentrações detetáveis de TPN, PYR e BAP usando fluorómetros são muito menores do que o menor sinal detetável para especificação UV.

Desempenho da deteção de anomalias

Dado que os dados de fluorescência são normalmente distribuídos, foi usada a técnica de Monte Carlo para melhorar as estatísticas para dados de fluorescência, de modo que todos os dados de linha de base tivessem um número igual de pontos. Esses dados foram calculados em média ao longo de um intervalo de 10 minutos.

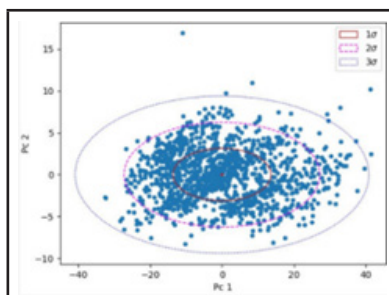


Figura 3- Os dois primeiros PCs da linha de base de absorvância do conjunto de treino juntamente com elipsoides de confiança.

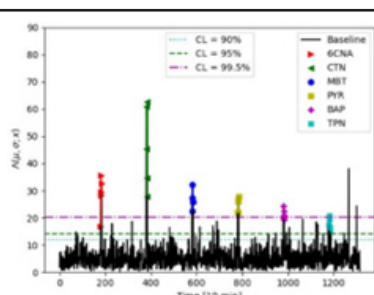


Figura 4- Estimador de anomalias para uma série temporal sintética criada com base no conjunto de testes.

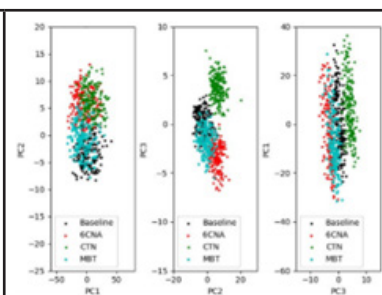


Figura 5- Os três principais componentes do conjunto de trens para a linha de base e os três contaminantes 6CNA, CTN e MBT, que não são fluorescentes.

GOVERNANÇA DA ÁGUA EM PORTUGAL: O QUE FALTOU NA POLÍTICA DA ÁGUA NOS ÚLTIMOS 40 ANOS

Susana NETO^{1 2 3}

¹ APRH | ² Universidade de Lisboa / CERIS | ³ University of Western Australia (UWA) E-mail: susana.neto@netcabo.pt

INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E ENQUADRAMENTO DO TEMA

A política da água está indissociavelmente ligada à governança da água. A consciência do valor ambiental da água merece destaque nas políticas a adotar e a atenção deve centrar-se na promoção do conhecimento sobre os processos naturais, entre os diversos setores beneficiários e os utilizadores próximos, a fim de ser mais eficaz. Um entendimento mais alargado a nível da bacia hidrográfica, regional, de país, ou mesmo a nível global, constitui uma componente de aprendizagem em termos de diálogo universal sobre os problemas de acesso à água e manutenção dos seus serviços ambientais e sociais, incluindo os económicos. Se a água for vista apenas como um recurso disponível quando ligarmos a torneira, será difícil alcançar este nível de envolvimento por parte dos utilizadores. As questões levantadas são também inseparáveis de uma abordagem orientada pela sustentabilidade. A missão do desenvolvimento sustentável inclui uma mudança social em vários aspetos. Há um reconhecimento crescente de que os governos e a máquina administrativa por si sós, não podem determinar a evolução futura dos usos da água pelos diferentes sectores da sociedade; esta evolução é moldada pela interação entre vários atores. No entanto, os governos podem assumir um papel mais ou menos central ou dominante nesta rede de atores, aceitando que esta mudança de perspetiva representa um ponto de viragem nas políticas atuais com a corresponsabilidade e o envolvimento de todos os intervenientes na promoção da sustentabilidade. A governança da água é um novo quadro de ação deste século que relaciona diferentes intervenientes e diferentes processos. De acordo com a definição da *Global Water Partnership* (GWP) em 2002, “a governança da água refere-se ao leque de sistemas políticos, sociais, económicos e administrativos que estão em vigor para desenvolver e gerir os recursos hídricos, bem como a prestação de serviços de água, em diferentes níveis da sociedade” e a “noção de governança inclui a capacidade de conceber políticas públicas e quadros institucionais que sejam socialmente aceites e mobilizar recursos sociais para os apoiar”. O mundo estabeleceu um ponto de viragem nas políticas tradicionais de gestão da água há mais de 40 anos; inicialmente, estas eram guiadas pela oferta e pela resolução de situações isoladas, mas mais tarde o foco mudou para a procura e para a prevenção da poluição. Na Europa, a partir do final da década de 90 houve uma tentativa de fazer com que as políticas de gestão da água fizessem parte de uma política ambiental integrada. Para além dos aspetos da inovação em tecnologias mais adequadas para a reciclagem, a conservação dos recursos e a prevenção da poluição, a recuperação de técnicas antigas como a recolha de água da chuva e a participação de todos os utilizadores à escala comunitária, passaram a ser cada vez mais reconhecidas como essenciais, mesmo que ainda não sejam práticas comuns em muitos países. A ‘governança’ diz assim respeito ao amplo sistema social de governação, que inclui a perspetiva mais estreita do governo como decisor político.

ANTECEDENTES DO CASO PORTUGUÊS¹

Após a criação das primeiras “regiões hidráulicas” em 1884 e da subsequente Lei da Água de 1919, foram estabelecidos alguns princípios para a gestão da água, nomeadamente a “prevalência de direitos dos direitos dos a jusante sobre o utilizador a montante”. Sucessivamente, alguns outros decretos-leis que regulam as diferentes utilizações da água e do licenciamento foram implementados, enriquecendo o quadro desta lei que se manteve parcialmente eficaz até 2005. Em 1986, o primeiro Secretário de Estado do Ambiente em Portugal criou um Grupo de Trabalho (SIGRHID), com a missão de analisar e comparar os diferentes sistemas institucionais existentes na Europa, e propor uma reforma institucional para o sistema institucional da água para Portugal. Os resultados deste trabalho comparativo foram publicados numa coleção de 12 documentos e baseou-se numa profunda reflexão sobre os desafios da época e das conseqüentes soluções. Durante a década de 1990 houve duas fases importantes da legislação. A primeira, em 1990, com os Decretos-Lei n.º 70/90 de março (sobre a “propriedade das águas e domínio público hídrico”) e n.º 74/90, 7 de março (sobre “normas de qualidade” para “proteger, preservar e melhorar a água de acordo com os seus principais usos”) que colocaram a qualidade da água no topo da agenda legislativa. Mais tarde, em 1994, foi aprovada a legislação mais relevante em matéria de política da água desta década, com o conjunto de três decretos que regulam: o processo de planeamento dos recursos hídricos (DL 45/94); o licenciamento e utilização do “domínio público da água” (DL46/94); e o estabelecimento do sistema económico e financeiro para a utilização dos recursos hídricos (DL 47/94, 22 de fevereiro (alterado em 1997). Esta década seguiu-se à mudança ocorrida no final dos anos 80, a partir da anterior visão ‘hidráulica’ da gestão da água para uma perspetiva mais ampla dos recursos hídricos e da sua gestão, incluindo novas dimensões (particularmente ambientais e económicas). Em 1998, a Lei de Bases do Ordenamento do Território e da Política Urbana (LBOTU) estabeleceu a hierarquia e a natureza dos Planos de Utilização do Território, dos Planos Especiais e dos Planos Sectoriais (que incluem os Planos de Recursos Hídricos). **Este foi um *momentum* legislativa muito relevante, em que todos os instrumentos de planeamento para todos os sectores foram reunidos e estruturados num quadro e abordagem comuns. A partir deste momento, a visão global do sistema de planeamento e dos instrumentos territoriais tornou-se um forte motor para o papel e visão da Administração Pública rumo a uma perspetiva mais integrada no planeamento e gestão de diferentes recursos, incluindo a água.** A Nova Lei-quadro da Água n.º 54/2005, após a aprovação da Diretiva Quadro da Água (DQA), em 2000, estabeleceu um novo sistema de direito aos recursos hídricos. Transpôs a DQA para o direito interno e estabeleceu “as bases e o enquadramento institucional para a gestão sustentável das águas”. A principal mudança no sistema institucional resultou da criação das Administrações Distritais da Bacia Hidrográfica (ARH). O processo de constituição da ARH foi altamente complexo, tanto pelo carácter adaptativo subjacente à constituição de novas entidades como pela adoção de novos conceitos de gestão, bem como pela conjuntura da reforma institucional que exige”. (Brito et al. 2008). No entanto, após as restrições impostas pela troika, em 2012, reverteu-se este processo institucional e os poderes de administração da água forma concentrados na Agência Portuguesa do Ambiente (APA), tendo as ARH perdido o seu poder de agentes regionalizados. Apesar

¹ Os factos aqui referidos são retirados da Tese de Doutoramento (2010). [https://www.researchgate.net/profile/Susana_Neto2/publication/282850166_Water_Territory_and_Planning_Contemporary_Challenges_towards_a_Territorial_Integration_of_Water_\(PhD_Abstract\)/links/561e642708aef097132c4243.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Susana_Neto2/publication/282850166_Water_Territory_and_Planning_Contemporary_Challenges_towards_a_Territorial_Integration_of_Water_(PhD_Abstract)/links/561e642708aef097132c4243.pdf)

da Convenção das Nações Unidas sobre o Combate à Desertificação (CCD) incluir a implementação de um Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação, proposto em outubro de 1997 pela Organização Nacional para a Aplicação do CCD com especial ênfase na adoção de boas práticas de cultura e intensificação da agricultura não irrigada, bem como a proteção das águas subterrâneas e a prevenção da utilização excessiva de aquíferos, estes Planos Locais de Ação nunca avançaram. Apesar de muitos estudos e recomendações, e.g. SIAM 2002 e 2006, terem chamado a atenção para a necessidade de reforçar a investigação integrada dos impactos das alterações climáticas e medidas de adaptação conexas, incluindo recursos hídricos, ordenamento urbano e rural e organização espacial, agricultura, biodiversidade - incluindo incentivos a projetos de investigação conjuntos entre Portugal e Espanha para estudar os impactos das alterações climáticas; – reforço da participação pública e das partes interessadas nas atividades de planeamento e gestão da água e na implementação de medidas de adaptação às alterações climáticas na área dos recursos hídricos, também aqui houve um atraso considerável nas políticas nacionais de água e na preparação de planos de contingência. Uma outra dimensão muito relevante e à qual não houve nunca qualquer ação eficaz de articulação a nenhum nível é a integração do ordenamento do território e da água. Entre 2006 e 2008, foi redigido um extenso relatório por um grupo de trabalho criado pelo Conselho Nacional da Água e que abrangia todas as áreas de articulação entre as duas dimensões. Embora toda a legislação relativa ao ordenamento territorial e à gestão da água contenha sempre referências explícitas a esta necessidade de articulação, esta integração nunca foi eficaz na aplicação dos instrumentos jurídicos nas práticas de planeamento e gestão de cada sector.

CONCLUSÕES

O sistema institucional de gestão e planeamento da água em Portugal evoluiu ao longo de mais de quase 140 anos através de três séculos, acompanhando as necessidades sociais e administrativas do país. Várias gerações de princípios orientaram as diversas reformas desde uma visão “hidráulica pura” da criação das primeiras quatro divisões regionais hidráulicas em 1884, no século XIX, até à visão holística da “governança da água” no século XXI. Os principais desafios e o contexto nacional e europeu para as mudanças de políticas, incluindo a necessidade de uma perspetiva ambiental mais forte entre as questões de desenvolvimento e a sociedade, bem como a coordenação e ação a nível global, juntamente com as novas exigências da implementação do conceito de desenvolvimento sustentável, influenciaram profundamente as novas políticas ambientais na Europa na primeira década do século XXI. Esta influência teve um impacto particular nas políticas da água em todos os países europeus. A DQA foi um exemplo dessa tentativa de abordar a complexidade dos problemas da água e os respetivos impactos nos ecossistemas e na sociedade no seu conjunto. Mas Portugal não procedeu a uma efetiva aprendizagem e adaptação institucional dos resultados das reformas legislativas visando essa visão integradora e uma boa governança da água. Podemos assim concluir que o que faltou na política da água em Portugal nos últimos 40 anos se pode traduzir nas seguintes dimensões: falta de uma visão estratégica de longo prazo; falta de uma ação integradora de boa governança; falta de uma adequada transversalidade institucional para abordar a complexidade das questões da água; falta de uma ação enquadrada nos direitos humanos e na saúde global; e falta de uma ação preventiva e adaptativa relativamente às mudanças climáticas.

Palavras-Chave: Governança da água; Integração territorial; Visão estratégica e ação preventiva; Saúde global; Alterações climáticas.

A ESCASSEZ E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NOS PLANOS DE GESTÃO DE REGIÃO HIDROGRÁFICA - ESTUDO COMPARATIVO ENTRE BRASIL E PORTUGAL

Lucas da SILVA¹, Carla RODRIGUES², Teresa FIDELIS³

¹ Instituto Federal do Ceará, Quixadá, Ceará, Brasil, lucasilva@ifce.edu.br

² Instituto Politécnico de Coimbra, 3040-316 Coimbra, Portugal, carlar@esac.pt

³ GOVCOPP, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, 3810-193, Aveiro, Portugal, teresafidelis@ua.pt

RESUMO

A escassez de água e a secas são fenómenos que têm afetado várias regiões da Europa e América do Sul, com particular relevância nas regiões do Mediterrâneo, incluindo Portugal, e nas regiões semiáridas do Brasil. A frequência e intensidade destes eventos pode vir a ser agravada pelos efeitos das alterações climáticas, com impactes significativos em múltiplas dimensões da actividade humana e ao nível dos ecossistemas e biodiversidade. Estas preocupações exigem a definição de políticas públicas e estratégias capazes de dar resposta, de forma sustentável, à procura da água pelos diferentes setores de atividade (abastecimento público, agricultura, indústria, turismo, energia, transportes). Os Planos de Gestão de Região Hidrográfica fornecem a base para a proteção e gestão do valor ambiental, social e económico da água ao nível da região hidrográfica, compatibilizando as suas utilizações com as suas disponibilidades. Para tal cada plano inclui um Programa de Medidas, que define um conjunto de medidas a serem seguidas e implementadas durante o período de vigência do Plano. Este artigo desenvolve uma análise comparativa entre as medidas consideradas no Plano de Ação da Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús (RHSC), Ceará, Brasil, e o Programa de Medidas (PdM) do projeto de Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Sado e Mira (RH6) do terceiro ciclo de planeamento em Portugal, avaliando a articulação entre a escassez e a disponibilidade de água. Para o efeito recorrer-se à metodologia usada em Fidelis e Rodrigues (2019), baseada na análise de discurso, e avalia a incorporação de termos associados à escassez e à disponibilidade de água nos PdM das duas regiões hidrográficas. Os resultados, relativos à RHSC, revelam uma tendência para incorporar nas medidas abordagens associadas à reutilização, reaproveitamento, recuperação, requalificação, revitalização, e à qualidade e eficiência hídrica. No entanto, referências relacionadas com armazenamento, retenção, escassez, seca, aridez, alterações climáticas, impermeabilização e quantidade apresentam ainda alguma fragilidade na formulação das medidas. Apesar de haver preocupações justificadas pela irregularidade temporal e espacial da precipitação nas regiões semiáridas, não são evidentes as associadas à escassez e disponibilidade da água. A análise da formulação das medidas da RH6, revela maior frequência do uso de termos como caudal ecológico, qualidade, eficiência, captação, escassez, seca, sugerindo preocupações latentes sobre a disponibilidade hídrica. Abordagens relacionadas com reutilização, reaproveitamento, recuperação, requalificação, revitalização e quantidade são reduzidas e as associadas às alterações climáticas, clima, aridez, armazenamento e retenção são pouco evidentes na formulação das medidas. Os planos de gestão das

bacias hidrográficas desempenham um papel relevante na disseminação do conceito da gestão integrada dos recursos hídricos e da protecção e utilização sustentável da água aos vários setores governamentais e utilizadores de água. As características discursivas dos programas de medidas, têm implicações na sua interpretação, implementação e em processos de tomada de decisão. Estas características assumem maior relevância em abordagens associadas a desafios emergentes, como é o caso do desenvolvimento de políticas e estratégias de adaptação e mitigação aos efeitos de escassez de água e secas, para que se possa garantir uma gestão integrada das disponibilidades e da procura de água, e soluções que complementem a previsível diminuição do recurso e garantam o desenvolvimento sustentável.

Palavras-Chave: água; escassez; seca; PGRH; programa de medidas.

DISTRIBUIÇÃO DE ZONAS VERDES E REDUÇÃO DE CAUDAIS DE PROJETO EM DRENAGEM URBANA NA CIDADE DE BRAGANÇA, PORTUGAL

Regis Pacheco CASSINO JUNIOR^{1,2}, Tomás de FIGUEIREDO^{1,2}, Felícia FONSECA^{1,2}, Zulimar HERNÁNDEZ³

¹ Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal, regisjunior@ipb.pt, tomasfig@ipb.pt, ffonseca@ipb.pt

² Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal, regisjunior@ipb.pt, tomasfig@ipb.pt, ffonseca@ipb.pt

³ MORE – Laboratório Colaborativo Montanhas de Investigação – Associação Edifício do Brigantia Ecopark, Av^a Cidade de Leon 506, 5300-358 Bragança, zhernandez@morecolab.pt

RESUMO

O crescimento sustentável das cidades, em conjunto com a gestão sustentável da água são dois dos grandes objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). O aumento populacional e a expansão da urbanização contribuem para mudanças no uso e ocupação do solo, principalmente, ao reduzir as zonas permeáveis e aumentar a percentagem de áreas impermeáveis. Alterações antrópicas na bacia hidrográfica e em seu sistema ou rede de drenagem, podem resultar em diversas mudanças em seu ciclo hidrológico e causar crises hídricas, como secas e enchentes.

Um dos precursores da problemática para estas alterações é a impermeabilização do solo da bacia, que por sua vez, está intimamente ligada ao aumento do escoamento superficial, condicionando o acréscimo do caudal de ponta, favorecendo a ocorrência de inundações durante chuvas intensas, sendo responsável por danos pessoais e destruição de patrimônio socioeconómico. O presente estudo pretendeu avaliar o efeito de diferentes distribuições das manchas de ocupação do solo (incluindo zonas verdes) em uma bacia hidrográfica urbana, com possibilidade de expansão, localizada no município de Bragança, Portugal, na sua resposta hidrológica medida pelo caudal de ponta gerado em situações de cheia, utilizando o método *Soil Conservation Service – Curve Number* (SCS-CN).

Na seleção da área de estudo combinaram-se técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e a análise do Plano Diretor Municipal (PDM) de Bragança, identificando-se uma bacia hidrográfica com expansão urbana perspectivada no PDM (Figura 1). Também foram adotadas ferramentas de software SIG para delimitar a bacia e extrair dados do terreno, necessários para calcular os caudais de ponta através do método SCS-CN, para os períodos de retorno de 2, 10 e 100 anos.

Os caudais foram simulados utilizando folha de cálculo desenvolvida em excel, onde a única variável do sistema passou a ser o número de escoamento (N), representando os diferentes tipos de uso e ocupação do solo, obtidos através da carta de uso e ocupação do solo de Portugal Continental (COS 2015). As simulações foram realizadas para duas

situações de cobertura extrema (urbanização densa e floresta) para toda a bacia, e para 50% de área coberta por cada um destes tipos de ocupação do solo, repartidas em duas frações de 25% com diferentes padrões de distribuição espacial de montante para jusante na bacia. Foram ainda calculados caudais de acordo com a condição de ocupação do solo atual da bacia e, de acordo com a projeção do PDM. Nas zonas onde o PDM aponta projeções futuras de expansão urbana, ainda não inteiramente concretizadas e representando 33% da área da bacia, foram também feitas simulações com base em dois cenários de evolução: urbanização densa e florestação em meio urbano. Neste trabalho tomou-se a ocupação do solo por floresta em meio urbano como exemplo de zona verde eficaz na regulação do ciclo hidrológico, persistente no tempo e com baixos requisitos de manutenção.

Simular os caudais de ponta com usos e ocupação do solo extremos na totalidade da bacia (Figura 2) foi importante para analisar a influência de diferentes padrões de distribuição do uso do solo em troços e sub-bacias no caudal de ponta na sua secção terminal. Notou-se que números de escoamento baixos (florestas) na parte central e próximos da secção terminal surtiram maior efeito de redução do escoamento relativamente à ocupação urbana nas mesmas posições na bacia.

Ao comparar os caudais gerados na situação de ocupação do solo atual da bacia com os caudais gerados pela ocupação planeada pelo PDM, obtiveram-se caudais 35%, 22% e 15% menores, nos respetivos períodos de retorno de 2, 10 e 100 anos (Figura 3). Isto reforça a ideia de que a expansão urbana do município implicará aumento das superfícies impermeáveis, o que gerará maior escoamento superficial e, conseqüentemente, maior caudal de ponta na secção terminal da bacia.

Todavia, se nas áreas definidas no PDM como suscetíveis de urbanização densa forem implementadas ações de florestação em meio urbano, projetam-se reduções de caudais de 27%, 19% e 15%, para os mesmos períodos de retorno, relativamente ao estimado com a aplicação do previsto no PDM. Sublinha-se que estes últimos resultados se referem à introdução de floresta urbana em um terço das áreas definidas no PDM como disponíveis para expansão urbana, combinada com a urbanização densa dos restantes dois terços.

Com o exercício realizado, foi possível confirmar que o avanço da urbanização e a conseqüente impermeabilização da superfície da bacia tendem a provocar escoamentos superficiais volumosos e a extremar a resposta hidrológica, gerando caudais de ponta mais elevados. Confirmou-se também que a expansão urbana combinada com políticas de florestação devem ser objeto de consideração aquando da elaboração e implementação dos planos de urbanização dos municípios, objetivando minimizar a frequência e magnitude dos eventos de inundação conseqüentes da expansão de zonas impermeáveis em meio urbano.

Palavras-Chave: Caudal de ponta; urbanização; bacia hidrográfica urbana; simulação.

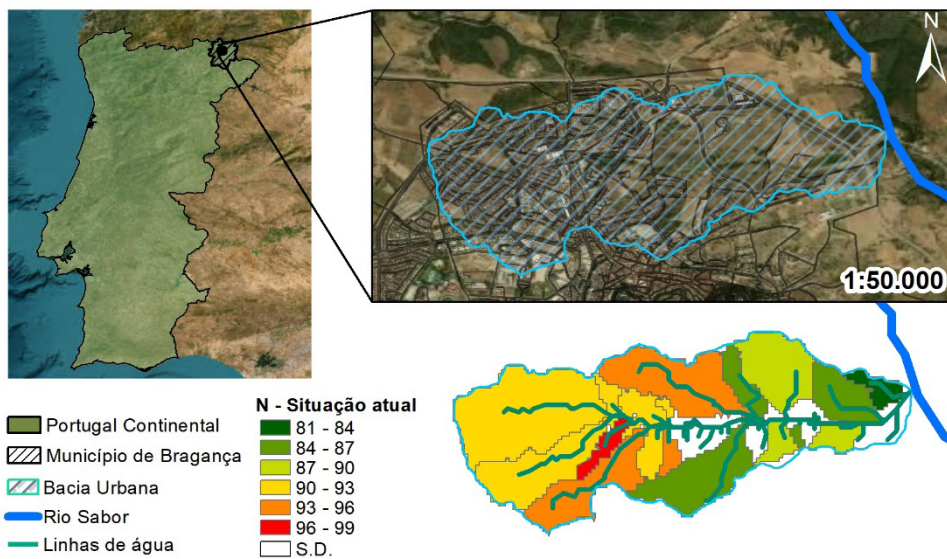


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica urbana em estudo, contendo sua divisão em sub-bacias e os respetivos números de escoamento de acordo com a situação atual de uso e ocupação do solo.

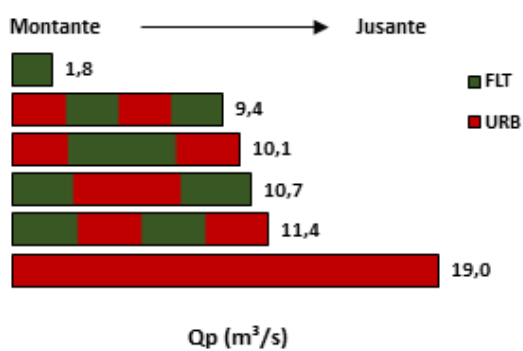


Figura 2: Caudais de ponta (Q_p) de acordo com a distribuição de usos do solo de montante para jusante, representados por florestas (FLT) e urbanização densa (URB) para o período de retorno de 100 anos.

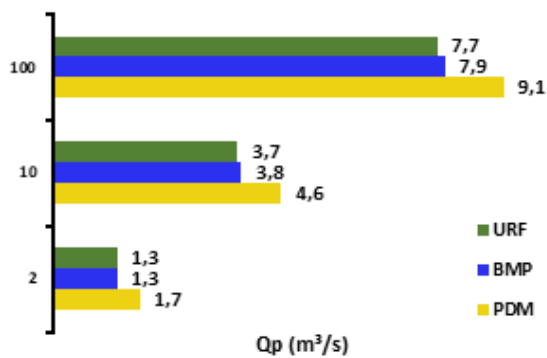


Figura 3: Caudais de ponta (Q_p) com as ocupações do solo referentes ao Plano Diretor Municipal (PDM), à situação atual da bacia (BMP) e à implementação de urbanização combinada com floresta (URF).

MODELAÇÃO HIDROGEOFÍSICA DO AQUÍFERO SUSPENSO DE SÃO SEBASTIÃO (ILHA TERCEIRA, AÇORES) E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Paulo F. SILVA BORGES^{1,2}, Kevin M. BEFUS³, J. VIRGÍLIO CRUZ^{1,4},
Francisco COTA RODRIGUES^{1,5}

¹ Universidade dos Açores, Rua da Mãe de Deus, Ponta Delgada, paulo.fs.borges@uac.pt, francisco.c.rodrigues@uac.pt, jose.vm.cruz@uac.

² Instituto de Investigação de Ciências Agrárias e do Ambiente (IITAA), Rua Capitão João d'Álvia, Angra do Heroísmo

³ University of Arkansas, Fayetteville, Arkansas, Estados Unidos da América, kmbefus@uark.edu

⁴ Instituto de Investigação em Vulcanologia e Avaliação de Riscos (IVAR), Rua da Mãe de Deus, Ponta Delgada.

⁵ Centro de investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos – Açores (CIBIO-Açores), Rua da Mãe de Deus, Ponta Delgada.

RESUMO

A Vila de São Sebastião, localizada na costa SE da ilha Terceira (Açores), é historicamente marcada pelo início do povoamento desta ilha, sendo uma das razões para esta fixação de população a abundância de água, quer de superfície (ribeira de Frei João), quer subterrânea, com variadas nascentes de caudal perene. Com o crescimento da Vila, houve também um aumento do número de poços escavados manualmente pelos particulares, junto das habitações e terrenos agrícolas, cujo número, no final do século XIX, suplantava as 200 captações. Em termos geológicos, este aglomerado populacional situa-se no interior de uma depressão freatomagmática, preenchida por escoadas lávicas, piroclastos, sedimentos fluviais e de vertente.

No contexto de um estudo hidrogeológico em curso, foram realizadas no último ano medições periódicas do nível freático e de parâmetros físico-químicos em vários pontos (45 poços e duas nascentes), tendo sido possível projetar mapas relativos ao nível de água no aquífero livre subjacente ao aglomerado populacional, que permitem deduzir o sentido de fluxo da água subterrânea, e aos respetivos parâmetros físico-químicos. Apesar do sentido de fluxo identificado ser predominantemente de norte para sul, os dados coligidos sugerem a possibilidade da existência de outro sentido fora da mancha dos poços. Dado o enquadramento urbano, com focos de poluição pontual, como por exemplo as fossas sépticas entretanto construídas, ou o uso dos próprios poços já mencionados para esses fins, a que acrescem focos de poluição difusa, associados às pastagens limítrofes à Vila, observa-se uma variação lateral dos parâmetros físico-químicos analisados.

Anteriormente a morfologia do aquífero não era totalmente conhecida, sendo limitada pela localização destes pontos de observação, pelo que neste trabalho tem vindo a ser executada prospeção geofísica, através das técnicas de tomografia de resistividade elétrica, com o objetivo de determinar a espessura e a extensão do aquífero. Esta investigação permitirá esclarecer algumas questões, como sejam, entre outras, se a unidade aquífera é circunscrita à depressão freatomagmática ou subsidiária de outras

conhecidas nas proximidades, se existem outros sentidos de fluxo ou mesmo qual a natureza das fronteiras do aquífero.

O processamento e tratamento de dados tem sido desenvolvido com recurso à programação de linguagem *Python*, nomeadamente com recurso ao módulo *ResiPy* para os dados geofísicos, aplicando as inversões de resistividade em pseudosecções 2D. Para a modelação de fluxo os dados serão processados pelo módulo de *Flopy*, que permite o desenvolvimento e a aplicação de modelos em *MODFLOW-2005*. Os métodos geofísicos aplicados permitirão determinar a geometria do aquífero, e contribuir para a sua caracterização hidrogeológica, o que é importante para o desenvolvimento da modelação hidrogeológica local. A informação compilada quanto ao funcionamento do aquífero permitirá, igualmente, prever os impactes da contaminação urbana na água subterrânea.

Igualmente, no âmbito da adaptação às alterações climáticas pretende-se compreender a dinâmica anual do aquífero, nas condições atuais, sendo projetados os parâmetros da recarga aquífera na programação do *Flopy* visando a modelação da entrada de água no sistema. Deste modo pretende-se estudar a sustentabilidade do aquífero, e as suas disponibilidades ou potencialidades hídricas futuras, modificando os parâmetros da recarga segundo as previsões das mudanças climáticas para a região dos Açores.

Com os contributos das projeções climáticas, os conhecimentos da hidrologia superficial e os dados relativos à água subterrânea, pretende-se desenvolver um modelo hidrogeológico que contribua para a gestão e proteção dos recursos hídricos.

Palavras-Chave: Ilha Terceira; água subterrânea; poços; hidrogeofísica; modelação.

TERAPIAS DE BASE NATURAL: DESAFIOS E BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE E BEM-ESTAR

Margarida REBELO¹, Ana Estela BARBOSA²

¹ Departamento de Edifícios, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, mrebelo@lnec.pt

² Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, aestela@lnec.pt

RESUMO

Mais de metade da humanidade vive em cidades e estima-se que, em 2050, dois terços desta – 6,5 mil milhões de pessoas – viverão em grandes centros urbanos (UE, 2018). As comunidades que vivem em zonas urbanas evidenciam stress laboral, possuem estilos de vida agitados, porém sedentários e carecem, frequentemente, de interações sociais e relações emocionais gratificantes. Além disso, as populações urbanas enfrentam stressantes que têm impacto na saúde como níveis elevados de poluição atmosférica e de ruído, insegurança e criminalidade urbanas.

Com a crescente preocupação das cidades no aumento das áreas azuis e verdes, maioritariamente focado na mitigação e adaptação às alterações climáticas, as soluções baseadas na natureza (SBN) têm ganhado um novo destaque, no que respeita ao seu papel na promoção da saúde pública e do bem-estar das populações. Com a degradação ambiental a representar graves consequências para o ser humano saúde (OMS, 2013) e a atividade antropogénica comprometendo ainda mais a qualidade ambiental (Nações Unidas, 2018), há cada vez mais reconhecimento que estes desafios se encontram interligados (Graham & White, 2016) e a investigação tem chamado a atenção precisamente para a necessidade de uma melhor integração da sustentabilidade ambiental com a saúde/bem-estar da população (Depledge, White, Maycock, & Fleming, 2019).

A crescente evidência de que o contacto com ambientes naturais está associado a uma saúde positiva (Twohig-Bennett & Jones, 2018), bem-estar (Capaldi, Passmore, Nisbet, Zelenski, & Dopko, 2015; McMahan & Estes, 2015) e comportamentos pró-ambientais (Arendt & Matthes, 2016) tem ajudado a compreender esta relação, mas o conhecimento ainda se encontra aquém das expectativas e necessidades. É necessário produzir mais evidências científicas e exemplos práticos que demonstrem cabalmente o impacto e a magnitude da relação que se estabelece entre natureza, e mais especificamente as terapias de base natural (TBN), e a saúde e bem-estar das comunidades (Barbosa & Rebelo, 2022).

O contacto da população com valores naturais, incluindo a biodiversidade e a presença de água, tem sido estudado em diversos projetos de investigação que têm permitido identificar, testar e validar as características naturais que melhor potenciam a saúde e o bem-estar. Demonstrou-se, a título de exemplo, que a presença de corpos de água e alguns tipos específicos de terapias de base natural (e.g., *forest therapy* ou *forest bathing*) trazem claros benefícios para a saúde da população, nomeadamente nas dimensões de

bem-estar físico e emocional, na relação com o outro e no desenvolvimento pessoal. Defende-se, ainda, a importância de devolver a natureza às cidades, reajustando o papel das zonas naturais verdes e azuis pela integração das múltiplas funções promotoras de sustentabilidade, resiliência às alterações climáticas, melhoria da saúde e bem-estar e serviços de ecossistemas.

Neste contexto, o objetivo desta comunicação é discutir o impacto que os requisitos dos programas terapêuticos de base natural podem ter na inovação do planeamento e gestão urbana de áreas verdes e azuis, nomeadamente, na identificação das condições físicas (e.g., topografia, biodiversidade, água, qualidade do ar, radiação solar, níveis de ruído) e de utilização (e.g., acessibilidade, existência de percursos pedestres e respetivos graus de dificuldade, sinalização, lugares para descansar e contemplar) destes espaços naturais (e.g., jardins, parques urbanos, florestas) que mais adequadamente contribuem para promover momentos de *mindfulness*, partilhar experiências com outras pessoas, ter tempo para observar, explorar e refletir sobre a experiência de contacto com a natureza, desacelerar o ritmo urbano, despertar os sentidos para a conexão com a envolvente natural, experienciar emoções e usufruir dos benefícios terapêuticos da natureza.

Para além das características físicas estruturais e não-estruturais dos espaços naturais é também fundamental desenvolver protocolos robustos de avaliação da condição de saúde dos cidadãos envolvidos nas TBN, nomeadamente da saúde física (medidas fisiológicas gerais como por tensão arterial e frequência cardíaca, respiração, relaxamento muscular), bem-estar emocional (e.g., autoavaliação de ansiedade, stress, índice de bem-estar, autoestima, entre outros), relacionamento interpessoal e desenvolvimento pessoal (e.g., capacidade para estabelecer relações com os outros, satisfação com as interações sociais, capacidade para encetar e aprofundar amizades) que permitam produzir evidências científicas sólidas, dissemináveis e replicáveis desta relação causal e dos benefícios a curto, médio e longo prazo dos programas terapêuticos de base natural na melhoria da saúde e do bem-estar.

A avaliação subjetiva das características dos espaços naturais pelos seus utilizadores é também um poderoso instrumento para o processo de reconhecimento e validação da qualidade dos contextos naturais em que os programas terapêuticos têm lugar na medida em que possibilitam uma compreensão abrangente das experiências relacionadas tanto com as interações sociais e os ganhos terapêuticos que ocorrem naqueles contextos, como com a “dose certa” de natureza com maior potencial para melhorar a saúde física e psicológica e o bem-estar geral das comunidades.

Acredita-se que esta temática é do maior interesse socioeconómico e ambiental. Abre um caminho novo para planeamento das zonas urbanas, para a prevenção e apoio ao tratamento de várias disfunções e para a sustentabilidade do sistema de saúde.

Palavras-Chave: soluções de base natural; terapias de base natural; saúde e bem-estar; planeamento e gestão urbana.

AGRADECIMENTOS

O projeto NATURELAB foi selecionado para financiamento pelo programa Horizonte Europa. Encontra-se em fase de preparação do Grant Agreement, estando o seu início planeado para meados de 2023.

ENTRE SECAS E CHEIAS: PROPOSTAS PARA UMA GOVERNANÇA ADAPTATIVA DA ÁGUA NA EUROPA

Carla GOMES, Luísa SCHMIDT

Instituto de Ciências Sociais, Universidade de Lisboa, Av. Prof. Aníbal Bettencourt 9, 1600-189 Lisboa, Portugal

carla.gomes@ics.ulisboa.pt; mlschmidt@ics.ulisboa.pt

RESUMO

Esta comunicação aborda os principais desafios que se colocam na actualidade à governança da água na Europa, onde os impactos das alterações climáticas têm vindo a agravar os eventos extremos, tais como os episódios de seca severa e a ocorrência de cheias. Identificamos os bloqueios, mas também as tendências mais recentes que favorecem uma governança progressivamente mais adaptativa, que possa dar uma resposta rápida e flexível ao impacto das alterações climáticas, mas também mais participativa e justa, protegendo os grupos sociais mais vulneráveis. Terminamos com um conjunto de recomendações para o desenvolvimento destes modelos de governança mais sustentável e adaptativa do recurso água em Portugal e no contexto europeu.

A escassez de água está a tornar-se um problema sério em termos mundiais e também na União Europeia, tanto em termos de quantidade como de qualidade. De acordo com a Agência Europeia do Ambiente, a área e população expostas a problemas de escassez de água tem vindo a aumentar na Europa, e estima-se que 30% da população já seja afectada pela escassez de água. Ao mesmo tempo, em algumas regiões, chuvas fortes e inundações estão também a ocorrer com maior frequência e intensidade, o que exige uma gestão mais integrada e eficaz das águas pluviais e das bacias hidrográficas, para além das fronteiras nacionais.

Relativamente à escassez de água, a Estratégia de Adaptação Climática da UE (2021) reconhece que esta é uma área crítica em que a nossa reduzida capacidade adaptativa se tem vindo a evidenciar. De acordo com um estudo recente elaborado a pedido da Agência Portuguesa de Ambiente, a redução de escoamento e recarga dos aquíferos nos últimos 40 anos foi já de 20 a 30% na Península Ibérica, e poderá chegar aos 50% em algumas bacias, dependendo dos cenários climáticos considerados.

O Pacto Ecológico Europeu e os Planos Nacionais de Recuperação e Resiliência (2021) têm vindo a destacar as Soluções Baseadas na Natureza (NBS) como particularmente bem adaptadas para melhorar a resiliência dos recursos hídricos e responder a eventos extremos como as cheias, permitindo uma gestão mais sustentável do recurso a nível social, ambiental e económico. Pela primeira vez as NBS foram incluídas no acordo final de uma conferência de partes da Convenção das ONU para as Alterações Climáticas (UNFCCC) em Novembro de 2022, na CoP27.

O ano de 2022 foi paradigmático dos desafios que se irão colocar à gestão da água no futuro próximo. Em menos de seis meses, entre Agosto e Dezembro, contabilizaram-se 20 eventos extremos, a maior parte relacionados com o excesso de água ou com a falta dela. A um Verão excepcionalmente seco, em que países como Portugal, Espanha e Itália estiveram em seca severa a extrema, seguiu-se um Outono com valores de precipitação extremamente concentrados num curto período, levando no caso de Portugal, por exemplo, à ocorrência de cheias em várias regiões do país, por vezes com ventos fortes e sucessivos alertas do Serviço Nacional de Protecção Civil.

Os eventos climáticos extremos representam um enorme desafio à resposta de emergência e capacidade de resposta dos países e regiões, como também à gestão dos seus recursos hídricos entre extremos cada vez mais acentuados. Vêm também agravar os problemas de vulnerabilidade socio-económica e trazer novos desafios à comunicação pública sobre a água e as alterações climáticas. A população que se procura sensibilizar para a escassez hídrica, poucos meses depois é confrontada com chuvas intensas e cheias que provocam uma total disrupção no seu quotidiano, deixando mesmo desalojadas dezenas de famílias.

Nesta comunicação analisamos exemplos de vários países europeus, a partir do projecto B-WaterSmart (2020-2024), que tem como objectivo promover uma gestão inteligente da água e uma maior resiliência em seis cidades e regiões europeias: Alicante, Bodø, Flandres, Lisboa, Frísia Oriental e Veneza. O Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa coordena a área Sociedade, Governança e Políticas no projecto, que é financiado pela Comissão Europeia no âmbito do programa Horizon 2020 (grant agreement No. 869171). Analisamos as dinâmicas institucionais e de participação pública em torno dos eventos extremos relacionados com a água, com ênfase nos últimos dois anos, identificando problemas críticos, mas também factores impulsionadores, que poderão contribuir para a implementação de uma governança adaptativa da água na Europa.

No seu modelo de governança adaptativa, Nicholson-Cole and O’Riordan (2009) salientam ainda a importância de uma boa coordenação entre as partes interessadas, sublinhando a necessidade de prestar mais atenção à vontade política, à criação de confiança nas instituições e ao apoio financeiro. A implementação de qualquer nova decisão ou política terá além disso de abordar questões de justiça social e justiça, a nível distributivo, processual e de reconhecimento, ao mesmo tempo que se baseia em capacidades locais.

De facto, o envolvimento das partes interessadas tem sido cada vez mais implementado no contexto da melhoria da governação da água, especialmente após a Cimeira Eco 1992, onde a Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento introduziu normas para o envolvimento público nos processos de tomada de decisão. Seguiu-se a Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável, que incluiu a participação como um dos seus princípios orientadores. Segundo esta tendência, a Agenda 21 destacou a utilização da participação pública para assegurar uma maior adesão a políticas para o desenvolvimento de legislação mais eficaz na área ambiental. A Iniciativa de Governação da Água da OCDE estabeleceu os princípios-chave voluntários para a governação da água em 2015 - em torno das dimensões chave da Eficácia, Eficiência, Confiança e Envolvimento - juntamente com o SDG, do qual o SDG 6 visa “Assegurar o acesso à água e ao saneamento para todos”.

As alterações climáticas sublinham o desafio da partilha dos recursos hídricos, e exigirão uma cooperação cada vez mais estreita entre as acções de adaptação e as autoridades de gestão dos recursos hídricos, incluindo a cooperação transfronteiriça. O modelo integrado de gestão dos recursos hídricos que se tem vindo a tornar dominante na Europa baseia-se na gestão por bacias hidrográficas, o que implica criar instituições de planeamento autónomas cujas fronteiras administrativas coincidam com as fronteiras naturais das bacias dos rios, incluindo as suas zonas costeiras.

A integração é sem dúvida um dos desafios chave para a governança da água em contexto de alterações climáticas. Uma governança adaptativa requer também necessariamente o envolvimento dos decisores a vários níveis de governação, desde o nível da UE até às autoridades nacionais e locais, incluindo envolvimento da administração pública, da sociedade civil e dos intervenientes do sector privado. Mas terá também de passar, de acordo com a Agência Europeia de Ambiente, por uma maior integração sectorial, em áreas como a saúde e assistência social; o ordenamento do território, planeamento urbano e habitação, a energia, transportes e emprego. A capacidade de maximizar sinergias entre políticas, mas também de analisar as vulnerabilidades socio-económicas de uma forma integrada, será crítica para minimizar os impactos das alterações climáticas.

Palavras-Chave: alterações climáticas; água; governança; cheias; seca

DETEÇÃO EM TEMPO REAL DE ROTURAS RECORRENDO A DADOS DE MONITORIZAÇÃO DA REDE

Bruno FERREIRA¹, Nelson CARRIÇO², Dídida COVAS³

¹ INCITE, Escola Superior de Tecnologia do Barreiro, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, Portugal.
bruno.s.ferreira@estbarreiro.ips.pt

² INCITE, Escola Superior de Tecnologia do Barreiro, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, Portugal.
nelson.carrico@estbarreiro.ips.pt

³ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. didia.covas@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A ocorrência de roturas em condutas, dependendo da sua dimensão e frequência, pode representar uma importante fonte de perdas de água nos sistemas de abastecimento. As roturas que são visíveis ao nível do arruamento ou que causam interrupção do serviço de abastecimento são usualmente reportadas pelos consumidores à entidade gestora que, por sua vez, procede à sua reparação. O problema reside nas roturas que não são visíveis e que não causam interrupção do serviço de abastecimento – estes eventos podem existir durante meses ou anos, possivelmente originando elevado volume de perdas de água com grande impacto económico para a entidade gestora (Ferreira et al., 2022). Para mitigar o efeito destes eventos, as entidades gestoras devem adotar um conjunto de práticas sistemáticas para a detetar e localizar as roturas no menor tempo possível.

Neste sentido, a deteção em tempo real de roturas consiste em determinar se os dados de pressão ou de caudal indicam a presença, ou não, de uma rotura na rede. O principal desafio está em distinguir os sinais provocados por uma rotura (usualmente caracterizado por um aumento no consumo ou numa redução da pressão) dos associados ao normal funcionamento da rede, nomeadamente, funcionamento de bombas, manobra de válvulas e de hidrantes ou consumos de água inesperados (El-Zahab and Zayed, 2019). Os sistemas de monitorização de pressão e caudal incluem usualmente sistemas de alarme projetados para responder e detetar a ocorrência de valores anormais de caudal e pressão (baixa ou alta) em locais específicos da rede e em horários inesperados. Estes alarmes, no entanto, não incluem informações sobre a dimensão da rotura e, muitas vezes, geram falsos positivos.

Nas últimas duas décadas, tem-se assistido ao desenvolvimento de diversos métodos para a deteção automática de roturas que recorrem apenas a dados de monitorização da rede em tempo real. Estes métodos têm a grande vantagem de não necessitarem de dados sobre características ou condição das condutas ou de simulação hidráulica e podem ser implementados em entidades que disponham apenas de um único sensor de caudal (nomeadamente, o caudalímetro de entrada). Dependendo das técnicas utilizadas, estes métodos podem ser divididos em quatro grandes grupos, nomeadamente, métodos de classificação, métodos de previsão, abordagens estatísticas e técnicas de agrupamento (Hu et al., 2021; Wu and Liu, 2017).

Nos métodos de classificação pretende-se treinar um classificador com dados de caudal sobre o sistema tanto em situação de operação normal como anormal (i.e., sob efeito

de rotura ou manobra de válvulas). Uma vez treinado, o classificador deve conseguir distinguir se os dados em tempo real estão ou não relacionados com a existência de uma rotura na rede. Os métodos de previsão permitem estimar o comportamento hidráulico em tempo real e comparar esse valor com o valor real medido. A existência de uma rotura é associada a desvios significativos do comportamento real face ao comportamento estimado. As técnicas de agrupamento comparam, em termos de similaridade, as medições de caudal em tempo real com as respetivas medições passadas. O racional é que, caso uma rotura esteja a ocorrer, as medições apresentam uma baixa similaridade com as medições passadas (sob normal funcionamento da rede). Finalmente, as abordagens estatísticas não necessitam de técnicas adicionais de previsão ou classificação e utilizam análises estatísticas com gráficos de controlo sobre os dados de caudal recebidos. Comparativamente aos grupos de métodos previamente apresentados, as abordagens estatísticas têm a vantagem de serem usualmente mais simples, intuitivas e interpretáveis (Wan et al., 2022)

Apesar dos resultados promissores, os métodos para a deteção automática de roturas são afetados por alguns problemas, nomeadamente, não consideram a variabilidade no consumo de água devido a alterações climatéricas ou variação da população. Adicionalmente, a diferenciação das variações no consumo causadas por roturas, por períodos de férias ou por atividade humana inesperada é ainda um problema que necessita de ser resolvido.

A presente comunicação apresenta a aplicação de uma abordagem estatística a dois casos de estudo para a deteção em tempo real de roturas recorrendo apenas a dados de monitorização do consumo total da rede.

O primeiro caso de estudo está localizado numa zona turística do sul de Portugal com elevado efeito de sazonalidade. O número de consumidores varia entre 3.000 no inverno e 14.000 no verão, sendo a área maioritariamente composta por moradias com grandes áreas ajardinadas. O consumo num dia médio de verão é cerca de 235 m³/h, bastante superior ao consumo médio num dia de inverno (60 m³/h). O segundo caso de estudo está localizado na área metropolitana de Lisboa e serve uma população de cerca de 3.300 habitantes. A área é composta maioritariamente por residências unifamiliares e edifícios até dois pisos. O consumo num dia médio de verão é de cerca de 55 m³/h e num dia médio de inverno é de cerca de 25 m³/h.

Devido à inexistência de dados reais sobre roturas, o estudo incidirá sobre a introdução artificial de roturas nos dados de caudal de cada um dos casos de estudo para posterior deteção utilizando a abordagem estatística. Estas roturas artificiais serão introduzidas com diferentes magnitudes (incremento de 15% e 40% do consumo total) e em diferentes períodos do dia (e.g. na hora de maior e menor consumo, no verão e no inverno). Cada rotura será avaliada pelo tempo necessário à sua deteção e em relação ao número de falsos positivos.

Palavras-Chave: abordagem estatística; dados de monitorização; deteção automática de roturas; rede de abastecimento de água.

Agradecimentos: os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento da investigação através da bolsa de doutoramento do Bruno Ferreira (referência n.º SFRH/BD/149392/2019) e da unidade de investigação CERIS (referência n.º UIDB/04625/2020).

REFERÊNCIAS

El-Zahab, S., Zayed, T., 2019. Leak detection in water distribution networks: an introductory overview. *Smart Water* 4. <https://doi.org/10.1186/s40713-019-0017-x>

Ferreira, B., Carriço, N., Covas, D., 2022. Leak detection and location in a real water distribution network using a model-based technique, in: 2nd International Joint Conference on Water Distribution Systems Analysis & Computing and Control in the Water Industry. Valencia, Spain.

Hu, Z., Chen, B., Chen, W., Tan, D., Shen, D., 2021. Review of model-based and data-driven approaches for leak detection and location in water distribution systems. *Water Supply* 21, 3282–3306. <https://doi.org/10.2166/ws.2021.101>

Wan, X., Kuhanestani, P.K., Farmani, R., Keedwell, E., 2022. Literature Review of Data Analytics for Leak Detection in Water Distribution Networks: A Focus on Pressure and Flow Smart Sensors. *J. Water Resour. Plan. Manag.* 148. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0001597](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0001597)

Wu, Y., Liu, S., 2017. A review of data-driven approaches for burst detection in water distribution systems. *Urban Water J.* 14, 972–983. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2017.1279191>

O IMPACTO DOS RESÍDUOS DAS MÁSCARAS CIRÚRGICAS DESCARTÁVEIS DE PP NO MEIO AQUÁTICO

Gabriel CALEBE FERNANDES¹, Inês FLORES-COLEN², Manuel F. C. PEREIRA³,
Rui GALHANO³, Poliana Bellei², Maria Paula MENDES²

¹ *Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, gabrielcalebe@tecnico.ulisboa.pt*

² *CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ines.flores.colen@tecnico.ulisboa.pt, mpaulamendes@tecnico.ulisboa.pt, poliana.bellei@tecnico.ulisboa.pt*

³ *CERENA, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, mfc@tecnico.ulisboa.pt, rui.galhano@tecnico.ulisboa.pt*

RESUMO

O uso de máscaras faciais descartáveis cresceu rapidamente e se tornou o mais popularizado e efetivo meio de proteção para controlar a transmissão do corona vírus. Diversos países adotaram políticas públicas para a obrigatoriedade do uso de máscaras. Sendo assim, essas medidas impulsionaram um grande salto no consumo e na produção massiva de máscaras no mundo. Em vários países o uso de máscaras em locais e/ou transportes públicos continua sendo requerido, ou seja, a produção global de máscaras testemunhou um crescimento incrível e pode continuar a crescer nos próximos anos. As máscaras cirúrgicas descartáveis IIR são do tipo mais utilizado, sendo compostas por três camadas de fibras de tecido não tecido de polipropileno (PP).

Esta crescente utilização, aliada ao facto da sua difícil reciclagem, levou ao aparecimento de um novo problema ambiental. Estima-se que mais de 1 bilhão de máscaras entraram nos oceanos e cerca de 3,5 milhões de toneladas de máscaras foram para aterros em todo o mundo no primeiro ano da pandemia de COVID-19. Para Portugal, Chowdhury et al. estimaram a quantidade de entrada entre 129,79 a 48,67 toneladas/ano de resíduos plásticos das máscaras descartáveis no oceano.

As máscaras descartáveis contribuem para o aumento da poluição por microplásticos (MPS; i.e., partículas inferiores a 5 mm) e nanoplásticos (NPS; i.e., partículas inferiores a 1 µm), devido à degradação das fibras dos polímeros em fragmentos sob a exposição da luz solar, vento, água e outros fatores ambientais. Estes resíduos degradados são libertados na atmosfera, no solo e nas massas de água.

Os MPS provenientes das máscaras representam uma grave ameaça ao meio aquático e à vida, pois em ambientes de água doce e salgada e possuem grande potencial para impactar os organismos aquáticos, já que dada a sua dimensão, estas partículas são facilmente acessíveis aos organismos e entram na cadeia alimentar. Atualmente, já se encontram MPS em mariscos e espécies de peixes. No solo, estes resíduos, também podem ser ingeridos por macroinvertebrados (minhocas e colêmbolos), entrando na cadeia trófica.

Os produtos da degradação das máscaras faciais de PP podem originar lixiviados orgânicos como a piridina, 2,4,6-trimetil, 1-Dodecanamina, N, N-dimetil e alanina N-metil-N-etoxicarbonil undecil éster, e compostos inorgânicos como Na, B, Al, Ti, Fe, Cu, Zn e Sr em máscaras muito degradadas e, Zn e Sr em máscaras pouco degradadas. Estes resultados

indicam que a degradação das máscaras faciais pode ter efeitos ecotoxicológicos nefastos para organismos aquáticos.

Foram realizados testes de envelhecimento acelerado de abrasão física para se compreender o efeito conjunto da areia e da água na máscara; observou-se que a abrasão induzida pela areia aumenta a libertação de fibras microplásticas das máscaras, assim como a água que pode também ser um importante agente de desgaste, sendo observada maior degradação sob essas condições. Igualmente, foi estudado o envelhecimento das máscaras em condições naturais, durante 117 dias, de março a junho de 2022, observando-se uma grande degradação das mesmas.

Existe a necessidade urgente de serem desenvolvidas estratégias adequadas, para mitigar os riscos de libertação de microfibras no meio ambiente. Por isso, a equipa do projeto de investigação ReDuCe tem estudado soluções construtivas inovadoras e com uma boa durabilidade para promover a reciclagem de máscaras usadas, através da incorporação desses resíduos (na forma de fibras) em compósitos. Essa é uma estratégia promissora, já que pesquisas indicam que a adequada otimização das relações entre ligantes, agregados e fibras plásticas pode manter ou melhorar as propriedades físico-mecânicas dos materiais cimentícios, apostando numa estratégia de economia circular na construção.

Palavras-chaves: Máscaras descartáveis, microplásticos, proteção ambiental, reciclagem

AGRADECIMENTOS

O projeto ReDuCe “Uso de Resíduos de Máscaras Descartáveis em Compósitos com Diversas Formulações” é financiado pela Fundação Amélia de Mello em parceria com BCSD Portugal. Gabriel Calebe Fernandes é financiado pelo projeto ReDuCe (1801P.01109.1.01). Poliana Bellei agradece o financiamento da bolsa para doutoramento da FCT através do financiamento UI/BD/151151/2021 da unidade de pesquisa CERIS. Agradecemos também ao CERENA.

AQUABREAK: AQUACULTURA PARA PROTEÇÃO COSTEIRA E PRODUÇÃO ALIMENTAR

Filipe MIRANDA^{1,2}, Barbara PROENÇA³, Diogo FONSECA³, Piet HAERENS³,
Sudath SIRIWARDANE⁴, Dimitrios PAVLOU⁴, Paulo ROSA SANTOS^{1,2},
Francisco TAVEIRA PINTO^{1,2}, Tiago FAZERES FERRADOSA^{1,2}

¹ *Hydraulics, Water Resources and Environmental Division, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering of the University of Porto, 4200-465 Porto, Portugal; Marine Energy Research Group*

² *IHRH-Hydraulics and water Resources Institute, Rua Dr. Roberto Fria, s/n, 4200-465 Porto, Portugal*

³ *Haedes bv, Kortewagenstraat 53B, 9230 Watteren-ten-Ede, Belgium*

⁴ *University of Stavanger, Department of Mechanical and Structural Engineering and Materials Science, Stavanger N-4036, Norway*

RESUMO

É expectável que a população mundial atinja os 9.7 mil milhões em 2050 [1]. Esta tendência de aumento da população mundial nos últimos 30 anos vai exercer um aumento global na procura alimentar durante as próximas décadas. De modo a dar resposta às necessidades alimentares adicionais, será necessário expandir a produção alimentar em cerca de 70% até 2050 [2]. Relatórios das Nações Unidas revelam que o crescimento populacional será mais evidente em zonas costeiras [3], tipicamente mais atrativas principalmente em países largamente dependentes da sua economia marítima local, como Portugal e Noruega. Além disso, o crescimento populacional aliado a cenários complexos de mudança climática, tende a exercer pressão e aumentar a vulnerabilidade das regiões costeiras.

O Projecto AquaBreak, que surgiu como uma resposta a estes dois desafios, propõe uma solução que atua simultaneamente como um quebra-mar e dissipador da energia das ondas para uma melhor protecção costeira, e como sistema de aquacultura otimizado para a produção alimentar, em ambiente *offshore*. O *Aquabreak Offshore System* (AOS), esquematizado na Figura 1, é um sistema de aquacultura *offshore* instalado com uma jaula central semi-rígida submersa que representa um obstáculo à propagação da agitação marítima, dissipando a energia das ondas incidentes para efeitos de protecção costeira. O AOS é um sistema modular e extensível, tornando assim a sua aplicação viável e adaptável a uma vasta gama de zonas costeiras, além disso, o sistema modular facilita as operações de manutenção do sistema.

Historicamente, muitas estruturas metálicas de aquacultura *offshore* apresentam problemas relacionados com a corrosão dos seus elementos, o que leva a um encurtamento no tempo de vida destas estruturas e à degradação da qualidade da água local onde as espécies são cultivadas. O AOS opta pela aplicação de materiais compósitos inertes ecológicos e menos propensos á corrosão, em vez da uma aplicação exclusiva de elementos metálicos, cobre e amarrações de aço.

Este estudo explora a implementação do AOS na linha de costa portuguesa, com forte incidência em zonas costeiras de elevada taxa de erosão desde Espinho até Caminha. O Projecto AquaBreak é liderado pela *HAEDES Portugal Lda.*, o Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH) e a Universidade de Stavanger (Noruega). O estudo irá incluir

uma componente de modelação física desenvolvida nas instalações do Laboratório de Hidráulica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) (Figura 2), e uma componente de modelação numérica com recurso ao *OpenFOAM*, *SWASH*, e *Ansys Aqwa*.

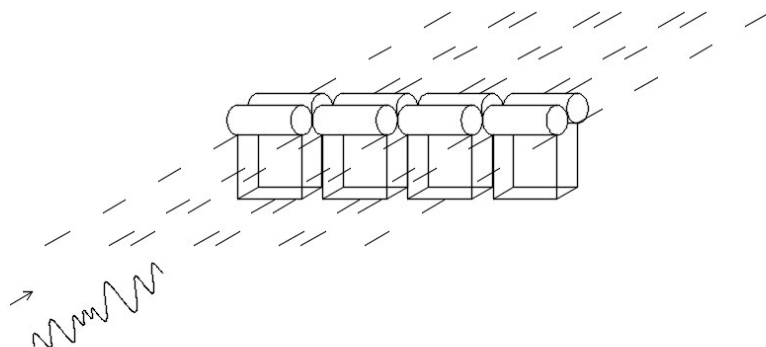


Figura 1 - Esquema do AquaBreak Offshore System (AOS).



Figura 2 – Instalações do Laboratório de Hidráulica (FEUP).

No presente estudo abordam-se os primeiros desenvolvimentos do Projecto AquaBreak, e analisam-se as perspectivas de investigação que decorrem durante o período de 2 anos, tendo em vista o desenvolvimento do AOS. Os resultados preliminares demonstram que o AOS pode configurar-se como uma solução de propósito múltiplo, resiliente, e *eco-friendly* para efeitos de protecção costeira e exploração de recursos marinhos em simultâneo.

Palavras Chave: Aquacultura offshore; Demanda mundial de alimentos; Protecção costeira; Quebra-mar.

Agradecimentos: The AquaBreak project is funded by Iceland, Liechtenstein and Norway EEA Grants from the European Economic Area Financial Mechanism - Blue Growth, Innovation and SME, under the project reference PT-INNOVATION-0093 operated by Direção-Geral de Política do Mar.

REFERÊNCIAS

[1] United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). World Population Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3.

[2] Food and agriculture organization of the United Nations, (2009). The state of food and agriculture. ISSN 0081-4539.Rome.

[3] United Nations (2017) Probabilistic population projections based in the world population prospects: The 2017 revision, June 2017. UN Department of Economic and Social Affairs, Population division, New York, 253 pp.

ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA E DE ESTADO TRÓFICO DO AÇUDE ORÓS – CEARÁ - BRASIL

Marcus Vinicius Araujo de LIMA¹, Danylo de Andrade LIMA², Lucas da SILVA³, Dayane de Andrade LIMA⁴

¹ Instituto Federal do Ceará, Morada Nova, Ceará, Brasil, marcus.vinicius.araujo04@ifce.edu.br

² Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, danylo.andrade@estudante.ufcg.edu.br 3. Instituto Federal do Ceará, Quixadá, Ceará, Brasil, lucasilva@ifce.edu.br

⁴ Instituto Federal do Ceará, Morada Nova, Ceará, Brasil, dayane.lima@ifce.edu.br

RESUMO

As características climáticas do semiárido brasileiro são marcadas pela escassez hídrica devido a temperaturas elevadas e irregularidade no regime de precipitações. Nesse contexto a construção de reservatórios para acumular água e suprir as demandas para os usos múltiplos, amenizando os impactos causados pela irregularidade na distribuição natural das águas. Os reservatórios localizados no semiárido brasileiro são limnologicamente mais instáveis e vulneráveis afetados pela eutrofização, em virtude das secas ocasionadas pelos baixos índices de precipitação e as altas taxas de evaporação. Considerada um processo de poluição, a eutrofização surge a partir do enriquecimento químico das massas de água em nutrientes, resultando num aumento excessivo da biomassa fitoplanctônica, da vegetação aquática, comprometimento das comunidades aquáticas e do ecossistema. Para se estimar o grau de eutrofização e o índice da qualidade da água, usam-se modelos matemáticos que resumem as variáveis analisadas num número e classificando-o em diferentes divisões mediante as variáveis limnológicas do ambiente estudado. A partir disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a evolução e comportamento do processo eutrófico juntamente com o índice da qualidade da água de um reservatório no semiárido nordestino, no período de 2012 a 2021. O estudo foi realizado no Açude Orós, compreendido na sub-bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe com barramento localizado no município de Orós, no Estado do Ceará. Sua bacia hidráulica possui capacidade máxima para armazenamento de 1.940 hm³, sendo considerado o segundo maior reservatório do Estado. Os dados da qualidade da água foram obtidos junto à Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - COGERH, que realiza o monitoramento trimestral dos parâmetros de qualidade das águas do reservatório. Foram utilizados dados de monitoramento do período de 2012 a 2021, que foram convertidos em médias semestrais e anuais. Os parâmetros foram trabalhados a partir de médias anuais e aplicados nos modelos matemáticos para determinação do Índice de Estado Trófico — IET e do Índice de Qualidade da Água — IQA. Devido à ausência de algumas das nove variáveis necessárias para determinação do IQA, só foi possível obter as classificações dos anos de 2016 em diante. Durante a série histórica, o IET variou desde a classe oligotrófica até um pico supereutrófico. Nos anos de 2012 e 2013, as águas foram classificadas como sendo oligotróficas, de 2014 a 2016 o IET apresentou-se como eutrófico, o pico de supertrofia ocorreu em 2017 e 2018 onde a concentração média de clorofila “a” foi superior ao que a resolução CONAMA

357/2005 estabelece, esta variação traduziu-se em diferença significativa no cálculo do índice de estado trófico atingindo a condição Supereutrófico, onde houve grande produtividade no reservatório. Nos anos 2019, 2020 e 2021 a água do reservatório e no restante da série as águas permaneceram eutróficas pode ser destinada aos usos definidos na resolução CONAMA 357/2005 para a água doce de Classe 2. O IQA variou entre bom e ótimo, sendo que entre 2016 e 2020 as águas classificaram-se em qualidade boa e em 2021, em qualidade ótima. Dessa forma, os fatos evidenciam uma deterioração na qualidade da água, no que diz respeito ao IET, com pico em 2017 e 2018 e regressão desse quadro nos anos seguintes. Apesar dos picos supereutrófico do IET, não interferiu numa classificação inferior no IQA calculado. Diante do estudo, percebe-se que é necessário aprender a conviver quantitativa e qualitativamente com a água em que se tem disponível no estado, uma vez que o cenário climático de escassez hídrica não possibilita um grande armazenamento e vulnerabilidade no quesito qualidade que a água. Mesmo com toda essa problemática o açude Orós, nos anos analisados, pôde ser classificado num nível trófico e índice de qualidade da água em que ainda se é possível recorrer à água armazenada para o consumo e abastecimento público após tratamento adequado.

Palavras-Chave: Reservatório. Eutrofização. Monitoramento. Qualidade de Água.

“BARRAGENS NA PALMA DA MÃO”: A GESTÃO DAS BARRAGENS NA ERA DIGITAL - CASO PRÁTICO DA ÁGUAS DO NORTE

Ricardo CARNEIRO¹, André COSTA², Sofia GONÇALVES³, Frederico LOPES⁴,
Luís NICOLAU⁵, Duarte SILVA⁶

1 Águas do Norte, Vila Real, Portugal, ricardo.carneiro@ADP.PT

2 Águas do Norte, Vila Real, Portugal, a.costa@adp.pt

3 Águas do Norte, Vila Real, Portugal, s.goncalves@adp.pt

4 Águas do Norte, Vila Real, Portugal, frederico.lobes@ADP.PT

5 Águas do Norte, Vila Real, Portugal, l.nicolau@ADP.PT

6 Águas do Norte, Vila Real, Portugal, duarte.silva@ADP.PT

RESUMO

A Águas do Norte (AdN) enquanto entidade gestora do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e Saneamento do Norte de Portugal, tem como uma das suas atividades o abastecimento de água com qualidade e em quantidade à população servida. Para esse efeito, tendo em vista a captação de água para posterior tratamento adequado, possui diversas origens de água maioritariamente superficiais, com destaque para as 16 barragens sob a responsabilidade atual, localizados em várias linhas de águas distribuídas por toda a área de concessão. Infraestruturas estas que são indispensáveis à concretização da missão da empresa, desde logo na disponibilidade de água para consumo humano, mas que também poderão ser vistas, e são-no cada vez mais, como instrumentos valiosíssimos na mitigação dos efeitos devastadores que infelizmente todos temos testemunhado fruto das alterações climáticas.

A responsabilidade atual da Águas do Norte, como Dono de Obra, determina uma multiplicidade de necessidades, das quais se encontram a monitorização permanente de um conjunto de grandezas decorrentes da implementação dos respetivos planos de observação e outras relacionadas com a sua exploração

Para que se consiga conferir maior segurança e os outputs adequados às necessidades de gestão, considera a AdN ser necessário desenvolver uma plataforma que permita registar os dados, garantir os outputs adequados às necessidades e que tenha a capacidade de prever comportamentos e garantir a previsibilidade possível.

A impossibilidade de aceder remotamente às barragens, assim como a inexistência de um único sistema compatível e integrador, apresentaram-se como os principais desafios à estratégia pensada, que tem por base os dados obtidos pela leitura das grandezas lidas e armazenadas, que deverão ser em contínuo, sempre que possível, e disponibilizados num qualquer dispositivo, num qualquer lugar, desde que o acesso seja devidamente autorizado.

Para tal está em desenvolvimento, um projeto para criação de uma solução que vise, o registo e obtenção automático de todos os dados e de todas as barragens, a supervisão e controlo remoto seguro, bem como, numa segunda etapa, possibilitar obter previsões

de comportamento das albufeiras, aumentando os tempos necessários à reação no caso de eventos extremos. Alinhado com a estratégia digital da Águas do Norte, esta solução inova através da implementação de sensorização IoT e da aplicação de algoritmos de inteligência artificial, cujos dados são correlacionados e processados, em tempo real, diretamente numa plataforma “Cloud Native”, provendo velocidade, escalabilidade e segurança da informação.

A solução desenvolvida e implementada potencia o uso das mais modernas arquiteturas que possibilitam a integração de dados de serviços externos tais como imagens obtidas por satélite, para a monitorização da qualidade das massas de água, condições meteorológicas, florestais e videovigilância.

O foco deste projeto está na modernização tecnologia de infraestruturas críticas, em particular das Barragens, que apesar de estarem em funcionamento há largos anos, ou por via disso, apresentam um enorme potencial de modernização, que permitirá uma alteração do modelo operacional, com ganhos mensuráveis ao nível da segurança, do desempenho, da eficiência e da economia de recursos, constituindo-se como um forte aliado no combate às alterações climáticas. Percebe-se, pois, que este projeto tem permitido conferir, de forma gradual, níveis superiores de “digitalização” das instalações nas vertentes de monitorização, processamento de dados, comando local e remoto, para além de partilhar, em tempo real, a informação essencial de cada barragem e da respetiva albufeira a todas as partes interessadas.

O prazo total para implementação do projeto é no total de quatro anos, sendo que a primeira já está em fase de conclusão e está neste momento a decorrer o desenvolvimento e implementação da segunda Etapa. A terceira e última Etapa, diz respeito à inclusão de modelos preditivos e pretende-se que esteja concluída num prazo de dois anos, conforme se detalha:

- A primeira Etapa, já em curso e praticamente concluída, inclui o desenvolvimento da aplicação informática que disponibiliza, de forma online, a informação sobre as grandezas que são já medidas atualmente nas barragens, nomeadamente o nível da albufeira, temperatura, precipitação, humidade relativa, volume captado, caudal descarregado pelo sistema do caudal ecológico, abertura da descarga de fundo, etc. Estas grandezas são já medidas por equipamentos instalados nas nossas barragens e a solução em desenvolvimento já disponibiliza, com semelhante organização e periodicidade, os dados recolhidos.
- A segunda Etapa e atualmente em desenvolvimento, consiste em organizar algoritmos específicos para cada barragem, para assim se poderem obter valores para outros indicadores não medidos diretamente, como o caudal descarregado pela descarga de fundo, pelo descarregador de superfície, área do espelho de água e área submersa, caudal afluente, volumes evaporados, volume por cada toma de água, disponibilidade hídrica, etc. Nesta fase, pretende-se, ainda, com este sistema integrado de gestão da informação, apoiar o controlo de segurança de barragens, nomeadamente: o processo de observação de grandezas físicas; o processo inerente às inspeções visuais realizadas periodicamente; o processo de gestão e consulta geral da informação de suporte e o processo de deteção de situações de anomalia nos dados observados que pode implicar a tomada de decisões de modo a garantir a segurança atempada destas infraestruturas. Assim pretende-se que a plataforma de gestão em desenvolvimento apresente mecanismos avançados de consulta e análise da informação sobre os equipamentos de observação e monitorização de segurança das barragens.

- Na terceira Etapa, para além da monitorização das grandezas com impacto direto na exploração, pretende-se estabelecer a correlação entre grandezas medidas e obtidas, nomeadamente estabelecer correlação entre a precipitação e as afluências. Procurar-se-á estabelecer relações prospetivas entre as previsões meteorológicas e as afluências, podendo assim obter previsões de enchimento e de descarga que em muito podem contribuir com informação que permita uma gestão da exploração com a inclusão do comportamento previsional da albufeira, aumentando os tempos necessários à reação no caso de eventos extremos, reconhecidamente cada vez mais frequentes.

A mobilidade digital, que foi introduzida com esta mudança, tem permitido reestruturar os processos de trabalho tendo como base a tecnologia que vai sendo disponibilizada. O impacto na empresa é significativo tendo em conta que a mobilidade digital pressupõe uma abordagem mais voltada para o trabalho que colaboradores podem executar de forma remota. Importa ainda salientar que este projeto tem sido, sem dúvida, um auxiliar muito relevante para organização na antecipação de cenários decorrentes do evento extremo de seca que assistimos, e que serão, estamos certos, cada vez mais recorrentes, bem como na respetiva comunicação com partes interessadas que nos acompanham nesta luta contra as alterações climáticas e na conseqüente escassez de água.

Palavras-Chave: digitalização; gestão de recursos; alterações climáticas; barragem; Águas do Norte

EVOLUÇÃO DO DANO EM MODELOS FÍSICOS DE QUEBRAMARÉS DE TALUDE A PARTIR DO VOLUME ERODIDO. APLICAÇÕES

Rute LEMOS¹, Ana MENDONÇA¹, Conceição FORTES¹, Ricardo MARTINS²,
Ricardo FERRÃO²

¹ LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa,
amendonca@lnec.pt, rlemos@lnec.pt, jfortes@lnec.pt,

² ISEC – Instituto Superior de Educação e Ciência, Alameda das Linhas de Torres 179, 1750-142 Lisboa,
20200238@alunos.iseclisboa.pt, 20200438@alunos.iseclisboa.pt

RESUMO

A avaliação do dano causado pela agitação incidente em modelos físicos de quebra-mares de taludes pode ser realizada comparando volumes e profundidades erodidas entre levantamentos consecutivos de cada talude.

Atualmente, estes levantamentos podem ser realizados de forma não intrusiva, recorrendo a técnicas fotogramétricas, a laser scan ou a sensores de posição baseados na metodologia Time of Flight (ToF). Dependendo das condições de levantamento e da metodologia de pós-processamento das nuvens de pontos obtidas, estas técnicas permitem obter modelos tridimensionais de superfície, com elevada precisão.

Em detalhe, as diferenças de volume entre os levantamentos inicial e final são processadas usando o software de uso livre CloudCompare e permitem calcular a relação entre o volume erodido das zonas mais danificadas e o volume unitário dos blocos constituintes do manto resistente. Esta relação, traduz-se num parâmetro adimensional, que reflete o número aproximado de blocos removidos: N° de blocos removidos estimado = $(\text{Volume erodido} * (1 - \text{Porosidade})) / \text{Volume do bloco}$. Esta abordagem da avaliação do dano permite estimar os blocos removidos e verificar a convergência com os blocos removidos contabilizados visualmente.

Esta estimativa revela-se bastante útil quando aplicada a mantos resistentes constituídos por cubos Antifer colocados de modo “desarrumado”, ou por tetrápodos, onde a observação de quedas e movimentos é, por vezes, muito difícil.

A avaliação do dano com esta metodologia foi já testada em vários ensaios de investigação, tanto em ensaios bidimensionais como em ensaios tridimensionais, com diferentes tipos de blocos e modos de arrumação. São exemplos desses testes:

- Os ensaios tridimensionais correspondentes à recarga dos mantos resistentes de diferentes trechos do quebra-mar de Ponta Delgada, constituído por cubos Antifer com diferentes pesos e modos de arrumação (Figura 1 a);
- Os ensaios tridimensionais realizados no âmbito do projeto RodBREAK, representativo da cabeça e do tronco adjacente de um quebra-mar constituído por cubos Antifer de 170 kN colocados de modo arrumado (Figura 1 b);
- Os ensaios bidimensionais realizados no âmbito do projeto BSafe4Sea, representativo da secção correspondente à zona do cais do quebra-mar Oeste do Porto de Peniche, constituído por tetrápodos de 160 kN (Figura 2 a);
- Os ensaios bidimensionais de uma estrutura de proteção marginal constituída por cubos Antifer de 300 kN colocados de modo arrumado (Figura 2 b).

Em todos os casos de estudo, os levantamentos foram realizados no início e no final de cada série de ensaios, com recurso ao sensor de posição Kinect®. Este sensor utiliza a tecnologia “Time of Flight”, a qual 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 com o sensor Kinect® foram realizados a uma distância de 2.0 m usando o software Microsoft Kinect fusion. Esta metodologia tem sido alvo de estudos anteriores como ferramenta para levantamentos tridimensionais em modelos físicos de quebra-mares.

O objetivo deste trabalho é utilizar os resultados obtidos nestes quatro casos de estudo para avaliar e melhorar a aplicabilidade do método de avaliação do dano através do volume erodido, consoante o tamanho e tipo de bloco, as diferentes porosidades dos mantos e os diferentes espaçamentos utilizados na criação das malhas criadas a partir das nuvens de pontos.

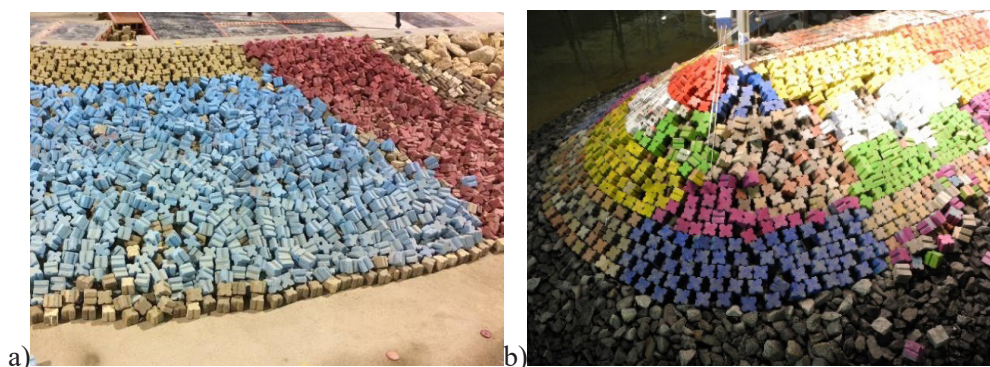


Figura 1. Casos de estudo em modelo físico tridimensional a) Ponta Delgada; b) Projeto RodBreak

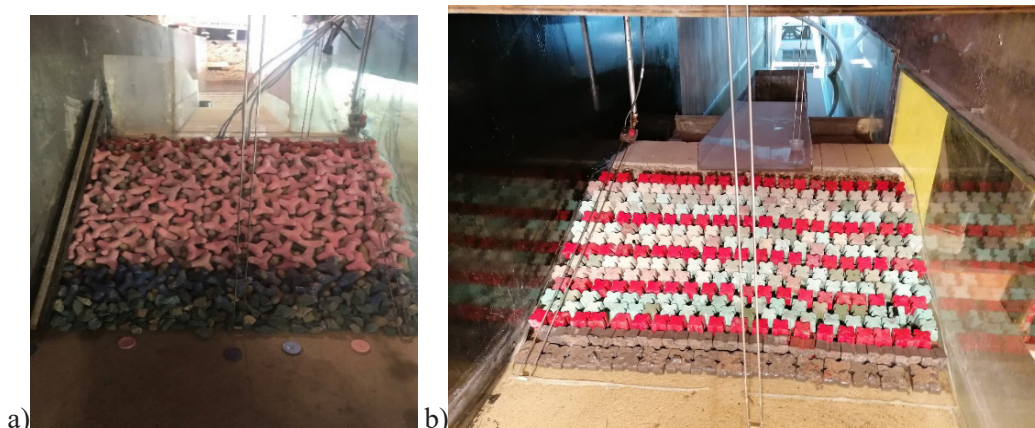


Figura 2. Casos de estudo em modelo físico bidimensional. a) Peniche; b) Proteção marginal

Palavras-Chave: Quebra-mar; Modelo físico; Modelos tridimensionais de superfície; Kinect; Porosidade do manto

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT o financiamento concedido ao projeto BSAFE4SEA, Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017.

SYNAPPS - PLATAFORMA DE ESTIMAÇÃO, CONTROLO E OPTIMIZAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Joana DIAS¹, Ezequiel CHINA¹, Hugo SABINO¹, Pedro NOGUEIRA¹, Filipe CARRACO¹,
António TADEU², Aníbal T. ALMEIDA³

¹ CTGA- Centro Tecnológico de Gestão Ambiental, Lda., Coimbra, Portugal, geral@ctga.pt

² ITeCons-Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade, Coimbra, Portugal, itecons@itecons.uc.pt

³ ISR- Instituto de Sistemas e Robótica, Coimbra, Portugal, info@isr.uc.pt

RESUMO

Com a crescente consciencialização ambiental, os requisitos de conformidade impostos às descargas de águas residuais tratadas têm-se tornado progressivamente mais exigentes, conduzindo ao aumento da dimensão e complexidade das estações de tratamento de águas residuais (ETAR). Associado a este aumento de complexidade, as ETAR tornaram-se consumidoras ainda mais intensivas de energia. Existe assim a necessidade do controlo automatizado dos vários processos de tratamento, analisando as diferentes externalidades que têm influência no desempenho operacional, ambiental e energético das ETAR. Neste sentido está a ser executado um projecto de I&D centrado na concepção, no desenvolvimento e na validação em condições reais, de uma plataforma inovadora de estimação, controlo e optimização de ETAR designada por SYNAPPS.

O projecto SYNAPPS, está a ser executado sob a responsabilidade do consórcio liderado pela CTGA, empresa com mais de 20 anos de experiência na operacionalização e gestão de ETAR, e pelas entidades não empresariais do SI&I, nomeadamente, o ITeCons com experiência relevante no desenvolvimento de sistemas de automação e controlo dinâmico e na avaliação do desempenho energético e ambiental de processos, e o ISR especialista na avaliação do desempenho energético de sistemas complexos e no desenvolvimento de algoritmos de controlo baseados em inteligência computacional.

O projecto baseia-se na recolha de dados em tempo real, a partir de cadeias de medição multiparamétricas, e na aplicação de técnicas de inteligência artificial (e.g. Big Data Analytics, Data Mining e Machine Learning). A plataforma SYNAPPS será composta por módulos de hardware e software, cujo objectivo será proporcionar a gestão integrada dos vários processos de tratamento, garantindo um elevado desempenho energético (nomeadamente em termos de consumo de electricidade e produção de biogás), um elevado desempenho ambiental (nomeadamente no que respeita à qualidade do efluente final, ao consumo de reagentes, à produção de lamas e emissões de GEE) e um elevado desempenho operacional (prevenindo avarias e reduzindo necessidades de manutenção e períodos de paragem). É ainda foco do projecto a instalação da plataforma em infraestruturas em normal funcionamento, de modo a validar o conceito em todos os aspectos relevantes para a sua comercialização.

A metodologia seguida passou, numa primeira fase, pela aquisição de conhecimento

tecnológico e científico aprofundado no que diz respeito aos avanços sobre o desempenho funcional, energético e ambiental de ETAR, nomeadamente através da recolha de informação bibliográfica. Paralelamente, foi efectuada a recolha de dados de uma ETAR em normal funcionamento, destinada a estabelecer um referencial de performance operacional, energético e ambiental, bem como identificar os parâmetros críticos para a optimização e valorização dos vários processos de tratamento. A infraestrutura seleccionada para o desenvolvimento da Plataforma SYNAPPS localiza-se na Região Centro, tendo sido seleccionada por cumprir com os requisitos necessários ao projecto, nomeadamente em termos de localização e por abranger as diferentes fases e processos que poderão estar envolvidos no tratamento de águas residuais, como sejam, fase líquida, sólida e gasosa, que englobam os processos, de pré-tratamento, tratamento primário (decantação primária), tratamento biológico (que incorpora tanques de arejamento e anóxicos, que promovem os processos de nitrificação e desnitrificação, e decantadores secundários), tratamento de lamas (espessamento, digestão anaeróbia e desidratação) e cogeração de energia.

O desenvolvimento tecnológico do projecto foi baseado na definição de uma estrutura funcional capaz de proporcionar, uma gestão integrada dos vários processos de tratamento, incluindo a identificação das melhores técnicas de sensorização, de comunicação de dados e de optimização em tempo real. Tendo por base esta definição, foram concebidos kits de componentes (módulos de hardware) necessários para a instrumentação dos vários processos de tratamento e respectiva transferência de dados com base nos quais estão a ser, simultaneamente, implementados modelos de optimização (módulos de software) que irão permitir ajustar os processos de tratamento em tempo real, com base nos dados recolhidos em contínuo, garantindo uma elevada eficiência operacional, energética e ambiental.

Nesta fase do projecto encontra-se em curso o desenvolvimento das funções de estimação, controlo e optimização e a programação dos módulos de estimação, controlo e optimização. Tendo sido iniciada a materialização da plataforma, nomeadamente a instalação da instrumentação e integração da instrumentação com os módulos de estimação, controlo e optimização. A estratégia de investigação em curso consiste na selecção e teste de diferentes métodos de inteligência computacional na previsão de variáveis relevantes dos processos de tratamento (e.g. SST, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, OD). Os modelos que revelarem melhor desempenho e melhor adequação serão, posteriormente, objecto de novo treino e validação a partir de dados reais provenientes da ETAR em estudo.

Com o desenvolvimento da Plataforma SYNAPPS surgirão arquitecturas distintas, uma de acordo com uma vertente informativa/ clássica e outra que se apresentará como mais interactiva/ inteligente/ preditiva. A primeira surge então numa perspectiva informativa de auxílio à monitorização de ETAR, por forma a facilitar a tomada de decisões e realizar ajustes que permitam melhorar o desempenho das ETAR, tanto a nível ambiental, operacional e/ou energético. Será constituída por diferentes módulos informativos para cada etapa de tratamento, podendo estes serem seleccionados/ agregados com base no que se deseja melhorar/ optimizar. Cada módulo será constituído por hardware capaz de medir continuamente os parâmetros críticos de controlo e na aplicação de técnicas de inteligência artificial para estimar parâmetros antecipadamente, fornecendo alertas, bem como, indicando ao operador a(s) acção(ões) necessária(s) a implementar para que os ajustes aos processos sejam realizados previamente ao desenvolvimento de problemas.

A segunda surge numa óptica de maior interactividade com o objectivo de tornar as ETAR auto-suficientes, sem a necessidade da constante intervenção dos operadores

para corrigir acções necessárias ao normal funcionamento das ETAR. Permitirá a gestão coordenada de todas as unidades de tratamento em tempo real, com recurso a um conjunto alargado de informação que permita conhecer a cada momento a qualidade do efluente, etapa a etapa, o grau de prontidão da instalação (órgãos, equipamentos, etc.), o grau de utilização da instalação, etc., demonstrando ser “inteligente” e “aprender” com eventos passados e ser capaz de responder prontamente às perturbações das condições de afluência, particularmente às variações de caudais e cargas poluentes.

Concluído que esteja o projecto de I&D, o SYNAPPS será comercializado como plataforma ajustável aos diferentes objectivos/cenários de cada ETAR e respectivo Cliente, com várias soluções para os diferentes desafios enfrentados em cada ETAR.

Palavras-Chave: ETAR; Plataforma; Controlo; Optimização; SYNAPPS.

A FASE DE CONSTRUÇÃO DO EFMA DURANTE A PANDEMIA COVID-19 – READAPTAÇÕES DAS METODOLOGIAS DE PÓS-AVALIAÇÃO

Filipa RUAS¹, Luísa PINTO¹, Noemí SANTIAGO¹

¹ Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A., Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja
fruas@edia.pt; lpinto@edia.pt; nsparada@edia.pt

RESUMO

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), atualmente com uma área aproximada de 130 000 hectares de regadio em exploração, constitui um elevado potencial de desenvolvimento para a Região, através da implementação de práticas de agricultura de regadio, bem como para reforço do abastecimento público e industrial de água e a produção de energia hidroelétrica.

A figura 1 ilustra o enquadramento deste empreendimento.

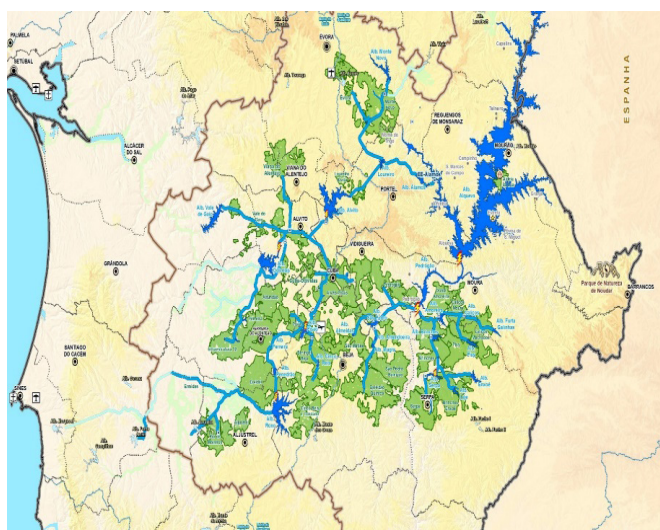


Figura 1: Enquadramento do EFMA (Fonte: SIG EDIA)

A Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva, S.A. (EDIA, S.A.), enquanto entidade promotora e gestora do EFMA, sempre defendeu o princípio da sustentabilidade de todo o projeto.

Decorrente do estipulado na legislação nacional na temática da Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), através do Decreto-Lei n.º 151-B/2013 de 31 de outubro e Portaria n.º 395/2015 de 4 de novembro, a EDIA adotou procedimentos de acordo com as exigências legais, no sentido de garantir a articulação e harmonização das intervenções das várias entidades que participam na Pós-Avaliação destes projetos e melhorar a verificação do efetivo cumprimento das medidas ambientais e da sua eficácia.

No que diz respeito à fase de obra, o acompanhamento ambiental das infraestruturas visou,

desde sempre, minimizar qualquer afetação do meio ambiente, com garantia da presença continuada de técnicos qualificados (EDIA e Adjudicatário) no decorrer dos trabalhos construtivos.

Durante a fase de construção das diferentes Empreitadas, a EDIA assumiu como compromisso assegurar um elevado grau de desempenho ambiental e para o efeito tem vindo a definir vários métodos de atuação, como seja a título exemplificativo, a integração de requisitos de gestão ambiental nos cadernos de encargos das diversas empreitadas. Requisitos estes, compilados sob a forma de Sistema de Gestão Ambiental (SGA), com os quais se assegura a conformidade legal na vertente ambiental e a minimização dos potenciais impactes negativos que decorram das diversas atividades de obra.

Este acompanhamento processa-se através de uma estreita articulação entre o Dono de Obra e a Entidade Executante (EE), através de trabalho de campo e reuniões periódicas. Trata-se de um processo complexo e inevitável que envolve várias entidades e perspetivas técnicas de natureza diversa, mas que se tem vindo a revelar como um instrumento fundamental para o bom desempenho ambiental das empreitadas, revestindo-se em si mesmo de algumas alterações nos conceitos técnicos aplicados e nos métodos de trabalho utilizados.

O garantir do correto acompanhamento ambiental das diferentes obras associadas à implementação do Empreendimento, assegurando a conformidade legal e os compromissos assumidos nas DIA, tem sido - desde sempre - uma das principais metas da EDIA.

Ena época de pandemia devido à COVID-19 o empenho não foi diferente. Apesar das diversas adversidades que existiram, foram implementados no terreno mais quatro projetos. Nestes projetos em concreto, existiram algumas dificuldades devido à pandemia que exigiram a tomada de medidas extraordinárias durante a construção, nomeadamente a adaptação dos próprios estaleiros de apoio às obras ao terem de ser dimensionados para cumprir com os requisitos exigidos pela Direção Geral da Saúde (DGS). Complementarmente a essas exigências, a EDIA também teve de gerir algumas situações ligadas a condicionantes ambientais, derivadas do processo de AIA de cada um dos projetos.

No decorrer da fase de obra, existiram situações em que algumas delas exigiram a paragem dos trabalhos, trabalhos esses associados à implantação de uma conduta localizada em área ecologicamente sensível, na envolvência de um ninho de águia perdigueira (*Águia de Bonelli*). Os trabalhos tiveram de ser apenas realizados fora do período de reprodução do casal desta espécie, nomeadamente de 15 de dezembro a 31 de maio e, por isso, foi necessário gerir o plano de trabalhos por forma a dar cumprimento ao exigido pela Autoridade de AIA. Importa ainda salientar que foi realizado o acompanhamento do casal, tendo sido detetado o nascimento de duas crias com sucesso.

Para além disso, e devido à existência de um Charco Temporário Mediterrânico (CTM) Habitat 3170*, teve de proceder-se à alteração de uma conduta de Betão de Alma de Aço (BAA) para não afetar esta unidade.

Estes são alguns dos casos práticos que condicionaram a execução dos trabalhos e com um prazo de conclusão para cumprir. Apesar de todas as dificuldades, a EDIA não parou, continuou a executar o seu trabalho, nunca descorando as suas obrigações legais.

Foi então possível executar os projetos, evidenciando o efetivo cumprimento das DIA e a respetiva forma de implementação no terreno das medidas que à fase de construção dizem respeito, tendo a EDIA elaborado relatórios com toda essa informação.

Deste modo, considera-se que o método de acompanhamento ambiental da fase de obra tem sido uma mais-valia, apesar de alguns desafios associados à verificação da implementação de medidas.

Palavras-Chave: Declaração de Impacte Ambiental; Fase de Construção; Acompanhamento Ambiental; Sustentabilidade.

IMPACTO À SAÚDE DEVIDO AS CONDIÇÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO: ESTUDO DE CASO NA COMUNIDADE QUEIXO DANTAS

Débora SILVA¹, Paulo SCALIZE¹, Maria VIEIRA²

¹ Universidade Federal de Goiás, Goiânia – Goiás – Brasil, eng.deborasilva@outlook.com; pscalize.ufg@gmail.com

² University of Porto, Porto - Portugal, mnvieira@fc.up.pt

RESUMO

O Cerrado brasileiro é um bioma muito diversificado que ocupa cerca 25% do território nacional (MMM, 2022) e abrange nascentes de três importantes bacias hidrográficas sul americanas que ultrapassam as fronteiras nacionais, como São Francisco, Tocantins-Araguaia e Paraná (LIMA; SILVA, 2005). Esse bioma encontra-se ameaçado, devido aos desmatamentos, expansão da fronteira agrícola e pecuária, incendio florestal e contaminantes ambientais que causam poluição no solo e na água (GOIÁS, 2015).

No estado de Goiás (Brasil), a área do Cerrado é ocupada por uma variedade de aglomerados urbanos e rurais, esse último apresenta diferentes grupos culturais, sendo denominada de povos e comunidades tradicionais pelo Art. 3º, inciso I do Decreto nº 6.040 (BRASIL, 2007). Devido ao fator histórico, as dificuldades de acesso à água potável, saneamento e unidades de saúde nas comunidades rurais favorecem a obtenção de doenças infecciosas e parasitárias de veiculação hídrica (SATO; WALDMAN, 2016).

Nesse contexto, esse estudo objetivou caracterizar às condições de abastecimento de água de uma comunidade quilombola, o uso e ocupação do solo e os impactos à saúde da população quanto às doenças parasitológicas.

A área de estudo abrange as fontes de abastecimento coletivas e individuais da comunidade quilombola Queixo Dantas (Figura 1), um aglomerado rural localizado em Mimoso de Goiás (Goiás, Brasil), com característica de ser mais adensado e isolado (PINHEIROS *et al.*, 2022).

A água utilizada pela comunidade é captada de um afluente do rio Maranhão, encaminhada para um reservatório coletivo e distribuída aos domicílios sem tratamento prévio. Destina-se às atividades de banho, higienização e preparação de alimentos, limpeza da casa, do quintal, irrigação de plantas e hortaliças, dessedentação animal e ingestão humana. No entanto, algumas famílias fazem uso de tratamento intradomiciliar, no qual 21,4% dos residentes usam filtros domésticos, 14,3% filtros com cerâmica porosa, 7,1% realizam a filtração da água em panos, 7,1% a cloração e 78,6% consomem a água sem passar pelo processo de filtração (SCALIZE *et al.*, 2021). Assim, realizou-se coletas de água no ponto de captação afluente do rio Maranhão para caracterização físico-química, bacteriológica e parasitológica.

Coletou-se também amostras nos pontos de consumo, após o reservatório domiciliar dos domicílios, os quais estão inseridos na mesma bacia hidrográfica. As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas em conformidade com o *Standard Methods* (APHA-AWWA-WEF, 2017). Para as análises de quantificação de (oo)cistos dos

protozoários *Cryptosporidium spp.* e *Giardia spp.* foi empregado o método de Filtração em Membranas (FRANCO *et al.*, 2001; SHEPHERD; WYN-JONES, 1996) com a aplicação da técnica de Reação de Imunofluorescência Direta na etapa de preparação das lâminas, empregando o Kit Merifluor® (Meridian Bioscience Diagnostics, Cincinnati, EUA).

Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos em Silva *et al.*, (2023), e a ocorrência de parasitoses intestinais em amostras de fezes dos moradores foi obtida de Pagoto *et al.* (2022).

Os resultados foram sintetizados na Tabela 1. Como a água captada do rio não tem nenhuma tratamento antes do consumo (SCALIZE *et al.*, 2021), a caracterização das amostras de água foi relacionada aos limites estabelecidos pela portaria de potabilidade da água brasileira (BRASIL, 2021).

No manancial superficial, a cor aparente esteve acima do Valor Máximo Permitido (VMP) de 15 uC estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 2021) em 50% das amostras, os coliformes totais e *Escherichia coli* em 100%, uma vez que em água destinada ao consumo humano, recomenda-se a ausência desses parâmetros que podem ser identificados em fezes de animais de sangue quente ou naturalmente no solo e na vegetação, podendo causar doenças nos consumidores (LIBÂNIO, 2010). Verifica-se que a contaminação microbiológica pode ser relacionada aos animais e fossas dentificados nas proximidades do ponto de captação, conforme vistoria em campo (SCALIZE *et al.*, 2021).

Nos pontos de consumo, em 77,8% das amostras a cor aparente esteve em desconformidade com a legislação, em 22,2% o valor da turbidez esteve acima do VMP de 5 UNT e em 100% das análises dos parâmetros microbiológicos. Destaca-se que o limite de turbidez é uma exigência complementar aos indicadores microbiológicos, principalmente, os patógenos *Giardia spp.* e *Cryptosporidium spp.*, responsáveis por inúmeros surtos de doenças de veiculação hídrica no mundo todo (EFSTRATIOU; ONGERTH; KARANIS, 2017; MA *et al.*, 2022). Os resultados de fósforo acima de 0,05 mg/L em 50% e 11,1% das análises de água da fonte e dos pontos de consumo, respectivamente, ultrapassaram o limite considerado para as águas naturais não poluídas (BRASIL, 2006).

Na bacia hidrográfica verificou-se o predomínio de florestas na ordem de 67%, seguido de pastagens em 26% e 7% de formação natural não florestal. As condições de uso do solo impactam a qualidade parasitológica da água (SILVA *et al.*, 2023, MORALES *et al.*, 2022), principalmente no período chuvoso, onde as fezes dos bovinos nas proximidades dos cursos d'água são carregadas e contaminam os mananciais com os patógenos *Cryptosporidium spp.* e *Giardia spp.* (GRACZYK *et al.*, 2000). Esses protozoários foram identificados em uma única amostra do afluente do rio Maranhão (Tabela 1) em concentrações acima do nível de alerta de 0,03 a 0,05 cistos/L sugerido por (WALLIS *et al.*, 1996) e 0,1–0,3 oocistos/L (HAAS; ROSE, 1995).

Consequentemente, a presença de microorganismos na água consumida em desconformidade com a legislação vigente e as condições de saneamento inadequadas colocam em risco a saúde da população. A presença de parasitos em amostras de fezes de moradores dessa comunidade, evidencia as condições do saneamento básico precárias, onde 70,5% dos moradores apresentaram positividade para uma das parasitoses intestinais, com predomínio de cistos de *Entamoeba coli* e a presença de cistos de *Giardia lamblia* em 15,8% da população (PAGOTO *et al.*, 2022). As doenças de veiculação hídrica podem ter sido manifestadas através dos sintomas de diarreia em 8,4% dos entrevistados (PAGOTO *et al.*, 2022), que representa o principal sintoma indicativo de giardiase e criptosporidiose (EFSTRATIOU *et al.*, 2017).

Conclui-se que as condições atuais de abastecimento de água contribuem para o aumento da morbidade na comunidade, visto que a prevalência de parasitoses intestinais de 70,5% superou a percentagem de pessoas que apresentaram paratissos intestinais nas fezes em todas as comunidades quilombolas analisadas por Pagoto *et al.* (2022), com valor médio de 27,3%.

Tabela 1 - Resultados parcial das análises físicas-químicas, microbiológicas e parasitológicas por tipologia de fonte de abastecimento, distribuídos em função das faixas estabelecidas, bem como o valor médio, desvio padrão e coeficiente de variação.

Parâmetro	Resultado	Fonte: Afluente do rio maranhão					Fonte: Ponto de consumo				
		N	Ocorrência (%)	Valor médio	DP	CV (%)	N	Ocorrência (%)	Valor médio	DP	CV (%)
Cor aparente (uC)	CA < 15	1	50	17,2	11,1	64,4	2	22,2	24,7	23,5	94,9
	CA > 15	1	50				7	77,8			
Turbidez (UNT)	T ≤ 0,5	0	0	2,0	0,6	29,8	0	0,0	7,3	16,0	218,2
	0,5 < T ≤ 5,0	2	100				7	77,8			
	T > 5,0	0	0				2	22,2			
Fósforo (mg/L)	≤ 0,05	1	50	0,10	0,07	68,4	8	88,9	0,05	0,07	161,7
	> 0,05	1	50				1	11,1			
Coliformes totais (NMP/100 mL)	CT = ausência	0	0	16180,0	8016,0	49,5	0	0,0	7382,4	7991,7	108,3
	1 ≤ CT ≤ 100	0	0				0	0,0			
	100 < CT ≤ 1000	0	0				0	0,0			
	CT > 1000	2	100				9	100,0			
Escherichia coli (NMP/100 mL)	EC = ausência	0	0	122,7	49,9	40,7	0	0,0	780,0	2152,1	275,9
	1 ≤ EC ≤ 100	1	50				8	88,9			
	100 < EC ≤ 1000	1	50				1	11,1			
	EC > 1000	0	0				0	0,0			
Cryptosporidium spp.	≤ 0,3	0	0	4,2 ⁽¹⁾	NA	NA	0	0,0	NR	NR	NR
	> 0,3	1	50				0	0,0			
Giardia spp.	≤ 0,05	0	0	8,3 ⁽¹⁾	NA	NA	0	0,0	NR	NR	NR
	> 0,05	1	50				0	0,0			

Nota: quantidade de amostras = N; desvio padrão = DP; coeficiente de variação = CV; cor aparente = CA; turbidez = T; condutividade elétrica = CE; não realizado devido a um problema técnico = NR; alcalinidade = Alc; dureza total = DT; coliformes totais = CT; *Escherichia coli* = EC. Não se aplica = NA; amostra pontual = (1).

Palavras-Chave: recurso hídrico; saúde pública; protozoário; gastroenterite; saneamento básico.

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TEMPORAL DE SÉRIES HIDROLÓGICAS: O MÉTODO BFAST

Maria Paula MENDES¹, Victor RODRIGUES-GALIANO², David ARAGONES³

¹ CERIS, Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisbon, Portugal, mpaulamendes@tecnico.ulisboa.pt

² Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, 41004 Seville, Spain, vrgaliano@us.es

³ Remote Sensing and Geographic Information Systems Lab (LAST-EBD), Estación Biológica de Doñana, C.S.I.C., 41092 Seville, Spain, daragones@ebd.cisc.es

RESUMO

Nas últimas décadas tem-se assistido a uma alteração da tendência temporal das médias e da sazonalidade das variáveis climatológicas, e a uma maior frequência de fenómenos climáticos extremos [1]. Existe, assim, uma maior probabilidade de ocorrência (para diferentes graus de incerteza) de eventos meteorológicos (e.g., tempestades), eventos hidrológicos (e.g. inundações) e eventos meteorológicos (e.g. ondas de calor e secas) [2]. A disponibilidade dos recursos hídricos depende das flutuações climáticas interanuais de curto prazo (por exemplo, precipitação e evapotranspiração), mas também de mudanças a longo prazo, como as alterações climáticas [3] overexploitation and contamination of resources, as well as lack of infrastructure. Thus, in the water supply sector, the robustness and resilience of systems depends on 'preparedness' measures able to establish a link between resources availability, utility costs, water tariffs (or other sources of revenue).

O objetivo principal deste estudo é a avaliação do potencial do método *Breaks For Additive Seasonal and Trend* (BFAST) para a identificação de mudanças graduais (tendência) e abruptas (*break-points*) dos recursos hídricos durante um longo período de tempo (entre 26 a 37 anos). Para tal, foram usadas séries temporais do volume de água armazenado no final do mês em três albufeiras (Bravura, Odeleite e Beliche) e os níveis de água em três piezómetros (massas de água subterrânea da Campina de Faro, Querença-Silves e Orla Meridional do Sotavento), na região do algarve. O BFAST foi aplicado com sucesso, possibilitando: (1) a deteção dos períodos de recuperação e rebaixamento (duração e magnitude); (2) aferição da resiliência face às condições de seca hidrológica; (3) estabelecimento das similitudes e dissimilitudes nas tendências entre os volumes das diferentes albufeiras e os níveis das massas de água subterrânea em relação aos períodos de seca [4].

Foi utilizado o índice *Standardized Precipitation* (SPI) de 14 meses para definir as secas hidrológicas. O método BFAST permitiu definir ao longo do tempo, os períodos significativos de tendência positiva ou negativa e as suas magnitudes. Para o período de 2005 a 2006 (com períodos de seca severa a extrema), foi observado um rebaixamento nos níveis piezométricos e um decréscimo nos volumes armazenados das albufeiras.

O que distingue a resposta destas massas de água aos fenómenos de seca, é a sua resiliência e o consequente período de recuperação. Por exemplo, no caso do piezómetro 595/215, após um período de seca em 2005 (com oito meses de seca severa e um mês de seca extrema), manteve a tendência negativa por mais 6 meses, só atingindo um patamar mais elevado, embora com níveis estabilizados, de julho de 2006 a março de 2010. Durante o período de 2003 a 2005, recorreu-se à água subterrânea deste sistema

para consumo humano, tendo que ser reduzida para metade em julho de 2005 devido ao risco de intrusão salina [5]. Já para o piezómetro 610/167 localizado no sistema aquífero da Campina de Faro, não houve uma tendência positiva dos níveis após esta seca, que nesta localização, ocorreu de abril de 2005 a março de 2006 e teve cinco meses de seca extrema e quatro meses de seca severa. Por último, para o piezómetro 600/134, observou-se um declive negativo (-0.08 m) durante nove anos, de janeiro de 2001 a janeiro de 2010, que englobou um período de seca extrema de seis meses e seca severa de dois meses (abril de 2005 a março de 2006). É de notar que as localizações mais próximas de Espanha, apresentaram uma seca com maior intensidade. No caso das albufeiras, a albufeira da Bravura, localizada a barlavento, apresentou dois períodos de tendência crescente dos volumes armazenados durante 112 meses após este período de seca. As albufeiras de Odeleite e Beliche fazem parte do mesmo sistema e estão ligadas por uma conduta, apresentando após a seca uma tendência positiva com uma duração de 52 meses, apenas a albufeira de Beliche. Os comportamentos similares nas tendências temporais nas massas de água analisadas estão relacionados com a variabilidade climática. A observação de tendências que não possam ser atribuídas à variabilidade climática, está associada a causas antrópicas. É o caso da albufeira de Odeleite que apresentou uma tendência positiva significativa, a que corresponde o seu enchimento, entre dezembro de 1996 e novembro de 1999 (durante uma seca moderada).

Nas regiões de clima Mediterrânico, os eventos de seca aumentaram substancialmente no verão. Esse fato pode ter um impacto maior na sociedade do que o aumento a longo prazo da temperatura média, já que a adaptação aos extremos climáticos tem que ser mais rápida. A quantificação dos períodos de recuperação e declínio dos recursos hídricos e sua significância pode ajudar a estabelecer medidas de mitigação para eventos de seca.

Palavras-Chave: Séries temporais; tendência; break-points; seca hidrológica; BFAST.

AGRADECIMENTOS

Maria Paula Mendes gostaria de agradecer à Fundação Carolina pela sua bolsa de mobilidade para investigadores de 2019 na Universidade de Sevilha, Espanha. Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UIDB/04625/2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kron, W.; Löw, P.; Kundzewicz, Z.W. Changes in Risk of Extreme Weather Events in Europe. *Environ. Sci. Policy* 2019, **100**, 74–83, doi:<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.007>.
2. Munich RE Climate Change Risks: A Challenge for Humanity Available online: <https://www.munichre.com/en/risks/natural-disasters-losses-are-trending-upwards/droughts-and-heatwaves-gradual-but-catastrophic.html>.
3. Pinto, F.S.; de Carvalho, B.; Marques, R.C. Adapting Water Tariffs to Climate Change: Linking Resource Availability, Costs, Demand, and Tariff Design Flexibility. *J. Clean. Prod.* 2021, **290**, 125803, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125803>.
4. Mendes, M.P.; Rodriguez-Galiano, V.; Aragonés, D. Evaluating the BFAST Method to Detect and Characterise Changing Trends in Water Time Series: A Case Study on the Impact of Droughts on the Mediterranean Climate. *Sci. Total Environ.* 2022, **846**, 157428, doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157428>.
5. Do Ó, A.; Monteiro, J.P. Estimação Da Procura Real de Água No Algarve Por Sectores. In Proceedings of the Proc. V Congresso Ibérico sobre Gestão e Planeamento da Água; 2006.

AS COSTAS LARGAS DO CLIMA E AS CHEIAS RÁPIDAS DE DEZ-2022 NA GRANDE LISBOA

Cláudia BRANDÃO¹, Luis SÁ²

1. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, LNEC - DHA, Av. Brasil 101, 1700-066 Lisboa, brandaoclaudia1212@gmail.com

2. Universidade de Sevilla, Calle San Fernando 4, 41004 - Sevilla, luisfazendeiro@gmail.com

RESUMO

As alterações climáticas parecem ter as costas largas, como mais uma vez se viu na forma como a classe política e alguns organismos públicos rapidamente lhes assacaram responsabilidades pelos danos provocados pelos episódios de precipitação intensa ocorridos na primeira quinzena de dezembro de 2022 sobre a Área Metropolitana de Lisboa (AML) e outras localidades do centro e sul do país que originaram a perda de vidas humanas e bens materiais.

É um facto que as alterações climáticas, que sempre existiram, parecem induzir a modificação da frequência da ocorrência de fenómenos de precipitação extrema. O que antes podia acontecer com intervalos de tempo de décadas, repete-se agora com maior frequência, não se compreendendo até onde vai a responsabilidade pelas consequências dos mesmos. Será o clima o principal responsável ou é o desordenamento territorial que potencia o perigo? É um facto que o poder político reflete as incoerências e as prioridades da sociedade, pois é dela que o mesmo germina. A prova é a existência de interesses contraditórios: desenvolvimento territorial e sustentabilidade económica e ambiental, construção e necessidades de habitação e de libertar solo, a que se somam as incertezas climáticas e dúvidas relacionadas com o dimensionamento e a conservação das infraestruturas fundamentais para a drenagem das águas pluviais e fluviais.

As características do meio urbano potenciam os efeitos perigosos e mortíferos das cheias, que podemos adjectivar como “cheias rápidas” tais como as que ocorreram em 1967, em 1983, em 2008 ou em 2014, com perdas de vidas humanas e grandes prejuízos materiais. Afetam as pequenas bacias de drenagem e são causadas por precipitações intensas e concentradas, devido a depressões convectivas, nomeadamente na região de Lisboa, Alentejo e Algarve. A impermeabilização dos solos, a urbanização caótica, a construção em leitos de cheia, o entulhamento dos pequenos cursos de água, ou a sua canalização, a construção de muros e aterros transversais ao sentido de escoamento dos cursos de água, que funcionam como diques, contribuem para o aumento de perigosidade desta tipologia de cheias.

Na área da AML, existe um histórico de cheias em zonas historicamente vulneráveis como Alcântara ou Algés, pelo que a memória de casas e lojas alagadas e carros arrastados pelas águas não será distante. De facto, ainda muitos portugueses se recordam da trágicas cheias que ocorreram em 1967 em Lisboa, muito antes de alguém falar em alterações climáticas. O caso da ribeira de Algés é paradigmático, pois como grande parte das linhas de água da margem norte da AML tem um carácter intermunicipal, mas a sua bacia tem apenas uma área de 10,7 km², sendo que apenas 11,5% da sua área

se pode admitir não urbana. Estas características induzem a ocorrência de fenómenos de aumento súbito dos níveis hidrométricos associados a um tempo de concentração pequeno o que atesta à perigosidade local do fenómeno potenciado pela dificuldade do escoamento em situações de preia-mar.

Este trabalho examina o fenómeno meteorológico ocorrido em 08DEZ2022 e 13DEZ2022, analisando o mesmo do ponto de vista hidrológico ao apresentar um conjunto de elementos que permitem a avaliação das precipitações, períodos de retorno associados e caudais de ponta gerados de forma a avaliar a intensidade do fenómeno face ao histórico, permitindo por fim aduzir da responsabilidade partilhada, ou não, pela ocorrência de consequências dos mesmos a governos, autarquias e organismos públicos.

Palavras-Chave: Cheias rápidas; risco hidrológico; alterações climáticas; desordenamento territorial

A DESSALINIZAÇÃO E A QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA NA ILHA DO MAIO CABO-VERDE

NIDIA NADIDE SILVA FONSECA CONTINA

Mestranda em Saúde Pública e Comunitária

Ministério de Saúde de Cabo Verde. E-mail: nidia.fonseca.dr@gmail.com

RESUMO

A dessalinização tem vindo a ganhar destaque ao longo dos anos, sendo uma opção no fornecimento de água potável em muitos países no mundo todo. Esta técnica permite não só melhorar a qualidade da água como pode, em certas situações, resolver problemas de escassez, obtendo-se um desenvolvimento económico e social. A nível mundial, uma grande percentagem da produção de água dessalinizada está concentrada no Médio Oriente, e há um grande número de centrais de dessalinização térmica que operam usando combustíveis fósseis como fonte de energia. Nos locais onde as reservas de combustíveis fósseis são abundantes, como é o caso da Arábia Saudita, a utilização de sistemas convencionais é mais atrativa economicamente, todavia a consciencialização sobre os aspetos ambientais e a tendência de subida dos preços dos combustíveis fósseis tem mudado essa visão. Existem diferentes tecnologias de dessalinização da água, todas elas enquadráveis em dois tipos de processos: processo térmico e processos de membrana. Em todas elas são necessárias grandes quantidades de energia durante o processo de dessalinização, sendo o custo da energia o grande responsável pelo custo de água produzida. A integração de recursos energéticos renováveis nos processos de dessalinização está a tornar-se mais viável e promissora. As metas de exploração de energia renovável podem ser definidas e em muitas regiões a energia solar pode ser uma alternativa sustentável para o funcionamento destas centrais. A distribuição de água para a população na ilha do Maio, é feita através de um sistema de abastecimento de água que capta a água do mar passando pelas membranas de osmose inversa, que consiste na retirada de água salgada do mar, sendo pré-tratada para remoção de sólidos e depois passa para um sistema de filtros que separam os sais da água. Posteriormente, um pré-tratamento para ajuste de acidez e alcalinidade, desinfetada com hipoclorito de sódio, NaOCl, e respetivo controlo do residual de cloro antes de ser distribuída a população.

A gestão de águas subterrâneas em zonas costeiras assume particular relevância em ambientes insulares, devido a elevada proporção de terrenos adjacentes às massas de água oceânicas. A ilha do Maio, uma das mais planas e mais antiga de Cabo Verde, de reduzida dimensão, apresenta um comprimento máximo de 24,1km e uma largura máxima de 16,3km, ocupando uma área de, aproximadamente, 269km². O clima árido ou semiárido, a problemática é ainda mais sensível, já que a escassa precipitação atmosférica e a elevada evapotranspiração potencial determinam reservas de água subterrânea muito limitadas.

Palavras-chave: Dessalinização, qualidade da água, energias renováveis.

EVALUATION OF GROUNDWATER MANAGEMENT AND GOVERNANCE PERFORMANCE THROUGH THE APPLICATION OF ASSESSMENT METHODOLOGIES TO ACHIEVE GROUNDWATER SUSTAINABILITY: THE CASE OF THE MAIPO BASIN, CENTRAL CHILE

Alexander Johannes VAN DER HULST¹, Nuno BARREIRAS²

¹ Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001, lexvdhulst@gmail.com

² CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, nuno.barreiras@tecnico.ulisboa.pt

ABSTRACT

Chile is a country with a rich water diversity. However, water stress is increasing. In Central Chile, precipitation decreases while drinking water and irrigational demand increase. On the other hand, especially in the arid and semi-arid regions, water has always played an important role in Chile. In the Maipo basin, this dynamic is complex. Shortages in surface water are compensated by increased groundwater abstraction for agriculture and drinking water. Also, agricultural land is transformed due to the expansion of the city of Santiago. Currently, there are no groundwater user communities managing groundwater. However, effective groundwater management is required to protect the available groundwater resources and ensure equal distribution among users. This is lacking, and groundwater levels are drastically decreasing. Therefore, this study aims to analyze the current groundwater management and governance framework at the basin scale. The study assesses the context of groundwater management and the functioning cooperation mechanisms between the stakeholders. Furthermore, the current knowledge gaps and challenges are identified, and approaches to improve water resources management policy are proposed.

Firstly, a literature analysis focuses on the historical, economic, and legal context in which groundwater management is developed. Interviews and a survey among stakeholders supplement this. Also, the local context of the Maipo basin is discussed. The World Bank has identified 42 institutional actors, such as management units, user groups, or water resource stakeholders active in Chile. This fact illustrates that the water management sector is quite fragmented. The institutional structure of water governance in Chile is characterized by an authority that independently governs the water users and the project developers. The main centralized institutions are the public bodies such as the 'Dirección General de Aguas' (DGA) and the Ministry of Agriculture. The regional government and the regional departments of these centralized bodies have little autonomous power and are there to implement the policy which is made on the national level. The main decentralized and private bodies are the water user associations (WUA).

In the analysis on Chilean water market and policy, it has become clear that the Chilean water market and policy on groundwater management are characterized by:

1. A system of water rights holders that secures them the use and possession of water

- like any other private good;
2. The existence of a water rights market;
 3. The role of the State is seen as accompanying;
 4. The WUAs, private organizations, are essential for the management of a public good.

The most striking fact is that the State is seen as accompanying. However, it has the largest responsibility over some main tasks of groundwater management. In the new water code, this is not different. The DGA even got a larger responsibility and more tasks. WUAs have, in theory, extensive responsibilities and take over functions from the DGA, but regarding groundwater, this is not the case because groundwater user associations do not nearly exist. The principle that the DGA has the power to restrict an aquifer if newly granted water rights harm the existing water rights gives the impression that the economic perspective is more important than, for instance, the ecological value.

Furthermore, an analysis on the current state and future challenges of groundwater governance in the Maipo basin is conducted. The analysis is based on literature analysis, stakeholder interviews, and a survey. The literature analysis is based on recent studies. The interviews and survey assess groundwater governance using a methodology developed by Hamer et al. (2020). The main results of the final assessment are shown in Table 1.

Table 1 Final assessment of groundwater governance rationality of the Maipo basin, based on Hamer et al. (2020).

Assessment of rationality of groundwater governance of the Maipo basin	Score
Water system knowledge and gaps	Average
Water resources usage and monitoring	Low
Legal framework	Low
Short and long-term vision	Average - low
Stakeholder participation and engagement	Average - low

Groundwater sustainability indicators are applied to enhance sustainable water planning and management, support data sharing, show groundwater users' current impact, and stimulate stakeholder communication. Because of the indicators, it is simpler to see groundwater use from different perspectives. Especially since the Maipo basin is large and multiple complex processes play a role. These indicators show that the Central Valley is approximately 30% dependent on groundwater for agricultural use. Drinking water production is less dependent on groundwater. However, it puts extra pressure on the system, especially in the aquifer around the Santiago metropole.

Lastly, a sustainable yield index is developed and proposed to assess groundwater management and to provide a concrete, initial step to sustainable groundwater management in the Maipo basin, which could be applied in other basins in Chile. Groundwater management in the Maipo basin needs to shift to sustainable groundwater management. The first step is integrating the term sustainable yield into the current management approach. This study identifies several gaps in the current sustainable use criteria used by the DGA.

The proposed sustainable yield index can identify these areas and classify them. It becomes clear that in some regions, there is an unsustainable system. Moreover, using the index reversed, it can calculate the necessary reduction in abstraction or the increase in recharge that is needed in the subregion. The index can also easily be applied to other basins in Chile since it is adapted to the Chilean data availability and context. It can serve as an effective

tool to measure groundwater management. The results show that groundwater historically and culturally is seen and treated differently than surface water. Therefore, groundwater management and governance were neglected. Basic hydrogeological information is lacking while groundwater dependency is increasing. Moreover, hydrological boundaries are not always respected, and groundwater management is decentralized. The public institutions lack the capacity and resources to enforce and monitor groundwater use. This makes sustainable groundwater management difficult. The groundwater sustainability indicators show the urgent situation of ‘overgranting’ of groundwater rights compared to the recharge. Besides, the sustainable yield index demonstrates the unsustainable situation, threatening groundwater-dependent ecosystems, and quantifies the required increase in groundwater recharge.

Groundwater is a vulnerable resource if there is little enforcement and cooperation between stakeholders. More stakeholder engagement and participation are needed, especially because the Maipo basin is situated in a complex context of economic and natural interests. A role is ready for the General Directorate of Water (DGA) to present a transparent ‘groundwater dashboard’ with information on the present state of groundwater resources to increase trust and transparency. Further recommendations to bring groundwater management back to the basics are presented. It is an illusion to believe groundwater management and governance can be separated from politics and socioeconomic interests. However, at the moment, groundwater resources are not sufficiently protected for future generations. It is important not to get lost in one perspective and one solution. Groundwater plays a vital role in the hydrological cycle and is a unique resource with huge potential. Although, it is vulnerable and needs to be protected and managed. A change in mindset among all stakeholders is needed, and responsibility needs to be taken collectively. The challenges for the future are significant, and groundwater can play a crucial role in water security for the Maipo basin.

Acknowledgments: This work was carried out at Instituto Superior Técnico and Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS), and has been funded by the Joint Master Degree Programme on Groundwater and Global Change - Impacts and Adaptation (acronym GroundwatCh), and by Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) in the framework of project UIDB/04625/2020.

Keywords: Groundwater; Management; Maipo Basin, Chile; Indicators; Sustainability.

BIBLIOGRAPHY

Hamer, T., Dieperink, C., Tri, V. P. D., Otter, H. S., & Hoekstra, P. (2020). The rationality of groundwater governance in the Vietnamese Mekong Delta’s coastal zone. *International Journal of Water Resources Development*, 36(1), 127–148. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1618247>

EFEITO DAS ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE SEDIMENTOS NA EVOLUÇÃO DOS PERFIS TRANSVERSAIS DE PRAIA

Margarida FERREIRA^{1,2}, Carlos COELHO¹, Paulo A. SILVA²

¹ RISCO & Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal, margarida.ferreira@ua.pt, ccoelho@ua.pt

² CESAM & Departamento de Física da Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal, psilva@ua.pt

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo aplicar o modelo numérico CS-Model para avaliar o impacto das alimentações artificiais de sedimentos na evolução de 4 perfis transversais de praia localizados no litoral Oeste Português (Costa Nova, Vagueira, Cabedelo e Leirosa), discutindo-se o efeito do volume depositado e do local de deposição no perfil transversal. Os resultados indicam que o efeito da adição artificial de sedimentos ao perfil transversal de praia traduz-se em ganhos de largura de berma e/ou aumento do volume de sedimentos na duna.

Palavras-Chave: CS-Model; modelação numérica; defesa costeira; morfologia de praia; erosão costeira.

INTRODUÇÃO

Um aspeto chave na conceção de projetos de alimentação artificial de sedimentos é o local de deposição no perfil transversal de praia. Segundo Coelho *et al.* (2020), a deposição de sedimentos em diferentes locais no perfil de praia conduz a respostas distintas na evolução morfológica dos perfis, representando benefícios diferentes para cada intervenção. O presente trabalho teve como objetivo estudar o impacto das alimentações artificiais de sedimentos na evolução dos perfis de praia numa perspetiva de médio/longo-prazo (30 anos). Para isso, selecionaram-se 4 perfis localizados na costa Oeste Portuguesa (Figura 1), dois localizados a Sul da embocadura da Ria de Aveiro (Costa Nova e Vagueira) e dois localizados a Sul da embocadura do Rio Mondego (Cabedelo e Leirosa). Com base na aplicação do modelo numérico CS-Model (Larson *et al.*, 2016) avaliou-se a evolução dos perfis de praia em cenários de alimentação artificial de sedimentos. O CSModel (Larson *et al.*, 2016), é um modelo que simula a evolução morfológica dos perfis transversais de praia, com base no princípio de conservação de massa, e tem em conta os principais processos responsáveis pela evolução dos perfis numa perspetiva de médio/longo prazo: erosão da duna, *overwash*, transporte eólico de sedimentos e troca de material barra-berma.

METODOLOGIA

Para avaliar o impacto das alimentações artificiais de sedimentos na evolução dos perfis de praia considerou-se um conjunto de indicadores morfológicos: volume da duna, posição

do pé da duna do lado de mar, posição da berma e volume da barra. Numa fase inicial, o modelo numérico foi calibrado e validado com dados provenientes do programa COSMO (Pinto *et al.*, 2021), referentes a levantamentos topo-batimétricos realizados entre 2018 e 2019. Posteriormente, simulou-se a evolução dos perfis para um conjunto de cenários de intervenção definidos com o objetivo de discutir o impacto do volume depositado e o local de deposição no perfil. Para avaliar o impacto das alimentações, estimouse inicialmente a evolução dos perfis no cenário de não intervenção (evolução natural) e definiu-se um cenário de referência de intervenção que considerou a deposição de $5 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$ de sedimentos na barra submersa. Seguidamente, nos cenários avaliados, variou-se o local de deposição (praia ou duna) e o volume de material depositado, testando-se os valores de $1 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$, $3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$ e $7 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$.

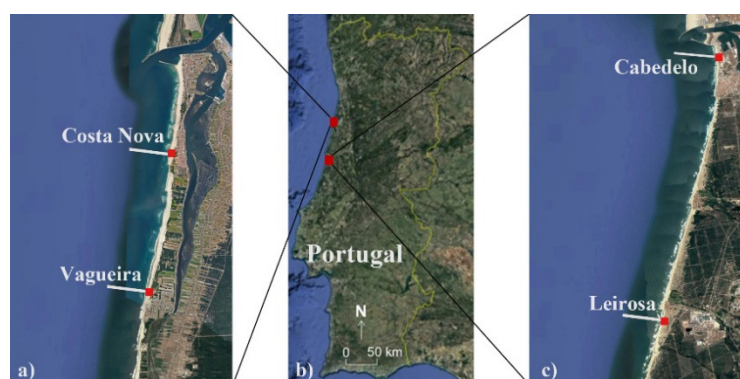


Figura 1. Zona de estudo: a) Localização dos perfis da Costa Nova e da Vagueira; b) Portugal Continental; c) Localização dos perfis do Cabedelo e da Leirosa.

RESULTADOS

Calibração e validação do modelo numérico

No processo de calibração e validação do modelo numérico, os resultados obtidos numericamente foram comparados com os resultados de monitorização disponibilizados no âmbito do programa COSMO, aplicando-se parâmetros estatísticos para aferir a viabilidade do modelo em reproduzir a evolução dos perfis (erro médio e índice de concordância de Willmott). Os resultados da análise estatística desenvolvida apresentaram erros médios para a maioria dos parâmetros avaliados (posição do pé da duna, posição da berma e largura da berma) inferiores a 1 m e parâmetros de concordância de Willmott a variar entre 0 e 0.6, permitindo concluir que o modelo é capaz de reproduzir a evolução recente dos perfis de praia.

Impacto das alimentações artificiais de sedimentos

O impacto das intervenções de alimentação de sedimentos na evolução dos perfis de praia reflete-se no aumento da largura da berma e/ou aumento da robustez da duna por aumento do seu volume. Em termos gerais, os resultados mostram que a deposição de sedimentos na barra submersa ou na praia são as soluções que conduzem a maiores ganhos de largura de berma de praia, sendo que, naturalmente quanto maior o volume de sedimentos depositado na barra submersa, maior é o avanço da posição da berma. A deposição de sedimentos na duna reflete-se sobretudo em termos de ganho de volume da duna e conseqüente aumento de robustez.

Apesar dos resultados indicarem que o ganho de largura de berma de praia é maior quando os sedimentos são depositados na barra submersa ou na praia, verificam-se diferenças entre os perfis analisados. Nos perfis da Costa Nova e da Leirosa, a deposição de sedimentos na barra submersa ou na praia leva a uma evolução da largura da berma crescente no tempo, enquanto no perfil da Vagueira e no perfil do Cabedelo esse crescimento não é constante no tempo e apresenta uma ordem de grandeza inferior aos obtidos para os perfis da Costa Nova e Leirosa.

CONCLUSÕES

No presente trabalho aplicou-se o modelo numérico CS-Model para avaliar o impacto de alimentações artificiais de sedimentos na evolução dos perfis transversais de praia. Em termos gerais, a adição de sedimentos ao perfil resulta em ganhos de largura de berma e/ou aumento do volume de sedimentos na duna. Os resultados demonstram alguma variabilidade na evolução dos perfis analisados, salientando a necessidade de continuar a desenvolver investigação orientada com o objetivo de discutir incertezas associadas à modelação numérica da evolução dos perfis transversais de praia e efeitos das alimentações artificiais de sedimentos. A melhoria na capacidade de modelação terá como contributo auxiliar na gestão das alimentações artificiais de sedimentos, consoante o principal objetivo definido para a intervenção, nomeadamente: aumentar a robustez da duna, criar área recreativa de praia ou proteger da erosão com fornecimento de sedimentos para a deriva litoral.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam o seu agradecimento às unidades de investigação RISCO e CESAM e à FCT pelo apoio financeiro disponibilizado à Margarida Ferreira através da bolsa de investigação para doutoramento com a referência 2021.07269.B.D.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coelho, C., Ferreira, M., Marinho, B. (2020); "Numerical Modeling of the Artificial Sediment Nourishments Impacts"; *Journal of Coastal Research* (95): 209-213.
- Larson, M., Palalane, J., Fredriksson, C., Hanson, H. (2016). "Simulating Cross-Shore Material Exchange at Decadal Scale. Theory and Model Component Validation"; *Coast. Eng. J.*, 116, 57-66.
- Pinto, C. A., Penacho, N., Pires, B. (2021). "Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental (COSMO): Da concepção à implementação"; In X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Rio de Janeiro.

GUIA METODOLÓGICO PARA A REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS EM CABO VERDE

Filipa FERREIRA¹, António ALBUQUERQUE², Domingos CASTRO³, Marize GOMINHO⁴, José Saldanha MATOS⁵

¹ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, filipamferreira@tecnico.ulisboa.pt

² Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Universidade da Beira Interior, Calçada Fonte do Lameiro, Covilhã, Portugal, antonio.albuquerque@ubi.pt

³ AdP – Internacional, Rua Visconde de Seabra 3, Lisboa, Portugal, d.castro@adp.pt

⁴ ANAS/Agência Nacional de Água e Saneamento, Tira Chapéu, C.P. 567, Cidade da Praia, Cabo Verde, Marize.Gominho@anas.gov.cv

⁵ Hidra, Hidráulica e Ambiente, Lda, Av. Defensores de Chaves 31, 1ºE, Lisboa, Portugal, jose.saldanha.matos@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

O aumento do consumo de água em Cabo Verde devido à crescente procura para abastecimento público, industrial, agrícola e turístico, exerce uma pressão significativa sobre os recursos hídricos nacionais disponíveis. De facto, Cabo Verde é um país com recursos hídricos limitados, com uma precipitação média anual de 237 mm, e com três das dez ilhas (São Vicente, Sal e Boavista) com precipitações médias anuais inferiores a 100 mm. Os efeitos das alterações climáticas agravam a situação e contribuem para a procura prioritária de fontes de água alternativas.

O Governo investiu na última década numa grande reforma legislativa do sector da água e saneamento, consubstanciada no PLENAS, o Plano Estratégico Nacional de Água e Saneamento (Conselho de Ministros, 2015), que advoga, como um dos requisitos básicos, a total reutilização das águas residuais tratadas em utilizações compatíveis, até 2030.

Neste contexto, foi desenvolvido o “Guia Metodológico para a Definição do Quadro Regulamentar Aplicável à Água para Reutilização em Cabo Verde”. O guia centra-se na reutilização de águas residuais tratadas de sistemas de tratamento de águas residuais centralizados ou descentralizados, considerando as utilizações compatíveis com a qualidade dos efluentes tratados. O principal objectivo do guia proposto é servir como um documento de orientação metodológica, alinhado com as melhores práticas internacionais, mas suficientemente simples e prático para ser adoptado pragmaticamente em projectos de reutilização de água em Cabo Verde e foi desenvolvido tendo como referência principal APA (2019).

O guia define os princípios gerais para a reutilização da água (incluindo as principais utilizações e normas de qualidade aplicáveis), estabelece directrizes para a gestão e avaliação de riscos, licenciamento, e desenvolvimento de programas de monitorização.

Os usos potenciais para a água recuperada incluem a irrigação e os usos urbanos compatíveis (por exemplo, lavagem de ruas; lavagem de contentores, veículos e equipamentos; e limpeza de coletores de águas residuais). O Decreto Regulamentar n.º 4/2020 (Conselho de Ministros, 2020), de Cabo Verde, estabelece os requisitos de qualidade para a irrigação e abre a possibilidade de aplicar, se apropriado e para fins de licenciamento, uma abordagem adequada ao fim a que se destina.

Assim, o guia considera uma abordagem adequada para assegurar uma qualidade mínima para as utilizações pretendidas, com base numa metodologia de avaliação de risco. A minimização dos riscos é conseguida através da consideração cumulativa de múltiplas barreiras, de natureza física ou química, a serem implementadas tanto pelo produtor de águas residuais tratadas como pelos utilizadores finais. Além disso, deve ser implementado um programa de monitorização e um plano de gestão dos riscos. Esta abordagem assegura a reutilização das águas residuais tratadas com uma qualidade adequada à utilização prevista, garantindo a protecção do ambiente e da saúde pública.

Em conformidade com Rebelo et al. (2020), uma redução logarítmica (\log_{10}) para um conjunto particular de medidas preventivas é conhecida como uma barreira equivalente. O guia propõe a aplicação do conceito de barreiras equivalentes, que se refere a um conjunto de barreiras concebidas para assegurar uma redução logarítmica (\log_{10}) para algumas medidas preventivas. O guia estabelece o número de barreiras que devem ser combinadas com um grau específico de qualidade da água para assegurar um nível adequado de protecção contra agentes patogénicos. Esta abordagem permite um nível de qualidade da água inferior ao exigido na utilização final, se existirem barreiras adequadas, sem comprometer a minimização do risco, contribuindo assim para a viabilidade de alguns projectos de reutilização de águas residuais tratadas.

A avaliação dos riscos no contexto da reutilização da água consiste em identificar vulnerabilidades, perigos e consequências desta prática sobre o ambiente e a saúde pública, em termos espaciais e temporais. O guia estabelece os procedimentos de avaliação de risco, gestão e comunicação de risco, que são componentes-chave dos estudos de análise de risco. Cada projecto de reutilização de água deve incluir um plano de monitorização relativo à qualidade da água reutilizada nos locais de produção e distribuição, para avaliar a eficácia das medidas de minimização na redução dos riscos ambientais e de saúde pública.

Adicionalmente, como a produção e reutilização de águas residuais tratadas deve ser licenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANAS), o guia estabelece os requisitos de licenciamento.

O guia inclui, como exemplo de aplicação, o estudo de caso de reutilização de águas residuais da ETAR do Tarrafal, localizada na ilha de Santiago, Cabo Verde. A ETAR compreende um sistema de tratamento de águas residuais por lagoas de estabilização, prevendo-se um tratamento final de afinação, destinando-se a ser reutilizado na irrigação de campos agrícolas próximos e rega de espaços verdes.

Palavras-Chave: Reutilização da água, barreiras múltiplas, fit-for-purpose.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APA (2019). Guia para a reutilização de água. Usos não potáveis. Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa, Portugal.

Conselho de Ministros (2015). Resolução n.º 10/2015 de 20 de fevereiro (PLENAS – Plano Estratégico Nacional de Água e Saneamento), Cabo Verde.

Conselho de Ministros (2020). Decreto Regulamentar N.º 4/2020, de 2 de março (critérios e parâmetros para controlo da qualidade da água para rega). Boletim oficial do Governo de Cabo Verde, I Série, N.º 24, Cabo Verde.

EPA (2012). Guidelines for water reuse. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EUA.

Rebelo A., Quadrado M., Franco A., Lacasta N., Machado P. (2020). Water reuse in Portugal: New legislation trends to support the definition of water quality standards based on risk characterization, Water Cycle, Volume 1, Pages 41-53.

ESTIMAÇÃO DA RECARGA DE UM AQUIFERO CÁRSICO POR DETEÇÃO REMOTA

Alexandra CASSIS DIAS¹, Ana Paula FALCÃO², Judite FERNANDES³,
Maria Paula MENDES²

¹ *Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico, alexandra.c.dias@tecnico.ulisboa.pt*

² *CERIS, Investigação e Inovação em Engenharia Civil para a Sustentabilidade, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, mpaulamendes@tecnico.ulisboa.pt, ana.p.falcao@tecnico.ulisboa.pt*

³ *Unidade das Águas Subterrâneas, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, judite.fernandes@lneg.pt*

RESUMO

A disponibilidade de informação geográfica, geológica e geofísica é da máxima importância no cálculo do balanço hídrico, porém muito dificultada pela fragmentação e a inexistência de séries completas de dados. O uso de imagens de satélite de acesso livre são, portanto, uma mais-valia e uma oportunidade para colmatar a lacuna de informação. Assim, o objetivo do presente estudo é calcular a recarga do sistema aquífero Almancil-Medronhal, através de um balanço hídrico simplificado e técnicas de deteção remota.

Com uma área de 23 km², o sistema aquífero Almancil-Medronhal está situado a sul de Portugal, no Algarve, na freguesia de Almancil, município de Loulé. Este município possui uma população de 11 285 habitantes (INE, 2021) e uma área total de 62.30 km². O ponto de maior cota eleva-se 269 m acima do nível do mar, situa-se a noroeste e a zona maioritariamente plana a sul, com altitudes na ordem dos 40 m, no sentido da diminuição do relevo.

O sistema aquífero Almancil-Medronhal está inserido na Unidade Hidrogeológica da Orla Meridional e na bacia hidrográfica das Ribeiras do Sotavento. Nesta zona afloram os dolomitos e calcários dolomíticos de Santa Bárbara de Nexe. Na sequência litoestratigráfica do Jurássico Superior seguem-se, em profundidade, os calcários com nódulos de sílex de Jordana e os calcários margosos e margas de Peral.

No que diz respeito à hidrogeologia da área de estudo, o sistema contacta a Sul e a Este com as formações aquíferas do sistema de São João da Venda-Quelfes e a Oeste com as do sistema de Quarteira. A norte, o sistema aquífero é limitado pela formação dos calcários argilosos e margas de Peral, que constituem a base pouco permeável do aquífero (Costa et al, 2000). É um aquífero cársico com comportamento variável entre livre e confinado, onde a água circula por cavidades de dissolução dos calcários e dolomitos abertas pelas águas pluviais que se infiltram nas fendas ou outras aberturas.

O Clima é temperado com verão seco e quente (Csa) (IPMA, 2011), temperatura média de 18.0 °C e pluviosidade média anual de 499 mm.

Neste estudo foi calculada a recarga para um ano seco e um ano húmido com base na seguinte metodologia: (i) Classificação dos anos hidrológicos, através de dados de precipitação e temperatura, de médias mensais dos anos de 1991 a 2021, do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), e calculado o SPEI (Standardised Precipitation-

Evapotranspiration Index) pelo software desenvolvido por Vicente-Serrano, et al., 2010, a partir destes foram selecionados o ano seco de 2014/2015 e o ano húmido de 2017/2018. (ii) Estimação da recarga anual em Almancil por subtração da evapotranspiração real à precipitação mensal e obtida do satélite MODIS (MOD16A2GF v061), a partir do *Earth Explorer*. Já os dados de precipitação foram disponibilizados pelo IPMA. Os resultados mostram valores médios de recarga de 122.96 mm/ano, para o ano seco de 2014/2015, e de 218.11 mm/ano, para o ano húmido de 2017/2018. Sendo a recarga para os anos seco e húmido de 29.7% e 31.5%, respetivamente, para uma precipitação anual de 123 mm/ano no ano seco e 218 mm/ano no ano húmido.

Em 1994, o Instituto da Água (Costa, A. et al, 2000), estimou os recursos médios renováveis entre os 6 e 7 hm³/ano, cerca de 43.5%. Face aos valores agora obtidos, considera-se que esta recarga esteja sobrestimada.

Palavras-Chave: Aquífero cársico; Recarga; Sentinel-2; MODIS; Balanço hídrico; SPEI.

REFERÊNCIAS

Beguiría, S., Vicente-Serrano, S.M., Reig, F. and Latorre, B. (2014). *Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring*. Int. J. Climatol., 34: 3001-3023. <https://doi.org/10.1002/joc.3887>

Costa, A., Mendonça, J. J. L., Jesus, M. R., Gomes, A. J. (2000). *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental: Sistema Aquífero Almancil-Medronhal (M9)*. Instituto da Água - Direção de Serviços de Recursos Hídricos. Lisboa

Instituto Nacional de Estatística, 2021. *Taxa de população residente (2011-2021)*. Disponível em: https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=censos21_populacao&xpid=CENSOS21

Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2011). *Normais Climatológicas*. Acesso em: julho 2022. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/?print=true>

U.S. Geological Survey (2020). *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Data*. Acesso em: julho 2022. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov>



ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: INOVAÇÃO NOS ESTUDOS E ADAPTAÇÃO DA GESTÃO TERRITORIAL

Victor Hugo SARRAZIN LIMA¹, Fernando António LEAL PACHECO²,
João Paulo MOURA³, Teresa Cristina TARLÉ PISSARRA⁴,
Renato Farias do VALLE JUNIOR⁵, Maytê Maria Abreu Pires de MELO SILVA⁵,
Carlos Alberto VALERA⁶, Marília Carvalho de MELO⁷,
Luís Filipe SANCHES FERNANDES³

¹ Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-598, Vila Real, Portugal, victorsl98sarrazin@gmail.com

² CQVR – Centro de Química de Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Ap. 1013, 5001-801, Vila Real, Portugal, fpacheco@utad.pt

³ CITAB – Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Ap. 1013, 5001-801, Vila Real, Portugal, lfilipe@utad.pt; jpmoura@utad.pt

⁴ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal, SP, 14884-900, Brasil, teresa.pissarra@unesp.br

⁵ Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba, Laboratório de Geoprocessamento, Uberaba, MG, 38064-790, Brasil, renato@iftm.edu.br, mayte@iftm.edu.br

⁶ Coordenadoria Regional das Promotorias de Justiça do Meio Ambiente das Bacias dos Rios Paranaíba e Baixo Rio Grande, Rua Coronel Antônio Rios, 951, Uberaba, MG 38061-150, Brasil, carlosvalera@mpmg.mp.br

⁷ Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Cidade Administrativa do Estado de Minas Gerais, Rodovia João Paulo II, 4143, Bairro Serra Verde, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, marilia.melo@meioambiente.mg.gov.br

RESUMO

A água é consumida de acordo com a gestão de cada país e localidade onde a fonte se encontra. É um recurso limitado e essencial para os seres vivos. Cerca de 97% da água potável no mundo deverá ser procedente das águas subterrâneas. Além disso, caso haja escassez, cheias ou poluição dos aquíferos, geralmente será difícil detetar e mitigar os danos causados na natureza e suas consequências na sociedade ao longo do espaço e do tempo. Isso exigirá recursos financeiros avultados e maior duração no estudo dos parâmetros e das análises hidroquímicas. O desenvolvimento e a gestão do território, com base no risco de contaminação das águas, possibilitará harmonizar a relação entre o homem e a natureza e, conseqüentemente, obter melhores soluções de gestão territorial sustentável. Partindo desse pressuposto, o objetivo deste trabalho consistiu em estimar as áreas de risco de contaminação para as três principais atividades humanas (Industrial, Infraestrutura e Agricultura) e compatibilizar uma ótima qualidade de vida urbana e rural com um menor impacto negativo possível na natureza e na sociedade, tendo como base a água subterrânea.

Sobre o trabalho desenvolvido, apresenta-se um caso de estudo realizado no Brasil, em Minas Gerais, onde, no dia 25 de janeiro de 2019, houve um infeliz desastre antrópico: o rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho (B1), que teve como resultado as perdas de cerca de 3 centenas de vidas humanas para além dos danos socioeconómicos e ambientais incalculáveis nesta região, principalmente na bacia hidrográfica do

córrego Ferro-Carvão, onde se depositaram cerca de 11,7 milhões de m³ de rejeitos de minério. Destes, cerca de 2 milhões de m³ foram depositados no rio Paraopeba. Na sequência desse acidente, surgiu o projeto ENTIRE (Análise dos Impactos de Rejeitos em Rompimentos de Barragens para um Ambiente Aquático Restaurado), no qual um grupo de investigadores tem atuado na análise da vegetação, do solo, da água superficial e na contaminação das águas subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Paraopeba.

Essa bacia hidrográfica inclui a sub-bacia do Ferro-Carvão, principal local dos estudos do Projeto ENTIRE. Localiza-se na região sudeste do Estado de Minas Gerais, próxima à cidade de Belo Horizonte. Tem uma área de drenagem de 13.643 km², e a sua área abrange cerca de 48 municípios. Estima-se uma população afetada de, aproximadamente, 1,4 milhões de habitantes. A tipologia da bacia de drenagem estudada foi considerada como dendrítica, alongada e exorreica. A sua precipitação média anual poderá ser de 1400 a 1500 mm e a sua altimetria varia entre 560 metros e 1400 metros. Seu clima local é considerado como temperado húmido...com invernos secos e verões temperados ou quentes.

A sub-bacia do Ferro-Carvão tem uma área estimada de 50 km² e está disposta no epicentro do desastre ocorrido. O seu contexto geológico agrupa três unidades principais: o Supergrupo Rio das Velhas; o Supergrupo Minas, e o embasamento cristalinas. O Supergrupo Rio das Velhas considerou-se sua formação geológica sendo a do grupo Nova Lima e rochas metavulcânicas. A composição do Supergrupo Minas foi estimada por três Grupos: Caraça; Itabira, e Piracicaba e se sobrepõem às rochas dos complexos metamórficos. Já o embasamento cristalino teve sua constituição pelo complexo granito-gnáissicos. Quanto à metodologia utilizada, compreendeu o desenvolvimento de um novo modelo de análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e de gestão do território sustentável das zonas rurais e urbanas: o método VP (Vulnerabilidade e Perigo). Este método decorre na utilização de parâmetros ambientais (método DRASTIC) e parâmetros de atividades socioeconómicas (industrial, infraestrutura e agricultura). Estes parâmetros, quando não fiscalizados de forma responsável, tendem a proporcionar consequências graves no ambiente ao longo dos anos. Assim, empregou-se o sistema cartesiano, dentro de 4 quadrantes definidos, para identificar a Vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas e os Perigos existentes, com valores entre 0 e 1, e assim classificaram-se os riscos e o tipo de gestão a ser desenvolvida. Quanto maiores os valores de VP, maior o risco e mais exigentes as medidas a serem tomadas. A figura 1 apresenta a metodologia desenvolvida e devidamente validada em publicações de referência.

No que diz respeito aos resultados, o quadrante situado entre os valores de 0 e 0.5 tanto para Vulnerabilidade quanto para o Perigo, compreendeu, em média, 53.73% da área de estudo (sub-bacia do Ferro-Carvão integrada), pode ser considerada uma zona de risco muito baixo de contaminação das águas subterrâneas e de pouquíssimas atividades humanas; logo, seria uma área de conservação e desenvolvimento ambiental. O quadrante que está situado entre os valores de 0 e 0.5 para a Vulnerabilidade e 0.5 e 1 para o Perigo apresentou 13.43% da área de estudo, pode ser uma zona de risco baixo. No entanto, possui regiões com atividades humanas, o que possibilita tomar medidas de monitorização dessas atividades, para que não ultrapassem as questões ambientais e não se originem locais de alto risco de contaminação. O quadrante disposto entre os valores de 0.5 a 1 para a vulnerabilidade e 0 e 0.5 para o Perigo estimou que 25.87% da área de estudo situa-se em uma zona de risco moderado, pois trata-se de uma área com vulnerabilidade elevada e poucas atividades humanas. Pode-se realizar um planeamento sustentável dessas **áreas** promover um convívio entre o ambiente natural

e o ambiente antrópico mais eficaz. O quadrante que está situado entre os valores de 0.5 e 1 tanto para a Vulnerabilidade quanto para o Perigo: 6.97% da área de estudo poderá estar numa zona de alto risco de contaminação das águas subterrâneas; logo, intervir nas atividades promovidas pela região e desenvolver com mais rigor o plano ambiental dessas atividades poderá diminuir esse risco de contaminação. As figuras 2 e 3 apresentam os principais mapas obtidos para desenvolver uma gestão territorial sustentável na bacia do rio Paraopeba.

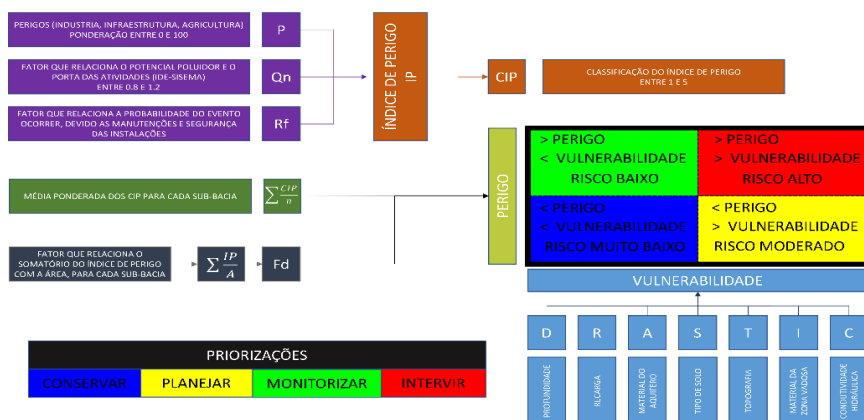


Figura 1. Metodologia Vulnerabilidade e Perigo.

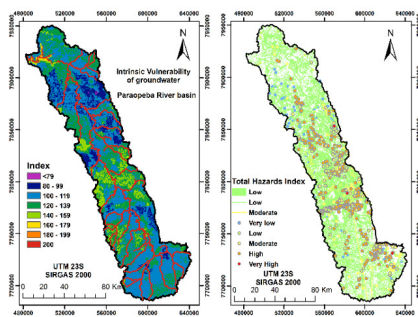


Figura 2. Mapa DRASTIC e Mapa de Perigos

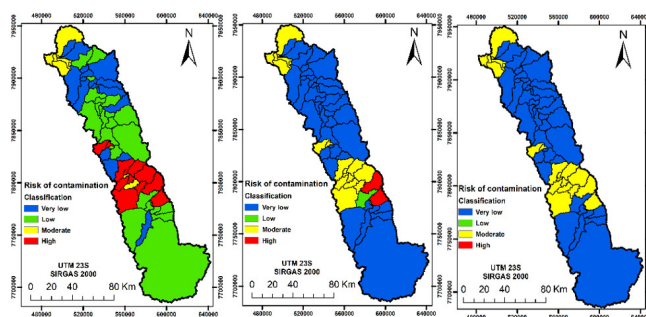


Figura 3. Mapas de riscos (Industrial, Infraestrutura, Agricultura)

Palavras-Chave: Sustentabilidade; Vulnerabilidade; Perigo; Risco de contaminação; Gestão territorial.

UTILIZAÇÃO DA FOTODECOMPOSIÇÃO SOLAR PARA REMOÇÃO DE BTEX EM ÁGUA SUBTERRÂNEA CONTAMINADA PELA ATIVIDADE DE POSTO DE GASOLINA

Priscila GARCIA¹, Nilce ORTIZ²

¹ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Avenida Prof. Lineu Prestes, 2242. São Paulo (SP) - Brasil.
priscila.garcia1008@gmail.com

² nortizbr@gmail.com

RESUMO

Segundo informações da Agência Nacional de Petróleo, o Brasil apresenta 40.970 (2019) instalações de postos revendedores de combustíveis automotivos, ocupando a 9ª posição no ranking de maiores consumidores de petróleo. A comercialização de combustíveis derivados de petróleo os Hidrocarbonetos mono-aromáticos - benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) são potencialmente poluidores e encontrado em plumas de contaminação de água subterrânea e em outros recursos hídricos de superfície, como resultado do descarte de efluentes industriais contaminados, vazamento de tanques de abastecimento de postos de combustíveis e eventos acidentais rodoviários.

Desde 2002, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), órgão vinculado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente, apresenta em forma de inventário a lista com as áreas contaminadas sendo o BTEX o principal contaminante detectado.

Diversas técnicas de remediação têm sido aplicadas no tratamento de água e remoção de compostos BTEX e, especialmente em locais de derramamento. As técnicas mais aplicadas são de biorremediação e atenuação natural, que tem apresentado problemas devido aos extensos intervalos de tempo para a efetivação e adequação aos padrões de qualidade de água exigidos.

A fotodecomposição solar é um método utilizado para tratamento e decomposição de poluentes orgânicos e envolve a produção dos radicais HO* e O₂* em processos fotocatalíticos heterogêneos, pois o HO* é considerado como o oxidante principal. O processo de fotodecomposição utiliza o TiO₂ como catalisador, gerando o radical hidroxila por muitas reações (ORTIZ et al., 2018): Assim, diante da crescente preocupação com as questões referentes à qualidade das águas subterrâneas, torna-se imprescindível o desenvolvimento de tecnologias para o tratamento e remoção do BTEX empregando a fotodecomposição solar.

Os diatomitos são utilizados como filtros para remover impurezas. É uma rocha sedimentar biogênica que se forma pela deposição dos restos microscópicos das carapaças de algas diatomáceas em mares, lagoas e pântanos, ou seja, a formação dela acontece a partir do acúmulo de resíduos de outros tipos de rochas presentes na natureza. Sendo assim, foi o aperfeiçoamento da síntese do semicondutor TiO₂ empregando o diatomito como biotemplate para ser empregado no processo de fotodecomposição solar de compostos tóxicos BTEX presentes na gasolina e como contaminantes presentes em águas subterrâneas otimizando tempo e eficiência no processo.

Os ensaios preliminares realizados em condições controladas permitiram a definição dos parâmetros do processo de fotodecomposição estudados importantes como proporção mássica do TiO_2 e diatomito, diferentes soluções sintéticas de BTEX, tempo de percolação, incidência de radiação solar artificial, valores de pH e temperatura do sistema. Foram realizadas as coletas das alíquotas da amostra percolada e determinada as concentrações do BTEX para o controle do desenvolvimento do processo de fotodecomposição.

A fotodecomposição solar em condições controladas foi estudada em uma câmara com lâmpada que simula a radiação solar. As soluções de BTEX foram preparadas e diluídas com concentração de 60% BTEX e 40% água destilada em valores equivalentes aos encontrados em literatura para águas subterrâneas contaminadas. Após o preparo da solução inicial com BTEX, o diatomito + TiO_2 sintetizado foi empregado na confecção na coluna cromatográfica de vidro, e foram coletadas as alíquotas nos diferentes tempos de percolação, e as soluções coletadas foram medidas no espectrofotômetro UV – visível. Cada composto químico absorve, transmite ou reflete luz ao longo de um determinado intervalo de comprimento de onda. O BTEX apresenta comprimento de onda característico na faixa de 268 nanômetros (nm) característico do benzeno.

Os resultados obtidos permitiram a construção das curvas de variação das concentrações das soluções (C/C_0) nos diferentes intervalos de tempo de percolação pela coluna, devido a vazão constante de 0,5 mL/min, a determinação das melhores condições de fotodecomposição, a concentração de saturação dos tempos de saturação e da influência de pH e temperatura, figura 1.

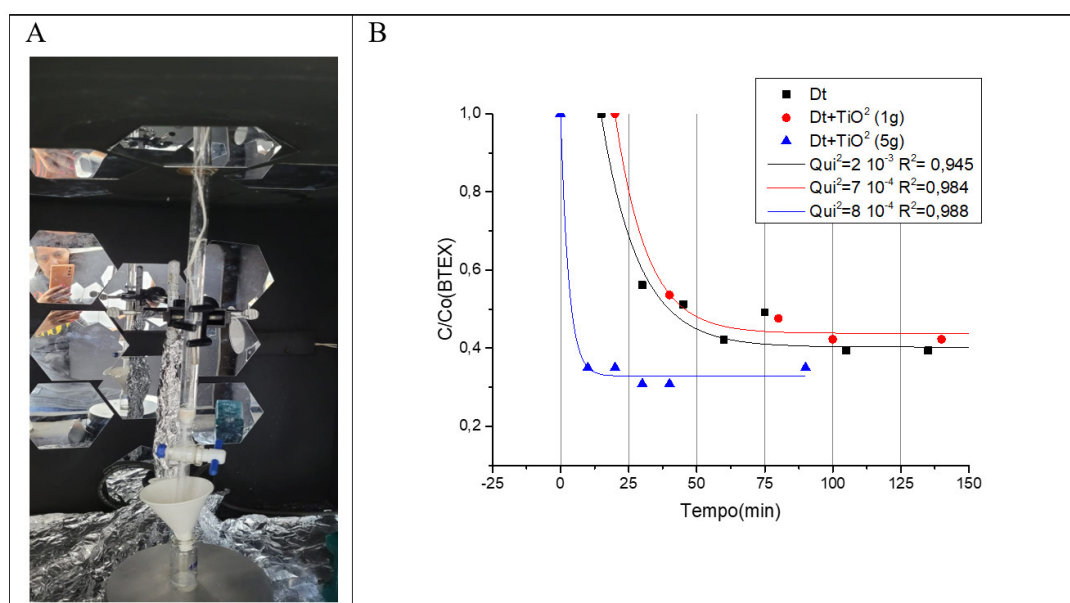


Figura1: A-Aparato experimental; B-Resultados empregando o diatomito Natural (Dt), (TiO_2 +Dt(1g) e TiO_2 +Dt(5g). Fonte: Garcia, Priscila (2022).

Os ensaios foram realizados alterando as concentrações iniciais do BTEX, estudando o efeito de diferentes massas do semicondutor ($\text{Dt}+\text{TiO}_2$) e da composição de diatomito na síntese do TiO_2 a partir do isopropóxido de titânio obtido pelo método sol-gel. Algumas amostras com concentração inicial de 60% BTEX foram encaminhadas para análise cromatográfica para identificar os picos do BTEX, confirmando a preponderância do Benzeno sobre os outros compostos.

Os resultados confirmaram que a utilização de diatomito como biotemplate na síntese do TiO_2 microestruturado preparado sinteticamente resultou um material com excelentes propriedades para ser empregado como semicondutor em processos de fotodecomposição solar. Diversos ensaios realizados permitiram a otimização dos parâmetros de fotodecomposição solar resultando na remoção de 70% do BTEX da água empregando 5g de diatomito como biotemplate no processo de síntese por um tempo de 25min, conforme mostrado na figura 1.

Com base nos resultados obtidos o projeto pretende promover o uso da fotodecomposição solar como processo de tratamento de água subterrânea, apresenta como uma alternativa para tratamento de água sustentável e de de baixo custo.

Palavras-Chave: Água contaminada; BTEX; Fotodecomposição solar; Diatomito e TiO_2 ; Água subterrânea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (Brasil). Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis - 2021. Rio de Janeiro, 2021. <http://www.anp.gov.br/conteudo-do-menu-superior/31-dados-abertos/6010-anuario-estatistico-2020-dados-abertos>

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. 2021. <http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/manual-de-gerenciamento/>

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. Rio de Janeiro, 2021. <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-consumidores-de-petroleo-e-lgn-em-2019/>

ORTIZ, N.; SILVA, A.; LIMA, G. N. S.; HYPOLITO, F. P. Using Solar- TiO_2 and Biocarbon to Decompose and Adsorb Amoxicillin from Polluted Waters. International Journal of Chemistry; Vol. 10, No. 1; 2018. <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/ijc/article/view/72696>.

A NECESSIDADE DE APLICAÇÃO PRÉVIA DA DERROGAÇÕES DOS OBJETIVOS AMBIENTAIS NOS TERMOS DO N.º 7 DO ARTIGO 4.º DA DQA NO LICENCIAMENTO DE NOVOS PROJETOS HIDRÁULICOS: PRINCIPAIS DESAFIOS E DIFICULDADES

Francisco GODINHO, Paulo PINHEIRO, Filipa REIS

AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Lda, Rua do Mar da China, n.º 1 Escritório 2.4

*Parque das Nações, 1990-137 Lisboa, fgodinho@aqualogus.pt, ppinheiro@aqualogus.pt,
filipareis@aqualogus.pt*

RESUMO

A Diretiva-Quadro da Água, DQA (Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000) foi transposta para o ordenamento jurídico nacional através da Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro) e respetivos diplomas complementares. Estes instrumentos legislativos visam a gestão sustentável das massas de água (MA) através da proteção das águas superficiais interiores, das águas costeiras, das águas de transição, bem como das águas subterrâneas.

A DQA estabelece objetivos ambientais vinculativos para todas as MA – aprovados em cada ciclo de planeamento nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) –, estipulando que os Estados-Membros aplicarão as medidas necessárias para evitar a deterioração do Estado das MA e que protegerão, melhorarão e recuperarão todas as MA de superfície, com o objetivo de alcançar um bom Estado, sob reserva da aplicação de algumas exceções previstas da Diretiva.

A autorização/licenciamento de um novo projeto hidráulico – associado à produção de energia, à agricultura, ao abastecimento público de água ou a outra utilização –, que origine modificações físicas em MA superficiais, alterações de MA subterrâneas ou afetação indireta do Estado Químico, requer sempre a verificação do cumprimento da DQA. Assim, é necessário averiguar se a projeto pode deteriorar de forma permanente o Estado da MA, ou se pode impedir que se atinja o bom Estado Ecológico das MA superficiais e/ou o bom estado das MA subterrâneas

Qualquer novo projeto que implique o incumprimento da DQA, o que invariavelmente acontece para projetos de barragens com alguma dimensão, só pode ser autorizado pela Autoridade Nacional da Água se todas as condições necessárias à consideração de uma das exceções previstas no n.º 7 do Artigo 4.º da DQA forem verificadas. O Artigo em causa possibilita excecionar o cumprimento dos objetivos ambientais para as MA que registem modificações recentes das suas características físicas, assim como para os casos em que a deterioração do Estado Excelente para Bom resultar de novas atividades de desenvolvimento sustentável.

Além do n.º 7 do Artigo 4.º, o licenciamento de um novo projeto que não permita o cumprimentos dos objetivos ambientais da DQA terá de considerar, cumulativamente,

o cumprimento do n.º 8 (“os Estados-Membros terão também de assegurar de que essa aplicação não compromete o cumprimento dos objetivos da presente Diretiva noutras MA pertencentes à mesma região hidrográfica e não colide com a execução da restante legislação comunitária no domínio do ambiente”) e do n.º 9 (“Devem ser tomadas medidas para assegurar que a aplicação das novas disposições, incluindo o disposto no n.º 7 garanta um nível de proteção pelo menos equivalente ao da legislação comunitária existente”) do referido Artigo 4º da DQA.

Assim, antecedendo o licenciamento de qualquer novo projeto é necessário realizar uma análise específica para verificar o seu enquadramento nas condições previstas no n.º 7 do Artigo 4º da DQA, mesmo nos casos em que não existe processo de Avaliação de Impacte Ambiental. A referida análise, suportada pelo documento orientador – *Guidance document n.º 36 Exemptions to the environmental objectives according to article 4(7)* –, considera duas etapas sequenciais. A primeira etapa avalia a possibilidade de o projeto provocar a alteração do estado das MA, decorrentes de modificações de qualquer um dos elementos de qualidade integrantes do sistema de classificação de estado/potencial e, assim, se é necessário aplicar o n.º 7 do Artigo 4º da DQA. Caso o projeto provoque alterações no Estado das MA, a segunda etapa testa a aplicabilidade do mesmo Artigo da DQA.

A primeira etapa de avaliação contempla a caracterização do meio e do projeto, e a avaliação dos efeitos do projeto nas massas de água interferidas, incluindo nas zonas protegidas *sensu* DQA. Esta avaliação deve contemplar as pressões existentes, os objetivos ambientais e outros projetos que possam implicar impactos cumulativos, estabelecendo sequencialmente as relações causa-efeito que resultam da ação/modificação/alteração prevista e que podem vir a ser responsáveis pela alteração da classificação de Estado.

A segunda etapa do processo procede a uma análise mais minuciosa da situação, com o intuito de avaliar a possibilidade do projeto ser reequacionado e/ou revisto para incluir as melhores práticas, soluções técnicas e medidas de mitigação exequíveis, numa tentativa final de garantir o cumprimento da DQA.

Concluindo-se não ser possível garantir o cumprimento dos objetivos ambientais, a avaliação da possível derrogação terá de avaliar se as modificações/alterações resultantes do projeto são de superior interesse público e/ou se os benefícios para o ambiente e para a sociedade decorrentes da concretização dos objetivos ambientais estabelecidos na DQA são superados pelos benefícios das novas modificações/alterações para a saúde humana, segurança ou desenvolvimento sustentável.

A determinação do interesse público, em particular, deverá avaliar: i) se a nova modificação/atividade cumpre uma obrigação de serviço público; ii) se a nova modificação/atividade é do interesse de longo prazo da sociedade; e iii) se a nova modificação/atividade visa proteger valores fundamentais para os cidadãos e a sociedade, sendo que o interesse público deve também ser determinado com a participação de todos aqueles que possam ser afetados por tal decisão.

Tendo como ponto de partida o conteúdo do Documento orientador, esta comunicação irá debater vários aspetos ligados à aplicação de derrogações a novos projetos hidráulicos, apontando as dificuldades e os desafios encontrados na experiência obtida em avaliações de projetos específicos efetuadas em Portugal e em outros países europeus.

Palavras-Chave: DQA; Lei da Água; Instrução de novos processos; Derrogações; Licenciamento.

SERVIÇOS DE ECOSSISTEMA PRESTADOS PELOS PEQUENOS RIBEIROS

Verónica FERREIRA¹

¹ MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, ARNET – Rede de Investigação Aquática, Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra, Calçada Martim de Freitas, 3000-456 Coimbra, veronica@ci.uc.pt

RESUMO

Os pequenos ribeiros – cursos de água de 1^a e 2^a ordem – são definidos por uma série de características que os distinguem dos cursos de água de maior dimensão. Desde logo, são estreitos e pouco profundos (pequenos); por isso, têm uma grande interface com o ecossistema terrestre (grande rácio entre perímetro e volume). São hidrologicamente independentes devido à sua posição de cabeceira nas bacias hidrográficas, possuem reduzidas áreas de armazenamento (reduzidas áreas hiporreicas e de aluvião) e apresentam grande variabilidade espacial e temporal. Em zonas florestadas, são geralmente ensombrados e apresentam um metabolismo heterotrófico (o seu funcionamento depende da matéria orgânica de origem terrestre). A composição química da água é grandemente influenciada pela geologia, características do solo e deposição atmosférica; a água é bem oxigenada e geralmente mais fresca que em ribeiros de maior dimensão. O número de pequenos ribeiros nas bacias hidrográficas é geralmente subestimado, mas eles constituem a maioria dos cursos de água e contribuem maioritariamente para o comprimento total das linhas de água nas bacias hidrográficas.

Os pequenos ribeiros prestam inúmeros serviços às populações humanas, determinados no tipo e na magnitude pelas características destes ecossistemas. Segundo o Millennium Ecosystem Assessment, os serviços ecossistémicos – benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas – agrupam-se em quatro categorias: serviços de suporte (necessários à produção de todos os outros serviços), serviços de regulação (benefícios obtidos da regulação dos processos ecossistémicos), serviços de provisionamento (produtos obtidos dos ecossistemas) e serviços culturais (benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas). Como definido, os serviços ecossistémicos são vistos numa perspetiva antropogénica e subjetiva: um serviço existe quando há **peessoas** que tiram um **benefício**. Desta perspetiva, nem todos os pequenos ribeiros prestam todos os serviços de ecossistema exemplificados, mas podemos considerar que todos podem potencialmente prestar esses serviços.

Os serviços de suporte prestados pelos pequenos ribeiros são: a circulação da água e dos nutrientes, a produção primária, a formação de sedimento, a provisão e manutenção de habitat, a manutenção da biodiversidade e a manutenção da produtividade aquática e terrestre. Os serviços de regulação são: o controlo de cheias e da erosão, a regulação da temperatura e do microclima, a drenagem e a irrigação natural, a purificação da água e o sequestro de carbono e de azoto. Os serviços de provisionamento são: a água de boa qualidade, o alimento, a energia, os recursos ornamentais e os recursos genéticos. Os serviços culturais são: os valores estéticos, a inspiração (valores culturais e artísticos), os valores espirituais, a sentido de identidade e de espaço, o ecoturismo, o recreio, a ciência e a educação. Proporcionalmente falando, os pequenos ribeiros contribuem mais para a

prestação de serviços de suporte e de regulação do que de serviços de provisionamento e culturais, que estão mais associados a cursos de água maiores. Por esta razão, o papel dos pequenos ribeiros como provedores de serviços de ecossistema é geralmente negligenciado.

No entanto, para além dos serviços prestados directamente pelos pequenos ribeiros, estes contribuem também para os serviços prestados pelos cursos de água maiores em resultado da conexão longitudinal que permite o transporte de água, sedimentos, nutrientes, matéria orgânica e organismos de montante para jusante. Contudo, os pequenos ribeiros sofrem ameaças (e.g., enterramento, obstrução, alterações na floresta e nos usos do solo, poluição) que colocam em risco a sua capacidade para prestar serviços e para contribuir para os serviços prestados a jusante. O reconhecimento do importante papel dos pequenos ribeiros nas bacias hidrográficas e na prestação de serviços de ecossistema devem mobilizar a sociedade para a sua protecção e restauro.

Palavras-Chave: Serviços de suporte; Serviços de regulação; Serviços de provisionamento; Serviços culturais; Conectividade longitudinal.

BOA PRÁTICAS AGROAMBIENTAIS EM ALQUEVA: QUANTIFICAÇÃO DE RESULTADOS

Filipa RUAS¹, Luísa PINTO¹, Noemí SANTIAGO¹

¹ Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A., Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja

fruas@edia.pt; lpinto@edia.pt; nsparada@edia.pt

RESUMO

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), atualmente com uma área aproximada de 130 000 hectares de regadio em exploração, constitui um elevado potencial de desenvolvimento para a Região, através da implementação de práticas de agricultura de regadio, bem como para reforço do abastecimento público e industrial de água e a produção de energia hidroelétrica.

A figura 1 ilustra o enquadramento deste empreendimento.

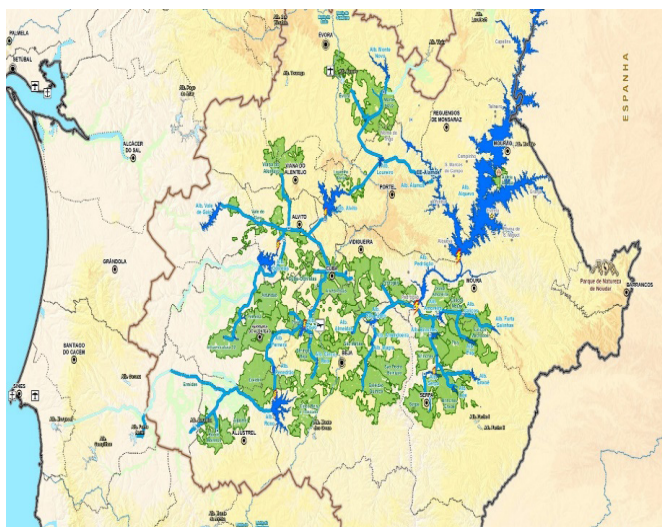


Figura 1: Enquadramento do EFMA (Fonte: SIG EDIA)

A Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva, S.A. (EDIA, S.A.), enquanto entidade promotora e gestora do EFMA, sempre defendeu o princípio da sustentabilidade de todo o projeto. No âmbito da fase de exploração, e tendo em conta a grande conversão agrícola que ocorreu na região do Alqueva, tornou-se necessário implementar uma estratégia que conduzisse à adoção de práticas de gestão ambiental adequadas à sua missão e aos compromissos ambientais assumidos, procurando, ainda assim, nunca comprometer o potencial de desenvolvimento da área de intervenção do EFMA.

Neste seguimento, em 2017 foi desenvolvida internamente uma aplicação em Sistema de Informação Geográfica (SIG) que, anualmente, seleciona de forma aleatória prédios a visitar até perfazer 10% da área de cada perímetro de rega que estão sob gestão

da EDIA. No âmbito dessas visitas, a EDIA identificou e colaborou nalguns casos de adoção de boas práticas agroambientais, casos esses que constituem uma base para demonstrar o trabalho desenvolvido pela Empresa no domínio ambiental.

Desde a implementação da aplicação em SIG, a EDIA já conseguiu verificar 23% da sua área atualmente regada, traduzindo-se em cerca de 29.750 hectares e, portanto, considera-se de todo relevante implementar estratégias para avaliar algumas práticas agrícolas presentes na área de Alqueva. Nesta vertente, têm sido implementadas sebes de compartimentação como objetivo de proteger a cultura dos fenómenos climáticos adversos (p.e. vento), preservadas áreas incultas com potencial ecológico para favorecer as funções auxiliares agrícolas, desenvolvidos de projetos para beneficiação das linhas de água, monitorizadas as emissões sonoras provenientes dos equipamentos agrícolas. Assim, considera-se importante que seja também caracterizado e avaliado mais um descritor ambiental e tão falado ultimamente: qualidade do ar ambiente.

Para ter uma maior abrangência de resultados e para conhecer quais os possíveis fatores que poderão contribuir para a qualidade do ar ambiente, foram considerados os seguintes aspetos: tipo de cultura (permanente e anual); ocupação cultural, considerando a quantidade e tipologia diversificada de fertilizantes e fitofármacos aplicáveis a cada cultura; e altura do ano (época de pulverizações). As amostragens serão realizadas nos pontos onde a cultura é mais predominante e tendo em consideração duas épocas do ano: 1ª amostragem na altura do ano em que as pulverizações são diminutas, e a 2ª amostragem na altura de maior número de pulverizações. Com base nos aspetos considerados, foram mapeados os possíveis sítios de amostragem (Figura 2).

Este procedimento e os demais em curso permitirão quantificar alguns resultados inerentes às diversas boas práticas agroambientais que têm vindo a ser implementadas pelos agricultores nos últimos tempos na região do Alqueva. Só assim é possível ter uma visão real e evidente dos perímetros de rega do EFMA relativamente à compatibilização da atividade agrícola com os valores ambientais em presença, e aquilo que ainda pode se melhorado nessas áreas para conservar e salvaguardar esses mesmos valores.

Atendendo aos resultados já obtidos, é de todo o interesse manter a metodologia que está atualmente a ser implementada na fase de exploração, para promoção e verificação do bom desempenho ambiental e para uma gestão integrada do Empreendimento.

Palavras-Chave: Boas práticas agroambientais; sustentabilidade; fiscalização ambiental; qualidade do ar.

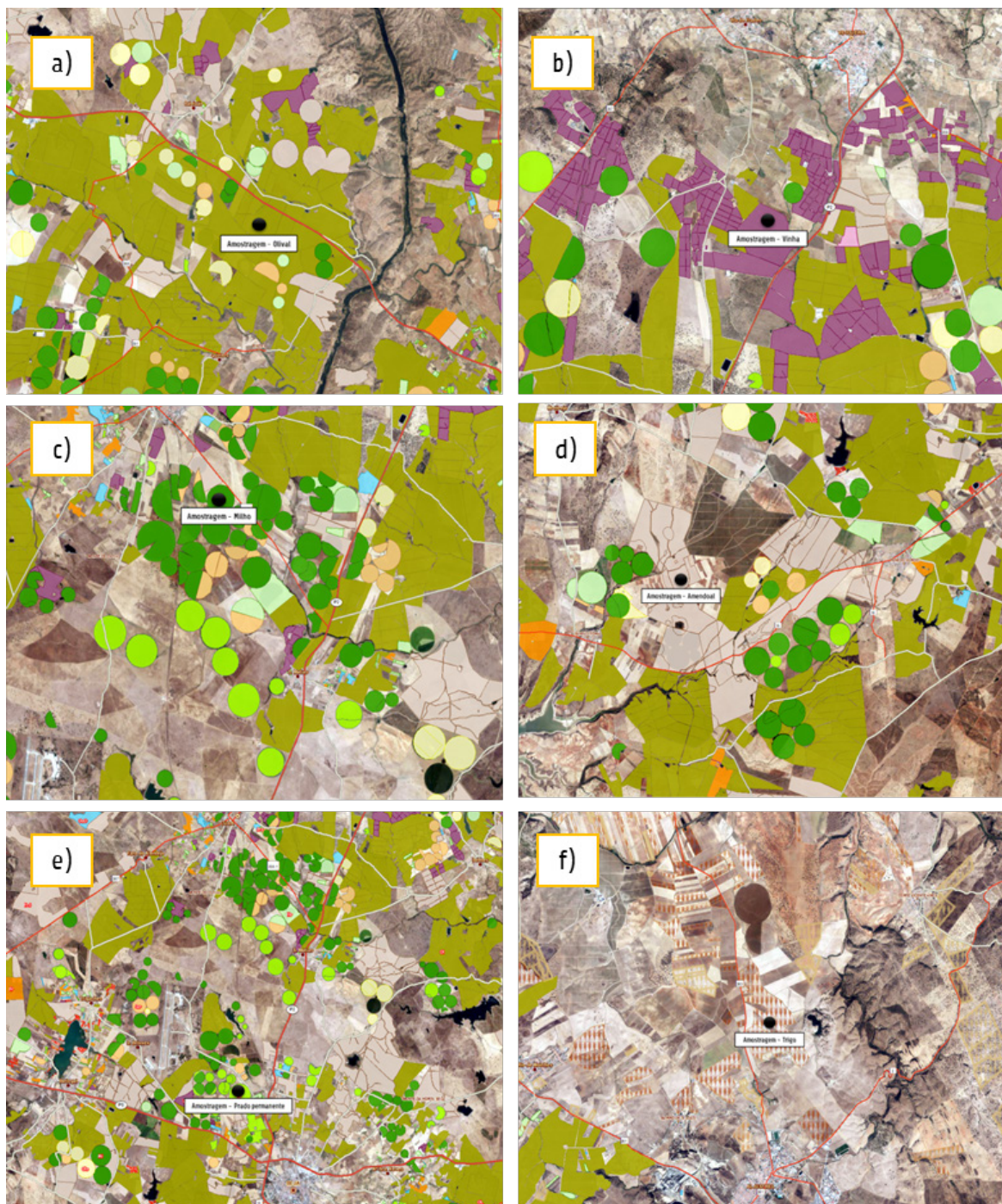


Figura 2: Mapeamento de pontos de amostragem.

IMPLICAÇÕES SOCIAIS DA ESCASSEZ DE ÁGUA SOBRE AS SOCIEDADES TRANSUMANTES DO SUL DA PROVÍNCIA DO CUNENE, ANGOLA

António CHAMBEL¹, Carlos ALEXANDRE², Carlos RODRIGUES², Rita GUIMARÃES²

¹ ICT – Instituto Ciências da Terra, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, achambel@uevora.pt

² MED – Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7000-554 Évora, Portugal, cal@uevora.pt, camr@uevora.pt, rcg@uevora.pt

RESUMO

A água é essencial à vida, mas a forma como é encarada e utilizada pelos diversos povos é também diversa e em consonância com as vivências, formas de estar na vida, sua utilização e quantidades necessárias.

Os povos do sul da província do Cunene, no sul de Angola, pertencem a diversas etnias e estão divididos em várias tribos com uma língua base comum, mas, muitas vezes, com dialetos próprios, pelo que, na sua generalidade, se fazem entender. São ainda povos transumantes, movendo-se para longe das suas zonas mais habituais de residência por alguns meses para poder alimentar melhor o seu gado.

Sendo povos que praticamente não praticam a agricultura, e que têm o seu circuito económico e interação social baseados, não na moeda do país, mas em trocas de bens, e em que o gado assume um estatuto de poder que marca praticamente todos os aspetos da sua vida, como nascimentos, casamentos ou falecimentos, a água é uma necessidade permanente principalmente para dois fins: o consumo humano e o abeberamento de gado. A água que utilizam é praticamente toda subterrânea, principalmente nos períodos de maior necessidade, pois apenas o rio Cunene, na fronteira com a Namíbia, é uma linha de água permanente. Todos os outros são rios temporários e com bastantes sinais de terem regime torrencial quando chove, o que se percebe pela dimensão dos sedimentos que preenchem o leito, alguns com blocos ou seixos de grandes dimensões, sendo que os sedimentos mais finos são areias grosseiras nas zonas mais planas. A precipitação ocorre principalmente em 3 ou 4 meses, no máximo, pelo que em todos os outros meses estes povos dependem inteiramente das águas subterrâneas.

O projeto “Omeva Omwenyo – Acesso à água e segurança alimentar e nutricional para maior resiliência da população do Curoca”, é financiado pelo FRESAN/Camões IP e dirigido pela Associação para o Desenvolvimento pela Tecnologia, Engenharia, Saúde e Educação (TESE), com a coordenação científica da Universidade de Évora, a importante participação a nível logístico e de organização local da Federação Luterana Mundial (FLM), ramo Angola, e o apoio institucional e participativo do Gabinete para a Administração das Bacias Hidrográficas do Cunene, Cubango e Cuvelai (GABHIC). Tem como objetivo melhorar a vida das populações locais, através da maior disponibilidade de água, para maior resistência aos efeitos das alterações climáticas, e através de uma tentativa de alteração da sua dieta alimentar. O município do Curoca situa-se no SW da província do Cunene, limitado a sul pela Namíbia, numa zona onde a fronteira é marcada

pela presença do Rio Cunene, e, limitado também, na sua parte oeste, pela província do Namibe. Está-se, portanto, no limite da passagem de uma zona semiárida para o deserto do Namibe, mais a sul e oeste.

Com base no tipo de regime hídrico característico desta zona, e considerando também que grande parte deste território se situa sobre rochas ígneas e metamórficas fraturadas, com muito pouco solo e uma espessura de alteração muito reduzida, as populações baseiam as suas captações, em toda a época seca, em poços ou pequenas charcas escavadas nas aluviões do leito seco dos rios ou das suas margens. Durante os cerca de 34 meses de época pluviosa, uma grande parte dessas captações fica cheia de sedimentos, pelo que todos os anos voltam a escavar, ou no mesmo local (reabertura das captações), ou iniciam nova escavação noutra local próximo.

A técnica de escavação destes poços é manual, tendo os poços profundidades iniciais de 2 a 4 m enquanto os níveis de água subterrânea estão ainda próximos da superfície. Depois, à medida que os níveis freáticos vão baixando na época seca, os poços vão sendo aprofundados apenas à medida das suas necessidades, algumas dezenas de centímetros de cada vez. Não são, portanto, poços estruturais, com profundidades de 6 ou 10 m, com 4 ou 5 m de espessura de água dentro e que servem para qualquer altura do ano. Na generalidade dos casos apresentam apenas uma pequena lâmina de água de poucos decímetros. Deste modo, em anos mais pluviosos, os poços podem ter 4 a 6 m de profundidade no final da época seca, em anos menos húmidos podem aproximar-se de profundidades máximas, no final da época seca, de 6 a mais de 10 m, uma profundidade já muito elevada para poços escavados à mão.

Nas últimas décadas estes povos têm vindo a sentir um rebaixamento significativo dos níveis freáticos. As captações são cada vez mais profundas. A escavação dos poços é feita à mão pelos membros juvenis das comunidades, com condições de segurança muito precárias, o que torna esta atividade muito perigosa. A extração de materiais é feita com baldes pendurados em cordas, um risco enorme para quem se encontra a trabalhar a 6 ou 10 m de profundidade. O aprofundamento dos poços para estes valores de profundidade na época mais seca, faz com que o risco de derrocada durante a construção aumente exponencialmente.

São povos transumantes cujo principal recurso é o gado, essencialmente vacas e cabras, o que acaba por afectar muito negativamente os solos e os recursos hídricos, através do pisoteio intenso dos solos e da erredicação de arbustos e árvores jovens, prejudicando o renovescimento da floresta. Por outro lado, estas sociedades não vivem em aldeias tradicionais características e fixas. Vivem em casas de madeira envolvidas por um cercado também de madeira onde vivem famílias bastante isoladas de outras áreas construtivas idênticas (os designados quimbos). Rituais muito próprios destas sociedades levam a que estes locais habitados sejam abandonados e as casas construídas noutra lado de cada vez que há um acontecimento importante, como por exemplo o falecimento de um chefe/autoridade nas aldeias. As novas construções podem surgir a 500 ou a 3.000 m do local inicial. Cada vez que se muda um aldeamento deste tipo, a madeira fica abandonada, cortam-se novas árvores para constuir o novo quimbo, o que também contribui muito para a desflorestação, com consequências ao nível dos fenómenos que potenciam a desertificação, e, muito possivelmente, também com consequências na redução da precipitação.

Deste modo, e porque as habitações não são permanentes, as captações são sempre feitas em zonas normalmente afastadas das habitações, e todas as pessoas que residem nessa área se deslocam a estes pontos para levar água para as habitações. Mas estes

são igualmente pontos onde a população leva o gado para beber água. Nalguns locais, cerca de 2 a 3.000 cabeças, principalmente gado bovino, dependem de um único ponto de água. Em menor quantidade, existem também rebanhos de cabras. As populações organizam-se de modo a poder usar esse ponto de água, permitindo que 800 ou 1.000 cabeças de gado possam beber água por dia, ou seja, o gado só bebe água de 2 em 2 ou de 3 em 3 dias, nos casos mais graves.

Este modo de vida leva a consequências para o ambiente que se refletem, neste território, nos seguintes termos:

- Uma grande deflorestação, para obtenção de madeira para construção e como principal tipo de combustível usado para cozinhar e para aquecimento
- Uma grande concentração de gado, o qual não permite a regeneração da floresta autóctone, delapidada a vegetação rasteira e provoca uma grande compactação do solo
- Uma concentração excecional de gado nos locais das captações de água, com pisoteio intenso e degradação muito elevada da vegetação por vezes em centenas de metros em redor das captações, onde o gado pode aguardar horas pelo momento de poder aceder à captação, enquanto outras cabeças de gado bebem

Estas ações levam a consequências para as águas subterrâneas:

- A deflorestação e a compactação do solo por pisoteio leva a uma cada vez maior escorrência de águas superficiais, prejudicando os volumes de água infiltrados no aquífero
- A falta de vegetação acentua a erosão do solo, não permitindo a retenção de água que favorece a infiltração
- A grande concentração de pessoas e animais leva a uma grande degradação da situação sanitária nas imediações das captações e na qualidade da água subterrâneas nas mesmas

Com a redução da disponibilidade de água, outros problemas foram identificados entre a população:

- O aumento dos conflitos entre grupos populacionais ou entre grupos mais sedentários e populações em transumância com o seu gado, por falta de disponibilidade do recurso.
- A existência de campos de deslocados, populações cujo gado morreu devido à seca, e que são verdadeiras vítimas das alterações ambientais, nomeadamente da cada vez maior irregularidade dos ritmos de precipitação

A solução para estas populações passa no momento pela tentativa de execução de captações profundas, mas esta zona de Angola necessita claramente de uma abordagem integrada que nomeadamente reveja a concentração de gado no território e algumas práticas de desperdício de material lenhoso que está a levar ao corte e desaparecimento das florestas locais.

Palavras-Chave: águas subterrâneas; sociologia; captações subterrâneas; desertificação; Angola

POLUENTES ALVO DE PREOCUPAÇÃO EMERGENTE EM ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS E NO MEIO RECETOR - PORTUGAL NA ÚLTIMA DÉCADA

Camila SILVA¹, Anabela REBELO², Manuela MOREIRA DA SILVA³

¹ Universidade do Algarve. Instituto Superior de Engenharia. Campus Penha 8005-132. a69981@ualg.pt

² Agência Portuguesa do Ambiente. Rua da Murgueira, 9 Zambujal, Alfragide. 2610-124. Amadora. anabela.rebelo@apambiente.pt

³ Universidade do Algarve. Instituto Superior de Engenharia. Campus Penha 8005-132. Faro. msanti@ualg.pt
Centro de Investigação Marinha e Ambiental- CIMA, ARNET; Centro de Engenharia e Desenvolvimento (CEiiA).

RESUMO

Nas últimas décadas o aumento da pressão antrópica e as alterações climáticas, têm gerado pressões cada vez maiores sobre os recursos hídricos naturais. Para se responder às necessidades humanas preservando habitats e mantendo a biodiversidade, é necessário garantir-se o uso eficiente da água e a promoção de práticas de circularidade, nomeadamente de reutilização. Assim, a reutilização de água é atualmente uma grande prioridade no espaço Europeu e nomeadamente em Portugal, onde se têm investido esforços, políticos, científicos e tecnológicos, para responder ao aumento da procura de ApR (água para reutilização), garantindo que a sua qualidade é ajustada aos diversos usos, de forma segura para o ambiente e para a saúde pública. A legislação que define as regras para a produção e utilização de ApR a partir do tratamento de águas residuais entrou em vigor em Portugal com Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto. No entanto, a presença de Poluentes alvo de Preocupação Emergente (PPE), carece de particular atenção devido à sua potencial toxicidade e à frequência da sua presença em águas residuais tratadas e nos ecossistemas aquáticos naturais. Os PPE podem constituir um risco ambiental e de saúde pública, imediato e a longo prazo, uma vez que são substâncias resultantes de produtos muito diversos e amplamente utilizados, como fármacos, produtos de higiene pessoal, pesticidas, detergentes domésticos e industriais, retardantes de chama, etc.

Este estudo realizou-se no âmbito do Mestrado em Ciclo Urbano da Água da Universidade do Algarve e teve como objetivos: (1) analisar a presença de nonilfenóis etoxilados, di(2-etilhexil) ftalato (DEHP), e Diclofenac, nas águas residuais urbanas tratadas em ETAR de Portugal continental, com capacidade instalada para mais de 100 000 equivalentes-populacionais, e nos meios recetores, de 2010 a 2020, a partir de dados recolhidos no SNIRH ou fornecidos pela Agência Portuguesa do Ambiente. Estas ETAR foram selecionadas por se tratarem de sistemas de tratamento abrangidos pelo Regulamento para o Registo de Emissões e Transferência de Poluentes (E-PRTR) e por conseguinte, com obrigações de monitorização decorrentes do regulamento (poluentes PRTR); (2) relacionar os resultados obtidos para cada região hidrográfica com as características da realidade urbana que serve, em termos geográficos e socioeconómicos; (3) identificar a existência de tendências que revelem a dominância de algum PPE em particular ou de outros aspetos relevantes para o ambiente e saúde pública; (4) propor medidas para se

diminuírem os riscos associados à presença dos PPE alvo deste estudo na produção de ApR.

Os principais resultados estão presentemente a ser analisados e apontam para que o nonilfenol (com principal origem nas emissões domésticas) seja o PPE mais abundante no meio recetor, exceto nas regiões hidrográficas (RH) 3 e 5, onde os meios recetores poderão eventualmente apresentar uma maior capacidade de diluição. A RH 3 corresponde à região do Douro e provavelmente não existem dados disponíveis de nonilfenóis para este período. A RH 5 corresponde à zona do Tejo e Ribeiras do Oeste, onde a densidade urbana é a mais elevada do país e a atividade industrial é intensa e diversificada, e portanto revela a maior incidência nacional de Ftalatos, e de Diclofenac. Na RH 5 os nonilfenóis, também estão presentes, mas em concentrações intermédias entre os Ftalatos e o Diclofenac. Note-se que, atualmente nenhuma destas ETAR consideradas neste estudo dispõe de um nível de tratamento que preveja a remoção deste tipo de compostos químicos, contudo a proposta de revisão da Diretiva 91/271/CEE relativa às águas residuais urbanas, publicada pela Comissão Europeia no passado dia 26 de outubro de 2022 prevê a imposição de tratamento quaternário, i.e, um processo que remova um largo espectro de micro-poluentes, em pelo menos 50% da carga tratada até ao fim da presente década.

Palavras-Chave: Água para Reutilização; Sócioeconomia; Nonilfenóis; Ftalatos; Diclofenac.

DINÂMICA DO FITOPLÂNCTON NA ZONA COSTEIRA ENTRE A TORREIRA E A VAGUEIRA

Ana Carla GARCIA¹, Barbara CAMARÃO², Christina BASSANI³, Helena Veríssimo²

¹ IATV – Instituto do Ambiente, Tecnologia e Vida/ MARE – Marine and Environmental Sciences Centre / ARNET - Aquatic Research Network, Laboratório MAREFOZ, IEFF, Rua da Acácias, Lote40A, 3090-380 Figueira da Foz, acmgarcia@uc.pt

² Universidade de Coimbra, DCV, FCTUC / MARE – Marine and Environmental Sciences Centre / ARNET - Aquatic Research Network, Laboratório MAREFOZ, IEFF, Rua da Acácias, Lote40A, 3090-380 Figueira da Foz, bccamarao@uc.pt, helena.verissimo@uc.pt

³ MARE – Marine and Environmental Sciences Centre / ARNET - Aquatic Research Network, Laboratório MAREFOZ, IEFF, Rua da Acácias, Lote40A, 3090-380 Figueira da Foz, christinabassani@gmail.com

RESUMO

No âmbito da sua licença de utilização de recursos hídricos a fábrica de Cacia (Aveiro) da empresa The Navigator Company, S.A., realiza desde 2019, monitorização nas praias de Torreira, S. Jacinto, Barra, Costa Nova e Vagueira, para avaliação da qualidade da água, para o parâmetro físico temperatura e os parâmetros biológicos, clorofila *a* e fitoplâncton.

Anualmente são recolhidas amostras semanais no período de 1 de maio a 30 de setembro. Dos parâmetros analisados só a clorofila *a* faz parte dos indicadores de avaliação da qualidade das águas costeiras, no âmbito da Diretiva Quadro da Água (DQA), sendo uma medida de biomassa fitoplanctónica. Apesar do fitoplâncton não ser oficialmente um indicador de qualidade, no âmbito da DQA têm vindo a ser realizados exercícios de intercalibração, a nível europeu, para este indicador (Carletti & Heiskanen, 2009, Brito *et al.*, 2012a, Brito *et al.*, 2012b).

A métrica mais utilizada no estudo das comunidades fitoplanctónicas é a clorofila *a*, por representar uma medida simples e integradora da resposta ao enriquecimento de nutrientes. No entanto, a estrutura da comunidade (ou seja, a distribuição dos indivíduos em grupos ou espécies) permite transmitir informações diferentes e complementares, considerando as espécies heterotróficas e/ou mixotróficas que não são consideradas nas medições de clorofila *a*, como alguns dinoflagelados e euglenófitas, entre outros flagelados, ou mesmo as cianobactérias. A comunidade científica tem discutido sobre a importância de combinar diferentes métricas para o fitoplâncton no âmbito da DQA, e da avaliação integrada da qualidade para desenvolver ferramentas robustas, uma vez que cada métrica utilizada pode fornecer uma resposta diferente da população fitoplanctónica às influências locais e, com isso, permitir informações diferenciadas em relação à qualidade do ambiente aquático (Garmendia *et al.*, 2013). No entanto, até ao momento, os diferentes parceiros europeus da região atlântica não conseguiram uma uniformização das métricas a serem utilizadas para a contagem do fitoplâncton, razão pela qual, este indicador não está incluído na DQA.

O relatório de intercalibração (Carletti & Heiskanen, 2009), indica que em Portugal, para as zonas costeiras, é considerado *bloom* de fitoplâncton se a contagem de células for superior a 1 000 000 cel/L¹ de fitoplâncton (nano + micro).

1 O documento original refere 1 000 000 cel/mL (micro+nano). De acordo com informações obtidas por diversos especialistas, existe um erro nas unidades, e em vez de "mL" deve-se considerar "L".

Neste trabalho analisam-se os resultados obtidos para os anos de 2020, 2021 e 2022.

Para este trabalho foram definidos os seguintes objetivos:

- 1) Conhecer os principais grupos fitoplanctónicos que ocorrem nesta zona costeira e a sua dinâmica; 2) Analisar os fatores responsáveis pela ocorrência de blooms fitoplanctónicos;
- 3) Identificar as espécies responsáveis por blooms de algas tóxicas e sua dinâmica;
- 4) Averiguar a eficácia do indicador clorofila *a* como indicador de biomassa de fitoplâncton.

As condições atmosféricas e as correntes condicionam a hidrodinâmica local observando-se diferenças na variação mensal da temperatura da água nos 3 anos monitorizados.

O número de *blooms* de fitoplâncton têm vindo a aumentar de ano para ano, sendo que na maioria dos casos ocorrem simultaneamente em todas as praias após um arrefecimento da temperatura da água, indicando que estes *blooms* estão associados a episódios de upwelling, que não é mais do que a ascensão à superfície de águas frias e ricas e nutrientes que resultam num aumento da produção primária.

A comunidade fitoplanctónica desta zona costeira é dominada pelo grupo das diatomáceas e das dinófitas, sendo os *blooms* normalmente dominados por um destes grupos. As cripófitas também ocorrem com alguma frequência, mas em pequena percentagem.

Os *blooms* de algas tóxicas tendem a ocorrer maioritariamente a partir dos meses de julho mantendo-se até meados de setembro, sendo dominados pelos dinoflagelados do género *Dinophysis* em especial a espécie *D. acuta* e *D. acuminata*, e, ainda, espécies do género *Prorocentrum*, todas elas associadas às Toxinas Lipofílicas (DST).

Analisando a relação clorofila *a* e abundância de fitoplâncton, observa-se que não existe uma relação evidente entre a concentração de clorofila *a* e o número de células de fitoplâncton. Isto pode dever-se à presença de grandes quantidades de espécies que não possuem a clorofila *a* como pigmento predominante., o que nos leva a concluir que a clorofila *a* poderá por si só não ser um bom indicador da biomassa fitoplânctonica.

Palavras-Chave: Qualidade da Água; DQA; Fitoplâncton; Clorofila *a*; *upwelling*.

BIBLIOGRAFIA

Brito, A., Brotas, V., Caetano, M., Coutinho, T.P., Bordalo, A., Icely, J., Neto, J., Serôdio, J. & Moita, T., 2012a. *Defining phytoplankton class boundaries in Portuguese transitional waters: an evaluation of the ecological quality status according to the water framework directive*. Ecological Indicators 19, 5-15.

Brito, A.C., Quental, T., Coutinho, T.P., Branco, M.A.C., Falcão, M., Newton, A., Icely, J. & Moita, T., 2012b. *Phytoplankton Dynamics in southern Portuguese coastal lagoons during a discontinuous period of 40 years: An Overview*. Estuarine Coastal and Shelf Science 110C, 147-156.

Carletti A, & Heiskanen, A.S., 2009. *Water Framework Directive intercalibration technical report*. Part, 3, 240.

Garmendia, M., Borja, A., Franco, J. & Revilla, M., 2013. *Phytoplankton composition indicators for the assessment of eutrophication in marine waters: Present state and challenges within the European directives*. Marine Pollution Bulletin 66, 7-16.

REDE DE ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS DO EFMA. REDE CLIMATOLÓGICA E REDE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Martinho MURTEIRA¹, Ana ILHÉU², Manuela RUIVO³

¹ EDIA, S.A., Rua Zeca Afonso, 2, 7800-522 Beja, mmurteira@edia.pt

² EDIA, S.A., Rua Zeca Afonso, 2, 7800-522 Beja, ailheu@edia.pt

³ EDIA, S.A., Rua Zeca Afonso, 2, 7800-522 Beja, mruivo@edia.pt

RESUMO

Atendendo à elevada importância dos recursos hídricos no Alentejo e consciente da importância de proceder à correta gestão e exploração do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) a EDIA, enquanto entidade gestora, assumiu a responsabilidade de implementar e manter um sistema de vigilância e alerta no EFMA, constituído por um conjunto de estações de monitorização automática, equipadas com telemetria e teletransmissão de dados.

A **Rede Climatológica do EFMA**, atualmente, está dotada de 18 estações automáticas equipadas com telemetria. Estas estações medem em contínuo variáveis climáticas em tempo real. A rede foi estabelecida com o objetivo de compreender o funcionamento do sistema climático da região; acompanhar e compreender as causas e consequências da distribuição dos fenómenos climáticos extremos e entender as vulnerabilidades associadas, bem como analisar as consequências do aquecimento global. Todas as estações efetuam medição contínua e recolha sistemática de informação referente às seguintes variáveis climáticas: Temperatura do Ar; Ponto de orvalho; Défice de vapor-pressão; Humidade Relativa do Ar; Precipitação. Com o objetivo de estimar a evaporação na albufeira de Alqueva duas estações (Aldeia da Luz; Alqueva-Ilha) estão apetrechadas com equipamentos e sensores adicionais que permitem medir e recolher informação relativa à: radiação solar; ao molhamento foliar; direção do vento; velocidade do vento; evapotranspiração diária (ET_o); e estimativa de evaporação através de tina evaporométrica classe A (com medição do nível e temperatura da água da tina).

A **Rede Automática de Qualidade da Água do EFMA** é constituída por 15 estações, equipadas com telemetria e teletransmissão de dados, com capacidade para efetuar leituras horárias *in situ*. A rede foi estabelecida com o objetivo de acompanhar sistematicamente a variabilidade espaço-temporal dos parâmetros físicos-químicos medidos *in situ* nos corpos d'água, de modo a garantir um padrão aceitável para os diversos usos. A rede de estações tem como objetivos específicos: o controlo de qualidade das origens de água; avaliar a evolução espacial e temporal da qualidade da água e quantificar as alterações sofridas; o estabelecimento de relações entre os diferentes parâmetros medidos *in situ* e identificar episódios de poluição; identificar tendências temporais da qualidade dos recursos hídricos e a sua distribuição no tempo e no espaço; recolher informação de base para o estabelecimento de modelos de qualidade. Os parâmetros monitorizados são os seguintes: temperatura da água; pH; potencial Redox; condutividade elétrica; oxigénio dissolvido expresso em mg/l e em % de O₂; turbidez. As estações efetuam medição contínua; o registo de dados é horário.

Palavras-Chave: EFMA; monitorização; estações automáticas; climatologia; qualidade da água.

REGIONALIZAÇÃO E ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DAS SECAS EM PORTUGAL CONTINENTAL

Maria Manuela PORTELA¹, Luis Angel ESPINOSA²

¹ Instituto Superior Técnico (IST), Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS),
maria.manuela.portela@tecnico.ulisboa.pt

² Associação do Instituto Superior Técnico para a Investigação e Desenvolvimento (IST-ID), Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS), luis.espinosa@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

As secas são fenómenos climáticos naturais que afetam praticamente qualquer região do globo, sem aviso nem reconhecimento de fronteiras administrativas ou diferenças políticas e económicas. Traduzem-se por ocorrências prolongadas e espacialmente extensas de disponibilidade hídrica abaixo da média (Tallaksen, Van Lanen, 2004), envolvendo a precipitação, o armazenamento de água no solo, os escoamentos superficial e subterrâneo e, prolongando-se suficientemente no tempo, o armazenamento em reservatórios artificiais (albufeiras) e naturais.

De modo distinto de outros eventos hidrológicos extremos, as secas desenvolvem-se subtil e cumulativamente, resultando em impactes que, tornando-se visíveis, são impossíveis de reverter e difíceis de minimizar. O conhecimento acerca das características das secas é fundamental para uma gestão eficaz dos recursos hídricos, especialmente em regiões, como Portugal Continental, com acentuada variabilidade hidrológica intra e inter anual.

Embora com um nível de confiança reduzido, devido à escassez de dados observacionais, admite-se que, à escala global, a magnitude e a frequência das secas aumentem em consequência das mudanças climáticas. No que respeita ao sul da Europa e à bacia do Mediterrâneo, é mais provável que as secas se intensifiquem no século 21 devido ao efeito combinado da redução da precipitação e do aumento da evapotranspiração em consequência do aumento da temperatura do ar.

O presente trabalho incide sobre a análise da frequência das secas em Portugal Continental tendo por base uma regionalização prévia do País uma vez que se está perante um fenómeno espacialmente diferenciado. Para o efeito, adotaram-se as precipitações entre 1919/1920 e 2018/2019 em 532 postos udométricos dispersos pelo País obtidas por Portela *et al.*, 2020. Com base em tais postos e de modo a agilizar a análise espacial, construiu-se uma malha de 126 células regulares (Figura 1). A precipitação atribuída a cada centróide resultou da aplicação do método IDW (*Inverse Distance Weighting*) aos m postos mais próximos do mesmo, tendo m sido escolhido de modo a que a média dos pesos desses postos no conjunto dos 126 centróides fosse inferior a 5%. Resultou, assim, $m=35$.

Seguidamente, procedeu-se à regionalização do País baseada na aplicação da análise de componentes principais às séries anuais de 100 anos de precipitação nos 126 centróides, conforme descrito em Espinosa, Portela, 2022, tendo-se obtido as três regiões homogéneas esquematizadas na Figura 1. As secas em cada uma dessas regiões foram caracterizadas pelo índice padronizado de precipitação, SPI (da nomenclatura inglesa,

standardized precipitation index) (McKee *et al.*, 1993) calculado a partir das precipitações mensais ponderadas nessa região. As escalas temporais do SPI consideradas foram de 6 e 12 meses, de modo a refletir défices de água afetando reservatórios da bacia hidrográfica mais significativos, tendo a análise incidido sobre as secas moderadas e severas, de acordo com a classificação de Agnew, 2000, ou seja, $SPI < -0.84$ e $SPI < -1.28$, respetivamente.

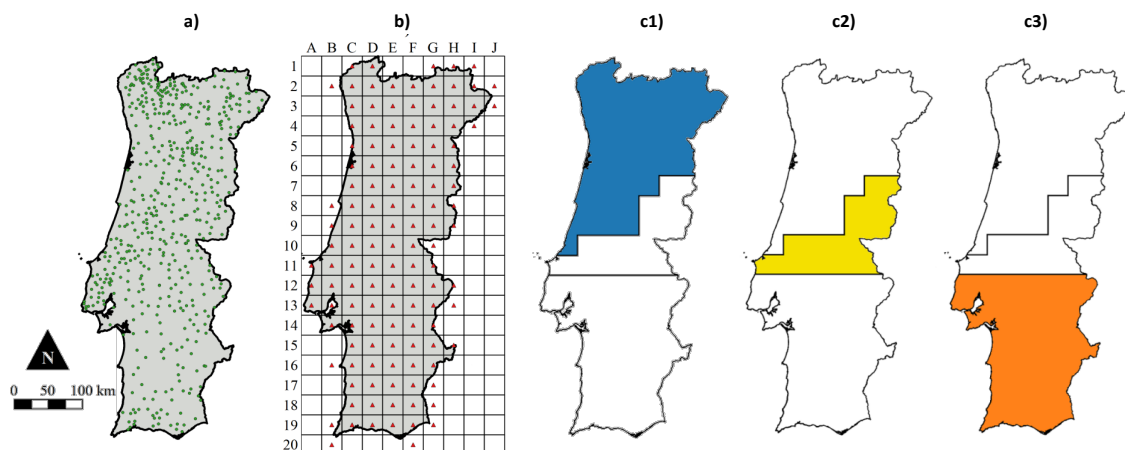


Figura 1 – a) localização dos 532 postos udométricos (pontos verdes) com precipitações mensais no período de 100 anos entre 1919/1920 e 2018/2019; b) malha com 126 quadrículas, cada com 30 por 30 km, construída com base nos postos udométricos localizados em a) e; c1) a c3) regiões homogéneas – norte, centro e sul.

Uma vez calculadas as séries de SPI procedeu-se à análise da evolução temporal da frequência anual das secas, $\lambda(t)$, por aplicação do estimador não-paramétrico KORE (*kernel occurrence rate estimator* ou estimativa de densidade kernel, Silva *et al.*, 2012) aos sucessivos períodos em seca. Os resultados obtidos são exemplificados na Figura 2, tendo sido diferenciados por região homogénea, por tipo de seca e por escala temporal do SPI.

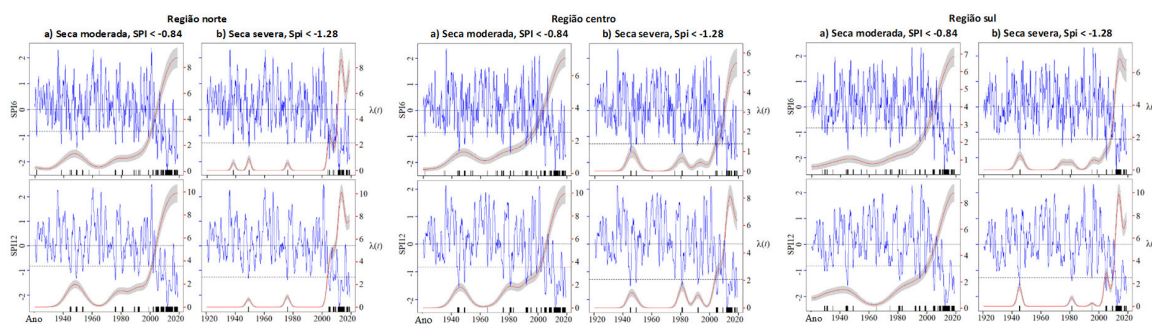


Figura 2 – Frequência anual das secas, λ (ano^{-1}), (linha a vermelho) e intervalo de confiança (banda cinzenta) das secas a) moderadas e b) severas para SPI6 e SPI12 (linhas a azul).

Em cada gráfico da figura anterior a linha vermelha indica a frequência das secas, $\lambda(t)$, tendo-se construído em torno da mesma uma banda de confiança por recurso a reamostragem com reposição (*bootstrap resampling*). A linha azul do gráfico fornece os valores de SPI, estando ainda representado, através de um segmento de reta tracejado

horizontal com ordenada inferior a zero o limiar de seca correspondente à intensidade em causa. Os pequenos traços verticais junto ao eixo das ordenadas identificam as datas de ocorrência dos sucessivos períodos de secas às quais foi aplicado o KORE.

A anterior figura indica claramente que sensivelmente após 1960 tem havido um aumento da frequência anual das secas. No caso da seca severa tal aumento parece ser contrariado em anos muito recentes, facto que se julga ser consequência de os dados não incluíram a seca extremamente gravosa que teve lugar no ano hidrológico de 2021/2022.

Estando-se perante um fenómeno hidrológico insuscetível de ser controlado, resta, assim, pensar seriamente na mitigação das suas consequências, envolvendo, por exemplo, práticas de utilização de água mais parcimoniosas, o aumento da eficiência dos sistemas de transporte e distribuição de água, a reutilização de águas efluentes ou mesmo a criação de reservas de água estratégicas. Tão importante quanto as anteriores medidas é a capacitação pública, por exemplo, assente em campanhas de sensibilização. Em qualquer circunstância, não se trata de agir quando se está perante ocorrências do fenómeno, pois tal é inconsequente por ser tarde demais, mas antes atuar preventivamente de modo contínuo.

Palavras-Chave: seca; regionalização; SPI; Kore; Portugal.

Acknowledgments. Investigação com o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia através do financiamento UIDB/04625/2020 ao CERIS e do programa de investigação e inovação Horizonte 2020 da União Europeia, contracto n.º 101003534.

REFERÊNCIAS

Agnew, C., 2000, "Using the SPI to Identify Drought". In *Drought Network News* (1994–2001), University College London: London, UK, 2000; Available online: <https://digitalcommons.unl.edu/droughtnetnews/>.

Espinosa, L.A., Portela, M.M., 2022, "Grid-point rainfall trends, teleconnection patterns, and regionalised droughts in Portugal (1919–2019)", *Water*, 14(12):1863, <https://doi.org/10.3390/w14121863>.

McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993, "The relationship of drought frequency and duration to time scales". In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, CA, USA, Volume 17:179–183.

Portela, M.M.; Espinosa, L.A.; Zelenáková, M., 2020, "Long-term rainfall trends and their variability in Mainland Portugal in the last 106 Years". *Climate*, 8(12):146, eISSN: 2225-1154, <https://doi.org/10.3390/cli8120146>.

Silva, A.T., Portela, M.M., Naghettini, M., 2012, "Nonstationarities in the occurrence rates of flood events in Portuguese watersheds". *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16:241–254, <https://doi.org/10.5194/hess-16-241-2012>.

Tallaksen, L.M.; Van Lanen, H.A., 2004, *Hydrological drought: processes and estimation methods for streamflow and groundwater*, Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2004.

APROVEITAMENTO DA ENERGIA DAS ONDAS EM PORTOS COMO MEDIDA DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Tomás CALHEIROS-CABRAL^{1,2}, José Victor RAMOS^{1,2}, Gianmaria GIANNINI^{1,2},
Paulo ROSA-SANTOS^{1,2}, Francisco TAVEIRA-PINTO^{1,2}

¹ Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, Portugal, up201304327@up.pt, jvrc@fe.up.pt, gianmaria@fe.up.pt, pjsantos@fe.up.pt, fpinto@fe.up.pt

² CIIMAR - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental - Universidade do Porto, Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões, Avenida General Norton de Matos, s/n, 4450-208 Matosinhos, Portugal

RESUMO

Os recursos energéticos do oceano terão um papel cada vez mais relevante no desenvolvimento social e económico das nações costeiras, contribuindo também para a mitigação dos efeitos das alterações climáticas. Portugal possui a 3ª maior Zona Económica Exclusiva da União Europeia, o que demonstra o enorme potencial do mar na economia portuguesa. Tendo como objetivo explorar esse potencial, o projeto PORTOS - *Autossuficiência Energética em Portos*, coordenado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, promove o aproveitamento da energia renovável marinha e a eficiência energética em portos. O projeto PORTOS contempla a avaliação e a promoção do uso integrado de energia renovável marinha nos portos, estabelecendo linhas orientadoras para tornar o setor portuário mais competitivo e sustentável. Com esse objetivo, foram avaliados os recursos energéticos marinhos na área de jurisdição de 3 portos (Portugal, Espanha e Irlanda), seguindo-se a seleção das áreas e dos recursos com maior potencial. Posteriormente, os recursos energéticos locais foram analisados através da modelação numérica, o que permitiu escolher as combinações “local – tecnologia de conversão do recurso” com a melhor relação custo-benefício. Após essa seleção, as tecnologias foram estudadas utilizando modelação física, permitindo assim a sua otimização para os locais selecionados e o cálculo da produção de energia. Por fim, os estudos realizados conduziram à elaboração de orientações para os portos diversificarem o seu *mix* energético e caminharem para a autossuficiência energética, nomeadamente através da ferramenta de suporte à decisão desenvolvida.

Neste contexto, a FEUP testou o conversor de energia das ondas híbrido h-WEC [1-3]. Este conceito, que permite transformar a energia das ondas em eletricidade, apresenta várias vantagens, nomeadamente: (i) a hibridização de dois conceitos, um dispositivo que funciona por galgamento e uma Coluna de Água Oscilante (CAO), alcançando assim maior eficiência para um largo espectro de condições de agitação marítima; (ii) a possibilidade de integração em quebra-mares de taludes, os mais usados em Portugal, o que permite reduzir os custos construtivos e de manutenção, facilita o acesso e a ligação à rede elétrica e minimiza o impacto visual e ambiental do dispositivo.

O h-WEC foi otimizado para as condições de agitação marítima existentes junto ao quebra-mar norte do Porto de Leixões e concebido para ser integrado na estrutura proposta para o prolongamento desse quebra-mar, atualmente em construção. A componente que

funciona por galgamento é constituída por 4 reservatórios. Para a componente CAO foram consideradas 3 variantes: duas configurações de entrada distintas e uma variante que usa uma câmara dupla. O módulo do h-WEC foi construído à escala 1:40 com 0.5 m de largura (20 m à escala de protótipo) e testado num canal com 1.60 m de largura, construído dentro do tanque de ondas do Laboratório de hidráulica da FEUP, Figura 1.

O modelo foi testado para 4 profundidades de água correspondentes ao nível médio da água do mar, a níveis representativos da baixa-mar e da preia-mar, e um nível extremo que soma a subida do nível médio da água do mar estimada pelo IPCC [4] ao nível de preia-mar. Foram utilizadas ondas regulares com alturas entre 0.025 m e 0.100 m e períodos de onda entre 0.95 e 2.85 s. Foram também testados 7 estados de mar com ondas irregulares seguindo o espectro de JONSWAP para um fator de pico de 3.3, com alturas de onda significativas entre 0.032 e 0.096 m e períodos de pico de onda entre 1.44 e 2.51 s. Foram utilizadas 6 sondas de níveis hidrodinâmicos colocadas à saída do sistema de geração de ondas e em frente ao modelo para medir a elevação da superfície livre da água durante os testes. Duas sondas de níveis foram usadas para medir a oscilação da superfície livre da água dentro da CAO, e 3 sensores de pressão de ar permitiram avaliar a queda de pressão associada à passagem do escoamento pelo sistema utilizado para reproduzir a turbina da CAO. A velocidade do ar na passagem por esse sistema foi medida utilizando um anemómetro de fio quente. O modelo foi ainda instrumentado com 8 sensores de pressão colocados à entrada da CAO, nas rampas dos reservatórios do sistema de galgamento, e no muro cortina. Foi ainda colocado um sensor de pressão entre o núcleo e o primeiro filtro, e outro entre o primeiro e o segundo filtro de forma a medir a pressão intersticial. O volume de água que entrou nos reservatórios, assim como aquele que galgou a estrutura, foi medido através de um sistema de reservatórios auxiliares, bombas hidráulicas e sondas de nível. Finalmente, foram tiradas fotografias ortogonais ao manto resistente e feitos levantamentos de nuvens de pontos para avaliar a evolução da estabilidade do manto e a ocorrência de infraescavações em frente ao dispositivo.

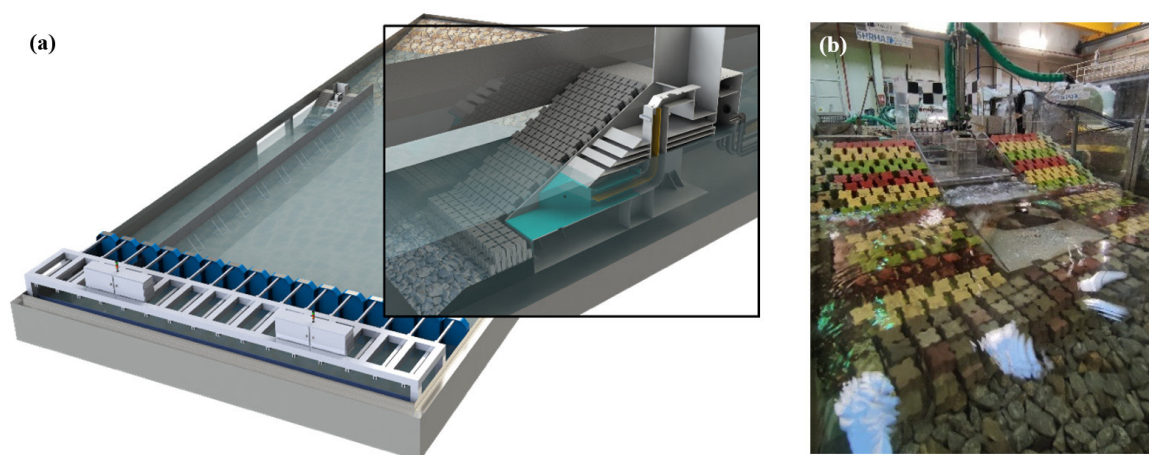


Figura 1. Ensaios experimentais do h-WEC no tanque de ondas do Laboratório de Hidráulica da FEUP.

Os ensaios experimentais realizados permitiram adquirir dados sobre o desempenho do dispositivo h-WEC e sobre o seu impacto na funcionalidade e estabilidade do quebra-mar, que serão apresentados e discutidos na comunicação. A análise do efeito da subida do nível médio da água do mar nos eventos de galgamento de estruturas de proteção costeira e portuária é de grande importância para as próximas décadas, em que será necessário

adotar medidas de adaptação a esta nova realidade e ainda proteger as infraestruturas costeiras. Contudo, é importante minimizar os custos financeiros e ambientais das soluções encontradas, assegurando a sua sustentabilidade. Na atual conjuntura social, económica e política, o h-WEC apresenta-se como uma solução sustentável e inovadora que poderá ser adotada em inúmeros quebramares portuários devido à sua modularidade, escalabilidade e facilidade de integração em quebramares de taludes. O conceito poderá ser integrado aquando da construção de novas estruturas, mas também na reabilitação de estruturas já construídas. O h-WEC permite reduzir os galgamentos através da absorção da energia das ondas, permitindo ainda gerar eletricidade a partir dum recurso vasto, inesgotável e previsível.

Palavras-Chave: energia renovável marinha; modelação física; portos de baixo-carbono; alterações climáticas; quebramar multifuncional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio dos projetos: PORTOS - *Ports Towards Energy Self-Sufficiency* (EAPA 784/2018), cofinanciado pelo Programa Interreg Espaço Atlântico através do FEDER, e WEC4Ports – *A hybrid Wave Energy Converter for Ports* (OCEANERA/0004/2019) financiado pela FCT. O primeiro autor agradece o financiamento de bolsa de doutoramento pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), com a referência 2021.07687.BD.

REFERÊNCIAS

1. Calheiros-Cabral, T., Clemente, D., Rosa-Santos, P., Taveira-Pinto, F., Ramos, V., Morais, T., and Cestaro, H. (2020). "Evaluation of the annual electricity production of a hybrid breakwater-integrated wave energy converter". *Energy*, 2020. 213: p. 118845. ISSN 0360-5442. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118845>.
2. Clemente, D., Calheiros-Cabral, T., Rosa-Santos, P., and Taveira-Pinto, F. (2021). "Hydraulic and Structural Assessment of a Rubble-Mound Breakwater with a Hybrid Wave Energy Converter". *Journal of Marine Science and Engineering*, 2021. 9(9): p. 922. ISSN 2077-1312.
3. Rosa-Santos, P., Taveira-Pinto, F., Clemente, D., Calheiros-Cabral, T., Fiorentin, F., Belga, F., and Morais, T. (2019). "Experimental Study of a Hybrid Wave Energy Converter Integrated in a Harbor Breakwater". *Journal of Marine Science and Engineering*, 2019. 7(2): p. 33. ISSN 2077-1312. doi: 10.3390/jmse7020033.
4. IPCC (2019). "IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate - Summary for Policymakers". [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. Weyer (eds.)]. In Press.

TRANSDISCIPLINARIDADE E INOVAÇÃO AO SERVIÇO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E SOCIAL: O PROJETO NATURELAB

Ana Estela BARBOSA¹, Margarida REBELO²

¹ Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, aestela@lnec.pt

² Departamento de Edifícios, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, mrebelo@lnec.pt

RESUMO

Há décadas que se investiga e promove as soluções de base natural (SBN), o tratamento e a reutilização de águas pluviais, apoiando a sustentabilidade ambiental e novas soluções para o ciclo urbano da água. Mais recentemente, começou a ser introduzida a dimensão de resiliência às alterações climáticas das cidades que as SBN também apoiam, por mitigarem as ondas de calor e amortizarem os picos dos eventos extremos de precipitação - tanto as secas como as cheias. Por outro lado, os novos conhecimentos científicos sobre a importância da natureza para o bem-estar e saúde, a par com a experiência da pandemia onde muitas pessoas em todo o mundo procuraram as - por vezes escassas - zonas verdes urbanas para momentos de lazer, desporto e reequilíbrio físico, psíquico e emocional, trazem uma oportunidade de integrar a transdisciplinaridade nos objetivos, na conceção e na manutenção das SBN, de modo a potenciar os seus múltiplos benefícios económicos, sociais e ambientais.

As SBN apoiam a biodiversidade e a prestação de serviços de ecossistemas, nomeadamente os culturais, onde a promoção do bem-estar e da saúde se incluem (IUCN, 2020). Apesar do reconhecido valor das SBN, estas ainda não estão a ser desenvolvidas para atingir o seu potencial máximo, apoiando globalmente a resiliência a desafios como as alterações climáticas, a saúde das populações, a segurança alimentar e hídrica, as catástrofes naturais e a perda de biodiversidade.

Kumar *et al.* (2020) referem que projetar e implementar SBN socioculturalmente sustentáveis exigem abordagens inter- e transdisciplinares que podem ser alcançadas através de processos de cocriação, envolvendo os diversos setores e partes interessadas, e inspirando a utilização de recursos e conhecimentos de forma mais eficaz e em equilíbrio com os objetivos de adaptação climática. Também Sowinska-Swierkosz e García (2021) defendem a importância de agregar a dimensão ambiental, incluindo a saúde e bem-estar humano, na implementação de SBN.

Nasrabadi (2022) coloca o foco da sua análise na natureza, o que traz uma perspetiva inovadora. Este autor defende que a urbanização fragmenta a paisagem e degrada a biodiversidade e que as SBN contribuem para a sustentabilidade da paisagem urbana, com valor acrescentado em diversas vertentes, nomeadamente: i) saúde mental e física; ii) segurança, especialmente face a desastres naturais; iii) educação ambiental; iv) sentimento de pertença; v) valor estético do lugar e (vi) promoção da interação social.

Esta comunicação apresenta o projeto *Nature-Based Interventions for Improving Health and Well-Being* (NATURELAB), com financiamento de 6MEuro do programa Horizonte Europa, a iniciar em meados de 2023. O NATURELAB vai investigar, de forma inovadora, a utilização de espaços verdes e azuis (*blue and green*) como promotores da saúde e

bem-estar das comunidades - em particular as que vivem em zonas urbanas – avaliando também stressores como a qualidade do ar, o ruído e a insolação/radiação solar.

O projeto, coordenado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, vai trabalhar com cerca de 4000 participantes de 15 Locais Experimentais e 4 *Demonstrator Fellows*, localizados em zonas rurais, costeiras e urbanas de cinco países, nomeadamente: Portugal, Grécia, Holanda, Alemanha (na Europa) e Peru (na América Latina). Estes participantes constituirão uma amostra variada e representativa de pessoas, em termos de género, idade e condição socioeconómica. A variedade de localizações geográficas assegura a diversidade de climas, tipos de natureza (*blue and green*), ecossistemas, biodiversidade e, também, contextos culturais, políticos e administrativos. As metodologias vão permitir estabelecer Terapias de Base Natural (TBN) para apoiar as pessoas a conectarem-se com a natureza. As TBN são programas validados cientificamente, apoiados em protocolos estabelecidos para atender às necessidades pessoais específicas de cada indivíduo. Por exemplo, podem ser concebidas para prevenir e melhorar situações de hipertensão ou depressão, abarcando tanto a saúde física como a mental. O consórcio integra um total de 12 parceiros das mais diversas áreas de atividade, incluindo a investigação; academia em ciências médicas; SME e organizações não governamentais focadas num *nexus* abrangente: comunidades/solidariedade/ saúde e bem-estar/ preservação da natureza/ sustentabilidade.

O NATURELAB traz uma abordagem integrada e inovadora para melhorar a resiliência das comunidades, aumentando os benefícios das áreas *blue and green*, potenciando a resiliência às alterações climáticas, a biodiversidade e a gestão da água em meio urbano, bem como endereçando a poluição do ar e o nível sonoro. No término dos 54 meses da sua execução, o projeto terá apresentado, entre outros, os seguintes resultados e produtos:

- i. Programas de TBN customizadas para populações com diferentes necessidades;
- ii. Um portefólio de indicadores para classificar o potencial de zonas naturais para promover a saúde & diretrizes para analisar os benefícios das áreas verdes para a saúde, de acordo com os requisitos de avaliação do capital natural (integrado na avaliação de serviços de ecossistemas, Edens et al. 2022);
- iii. Diretrizes para a criação e gestão de Jardins Terapêuticos, públicos e privados, e de espaços de horticultura/jardinagem, integrando também as dimensões de resiliência climática e sustentabilidade ambiental;
- iv. Um Programa-Guia para esquemas de financiamento para apoiar a prescrição de TBN pelo setor da saúde;
- v. Diretrizes para promover a integração das TBN no setor público de saúde.

A equipa do projeto irá treinar e disseminar os programas NATURELAB de TBN junto de cerca de 600 profissionais de saúde, a nível internacional. Serão distribuídos entre 8000 a 10000 materiais de educação e de treino inovadores. O NATURELAB irá ainda contribuir para a sustentabilidade económica, social e ambiental, trazendo capacitação e explorando novos tipos de trabalhos, nomeadamente, na área das terapias, na indústria de horticultura e jardinagem e, ainda, na conceção de espaços urbanos naturais (SBN) integradores da dimensão de saúde e bem-estar.

Palavras-Chave: comunidades; terapias de base natural; soluções de base natural; saúde e bem-estar; serviços de ecossistemas.

AGRADECIMENTOS

O projeto NATURELAB foi selecionado para financiamento pelo programa Horizonte Europa. Encontra-se em fase de preparação do *Grant Agreement*, estando o seu início planeado para meados de 2023.

ESTRATÉGIAS E SOLUÇÕES PARA O CONTROLO DE INUNDAÇÕES URBANAS - OS CASOS DAS CIDADES DE LISBOA, ÁLBUFFEIRA, ÁGUEDA E MAPUTO - PROBLEMAS ANÁLOGOS, SOLUÇÕES DIVERSAS

José Saldanha MATOS¹, Filipa FERREIRA²

¹ Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, e HIDRA Hidraulica e Ambiente Lda, jose.saldanha.matos@tecnico.ulisboa.pt

² Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, e HIDRA Hidraulica e Ambiente Lda filipamferreira@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A ocupação crescente do território, o aumento do nível da água do mar e o risco do agravamento da frequência de precipitações intensas colocam desafios acrescidos às entidades gestoras dos serviços de águas que operam sistemas separativos pluviais, sistemas unitários ou sistemas pseudo-separativos, isto é, sistemas que recolhem aflúncias pluviais e, por isso, estão sujeitos, diretamente, aos efeitos do clima e da ocupação do território.

Estes desafios são fundamentalmente de natureza quantitativa, isto é, de controlo de inundações, e de natureza qualitativa, isto é, de controlo de descarga de elevados caudais, poluídos, nos meios recetores, e têm tendência a agravar-se na cidade, por razões diversas.

O ciclo urbano da água é fundamental para o desenvolvimento equilibrado e para o bem-estar e qualidade de vida, nomeadamente no que respeita à gestão do ciclo hidrológico: precipitação, infiltração, reserva, aproveitamento da água para usos compatíveis e, finalmente, descarga em meios recetores.

Entre os problemas diversos de drenagem que a cidade enfrenta, incluem-se os seguintes:

- a) Inundações, motivadas por sub-dimensionamento de infra-estruturas e pela falta de preparação da Sociedade para eventos extremos. Esta situação resulta do aumento da ocupação, com agravamento do escoamento direto, por redução de áreas permeáveis, mas também pelo agravamento dos tempos de reação ou “resposta” das bacias, que se torna mais curto devido ao aumento das velocidades do escoamento, redução dos tempos de percurso e dos tempos de concentração, com agravamento de caudais de ponta de cheia.
- b) Desempenho deficiente de sistemas separativos pluviais, quando descarregam efluentes contaminados para meios recetores sensíveis, por efeito de lavagem de pavimentos assumindo, nesse contexto, especial relevância as primeiras chuvadas após prolongados períodos secos, nomeadamente em termos de carga de microrganismos patogénicos.
- c) Comportamento deficiente, mas muito comum, de sistemas de drenagem unitários, com entrada em funcionamento de descarregadores de recurso, ou de “by-pass”.

As águas residuais e pluviais em excesso são descarregadas sem serem sujeitas a tratamento, deteriorando a qualidade da água dos meios recetores.

Nalguns casos, como nos eventos que tiveram recentemente lugar em Lisboa, em 13 de dezembro de 2022, e antes, na mesma cidade, em setembro de 2008 e em setembro e novembro de 2014, em Albufeira, em novembro de 2015, em Águeda, em fevereiro de 2016, ou em Maputo, em Moçambique, em 2021, resultaram avultados prejuízos para pessoas e bens, com impactos sociais, ambientais e económicos especialmente negativos.

Em síntese, as estratégias gerais para o controlo de inundações em meio urbano podem resumir-se da seguinte forma (Matos et al., 2016; Matos, 2017):

- Estratégias de mitigação de caudais de ponta pluviais, ou seja, um conjunto de medidas para reduzir caudais de ponta pluviais, através do aumento de infiltração e da retenção em espaços livres do território, como se previram, por exemplo, em planos e projetos para Lisboa (HIDRA et al., 2015) ou Maputo (HIDRA et al., 2022).
- Estratégias de adaptação, que consistem em assumir os caudais de ponta pluvial estimados para os períodos de retorno de projeto, reforçando as estruturas de drenagem e as estruturas de proteção (diques), como no caso da cidade de Águeda (HIDRA, 2017), ou ainda desviando os caudais pluviais das zonas críticas, seja através de coletores de meia encosta com trechos finais sob pressão (como se previram para as cidades de Albufeira e Maputo) (HIDRA, 2016; HIDRA et al., 2022), ou através de túneis, como se previram, por exemplo, para a cidade de Lisboa (túnel Monsanto-Sta. Apolónia, de 4,4 km, e túnel Chelas-Beato, de 1,1 km) e Albufeira (túnel de 1,1 km).

Entre as estratégias de mitigação incluem-se as soluções de controlo na origem (*“source control”* na terminologia anglo-saxónica, também designadas como *“Best Management Practices”* ou de *“Sustainable Urban Design”*), nas suas diversas formas e variantes, nomeadamente trincheiras de infiltração, valas revestidas com coberto vegetal, poços drenantes, pavimentos reservatórios, telhados verdes ou bacias de retenção (Matos, 2021). As soluções ou medidas de controlo na origem são tipicamente de cariz descentralizado.

Contudo, para controlar os efeitos das inundações e tornar a cidade mais resiliente a esse tipo de eventos, para além de medidas físicas, podem assumir especial interesse e pertinência abordagens não físicas, em que se incluem as medidas de formação/capacitação de profissionais e de aquisição de conhecimento, de sensibilização da sociedade e de monitorização, aviso e alarme.

No âmbito desta comunicação, apresentam-se as estratégias e soluções de controlo de inundações, adotadas em planos e projectos, alguns já concretizados em obra, para as cidades de Lisboa, Águeda, Albufeira e Maputo, salientando as suas diferenças e as suas semelhanças, em função das características locais dos respetivos territórios.

Palavras-Chave: Alterações climáticas, drenagem pluvial, estratégias e soluções, inundações urbanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HIDRA (2016). Plano de Drenagem de Albufeira, C. M. Albufeira, Lisboa, 2016.

HIDRA (2017). Plano Geral de Drenagem da Cidade de Águeda e Projeto de Execução das Intervenções Prioritárias, C. M. Águeda, Lisboa, 2017.

HIDRA/ENGIDRO/CHIRON (2015). Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030, C.M.L. Lisboa.

HIDRA, CONSULTTEC e AQUAPOR (2022). Review of the Drainage and Sanitation Solutions of the Maputo Metropolitan Master Plan, including the Preparation of Studies, Basic and Detailed Plans and Projects for the Maputo Downtown Area and respective Tender Documents, Phase 3-Detailed Project. Conselho Municipal de Maputo, Banco Mundial, Set 2022.

Matos J. (2017). Desafios e Estratégias para a Gestão de Drenagem Pluvial em Meio Urbano. Revista Indústria e Ambiente, Lisboa, Junho de 2017.

Matos J. (2021). Cidades-esponja, resiliência e adaptação a alterações climáticas. Revista Indústria e Ambiente, Fevereiro de 2021.

Matos J., Monteiro A., Ferreira F., Ferreira J., Frazão A., Guimarães J., Leboeuf Y., Lopes R. (2016). Controlo de Inundações em Meio Urbano - Intervenções Estruturantes e Complementares Previstas para a Cidade de Lisboa. 13º Congresso da Água, APRH, Lisboa, 2016.

FENÓMENOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS ASSOCIADOS À TEMPERATURA DO AR NA ÁREA METROPOLITANA DE LISBOA

Maria Manuela PORTELA¹, Luis Angel ESPINOSA¹, José Pedro MATOS¹

¹ Instituto Superior Técnico, Avenida Rovisco Pais 1, Lisboa, maria.manuela.portela@tecnico.ulisboa.pt, luis.espinosa@tecnico.ulisboa.pt, jose.matos@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

Recentemente deu-se início a uma investigação tendo em vista estabelecer uma metodologia suscetível de ser aplicada a todo o território de Portugal Continental para detetar alterações no comportamento de alguns das variáveis diretamente relacionadas com fenómenos hidrológicos extremos e concluir se tais alterações podem ser explicadas pela variabilidade das amostras históricas a que respeitam ou se, antes pelo contrário, estão para além dessa variabilidade, denotando comportamentos suscetíveis de serem atribuídos às alterações climáticas. Para desenvolver e testar os modelos a integrar naquela metodologia e para sistematizar a apresentação dos respetivos resultados foi selecionada uma localização específica na área metropolitana de Lisboa, designadamente a estação climatológica de LisboaGeofísico. Os registos para o efeito utilizados foram facultados pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P., referindo-se a valores diários de precipitação e de temperaturas máxima, T_{max} , e mínima, T_{min} , no período de 157 anos hidrológicos, entre outubro de 1864 e setembro de 2021 (Espinosa *et al.*, 2022). Resumem-se, seguidamente, alguns dos modelos aplicados e dos resultados obtidos, designadamente, envolvendo temperaturas, por veicularem informação que se julga pioneira.

Em linhas gerias pretendeu-se, por um lado, identificar tendências e, por outro lado, analisar a frequência de fenómenos hidrológicos extremos. A análise de tendências utilizou o teste não-paramétrico de Mann Kendall associado ao estimador de declive de Sen aplicados a séries de máximos anuais, no caso de T_{max} , e de mínimos anuais, para T_{min} . O nível de significância adotado para teste bilateral foi de 5%.

Contudo, sendo as séries de máximos e de mínimos anuais constituídas por um valor por ano – respetivamente, o máximo ou o mínimo valor da variável hidrológica em questão em cada ano – conduzem a uma frequência do fenómeno analisado de um acontecimento por ano, não se adequando a descrever alterações naquela frequência. Assim, para aceder ao aumento ou diminuição das ocorrências extremas de temperatura recorreu-se ao conceito de onda de calor proposto por Russo *et al.*, 2014. De acordo com este autor considera-se estar perante uma onda de calor sempre que a temperatura máxima permanece pelo menos 3 dias consecutivos acima de um limiar. Em cada dia d o limiar é definido pelo percentil 90% da temperatura máxima diária, T_{max} , centrada numa janela de 31 dias, para o que é constituída a seguinte série de valores de T_{max} :

$$A_d = \bigcup_{y=1864}^{2021} \bigcup_{i=d-15}^{d+15} T_{max_{y,i}}$$

onde \cup denota a união de valores e $T_{max_{y,i}}$, a temperatura máxima no dia i do ano y . Para aplicar

a equação anterior foi necessário dispor das temperaturas máximas diárias nos 15 dias anteriores a 1 de outubro de 1864 e nos 15 dias subsequentes a 30 de setembro de 2021. Para caracterizar a frequência das ondas de calor aplicou-se o estimador não-paramétrico KORE (Silva *et al.*, 2012) aos dias identificados como pertencentes a essas ondas.

Os resultados dos testes de Mann-Kendall e do declive de Sen aplicados às séries de máximos anuais de T_{max} e mínimos anuais de T_{min} revelaram tendências crescentes significativas (acréscimos no período de 157 anos analisado de cerca de 1.5 e 2.3 °C, respetivamente), tendo o aumento de T_{min} sido superior ao de T_{max} .

A Figura 1 sintetiza alguns dos resultados referentes a ondas de calor, sendo que o gráfico do lado direito não é mais do que uma ampliação do gráfico do lado esquerdo para um período meramente exemplificativo de seis anos. Nos gráficos a linha vermelha indica a frequência das ondas de calor expressa pelo número de dias por ano pertencentes a essas ondas, $\lambda(t)$, tendo-se construído em torno da mesma uma banda de confiança (a cinzento) por recurso a reamostragem com reposição. A linha azul respeita aos valores diários de T_{max} e a curva a amarelo, apenas perceptível no gráfico do lado direito, ao limiar acima do qual se considera ocorrer uma onda de calor, desde que T_{max} permaneça acima desse limiar pelo menos 3 dias consecutivos, como antes mencionado. Os traços verticais junto ao eixo das abcissas identificam os dias pertencentes a ondas de calor, a cujas datas foi aplicado o KORE. Para facilitar a leitura, no gráfico do lado direito omitiu-se a representação da banda de confiança.

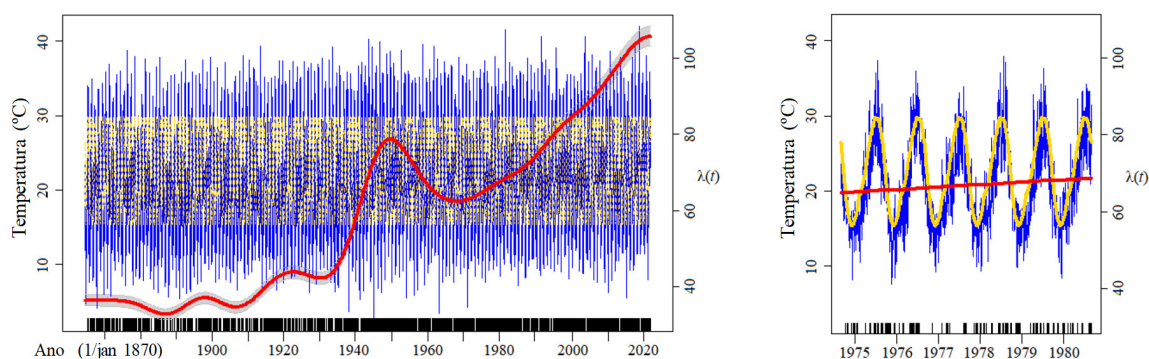


Figura 1 – Outubro de 1864 e setembro de 2021. Número de dias por ano, $\lambda(t)$, pertencentes a ondas de calor.

A anterior figura fala por si, sugerindo a suscetibilidade da região de Lisboa às ondas de calor. Com efeito, ao longo do período analisado, o número de dias com temperaturas máximas anómalas mais do que duplicou no período analisado, sendo o acréscimo particularmente acentuado a partir da década de 1970. Reconhece-se, contudo, a necessidade de retomar a anterior análise tendo em conta que se está perante uma ilha de calor urbana.

Beneficiando da disponibilidade de dados de precipitação e, muito relevantemente, de temperatura procedeu-se a uma comparação da frequência de secas avaliadas por dois índices padronizados distintos, nomeadamente de precipitação, SPI, e de precipitação e evapotranspiração, SPEI (Beguería *et al.*, 2014). Com efeito, o primeiro índice apenas atende à precipitação enquanto o segundo faz também intervir a temperatura através da evapotranspiração, processo essencial do balanço de água no solo. Os resultados obtidos são exemplificados na Figura 2 para a escala temporal de 6 meses e seca extrema (limiar de -1.65) indicando claramente a não concordância do comportamento dos dois índices, em consequência dos diferentes formalismos de que resultam, mas muito pertinentemente a relevância de incorporar a temperatura do ar na caracterização de secas.

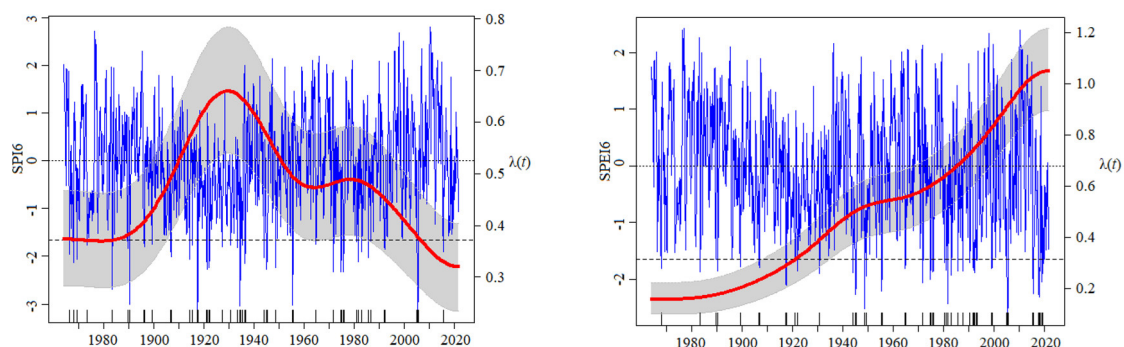


Figura 2 – Outubro de 1864 e setembro de 2021. Frequência anual dos períodos com seca severa à escala temporal de seis meses de acordo com SPI6, gráfico à esquerda, e SPEI6, gráfico à direita.

Palavras-Chave: temperatura extrema do ar; onda de calor; tendência; frequência; SPI; SPEI.

AGRADECIMENTOS

Investigação com o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia, através do financiamento UIDB/04625/2020 do CERIS, e do projeto SCORE, financiado pela União Europeia ao abrigo do programa Horizonte 2020, contracto n.º 101003534 (<https://score-eu-project.eu/>).

REFERÊNCIAS

- Beguiría, S.; Vicente-Serrano, S.M.; Reig, F.; Latorre, B., 2014, “Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring”. *Int. J. Climatol.*, 34:3001–3023.
- Espinosa, L.A.; Portela, M.M.; Matos, J.P.; Gharbia, S., 2022b, “Climate change trends in a European Coastal Metropolitan Area: rainfall, temperature, and extreme events (1864-2021)”. *Atmos.*, 13(12): 1995.
- Russo, S.; Dosio, A.; Graversen, R.G.; Sillmann, J.; Carrao, H.; Dunbar, M.B.; Singleton, A.; Montagna, P.; Barbola, P.; Vogt, J.V., 2014, “Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world”. *JGR Atmos.*, 119:12500–12512.
- Silva, A.T., Portela, M.M., Naghettini, M., 2012, “Nonstationarities in the occurrence rates of flood events in Portuguese watersheds”. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16:241–254.

MANAGED AQUIFER RECHARGE USING SECONDARY TREATED WASTEWATER – INSIGHTS FROM LARGE-SCALE SAND TANK EXPERIMENTS ON WATER QUALITY

Marcel HOROVITZ^{1,2}, Edinsson MUÑOZ-VEGA², Teresa LEITÃO¹, Christoph SCHÜTH²,
Stephan SCHULZ²

¹ *Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Avenida do Brasil 101, 1700-066 Lisbon, Portugal, mhorovitz@lnec.pt, tleitao@lnec.pt*

² *Technical University Darmstadt, Schnittspahnstr 9, Darmstadt, Germany, edinsson.munoz@tu-darmstadt.de, schueth@geo.tu-darmstadt.de, schulz@geo.tu-darmstadt.de*

ABSTRACT

Globally water shortages are increasing, hence, alternative sources like treated wastewater (TWW) effluent are being increasingly considered as feed water for soil aquifer treatment - managed aquifer recharge systems (SAT-MAR). Yet, the risk to deteriorate the groundwater quality by compounds still present in TWW effluents should be addressed, namely nutrients (e.g., N and P) or emerging organic compounds, (e.g., pharmaceuticals, personal care products), as well as the risk of mobilizing trace metals from the aquifer materials (e.g., As, U) during infiltration. While some countries are using TWW effluent successfully in infiltration basins, other national legislations are more conservative. To address the concerns, assess potential risks and to be able to take measures, it is important to understand the specific SAT-MAR system prior to implementation via experiments or numerical models.

While laboratory soil-column experiments are widely used and provide detailed process understanding under controlled conditions, transferring the results to field conditions remains challenging. On the other hand, in-situ field experiments give great insights into real systems but typically study only one SAT-MAR site under distinct environmental settings which hinders to transfer knowledge to other sites. Furthermore, in some settings in-situ field experiments cannot be conducted due to restrictive legislations. One way to bridge this gap is through large tank experiments. However, there are few such large facilities in research on MAR that seek to combine the representativeness of *in situ* experiments with the controlled characteristics of laboratory soil-column studies.

Therefore, we designed a set of large-scale sand tanks to conduct experiments for analyzing SAT-MAR settings using secondary TWW effluent under controlled conditions. The tanks in shape of an “L” are approx. 3 m long, 0.5 m wide, and 1m in height except for the infiltration zone which is 2.5m in height. The tanks are equipped with suction cups and small-diameter wells for water sampling, as well as with various on-line sensors (e.g., high-resolution oxidation-reduction potential, water pressure, soil moisture content, electrical conductivity, water pressure, and temperature) to continuously record the respective conditions along the flow path. The infiltrating water in both studies is secondary TWW effluent from a Portuguese wastewater treatment plant containing nutrients as well as various organic compounds, while the groundwater flowing continuously in the lower part of the tanks consists of local groundwater (LNEC campus).

Two experiments are performed focussing on the mixing zone between infiltrated TWW and groundwater.

In the first experiment, a single tank is packed with fine-medium sand and comprises a vadose zone as well as a saturated zone. The focus of this experiment lies in on the hydrochemistry in the mixing zone.

For the second experiment, three tanks are packed with fine-medium sand. The vadose zone of two tanks each contain a different layer of reactive material as barrier (biochar/fine-medium sand and compost/fine-medium sand, respectively), while the third tank consists solely of fine-medium sand and acts as reference. The focus of the second study is the effect of different reactive layers on water quality changes and potential quality improvements.

Preliminary results of both studies will be presented focussing on water quality changes, specifically on nutrients and trace metals.

Keywords: managed aquifer recharge (MAR); soil aquifer treatment (SAT); secondary treated wastewater; groundwater quality

ENSAIOS EXPERIMENTAIS DA ROTURA POR GALGAMENTO DE BARRAGENS E DIQUES DE ATERRO

Sílvia AMARAL¹, Teresa ALVAREZ², Solange VALENTE², Rui ALEIXO¹,
Rui M.L. FERREIRA², Teresa VISEU¹

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, samaral@Inec.pt, raleixo@Inec.pt, tviseu@Inec.pt
² Investigação e Inovação em Engenharia Civil para a Sustentabilidade (CERIS), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, svmenes@Inec.pt, teresa.alvarez@tecnico.ulisboa.pt, ruimferreira@tecnico.ulisboa.p

RESUMO

Num processo de avaliação de risco e planeamento de emergência, a modelação do processo de rotura de uma barragem (ou de um dique de aterro) é da maior importância. Terminou recentemente o projeto de investigação “Dam&Dike CARE “Modelação numérica e caracterização experimental da formação de brechas em barragens de aterro e diques” cujo objetivo visa a melhoria do conhecimento da rotura de aterros. A presente comunicação apresenta, a abordagem empreendida para, em particular, caracterizar os fenómenos hidrodinâmicos e geotécnicos que na realidade ocorrem na rotura por galgamento de aterros.

Palavras-Chave: barragens homogéneas e zonadas; diques; rotura por galgamento; PIV.

O projeto assenta essencialmente em quatro tarefas: Tarefa 1 que consiste no desenvolvimento de um modelo conceptual de misturas de fluidos-sedimentos para o cálculo da vazão em aterros na sequência da rotura por galgamento; Tarefas 2 e 3, que assentam numa base laboratorial, na qual são recolhidos dados para caracterização empírica dos fenómenos hidráulicos e geotécnicos, ou seja, dos campos de velocidades junto à brecha e dos caudais efluentes da rotura, assim como dos processos de erosão/deposição de solo, com a respetiva caracterização da totalidade dos fenómenos de instabilização geotécnica; e Tarefa 4, de cariz computacional, na qual é desenvolvido um modelo numérico de nova geração para simular a rotura de aterros abrangendo tanto os fenómenos geotécnicos como os hidrodinâmicos. A presente comunicação apresenta as tarefas de base laboratorial: Tarefa 2 e Tarefa 3.

Na Tarefa 2, a campanha experimental incluiu ensaios de rotura por galgamento de modelos de barragens homogéneas e barragens zonadas, com núcleo impermeável argiloso. Foram, em particular, medidos os caudais efluentes da rotura, assim como os processos de erosão/deposição de solo, com a respetiva caracterização da totalidade dos fenómenos de instabilização geotécnica (destacamento de massas de solo do corpo da barragem para o escoamento, por instabilidade do talude).

Esta campanha de ensaios permitiu avançar o conhecimento no que respeita à caracterização do processo de rotura, permitindo: i) efetuar uma primeira análise comparativa entre as barragens de terra homogéneas e as zonadas, ii) analisar o impacto da utilização de sistemas de drenagem interna no corpo das barragens de aterro ensaiadas (apenas com dreno de pé de talude e com sistema de drenagem completo

incluindo drenos e filtros) e se o mesmo se repercute em comportamentos distintos à escala laboratorial, iii) consolidar um conjunto de métodos experimentais com aplicação adequada à caracterização geral de ensaios experimentais de rotura de barragens de terra, nomeadamente, na caracterização local do processo de rotura da barragem, como sejam, a caracterização do processo erosivo (evolução 3D da brecha, *vide* Figura 1), da cinemática do escoamento e do campo de velocidades à superfície.

Nestes ensaios, para além das variáveis normalmente monitorizadas (caudais, níveis de água e caracterização 3D da morfologia da brecha), monitorizou-se o campo de velocidades na aproximação e na zona da brecha. Foram caracterizadas as velocidades à superfície, mas não em profundidade.

Assim, **na Tarefa 3** foi empreendida uma nova abordagem para a cabal caracterização da hidrodinâmica da rotura através da realização de ensaios com brechas sintéticas. Esta estratégia explora um diferente tipo de ensaios experimentais para a medição com elevada resolução dos campos de velocidades junto a brechas decorrentes da rotura de aterros e basou-se nos resultados dos ensaios de rotura já realizados, reproduzindo os instantes mais significativos da evolução da brecha que foram representados tridimensionalmente em polímero sintético termoplástico PLA (poliácido láctico), ou seja, realizados em impressão 3D.

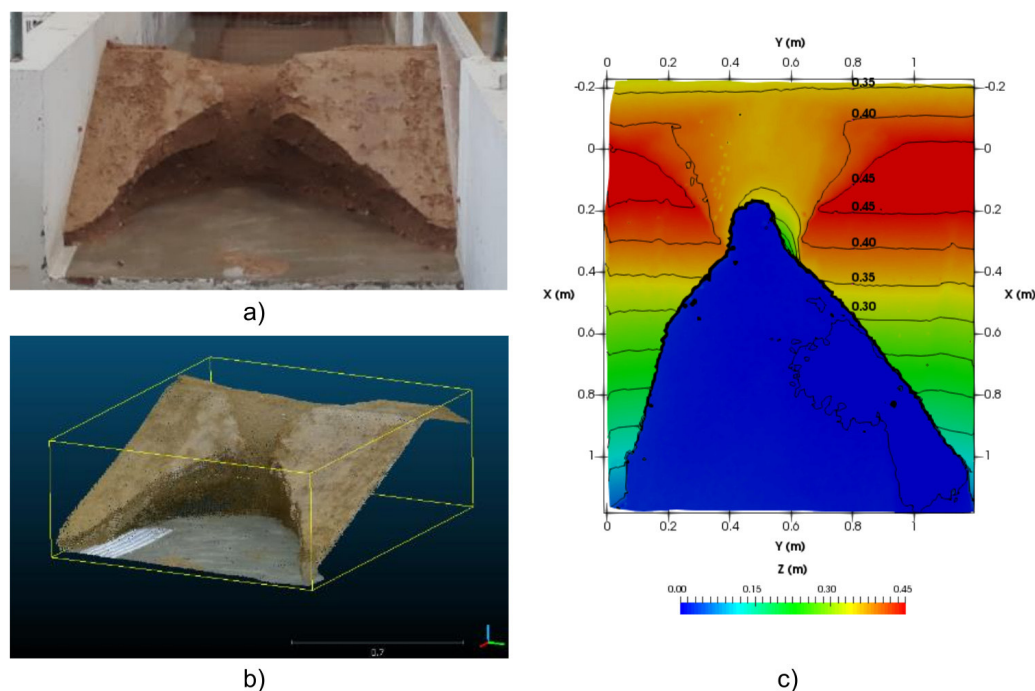


Figura 1 - Reconstrução 3D da morfologia da brecha: a) foto do ensaio experimental; b) perspectiva da nuvem de pontos; c) representação planar das curvas de nível da rotura.

Os ensaios foram conduzidos com uma representação à escala de cerca de cerca 1:3,8 em relação aos ensaios de base realizados na Tarefa 2 (constante da **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**). Ou seja, em termos práticos, a barragem de aterro cujos episódios de rotura geotécnica se pretendem caracterizar hidrodinamicamente, tinha 50cm de altura na instalação da Tarefa 2 e 13,2cm de altura, nos ensaios realizados na instalação a Tarefa 3.



Figura 2 - Vista frontal. Ensaio de base na Instalação experimental nº 1 no LNEC (50cm de altura) vs ensaio preliminar na Instalação experimental nº 3 no IST (13,2cm de altura).

A comparação do ensaio de base com a brecha 3D em PLA encontra-se na Figura 2. Esta abordagem permitiu a medição do campo de velocidades utilizando técnicas óticas, nomeadamente PIV (Particle Image Velocimetry), permitindo a medição do campo de velocidades com elevada resolução espacial e temporal para permitir a determinação das variáveis do escoamento médio e do escoamento turbulento, nomeadamente as tensões Reynolds em toda a zona do escoamento efluente da brecha de rotura.

INFRAESTRUTURAS VERDES URBANAS: SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA AUMENTAR A RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE URBANA

Cristina MONTEIRO¹, Cristina SANTOS^{2,3}, Ana BRIGA-SÁ^{4,5}, Cristina MATOS^{3,4}

¹ CBQF-Escola Superior de Biotecnologia – Universidade Católica Portuguesa, Rua Diogo Botelho 1327, 4169-005 Porto, Portugal, cmonteiro@ucp.pt

² Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias s/n, 4200-465 Porto; csantos@fe.up.pt

³ CIIMAR -Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Terminal de Cruzeiros de Leixões, Av. General Norton de Matos s/n, 4450-208 Matosinhos, Portugal, csantos@fe.up.pt, crismato@utad.pt

⁴ UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, anas@utad.pt, crismato@utad.pt

⁵ CQ-VR- Centro de Química de Vila Real, UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, anas@utad.pt

RESUMO

A alteração da paisagem nas grandes áreas urbanas tem sido uma realidade desde a segunda metade do século XX, como consequência do êxodo populacional das zonas rurais para as grandes cidades, na procura de melhores condições e qualidade de vida. Esta alteração manifesta-se principalmente pelo aumento das superfícies construtivas (edificado, arruamentos), em substituição das infraestruturas verdes aí existentes, cujas características de elevada impermeabilização, modificam significativamente a gestão do ambiente urbano. Por outro lado, as alterações climáticas que se têm manifestado nas últimas décadas, bem como os eventos extremos que daí decorrem, juntamente com a elevada impermeabilização das grandes áreas urbanas, provocam elevados prejuízos económicos, sociais e, principalmente, ambientais. Os eventos extremos, nomeadamente os eventos de intensa precipitação num curto espaço de tempo, que alternam com as ondas de calor, afiguram-se como um desafio cada vez mais frequente e que os responsáveis pelo ordenamento do território urbano estão já a enfrentar. Desta forma, é urgente implementar infraestruturas sustentáveis de base tecnológica que fomentem o uso de vegetação nas grandes cidades altamente impermeabilizadas como forma de aumentar a resiliência e sustentabilidade urbanae, simultaneamente, contribuir para um ambiente urbano mais favorável e saudável para a população que aí se estabelece. Paralelamente, é urgente que o crescimento e o desenvolvimento urbano se pautem por contrforma ativa para as metas estabelecidas no Acordo Verde Europeu (European Green Deal), relativamente a atingir a neutralidade carbónica em 2050, além de contribuir para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável definidos na Agenda 2030 pelas Nações Unidas [1], nomeadamente os ODS 6 (Água Pvc otável e Saneamento), ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e o ODS 13 (Acção Climática) [2].

As infraestruturas verdes urbanas, também denominadas por soluções baseadas na natureza, mostram-se como uma solução tecnológica efetiva que contribui para a sustentabilidade do meio urbano, mimetizando o que ocorre na natureza no ambiente construtivo. Este tipo de infraestruturas pode ser definido como uma rede de zonas

naturais e semi-naturais, que incorpora espaços verdes e presta serviços ecossistémicos, cujo objetivo é o bem-estar e a qualidade de vida da população. Existem diversos tipos de infraestruturas verdes que podem ser implementadas no ambiente urbano: parques urbanos, valas e trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, corredores verdes, leitos de plantas, jardins de chuva, coberturas ajardinadas e jardins verticais [3]. Todas estas tipologias de infraestruturas verdes, oferecem elevados benefícios ambientais nas grandes cidades, pois além de contribuírem para a diminuição da poluição atmosférica, contribuem para a gestão das águas pluviais e também para a regulação da temperatura, conhecida normalmente como efeito ilha de calor, duas consequências que têm vindo a ser agravadas com as alterações climáticas. Além disso, contribuem para a restauração da vegetação e da biodiversidade em ambiente urbano, promovendo a sustentabilidade e resiliência das cidades e, simultaneamente, a melhoria da qualidade de vida.

Assim, as infraestruturas verdes são consideradas como uma solução atrativa para minimizar problemas sociais e económicos, devendo por isso ser plenamente integradas em diversos domínios políticos. No entanto, para que as infraestruturas verdes sejam implementadas com sucesso e cumpram em pleno os objetivos para o qual foram planeadas, é imprescindível que sejam desenhadas e adaptadas ao local onde irão ser implementadas.

As coberturas ajardinadas e os jardins verticais são dois exemplos de infraestruturas verdes que nos últimos anos têm vindo a ser divulgadas e implementadas nas cidades densamente povoadas, pela grande vantagem que oferecem e que se prende com a possibilidade de serem implementadas ao nível dos edifícios (cobertura e paredes) não necessitando, por isso, de usar área ao nível do solo, apresentando-se assim como uma mais valia dada a limitação de espaço existente.

Desta forma, é imperativo aumentar os diversos tipos de infraestruturas verdes nos grandes centros urbanos, por forma a ampliar e disseminar o conhecimento sobre o seu funcionamento, bem como ultrapassar as barreiras sociais, económicas e políticas que ainda existem. Na implementação em larga escala deste tipo de infraestrutura, é importante envolver todas as partes interessadas e consciencializar os decisores políticos para os seus benefícios, por forma a aumentarmos a resiliência e sustentabilidade das nossas cidades, não só para a geração presente mas para as gerações futuras.

Palavras-Chave: soluções baseadas na natureza; sustentabilidade urbana; alterações climáticas; gestão águas pluviais; efeito ilha de calor.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto UIDB/50016/2020 para o CBQF-ESB-UCP.

REFERÊNCIAS

[1] European Commission. "Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions." Forging a climate-resilient Europe - the new EU Strategy on Adaptation to Climate.

[2] <https://ods.pt/ods/> (9/12/2022)

[3] Monteiro, C. M., Santos, Cristina, Wood, Jaran R., Rosenbom, Kim. 2022. Nature-based solutions using Leca® as a way to increase urban sustainable development and contribute to stormwater management. In: Urban Green Spaces, Rui Alexandre Castanho and José Cabezas Fernández (Eds). IntechOpen. ISBN: 978-1-80355-157-9. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102997>

TERMINAIS DE CONTENTORES: PLANEAR, GERIR E PREVER

Rita POMBO¹, Hugo LOPES², Carlos COELHO¹

¹ RISCO / Departamento de Engenharia Civil - Universidade de Aveiro, Portugal, ritanovo@ua.pt, ccoelho@ua.pt

² APDL – Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo, S.A., Portugal, hugo.lopes@apdl.pt

RESUMO

Os portos desempenham hoje um papel ativo na cadeia logística, em particular no sistema global de transportes, enquanto centros de distribuição multimodal através das conexões marítimas, fluviais, rodoviárias, ferroviárias e aéreas estabelecidas ao longo da sua área de influência. São centros industriais de natureza marítima ou fluvial e constituem polos de concentração de empresas e atividades que incluem diversos serviços à carga e aos navios. Além de suporte às tradicionais atividades de náutica de recreio, pesca, aquicultura, construção naval e indústria de cruzeiros, têm-se constituído importantes *clusters* de aceleração da economia do mar (DGPM, 2021). Pela sua localização estratégica, infraestrutura e equipamentos especializados, têm também servido de ponto de apoio às atividades de exploração dos recursos energéticos *offshore* e à inspeção de infraestruturas subaquáticas. Mais recentemente, com a necessidade de trilhar a rota para a descarbonização, têm-se constituído também como centros de produção de energia renovável (solar, eólica e das ondas) (Alamouh *et al.*, 2022).

As dinâmicas que se desenvolvem em torno das infraestruturas portuárias têm levado a que as empresas do setor - onde se incluem as companhias logísticas, centros de processamento e distribuição, armazéns e transitários - se estabeleçam no interior ou na envolvente dos portos, por forma a oferecer serviços cada vez mais rápidos, de menor custo e de valor acrescentado (Monteiro, 2022). Por este motivo, na envolvente das infraestruturas portuárias há promoção do emprego local e são consolidadas cadeias logísticas que reforçam a posição económica da região e do país, criando um ciclo virtuoso (DGPM, 2021).

A carga contentorizada tem sido o grande motor do crescimento do comércio à escala global. Com o intuito primordial de responder à necessidade de redução dos custos de transporte e incremento da produtividade, a utilização de contentores padronizados promoveu paralelamente a redução dos tempos de carga e descarga, a segurança das mercadorias, a flexibilidade intermodal, facilitando, por consequência, a melhor gestão de rotas de transporte e, em especial, das operações portuárias (Odiegwu, 2022).

A conjugação destes diversos fatores, aos quais se somam as recentes - mas infundáveis - potencialidades das novas tecnologias, tem promovido a redefinição da arquitetura do comércio global e, conseqüentemente, dos planos estratégicos dos portos. Aproveitando as economias de escala geradas pela contentorização, as cadeias logísticas tornaram-se cada vez mais extensas e complexas o que, conseqüentemente, levou à encomenda de navios porta-contentores de maior capacidade (Levinson, 2021). Deu-se também a generalização da estratégia de *hub-and-spoke* onde navios de elevada capacidade escalam os *hubs* (geralmente, portos de maiores dimensões, de águas profundas e

com capacidade de resposta operacional) e as ligações subsequentes dos *hubs* aos portos menores existentes na sua área de influência, designadas de *spokes*, são depois servidas por navios *feeder*. Além disso, a emergência de novas rotas marítimas globais, o desenvolvimento dos principais canais de transporte marítimo e, principalmente, a concentração e verticalização das grandes alianças marítimas apresentam um vasto leque de desafios a encarar pelos portos e terminais (DR, 2017).

Para garantir a competitividade, os terminais de contentores têm necessidade de melhorar continuamente o seu desempenho, no sentido de oferecer elevados níveis de serviço aos mais baixos custos, satisfazendo as necessidades dos clientes enquanto continuam a conquistar quota de mercado. Como requisitos preponderantes decorrentes do aumento da capacidade e dimensão dos navios listam-se: a existência de canais de acesso e navegação adequados (onde se incluem profundidades e larguras mínimas necessárias e condições de segurança à navegação), a disponibilidade e comprimento de cais de acostagem, a resistência estrutural das estruturas de acostagem e amarração, a adequação dos equipamentos (nomeadamente em altura, alcance e capacidade de carga), a existência de acessos terrestres adequados e, sobretudo, o potencial de expansão de terraplenos e áreas de armazenagem. Por estes motivos, são necessários elevados investimentos para modernizar, adaptar ou substituir as estruturas e equipamentos existentes pelos mais adequados à procura do momento (Sánchez *et al.*, 2020).

De facto, à medida que a procura cresce, os terminais ficam cada vez mais próximos da capacidade máxima e a sua eficiência diminui devido a atrasos e congestionamentos, quer do lado do mar quer do lado de terra. É neste momento que um novo ciclo de investimentos se torna necessário e é nesta circunstância que muitos dos portos de média dimensão se encontram. No entanto, ajustar a capacidade ao volume de tráfego esperado não é um processo simples, podendo ocorrer situações de sub- e sobre-capacidade. Além disso, um porto que escolha aumentar a capacidade dos seus terminais tem de balancear o risco relacionado com a incerteza da procura futura, com os benefícios a serem obtidos a longo prazo. Por outro lado, não investir pode implicar a estagnação do rendimento e o subaproveitamento dos ativos (Monteiro, 2022). Como tal, devem-se assegurar planos de desenvolvimento viáveis e robustos, suportados em dados de monitorização de registos passados e em modelos de previsão de tendências futuras, no sentido de maximizar as taxas de utilização dos terminais em cada momento.

Todavia, por razões históricas, muitos portos localizam-se em estuários e perto de zonas urbanas, com acessibilidades terrestres congestionadas, em locais de pouca profundidade e com constrangimentos à expansão. No sentido de combater os desafios da atualidade, diferentes estratégias têm sido seguidas à medida das possibilidades e oportunidades endógenas e dos contextos económicos, geográficos e regulatórios de cada porto. Alguns exemplos de soluções adotadas incluem o alargamento e aprofundamento dos canais de acesso e navegação (relevantes para acolher navios de maior boca e calado), o aumento da cota do tabuleiro de pontes existentes que possam gerar constrangimentos de acesso ou a sua substituição por elementos móveis (relevantes para a passagem de navios para novas zonas de acostagem), o aumento do comprimento de cais (para acolher navios de maior comprimento e em maior número em simultâneo), a aquisição de novos terrenos ou a reclamação de área molhada para a expansão de terraplenos e a aquisição de equipamentos mais modernos e eficientes. A digitalização, a automação e a incorporação de outras tecnologias da quarta revolução industrial (como a robótica, IoT, cibersegurança, realidade aumentada, megadados, computação na nuvem, integração de sistemas, entre outros) têm-se demonstrado complementos fundamentais

à promoção da eficiência, fiabilidade e otimização dos processos e atividades portuárias. Também a aquisição de portos secos por parte das administrações portuárias enquanto, plataformas logísticas de retaguarda, tem contribuído para a melhor gestão da receção, armazenamento e escoamento de cargas (Sánchez *et al.*, 2020).

Impõem-se, no entanto, incertezas quanto aos modelos de evolução do comércio global que advêm da ocorrência de disrupções como pandemias, conflitos geopolíticos, a dependência energética e de recursos, bem como a contínua e crescente emergência climática. Por consequência, têm-se verificado mudanças de perspetiva sobre as cadeias de abastecimento, com a adoção da estratégia de *nearshoring* onde os locais de manufatura são mobilizados para próximo dos locais de consumo, com o objetivo de diminuir riscos (Monteiro, 2022). Estes factos, aliados a fretes elevados e à incerteza do quadro regulatório no âmbito de resoluções para a transição energética, têm impactado fortemente as encomendas de navios, o que se refletirá futuramente no movimento nos portos.

Face ao exposto, conclui-se que planear, gerir e prever são ações fundamentais para garantir a adequada estratégia dos portos e terminais com o objetivo de manter a competitividade e atratividade do negócio, resistir a perturbações de mercado e construir resiliência.

Palavras-Chave: infraestruturas portuárias; resiliência; competitividade; economia; cadeias de valor.

AGRADECIMENTOS

A autora Rita Pombo é suportada pela Bolsa de Doutoramento SFRH/BD/151357/2021 financiada pela FCT através de fundos provenientes do orçamento nacional, sob o Programa MIT Portugal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alamouh, A, Ölçer, A, Ballini, F (2022) Port greenhouse gas emission reduction: Port and public authorities' implementation schemes. *Research in Transportation Business & Management*, 43, 100708.
- DGPM (2021) Estratégia Nacional para o Mar 2021-2030. Direção-Geral de Política do Mar (DGPM), Ministério do Mar. Acessível em: <https://www.dgpm.mm.gov.pt/enm-21-30>
- DR (2017) Estratégia para o Aumento da Competitividade da Rede de Portos Comerciais do Continente - Horizonte 2026. Resolução do Conselho de Ministros n.º 175/2017, de 24 de novembro. Diário da República n.º 227/2017, Série I de 2017-11-24, páginas 6188 – 6216.
- Levinson, M (2021) *Outside the box: How globalization changed from moving stuff to spreading ideas*. Princeton University Press.
- Monteiro, F (2022) *Portos em Portugal*. Fundação Francisco Manuel dos Santos, Ensaio N°122.
- Odiegwu, L (2022) Effectiveness of Containerization on Global Transport. Acessível em: SSRN 4189666.
- Sánchez, R, Perrotti, D, Gómez Paz, M (2020) Ongoing challenges to ports: the increasing size of container ships. FAL Bulletin N° 379, Economic Commission for Latin America and the Caribbean, ISSN: 1564-4227.

INNOVATIVE AGRICULTURAL TECHNOLOGIES TO REDUCE THE NITROGEN FOOTPRINT OF TOMATO PRODUCTION – NITRATE LEACHING DIRECT MONITORING

Soraia CRUZ¹, João S. SILVA², Teresa RIBEIRO³, Cláudia M.d.S. CORDOVID¹

1. Instituto Superior de Agronomia (ISA) – Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda 1349-017 Lisboa, scruz@isa.ulisboa.pt, cms@isa.ulisboa.pt

2. Centro de Competências para o Tomate Indústria (CCTI), Quinta das Partas, 2070-158 Cartaxo, email

3. Benagro – Cooperativa Agrícola de Benavente, Praça do Município nº 11, 2130-038 Benavente

RESUMO

Nitrogen (N) is a key indispensable nutrient for all living organisms including humans. For over one century, synthetic fertilizers and agriculture intensification allowed to feed the world population, but this came with high environmental costs. N is the element with the most altered cycle making it the most important emerging environmental concern. Nitrogen use efficiency is the solution to improve soil, water and air quality while avoiding increased costs to the farmers. Tomato is one of the most consumed crops worldwide and requires high amounts of N inputs to achieve high yields. Therefore, there is an urgent need for sustainable practices capable to reduce N inputs and promote N losses mitigation. To find the best agriculture practices and technology measures, this work focused on developing low N footprint production systems for industry tomato.

One field experiment was set up to increase N use efficiency and decrease tomato production N footprint. Two different treatments were applied on the same tomato variety (Heins 1534): with and without a bio-fertilizer named Blue-N.

Both treatments were tested together with 3 different rates of N fertilization inputs along the plant growing cycle: treatment “N100”, corresponding to the conventional N fertilization practice used by the farmer, which we assume 100% of N input and also served as control; and treatments “N50” and “N0”, corresponding to 50% and 0% N inputs from the conventional practice of 100% N inputs, respectively.

Blue-N was developed from the selective N-fixing bacteria *Methylobacterium symbioticum* to naturally provide N to the plant. It is applied by pulverization and was tested in tomato plants for the first time. At the initial stage of plant growth, Blue-N enters through the leaves and quickly colonizes the crop’s phyllosphere. This bio-fertilizer converts N from the air (atmospheric N₂) into ammonium (NH₄⁺) which is then constantly metabolized directly into amino acids.

To help farmers and the environment in the production process, a promise agricultural technology was tested for the first time in Portugal. The higher (N100) and lower (N0) N fertilization input rates applied in the experimental field were provided with innovative soil probes able to carefully measure nitrate (NO₃⁻) leaching in real time at two different depths. These probes are connected to an online monitor program that gives the values of NO₃⁻ measured by the probes installed. In other words, it gives the N content that are being leached through the soil column (not uptaken by plants) while the fertirrigation

practice occurs. Each soil probe was properly calibrated and set up in the field some days before plantation.

Several samples of soil, plants and fruits were collected for chemical analysis and N monitoring along the growing cycle. At harvest, tomatoes from each treatment were collected, quantified and weighted to determine productivity. Fruit samples were analysed for quality validation.

Tomato production yield was affected by the different N doses applied in the field, but no significant differences were found between treatments. Fruit quality achieve good results in both treatments: none quality parameter analysed was affected by the different fertilization practices tested in the field. N uptake by plants was significantly higher in the treatments with Blue-N and lower N input.

Blue-N promote significant differences in productivity when 50% of N rate were applied, presenting to be an alternative for the use of higher mineral N fertilizer inputs. By avoiding aquifer contamination through nitrate leaching, this bio-fertilizer proved to be an efficient fertilization practice cable to reduce the N-Footprint of tomato production and fertilization costs to farmers.

The new nitrate probes showed to be a useful technology to monitor N losses by leaching, improve N use efficiency and decrease the N footprint of tomato production. This tool helps farmers in their decisions regarding agricultural practices to avoid soil and water contamination, maintain soil health and increase productivity at long-term. Allowing the control of N inputs and the assessment of soil pollution risks, these innovative soil probes are an added value for farmers and for a sustainable environment.

Palavras-Chave: nitrate; leaching; soil; probes; tomato

AGRADECIMENTOS

NEP – high Nitrogen Efficient crop Production for better water management, Operacional Group PDR2020-101-031453

AQUIFER – Instrumentos inovadores para a gestão integrada das águas subterrâneas num contexto de crescente escassez de recursos hídricos, Interreg Sudoe SOE4/P5/E1059

FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, through the research grant 2020.06612.BD

CEF – Forest Research Center, grant FCT UIDB/00239/2020

Hubel Verde, Engenharia Agronómica, S.A.

Symborg Corporate SL – Pesquisa e Desenvolvimento Biotecnológico e Inovação Agrícola

MONITORIZAÇÃO DO RNA DE *NOROVÍRUS*, *ROTAVÍRUS* E DO VÍRUS DA HEPATITE A EM ÁGUA NATURAL E PARA CONSUMO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DA EPAL E ADVT

Daniel SALVADOR¹, Célia NETO², Rui Neves CARNEIRO³

¹ *Direção de Laboratórios (LAB) da Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL), Avenida de Berlim, 15, 1800-031 Lisboa, Portugal, daniel.salvador@adp.pt*

² *Direção de Laboratórios (LAB) da Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL), Avenida de Berlim, 15, 1800-031 Lisboa, Portugal, celianet@adp.pt*

³ *Direção de Laboratórios (LAB) da Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL), Avenida de Berlim, 15, 1800-031 Lisboa, Portugal, rcarnei@adp.pt*

RESUMO

O saneamento e o abastecimento de água potável são duas condições fundamentais para a manutenção da saúde humana. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o fornecimento deste imprescindível recurso deverá ser adequado, seguro e acessível a todos. Em 2015, a água limpa e o saneamento para todos foram também incluídos na Agenda de Desenvolvimento Sustentável para 2030 das Nações Unidas.

Em 2025, com as alterações climáticas prevê-se que metade da população humana possa viver em áreas de stress hídrico, o que inevitavelmente poderá agravar e acentuar o risco de exposição dos seres humanos a agentes patogénicos, como bactérias, fungos, protozoários e vírus.

Os vírus são as entidades mais abundantes e diversos do planeta, constituídos essencialmente por uma cápside proteica protetora e por um ácido nucleico DNA ou RNA, onde se encontra a informação para o processo de infeção. A maioria destes agentes tem uma dimensão submicroscópica, e só conseguem multiplicar-se em células vivas, podendo infetar desde organismos unicelulares mais simples, como as amibas, a ecossistemas multicelulares e de vários órgãos como o ser humano.

Dos mais de 1,6 milhões de vírus de mamíferos e aves aquáticas que se perspetivam existir, destacam-se os vírus entéricos, uma das principais causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo. Este grupo de vírus infeta e replica no trato gastrointestinal. Na natureza existem mais de 200, distribuídos por diversas famílias. Em 2016, quatro destes vírus (adenovírus, enterovírus, norovírus e o vírus da hepatite A) foram incluídos na lista de contaminantes CCL4 da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Mais tarde, em 2017, alguns também foram incluídos e classificados nas linhas orientadoras da OMS sobre a qualidade da água para consumo como tendo um impacto moderado a elevado na saúde humana, designadamente os enterovírus, rotavírus, norovírus e os vírus das hepatites A e E.

Os vírus entéricos transmitem-se aos seres humanos principalmente pela via fecal-oral através do contato pessoa a pessoa, contato com vômito ou consumo de alimentos ou água contaminados. A contaminação das águas pode ocorrer de diferentes formas: ruturas na rede de saneamento, descargas de água residual sem tratamento, descargas de resíduos industriais, defecação a céu aberto, descargas de navios nos portos e escoamento superficial. Estes agentes patogénicos são libertados em grande número nas fezes de

portadores durante a infeção (10^5 a 10^{11} partículas de vírus por grama de fezes), sendo mais contagiosos e resistentes a variações das condições do meio ambiente do que as bactérias. Podem manter a capacidade de infetar organismos vivos por longos períodos de tempo, rondando os 120 dias em água doce. A presença de cápsides robustas e a ausência de involucro lipídico conferem-lhes uma elevada resistência também aos tratamentos de desinfecção da água. A sua eliminação é complexa nas matrizes de água, impondo-se o uso de processos combinados nas Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), como o tratamento com ozono e/ou radiação ultravioleta.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo principal a monitorização do RNA de *Norovírus*, *Rotavírus* e do vírus da hepatite A em amostras de água natural doce (água subterrânea e superficial) e água para consumo humano dos sistemas de abastecimento da Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A. (EPAL) e das Águas do Vale do Tejo, S.A. (AdVT).

A amostragem de água natural incluiu águas superficiais, colhidas num rio e em quatro albufeiras de barragem, e águas subterrâneas colhidas em três diferentes poços. Todas as massas de água são atualmente utilizadas para a produção de água para consumo, fornecida a vários municípios do país. A colheita das águas superficiais foi realizada na entrada de água nas ETA, antes de qualquer tratamento. Após o tratamento, foi realizada a amostragem da água para consumo. Por outro lado, a amostragem de água subterrânea não tratada foi realizada na saída dos poços. Após uma etapa de desinfecção com hipoclorito de sódio, a respectiva água subterrânea tratada foi colhida, imediatamente antes de entrar na rede de distribuição.

As campanhas de amostragem decorreram entre Janeiro e Dezembro de 2021. O procedimento experimental utilizado foi adaptado do Método 1615 (EPA/600/R-10/181), filtrando-se elevados volumes de amostra, entre 100 e 200 litros, com recurso a filtros eletropositivos. A amostra foi posteriormente sujeita a um processo de floculação orgânica e a diversas etapas de concentração e redissolução. A deteção e quantificação do RNA viral foi realizada pelo método PCR em Tempo Real (RT-qPCR).

Entre Janeiro e Dezembro de 2021 foram colhidas 86 amostras, 43 amostras de água natural e 43 de água para consumo. Das 43 amostras de água natural, 35 eram provenientes de massas de água superficial e 8 de massas subterrâneas.

Nas amostras de água natural foram detetados RNA de *Norovírus* e de *Rotavírus*, mas não do vírus da hepatite A. A concentração de RNA foi variável ao longo do ano para os dois vírus detetados (variação entre 0 e 23464 cópias genómicas por litro de amostra). Não se verificou um padrão de sazonalidade na deteção/quantificação de RNA viral. No entanto, vale a pena ressaltar que na maioria dos pontos de amostragem, as maiores concentrações de RNA viral ocorreram nos meses de Verão. As amostras de água subterrânea apresentaram um reduzido nível de contaminação viral. Por outro lado, a água proveniente do rio apresentou as maiores concentrações de RNA de *Rotavírus*.

Nas amostras de água para consumo foram detetados RNA de *Norovírus* e de *Rotavírus*, mas não do vírus da hepatite A. A concentração de RNA viral nesta matriz foi inferior à encontrada em água natural, tendo variado entre 0 e 544 cópias genómicas por litro de amostra.

Apesar da deteção e quantificação do RNA viral, não foi ainda realizada a avaliação da sua infecciosidade, ou seja, a capacidade de infetar células humanas.

Espera-se com este projeto contribuir para aumentar o conhecimento sobre a presença destes vírus em água e assim permitir, à Entidade Gestora, o desenvolvimento do sistema de avaliação de risco para a qualidade da água e complementar o Plano de Segurança da Água.

Palavras-Chave: monitorização ambiental; qualidade da água; vírus, RT-qPCR; saúde humana.

CICLO DE VIDA DE ACTIVOS FÍSICOS DO SETOR DA ÁGUA NA VERTENTE DA ENERGIA – CASO DE ESTUDO

Tonny Ramalho MENDES¹, Ana Pedro Silva², Hugo Nogueira RAPOSO³,
José Torres FARINHA⁴, Mateus MENDES⁵

¹ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, tm.tonnyjavier@gmail.com

² Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, anppsilva1@gmail.com

³ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, hugo.raposo@isec.pt

⁴ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, tfarinha@isec.pt

⁵ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, mmendes@isec.pt

RESUMO

O objetivo da comunicação é apresentar uma análise de ciclo de vida do setor da água na vertente da energia, suportado num caso de estudo. Para o efeito serão abordadas as eletrobombas de captação e transferência de água potável, consolidado com o risco de inoperacionalidade (ISO 55001) e consumo energético (ISO 31000) ao longo da vida destes ativos.

O estudo visa avaliar o ciclo de vida do investimento até à presente data e, a partir dos resultados obtidos, fazer extrapolações referentes ao ciclo de vida remanescente. Esta análise tem em consideração investimentos alternativos, com apreciação dos custos de funcionamento, de manutenção e de energia que permitam maximizar os resultados operacionais da INOVA-EM, bem como a máxima satisfação dos consumidores da Empresa.

A abordagem é feita na perspetiva do ciclo de vida do investimento (LCI – *Life Cycle Investment*) e não do tradicional custo do ciclo de vida (LCC – *Life Cycle Cost*).

Como caso de estudo serão usados os dados dos equipamentos, nas vertentes do investimento, funcionamento e manutenção, da captação de água em Fervença, concelho de Cantanhede, os quais alimentam todo o concelho através do bombeamento da água, desde a captação até reservatórios elevados, nomeadamente nas regiões da Fontinha, Lemedo e Tocha.

Serão ainda abordados problemas relativos às captações de água e efeitos da seca nos níveis freáticos, eletrobombas e problemas mais usuais nas instalações (cavitação, calcário, alinhamento, ponto de funcionamento, entre outros), a importância da beneficiação das instalações e acessórios hidráulicos, bem como a correlação entre as políticas de manutenção e o ciclo de vida.

Os dados serão tratados através de ferramentas informáticas, sendo os respetivos resultados avaliados quer pela sua robustez quer pela sensibilidade dos dirigentes da INOVA-EM.

Como resultado deste estudo pretende-se demonstrar o caminho para a melhoria dos sistemas hidráulicos, monitorizando o funcionamento, controlando a quantidade de fluido bombeado *versus* energia consumida, visando tornar os sistemas de captação e bombeamento mais eficientes, otimizando a curva do ciclo de vida dos equipamentos.

Palavras-Chave: Análise do Ciclo de Vida; Análise de Investimento; Energia; ISO 31000; ISO 55001; Manutenção.

APPLICATION OF STORMWATER ATTENUATION & ENHANCED INFILTRATION TO FLOOD & DROUGHT MITIGATION IN PORTUGAL

Stephen D. Thomas^{1,2}

*BSc (Wales), MSc (Wales), DPhil (Oxford), MBA (Durham), FICE, MCIWEM, CEng, Eur Ing
Registered UK Ground Engineering Adviser
Senior Chartered Civil Engineer (UK) and Membro da Ordem dos Engenheiros (Portugal)*

George R. French¹

*MSci (Durham), MScR (Durham)
Groundwater Scientist & Engineer*

¹ *OGI Groundwater Specialists, Durham, United Kingdom*

² *Honorary Fellow at the Department of Earth Sciences, Durham University*

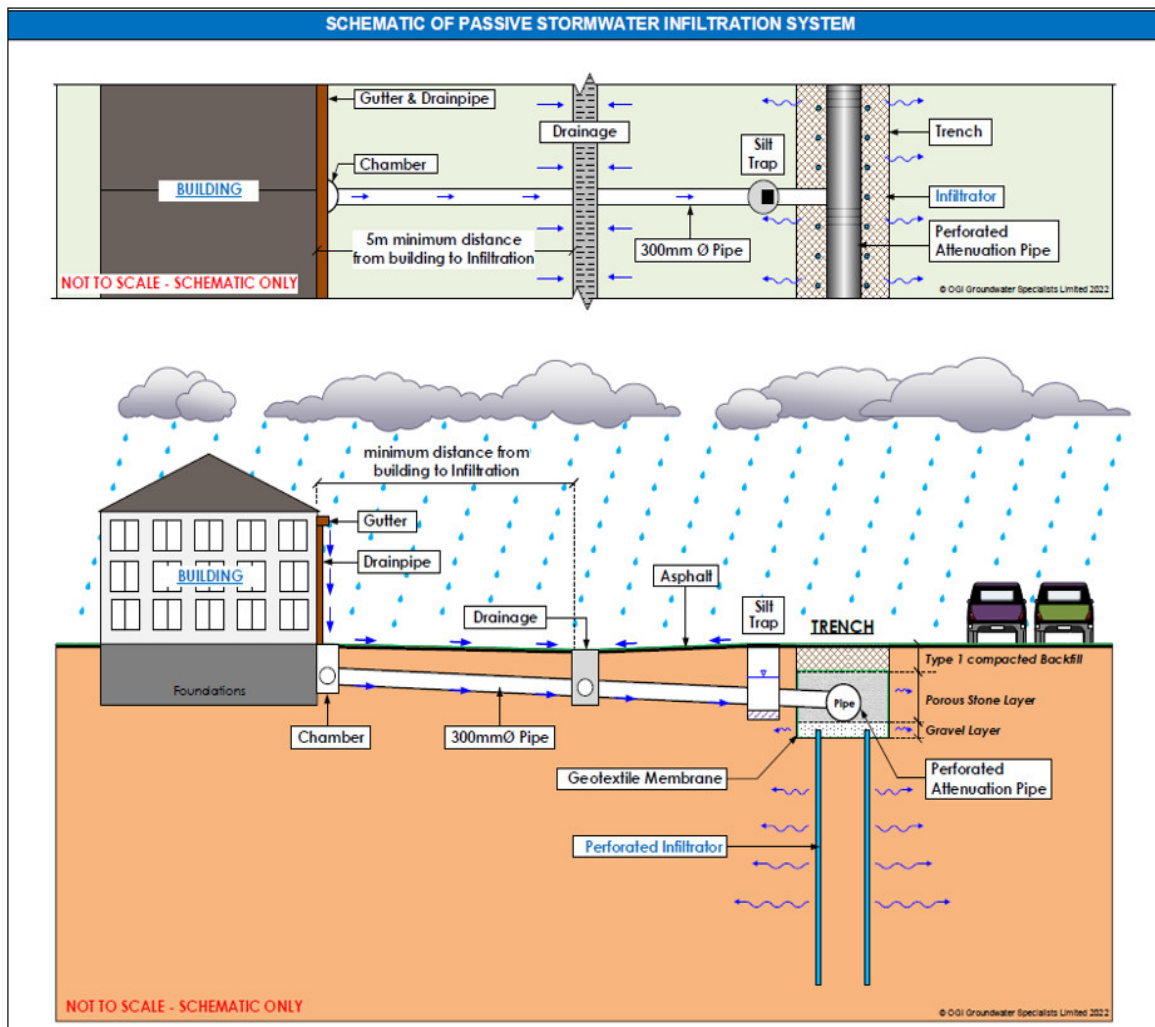
ABSTRACT

In the UK, the most preferable Sustainable Drainage Systems (SuDS) is a passive infiltration system where storm water is first attenuated using volumetric storage facilities, followed by the slow release of the stored water back into the ground. To accelerate this process, the attenuation trench, comprising large storage, is enhanced with a large number of drilled infiltrators installed from the base of the trench. The combined pressure head of collected stormwater, together with the natural suction head within the vadose zone, provides the differential pressure to force the water into the ground via these infiltrators. Furthermore, by installing these highly permeable infiltrators to depth, ground strata of a higher permeable are encountered, particularly in highly anisotropic ground where the horizontal permeability is much higher than the vertical permeability.

In principle, the technique comprises the construction of a series of surface water collectors, which direct the floodwater, via silt-traps, to a series of subsurface attenuation structures. From the attenuation structures, the water passes through a series of filters, ultimately infiltrating into the Vadose zone (the unsaturated ground above the water table). The system is passive, i.e. once installed, there are no power or mechanical activities.

This Stormwater Attenuation and Enhanced Infiltration System, is particularly suited to the hydrogeology and weather conditions of Portugal. Whilst the annual average rainfall in Portugal is in the order of 854mm p.a. and 1163mm p.a. in the UK, there are 112 days with rain in Portugal, compared to 159 days in the UK. Most significantly, the rain in Portugal can be extremely intense, with frequent substantial flooding events occurring.

Furthermore, with the natural water table in southern Portugal being at considerable depth below ground level, particularly in drought affected regions, this infiltration technique is likely to be even more effective than in many of the regions in the UK where such enhanced systems have proved to be most successful.

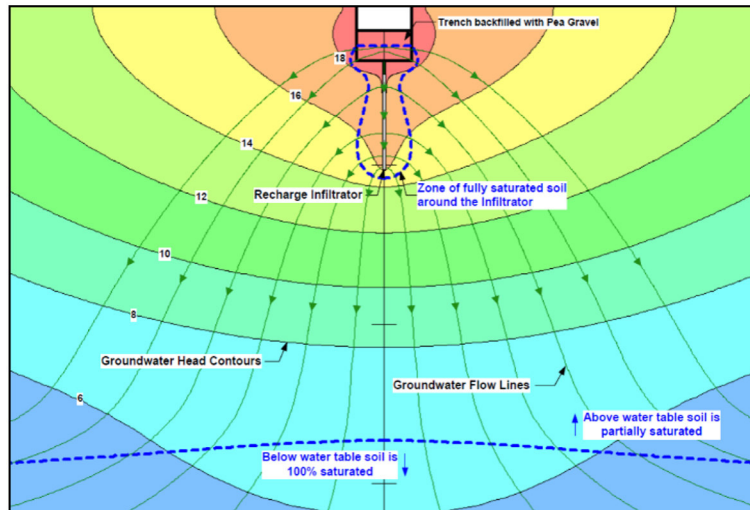


The performance of the stormwater capture and infiltration technique is dependent on many different ground parameters, with these often being site specific. To optimise the performance of the system within each region, prior to design & installation, a programme of finite element mathematical modelling has been undertaken. This modelling demonstrates the ability of the collected, attenuated and filtered groundwater to be introduced back the ground as a consequence of the positive pressure head in the infiltrator, combined with the negative suction pressure head within the unsaturated porous ground surrounding and beneath the infiltration system.

Mathematical modelling has been undertaken using a multi-dimensional finite element model for saturated-unsaturated flow conditions. This has demonstrated how stormwater flows through the infiltrator system, and into the unsaturated soil surrounding the infiltrators. This combined effect of the head difference over the infiltrator, with the suction occurring in the surrounding soil, drives the attenuated water out of the system into the higher permeability horizontal strata. This modelling has demonstrated and verified how significantly more flow into the ground is possible than expected.

Combining the storage capacity of the attenuation trenches with the large number of infiltrators, produces a highly efficient passive attenuation and infiltration system that not only mitigates the impact of flooding but has no requirement for ongoing energy consumption. With the stormwater collected, attenuated and infiltrated back to the vadose

zone, this collected stormwater will eventually find its way down to the water table, and so mitigate the drought conditions by supplementing the aquifer water resources.



The additional benefit of this system is the fact that if an infiltration system of sufficient size is constructed, including a sufficient number of infiltrators, there can result a significant mitigation of stormwater flooding.

The images below illustrate a test project between Birmingham and Manchester, where a total steady rate of over 2000 m³/day of infiltration to ground was achieved from 78 infiltrators.



A suitable location in the Algarve is being sought in order to test this system for the particular geology of Southern Portugal. The Algarve has been chosen as it is close to

the University of the Algarve, where there is world leading research into Managed Aquifer Recharge. The development of a site to enable a pilot project to be constructed would be of substantial benefit to develop, design and specify solutions mitigate the destructive effects of both drought and flooding in Portugal.

Keywords: Sustainable Drainage Systems (SuDS), Passive Attenuation & Enhanced Infiltration Technique, Flood Mitigation, Mathematical Modelling, Application to Portugal weather and hydrogeological conditions.

COBERTURAS VERDES AJARDINADAS: AVALIAÇÃO DO SEU IMPACTO NA QUALIDADE E QUANTIDADE DA ÁGUA DE ESCORRÊNCIA PLUVIAL

Cristina MATOS^{1,2}, Élio DUARTE¹, Isabel BENTES^{1,3}

¹ Escola de Ciências e Tecnologia- Departamento de Engenharias UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real (Portugal) Tel./Phone 00351259350000

² CIIMAR- | Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research of the University of Porto Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões Avenida General Norton de Matos, S/N 4450-208 Matosinhos | Portugal E-mail crismato@utad.pt

³ C-MADE, ibentes@utad.pt

RESUMO

O efeito da ação do homem, nomeadamente da urbanização crescente e do aumento da impermeabilização do solo, é um dos fatores que mais contribuem para a degradação do meio ambiente. Com a inovação tecnológica, o mercado construtivo tem procurado desenvolver novas técnicas que façam com que este efeito seja reduzido uma vez que a construção civil tem um grande impacto no meio ambiente. Uma dessas soluções, que já é adotada em várias partes do mundo, é as coberturas verdes e ajardinadas, sendo uma solução bastante eficiente, que procura dar resposta a problemas ambientais, sociais, económicos, funcionais e estéticos tornando os edifícios mais sustentáveis.

Uma cobertura verde, de uma forma sintetizada, consiste numa cobertura vegetal constituída por plantas ou grama que é instalada sobre as lajes de cobertura ou sobre os telhados convencionais, proporcionando um aumento das áreas verdes no meio urbano, melhorando assim o meio ambiente. Esta é uma tecnologia a considerar em grandes cidades, onde os espaços verdes são escassos.

Neste trabalho são estudados os impactes das coberturas verdes ajardinadas, no que diz respeito à qualidade e à quantidade da água proveniente da cobertura instalada sobre a laje de uma célula de teste, sendo os resultados comparados com os de uma cobertura em painel sanduíche, igualmente instalada numa célula de estudo de iguais dimensões. O caso de estudo consistiu na medição e comparação dos valores da qualidade e quantidade da água captada na cobertura verde ajardinada e numa cobertura em painel sanduíche, ambas instaladas na cobertura de duas células de teste, situadas no campus da UTAD (Figura 1).

Para a medição da qualidade da água de escorrência proveniente das coberturas (first flush e água armazenada), foi utilizado o medidor multi-parâmetros portátil, HANNA HI 9829 (fig.9). Trata-se de um sistema de registo multi-parâmetros portátil que monitoriza até 14 parâmetros de qualidade de água diferentes (7 medidos, 7 calculados). A sonda inteligente multi-sensor com microprocessador permite a medição de parâmetros como o pH, ORP, turvação, oxigénio dissolvido, condutividade, cloreto, nitrato, amónio e temperatura, efetuando o registo de dados.

Para a medição da quantidade da água de escorrência proveniente de cada cobertura,

foram utilizados dois materiais, um galão de 5L, que tornava o processo mais rápido, e uma proveta graduada (1L) com base hexagonal para medir no final a quantidade de água restante com maior exatidão.

A partir das medições da qualidade de água de chuva verificou-se que o pH da água de escorrência pluvial proveniente da cobertura verde variou entre 6,8 e 7,34 e a do painel sanduíche variou entre 7,07 e 8,76. Em relação à condutividade, verificou-se, que esta é maior na cobertura verde do que no painel sanduíche. Já no que diz respeito ao oxigénio dissolvido, proveniente do ar e da atividade fotossintética de algas e de outros vegetais aquáticos, fundamental para a sobrevivência dos organismos aeróbicos, verificou-se que existe uma percentagem maior de oxigénio dissolvido na água de chuva recolhida na cobertura verde. Outro aspeto que se pode observar é que havia mais sólidos totais dissolvidos (TDS) na água de chuva da cobertura verde, o que era de esperar visto que se trata de uma superfície permeável, tendo como substrato terra vegetal. Quanto à salinidade, esta apresenta um valor maior na cobertura verde do que no painel sanduíche chegando a ser zero em algumas medições. Outro aspeto, observado neste trabalho, foi que se verifica um decaimento dos valores qualitativos do primeiro reservatório para o segundo, o que evidencia as alterações na qualidade de água de chuva com o passar do tempo.

Quanto á quantidade de água de escorrência, verifica-se que a cobertura verde retém grandes quantidades de água pluvial, vendo-se reduzida a sua capacidade de armazenamento com chuvadas sucessivas, como seria de esperar, pois a capacidade de campo do solo acaba por ser atingida.



— Cobertura Ajudinada do tipo Extensivo
— Cobertura com Painel Sandwích

Figura 1: Coberturas verdes localizadas no Campus da UTAD.

Palavras-Chave: Coberturas verdes; qualidade da água de escorrência; quantidade da água de escorrência, first-flush.

GESTÃO DE ATIVOS – MODELO DE PREVISÃO DE RISCO DE ROTURAS

Vítor SOUSA¹, Ana Paula BARROS²

¹ *Águas de Gondomar, Rua 5 de Outubro, 112, 4420-086, Gondomar, vitorsousa@aguasdegondomar.pt*

² *Águas de Gondomar, Rua 5 de Outubro, 112, 4420-086, Gondomar, anapaulabarros@aguasdegondomar.pt*

RESUMO

A Gestão Patrimonial de Infraestruturas (GPI) é determinante a garantia do bom desempenho e eficiência do sistema de abastecimento de água, sendo a avaliação dos ativos suportada no diagnóstico e seleção das alternativas mais adequadas em função das vertentes de desempenho-risco-custo.

A avaliação dos ativos horizontais e determinação das zonas mais críticas do sistema no contexto da GPI, exige uma atividade permanente de recolha e tratamento de dados de múltiplas fontes, o que torna esta avaliação complexa, demorada e suscetível de análise subjetiva. Nesse sentido, pretende-se aplicar uma solução que permita classificar todas as tubagens na rede de abastecimento de água com um grau de probabilidade de rotura, recorrendo a metodologias orientadas a dados, explorando métodos estatísticos e de aprendizagem de máquina.

Para além dos objetivos enunciados que deverão suportar o planeamento de investimento, a definição de zonas críticas com maior probabilidade de ocorrência de roturas permitirá atuar de forma imediata e a curto prazo na redução de perdas de água, através de uma pesquisa ativa de fugas mais incisiva, gestão da rede de distribuição e das pressões de serviço com ajuste diferencial, associado ao perfil de consumo e grau de criticidade das tubagens e ainda garantir um nível elevado da qualidade do serviço prestado ao cliente, garantindo a continuidade do serviço.

Numa revisão bibliográfica realizada sobre as causas associadas à rotura de tubagens, são identificados fatores de natureza operacional, ambiental ou intrínseca da própria tubagem e variam em função do material. A idade da tubagem é também identificada como um fator relevante no surgimento de roturas, contudo é uma relação complexa observando-se uma taxa de ocorrência mais elevada nos meses imediatamente após a instalação, reduzindo durante vários anos até voltar a aumentar ao longo do tempo. O histórico de roturas é ainda referido como um fator determinante com efeito de cascata após a primeira rotura, pelo facto da reparação perturbar o ambiente circundante através da lavagem e erosão, enfraquecendo as camadas do solo e potenciando o surgimento de novas roturas, por vezes em locais muito próximos da rotura anterior. Pelo exposto, confirma-se que a compilação de dados, em particular dos relativos aos fatores que mais influenciam o surgimento de roturas, é determinante para a obtenção de bons resultados na previsão de roturas.

No que concerne às metodologias utilizadas para a previsão de roturas, identificam-se as do tipo descritivo e preditivo, as quais exigem registos históricos e dados com elevada qualidade. Os métodos preditivos são cada vez mais utilizados devido à sua rápida implementação e capacidade para extrair informação da interação entre as diferentes

variáveis que estão na origem do surgimento de roturas, e foi este um dos principais motivos que levou à escolha de um modelo de aprendizado de máquina supervisionado para previsão de roturas no âmbito deste trabalho. As atividades desenvolvidas para a construção do modelo foram quatro: recolha de dados, pré processamento e tratamento dos dados, construção do modelo de previsão e análise de resultados.

O sistema de abastecimento de água explorado pela Águas de Gondomar, SA (AdG) foi estabelecido como caso de estudo. A AdG é concessionária dos serviços municipais de abastecimento de água e de saneamento do município de Gondomar para o período de 2001 a 2031. O sistema de abastecimento de água abrange a totalidade do concelho, com uma extensão de rede de 879 km, assegurando o fornecimento a 78.122 clientes e população de 164.277 habitantes.

A recolha de dados incluiu todo o histórico de ocorrências registado nos sistemas de informação operacional da empresa, a caracterização física das tubagens disponível no SIG, tais como a idade, comprimento, material, diâmetro, ligações domiciliárias, bem como a informação hidráulica, pressão média e variação de pressão. Após tratamento e compilação de todos os dados obtidos, foram testados diferentes algoritmos para a construção do modelo de previsão tendo sido adotado o modelo de Árvore de Decisão (AD), pela facilidade de interpretação e visualização das variáveis que mais contribuem para o modelo de previsão. Entre as AD, o algoritmo XGBoost é bastante popular, escalável, eficaz e aplicado em vários problemas de classificação, aplicando a técnica de aumento do gradiente.

Na análise de resultados foram avaliados o desempenho do modelo de previsão e a métrica de avaliação, a qual consiste na ordenação das tubagens em função do grau de probabilidade de ocorrência de roturas e validação da percentagem de roturas identificadas relativas à extensão de rede analisada. O modelo é comparado com outras medidas de ordenação das tubagens para definição de prioridades de reabilitação, como a idade das tubagens e o histórico de roturas. No modelo desenvolvido, a percentagem de roturas em função da extensão da rede é mais elevada que as restantes medidas, apontando para obtenção da melhor seleção da rede a reabilitar ou a intervir nas vertentes associadas à operação.

A ilustração dos resultados do modelo em software de informação geográfica, conforme Fig. 1, permite uma visualização espacial dos resultados e informação de apoio à decisão para os seguintes objetivos:

- Remodelação de rede de água, com base na análise de desempenho-risco-custo em zonas mais prioritárias e com necessidade de coordenação com entidades externas;
- Apoio na definição das zonas prioritárias para a pesquisa ativa de fugas;
- Otimização operacional da rede (setorização, gestão de pressões e operações de manutenção).

Considera-se que os resultados obtidos com o modelo desenvolvido permitem suportar uma avaliação mais robusta e direcionada para as opções de reabilitação dos ativos face aos métodos convencionais de seleção das tubagens limitadas à análise histórica e características das tubagens. O critério Probabilidade de Risco de Ruptura incorpora atualmente a matriz de desempenho-risco-custo da análise dos planos operacionais e táticos da GPI da AdG.

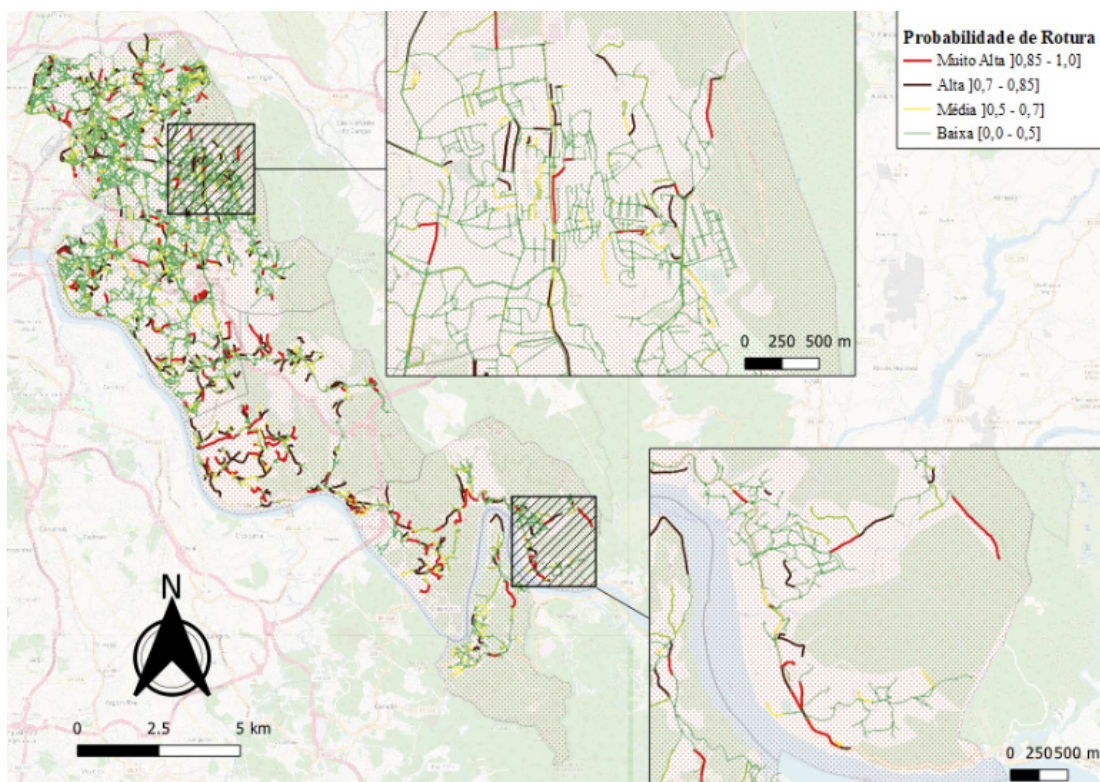


Fig. 1. Representação das Tubagens classificadas em função da probabilidade do risco de rotura.

Localização	Matriz Multicritério						Fatores Externos		Investimento
	Id	Idade	Material	Fatores Físicos		Custo	Nível Prioridade	Coord com Outras Entidades	Plano Obras CMG
Histórico Roturas				Previsão Risco Roturas	IVI				
24608327	5	1	3	5	5	Alta		Sim	>20
24616999	1	1	1	1	1	Baixa	Sim		>20
24608817	3	1	1	1	3	Média Baixa			0,9
24603044	3	1	5	1	1	Média Alta		Sim	>20
24622279	5	5	5	5	3	Alta			13,7

Fig. 2. Matriz de desempenho-risco-custo.

Palavras-Chave: gestão de ativos, decisão orientada a dados, previsão de roturas.

GESTÃO DE GRANDES CONTRATOS DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO – ANÁLISE SWOT

Judite MOTA¹, Filipe CARRACO¹, Ezequiel CHINA¹, Hugo SABINO¹

¹ CTGA- Centro Tecnológico de Gestão Ambiental, Lda., Coimbra, Portugal, ctga.geral@ctga.pt

RESUMO

Após um período de grandes investimentos na execução de infra-estruturas de tratamento de águas residuais, o PENSAAR 2020 (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020) definiu uma nova estratégia para o sector de saneamento de águas residuais, tendo como divisa «Uma estratégia ao serviço da população: serviços de qualidade a um preço sustentável». Esta estratégia visa essencialmente a gestão eficiente dos recursos, tendo como objectivo a melhor resposta aos desafios atuais, como a resiliência e segurança dos serviços básicos de saneamento e a prestação de um serviço de qualidade, social, económica e financeiramente sustentável.

Em Portugal, a drenagem e tratamento de águas residuais, constitui um serviço público, cuja responsabilidade pertence, em primeira linha, aos municípios. Este serviço público é de carácter estrutural, essencial para o bom funcionamento socio-económico, bem como para a protecção e melhoria da saúde pública e do ambiente. Atendendo à escassez de recursos e limitações das autarquias, é frequente a concessão dos sistemas de saneamento em alta a empresas especializadas agregadoras de vários municípios o que permite uma gestão em escala, de forma mais profissionalizada e empresarial, sem comprometer a vertente de serviço público, com um acréscimo de qualidade e eficiência.

Neste contexto de exigência de serviços de saneamento de qualidade e, em simultâneo, financeiramente sustentáveis, surgem os concursos públicos de Prestação de Serviços de Operação e Manutenção que obedecem a Cadernos de Encargos externamente rigorosos, com abrangência multidisciplinar de dimensão variável.

A CTGA tem no seu portfolio diversos contratos de operação e manutenção de sistemas de saneamento, dos quais se destaca o contrato de “Aquisição de Serviços de Operação e Manutenção de Subsistemas de Saneamento Integrantes do Sistema Multimunicipal (SMM) de Saneamento de Águas Residuais do Vale do Tejo nas Zonas Abrangidas pelo Antigo Sistema do Alto Zêzere e Côa”, pela sua dimensão, zona geográfica e abrangência de actividades. Este contrato compreende um total de 346 instalações, 180 ETAR (Estações de Tratamento de Águas Residuais) e 166 EEAR (Estações Elevatórias de Águas Residuais), distribuídas por 14 municípios no interior centro de Portugal (Oliveira do Hospital, Seia, Gouveia, Fornos de Algodres, Celorico da Beira, Aguiar da Beira, Guarda, Pinhel, Mêda, Almeida, Sabugal, Figueira de Castelo Rodrigo, Penamacor e Fundão), considerando uma multiplicidade de actividades (operação, manutenção preventiva e correctiva, gestão de resíduos, reagentes, controlo analítico, limpeza/desobstrução de emissários e estações elevatórias, limpeza de fossas sépticas, transporte de lamas, energia, água, verificação de equipamentos de medição e monitorização, entre outras.)

O contrato iniciou em Julho de 2021, com a duração de dois anos, dividido em quatro

Centros Operacionais (Oeste, Centro Oeste, Norte e Sul), envolvendo recursos humanos e materiais necessários à execução das actividades previstas, usando-se a plataforma Navia como ferramenta de apoio para a gestão operacional e a aplicação Máximo para gestão de manutenção.

Após 18 meses de execução da prestação de serviços, é possível uma análise SWOT / FOFA (acrónimo para Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats / Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças), de modo a avaliar o desempenho do contrato e permitir uma visão genérica para ajudar a entender a posição atual no mercado e como fazer progressos neste tipo de actividade. Esta análise tem como propósito uma apresentação objectiva que permita sintetizar a avaliação do contrato segundo os critérios SWOT.

Forças: como pontos positivos deste processo salienta-se, desde logo o efeito de escala, bem como a multiplicidade de actividades inerente ao contrato e a capacidade técnica e empenho da equipa. Estes factores permitem uma interação multidisciplinar o que contribui para uma elevada eficiência na resposta às exigências da Caderno de Encargos. A existência de uma estrutura base de apoio (CTGA sede), com elevado *know-how*, permite uma redundância de alguns recursos, bem como uma forte componente de polivalência interna que possibilita a resposta imediata a necessidades dentro e fora do contexto do Caderno de Encargos.

Fraquezas: a dificuldade de recrutamento de recursos humanos na região com experiência, e as adversidades para conseguir estabilizar a equipa afeta à prestação de serviços. Subproveitamento das potencialidades da ferramenta de operação Navia, para alívio da carga burocrática e qualidade dos registos de exploração. A obsolescência de algumas instalações que pelo número de anos e pela degradação carecem de investimentos na sua reabilitação.

Oportunidades: estabilizar a fixação dos recursos humanos afectos à prestação de serviços (condicionada pela dificuldade em recrutar localmente). Optimizar os meios humanos e materiais ao cumprimento dos trabalhos, nomeadamente na execução dos trabalhos de carácter preventivo. Intensificação da utilização da plataforma Navia como meio de suporte a todas as actividades de exploração. Diagnósticos dos problemas das instalações e sugestões de melhoria o fito de resolução dos mesmos.

Ameaças: a curta duração do contrato não permite estabelecer estratégias de médio-longo prazo, limitando o estudo mais aprofundado dos sistemas e a proposta de melhorias. Dificuldade em recrutar técnicos locais com as valências e experiência, nomeadamente ao nível da manutenção. As condições de fragilidade de algumas instalações que dificultam o desempenho operacional. Zona geográfica de orografia acidentada limita a opção por alguns dos meios a afectar bem como o tempo de resposta. Prazos de entrega de peças de reposição alargados o que condiciona a reparação de equipamentos. Aumento generalizado de preços que constrange a execução financeira do contrato. Forte contributo das águas pluviais, sobretudo em redes pequenas com um prejuízo severo no desempenho das instalações.

Palavras-Chave: Saneamento, exploração, operação e manutenção, optimização, SWOT.

SISTEMA DE MONITORAMENTO E ALERTA DE QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA DO RIO DOCE

Vinícius NASCIMENTO OLIVEIRA¹, Mateus CRUZ LOSS²

¹ Fundação Renova, Linhares-ES-Brasil, vinicius.fundacaorenova.org

² PROGEN, Linhares-ES-Brasil, email

³ Instituição, Morada, email

Palavras-Chave: estações automáticas, rompimento de barragens, desastre ambiental

INTRODUÇÃO

Em novembro de 2015 a barragem de rejeitos de Fundão da mineradora Samarco, localizada em Mariana/MG, se rompeu liberando aproximadamente 43,7 milhões de metros cúbicos de rejeitos. Uma parte, em torno de 7 milhões de metros cúbicos, ficou retida na própria área da mineradora e o restante desceu pelo córrego Santarém, seguindo pelos rios Gualaxo do Norte e do Carmo até atingir o reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves, situada a 113 km de Fundão. Ao longo de todo esse percurso, a parte mais grossa do rejeito ficou depositada na calha, áreas alagáveis e planície dos rios. Todo o restante do rejeito, caracterizado pela parte mais fina, ultrapassou a contenção da barragem da UHE Risoleta Neves e seguiu depositando-se ao longo da calha do rio Doce, até alcançar a foz, no litoral do Espírito Santo (FUNDAÇÃO RENOVA, 2021).

Sabe-se que diversos impactos ambientais diretos e indiretos foram ocasionados devido ao desastre ambiental causado pelo rompimento, podendo-se destacar as alterações na qualidade da água, a interrupção no fornecimento de água à população e os impactos em outros usos, como geração de energia hidrelétrica, atividades industriais, irrigação, pecuária, pesca, balneabilidade e turismo (FUNDAÇÃO RENOVA, 2021). Em decorrência destes fatos, em março de 2016 foi assinado o Termo de Transição e Ajustamento de Conduta - TTAC (TTAC, 2016), entre os governos federal, dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, mineradora Samarco e suas acionistas VALE S.A. e BHP. Billiton Brasil Ltda. No TTAC foi estabelecido que o processo de recuperação da bacia do rio Doce seria executado através da Fundação Renova, uma organização autônoma, de direito privado e sem fins lucrativos (FUNDAÇÃO RENOVA, 2021).

Dentre as diversas ações de reparação previstas no TTAC, a Cláusula 177 definiu o desenvolvimento e implementação de um Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PMQQS) de caráter permanente. Este programa teve início em julho de 2017 e uma de suas definições principais foi a implantação de pontos de monitoramento da qualidade da água do tipo manual (com 92 pontos previamente estabelecidos) e automático em toda a região impactada na bacia do rio Doce, abrangendo além da calha do Doce, lagoas do baixo Doce e zona costeira e estuarina adjacente. Atualmente, a rede de monitoramento manual e automático permanece ativa com 82 pontos de monitoramento manual e 22 pontos de monitoramento automático.

A partir dos pontos expostos, o presente estudo visou descrever os resultados da

implantação da rede de monitoramento automático de qualidade de água e alertas implementada desde 2017 pela Fundação Renova em toda a região impactada pelo rompimento da barragem de Fundão, ocorrido em 2015.

METODOLOGIA

Para implementação da rede de monitoramento automático, a equipe de execução do PMQQS propôs uma rede de monitoramento em tempo real composta por estações automáticas que aferissem o nível de água, parâmetros meteorológicos (pluviosidade e temperatura do ar) e qualidade de água (temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, turbidez, clorofila-a, ficocianina). Além da rede de monitoramento proposta para obtenção de informações, buscou-se estabelecer uma rede de alerta através de notificações geradas no momento em que os parâmetros aferidos pelas estações ultrapassassem limites pré-estabelecidos para o oxigênio dissolvido (quando menor que 3,5 mg.L-1), condutividade elétrica (quando maior que 150 µS.cm-1) e turbidez (quando maior que 1.050 NTU).

O monitoramento automático implementado ao longo do trecho (Figura 1) contou com 22 estações, onde cada estação pode ser fixa ou flutuante no local de medição, composta por grupos de equipamentos que são classificados em três tipos: Tipo I - estações que medem nível d'água e parâmetros meteorológicos; Tipo I com turbidez: estações que além os itens anteriores medem turbidez; Tipo II: estações que além dos parâmetros das estações do Tipo I e II aferem pH, oxigênio dissolvido, condutividade, temperatura da água, clorofila-a e ficocianina através de uma sonda multiparamétrica. A tabela 1 descreve os códigos de identificação e características de cada tipo de estação conforme conjunto de parâmetros definidos.

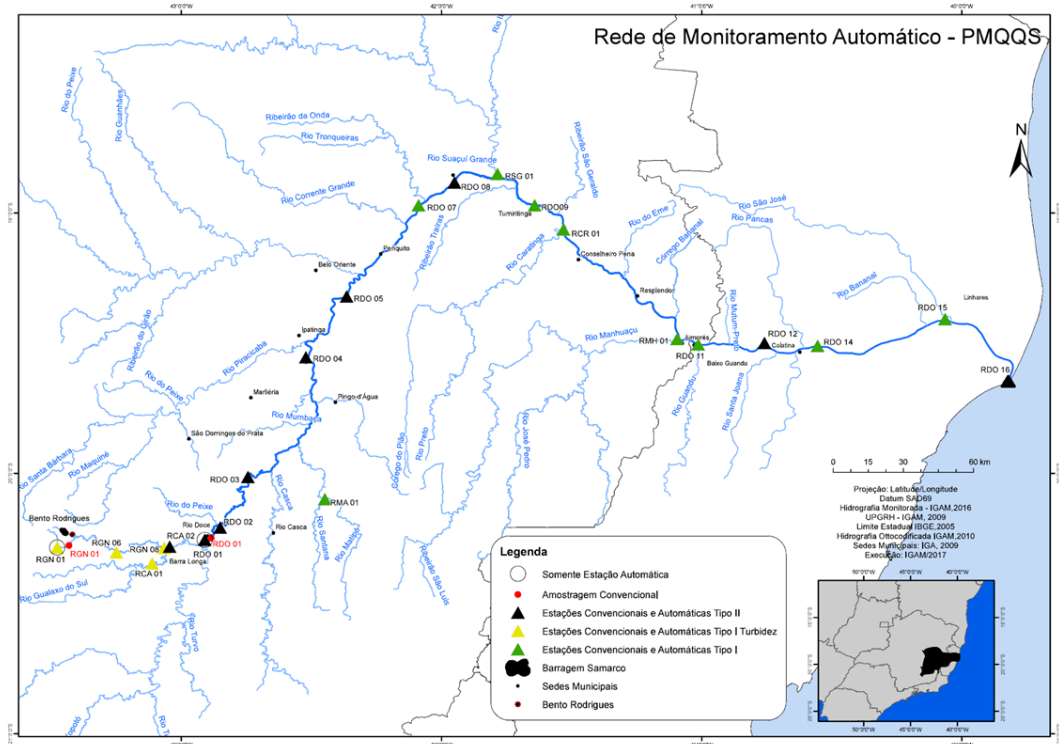


Figura 1. Localização das estações automáticas de monitoramento. Fonte: GTA-PMQQS (2017).

Os dados aferidos por todas as estações são armazenados em um datalogger e enviados via satélite ou rede GPRS para o banco de dados da Fundação Renova em intervalos de uma hora. O banco de dados é compartilhado em tempo real com os órgãos integrantes da Câmara Técnica de Segurança Hídrica e Qualidade da Água (GTA-PMQQS, 2017), responsável pelo acompanhamento das atividades do PMQQS.

RESULTADOS

Das 22 estações instaladas, 7 delas foram definidas como integrantes da rede de alerta: RCA 02, RDO 01, RDO 03, RDO 04, RDO 05, RDO 08 e RDO 12. O sistema da rede de alertas funciona da seguinte forma: quando os limites de alertas são alcançados, o sistema de operação das estações (PCDWEB, 2023) envia mensagens de texto via celular e e-mail para órgãos governamentais envolvidos e aos operadores dos sistemas de abastecimento de água, para que esses possam tomar as ações necessárias frente as informações recebidas.

Através da Fundação Renova, as estações são mantidas em operação e as manutenções e reparos nas estruturas ocorrem com a verificação e calibração periódica dos equipamentos. Nas estações do Tipo I a frequência das visitas para manutenção preventiva é bimestral e nas estações Tipo I com turbidez e Tipo II, a frequência é semanal. Em ambos os tipos, a calibração é realizada por meio da comparação entre os valores reportados pela sonda instalada e os valores reportados por uma sonda com calibração conhecida, para garantir a confiabilidade dos dados monitorados conforme preconizam Passamani, Jardim e Maioli, (2021).

O sistema de operação das estações, além do envio de alertas para os órgãos governamentais envolvidos e aos operadores dos sistemas de abastecimento de água, permite também a visualização de informações gráficas com frequência horária, conforme figura 2.

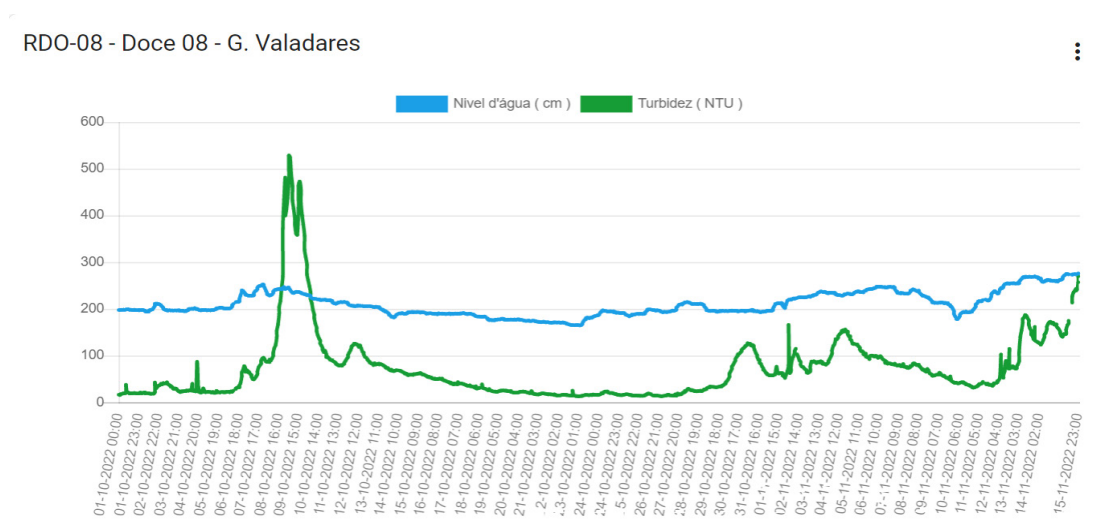


Figura 2 - Gráfico de nível cota de água e turbidez da estação tipo II denominada RDO 08 instalada em Governador Valadares-MG entre 01/10/2022 e 15/11/2022.

CONCLUSÕES

Atualmente o rio Doce e tributários contam com um sistema de monitoramento que está distribuído em uma grande extensão territorial com uma maior concentração das estações no estado de Minas Gerais, mas que se estende até o litoral do Espírito Santo.

Os critérios de manutenção e verificação das calibrações dos equipamentos permitem a garantia de confiabilidade ao sistema e a qualidade dos dados. De igual teor, a transmissão horária dos dados permite um menor tempo de resposta no caso de acionamento de algum dos alertas. Assim formando um sistema de vigilância e alerta para subsidiar o planejamento preventivo dos principais sistemas de abastecimento público de água e direcionar ações de acompanhamento da qualidade da água do rio Doce.

Os dados de nível e precipitação gerados e disponibilizados podem ser usados em estudos futuros que busquem ações de monitoramento e/ou previsão de cheias e inundações na bacia do rio Doce. O conjunto de dados produzidos desde 31/07/2017 por este monitoramento, alimenta um banco de dados acessado por meio do endereço eletrônico monitoramentorioce.org e disponível para download por qualquer usuário. A livre disponibilização dos dados permite que novas aplicações para o sistema de alertas e análises da qualidade e quantidade de água sejam desenvolvidas.

REFERÊNCIAS

FUNDAÇÃO RENOVA. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos - PMQQS. 2021. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2021/12/pmqqqs_revisaobianual_revnt78_mai21.pdf>. Acesso em: 05 de nov. 2022.

PASSAMANI, F.C.; JARDIM, B. F. M; MAIOLI, B. G. Implementação do Portal de Monitoramento do rio Doce como ferramenta para acesso á informação ambiental. In: XXIV SBRH - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2021, Belo Horizonte. Anais do XXIV SBRH - Simpósio brasileiro de recursos hídricos. Belo Horizonte: 2021. p. 1-7. GTA-PMQQS. Relatório Técnico - Implantação das estações automáticas do PMQQS ao Longo do Rio Doce. Nota Técnica GTA-PMQQS N° 2. Belo Horizonte, 2017.

PCDWEB. Plataforma central de dados na Web. Disponível em: < <https://www.dualbase.com.br/front/up/produtos/1553532314-2628524.pdf>>. Acesso em: 23 de jan. 2023.

TTAC. Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta. Disponível em: <<https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2016/07/ttac-final-assinado-para-encaminhamento-e-uso-geral.pdf>>. Acesso em: 27 de dez. 2022.

SÍNTESE DE DIAGNÓSTICO DO DEBILITADO SECTOR DE WASH DE ANGOLA

Lucrecio COSTA, Camilo Lombana CORDOBA, Luis A. ANDRÉS, Crystal FENWICK

O presente trabalho apresenta a síntese de um Diagnóstico do Sector de **WASH** em Angola, no âmbito do qual se procedeu a identificação dos principais problemas na prestação de serviços no sector de **WASH** e o associado ambiente facilitador através de uma avaliação institucional e de uma análise da economia política que tem em conta as ligações intersectoriais subjacentes ao desenvolvimento humano. Especificamente, o trabalho desenvolvido aborda primeiro as desigualdades no acesso aos serviços de **WASH** e a sua relação com a saúde infantil em Angola. Por fim, são apresentadas propostas de recomendações conducentes a melhoria da assertividade dos investimentos e eficácia da gestão ao nível Sector de WASH, visando o almejado cumprimento dos ODS.

Estes resultados destinam-se a orientar a tomada de decisões futuras à medida que o Governo de Angola continua a reformar um incipiente sector de WASH. As recomendações propostas para o trabalho futuro não são prescritivas e foram concebidas para identificar as áreas a melhorar.

Palavra-chave: Abastecimento de Agua, Saneamento, Higiene e Desenvolvimento

PROMOTING MANAGED AQUIFER RECHARGE IMPLEMENTATION IN THE MEDITERRANEAN AREA. THE AGREEMAR PROJECT AND EXPECTED OUTPUTS

Teresa E. LEITÃO¹, Tiago N. MARTINS¹, Manuel M. OLIVEIRA¹, Catalin STEFAN²

¹ *Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, tleitao@lnec.pt, tmartins@lnec.pt, moliveira@lnec.pt*

² *Research Group INOWAS, Institute for Groundwater Management, Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden, catalin.stefan@tu-dresden.de*

ABSTRACT

Managed aquifer recharge (MAR), also referred to as artificial recharge, is a nature-inspired solution that aims at intentionally augmenting the recharge of aquifers by making use of both conventional (surface water) and unconventional (e.g. treated wastewater) for later recovery or environmental uses. This is already a common practice in several countries, which have demonstrated that MAR can be a complementary tool to improve and support water resources management (WRM) strategies.

The potential for MAR in Portugal was demonstrated by several research projects (GABARDINE, MARSOL, MARSoluT) but the integration of MAR with other WRM practices has yet to gain traction. Recently, two resolutions from the Portuguese parliament, #86/2022 and #87/2022 published on December 26th, recommended to the Government to “encourage the development of projects and initiatives that contribute to the operationalization of the artificial recharge of aquifers, as a complementary solution for the management of water resources in the face of the worsening drought scenarios, duly evaluating all environmental impacts” and to “articulate with local authorities the application of new measures and commitments to increase the use of treated wastewater, for urban hygiene purposes, watering green spaces, or others that are understood to be useful and beneficial”.

The newly started AgreeMAR project responds to this call by promoting the use of MAR in the Mediterranean area through the development of a general participatory governance framework, followed by the implementation of co-created, location-specific agreements for MAR benefits sharing which are endorsed by cross-sectoral stakeholder groups. This will be supported by the development of a methodology for the selection of feasible locations for MAR application based on the integration of demand for groundwater-dependent services, conventional and non-conventional water sources, and intrinsic hydrogeological conditions, relying heavily upon fostering the engagement of stakeholders from different societal sectors and actor groups in all stages of project development. For this, an extensive questionnaire has been developed and responded by different institutions (cf. <https://forms.gle/LK4c2Yieh2a2QAiT6>). The applicability of AgreeMAR governance framework will be demonstrated at island, regional and local scale on four case study regions from Tunisia, Cyprus, Portugal, and Spain. The AgreeMAR project – “Adaptive agreements on benefits sharing for managed aquifer recharge in the Mediterranean region” (<https://agreemar.inowas.com/>) is funded for three years (June 2022 – May 2025)

by the national research agencies under the Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area (PRIMA) and coordinated by the Research Group INOWAS at TU Dresden, Germany.

To this stage, the project team has compiled the main hydrogeological, geochemical, biophysical, environmental, social, and economic feasibility criteria for MAR (<https://agreemar.inowas.com/feasibility-criteria/>) while, by interacting with the most representative stakeholders from all demo regions, is now working on assessing the degree of importance of each criterion within several societal sectors that may benefit from the implementation of MAR. The next step, based on the feedback collected from stakeholders and experts, is to assemble and validate specific geospatial feasibility maps which will ultimately support the decision-making process within the scope of the MAR agreements.

The main aspects and developments of the project will be presented, possibly focusing on the feasibility maps application and the questionnaire responses.

ACKNOWLEDGEMENTS

The AGREEMAR project is funded by National Funding Agencies from: Germany (Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF, grant no. 02WPM1649), Cyprus (Research & Innovation Foundation – RIF, grant no. 0321- 0024), Portugal (Fundação para a Ciência e a Tecnologia – FCT, grant no. PRIMA/0004/2021), Spain (Agencia Estatal de Investigación, Ministerio de Ciencia e Innovación – MCI, grant no. PCI2022-133001) and Tunisia (Ministère de l’Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – MESRSI, grant no. PRIMA/TN/21/07). The project is funded under the Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area (PRIMA). The PRIMA Programme is supported under Horizon 2020 by the European Union’s Framework for Research and Innovation.

Keywords: Managed Aquifer Recharge; Groundwater; Climate Change Adaptation; Mediterranean.

A DECOMPOSIÇÃO DE MATÉRIA VEGETAL COMO FERRAMENTA PARA AVALIAR A INTEGRIDADE FUNCIONAL DE RIOS E RIBEIROS – AVANÇANDO PARA UMA BIOMONITORIZAÇÃO INTEGRADA DA CONDIÇÃO ECOLÓGICA

Verónica FERREIRA¹, Manuel A. S. GRAÇA¹

¹ MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, ARNET – Rede de Investigação Aquática, Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra, Calçada Martim de Freitas, 3000-456 Coimbra, veronica@ci.uc.pt, mgraca@ci.uc.pt

RESUMO

Os rios e ribeiros prestam inúmeros serviços às populações humanas e por isso a proteção e a recuperação da sua integridade ecológica devem ser objetivos societários. A integridade ecológica compreende a integridade estrutural (por exemplo, a composição das comunidades aquáticas e a qualidade da água) e a integridade funcional (por exemplo, os processos ecossistémicos). No entanto, a biomonitorização oficial de rios e ribeiros, seguindo as orientações da Diretiva Quadro da Água, baseia-se apenas em indicadores estruturais. Contudo, como a estrutura e a função de um ecossistema nem sempre estão relacionadas, a biomonitorização de rios e ribeiros com base apenas em indicadores estruturais fornece uma imagem incompleta e potencialmente enganadora da integridade ecológica. Consequentemente, têm havido vários apelos ao longo dos anos para a inclusão de indicadores funcionais na biomonitorização de rios e ribeiros.

Várias funções ecossistémicas podem ser consideradas como potenciais ferramentas para avaliar a integridade funcional de rios e ribeiros. Em particular, a decomposição de matéria vegetal de origem terrestre permite a incorporação dos nutrientes contidos nesses detritos nas cadeias alimentares aquáticas. Este é um processo essencialmente biológico onde decompositores microbianos e invertebrados trituradores são os principais atores. A taxa a que a matéria vegetal se decompõe é afetada directa e indirectamente (via efeitos nas comunidades aquáticas) pelas condições ambientais, e estas podem ser alteradas pelas atividades humanas.

A decomposição de matéria vegetal é geralmente considerada como uma das funções com maior potencial para ser integrada em programas de biomonitorização porque: (i) integra as condições ambientais ao longo do tempo, através de vários níveis tróficos e de vários níveis de organização biológica, (ii) é parcialmente realizada por organismos que geralmente não são considerados na bioavaliação (por exemplo, decompositores microbianos), (iii) não depende da presença de *taxa* específicos, mas sim de grupos funcionais, (iv) responde de forma previsível e sensível às mudanças ambientais e estressores antropogénicos e pode discriminar entre diferentes tipos de impactos e (v) é relativamente simples de usar.

O método para avaliar a decomposição da matéria vegetal é relativamente simples: implica colocar uma quantidade conhecida de matéria vegetal (por exemplo, folhas) em

sacos de rede, incubar os sacos de rede nos rios e ribeiros, recuperá-los após algum tempo e pesar a matéria vegetal restante. Como as características da matéria vegetal determinam em grande medida o processo de decomposição, é necessário ter em conta o tipo (por exemplo, folhas ou madeira) e a espécie de matéria vegetal a usar em função das alterações ambientais previstas. Entre as opções possíveis, encontram-se substratos comerciais estandardizados como tiras de algodão ou pauzinhos de madeira. Também é necessário definir a malha dos sacos de rede; a malha grossa permite o acesso dos macroinvertebrados à matéria vegetal e garante que a decomposição resulta das actividades conjuntas dos decompositores microbianos e dos invertebrados trituradores e a malha fina impede o acesso dos macroinvertebrados e garante que a decomposição é levada a cabo essencialmente pelos decompositores microbianos. Os resultados são expressos como taxa de decomposição (uma medida da velocidade a que a matéria vegetal perde massa) e existem várias abordagens que permitem o uso destes valores para avaliar a integridade funcional do ecossistema. Aqui vamos recorrer à evidência científica para abordar o potencial da decomposição de matéria vegetal para ser usada como indicadora da integridade funcional de rios e ribeiros com o objetivo de promover a incorporação de funções ecossistémicas em programas de biomonitorização.

A maioria dos estudos que tem testado a decomposição de matéria vegetal como indicador da integridade funcional de ribeiros utiliza um número reduzido de locais, mas dois estudos testaram a aplicação deste indicador a larga escala e merecem destaque. No estudo levado a cabo por Feio et al. (2010), folhas senescentes de amieiro e de carvalho foram colocadas em sacos de rede de malha grossa e de malha fina e incubadas em 24 locais de referência e 15 locais de condição desconhecida, distribuídos pelas bacias hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis (centro de Portugal). Foi então utilizado o modelo preditivo BEAST para comparar cada local de condição desconhecida com os locais de referência (com base nas taxas de decomposição observadas), dentro de cada tipologia (definida com base nas características ambientais). Nove dos 15 locais de condição desconhecida foram classificados como sendo potencialmente diferentes ou diferentes da condição de referência respetiva (escala: 1 – equivalente à condição de referência, 2 – potencialmente diferente da condição de referência, 3 – diferente da condição de referência, 4 – muito diferente da condição de referência) (Feio et al., 2010).

O segundo exemplo da utilização da decomposição de matéria vegetal como indicador da integridade funcional de ribeiros a larga escala deriva do estudo realizado por Brosed et al. (2022). Aqui, folhas senescentes de amieiro foram colocadas em sacos de rede de malha grossa e de malha fina e incubadas em 83 locais distribuídos pelas bacias hidrográficas dos rios Adour e Garonne (sudoeste de França). A posição de cada local com base nas taxas de decomposição das folhas em cada um dos tipos de sacos foi então adicionada a uma grelha com dois eixos (eixo x: taxa de decomposição em sacos de malha grossa; eixo y: taxa de decomposição em sacos de malha fina) e 25 áreas correspondentes a 5 classes de qualidade (má, pobre, moderada, boa e alta), definidas com base nos desvios das taxas de decomposição em ambos os tipos de saco em relação a valores de referência. A posição dos locais na grelha permite identificar a sua condição, com 30 locais a apresentarem uma qualidade pobre ou má (Brosed et al., 2022).

Há ainda trabalho a realizar com vista à simplificação e estandardização do protocolo para aplicação a larga escala, nomeadamente a definição de condições de referência. No entanto, para ser possível avançar no sentido do desenvolvimento e utilização de uma ferramenta baseada na decomposição de matéria vegetal em programas de biomonitorização será necessário o envolvimento das instituições com responsabilidade

na implementação destes programas. A integração de um indicador da integridade funcional de rios e ribeiros nos programas de biomonitorização permitirá uma avaliação integrada da condição ecológica destes ecossistemas aquáticos, em linha com a definição de estado ecológico proposta pela Diretiva Quadro da Água: “expressão da qualidade estrutural e funcional dos ecossistemas aquáticos associados às águas de superfície” (Comissão Europeia, 2000).

Palavras-Chave: Funções ecológicas; Decomposição de detritos vegetais; Integridade ecológica.

REFERÊNCIAS

Brosed, M., Jabiol, J., Chauvet, E. (2022): Towards a functional assessment of stream integrity: A first large-scale application using leaf litter decomposition. *Ecological Indicators*, 143, 109403.

Comissão Europeia (2000): Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um Quadro de Acção Comunitária no Domínio da Política da Água. *Jornal Oficial Comunidades Europeias* de 22 dezembro de 2000 L 327, pp. 1–72

Feio, M. J., Alves, T., Boavida, M., Medeiros, A., Graça, M.A.S. (2010): Functional indicators of stream health: A river-basin approach. *Freshwater Biology*, 55, 1050–1065.

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE ESPÉCIES PISCÍCOLAS IBÉRICAS DE ÁGUA DOCE PERANTE ESTÍMULOS SELETIVOS ACÚSTICOS E LUMINOSOS

Joaquim JESUS¹, Rui CORTES¹, Amilcar TEIXEIRA²

¹ Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Ap 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal; rcortes@utad.pt

² Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal; amilt@ipb.pt

RESUMO

O chamado “desenvolvimento sustentável” veio introduzir variáveis de salvaguarda nas sociedades eminentemente consumistas e despreocupadas com a degradação acelerada dos recursos e património natural. Os ecossistemas aquáticos estão no centro destas preocupações, pois os níveis de pressão, seja pelo crescimento desordenado das cidades e deficientes sistemas de tratamento de resíduos e efluentes, seja pela construção de pequenas e grandes barragens, com a conseqüente fragmentação de habitats, estão na origem de muitos impactes negativos, nomeadamente nas comunidades aquáticas, caso da fauna piscícola nativa.

Os sistemas comportamentais para peixes, baseados em estímulos acústicos ou luminosos, têm sido encarados como uma ferramenta valiosa na proteção das comunidades piscícolas. Mais recentemente, o desenvolvimento de barreiras ou sistemas de orientação seletivos possui um elevado potencial pela capacidade de induzir alterações comportamentais diferenciadas, que permitem, por exemplo, afastar os peixes nativos dos perigos dos órgãos hidráulicos nos cursos de água regularizados ou simplesmente orientá-los para zonas de proteção, sejam de desova, de alimentação ou de abrigo.

O objetivo principal do presente trabalho foi contribuir para o desenvolvimento de barreiras comportamentais seletivas para peixes com base nos estímulos acústicos e luminosos. Foram realizadas experiências com a utilização de estímulos acústicos e luminosos, previamente selecionados, com a finalidade de descobrir o efeito repulsivo em três espécies nativas ameaçadas pela fragmentação dos rios na Península Ibérica: a truta-de-rio (*Salmo trutta*), a boga-do-Norte (*Pseudochondrostoma duriense*) e o barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*), com diferenças bioecológicas conhecidas, quer de natureza morfológica, fisiológica, comportamento trófico ou preferências de habitat.

As experiências laboratoriais foram realizadas com a utilização das três espécies e controlo similar das condições ambientais, o que permitiu que o desenho experimental e as metodologias utilizadas isolassem o comportamento de cada uma das espécies testadas, quer no estímulo acústico com duas frequências (fixa a 140Hz e sweep - variável até 2000Hz), quer no estímulo luminoso, igualmente com duas frequências (350 flashes/minuto e 600 flashes/minuto).

Os principais resultados das experiências realizadas identificaram que a espécie salmónica *S. trutta* não exibiu qualquer comportamento repulsivo em relação aos

estímulos acústicos tendo, pelo contrário, exibido um elevado comportamento repulsivo em relação aos estímulos luminosos, em especial à luz estroboscópica com a frequência de 600 flashes/minuto/dia. Relativamente às espécies *P. duriense* e *L. bocagei*, constatámos um elevado comportamento repulsivo em relação aos estímulos acústicos e em especial ao sweep e, ao invés, um fraco ou moderado comportamento repulsivo em relação à luz estroboscópica. Foi também possível verificar que o estímulo acústico com base no tom puro de frequência fixa (140Hz) não provocou qualquer estímulo repulsivo nas três espécies testadas. A luz estroboscópica 350 flashes/minuto revelou-se eficaz para *S. trutta* (embora de eficácia inferior à frequência 600 flashes/minuto), com eficiência moderada para *P. duriense* e sem qualquer efeito repulsivo para *L. bocagei*. Aliás, é de relevar o papel de eficácia intermédia e moderada de *P. duriense* nas experiências com estímulos luminosos. Realce ainda para a inexistência de evidências de fenómenos de habituação, nas experiências onde se observou um comportamento repulsivo, quer com estímulos acústicos, quer com estímulos luminosos.

Estes resultados são coerentes com a bibliografia recente e demonstraram diferenças para os estímulos testados e em particular para as espécies nativas da Península Ibérica. A ausência de estruturas auditivas acessórias (e.g. aparelho weberiano) no salmonídeo e conseqüentemente baixa sensibilidade auditiva e elevada acuidade visual dada a sua condição de predador visual e oportunista parece justificar os resultados para a espécie *S. trutta*. Por outro lado, o comportamento trófico dos ciprinídeos e a preferência por habitats bentónicos, mais profundos e menos iluminados, em especial para *L. bocagei*, justificam, aparentemente, a baixa acuidade visual em favor de outros sentidos como a audição. A diferenciação comportamental verificada entre espécies/famílias nas experiências realizadas no presente trabalho, sejam relacionadas com causas genéticas, tróficas ou ambientais, constituem aspetos de grande interesse de análise no desenvolvimento de sistemas comportamentais seletivos, com o intuito de condicionar e/ou orientar o comportamento das espécies-alvo.

Tendo em consideração as pressões e a vulnerabilidade da fauna piscícola nativa da Península Ibérica, em especial das espécies potamódromas, os resultados obtidos no presente estudo revelaram-se muito promissores para a futura utilização de barreiras comportamentais seletivas em cursos de água, que contribuam decisivamente para a conservação de espécies piscícolas ameaçadas.

Palavras-Chave: Estímulo acústico, estímulo luminoso, luz estroboscópica, barreira comportamental seletiva, peixes nativos.

PROTEÇÃO E MELHORIA ECOLÓGICA NAS MASSAS DE ÁGUA DO EFMA

Noemí SANTIAGO¹, Luísa PINTO¹, Sara VALENTE¹

¹ Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva, S.A., Rua Zeca Afonso 27800-522 Beja,
nsparada@edia.pt, lpinto@edia.pt, svalente@edia.pt.

RESUMO

A desertificação é um fenómeno com escala planetária, sendo reconhecido como um dos problemas mais graves com implicações sociais, económicas e ambientais severos.

Em Portugal, este fenómeno tem uma expressão relevante, nas regiões do interior Leste e Sul sendo estas as mais afetadas, de onde se destaca o Alentejo.

Apesar dos inquestionáveis benefícios que o regadio de Alqueva tem trazido à região, verifica-se, como seria expetável, uma intensificação da Agricultura na região que, caso não seja corretamente implementada pode contribuir em larga escala para o aumento da desertificação, através dos fatores humanos que levam à alteração do microclima, como por exemplo: destruição do coberto vegetal, mau uso do solo, pastorícia excessiva, processos de rega inadequados, salinização, entre outros.

Neste sentido, torna-se imperativo a implementação de ações que permitam diminuir ou controlar as principais causas e manifestações deste fenómeno, contribuindo para o cumprimento dos principais objetivos estratégicos do Plano Ação Nacional de Combate à Desertificação: Conservação do solo e da água, recuperação de áreas degradadas, sensibilização da população e integração da problemática nas políticas de desenvolvimento económico e social.

Com o intuito de contribuir para a proteção e reabilitação dos solos e ecossistemas degradados em áreas suscetíveis à desertificação, o programa COMPETE2020 REACT-EU, apresentou o convite n.º 13/REACT-EU/2021 “Combate à desertificação através da rearborização e de ações que promovam o aumento da fixação de carbono e de nutrientes do solo”.

No âmbito deste aviso, a EDIA, através de uma parceria com a empresa Trevo – Floresta, Agricultura e Ambiente, Lda, e com o apoio da Câmara Municipal de Beja, submeteu a candidatura “Arborização e requalificação ambientais em zonas contíguas com o regadio do EFMA”.

Este projeto pretende intervir junto a diversas massas de água do EFMA e ecossistemas ribeirinhos associados, tendo como principal objetivo a diminuição da suscetibilidade do território à desertificação, através da florestação de áreas de sistemas agroflorestais mediterrânicos, arborização de áreas rodeadas por culturas intensivas e a recuperação de áreas paisagísticas e ecologicamente degradadas. O projeto procura garantir uma melhor cobertura do solo incrementando a sua qualidade e funcionalidade, área de compartimentação e abrigo em zonas de agricultura intensiva, protegendo também as massas de água, em análise, e o aumento da diversidade de espécies e da produtividade dos sistemas naturais.

A região do Alentejo apresenta uma percentagem da sua área inserida dentro da Rede Natura 2000, uma rede ecológica de âmbito europeu que visa assegurar a biodiversidade,

através da conservação ou do restauro dos habitats naturais, da flora e da fauna selvagens num estado de conservação favorável, da proteção, gestão e controlo das espécies, bem como da regulamentação da sua exploração. Esses objetivos são aplicados tendo em conta as exigências ecológicas, económicas, sociais, culturais e científicas, bem como as particularidades regionais e locais.

A EDIA tendo conhecimento da importância destas áreas e dos trabalhos associados à conservação e restauro de habitats, assim como a necessidade de ter corredores de conectividade ecológica dentro de áreas predominantemente agrícolas, que interliguem áreas protegidas, desenvolveu o projeto candidatado e que agora apresentamos. O projeto abrange uma área total com perto de 30 ha, existindo cerca de 5,40 ha de áreas com interesse ecológico classificado. A título de exemplo, uma das intervenções propostas, situa-se numa área contígua ao regadio do EFMA, localiza-se na Ribeira das Brenhas junto à Albufeira de Furta Galinhas (montante), inserida área protegida Rede Natura 2000 – Sítio de Interesse Comunitário (SIC) Moura/Barrancos (PTCON0053).

Destacamos, também, as áreas junto à Albufeira de Serpa, na Ribeira de Enxóé, à Albufeira de Brinches, à Albufeira de Almeidas e ao Reservatório de Selmes (fig. 1). A maioria destas áreas têm na sua envolvente uma intensificação agrícola com alguma expressão, pelo que as intervenções a executar têm diferentes objetivos e fins. As medidas de restauro previstas para estes locais, como é o caso da plantação de espécies arbóreas e arbustivas favorecerá à minimização do risco de erosão, além de fornecer outros serviços ecossistémicos como criar zonas de compartimentação e abrigo, aumentar a biodiversidade, fixar carbono, diminuir os *inputs* da agricultura e com isto melhorar a qualidade da água destas infraestruturas de retenção.



Figura 1. Reservatório de Selmes

Por último, a EDIA, enquanto entidade gestora do EFMA tem ainda um papel preponderante no que respeita à sensibilização para esta temática, não só pelo trabalho desenvolvido em proximidade com os beneficiários e a sensibilização dos mesmos na área ambiental, mas também pela responsabilidade que lhe é inerente, e sobre a qual deverá servir de exemplo na implementação de boas práticas e de manutenção da conectividade ecológica do território.

Palavras-Chave: proteção de massas de água; conectividade ecológica; Alqueva; alterações climáticas, resiliência.

THE USE OF FLOW-REFUGES BY ENDEMIC FISH SPECIES UNDER SIMULATED PULSED FLOWS: INSIGHTS FROM FLUME RESEARCH

Maria João COSTA¹, Isabel BOAVIDA¹, José Maria SANTOS², Renan Leite^{1,2}, António N. PINHEIRO¹

¹ *Civil Engineering for Research and Innovation for Sustainability, Instituto Superior Técnico, Campus of Alameda, University of Lisbon, 1049-003 Lisbon, Portugal, mariajcosta@tecnico.ulisboa.pt (MJC), isabelboavida@tecnico.ulisboa.pt (IB), renanleite@edu.ulisboa.pt (RL), antonio.pinheiro@tecnico.ulisboa.pt (ANP)*

² *Forest Research Centre (CEF) and Associate Laboratory TERRA, School of Agriculture, University of Lisbon, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisbon, Portugal, jmsantos@isa.ulisboa.pt (JMS)*

RESUMO

In response to daily peaks of electricity demand, hydropower plants (HPP) produce frequent and intermittent flow peaks, resulting in downstream hydropeaking. This continuous and artificial flow variability alters the downstream river habitat, with severe consequences for fish biodiversity. Still, a substantial number of new HPPs are planned or under construction, and given the energy transition nexus, hydroelectricity is expected to continue to expand. The impacts of hydropeaking on fish populations and community dynamics are recognized. However, it is still challenging to attribute a greater effect to either flow magnitude or frequency in rivers and to identify a causal pathway between flow variability and a measurable fish response. This is explained by the overlapping effects of other environmental factors that are difficult to isolate. Understanding this is crucial to implement effective morphological (e.g. flow refuges) or operational solutions (i.e. adaptation of the operation scheme) to mitigate the impacts of hydropeaking. On the other hand, in flumes, it is possible to control the flow events, isolate potential confounding factors, and replicate the same experimental conditions.

Few studies have proposed mitigation solutions with the potential to be applied in natural conditions and the vast majority were designed to offer flow refuge for salmonids. Recognizing flow as the abiotic factor that determines fish movement, it is expected that flow will have a considerably different effect on the movement behaviour among fish species, especially if we consider the morphological adaptations and the diverse swimming modes resulting from millions of years of evolution.

The objective of this work is to show the most relevant findings of extensive research conducted at an indoor flume located in the Laboratory of Hydraulics at Instituto Superior Técnico (IST). The flume (8.00 m long, 0.70 m wide and 0.80 high) is constructed on a steel frame with glass panels on both sides and has a PVC false bottom to attach structures of different shapes, sizes and materials. This research integrated the FCT-FLUVIO PhD programme, the H2020 FIThydro project, and more recently, the FCT R&D EcoPeak4Fish project. The main goal was to identify the impacts of simulated hydropeaking (i.e. pulsed flows) on endemic fish species in the presence of diverse types of flow refuges that would serve as mitigation solutions to hydropeaking.

We simulated flow events based on operational schemes of small HPPs operating in hydropeaking and adapted them to flume conditions. Changes in physiology (glucose and lactate) and motion patterns were quantified to investigate the effects of pulsed flows and to analyse the efficiency of artificial structures as flow refuges for endemic fish. The research was complemented with a detailed characterisation of the hydraulic and hydrodynamic conditions. With this approach, it was possible to relate physiological responses, changes in motion, and flow refuge use, with the hydraulic conditions created in the flume.

The pulsed flow events consisted of a sequence of discharges that differed in the flow ratio (the ratio between the maximum and minimum discharge), the peak duration (the time interval between peak start and end) and the peak frequency (the number of peaks during the simulated flow event). For all experiments, the base-flow conditions consisted of a continuous 7 l.s^{-1} flow event. The tested peak discharges were 20, 40, and 60 l.s^{-1} , and were adapted during the progress of the experiments based on the findings of each setup. The simulated ramping rates were selected to create the most adverse hydraulic conditions given the construction characteristics of the flume. The criteria to select the type of structure, material, size, density and spatial arrangement were based on previous knowledge of structures designed for salmonids, fishway design for endemic cyprinid species, ecological requirements of endemic cyprinids and leuciscids, and construction and implementation costs.

We tested deflectors (constructed in PVC), instream structures (constructed in maritime plywood), covered lateral structures with a perpendicular entry to the flow (constructed in maritime plywood), artificial vegetation, and covered flow refuges with different insertion angles to the wall (constructed in maritime plywood). These types of flow refuges were tested for *Luciobarbus bocagei* (Iberian barbel; all configurations) and *Pseudochondrostoma polylepis* (straight-mouth nase; artificial vegetation). For the last experiments, we tested the presence of the invasive *Alburnus alburnus* (bleak) as a factor that potentially affected the use of flow refuges (i.e. covered structures with 45° insertion angle) by *L. bocagei*.

In the presence of deflectors, we identified a flow velocity threshold (i.e. $0\text{-}0.41 \text{ m.s}^{-1}$) that could represent resting metabolic levels for swimming performance for *L. bocagei*, physiological adjustments (i.e. metabolic changes as self-regulating processes to maintain the homeostatic state) shown by a sustained glucose response to cope with the pulsed flows, an ability to cope with water velocities $> 0.60 \text{ m.s}^{-1}$ by hiding behind the deflectors, without visible signs of exhaustion, particularly during the flow events with a continuous peak magnitude.

A diverse range of *L. bocagei* responses was observed in the presence of instream structures. Those were explained by the changes in the velocity, turbulence fields and hydrodynamic fluctuations induced by the peak-flow event together with the presence of instream structures, and not just by the flow event itself.

The vegetated patches buffered the harsh conditions created by peak flows and conferred suitable resting zones for *L. bocagei*. The flow-refuging areas assured by vegetated plugs were a critical driver for *L. bocagei* patch use, while other factors different than sheltering (e.g., foraging in vegetated areas) may have influenced the patterns of use of vegetated and downstream the vegetated patches by *P. polylepis*.

Preliminary results indicate that the different insertion angles of covered flow refuges trigger distinct responses in *L. bocagei*. The 45° structure was the most effectively used and resulted in the highest permanence time, in comparison to the 70° and 0° structures. In the presence of invasive species, the flow refuge use was inhibited.

With this research, we concluded that fish responses are not always proportional to the flow magnitude, frequency or duration of the peak event. Even if longer peak flows, higher flow rates and peak repetition, produced glucose increments, increased swimming effort, and difficulty to hide in the available refuges, fish could make use of the hydraulic conditions and exploit regions of reduced flow velocity.

As with any study that is conducted in controlled conditions, flume findings require cautious interpretation and should be tested in natural conditions. Still, laboratory work is critical to discard those setups that do not work in the first place, avoiding time-consuming and expensive field experiments. Thus, with the findings of our extensive research, we have upscaled the 45° covered flow refuge and implemented it downstream of two HPPs in the scope of the project EcoPeak4Fish. With an underwater fish motion detection camera, a network of sensors and a sophisticated algorithm to identify fish species and their size, it will be possible to find flow-refuge use patterns before, during and after hydropeaking and to include seasonal behavioural variations.

Palavras-Chave: hydropeaking; flow refuges; endemic cyprinids and leuciscids; flumes, pulsed flows

FUNDING

This research was funded by Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), grant number: PTDC/EAM-AMB/4531/2020. This work is part of the research activity carried out at Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS) and has been funded by Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) in the framework of project UIDB/04625/2020. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 727830.

EFEITO DE HIDROPICOS INDUZIDOS POR PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS NO USO SAZONAL E ONTOGENÉTICO DO MICROHABITAT DE LEUCISCIDEOS E SALMONÍDEOS NATIVOS

José Maria SANTOS¹, Renan LEITE^{1,2}, Maria João COSTA², Francisco GODINHO³,
Maria Manuela PORTELA², António PINHEIRO², Isabel BOAVIDA²

¹ Forest Research Centre (CEF), School of Agriculture, University of Lisbon, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisbon, Portugal, jmsantos@isa.ulisboa.pt

² Civil Engineering for Research and Innovation for Sustainability, Instituto Superior Técnico, Campus of Alameda, University of Lisbon, 1049-003 Lisbon, Portugal, renanleite@edu.ulisboa.pt, mariajcosta@tecnico.ulisboa.pt, maria.manuela.portela@tecnico.ulisboa.pt, antonio.pinheiro@tecnico.ulisboa.pt, isabelboavida@tecnico.ulisboa.pt

³ Hidroerg-Projectos Energéticos Lda., 1300-327 Lisbon, Portugal, francisco.godinho@hidroerg.pt

RESUMO

A presença de obstáculos fluviais nos cursos de água, nomeadamente de centrais hidroelétricas, pode ter impactos negativos significativos nos ecossistemas aquáticos, devido à ocorrência de flutuações diárias acentuadas de caudal nos segmentos fluviais a jusante, fenómeno conhecido como hidropicos. Os hidropicos afetam negativamente a estrutura dos habitats fluviais e a fauna aquática, principalmente os peixes, que frequentemente estão sujeitos ao encalhamento nas margens devido à súbita paragem das turbinas, ou ao arrastamento para jusante em consequência do aumento brusco de caudal. No entanto, quando se trata de analisar o efeito de hidropicos induzidos por pequenas centrais hidrolétricas (PCHs) no uso e disponibilidade de habitats de peixes, estudos conduzidos à escala do microhabitat são bastante mais escassos. No entanto, são fundamentais para se perceber como é que individualmente os peixes respondem a alterações no espaço e no tempo das principais variáveis ambientais que estruturam o habitat. O objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos das alterações súbitas de caudal provocadas por PCHs no uso do microhabitat de leuciscídeos e salmonídeos nativos, tendo em conta a variabilidade sazonal e ontogenética (i.e. relacionada com o estágio de vida), a fim de se perceber como é que o uso do habitat das referidas espécies piscícolas em locais impactados pelas PCHs é afetado quando comparado com locais de referência (i.e. não afetados por PCHs). A cobertura e a profundidade foram as variáveis mais influentes no uso do microhabitat para todas as espécies, tanto nos locais de referência como nos impactados, embora algumas diferenças no ranking das variáveis que estruturam o habitat tenham ocorrido para as espécies menos comuns, nomeadamente o bordalo (*S. alburnoides*) e a truta-de-rio (*S. trutta*). Os leuciscídeos exibiram padrões semelhantes de uso não-aleatório de microhabitat entre os locais de referência e os impactados, ocupando principalmente áreas mais profundas e com maior cobertura face às existentes no habitat. No geral, os padrões sazonais e ontogenéticos do uso do microhabitat das espécies foram semelhantes entre os locais de referência e os impactados, com a maioria daquelas a exibir padrões sazonais distintos no uso de microhabitats da primavera para o verão, embora na maioria dos casos, não tenham revelado diferenças ontogenéticas,

i.e. entre juvenis e adultos, em ambos os tipos de locais. Este estudo mostrou que os efeitos das variações bruscas de caudal induzidas por PCHs no uso do microhabitat de espécies piscícolas a jusante de PCHs, foram insignificantes quando comparados aos locais de referência a montante, e que a cobertura, fornecida por uma diversidade de formas, pode, como tal, ter tido um papel relevante na atenuação dos efeitos das variações bruscas de caudal induzidas por PCHs. As possíveis medidas de mitigação devem, portanto, considerar a manutenção e o controle de faixas de vegetação ripária e de mosaicos de macrófitas aquáticas submersas, bem como o aprovisionamento de substratos grosseiros (blocos) que são críticos para os peixes impactados por PCHs.

Palavras-Chave: hidropicos; uso de habitat; peixes; pequenas centrais hidroelétricas; cobertura

AÇÃO Z – COMBATE AO MEXILHÃO-ZEBRA

David CATITA¹, Ana ILHEU², Bárbara TITA³

¹ EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 – 7800-522 Beja – dcatita@edia.pt

² EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 – 7800-522 Beja – ailheu@edia.pt

³ EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 – 7800-522 Beja – btita@edia.pt

RESUMO

A expansão de espécies exóticas invasoras (EEI) é considerada a segunda causa perda global de biodiversidade nativa, apenas atrás da destruição ou alteração de habitats naturais. Estima-se que o fenómeno das EEI seja responsável por aproximadamente 40% das extinções de espécies animais ocorreram nos últimos 500 anos.

A proliferação do mexilhão-zebra (*Dreissena polymorpha*) é um exemplo paradigmático de um processo de invasão bem-sucedido. Originário do Mar Cáspio e do Mar Negro, este molusco bivalve tem um comportamento fortemente invasivo e iniciou a sua dispersão por via humana, há mais de dois séculos, em direção a regiões muito distantes das suas áreas de origem. No caso espanhol, o mexilhão-zebra foi detetado na bacia de Llobregat durante os anos 80 do século XX, mas desapareceu após um evento de inundações. A partir de 2001, quando foi detetado no trecho jusante do rio Ebro, observou-se um aumento sistemático da sua área de colonização, até ocupar a maioria da bacia hidrográfica do Ebro e das suas infraestruturas hidráulicas, embora com graus diferentes de infestação. Depois de 2005, as deteções de mexilhão-zebra começaram a ocorrer noutras bacias adjacentes, como o Júcar e Segura.

Em 2006, foi desenvolvida em Espanha uma Estratégia Nacional para o Controle do Mexilhão-zebra, vinculada à elaboração de um plano de choque específico para as áreas de ocorrência confirmada e à posterior criação da Estratégia Nacional de Espécies Invasoras. Esta estratégia pretendeu orientar as administrações competentes em cada um dos temas, sobre as ações que deveriam ser realizadas no sentido do controle adequado da expansão do mexilhão-zebra em Espanha.

Na bacia hidrográfica de Guadalquivir, confinante com a bacia hidrográfica do Guadiana, o aparecimento da espécie ocorreu em 2009, no reservatório de Los Bermejales. Posteriormente apareceu no reservatório de Iznájar, em 2011, e nos reservatórios de La Breña II, Conde de Guadalhorce, Guadalteba, Tagus de la Encantada, Campanilla e Zahara-Gastor em 2015.

A bacia hidrográfica do Guadalquivir confina com a bacia hidrográfica do Guadiana, que serve de origem de água para todo o EFMA, materializando, neste contexto, o transvase entre o Guadiana e o Sado. Por essa razão a EDIA iniciou, em 2012, um conjunto de ações de controlo de espécies invasoras, em articulação com as autoridades espanholas.

O projeto Ação Z, desenvolvido em parceria entre a APA e a EDIA e financiado pelo Fundo Ambiental, teve como objetivo principal manter ativos os objetivos das ações em curso, no contexto da monitorização e controlo do mexilhão-zebra, mas com especial enfoque na zona onde ocorreu a primeira invasão de mexilhão-zebra em Portugal, em 2019, na bacia hidrográfica do Sado.

O projeto Ação Z desenvolveu-se em torno do controlo e erradicação do mexilhão-zebra, uma das espécies invasoras mais danosas para empreendimentos hidroagrícolas, pretendendo-se proteger, em simultâneo, o recurso água em todas as suas valências, entre as quais o regadio.

Apesar de o primeiro foco detetado de mexilhão-zebra em Portugal, dentro de um reservatório do Empreendimento de Alqueva se considerar erradicado, foram desenvolvidos trabalhos na área envolvente da bacia hidrográfica do rio Sado, no qual estão integrados diversos sítios com importância ambiental, entre os quais a Reserva Natural do Estuário do Sado.

Foram assim desenvolvidas as seguintes ações:

- Elaboração e implementação de um Plano de Ação Local para o mexilhão-zebra, para a bacia hidrográfica do rio Sado, abrangendo igualmente as bacias hidrográficas limítrofes;
- Caracterização da bacia hidrográfica do rio Sado, relativamente à presença potencial de mexilhão-zebra;
- Criação e dinamização de uma base de dados das embarcações profissionais e de recreio, que circulam na bacia hidrográfica do Sado e Guadiana (Portugal e Espanha), denominada Passaporte Z;
- Aquisição de equipamentos e materiais associados às ações de vigilância, controlo e remoção de populações pioneiras de mexilhão-zebra;
- Comunicação, formação e disseminação de conhecimento técnico sobre o mexilhão-zebra e outras EEIs, dos resultados do projeto e das metodologias implementadas, com a elaboração de materiais de comunicação com uma linguagem simples, acessível e pragmática sobre o contexto das EEIs.

Palavras-Chave: invasoras; regadio; mexilhão-zebra; bivalve.

EFEITOS DO USO DE LODO PRODUZIDO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DA ESPÉCIE CAESALPINIA FERREA

Ariane de Brito SILVA¹, Lucas da SILVA², Maria Amanda Menezes SILVA³,
Luana Viana COSTA E SILVA⁴

¹ Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará (IFCE), Quixadá-CE,
aryanebrito235@gmail.com

² Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará, Quixadá-CE, lucasilva@ifce.edu.br

³ Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará (IFCE), Acopiara-CE,
amanda.menezes@ifce.edu.br

⁴ Universidade Federal do Ceará (UFC), Crateús-CE, luanaviana@crateus.ufc.br

RESUMO

A Caatinga, formação vegetacional que tem a sua maior representação no nordeste brasileiro, e que é enquadrada como Savana Semiárida, tem uma exposição acentuada a fenômenos de degradação derivadas de características naturais inerentes ao clima semiárido, no qual está inserida esta região. Neste contexto, clima, solo e vegetação são fatores que para além de componentes do Bioma, ditam o ritmo e a qualidade do desenvolvimento deste, sendo que de maneira prática, a vegetação é o fator que permite uma intervenção com maior retorno de curto prazo. Partindo dessa premissa, a *Caesalpinia ferrea*, planta nativa da Caatinga, apresenta uma capacidade de se desenvolver em áreas abertas, e por tanto representa, através do desenvolvimento de métodos aprimorados para o seu cultivo, um potencial no que se refere a recuperação de áreas com grau de degradação. Ligado de forma intrínseca ao levantado acima, o surgimento de substratos alternativos, muito tem contribuído para o desenvolvimento de novos métodos de cultivo. Se destaca como material com potencial de compor estes substratos, o lodo de ETA (Estações de Tratamento de Águas), por apresentar taxas significativas de nutrientes, para além de que o seu uso aplicado a este fim, dá uma destinação ambientalmente adequada a esse rejeito do tratamento de águas. A vista disso, objetiva-se a destinação ambientalmente adequada do lodo da ETA de Quixadá-CE, na composição de substrato para o cultivo de *Caesalpinia ferrea*, realizando uma análise acerca dos efeitos da utilização deste resíduo nas características funcionais da espécie. O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Estudos Ecológicos e Ambientais do Bioma Caatinga (LEEABC), localizados no Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Ceará, no município de Quixadá. O lodo utilizado foi fornecido pela ETA da Companhia de Água e Esgoto (CAGECE), do distrito de Juatama, Quixadá-CE. O experimento foi efetuado entre o final do ano de 2021 e início de 2022, com duração de 2 meses, utilizando-se da espécie *Caesalpinia ferrea*. Foram coletadas ao total 135 sementes em árvore adulta da espécie, e os experimentos realizados em viveiro florestal com 50% de sombreamento. O estudo foi conduzido através da experimentação de 5 testes com aplicação de lodo em concentrações de 25, 50, 75 e 100%, representando os testes T2, T3, T4 e T5, respetivamente. O teste T1 foi utilizado como testemunha, isto é, sem aplicação de lodo. Cada teste teve 27 repetições. O substrato alternativo utilizado tem composição formada por adubo orgânico e bagana, em proporções iguais (1:1:1), e lodo. Após dois meses de duração do experimento, foram realizadas medições de altura máxima (AM em cm) e diâmetro máximo (DM em mm), com auxílio de fita métrica e paquímetro

digital, respetivamente. Posteriormente, foram coletadas as características funcionais dos indivíduos. Para isso, foram selecionados 10 indivíduos para coleta de folhas e 5 indivíduos para análise de madeira e raízes. Inicialmente foi determinado o peso saturado de água de todas as amostras coletadas, através de balança analítica. Por conseguinte, as folhas e raízes principais foram escaneadas para mensuração de área, e essa última, por sua vez, foi submetida a medição de comprimento. O caule, no que lhe concerne, foi retirado em 1/3 do seu comprimento uma sessão de 10 cm, seguido de imersão em água para determinação de volume, e posterior cálculo de densidade da madeira. As amostras de folha, madeira e raízes primária e secundárias foram, em seguida, postas em estufa a 60 C por 72 horas, para posterior mensuração de peso seco em balança analítica. A partir dos dados obtidos foram mensurados a massa seca da folha (MSF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), massa seca da raiz principal (MSRP), massa seca da raiz secundária (MSRS), área da raiz principal (ARP), comprimento da raiz principal (ARP), densidade da madeira (DM), massa seca da madeira (MSM), massa seca do sistema radicular (MSSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca total (MST). Ao avaliar os dados apurados, no que se refere a AM e DM, a aplicação de lodo não influenciou de forma expressiva nesses parâmetros da espécie, de modo que todos os testes obtiveram resultados bem semelhantes, onde todos apresentaram altura entre 21 e 26 cm, e diâmetro entre 1,40 e 1,60 mm. No tocante a folha, nenhum teste demonstrou resultado de AF significativamente diferente do teste testemunha, de modo que os resultados obtidos foram inferiores ao teste testemunha, sendo este de 1931,34 mm². Por outro lado, os testes T2 e T3 demonstraram bons resultados de MSF, com 280,30 e 260,87 mg.g⁻¹, respetivamente, contra 250,00 mg.g⁻¹ do teste testemunha. Em relação a AFE, os testes T2, T3 e T4 apresentaram resultados satisfatórios, de 461,30 mm².mg⁻¹ para T2, 433,36 para T3 e 562,43 para T4, tendo esse último resultado bastante diferente do teste testemunha. No que corresponde à madeira, na característica de DM apenas o teste T5 empregou efeito expressivo diferente da testemunha, com 0,9 mg.mm⁻³ em contraponto a 0,51 do teste T1. Os demais testes obtiveram resultado desse parâmetro inferior ao teste testemunha. A MSM, no que lhe concerne, não apresentou resultados significativamente diferentes da testemunha, de modo que todos os resultados concentraram-se no intervalo de 485 a 497 mg.g⁻¹. Partindo para as raízes da planta, para ARP a aplicação de lodo foi capaz de elevar os resultados nos testes T2, com 459,74, T4, com 485,08 e T5, com 473,6 mm², contra 428,18 mm² da testemunha. Para CRP, os todos os testes demonstraram resultados distantes da testemunha, com variando entre 1154 e 1437 mm, em contrapartida, de T1, com 1813 mm. Para MSRP, nenhum teste superou o valor resultante do teste T1, embora a maioria dos testes não tenha apresentado valor muito distante da testemunha, sendo, portanto, o teste T2 o que mais se distanciou, com 374,10 mg.g⁻¹, e T1 com 444,44 mg.g⁻¹. Tendo em vista MSRS, todos os testes que não o testemunha, apresentaram valores inferiores ao mesmo, sendo os testes T3 e T4 os que mais diferenciaram, com 145,67 e 158,65 mg.g⁻¹, tendo em vista o teste T1, com 391,30 mg.g⁻¹. Tem-se ainda, a MSSR, onde novamente o teste testemunha superou os valores dos testes com aplicação de lodo, contudo, dois testes ficaram bem próximo do mesmo, com 835,75 de T1, 608,67 de T2 e 719,44 mg.g⁻¹ de T5. Ao observar os dados obtidos de MSPA, é possível perceber que todos os testes apresentaram resultados bem próximos, variando de 714 a 766 mg.g⁻¹. Por fim, o parâmetro de MST demonstra que nenhum teste com aplicação de lodo apresenta valores superiores à testemunha, no entanto, todos eles apresentam resultados sem muita discrepância, sendo esses de 2419,06; 1983,94; 1834,98; 1879,34; 2176,73 para T1,T2,T3,T4 e T5, respetivamente. A partir desses resultados, conclui-se que o lodo gerado das Estações Tratamento de Águas (ETA), adicionado na composição de substrato convencional, contribui de forma significativa para o desenvolvimento das principais características funcionais da espécie *Caesalpinia ferrea*, sendo uma alternativa viável para minimizar os impactos ambientais possíveis devido às diversas características do lodo produzido.

Palavras-Chave: Lodo de ETA ; Substrato alternativo; *Caesalpinia ferrea*; características funcionais; resíduo.

HYDROPEAKING: HOW TO ASSESS AND MITIGATE IMPACTS

Isabel BOAVIDA¹, José Maria SANTOS², Maria João COSTA¹, Renan LEITE¹, Rui MOTA³, Maria Manuela PORTELA¹, Francisco GODINHO⁴, Pedro LEITÃO⁴, António PINHEIRO¹

¹ Civil Engineering for Research and Innovation for Sustainability, Instituto Superior Técnico, Campus of Alameda, University of Lisbon, 1049-003 Lisbon, Portugal; isabelboavida@tecnico.ulisboa.pt (IB), mariajcosta@tecnico.ulisboa.pt (MJC), renanleite@edu.ulisboa.pt (RL), maria.manuela.portela@ist.utl.pt (MMP), antonio.pinheiro@tecnico.ulisboa.pt (AP)

² Forest Research Centre (CEF) and Associate Laboratory TERRA, School of Agriculture, University of Lisbon, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisbon, Portugal; jmsantos@isa.ulisboa.pt

³ Nova School of Business, Universidade Nova de Lisboa, 1099-085 Lisbon, Portugal; rui.mota@novasbe.pt

⁴ Hidroerg-Projetos Energéticos Lda., 1300-327 Lisbon, Portugal; francisco.godinho@hidroerg.pt (FG); pedro.leitao@hidroerg.pt (PL)

ABSTRACT

Hydroelectricity demand is still growing due to its reduced carbon impact and strong dispatch ability. Concurrently, the need to support self-sustainable fish populations cost-effectively and restore water-related ecosystems is urgent. The impacts of rapid and artificial flow fluctuations caused by peak electricity demand, i.e., hydropeaking, on fish fauna are still largely unknown, particularly for cyprinid species. Fish species have adapted throughout their evolution to the magnitude, frequency, and predictability of the natural flow regime of a river, including flood and summer flows. However, the occurrence of these flow variations with a high frequency and great magnitude downstream of hydroelectric plants (hydropeaking) as a result of hydroelectric production, makes the habitat very unstable and unpredictable. In response to this restriction, fish exhibit physiological and behavioral changes. This organism's response follows a neuroendocrine pathway, which aims to restore the homeostatic state after the perception of any stimulus that threatens it. In cases where this threat persists over time, adverse effects on general fish behavior (e.g. finding refuge) and on specific life cycle stages (reproduction and growth) are likely to arise.

During the last decades, research on hydropeaking has grown exponentially, highlighting the importance of this topic. The stranding of fish on the banks due to the sudden stop of the turbines, or the displacement of fish downstream are some of the most studied impacts. Given its relevance, in countries such as Austria and Switzerland, where most hydroelectric power plants operate in hydropeaking (alpine power plants with a high head), there is strict legislation on how these power plants can operate, limiting, for example, the closing speed of the turbines (i.e. downramping rate).

Within the framework of the European FIThydro project, a tool was developed, the Hydropeaking tool, which makes it possible to assess the impact of water releases from hydropower production on the fish fauna, through the quantification of physical variables that translate the mode of operation of the powerplant, and through the evaluation of the ecosystem vulnerability. The tool was developed in Norway for salmon species and later adapted to Iberian species and rivers. Therefore, represents a valuable tool for impact

assessment and can be used in decision support in licensing new infrastructure and applying for new licenses.

Given the importance of hydropeaking and its ecological and socioeconomic implications, their mitigation requires an inter and transdisciplinary approach. In this perspective, an interdisciplinary network, the HyPeak network, was created to promote international research initiatives, support the development of hydroelectric energy in a sustainable way, and provide expert advice on the subject.

In Portugal, knowledge of the impacts of hydropeaking on fish fauna is still incipient. However, there is already clear evidence that there is an effect on fish physiology and behavior. Results of research using telemetry indicated that, during hydropeaking, the activity of the Iberian barbel decreased, showing the behavior of seeking refuge. Laboratory studies, in an artificial channel during the rapid rise in flow, showed that responses to stress were triggered, translated into a significant increase in glucose in the blood of the barbels. The fish also showed a tendency to seek refuge to avoid areas of high currents.

There are currently two types of mitigation measures for the effects of hydropeaking: direct and indirect. Direct measures include i) structural measures such as the construction of a retention basin that allows to retain of the hydropeak and smooths the release of flow downstream, and ii) operational measures that involve the adaptation of the production scheme to reduce the impacts of the rise and sudden drop in flows. Indirect measures include alterations in the riverbed morphology.

Direct measures, such as rethinking the hydropower operation to improve fish habitat may affect the hydropower production profit. Including habitat use in models of hydropower plant (HPP) optimal management is usually achieved by adding restrictions regarding minimum flows. The feedback between the available habitat and profit has not been explicitly modeled. Including a description of how the available habitat changes with water flow can help estimate tradeoffs between profit maximization and habitat preservation and inform the development of flow restrictions. On the scope of the EcoPeak4Fish project (PTDC/EAM-AMB/4531/2020), we will develop a framework to adapt the HPP operation scheme to maximize profits and environmental benefits for the sustainable use of hydropower energy.

Indirect measures include actions to reclassify the fish habitat downstream from the plants. Flow-refuges (e.g., lateral deflectors) are believed to help fish with rapidly changing flows and high currents. Nonetheless, most studies addressing hydropeaking and its impacts focus on salmonids. Recent studies have assessed flow-refuges' utility for cyprinids in controlled experimental conditions. However, fish responses to hydropeaking and the use of flow-refuges in peaking rivers remain unknown, and its application in Portugal is very limited, therefore the challenge of estimating and predicting its ecological benefit remains unknown. Within the EcoPeak4Fish project, a prototype was installed downstream of the Bragado and Covas do Barroso hydropower plants using an indirect measure, a flow-refuge (figure 1) which is currently being continuously monitored by underwater cameras. Preliminary results are promising.

The EcoPeak4Fish Project intends to answer the following questions: How do fish react under hydropeaking conditions? Are flow-refuges an effective measure to mitigate impacts and contribute to the self-sustainability of fish populations? How can we maximize HPP operation while maintaining the suitable habitat for fish populations? This knowledge will be fundamental to implementing new and redefining operational schemes, recommending design criteria for flow-refuges, and mobilizing policy-makers to define legal instruments for hydropeaking.



Figure 1 - Underwater image of an Iberian scale entering a current refuge installed downstream of the Covas do Barroso hydroelectric power plant. Source: EcoPeak4Fish project ©Maria João Costa

To implement these mitigation measures and to limit the impacts of hydropеaking, it is necessary to recognize the importance of hydropower energy in climate adaptation, and the importance that biodiversity represents for the future. The approach to these issues must be integrated and include both energy production and biodiversity criteria in decision-making. This is valid both in the development of new projects and in the maintenance of existing projects. The cost-benefit of the mitigation measures to be adopted must be evaluated together and their implementation must be monitored, without prejudice to these measures being reviewed if their benefit is called into question. Additionally, sharing this data by managers is essential for advancing knowledge about the impacts of hydropower on fish fauna, to outline more promising strategies to mitigate these impacts.

Palavras-Chave: hydropеaking; hydropower plants; cyprinids; flow refuges; sustainability

FUNDING

This research was funded by FCT “Fundação para a Ciência e a Tecnologia”, grant number:

PTDC/EAM-AMB/4531/2020. The authors are grateful to the Foundation for Science and Technology’s support through funding UIDB/04625/2020 from the research unit CERIS.

IMPACTOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NAS NECESSIDADES DE REGA DO MILHO. A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ABORDAGENS METODOLÓGICAS

Daniela SOARES¹, Teresa Afonso do PAÇO¹, Paula PAREDES¹, João ROLIM¹

¹ *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; dsoares@isa.ulisboa.pt; tapaco@isa.ulisboa.pt; pparedes@isa.ulisboa.pt; joaorolim@isa.ulisboa.pt;*

RESUMO

Em condições Mediterrânicas, as alterações climáticas caracterizam-se pelo aumento da temperatura média do ar, pelo decréscimo da precipitação anual, com uma maior concentração na estação do inverno, e pelo aumento da frequência e da duração de eventos extremos nomeadamente as secas e, conseqüentemente, a redução da disponibilidade de água destinada à rega. Quando combinadas, estas alterações afetarão negativamente a produção de alimentos, particularmente as culturas tradicionalmente cultivadas na primavera/verão que, em climas do tipo mediterrâneo, dependem da água de rega. Neste contexto, a produção de alimentos para abastecer uma população mundial crescente, de uma forma sustentável, garantindo a segurança alimentar torna-se primordial. Além disso, a combinação das alterações climáticas e a tendência muito significativa de subida dos preços dos cereais, nomeadamente do milho, nos mercados internacionais (FAOSTAT) mostra a necessidade de aumentar a produção desta cultura no nosso país. Sendo o sector agrícola extremamente dependente do clima, torna-se imprescindível estudar os impactos que as alterações climáticas (AC) na cultura do milho com o objetivo de desenhar possíveis medidas de mitigação e de adaptação que permitam o aumento da produção e a expansão da sua área.

Neste sentido, este trabalho pretende avaliar os impactos das AC nas necessidades de rega do milho utilizando duas metodologias distintas que usualmente são adotadas neste tipo de avaliação, e que se são representadas de forma esquemática na Figura 1. A primeira abordagem considerada (**foco na cultura/produção na parcela**), avalia principalmente a resposta da cultura às AC assumindo que o aumento da temperatura diminuiu a duração do ciclo fenológico, fazendo com que a exposição da cultura a períodos mais críticos seja reduzida (quando comparada com um período de referência). Esta abordagem poderá ainda incluir a consideração do efeito de uma concentração mais elevada de CO₂ e do stress hídrico na evapotranspiração cultural, assim como diversas medidas de adaptação tais como a antecipação da data de sementeira ou a utilização de variedades de ciclos mais curtos. A segunda abordagem (foco na estação de crescimento/gestão da água no aproveitamento hidroagrícola), considera o período da campanha de rega. Ou seja, como a temperatura do ar aumenta, a época da estação de crescimento inicia-se mais cedo e prolonga-se até mais tarde, aumentando deste modo a duração da campanha de rega e conseqüentemente os consumos de água para rega ao nível de um aproveitamento hidroagrícola (quando comparada com um período de referência).

O presente estudo foi desenvolvido para a região do Vale do Rio Tejo, uma das principais

regiões produtoras de milho em Portugal, tendo-se considerado os cenários RCP4.5 e RCP8.5. Avaliaram-se medidas de adaptação com o objetivo de disponibilizar aos agricultores um conjunto de recomendações que permitam uma adaptação planeada aos impactos negativos projetados para os cenários futuros.

Os resultados preliminares obtidos indicam que, quando aplicada a primeira metodologia, as necessidades de rega das culturas decrescem ligeiramente, porque a duração do ciclo cultural diminui, acarretando um impacto negativo na produção final. No entanto, mantendo-se a estação de crescimento atual correspondendo à aplicação da segunda metodologia, as necessidades de rega aumentam consideravelmente, porque maiores temperaturas originam valores mais elevados de evapotranspiração e, conseqüentemente, crescentes necessidades de rega nas culturas de primavera/verão.

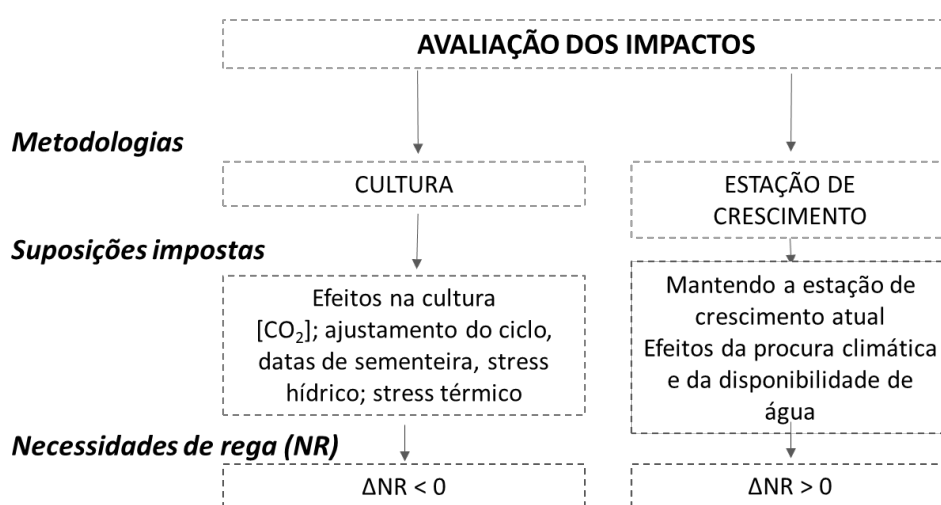


Figura 1. Representação esquemática das metodologias utilizadas para a avaliação dos impactos esperados, pressupostos de base e resultados esperados.

Palavras-Chave: *Zea mays*; alterações climáticas; produtividade da água; avaliação de impactos; medidas de adaptação na agricultura; rendimento da cultura; rega.

GUIA METODOLÓGICO PARA A DETERMINAÇÃO DE REGIMES DE CAUDAIS ECOLÓGICOS EM PORTUGAL. OBJETIVOS E ESTRUTURA ESSENCIAL

Francisco GODINHO¹, Ana TELHADO², Paulo PINHEIRO¹, Verónica PINTO², Filipa REIS¹, Felisbina QUADRADO², Bernardo OLIVEIRA¹, António PINHEIRO³

¹ AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Lda, Rua do Mar da China, n.º 1 Escritório 2.4 Parque das Nações, 1990-137 Lisboa, fgodinho@aqualogus.pt, ppinheiro@aqualogus.pt, filipareis@aqualogus.pt, boliveira@aqualogus.pt

² Agência Portuguesa do Ambiente, R. da Murgueira 9, 2610-124 Amadora, ana.telhado@apambiente.pt; veronica.pinto@apambiente.pt, maria.quadrado@apambiente.pt;

³ Civil Engineering for Research and Innovation for Sustainability (CERIS), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Campus of Alameda, 1049-003 Lisboa, antonio.pinheiro@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

É hoje consensual que a alteração dos regimes naturais de caudais promovida pela ação do homem é uma das principais pressões sobre os ecossistemas fluviais mundiais (EC, 2015).

Os regimes de escoamento definem e estruturam os ecossistemas fluviais, pelo que as alterações do regime hidrológico natural resultantes da construção e exploração de infraestruturas hidráulicas transversais, para atividades como a produção de energia, a rega e o abastecimento humano, têm impactes significativos, alterando o *continuum* fluvial através de modificações no ambiente geomorfológico e físico-químico, com modificações subsequentes nas comunidades biológicas.

Para mitigar os efeitos negativos da alteração de caudais, têm sido desenvolvidos, sobretudo desde a década de 70 do século XX, esforços continuados no sentido de quantificar caudais mínimos a manter a jusante das infraestruturas, denominados por caudais ecológicos. Em termos gerais, os regimes de caudais ecológicos (RCE) têm como principal objetivo satisfazer as necessidades dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos, podendo ser definidos como regimes de caudais a manter no curso de água, variáveis ao longo do ano, por forma a assegurar a conservação e a manutenção dos ecossistemas aquáticos, a produção de espécies com interesse desportivo ou comercial, assim como a conservação e manutenção dos ecossistemas ripícolas e outros valores que lhes estão associados (Alves e Bernardo, 2003).

As especificidades hidrológicas dos rios da Península Ibérica, bem como de outras regiões com clima mediterrânico, conduziram ao aparecimento de espécies aquáticas altamente adaptadas e dependentes destes regimes de caudais, muitas das quais são endémicas e relevantes em termos conservacionistas. As especificidades hidrológicas e ecológicas referidas condicionam a utilização direta de muitos dos métodos existentes para determinação de RCE (e.g. Moyle et al, 2011), sendo por isso necessário identificar e adotar abordagens adequadas às condições existentes nas massas de água portuguesas, bem como proceder à validação dos resultados obtidos.

Com esse propósito, foi desenvolvida uma abordagem hierárquica para determinação de RCE em Portugal Continental, apresentada na forma de um Guia Metodológico, destinado a todos os envolvidos na definição, aprovação e implementação de RCE. O desenvolvimento do presente Guia esteve enquadrado no Projeto POSEUR-03-2013-FC-000001 “Melhoria da Avaliação do Estado das Massas de Água”, aprovado em novembro de 2015 no âmbito do eixo prioritário de investimento respeitante à proteção do ambiente e à promoção da eficiência dos recursos.

O Guia Metodológico contribui ainda para integrar, em documentação técnica nacional, as recomendações contidas no Documento-Guia n.º 31 da Comissão Europeia “*Ecological Flows in the Implementation of the Water Framework Directive*”.

A abordagem hierárquica desenvolvida engloba as seguintes três etapas sequenciais: aplicação do método hidrológico desenvolvido no âmbito do Plano Nacional da Água, PNA 2002 (primeiro nível), aplicação do método do Perímetro Molhado e/ou da metodologia IFIM (segundo nível) e aplicação de um método holístico (terceiro nível). As abordagens hierárquicas são recomendadas no Documento-Guia n.º 31 da Comissão Europeia e têm vindo a ser implementadas em diversos países europeus.

É recomendada a aplicação do primeiro nível durante o processo de licenciamento de projetos associados a Aproveitamentos Hidráulicos (AH) em fase de Estudo Prévio. Os níveis superiores podem ser aplicados na sequência de avaliações ambientais favoráveis, em fases posteriores do projeto (e.g., Projeto de Execução), ou em casos particulares referidos ao longo do Guia. Nos casos de maior complexidade (e.g., infraestruturas de grandes dimensões, afetação de zonas sensíveis do ponto de vista ecológico ou quando estão identificados usos da água que podem concorrer entre si), a aplicação do terceiro nível da abordagem proposta permitirá um maior suporte à decisão sobre o RCE a estabelecer.

Integram ainda o Guia Metodológico, entre outros elementos, a estrutura base e o conteúdo dos programas de monitorização necessários para avaliar a eficácia de cada RCE, bem como a metodologia de caracterização hidromorfológica das massas de água para as quais os RCE são libertados.

A apresentação detalhará o processo de desenvolvimento do Guia, incluindo o seu enquadramento, objetivos e aplicação futura. Espera-se que a implementação da metodologia hierárquica permita, não só o estabelecimento de RCE adequados à manutenção dos valores ecológicos dos sistemas fluviais portugueses, mas também, no caso de novas infraestruturas hidráulicas, um licenciamento mais claro e rápido no que aos RCE diz respeito.

Palavras-Chave: regime de caudais ecológicos; DQA; metodologia hierárquica; restauro ambiental; Portugal

REFERÊNCIAS

Alves, M.H. e J.M. Bernardo (2003). Caudais Ecológicos em Portugal. INAG, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, Portugal.

EC (2015). Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive. Guidance Document No. 31 European Commission.

Moyle, P. B., Williams, J. G. e J. D. Kiernan (2011). Improving environmental flow methods used in California Federal Energy Regulatory Commission Relicensing. California Energy Commission, PIER. CEC-500-2011-037.

ANÁLISE EXPERIMENTAL DO EFEITO DE BOLSAS DE AR NOS REGIMES TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS

Marta CABRAL¹, Sofia PICCIOCHI¹, João Paulo FERREIRA², Dídia COVAS¹

¹ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal. Email: marta.f.cabral@tecnico.ulisboa.pt; sofia.picciochi@tecnico.ulisboa.pt; didia.covas@tecnico.ulisboa.pt

² Departamento de Gestão da Água, Faculdade de Engenharia Civil e Geociências, Universidade Técnica de Delft, Delft, Países Baixos. Email: j.p.ferreira@tudelft.nl

RESUMO

A existência de ar dissolvido, em emulsão ou aprisionado em secções localizadas é praticamente inevitável em sistemas hidráulicos em pressão, como sejam sistemas de abastecimento de água, sistemas hidroelétricos ou elevatórios ou sistemas industriais (Ramezani et al., 2016). O ar dissolvido decorre de um líquido em contato com um gás ter capacidade de o dissolver, desde que a concentração de gás seja inferior à concentração de saturação desse gás. No entanto, o ar dissolvido ou em emulsão no líquido tende a libertar-se e a acumular-se em bolsas, em pontos altos do sistema, que são libertadas geralmente através de ventosas existentes, podendo, no entanto, ser arrastadas pelo próprio escoamento ou acabar por se dissolver no próprio líquido. O ar acumulado pode também resultar da admissão de ar no sistema através de ventosas de duplo/triplo efeito durante a ocorrência de depressões transitórias, de operações de esvaziamento e enchimento, ou ainda da vaporização do líquido durante a ocorrência de transitórios hidráulicos.

A experiência mostra que a existência de bolsas aprisionadas em sistemas hidráulicos em pressão pode alterar significativamente as variações de pressão transitórias induzidas por manobras de válvulas ou de turbomáquinas hidráulicas existentes no sistema (Covas et al., 2006; Ferreira et al., 2021). Bolsas muito pequenas praticamente não têm efeito nos regimes transitórios, enquanto bolsas de maior dimensão comportam-se como reservatórios hidropneumáticos e atenuam as variações de pressão transitórias. Existe, no entanto, uma dimensão de bolsa que induz uma variação de pressão máxima no sistema que pode exceder em 50% a variação estimada pela formulação de Joukowsky. Esta dimensão depende da topologia do sistema, das características das condutas, do regime do escoamento e da localização da bolsa.

A presente investigação tem como objetivo a análise experimental do efeito de bolsas de ar aprisionadas num sistema simples composto por um reservatório, uma conduta e uma válvula a jusante. Para o efeito, foi construída uma instalação experimental no Laboratório de Hidráulica e Recursos Hídricos do Instituto Superior Técnico (IST), composta por uma conduta de cobre com um comprimento de 15 m, 20 mm de diâmetro interno e 1 mm de espessura. Na extremidade a montante da instalação a água armazenada no reservatório com capacidade de 100 L, é elevada através de uma bomba centrífuga com um caudal nominal de 3,6 m³/h e uma altura de elevação máxima de 44 m para um reservatório hidropneumático de 60 L. Na extremidade a jusante do sistema está instalada uma válvula com atuador pneumático de acionamento elétrico para gerar o transitório hidráulico através do fecho rápido (quase instantâneo) da mesma e uma válvula manual esférica para controlar o caudal inicial em regime permanente. O sistema de aquisição de dados é composto por um computador, um osciloscópio, dois transdutores de pressão (um localizado a montante da válvula pneumática e o outro localizado no dispositivo da bolsa de ar) e um caudalímetro do tipo eletromagnético.

A bolsa de ar é simulada com um cilindro acrílico localizado em três posições diferentes

da conduta: (i) Localização 1 – Dispositivo da bolsa de ar está localizado a 2,04 m da válvula pneumática; (ii) Localização 2 – Dispositivo da bolsa de ar está localizado a 7,85 m da válvula pneumática; e (iii) Localização 3 – Dispositivo da bolsa de ar está localizado a 10,26 m da válvula pneumática. Os ensaios foram realizados para cinco valores de caudal inicial (i.e., 150, 200, 250, 300 e 350 L/h) e para oito dimensões de bolsa de ar, variáveis entre 20 e 569 mm³. A celeridade das ondas de pressão foi calculada com base nas medições experimentais através de três métodos diferentes (i.e., o período da onda, a distância entre os dois transdutores e a formulação de Joukowsky), tendo sido obtidos valores variáveis entre 1240,97 e 1270,14 m/s, muito próximos do valor de celeridade obtido pela formulação teórica (1240,50 m/s).

A análise dos resultados experimentais permite tecer conclusões sobre o efeito da variação da dimensão da bolsa de ar e da sua localização nos regimes transitórios hidráulicos, em particular na queda de pressão inicial que ocorre na primeira onda, nas sobrepressões máximas superiores às de Joukowsky e no amortecimento e dispersão da onda de pressão. A queda de pressão inicial na primeira onda aumenta com a dimensão da bolsa de ar e com o caudal inicial e é causada pela compressão da bolsa de ar e acumulação de energia, seguida pela expansão da bolsa de ar e libertação de energia. A existência de bolsas de ar nos sistemas também provoca sobrepressões maiores que as de Joukowsky, as quais são geralmente perceptíveis no período da segunda onda e causadas pela sobreposição das ondas refletidas pela compressão e expansão do ar e da onda de pressão principal. Os maiores valores de sobrepressões foram verificados para a Localização 3 (i.e., quando o dispositivo da bolsa de ar está localizado a 10,26 m da válvula pneumática). O amortecimento ou dissipação de pressão observado corresponde à atenuação da amplitude das flutuações de pressão e ao ciclo de compressão e expansão da bolsa de ar que aumenta a dissipação de energia contribuindo para um maior amortecimento de pressão nestas situações. O efeito de amortecimento de pressão aumenta com o caudal inicial e a dimensão da bolsa de ar. A dispersão da onda de pressão é o atraso de tempo ou a mudança de fase da onda de pressão, que aumenta com a dimensão da bolsa de ar.

Este estudo é pioneiro na análise do efeito de bolsas de ar nos regimes transitórios hidráulicos, em especial no estudo de diferentes localizações de bolsas de ar e os contributos desta investigação podem ser particularmente úteis na correta definição de dispositivos de segurança contra os regimes transitórios hidráulicos nos sistemas pressurizados. Pretende-se desenvolver como trabalhos futuros a simulação numérica das bolsas de ar, incluindo a calibração e validação dos modelos numéricos desenvolvidos recorrendo a dados experimentais.

Palavras-Chave: bolsas de ar, regimes transitórios hidráulicos, sistemas pressurizados, análise experimental

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) pelo financiamento UIDB/04625/2020 ao CERIS (Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Covas, D., Ramos, H., Lopes, N., Almeida, A. B. (2006). Water pipe system diagnosis by transient pressure signals. At water distribution systems analysis symposium 2006, Cincinnati, OH.
- Ferreira, J. P., Buttarazzi, N., Ferras, D., Covas, D. (2021). Effect of an entrapped air pocket on hydraulic transients in pressurized pipes, *Journal of Hydraulic Research*, 59(6): 1018–1030, doi: 10.1080/00221686.2020.1862323
- Ramezani, L., Karney, B., Malekpour, A. (2016). Encouraging effective air management in water pipelines: A critical review. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(12), 04016055, doi: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000695.

HYDRODYNAMICS OF *DAPHNIA MAGNA* HORIZONTAL MIGRATION: PHOTOTAXIS AND PREDATORY CUES

Tatiana MÁXIMO¹, Joana Luísa PEREIRA², Rui M.L. FERREIRA¹, Ana M. RICARDO¹

¹ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, trmaximo@hotmail.com, ruimferreira@tecnico.ulisboa.pt, ana.ricardo@tecnico.ulisboa.pt

² CESAM, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, jpereira@ua.pt

ABSTRACT

Zooplankton represents a key functional level in freshwater ecosystems, especially in lakes and reservoirs, controlling phytoplankton and transferring carbon and energy to higher food web stages. Daphnids are amongst the most efficient grazer zooplankters and hence have been used as representative models in many biological disciplines, including freshwater ecology. Horizontal migration of daphnids is not well known, particularly in what concerns the relation with hydrodynamics. Addressing this research gap, we experimentally characterize the horizontal migration of *Daphnia magna* associated to positive phototaxis.

The study is conducted under two conditions: water with and without fish kairomones. The experimental setup comprises a water tank (40 × 20 × 19 cm³) divided at half-length by a thin opaque vertical barrier (Figure 1a). A LED light source is installed at one end of the tank allowing four colors for the source light, white, red, blue and green. Forty-five individuals of a pre-defined *D. magna* clone (Figure 1b) are placed in the half-tank opposite to the light source. In the other half there is water with or without fish kairomones. The entire length of the channel is illuminated by red backlight.

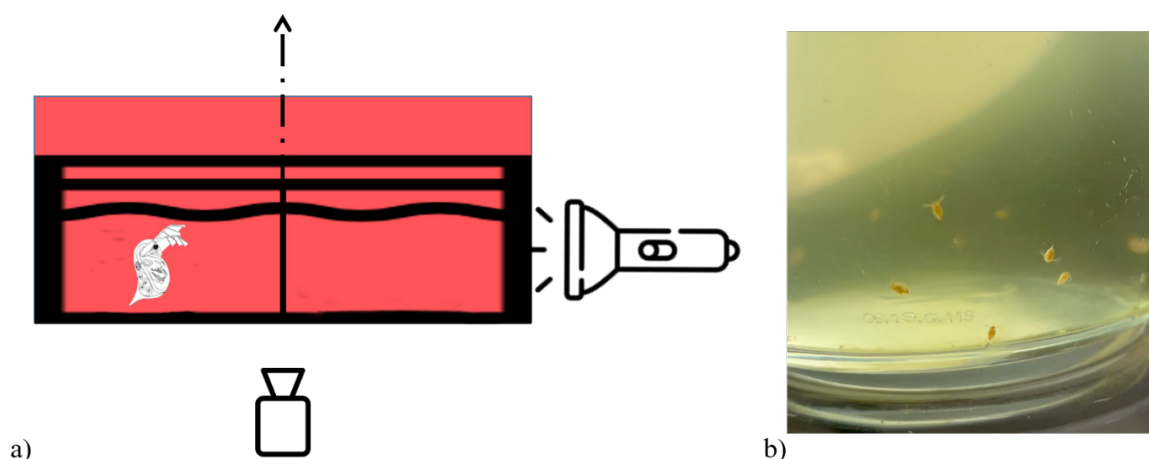


Figure 1: a) Scheme of the laboratory set-up. b) *Daphnia magna* in laboratory conditions.

The motion of individual daphnids is recorded by a high-speed camera (1200×1000 px²) at 60 fps. The set-up mimics the conditions found in nature when the movement

is between the littoral, where macrophyte cover offers protection, and the limnetic area. The experimental procedure entails selecting the light wavelength, adjusting the power to ensure that the same light intensity for all wavelengths and removing the barrier. Figure 2 shows an exemple of a raw image for the test with white light and the corresponding image after the processing carried out to maximize the detection and tracking the *Daphnia* individuals. The position, velocity and acceleration of the daphnids were obtained with Particle Tracking Velocimetry technique.

Table 1 presents the averaged velocity components of the detected *Daphnias* for the tests with and without kairomones. The results showed that the daphnids move faster towards the light source in case of a white light while deacresing velocity values were obtained in presence of green, blue and red light sources. This result is in agreement with the literature what grants that the methodological approach and setup were adequate. Relatively to the effects of the presence of the fish kairomones, the results showed smaller horizontal velocities and trajectories closer to the tank floor relatively to the tests without kairomones. These observations evidence that *Daphnias* have an evasive response mechanism to the presence of predatory cues.

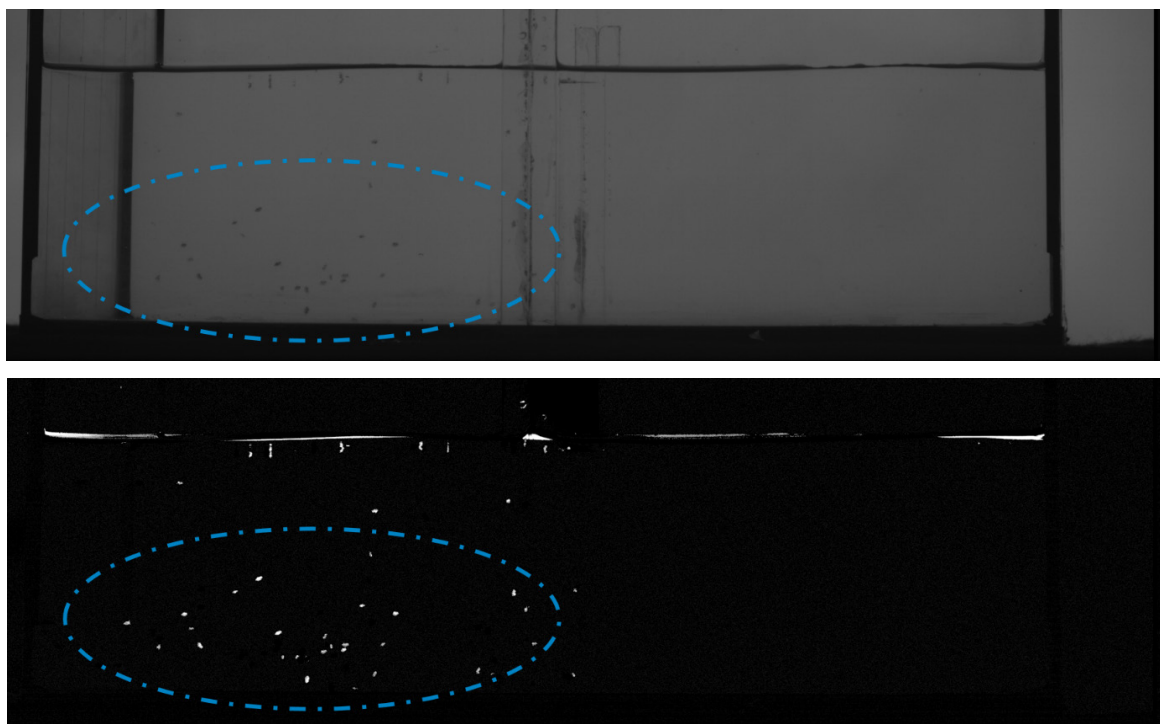


Figure 2: Raw image (top) and processed image (bottom) of a test made with the incidence of white light.

Table 1: Mean velocity of the *Daphnias* for each test.

	Light color				White light	
	Blue	White	Green	Red	With kairomones	Without kairomones
Mean vel x (cm/s)	0.566	1.413	0.612	0.306	0.767	1.143
Mean vel y (cm/s)	0.0004	-0.061	-0.031	0.024	-0.048	-0.061

Light perception promotes the vertical migration of *D. magna*, providing them with the ability to escape visual predators in a circadian cycle. We show that phototaxis also induces horizontal migration. The perception of predatory cues produces a change in the

pattern of movement towards the light source, a reduction of the mean velocity *D. magna*. These results indicate that exchange flows, as those induced by temperature differences between the limnetic and the littoral area, may impact the modulation of horizontal migration patterns of freshwater zooplankters affecting the lake food chain and, ultimately, the aquatic ecosystem balance.

Palavras-Chave: *Daphnia Magna*; phototaxis; predatory clues; high-speed video camera; PTV.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the project WinTherface (PTDC/CTA-OHR/30561/2017) funded by national funds through FCT. Ana M. Ricardo is grateful for the Foundation for Science and Technology's support through funding UIDB/04625/2020 from the research unit CERIS. Thanks are due to the financial support to CESAM by FCT/MCTES (UIDP/50017/2020 + UIDB/50017/2020 + LA/P/0094/2020).

DENSITY CURRENT PROPAGATING IN AN ARRAY OF RIGID EMERGENT CIRCULAR CYLINDERS

Moisés BRITO¹, Rui M.L. FERREIRA², Ana M. RICARDO²

¹ UNIDEMI, NOVA School of Science and Technology, NOVA University Lisbon, 2829-516 Caparica, moisesbrito@fct.unl.pt

² CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, ruimferreira@tecnico.ulisboa.pt, ana.ricardo@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

In lake-wetland interfaces, density currents have a significant environmental impact and play a relevant role in the transport of nutrients and pollutants. These currents are driven by a hydrostatic imbalance of two adjacent fluids with density variations in temperature, dissolved materials, or suspended compositions, propagate in a predominantly horizontal direction. Emergent vegetation can alter the circulation patterns by reversing or reducing horizontal temperature gradients and by drag forces acting against buoyancy.

In this work, the evolution of bottom-propagating gravity currents within an array of rigid emergent circular cylinders in a horizontal and rectangular channel is investigated using large-eddy simulations (LES).

Numerical modelling was performed in OpenFOAM using different sub-grid scale (SGS) models and VoF (volume-of-fluid) method to simulate the fluid phase. The validation was performed by comparing LES results with a new set of experimental results in a channel with 3.0 m long, 0.2 m depth and 0.175 m wide. The array of emergent cylinders with a diameter of 2 cm are positioned inside the lock and in the ambient fluid region at 1.5 m beyond the gate with its axes vertical and perpendicular to the streamwise direction of the current propagation (Figure 1). Experiments were carried out for four reduced velocities of 0.09, 0.18, 0.36 and 0.72 ms⁻².

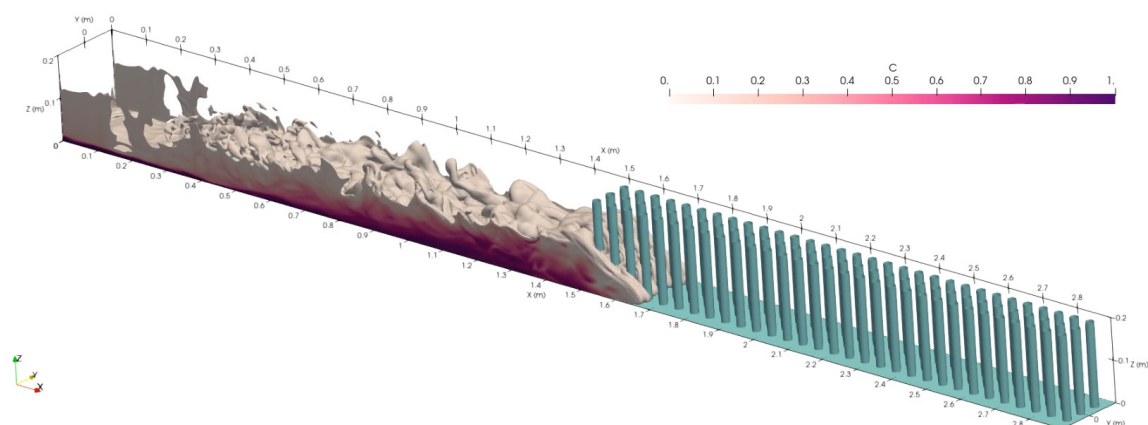


Figure 1: Instantaneous density field for a gravity current propagating into the array for reduced gravity of 0.36 ms⁻² at $t^* = 11$.

The comparisons show that the current propagation is predicted with good accuracy, including the entrainment, and mixing at a local level. Energy budgets obtained from unobstructed flow are compared with those of the interacting with cylinders in Figure 2. The interaction with the cylinders decreases the entrainment and mixing in the flow at a local level. These observations are explained by the decreasing of kinetic energy and dissipation in the array.

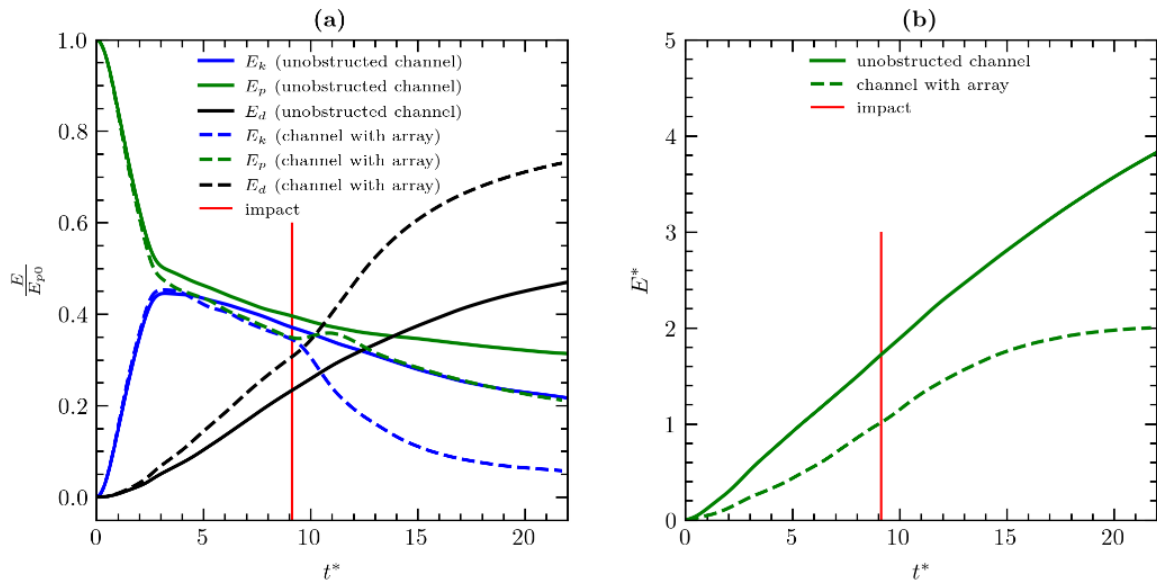


Figure 2: a) Temporal evolution of the excess potential energy (E_p), kinetic energy (E_k) and dissipation (E_d) dimensionalized by the initial potential energy of E_{p0} . b) Temporal evolution of entrainment E^* for unobstructed channel and with array ambient fluid region for reduced gravity of 0.36 ms^{-2} .

Palavras-Chave: LES; density current; array of cylinders; entrainment; kinetic energy.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by national funds through Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) project PTDC/CTA-OHR/30561/2017 (WinTheface).

2ª FASE DO EFMA: ALTERAÇÃO DE PROJETOS EM RESULTADO DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL. CASOS PRÁTICOS

Isabel VALENTE¹, Luísa PINTO¹

¹ EDIA – Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A., Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja
mvalente@edia.pt, lpinto@edia.pt

RESUMO

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) é um projeto estruturante no Sul de Portugal assumindo-se como investimento âncora do desenvolvimento regional. Tem como objetivos reforçar o abastecimento público às populações, o regadio, o abastecimento industrial, a produção de energia elétrica, bem como outras utilizações complementares, como o turismo e a regularização de caudais do rio Guadiana.

O EFMA assenta na reserva estratégica de água criada pela barragem de Alqueva, a mãe d'água de todo o projeto, a qual permite concretizar estes objetivos - nomeadamente através do vasto conjunto de infraestruturas que integram o Empreendimento (e.g. barragens e reservatórios, adutoras, estações elevatórias, redes de rega) - potenciando assim a viabilidade socioeconómica de uma das regiões mais desfavorecidas da Europa.

A conjuntura atual tem reforçado as preocupações relativas às alterações climáticas e soberania alimentar, levando o mundo, e em particular os estados-membros, a agilizar e robustecer planos e medidas que permitam tornar mais resilientes todos os setores de atividade e a sociedade em geral. Muitas das ações implementadas ou previstas focam o recurso água, nomeadamente o seu armazenamento, distribuição e uso racional e mais eficiente.

Neste contexto, o EFMA tem tido um papel determinante, nomeadamente na região do Alentejo, historicamente conotada com recorrentes insuficiências hídricas. Reforçando este protagonismo, e no cumprimento dos desígnios nacionais definidos em termos de adaptação às alterações climáticas, combate ao despovoamento e desertificação e a utilização mais eficiente dos recursos (nomeadamente no Programa Nacional de Regadios), encontra-se em curso a ampliação do EFMA.

Tendo sido concretizados os objetivos definidos na génese do Empreendimento, decorre atualmente uma 2ª fase de infraestruturização do EFMA, procurando replicar os benefícios associados à disponibilidade de água garantida por Alqueva num território mais vasto, a partir de origens de água já constituídas na 1ª fase, mas cujas disponibilidades hídricas permitem potenciar o impacto socioeconómico do regadio, com acréscimos de investimento relativamente baixos. Esta expansão prevê a infraestruturização adicional de 50 000ha de áreas regadas (que acrescem aos 120 000ha já em exploração) e novos reforços para abastecimento público e industrial (como é o caso da ligação à albufeira do Monte da Rocha), sem que com isso seja afetada a elevada garantia de água, mesmo em anos secos.

A concretização plena desta 2ª fase depende de vários fatores, entre eles a prévia validação ambiental. À semelhança dos projetos parcelares da 1ª fase do EFMA, também as novas infraestruturas e áreas a beneficiar previstas para a 2ª fase carecem

de submissão a procedimento formal de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA). À data, foram já aprovados 9 projetos (i.e. com Declaração de Impacte Ambiental emitida).

Aquando do desenvolvimento técnico dos projetos, a EDIA, empresa promotora e gestora do EFMA, procura diligenciar, desde um primeiro momento, a salvaguarda dos valores ambientais do território, tentando antecipar qualquer questão que possa vir a condicionar a sua viabilidade ambiental, obviando a alargamento de prazos e procedimentos e, por conseguinte, protelar o início das empreitadas. Neste aspeto, a evolução tem sido constante, e cada abordagem mais atenta e assertiva que a antecedente, muito contribuindo a já vasta experiência acumulada de processos anteriores, e a estratégia de desenvolver, em simultâneo e de forma integrada, cada projeto (em fase de projeto de execução) com o respetivo Estudo de Impacte Ambiental (EIA).

Pese embora as diligências para antecipação de todas as questões ambientais relevantes, tem vindo a revelar-se notório o carácter cada vez mais incisivo dos procedimentos de AIA, designadamente no que respeita à dedução de condicionantes ambientais aplicáveis ao território, denotando uma clara preocupação quanto à contenção de novas áreas de regadio associadas ao EFMA, e previsível instalação de monoculturas permanentes pelos futuros beneficiários (opções culturais como o olival ou o amendoal têm sido fortemente estimuladas pelos preços de mercado dos últimos anos).

Assim, para todos os 9 projetos da 2ª fase, já com DIA emitida, resultaram deduzidas pela Autoridade de AIA condicionantes ambientais que redundaram, em maior ou menor grau, na redefinição dos projetos de execução, nomeadamente na exclusão de áreas a beneficiar.

No contexto supra, a presente comunicação pretende ilustrar, de forma muito pragmática, como as condicionantes ambientais influenciaram, até ao momento, o desenho final dos projetos da 2ª fase do EFMA. Para tal, proceder-se-á a um comparativo das soluções previstas em fase de projeto de execução (submetido a AIA) e o projeto final (para infraestruturação, após emissão da DIA). Serão tomados como exemplos os projetos de regadio mais recentes do EFMA, onde a imposição de condicionantes à beneficiação hidroagrícola tem sido particularmente notória, e sobre as quais serão tecidas as devidas considerações.

Palavras-Chave: Avaliação de Impacte Ambiental; condicionantes; alteração de projeto; Alqueva; Programa Nacional de Regadios.

ADEQUAÇÃO DO REGIME JURÍDICO DA DIRECTIVA- QUADRO DA ÁGUA ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Paulo CANELAS DE CASTRO¹

¹ Faculdade de Direito, Universidade de Macau, Av. da Universidade, E32, 3018, Macau (China),
pcanelas@umac.mo

RESUMO

As alterações climáticas perturbam tanto as realidades ambientais como as sociedades, com intensidade e frequência crescentes. As aspirações do Acordo de Paris complementar à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas de manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C em comparação com a temperatura pré-industrial, de preferência limitada a 1.5°C, não parecem suscetíveis de ser alcançadas com os compromissos políticos até agora assumidos, mesmo que estes sejam plenamente executados. Seguramente que a trajetória do aquecimento global durante as próximas décadas significa mudanças duradouras e potencialmente irreversíveis nas condições ambientais. As mudanças mais drásticas ocorrerão nos ecossistemas aquáticos, uma vez que os impactos das alterações climáticas ocorrerão, na sua maioria, através da água. Além disso, os ecossistemas de água doce são os ecossistemas mais vulneráveis e degradados a nível mundial, o que compromete seriamente a sua capacidade de resiliência, de resistir e adaptar-se aos impactos das alterações climáticas.

A Directiva-Quadro da Água da UE (DQA) postula a aplicação de um sistema integrado de gestão da água com o objetivo de evitar a deterioração das águas de superfície interiores e das águas subterrâneas da Europa, por forma a alcançar, respectivamente, um bom estado ecológico (ou potencial) e bom estado químico, bem como um bom estado quantitativo e bom estado químico, até 2015, sendo o prazo prorrogável até 2027. No entanto, até agora, apenas um número limitado de massas de água melhorou desde a entrada em vigor da Diretiva e existem sérias preocupações, particularmente a respeito das águas superficiais, sobre se os objetivos podem ser alcançados numa percentagem substancial de águas, mesmo no horizonte temporal alargado de 2027.

Simultaneamente, as alterações climáticas terão impacto em todos os elementos do estado ecológico das águas superficiais, bem como no estado quantitativo das águas subterrâneas, aumentando em intensidade e frequência nos próximos anos. Como se pensa que um bom estado ilustra as condições de um ecossistema aquático saudável e resiliente, as massas de água onde o bom estado ainda não é alcançado correm o risco de sofrer uma maior degradação devido às alterações climáticas. Assim, os impactos das alterações climáticas correm o risco de resultar na deterioração do estado da água e pôr em perigo a consecução dos objetivos da Directiva, no prazo prescrito, se não mesmo impossibilitando a sua cabal consecução. Além disso, algumas medidas de adaptação na gestão da água, como o aumento da captação de água em resposta às necessidades de irrigação agrícola, a construção de novas infra-estruturas de defesa contra inundações e blindagem costeira em resposta à subida do nível do mar, podem ter impactos adversos nos objectivos de gestão da água. Podem, portanto, esperar-se

no futuro situações de difíceis escolhas ou equilíbrios entre, de um lado, os interesses da sociedade e, do outro, os objectivos de gestão da água. Daí resulta que, embora os desafios que as alterações climáticas colocam aos regimes jurídicos ambientais tenham já sido reconhecidos e mesmo respondidos em alguns domínios, como no campo do Direito da conservação da biodiversidade, torna-se imperioso proceder agora a análoga reflexão cuidada sobre a adequação do Direito da Água às alterações climáticas; verificar em particular se os objectivos de qualidade e quantidade de água prescritos pela política e pelo Direito da gestão da água se adequam à realidade das alterações climáticas e dos impactos que estas importam. Ecossistemas de água saudáveis e funcionais oferecem certamente valiosos serviços ecossistémicos para a mitigação das alterações do clima e a adaptação da sociedade às alterações climáticas, uma vez que podem atuar como sumidouros de carbono, facilitar a geração de energia renovável, fornecer água potável e água para irrigação, regular os fluxos de água e condições extremas e apoiar a biodiversidade. Simultaneamente, contudo, as alterações climáticas estão a transformar as condições ambientais básicas e a agravar as pressões nos ecossistemas aquáticos, o que dificulta a realização dos objetivos de gestão da água e, por conseguinte, põe em risco a capacidade de os ecossistemas aquáticos proporcionarem os benefícios de mitigação e adaptação às alterações climáticas de que as sociedades dependem. Assim, é importante que a regulamentação sobre os objectivos de gestão da água possa responder a estes impactos para se manter operacional e continuar a promover a gestão sustentável da água no quadro da mudança das condições sócio-ecológicas contemporâneas.

Esta comunicação analisa o regime jurídico da DQA e em especial o regime particular sobre os objectivos ambientais, à luz do desafio das alterações climáticas. Mais especificamente, este artigo propõe-se abordar as questões de como os impactos das alterações climáticas podem ser tratados no quadro dos objectivos ambientais da DQA e as implicações que objectivos assim definidos têm na promoção da gestão sustentável da água. Propomo-nos verificar se o Direito prescrito pela União Europeia sobre os objectivos de gestão da água é “resiliente”, “à prova do clima”. A base teórica para estas questões e investigação é o chamado Direito adaptativo e a teoria jurídica da resiliência, pelos quais a literatura académica estabelece critérios para avaliar e melhorar a resiliência e a capacidade adaptativa dos regimes jurídicos, no sentido de garantir que estes se revelam adequados a enfrentar mudanças sociais ou ambientais como as mudanças climáticas. As análises de pormenor do regime sobre os objectivos ambientais constante da DQA que fazemos neste texto, e que vão informadas da consideração de recentes acórdãos do Tribunal de Justiça da União Europeia sobre a matéria, permitem concluir que o regime geral da DQA se revela razoavelmente capaz de enfrentar os reptos das alterações climáticas, mas também que o regime particular sobre os objectivos ambientais, sendo embora genericamente capaz em termos de garantia de resiliência, também contém previsões particulares cuja interpretação e aplicação, mesmo à luz da importante jurisprudência recente do TJUE, se podem revelar problemáticas. Estas análises e constatações parecem aconselhar a adoção de medidas normativas ou administrativas complementares da DQA (no quadro do CIS, mas também no âmbito nacional) e uma interpretação e aplicação adequadas das referências respeitantes às alterações climáticas à luz de realidade porventura mais rigorosa do que aquela que os autores da DQA parecem ter em vista nessas previsões normativas.

Palavras-Chave: Alterações climáticas; Diretiva-quadro da água; Gestão adaptativa; Objetivos ambientais; Resiliência.

O POTENCIAL DO ADN AMBIENTAL PARA MONITORIZAÇÃO ECOLÓGICA DE SISTEMAS DE ÁGUA DOCE E DETEÇÃO PRECOCE DE ESPÉCIES INVASORAS

Manuel CURTO¹, Ana VERÍSSIMO², Sofia NOGUEIRA¹, Sofia BATISTA¹, Diogo DIAS¹, Carlos David SANTOS³, Maria Judite ALVES⁴, Hugo F. GANTE^{4,5,6}, Filipe RIBEIRO¹

¹ MARE, Centro de ciências do mar e do ambiente/ Arnet – Rede de investigação aquática, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, macurto@fc.ul.pt, asnogueirac@gmail.com, sofia.cupertino7@gmail.com, dmlvmd@gmail.com, fmvribeiro@gmail.com

² CIBIO-Centro de Investigação em biodiversidade e recursos genéticos, Vairão, Portugal, verissimoac@gmail.com

³ CESAM - Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, cdsantos@fct.unl.pt

⁴ cE3c - Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais & Museu Nacional de História Natural e da Ciência, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, mjalves@museus.ulisboa.pt, hugo.gante@kuleuven.be

⁵ Departamento de Biologia, KU Leuven, Leuven, Belgica, hugo.gante@kuleuven.be

⁶ Museu Real da África Central, Secção de Vertebrados, Tervuren, Belgica, hugo.gante@kuleuven.be

RESUMO

A aplicação de ferramentas moleculares para a análise de moléculas de ADN presentes em amostras ambientais (ADN ambiental) tem a potencialidade de melhorar amplamente as monitorizações ecológicas. Os organismos estão constantemente a libertar moléculas de ADN para o ambiente sendo, que ao estudá-las é possível descrever a comunidade de organismos, e detetar espécies que existam em baixa abundância. Consequentemente, o ADN ambiental (eDNA) pode ser usado para a deteção de espécies raras ou ameaçadas em circunstâncias em que métodos tradicionais de monitorização falham. Para além disso, é uma metodologia não invasiva com capacidade de descrever a diversidade de vários grupos taxonómicos de uma forma relativamente pouco laboriosa e barata.

No meio aquático o ADN ambiental tem mostrado ser uma fonte importante de informação biológica. Devido às características inerentes à água de dissolver, difundir e transportar moléculas de ADN, o estudo do eDNA da água está a tornar-se bastante comum. Em sistemas de água doce, sobretudo lóticos, amostras de água são particularmente informativas visto as moléculas de ADN lá presentes podem ter sido transportadas de regiões a montante e de sistemas terrestres, proporcionando informação ao nível da paisagem e das pressões antropogénicas.

Uma das principais aplicações do ADN ambiental é a monitorização de espécies invasoras, sendo potencialmente interessante na deteção precoce destas espécies. Isto é crucial porque são nos estádios iniciais da invasão que as ações de controlo e erradicação são mais eficazes e os custos de implementação de medidas menores. Logo há uma urgência no estabelecimento de metodologias e estratégias de monitorização de espécies invasoras aplicando eDNA, dirigido à sua deteção precoce.

Este trabalho explora algumas das potencialidades do ADN ambiental na monitorização de ecossistemas de água doce dando um foco na deteção precoce de espécies

invasoras, através de metodologias diferentes (DNA *metabarcoding*, metagenómica e PCR quantitativo) que permitem a descrição de comunidades de aquáticas e a deteção precoce de espécies invasoras. Como exemplo, são apresentados três estudos focando na descrição de comunidades de peixes nas bacias do Tejo e do Ave e na deteção de uma espécie rara na bacia do Guadiana.

DNA *metabarcoding* consiste na sequenciação de regiões genómicas específicas altamente informativas (*barcodes* - códigos de barras) permitindo a descrição de comunidades de organismos de um determinado grupo taxonómico. As comunidades de peixes de água doce da bacia portuguesa do Tejo foram descritas com eDNA *metabarcoding* resultando numa deteção de 35 espécies. Duas espécies não nativas foram detetadas pela primeira vez nesta bacia: o escalão-europeu e o chanchito; e uma espécie, o escalão-do-norte foi detetado numa nova região nesta bacia. Estas novas deteções mostram a potencialidade desta metodologia da deteção de espécies invasoras, no entanto existiram espécies oram detetados em mais locais com métodos tradicionais (ex. pesca eléctrica) salientando a complementaridade de eDNA e métodos já estabelecidos.

Com metagenómica todo o eDNA é sequenciado permitindo a descrição de comunidades de todos os organismos espalhados pela árvore da vida. Isso foi exatamente o que foi obtido analisando amostras de água do rio Ave com esta metodologia tendo sido possível detetar 1933 taxa de 66 phyla. Esta metodologia também teve a capacidade de detetar mais espécies de peixe que o *metabarcoding* incluindo a deteção da perca-europeia, uma espécie invasora detectada pela primeira vez nesta bacia hidrográfica.

Por fim, PCR quantitativo (qPCR) consiste na deteção do sinal de amplificação de um determinado *locus* permitindo a deteção de organismos com uma sensibilidade bastante elevada. Este foi aplicado para a deteção do saramugo, uma espécie ameaçada com alto interesse de conservação, na bacia do rio Guadiana. Esta espécie tem vindo a diminuir a sua área de distribuição e com metodologias de monitorização tradicional (pesca eléctrica) já não é detetada na maioria da sua distribuição histórica. Com eDNA foi possível detetar esta espécie em bastantes locais onde já tinha sido dada como possivelmente extinta. A disparidade entre métodos tradicionais e qPCR indica a potencialidade do qPCR na deteção de organismos representados por populações pequenas. Metodologias semelhantes podem ser implementadas na monitorização da expansão espécies invasoras, visto que, em estádios iniciais, estas também deverão ser pouco abundantes.

Este trabalho mostra as potencialidades do eDNA para monitorização de comunidades biológicas focando em peixes de água doce. No entanto, estas metodologias são diretamente aplicáveis a outros grupos. Urgência poderá ser dada a espécies com alto impacto económico e social como o mexilhão zebra que limita a produção de energia eléctrica e distribuição de água. A metodologia a aplicar deverá depender do foco da monitorização. Para descrição de comunidades metabarcoding e metagenómica serão as mais indicadas. Para a deteção de uma espécie em particular qPCR deverá de ser a melhor opção.

Palavras-Chave: DNA metabarcoding; metagenómica; PCR quantitativo; peixes; rios.

DESENVOLVIMENTO DE UM EMULADOR DE MODELOS NUMÉRICOS PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE CÁLCULO EM SIMULAÇÕES DA MORFODINÂMICA ESTUARINA E COSTEIRA

Willian WEBER DE MELO¹, José PINHO¹, Isabel IGLESIAS²

¹ Centro do Território, Ambiente e Construção (CTAC), Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Campus de Azurém, Guimarães 4800-058, Portugal, id9257@alunos.uminho.pt, jpinho@civil.uminho.pt

² Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), Universidade do Porto, Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões, Av. General Norton de Matos s/n, Matosinhos, Portugal, iiglesias@ciimar.up.pt

Antecipar os efeitos das mudanças climáticas é essencial para planear o uso dos recursos naturais de estuários e zonas costeiras e reduzir os impactos de eventos extremos. Estes afetam os ecossistemas costeiros, podendo ser agravados com a mudança climática. Antecipa-se a elevação do nível médio do mar e o aumento da frequência e intensidade desses eventos extremos, como cheias e tempestades.

Neste contexto, o uso de modelos numéricos hidro-morfodinâmicos apresenta-se como uma solução que permite estimar os impactos de possíveis cenários futuros, visando mitigar possíveis danos. Este tipo de modelo é essencial para aumentar a capacidade de previsão, uma vez que a evolução da morfologia dos estuários afeta diretamente as variáveis hidrodinâmicas, como a velocidade de escoamento e o nível da água, que por sua vez afetam variáveis morfodinâmicas, como a geometria do canal e a batimetria, num processo interativo complexo.

Os modelos numéricos permitem alcançar resultados fiáveis exigindo, contudo, elevados recursos computacionais, quer de armazenamento quer de processamento. Esta exigência poderá limitar a sua utilização em problemas que envolvam elevadas resoluções espaciais e temporais. Este será o caso quando se recorre à modelação numérica para avaliação de soluções de defesa no âmbito do planeamento e gestão da zona costeira e na criação de plataformas de previsão e alerta em tempo real. Nestas plataformas, o tempo de cálculo despendido nas simulações de previsão é essencial para se conseguir a emissão de alertas com antecipações adequadas à salvaguarda de pessoas e bens.

Assim, neste trabalho apresenta-se um emulador de um modelo numérico morfodinâmico baseado em algoritmos de *Deep Learning*, envolvendo redes neurais convolucionais, com o objetivo de reduzir o tempo de cálculo de simulações realizadas por modelos hidro-morfodinâmicos. As redes neurais convolucionais foram escolhidas pela sua capacidade de processar dados espaciais, o que permite implementar modelos que representem domínios bidimensionais, como é o caso dos modelos numéricos 2DH.

Foi definida uma rede neural convolucional com arquitetura ramificada para substituir a componente de simulação morfodinâmica de modelos numéricos hidro-morfodinâmicos. Este emulador foi treinado utilizando imagens de resultados de um modelo numérico implementado no *software* Delft3D. Este modelo simulou a evolução morfológica de um estuário com geometria simplificada ao longo de um período de 200 anos. Foram utilizadas imagens de velocidade de corrente e tensão tangencial como dados de entrada, ou seja, duas variáveis hidrodinâmicas. Como dado de saída foi utilizada a erosão/sedimentação,

que é uma variável morfodinâmica. Desta forma será possível, unicamente com módulo hidrodinâmico e recorrendo ao emulador, obter previsões da morfodinâmica. Obtém-se uma redução no tempo de cálculo total uma vez que o tempo de cálculo do emulador é menor que o tempo de cálculo do módulo morfodinâmico.

As imagens geradas foram exportadas com uma resolução de 380 x 300 pixels, em escala de cinza, gerando uma imagem por variável e por instante de tempo, totalizando 1098 imagens. Das imagens geradas, 80% foram utilizadas para treinar a rede e 20% para validá-la. O intervalo de tempo adotado entre imagens processadas foi de seis meses.

O emulador foi implementado na ferramenta *Tensor Flow*, utilizando a *Functional API*, uma vez que a arquitetura da rede utiliza dois dados de entrada que são processados por camadas distintas e posteriormente concatenadas. Cada ramo da rede mapeia as características das imagens das variáveis de entrada com uma resolução distinta, a fim de detetar diferentes detalhes. Posteriormente, as saídas de cada ramo foram agrupadas e processadas pela camada de saída, que consiste numa sequência de convoluções seguidas por operações de normalização. Por fim, foi utilizada uma camada de redimensionamento para garantir que o resultado do emulador seja apresentado na mesma escala que as imagens geradas pelo modelo numérico, permitindo a determinação do erro entre os resultados do modelo numérico e do emulador.

A função de perda utilizada para treinar a rede foi a raiz do erro médio, com uma taxa de aprendizagem de 0.9. O otimizador *RMSProp* foi utilizado para restringir as oscilações verticais do valor da função de perda, garantindo a convergência dos valores dos parâmetros da rede em menor tempo. O treino ocorreu com o número de iterações limitado a 200, sendo ainda adotado um critério de paragem caso o desempenho da rede não melhorasse durante dez iterações consecutivas.

A raiz do erro quadrático médio (*RMSE*) obtida ao comparar os resultados do emulador com o modelo numérico, abrangendo todo o domínio do modelo numérico, foi de 0.59 cm. Além disso, o desempenho do emulador foi analisado em diferentes pontos, onde se notou uma maior oscilação dos valores emulados em comparação com os do modelo numérico. No entanto, os valores previstos pelo emulador são próximos dos valores do modelo numérico.

Para além disso, foi possível simular 74.5 anos de evolução morfológica em cinco segundos. Isto demonstra que o emulador permite reduzir substancialmente o tempo necessário para simular a evolução morfológica de um estuário, sendo possível a substituição da componente morfodinâmica do modelo numérico pelo emulador desenvolvido.

Palavras-Chave: Morfodinâmica; Deep learning; Inteligência artificial; Modelagem numérica.

REDES DE DRENAGEM COM CONTROLO EM TEMPO REAL

Alfeu Sá MARQUES¹, Nuno SIMÕES², Luís COSTA¹, Luís GIRÃO¹

¹ AC - Águas de Coimbra, E. M., Rua da Alegria, n.º 111, 3000-018 Coimbra,
alfeu.samarques@aguasdecoimbra.pt, luis.costa@aguasdecoimbra.pt, luis.girao@aguasdecoimbra.pt

² Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Rua Sílvio Lima, Polo II, 3030-790 Coimbra,
nunocs@dec.uc.pt

RESUMO

O crescimento da população, bem como a sua deslocalização para os grandes aglomerados implicam alterações urbanísticas relevantes e um aumento das áreas impermeáveis, a que se tem acrescido o aumento da ocorrência de eventos extremos de precipitação devido às alterações climáticas. Este contexto origina uma sobrecarga dos sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais, que se manifesta frequentemente sob a forma de inundações locais, bem como, descargas para o meio ambiente e a ocorrência de picos de caudal nas estações elevatórias e de tratamento. As soluções clássicas para a mitigação dos problemas supracitados, tais como a construção de novos sistemas de drenagem e bacias de retenção, são dispendiosas e, por vezes, difíceis de adotar, sendo os recursos materiais, humanos e económicos dos serviços de água e das autoridades locais limitados. Além de serem intervenções tipicamente dispendiosas e com uma exigência de espaço disponível considerável, implicam longos períodos de projeto e construção e causam interrupções no funcionamento do sistema existente. No que concerne ao estado da arte, destacam-se os sistemas de controlo em tempo real global e centralizado, de grande dimensão, utilizados em cidades como Aarhus ou Viena. Contudo, apresentam custos na ordem dos milhões e requerem uma instalação e operação complexas (Frier *et al.*, 2014). Por outro lado, os dispositivos de controlo de caudal convencionais - orifícios, descarregadores, etc. – apresentam uma resposta estática, sendo adequados para uma gama limitada de condições e não são adaptáveis a condições variáveis específicas ou à evolução do comportamento da rede.

Neste contexto, o objetivo do projeto IWAN consiste em desenvolver um sistema de baixo custo para aproveitar o espaço livre no interior das redes de drenagem e minimizar problemas relacionados com a falta de capacidade hidráulica em redes de águas residuais e pluviais e demonstrar a sua eficácia enquanto tecnologia de valorização de ativos - através da qual se pretende extrair todo o potencial operacional dos ativos existentes. O consórcio internacional que integra o projeto IWAN é constituído pela empresa Environmental Monitoring Solutions Ltd (EMS), Universidade de Sheffield, Universidade de Coimbra e Águas de Coimbra, E.M. O projeto iniciou no ano 2020 e apresenta uma duração de três anos. A tecnologia a desenvolver foi iniciada com o projeto CENTAUR (H2020 - Grant agreement ID: 641931) e resulta de uma conjugação entre Inteligência Artificial (IA), Internet das coisas (IoT) e Tecnologias de Informação de baixa potência, o que representa avanços significativos no estado da arte relativo a esta temática. Tal permite que o sistema de drenagem tenha um comportamento dinâmico que se adapta perante as diferentes condições observadas, o que resulta num melhor aproveitamento da capacidade de armazenamento existente. Perspetiva-se que este sistema permita expandir a capacidade operacional das redes de drenagem de águas residuais recorrendo

a uma solução autónoma, resiliente e de custo significativamente mais baixo do que as atualmente existentes e com forte potencial de aplicação no setor. Nesse sentido, neste projeto propõe-se o desenvolvimento e a instalação de sistemas IWAN, em redes de demonstração localizadas no Reino Unido e em Portugal, aproveitando a capacidade da infraestrutura existente e evitando soluções de engenharia civil tradicionais, dispendiosas e de execução tipicamente demorada. Esta solução enquadra-se num vasto conjunto de medidas de índole diversa e extremamente significativas na mitigação dos custos da operação e gestão dos sistemas urbanos de drenagem. Estas medidas traduzem-se num melhor funcionamento da rede, nomeadamente nos aspetos da segurança sanitária, eficiência energética e qualidade ambiental. O sistema IWAN integra sensores e atuadores ligados a um dispositivo de controlo de caudal inteligente e autónomo, cujo funcionamento tem por base uma estratégia de controlo local orientada pela informação recolhida em tempo real. A tecnologia precursora, CENTAUR, permite tomar decisões sobre a operação de um dispositivo de controlo de caudal (*Flow Control Device*, FCD) com base no nível de água de um local de armazenamento de água (a montante do FCD) e um local alvo (a jusante do FCD). Essas decisões resultam de um algoritmo de controlo que processa os níveis e respetivas variações nos dois locais. Deste modo, este sistema poderá permitir dar resposta a um conjunto de tópicos relevantes, relacionados com a capacidade hidráulica: a) redução de inundações urbanas; b) redução de descargas para o meio ambiente; c) melhoria da gestão e proteção das estações elevatórias de águas residuais (EEAR), por via do controlo sobre o caudal afluente; e d) promoção da eficiência energética, através da otimização do caudal que afluente a ativos consumidores de energia (EEAR, estações de tratamento de águas residuais (ETAR)). No sistema IWAN a aplicar em Portugal serão utilizados múltiplos locais de armazenamento com impacto em vários locais alvo, recorrendo para tal a vários FCDs instalados – sendo este o principal desafio técnico. Tal representa um acréscimo de complexidade relevante relativamente ao algoritmo de controlo.

Conforme referido anteriormente, uma das instalações do sistema IWAN foi realizada em Coimbra. Coimbra é uma cidade de média dimensão situada no Centro de Portugal que sofreu várias inundações urbanas nos últimos anos. A zona mais afetada é o centro da cidade, onde estão localizados importantes serviços e atrativos turísticos, nomeadamente a Praça 8 de maio. Nesse sentido, a AC tem privilegiado a procura por soluções inovadoras, sendo ativa na implementação de medidas estruturais e não estruturais na gestão das águas pluviais. Além da participação em projetos de I&D, no que se refere às medidas não estruturais, a AC já implementou a obrigatoriedade de construção que contemple medidas que impliquem impacto zero no sistema de drenagem pluvial e já concluiu a segunda geração de planos de drenagem. A zona em estudo insere-se na bacia hidrográfica “Zona Central”, que apresenta uma área total de aproximadamente 1,5 km², com uma ocupação predominantemente urbana. O sistema de drenagem tem cerca de 35 km de extensão, sendo predominantemente um sistema unitário (cerca 29 km unitário, 4,6 km de águas residuais e 1,2 km de águas pluviais). A localização do FCD A (doravante designado apenas por FCD, sendo que o FCD B, localizado na Rua Alameda Júlio Henriques, foi previamente instalado no âmbito do projeto CENTAUR, que antecedeu o IWAN) foi avaliada e selecionada com base no conhecimento prévio da bacia hidrográfica, espaço de armazenamento disponível, possibilidade de instalação do dispositivo e equipamentos necessários. Este trabalho foi suportado pela realização de várias visitas aos potenciais locais de implementação, tendo sido selecionada a Rua da Infantaria 23 para a instalação do FCD. Por forma a efetuar uma monitorização do caudal escoado em determinadas secções da rede de drenagem foi contemplada a instalação de três caudalímetros. Tendo como base a informação cadastral do

sistema de drenagem de águas residuais atualizada, foi realizado o desenvolvimento e a atualização do modelo hidráulico. O modelo foi construído recorrendo à plataforma SWMM (*Storm Water Management Model*) - software open source desenvolvido pela Environmental Protection Agency (EPA), o que possibilitou a execução de simulações hidráulicas para compreender o comportamento hidráulico da bacia, caudais, alturas de água e possíveis reduções de caudal. A arquitetura inicial do FCD foi testada através de modelação hidráulica. O dispositivo é composto por um orifício e um descarregador. O orifício no fundo da caixa de visita é utilizado para controlar o caudal. Por motivos de construção e segurança, o FCD está localizado no centro da caixa de visita: o topo do FCD funciona como um descarregador. Este descarregador funciona quando o caudal é superior ao caudal de projeto do orifício. Com base nos diferentes algoritmos desenvolvidos, o FCD permitirá controlar diversas gamas de caudal sem comprometer a segurança da rede. Este funcionará em conjunto com o FCD B, permitindo assim o desenvolvimento e a compreensão do comportamento de múltiplos dispositivos em simultâneo. A instalação do sistema IWAN em Coimbra implicou a realização de diversas etapas no local, nomeadamente: a instalação do armário de controlo, a execução de ligeiros trabalhos de construção civil na caixa de visita, a execução da ligação à rede elétrica e a parametrização do sistema de automação. Foi desenvolvido um algoritmo fuzzy logic no âmbito do projeto CENTAUR para controlo de cheias, que está a ser testado e melhorado para controlo de descargas e múltiplos FCD. O modelo foi desenvolvido em Matlab, utilizando a plataforma MatSWMM (Riano-Briceno *et al.*, 2016). Os dados de entrada são provenientes de sensores de nível instalados na rede. Os parceiros do projeto têm trabalhado na otimização do desempenho do FCD e na investigação de diferentes cenários que melhorem o desempenho do FCD no controlo de caudal.

Palavras-Chave: Sistemas de drenagem; controlo em tempo real; sustentabilidade.

AGRADECIMENTOS

Programa Horizon 2020 Research and Innovation da União Europeia: IWAN - Eureka Eurostars-2 (E!113810 IWAN) e CENTAUR (Grant agreement n.º 641931).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRIER H., BASSO L., KALTOFT J., NYGAARD M., LYNGGAARD-JENSEN A., HANSEN H P e MOLBY N. (2014). Real time Monitoring, Modelling and Control of Combined Sewer Systems. Prepared Project (H2020 FP7-Environment) - Final Conference, Aarhus, January 2014.

RIAÑO-BRICEÑO, G., BARREIRO-GOMEZ, J., RAMIREZ-JAIME, A., QUIJANO, N. e OCAMPO-MARTINEZ, C. MatSWMM – An open-source toolbox for designing real-time control of urban drainage systems. *Environmental Modelling & Software*, 83:143-154.

ESTUDO DE SOLUÇÕES PARA A ESTABILIZAÇÃO E PROTEÇÃO DA RESTINGA DE OFIR

Francisco TAVEIRA PINTO¹, Paulo ROSA SANTOS¹, Renato HENRIQUES²,
Luciana das NEVES¹, José V. RAMOS¹, Francisco V.C. Taveira Pinto¹, João CHAMBEL¹,
Maria Francisca SARMENTO¹

¹ Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Rua Dr. Roberto Frias S/N, 4200-465 Porto, Portugal, fpinto@fe.up.pt, pjrsantos@fe.up.pt, lpneves@fe.up.pt, jvrc@fe.up.pt, ftaveirapinto@fe.up.pt, up201304674@edu.fe.up.pt, up201506658@edu.fe.up.pt

² Escola de Ciências da Universidade do Minho e Instituto de Ciências da Terra, Portugal, rhenriques@dct.uminho.pt

RESUMO

A restinga de Ofir é um sistema dunar natural e sensível, cuja forma e dimensão são controladas por um intenso transporte sedimentar que resulta da combinação entre processos costeiros e estuarinos (agitação marítima, ventos, correntes e caudais fluviais). Esta restinga constitui uma proteção natural do estuário do rio Cávado e da cidade de Esposende da ação direta do mar, nomeadamente aquando da ocorrência de temporais. Por isso, é muito importante garantir o equilíbrio dinâmico da restinga de Ofir.

A morfodinâmica local é muito influenciada pela ocorrência de tempestades e cheias, não só por induzirem uma dinâmica de avanços e recuos na restinga, mas também por poderem modificar a sua forma, orientação e altura. De forma a assegurar a manutenção sustentada desta zona litoral e a conservação dos ecossistemas costeiros locais, é necessário o estudo de novas soluções que respondam aos problemas identificados e que promovam menos impactes ambientais e socioeconómicos.

Dada a complexidade dos processos costeiros e estuarinos, foi necessário recorrer neste estudo à aplicação conjunta de modelação numérica e de modelação física, não apenas para a caracterização da hidrodinâmica e da dinâmica sedimentar da restinga e do estuário do rio Cávado para as condições atuais, mas também para avaliar a eficácia das intervenções propostas para a melhoria das condições atualmente existentes. Os resultados numéricos foram validados com dados do protótipo e com os resultados do estudo experimental realizado na FEUP e indicam uma

melhoria significativa das condições locais após a implementação das soluções preconizadas no estudo.

Palavras-Chave: restinga da Ofir; riscos costeiros; quebramares destacados; modelo físico de fundos móveis; modelação numérica.

ESTUDOS DA DINÂMICA DA RESTINGA DE OFIR E DE SOLUÇÕES DE ESTABILIZAÇÃO

A hidrodinâmica e a dinâmica sedimentar num estuário e na zona costeira adjacente são

extremamente complexas, devido às suas características hidrodinâmicas e morfológicas. Tendo por base este enquadramento, neste estudo, foi proposta uma intervenção para a melhoria das condições atuais que consiste no reforço da restinga de Ofir com areia complementado com a construção de dois quebramares destacados materializados por blocos de enrocamento desarrumados, com taludes de pequena inclinação (aprox. 1/10 a 1/15) e coroamento a cota baixa, e de um dique longitudinal a contornar o perímetro interno da restinga. Estas medidas são implementadas em conjunto com medidas de promoção da colonização dessas estruturas por organismos marinhos e plantas, conferindo às mesmas um aspeto mais natural e melhorando o seu enquadramento local, constituindo assim estruturas “vivas”. Para além de um aspeto mais natural, estas medidas melhoram também o comportamento das estruturas do ponto de vista hidráulico (maior dissipação de energia).

A dinâmica da restinga de Ofir e do estuário do rio Cávado, bem como a eficácia das soluções de estabilização propostas, foram estudados com recurso à modelação numérica, através do *software* Delft3D Flexible Mesh, bem como a um modelo físico 3D de fundos móveis, construído à escala geométrica 1/80 e testado no tanque de ondas do Laboratório de Hidráulica da SHRHA do Departamento de Engenharia Civil da FEUP, Figura 1 (IHRH, 2022).

O desenvolvimento do modelo numérico dividiu-se em várias fases, sendo que na primeira foram criadas as malhas que viriam a ser utilizadas, posteriormente, pelos módulos Delft3D-FLOW e Delft3D-WAVE. As simulações numéricas, para os cenários sem e com as estruturas de proteção propostas para a restinga de Ofir e a embocadura do rio Cávado, permitiram, de forma geral, analisar as principais tendências em termos de hidro e morfodinâmica locais. Numa fase inicial, os resultados numéricos foram validados com dados do protótipo (trajetórias de drifters lançados no local) e com resultados do estudo experimental realizado no tanque de ondas da FEUP, Figura 1.



Figura 1 – Validação do modelo numérico recorrendo aos resultados dos *drifters* Flutuador WL128 (esquerda); modelo físico de fundos móveis construído à escala 1/80 – situação atual (direita).

O estudo experimental envolveu a construção de um modelo físico da restinga e do estuário do rio Cávado que foi depois testado para diferentes condições de agitação marítima, níveis de água e caudais fluviais. Para os caudais mais elevados foi também reproduzido o caudal sólido proveniente do rio Cávado. Este trabalho permitiu analisar e comparar o comportamento morfodinâmico da restinga para a situação atual (*i.e.*, sem

estruturas adicionais de proteção) e após a implementação das estruturas de proteção costeira. Pretendeu-se assim estudar, em ambiente controlado, o comportamento e as dinâmicas desse complexo sistema costeiro e estuarino, em particular face a eventos extremos, assim como analisar a eficácia das soluções propostas.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as condições atuais, *i.e.*, sem as intervenções propostas, os resultados obtidos evidenciaram o estreitamento e o assoreamento do canal de navegação e o movimento de translação da extremidade norte da restinga para o interior do estuário. Estas alterações morfológicas comprovaram a necessidade de proteger o intradorso, a cabeça e o talude de barlar da restinga. Os quebramares destacados e o dique longitudinal interior, complementados com medidas de naturalização, para potenciar a colonização por organismos marinhos e o desenvolvimento de plantas, permitem reduzir eficazmente os problemas identificados, nomeadamente a imprevisibilidade morfológica da restinga, bem como os atuais riscos costeiros.

De referir que as intervenções de proteção propostas e estudadas neste trabalho terão de ser reequacionadas numa futura fase de projeto, de forma a otimizar a sua forma, implantação no local e volumetria, tendo em conta as condições existentes à data (batimetria dos fundos e morfologia da restinga), permitindo alcançar eficazmente os objetivos estabelecidos, mas sem descuidar a integração das mesmas no sensível ambiente natural local.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Câmara Municipal de Esposende e contou com o apoio do projeto ATLANTIDA (NORTE-01-0145-FEDER-000040), suportado pelo NORTE2020 – Programa Operacional Regional Norte de Portugal, no âmbito do Acordo de Parceria PORTUGAL 2020, e através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).

REFERÊNCIAS

IHRH, 2022. Estudo de caracterização de riscos e programa de intervenção para a proteção da restinga de Ofir e barra do Cávado. Relatório Técnico. Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. dezembro de 2021.

MODELAÇÃO DA ENERGIA CONSUMIDA EM TEMPO DE CHUVA EM SISTEMAS DE ÁGUAS RESIDUAIS

Luís M DAVID¹, Armando PINTO¹, António MARTINS², Osvaldo SILVA²,
Alexandre ATAÍDE², Anabela OLIVEIRA¹

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, Ldavid@lnec.pt, apinto@lnec.pt, aoliveira@lnec.pt

² Águas do Algarve S.A., Portugal, antonio.m.martins@adp.pt, osvaldo.silva@adp.pt, a.almeida@adp.pt

RESUMO

1. Introdução

As infraestruturas de abastecimento e saneamento da água são importantes consumidores de eletricidade, tendo sido feitos esforços nos últimos anos para aumentar a sua eficiência energética. Em tempo de chuva, os aumentos dos caudais de águas residuais afluentes às estações elevatórias (EE) e estações de tratamento de águas residuais (ETAR) pode levar a acréscimos significativos no consumo de energia. Esses aumentos de caudal ocorrem tanto nos sistemas unitários, como em sistemas separativos de águas residuais, devido às aflúências indevidas. O controlo da aflúência de caudais pluviais ou de infiltração da água do solo no sistema de águas residuais domésticas é um desafio difícil que tem merecido uma atenção crescente nos últimos anos.

Por outro lado, para proteção da qualidade de águas balneares ou de recreio, durante períodos de menor pluviosidade, é comum proceder-se ao armazenamento das águas pluviais em cursos de água efémeros e ao seu posterior transporte para a ETAR. Em áreas costeiras, é frequente a infraestrutura de águas residuais necessitar de várias EE ao longo da costa, cada uma dotada de um descarregador de tempestade/emergência a montante. Regra geral, são medidos apenas os caudais bombeados nas EE, desconhecendo-se os caudais descarregados em tempo de chuva.

Assim, o aumento da eficiência energética destes sistemas requer o conhecimento de três aspetos fundamentais: i) dos caudais bombeados e tratados em tempo húmido; ii) do impacto das descargas em cada EE nas massas de água recetoras; iii) do potencial para melhorar a eficiência energética do sistema como um todo.

No âmbito do Projeto SINERGEA, foi desenvolvido um sistema inteligente de apoio à decisão em tempo real, que visa a gestão da energia, da contaminação de águas balneares e de inundações, o qual está a ser demonstrado na cidade de Albufeira e área costeira adjacente (http://sinergea.lnec.pt/index_pt.html; David et al, 2022). Este artigo descreve a metodologia desenvolvida para modelar o consumo de energia e a sua validação no caso de demonstração.

2. Modelação integrada de consumo de energia e das descargas em tempo de chuva

A gestão integrada da eficiência energética dos sistemas de águas residuais e da qualidade das massas de água recetoras deve incluir a modelação integrada de ambos os sistemas. A análise deve ter em conta as tarifas da energia, a melhoria da eficiência dos equipamentos e de cada estação, a conceção e gestão de toda a infraestrutura de saneamento, bem como permitir estudar o potencial de melhoria associado a alternativas. Dado que atualmente poucos programas de modelação determinística de drenagem urbana incluem a simulação do consumo de energia, o modelo SWMM (Rossman, 2015) é aqui utilizado para modelar a componente hidrodinâmica e foi desenvolvida (em Python)

uma nova ferramenta genérica para avaliar o consumo de energia nas EE e na ETAR.

O consumo de energia nos grupos eletrobomba é calculado a partir dos resultados de caudal e altura de água fornecidos pelo SWMM e das características de desempenho da EE. O consumo dos restantes equipamentos de drenagem e tratamento é calculado de forma simplificada, tendo em conta diferentes tipos de funções: consumos fixos (ou consumos que variam consoante o mês); consumo em função do caudal fornecido pelo SWMM; consumo em função do caudal e de variáveis externas, como a temperatura e a precipitação antecedente. Nos balanços de massa, o modelo permite ainda considerar o contributo de equipamentos de produção de energia por fontes de energia alternativas, como painéis fotovoltaicos (em função da radiação atmosférica de ondas longas e curtas) ou a utilização de biogás nas ETAR. Para cada equipamento, estação (elevatória, de tratamento ou outra) e para a totalidade do sistema, o modelo fornece resultados do consumo de energia, custo e pegada de carbono. Em aplicações práticas, os equipamentos a modelar em cada EE, ETAR ou outra estação dependerão da quantidade e qualidade da informação existente sobre o funcionamento e consumo de energia dos respetivos equipamentos.

Um desafio importante para o sucesso da abordagem descrita está relacionado com a estimativa dos caudais das descargas em tempo de chuva, uma vez que essas descargas geralmente não são monitorizadas. Foi desenvolvida uma metodologia inovadora que usa um modelo concetual agregado para estimar a área útil da bacia hidrográfica e os caudais descarregados a montante de cada EE, a partir dos caudais medidos na respetiva conduta elevatória.

3. Caso de demonstração

Conforme referido, o sistema SINERGEA está a ser demonstrado na cidade de Albufeira e zona costeira adjacente, tendo sido modelados em detalhe a rede separativa de águas pluviais, o sistema interceptor de águas residuais e as águas balneares costeiras (David et al, 2022). A Figura 1 mostra o modelo SWMM do sistema interceptor de águas residuais, que serve vários empreendimentos urbano-turísticos litorais. O sistema está dotado de uma ETAR, dez EE (algumas com variador de velocidade) e dois emissários submarinos.

A Figura 2 mostra os resultados do modelo de consumo de energia numa EE. A Figura 3 ilustra os resultados da calibração dos caudais bombeados numa EE, onde também é obtida a estimativa dos caudais descarregados em tempo de chuva. O modelo foi calibrado para um período de eventos de precipitação e validado para outros dois períodos de chuva, fornecendo resultados sobre o consumo de energia, custos e pegada de carbono, para cada um dos equipamentos modelados, cada estação e para o sistema como um todo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através dos Programas Operacionais POR Lisboa2020 e CrescAlgarve2020, no âmbito do projeto SINERGEA (ANI, Proj. n.º 33595).

Palavras-Chave: consumo de energia; saneamento; estação elevatória; afluências indevidas; modelo de energia.

REFERÊNCIAS

David et al. (2022). SINERGEA - Real-time forecasting system for managing floods, bathing water quality and wastewater energy consumption. In 7th IAHR Europe Congress.

Rossman, L.A. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1; U.S. EPA: Washington, DC, 2015.



Fig. 1. Sistema interceptor, elevatório e de tratamento.

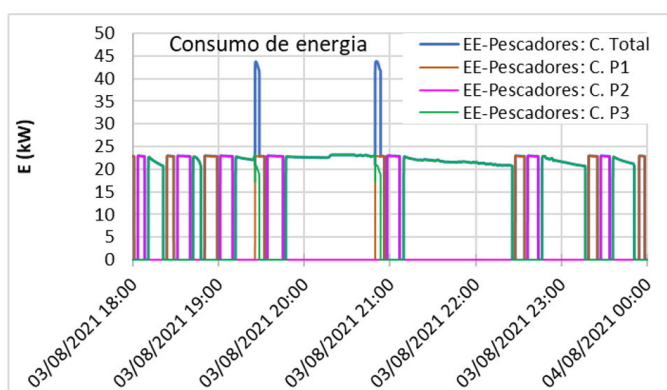


Fig. 2. Consumo de energia numa EE.

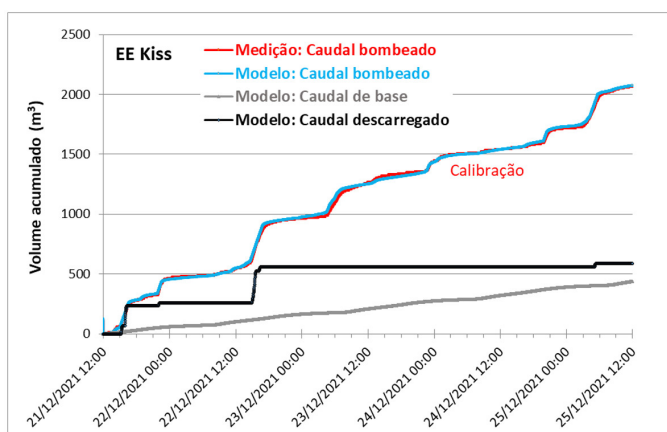


Fig. 3. Calibração dos caudais bombeados numa EE e estimativa dos caudais descarregados a montante.

APLICAÇÃO DO SAFEPORT NO PORTO DE SINES DURANTE A TEMPESTADE DORA

Andreia H. GOMES¹, Liliana V. PINHEIRO¹, Conceição J. FORTES¹, João A. SANTOS^{2,3}, Carlos GUEDES-SOARES³

¹ Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas, LNEC, ahgomes@lnec.pt, lpinheiro@lnec.pt, jfortes@lnec.pt

² Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, IPL, jasantos@isel.ipl.pt

³ Centre for Marine Technology and Ocean Engineering, IST, c.guedes.soares@centec.tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

O SAFEPORT é um sistema de previsão e alerta de perigos associados a navegação dentro do Porto de Sines. Este documento apresenta uma aplicação deste sistema, mais especificamente, descreve a modelação numérica que permitiu simular o comportamento de três navios amarrados em três terminais do Porto de Sines, sob as condições de agitação marítima causadas pela tempestade Dora. Os alertas emitidos aos movimentos dos navios e às forças exercidas nos seus cabos de amarração permitiram concluir que o sistema SAFEPORT é capaz de prever e emitir alertas em situações potencialmente perigosas.

Palavras-Chave: modelos numéricos; navios amarrados; propagação de ondas; SAFEPORT; tempestade Dora.

1. INTRODUÇÃO

O Porto de Sines é um porto de águas profundas localizado na costa ocidental de Portugal Continental. O aumento significativo do volume de carga movimentada na Península Ibérica, bem como o aumento da dimensão dos navios que fazem escala no Porto de Sines, têm impulsionado vários planos de expansão do porto. Os navios são acostados em áreas cada vez mais expostas e são frequentes os relatos de movimentos excessivos de navios amarrados no terminal de contentores do Porto de Sines, mesmo em dias de estados de agitação aparentemente calmos.

Devido a estes acontecimentos e à falta de sistemas que abordem os perigos relacionados com as manobras e amarração de navios nos portos, foi implementado um protótipo do sistema HIDRALERTA no Porto de Sines, com algumas particularidades. O sistema foi denominado de SAFEPORT e emite previsões diárias para as próximas 72 horas de agitação marítima dentro do porto e alertas para as consequências da agitação nos navios em manobras ou amarrados. A sua arquitetura é composta por 4 módulos: I – Caracterização da agitação marítima; II - Navegação em zonas portuárias; III - Monitorização; IV – Conhecimento do risco. Os resultados do sistema são disseminados numa plataforma web e numa aplicação móvel. Os modelos numéricos implementados no SAFEPORT para simular o comportamento dos navios amarrados pertencem ao pacote SWAMS, acrónimo de *Simulation of Wave Action on Moored Ships*.

Para garantir que o sistema funciona corretamente e emite alertas quando tal se justifica, foi aplicada para simular o comportamento de três navios amarrados no Porto de Sines durante a tempestade Dora, que chegou a Portugal Continental a 4 de dezembro de 2020. Os navios selecionados foram um navio porta-contentores amarrado no Terminal XXI (TXXI), um navio de carga geral amarrado no Terminal Multiusos (TMS) e um navio petroleiro amarrado no Terminal de Granéis Líquidos (TGL).

2. MODELOS NUMÉRICOS

A ferramenta numérica SWAMS é constituída por 2 módulos: o módulo WAVEPROP para propagação de ondas e o módulo MOORNAV para simulação do comportamento de navios amarrados. O objetivo do primeiro módulo é determinar as características da agitação marítima na zona envolvente do porto. O segundo módulo estima os movimentos dos navios (livres e amarrados) e as forças exercidas sobre os elementos dos sistemas de amarração.

As previsões de agitação marítima ao largo e de vento são provenientes das bases de dados do ECMWF, do Copernicus e do US Navy. Os níveis de maré são produzidos pela ferramenta XTide. O módulo WAVEPROP inclui 3 modelos numéricos para fazer a transferência destes parâmetros para dentro do porto e um gerador de malha, nomeadamente, o SWAN, o DREAMS, o BOUSS-WHM e o GMALHA, respetivamente. E o módulo MOORNAV inclui 3 modelos numéricos: o WAMIT, o HYDRO e o BAS.

O modelo SWAN faz a propagação de espectros de ondas irregulares do largo até a costa. Os modelos DREAMS (para ondas monocromáticas) e BOUSS-WHM (para ondas regulares e irregulares) fazem a propagação das características das ondas para dentro do porto, utilizando a malha portuária de elementos finitos, gerada pela ferramenta GMALHA.

O modelo numérico WAMIT determina a resposta do navio livre em termos dos seus movimentos nos seus seis graus de liberdade. A informação hidrodinâmica obtida pelo WAMIT é compilada/tratada pelo modelo HYDRO de modo que possa ser utilizada pelo modelo BAS. O BAS estima os movimentos dos navios amarrados e as forças exercidas nos elementos de amarração, causados pela agitação marítima incidente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema SAFEPART previu, através da aplicação do modelo SWAN, que no dia 4 de dezembro de 2020 às 18h, correspondeu ao momento mais crítico/pico da tempestade Dora. O SWAN estimou uma altura significativa máxima de 7.55 m e este valor é inferior ao registado na boia ondógrafo em frente ao Porto de Sines. Esta conclusão resultou em calibrações do modelo SWAN, através de redes neurais, de modo a obter estimativas mais precisas.

Pelos resultados do modelo DREAMS, as ondas se aproximaram do TGL com direções médias (θ_m) de sul para sudoeste e alturas significativas (H_s) variando entre 0,1 m e 1,2 m. A maior onda foi registada às 21 horas, com $\theta_m = 210^\circ$, $H_s = 1,2$ m e um período de pico (T_p) de 15 s. O TMS, por sua vez, foi afetado por ondas vindas do Oeste com H_s não superiores a 0,7 m. A maior onda ocorreu às 18 horas, com $\theta_m = 280^\circ$, $H_s = 0,7$ m e $T_p = 15$ s. Finalmente, no TXXI, a agitação marítima incidente foi caracterizada por ondas de sul com H_s variando entre 0,12 m e 0,84 m. A maior onda ocorreu às 3h, com $\theta_m = 174^\circ$, $H_s = 0,8$ m e $T_p = 17$ s.

A ligeira rotação de ondas com Hs inferiores à maior estimada pelo SWAN (às 18 horas do dia 4 de dezembro) causaram estados de agitação marítima mais gravosas nos terminais. Na Figura 1 apresenta-se as forças estimadas nas amarrações (ML) dos navios quando sujeitos à maior onda simulada em cada terminal e os respetivos alertas.

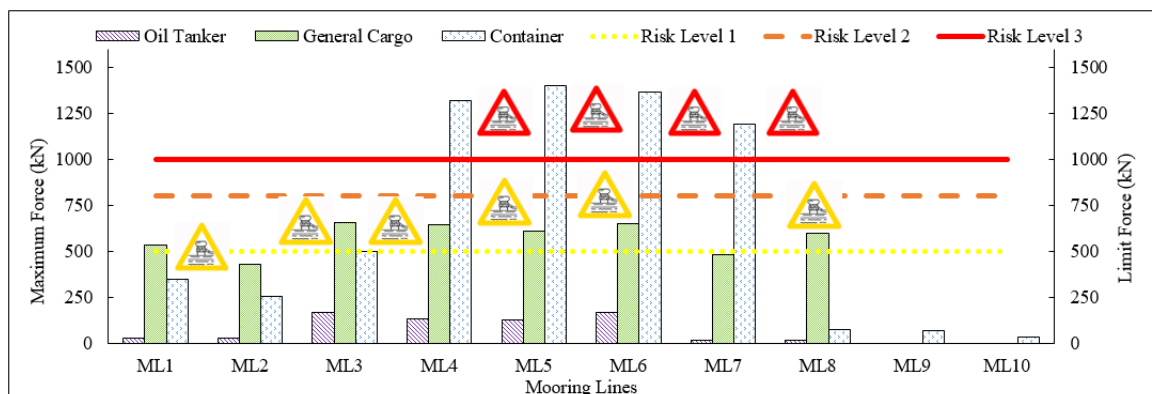


Figura 1. Forças nas amarras dos navios durante a tempestade Dora.

Não foram emitidos alertas relativos ao petroleiro atracado no terminal de granéis líquidos. Apesar de ser o navio mais exposto, dado o seu elevado deslocamento, não foram previstos movimentos excessivos do navio e, conseqüentemente, não se esperava que as forças nas suas amarras atingissem os limites máximos. Quanto ao navio de carga geral foram emitidos 6 alertas amarelos, ou seja, nível de perigo 2 (o mais baixo). Um resultado esperado, porque embora seja um navio com mais probabilidade de mover excessivamente, o TMS está bem protegido. O navio porta-contentores foi o mais afectado pela tempestade Dora. O SAFEPORTE emitiu 4 alertas vermelhos. Para mitigar este risco, foi introduzido no sistema um pré-esforço 100kN nas amarras.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema SAFEPORTE demonstrou ser uma ferramenta útil na gestão da segurança dos navios atracados no porto de Sines. Os alertas emitidos pelo sistema estão de acordo com a situação real.

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA WADI DE DETECÇÃO REMOTA DE FUGAS DE ÁGUA EM GRANDES REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Elsa ALVES¹, Anabela OLIVEIRA¹, André B. FORTUNATO¹, Alexandra CARVALHO²,
Alberto AZEVEDO¹, Ricardo MARTINS¹

¹ LNEC, Av. do Brasil, 101, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, {ealves, aoliveira, afortunato, aazevedo, rjmartins}@lnec.pt

² EDIA, Rua Zeca Afonso, 2, Beja, acarvalho@edia.pt

RESUMO

O projeto H2020 WADI - Water-tightness Airborne Detection Implementation (2016-2020) visou contribuir para a redução de perdas de água em grandes redes de distribuição. Para tal, desenvolveu-se um serviço de deteção de fugas baseado na análise de imagens obtidas por aviões tripulados e drones, tirando partido de sensores de elevada capacidade de deteção e custo razoável. A metodologia foi aplicada a dois casos de estudo: a Société Canal de Provence (SCP), em França, que opera e mantém uma infraestrutura hidráulica de grande porte totalizando 5500 km de canais, galerias e condutas para fornecimento de água para cidades, indústrias e irrigação; o Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva permite o abastecimento público, a cerca de 200 000 habitantes, a agricultura, com uma área equipada de regadio, atualmente, de cerca de 130 000 hectares e uma área de expansão de mais 40 000 hectares, e a indústria, para produção de energia limpa e para o turismo. Em ambos os casos de estudo a metodologia focou-se nas redes de condutas enterradas dos sistemas de irrigação. A metodologia permite a monitorização precoce das fugas de água de forma precisa em condutas de sistemas de irrigação fora de áreas urbanas, incluindo zonas de difícil acesso, sendo uma alternativa aos métodos locais mais eficiente e económica.

A metodologia WADI é baseada no cálculo do índice da presença de água no solo, indicador revelador de uma potencial fuga de água na rede de distribuição. De modo a obter os valores para este indicador, foram calculados o índice OSAVI e a temperatura normalizada, obtidos por combinação de sensores de infravermelhos e de sensores hiper-espectrais (KRAPEZ et al. 2022), afim de selecionar os comprimentos de onda mais adequados e suas combinações para melhor revelar áreas de humidade no solo.

O desenvolvimento da tecnologia WADI baseou-se em três fases fundamentais: na primeira foi selecionada a instrumentação de bordo mais adequada para dois tipos de plataformas aéreas, tripuladas (MAV) e não tripuladas (UAV), e foram realizados testes controlados para definição do comprimento de onda adequado à deteção por sensores; na 2ª fase foi validado o serviço e o seu desempenho por comparação com medições locais na infraestrutura da rede de água da Société du Canal de Provence (SCP); e finalmente na 3ª fase foi efetuada a demonstração do serviço a uma fração do Empreendimento do Alqueva (EDIA). O serviço WADI inclui a componente de deteção, de análise de imagens, análise de confiabilidade de dados e integração numa interface amigável para utilização pelas entidades gestoras.

A EDIA e o LNEC foram os parceiros portugueses no projeto WADI. A EDIA foi responsável pela demonstração do serviço no controle de perdas na sua infraestrutura, tendo seleccionado para esse efeito o Bloco de Monte Novo, o Bloco de Ferreira e uma zona próxima da albufeira de Vale do Gaio. O LNEC foi responsável pelo desenvolvimento de uma metodologia de confiabilidade dos dados medidos e dos indicadores calculados e pelo desenvolvimento do sistema de avaliação do desempenho deste serviço (BENETAZZO et al. 2020).

A metodologia de confiabilidade dos dados baseou-se na utilização de imagens gratuitas do satélite SENTINEL2 para a avaliação independente de fugas de água na rede de distribuição. Estas imagens estão disponíveis desde 2016 e são obtidas a cada 5-10 dias (10 dias no início da série temporal, em 2016, e 5 dias desde meados de 2017, quando o segundo satélite SENTINEL2 foi lançado). Para cada área em estudo, é feito o download dos conjuntos de imagens SENTINEL2 disponíveis na Agência Espacial Europeia (ESA). Estas imagens são posteriormente processadas, procedendo-se, se necessário, às correções atmosféricas com software fornecido pela ESA. O Índice de Água de Diferença Normalizada Modificada (MNDWI) é calculado, combinando as bandas de infravermelho médio e verde. Esse índice varia entre -1 e 1, e indica o teor de humidade do solo. As imagens MNDWI são corrigidas para a cobertura de nuvens, usando máscaras fornecidas pela ESA associadas às imagens utilizadas. Procedeu-se então à busca de possíveis fugas de água analisando as imagens MNDWI. Um portal web foi desenvolvido para facilitar e automatizar o uso da metodologia de confiabilidade. Os resultados dos testes indicam que o desempenho do método é limitado para a dimensão das fugas analisadas. Parece haver duas razões principais para este resultado: 1) a assinatura das fugas é fraca em comparação com a dos elementos naturais e artificiais existentes; 2) a resolução das imagens (10-20 m) provavelmente é muito grosseira para a deteção precoce das fugas (grandes fugas de água serão detectadas por observação e não exigirão abordagens tão sofisticadas).

Para a avaliação do desempenho do serviço WADI, as imagens obtidas durante os voos UAV e MAV realizados entre 2017 e 2019 foram processadas e analisadas, e os potenciais eventos de fugas de água das redes de distribuição foram identificados (KRAPEZ et al. 2022). A análise da matriz de desempenho baseou-se na classificação de cada evento de deteção como verdadeiro positivo (TP)/verdadeiro negativo (TN)/falso positivo (FP)/falso negativo (FN), considerando os eventos detectados nas campanhas realizadas nas redes de água da Société du Canal de Provence (SCP) e no Empreendimento do Alqueva (EDIA). Um potencial evento de fuga de água foi definido como resultado de um voo realizado e no qual as imagens aéreas foram obtidas, processadas e analisadas com sucesso. Um evento pode ser caracterizado pela tecnologia utilizada (UAV/MAV), o tipo de rede (neste caso consideraram-se condutas enterradas de sistemas de irrigação), o tipo de material da tubulação, bem como pelas condições ambientais durante ou antes do voo, como a precipitação, tipo de vegetação e tipo de solo.

Observou-se que os potenciais eventos de fugas de água na rede podem resultar de fugas reais (RL), fugas artificiais (AL), escoamentos naturais (NF) ou podem corresponder a situações em que não ocorrem fugas (NL). As fugas artificiais resultam de fugas deliberadamente provocadas com o objetivo de testar a metodologia em locais específicos. Os escoamentos naturais são aqueles resultantes, por exemplo, da irrigação de campos agrícolas vizinhos ou da presença de água subterrânea no solo ou de água da precipitação retida na superfície do solo.

A análise dos potenciais eventos de fugas de água mostrou que o desempenho geral do sistema WADI na deteção de eventos verdadeiros é de aproximadamente 50%. Na

identificação das condições em que o sistema WADI terá potencialmente maior sucesso na detecção de fugas de água foi possível concluir:

- Houve uma melhoria significativa do serviço WADI na campanha realizada na EDIA em relação à campanha no SCP, em resultados dos avanços tecnológicos e de processamento de imagem entre as duas campanhas, mas também às condições mais adequadas de exploração do serviço durante a campanha na EDIA. Com efeito, na campanha no SCP foi observada a ocorrência de precipitação nos 10 dias anteriores aos voos, e os solos estavam saturados de água, o que conduziu à maior detecção de falsos positivos. Na campanha da EDIA não houve precipitação nos 10 dias anteriores, pelo que o desempenho do serviço foi significativamente melhor.

- As plataformas UAV e MAV fornecem aproximadamente o mesmo número de classificações de eventos verdadeiros (verdadeiros positivos e verdadeiros negativos), tendo assim um desempenho semelhante.

- As zonas agrícolas caracterizadas por solos nus, culturas em fase inicial de desenvolvimento e áreas mistas são os locais onde a tecnologia WADI tem maior capacidade de sucesso na detecção de fugas. A aplicação desta tecnologia deve ser evitada em áreas florestais, devido ao sombreamento causado pelas copas das árvores, que condicionam a análise das imagens térmicas.

- Os resultados sugerem que, nos solos argilo-arenosos e argilo-arenosos, o serviço WADI tem o melhor desempenho. Devido à dimensão reduzida da amostra para os diferentes tipos de solos, esta análise deve ser futuramente complementada com mais informação.

O serviço WADI mostrou ter margem para melhorias, nomeadamente no aumento da eficiência das operações de voo, na tecnologia (câmaras e software) e no processamento de imagem. É fundamental alargar o número de casos de teste desta tecnologia a diferentes condições ambientais de forma a atualizar a matriz de desempenho do serviço.

Palavras-Chave: Detecção remota de fugas de água; Drones; Aviões tripulados; Matriz de desempenho; Imagens de satélite.

REFERÊNCIAS

Benetazzo, P.; Bertoni, A.; Galli, A.; Marsala, V.; Alves, E.; Fortunato, A.B.; Oliveira, A.; Martins, R.; Azevedo, A.; Carvalho, A. – Deliverable D7.4 - Report on WADI demonstration results including the performance matrix. H2020 Project WADI - Water-tightness Airborne Detection Implementation (Grant Agreement No 689239), May 2020.

Krapez, J.-C.; Muñoz, J. S.; Mazel, C.; Chatelard, C; Déliot, P.; Frédéric, Y.-M.; Barillot, P.; Hélias, F.; Polo, J. B.; Olichon, V.; Serra, G.; Brignolles, C.; Carvalho, A.; Carreira, D.; Oliveira, A.; Alves, E.; Fortunato, A. B.; Azevedo, A.; Benetazzo, P.; Bertoni, A.; Le Goff, I. – Multispectral Optical Remote Sensing for Water-Leak Detection. *Sensors* 2022, 22, 1057. <https://doi.org/10.3390/s22031057>

DAMMED FISH: IMPACTO DA PERDA DE CONECTIVIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DE REDES HIDROGRÁFICAS NA BIODIVERSIDADE PISCÍCOLA – OPTIMIZANDO SOLUÇÕES DE GESTÃO

Paulo BRANCO¹, Gonçalo DUARTE¹, José Maria SANTOS¹, Pedro SEGURADO¹, Florian BORGWARDT², Jesse O'HANLEY³, Rui FIGUEIRA^{4 5 6}, Viola WHITEKIND¹, Tamara LEITE¹, Maria Teresa FERREIRA¹

¹ Centro de Estudos Florestais e Laboratório Associado TERRA, Instituto Superior de Agronomia, pjbranco@isa.ulisboa.pt, goncalo.f.duarte@isa.ulisboa.pt, jmsantos@isa.ulisboa.pt, psegurado@isa.ulisboa.pt, viola.wittekind@posteo.de, tamaraleite@e-isa.ulisboa.pt, terferreira@isa.ulisboa.pt

² Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management (IHG), University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Vienna, Austria, florianborgwardt@boku.ac.at

³ Kent Business School, University of Kent, Canterbury, Kent, CT2 7NZ, UK, j.ohanley@kent.ac.uk

⁴ Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), School of Agriculture, University of Lisbon, Tapada Ajuda 1349-017, ruifigueira@isa.ulisboa.pt

⁵ Research Centre in Biodiversity and Genetic Resources (CIBIO/InBIO), School of Agriculture, University of Lisbon;

⁶ CIBIO/InBIO, Campus A, University of Porto

RESUMO

A Humanidade depende dos rios desde sempre, tendo forçado a sua regularização para obter serviços como água para beber, para irrigação e energia. A construção de barragens fragmentou os sistemas dulciaquícolas, isolando segmentos contíguos de rio e bloqueando movimentos migratórios, afetando a biodiversidade ao: aumentar a contração da distribuição de espécies, potenciar a substituição de espécies, facilitar a proliferação de espécies exóticas, interromper a estrutura e o fluxo genético de metapopulações, colocar populações em perigo e potencialmente levar à extinção regional ou completa de espécies. A União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) identificou “Barragens e gestão da Água” como ameaçando mais de metade das espécies nativas de peixes de água doce na Europa e quase 75% de todas as espécies de peixes ameaçadas. Assim, a Estratégia Europeia de Biodiversidade visa explicitamente a reabilitação da conectividade longitudinal em 25.000 km de rios. A Diretiva Quadro da Água (DQA) também determina que o restabelecimento da conectividade longitudinal é vital para atingir o bom estado ecológico. Para planear e gerir adequadamente a conectividade de redes hidrográficas, esta deve ser avaliada à escala da bacia, considerando os impactos cumulativos de todas as barragens presentes no sistema. Caso contrário, as opções de gestão não serão robustas – há pouco valor em conectar partes da rede de forma esparsa sem determinar qual a melhor solução ao nível da bacia.

O Dammed Fish visa avaliar e propor soluções e ferramentas para informar a gestão da conectividade da rede hidrográfica para melhorar a biodiversidade piscícola e melhorar a qualidade biótica dos rios europeus. Desta forma, a gestão da conectividade da rede

hidrográfica precisa de escolher as melhores soluções disponíveis. O Dammed Fish aborda a gestão da conectividade à escala da bacia em toda a Europa em três períodos de tempo - passado, presente e futuro. O projeto está estruturado em 5 tarefas interligadas: 1) Setting the scene: River network data management and tools; 2) Quantifying river network (dis)connectivity; 3) Dam impacts on freshwater fish distribution and biotic quality; 4) RivOpt barrier connectivity enhancement management tool; e 5) Outreach and scientific literacy. Estas tarefas visam avaliar como é que barragens, de forma isolada ou combinadas com outras pressões, afetam a conectividade da rede hidrográfica, perda de biodiversidade, contração da distribuição de espécies e alteração de espécies de peixes dulciaquícolas. Em seguida, é avaliada de que forma a fragmentação da conectividade fluvial devido a barragens pode afetar as políticas. Os resultados contribuirão para melhorar a gestão da conectividade da rede hidrográfica, desenvolvendo três ferramentas gratuitas: RivFish - para conectar dados de peixes e redes hidrográficas; RivConnect - para calcular a conectividade de rede em toda a bacia; e RivOpt - para otimizar as soluções de gestão de conectividade em toda a bacia, tendo em conta objetivos de gestão conflituantes. O que propomos nunca foi feito com esta abrangência espacial nem de forma tão criteriosa, devido à necessidade de um conjunto diverso de capacidades.

A equipa do projeto integra investigadores com capacidades complementares que vão desde ecologia de peixes, gestão de rios, governança, gestão de dados de biodiversidade, análise geoespacial, ciências da computação, modelação empírica e ecologia histórica. Um investigador doutorado, bem como alunos de doutoramento e mestrado complementarão a equipa. O projeto é apoiado pelo Global Biodiversity Information Facility (GBIF), que está interessado no desenvolvimento de uma rotina de controle de qualidade (usando conhecimento automático e especializado em dados taxonómicos e espaciais) baseado nos resultados do Dammed Fish. O projeto contribuirá para a literacia científica, atraindo um público diverso, disponibilizando uma revisão de conhecimento e plataformas de gestão de dados para informar a gestão de conectividade da rede hidrográfica. A transferência de conhecimento seguirá quatro princípios: i) acesso fácil e gratuito aos resultados; ii) desenvolvimento de ferramentas e manuais de orientação que facilitem a análise, tomada de decisão e gestão; iii) conhecimento transmitido de forma acessível para cada público-alvo, e iv) melhorar a literacia científica.

O Dammed Fish irá melhorar a conectividade hidrológica ao otimizar a disponibilidade de dados, culminando no desenvolvimento de ferramentas de orientação e gestão. Isso ajudará na prática a melhorar a conectividade nos sistemas fluviais europeus, beneficiando a qualidade biótica dos sistemas e melhorando a capacidade dos rios de manter e potencialmente aumentar os valores da biodiversidade piscícola, ao mesmo tempo que fornece serviços de ecossistema. O Dammed Fish facilitará o cumprimento de metas europeias.

Palavras-Chave: Peixes de água; Gestão de barragens; Migração piscícola; Conservação da biodiversidade; Projecto de investigação

PROJETO DAS OBRAS HIDRÁULICAS DE REABILITAÇÃO FLUVIAL DO RIO CEIRA

Miguel COSTA^{1,2}, Juliana MENDES^{1,2}, Rodrigo MAIA^{1,2}

¹ FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil, Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465, Porto, Portugal, mapcosta@fe.up.pt, juliana@fe.up.pt, rmaia@fe.up.pt

² CIIMAR –Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Porto, Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões, Avenida General Norton de Matos, S/N, 4450-208 Matosinhos, Portugal.

RESUMO

Nos últimos anos, a região Centro de Portugal tem sido afetada por uma variedade de fenómenos extremos (cheias, secas e incêndios florestais), resultando em impactos nefastos para as comunidades locais e para os ecossistemas. Decorrente das alterações climáticas é expectável um agravamento da intensidade e da recorrência destes tipos de eventos.

Tendo em consideração esta problemática, o projeto “*Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Ceira face às Alterações Climáticas*” (também designado de forma abreviada por *Projeto Rio Ceira*), financiado pelo Programa EEA-Grants, no qual a FEUP é uma das entidades parceiras, tem como objetivo aumentar a resiliência e a capacidade de resposta às alterações climáticas, através de medidas concretas de adaptação, a nível local.

A presente comunicação vem apresentar uma dessas medidas, que ficou a cargo da FEUP, e que consistiu na elaboração de um projeto de reabilitação fluvial do rio Ceira, contemplando obras hidráulicas em 8 troços fluviais ao longo do rio, localizados nos concelhos de Arganil, Pampilhosa da Serra, Góis e Lousã (Figura 1). Esse projeto foi realizado numa perspetiva de sustentabilidade, visando melhorar a gestão do escoamento do rio Ceira para diversos fins e situações, desde as de estiagem e/ou seca às de grandes cheias. Tal assente numa abordagem que objetiva aplicar as melhores práticas de engenharia no âmbito da gestão e da reabilitação fluvial, com o envolvimento e consciencialização dos técnicos e das populações locais, tornando-os parte ativa do processo.



Figura 1. Localização das intervenções de reabilitação fluvial ao longo do rio Ceira.

Neste contexto, cada um dos quatro municípios envolvidos selecionou, com o apoio da APA - Agência Portuguesa do Ambiente (entidade parceira e coordenadora do Projeto), os locais e os tipos de intervenção a realizar, com base no seu conhecimento do território e das necessidades mais prioritárias de atuação no rio. Essa escolha incidu em locais com interesse histórico, social ou cultural e com utilização relevante para as comunidades locais, sendo zonas balneares e/ou de lazer e/ou infraestruturas de retenção e de desvio e encaminhamento de água para levadas, utilizadas para a rega de campos agrícolas ou para azenhas.

Assim, o projeto previu essencialmente obras de reperfilamento e de estabilização do leito e de margens, a reparação de açudes tradicionais, em pedra (ver exemplo na Figura 2) e, em dois locais, a execução de tapetes de enrocamento a jusante dos açudes para proteção da zona de dissipação de energia.



Figura 2. Fotografias do açude da Quinta da Mata, no concelho da Pampilhosa da Serra, antes (à esquerda) e depois (à direita) da obra de reabilitação realizada no âmbito do projeto Rio Ceira.

Embora este tipo de açudes tenha uma importância social, cultural e ainda económica para as comunidades locais, têm também, em alguns casos, impactos negativos para as comunidades piscícolas, uma vez que algumas destas estruturas são intransponíveis pelos peixes, originando assim uma quebra no *continuum* fluvial. Decorrente desta problemática, tem vindo e haverá que continuar a desenvolver uma maior consciencialização a nível social, científico e político para a necessidade de implementação de dispositivos de passagem de peixes (DPP) em novas infraestruturas hidráulicas ou aquando da reparação das mesmas. Neste sentido, e tendo por base as recomendações de política ambiental, no projeto de reabilitação do açude de Santo António, no concelho de Góis (ponto 5 da Figura 1), foi incluída a construção de um DPP em pedra, do tipo naturalizado, na margem esquerda dessa estrutura (Figura 3). A implementação do DPP nesta obra, apesar de beneficiar apenas um pequeno troço do rio Ceira, teve também como propósito promover o processo de conectividade fluvial e sensibilizar para a colocação deste tipo de dispositivos em futuras obras de reabilitação de açudes, desde logo no rio Ceira (mas também noutras intervenções similares nas bacias do rio Mondego e Vouga), contribuindo assim para o bom estado ecológico do rio, de acordo com as obrigações da Diretiva Quadro da Água.

Complementarmente a estas obras, que neste momento já se encontram praticamente concluídas, está também a ser realizada a limpeza das margens e a valorização ambiental

e dos ecossistemas ribeirinhos ao longo do rio Ceira, no âmbito de outra atividade do mesmo projeto de financiamento.



Figura 3. Dispositivo de passagem de peixes no açude de Santo António, na Vila de Góis.

Em suma, a reabilitação fluvial do rio Ceira foi realizada tendo por base o enquadramento dos locais em questão, tendo como objetivo a valorização ecológica dos ecossistemas (qualidade e continuidade fluvial) e a utilização histórica e sociocultural dos espaços ribeirinhos e do rio em si. Tal resultou numa reabilitação que promove uma simbiose importante entre os ecossistemas e as comunidades locais.

Palavras-Chave: Rio Ceira; Reabilitação fluvial; Dispositivo de passagem de peixes.

URSA – ÁGUA EM ESTADO SOLO

David CATITA¹, Ana ILHEU²

¹ EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 – 7800-522 Beja – dcatita@edia.pt

² EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 – 7800-522 Beja – ailheu@edia.pt

RESUMO

Que ferramentas existem para combater, a longo prazo, a desertificação agrícola em Portugal? Água? Como se fixa essa água no ambiente? Como se potencia a utilização dessa água pela agricultura?

Grande parte destas respostas estão no solo. Melhor solo, mais resiliente e mais fértil, permitirá o uso mais eficiente da água e dos nutrientes e a longevidade do seu uso pelas atividades humanas.

O projeto URSA (Unidades de Recirculação de Subprodutos de Alqueva) desenvolvido pela EDIA, realiza a transformação, de forma comunitária, dos abundantes subprodutos orgânicos de origem agrícola, pecuária e agroindustrial em fertilizante orgânico para aplicação no solo das áreas de regadio. Importa salientar que nalgumas culturas de regadio, como o olival, mais de 80% da produção total são subprodutos valorizáveis, que até agora não retornavam ao ciclo produtivo.

O desígnio da sustentabilidade da intensificação agrícola, implica a criação de origens permanentes de composto orgânico para fertilização, para que este possa reentrar no ciclo produtivo, num contexto de agricultura circular e assim, incrementar a matéria orgânica do solo a longo prazo, que reequilibre as saídas, sequestre carbono, melhore a eficiência do uso de água e nutrientes, aumente a fertilidade do solo e a produtividade das culturas, aumente o poder filtrador do solo, favoreça a melhoria da qualidade da água a jusante, quer pela retenção de nutrientes no solo agrícola, quer pela redução da erosão e consequente entrada de sedimentos nas massas de água.

Apesar de se considerar que o solo não se forma na nossa escala temporal, as unidades de compostagem devem ser encaradas como verdadeiras fábricas de terra, capazes de devolver solo ao solo e assim aumentar a sua qualidade e quantidade, criando ativamente solo arável, já que a componente biológica do solo é indissociável de um solo saudável e retroalimenta a pedogénese.

O Projeto URSA tem como objetivo criar uma constelação de unidades de valorização de subprodutos orgânicos, que possibilite a existência de soluções de proximidade para os agricultores, nas quais os seus materiais sejam permutados por fertilizante para aplicação no solo e assim se promova a reabilitação das funções de retenção de água e nutrientes, contribuindo para uma maior resiliência perante as alterações climáticas e a promoção da qualidade da água nas albufeiras, a jusante desses solos, através do efeito filtrador do solo.

A matéria orgânica permite a regeneração da capacidade do solo em reter água durante mais tempo, prolongando o conforto hídrico das culturas, materializa uma significativa poupança de água, permitindo aumentar a produtividade agrícola por metro cúbico de água utilizada.

O conceito URSA pretende potenciar o uso eficiente dos recursos água e nutrientes, através da valorização de subprodutos e da sua recirculação no ciclo produtivo, impedindo que os materiais sejam exportados para fora do território agrícola, contribuindo para reduzir as necessidades de importação de nutrientes e acelerar a transição para a economia circular, através de uma agricultura moderna, sustentável e produtiva.

A primeira URSA, a estrela polar e guia do projeto, criada em colaboração com a Direção Regional de Agricultura do Alentejo, encontra-se em funcionamento desde 2019 e tem servido como unidade industrial demonstrativa do processo de valorização orgânica agrícola, com uma abordagem sinérgica e comunitária promotora de uma agricultura circular, ou seja, uma agricultura sem resíduos.

O efeito demonstrativo desta unidade conduziu à assinatura de 18 protocolos de colaboração entre a EDIA e empresas agroindustriais da região, com o objetivo da criação de unidades particulares de valorização orgânica por compostagem. Estas possibilitarão a valorização e utilização do composto na própria exploração e seja eliminada a pegada ecológica associada ao transporte dos materiais e naturalmente o custo económico e ambiental dos adubos que o composto conseguirá substituir.

Promovido pelo Ministério da Agricultura, a EDIA desenvolveu um Manual de Compostagem Agrícola, em parceria com o INIAV, com o objetivo dar as ferramentas necessárias aos agricultores num caminho circular de valorização orgânica, fundamental para a sustentabilidade da agricultura e do território rural. Estão igualmente em curso propostas de melhoria da legislação que possam simplificar o processo de valorização orgânica nas explorações e assim facilitar a decisão, pelo agricultor, de transformação dos seus próprios subprodutos orgânicos, assumindo esta laboriosa responsabilidade, mas, em simultâneo, usufruindo das vantagens de produzir parte dos seus fertilizantes, uma decisão fundamental na independência e sustentabilidade financeira do setor agrícola.

O projeto URSA continua a avançar, sublinhando a importância de aproximar a agricultura e o ambiente, cujas missões são convergentes, enfrentando os desafios futuros das alterações climáticas com melhores solos e uma agricultura mais resiliente, que consiga utilizar os recursos de forma eficiente e circular.

Palavras-Chave: URSA; solo; matéria orgânica; compostagem; circular.

CÁLCULO DO GALGAMENTO NA PRAIA DA VAGUEIRA UTILIZANDO O MODELO SWASH

João CORREIA¹, Maria Graça NEVES², Ana Catarina ZÓZIMO³, Gonçalo ROSA¹

¹ Departamento de Engenharia Civil, Universidade NOVA de Lisboa, Caparica, 2829-516, Portugal, jpb.correia@fct.unl.pt, gsb.rosa@fct.unl.pt

² CERIS e Departamento de Engenharia Civil, Universidade NOVA de Lisboa, Caparica, 2829-516, Portugal, mg.neves@fct.unl.pt

³ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, acozimo@lnec.pt

RESUMO

A praia da Vagueira está localizada no Município de Vagos, distrito de Aveiro e é protegida por uma estrutura de defesa frontal aderente que foi requalificada em 2015, com alteamento da sua cota de coroamento para a cota + 10 m (ZH) (Figura 1). O perfil de fundo efetuado com base nos dados recolhidos no âmbito do programa COSMO de 2018 (Fortes *et al.*, 2020) mostra um perfil do tipo barra-fossa (Figura 1). Na zona da praia da Vagueira foi recentemente estudada a viabilidade de um quebra-mar destacado multifuncional. Um dos fenómenos a estudar foi a influência deste nos galgamentos da estrutura de defesa aderente (Sancho *et al.*, 2020).

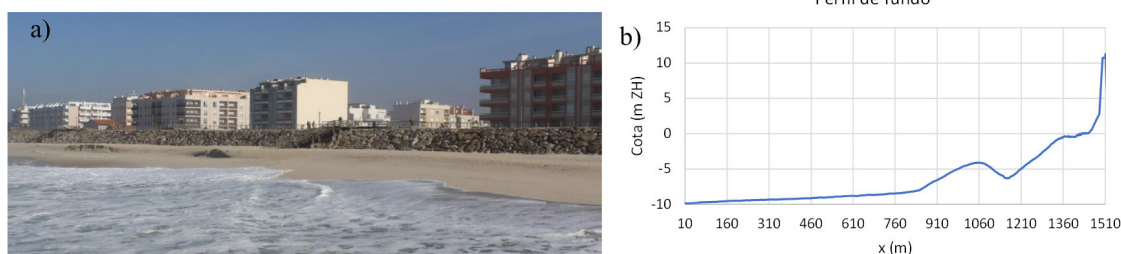


Figura 1. a) Vista da estrutura de defesa longitudinal aderente da praia da Vagueira (adaptado de Rosa, 2021), b) perfil de fundo em frente à estrutura em julho de 2018.

Para o cálculo do galgamento sobre uma estrutura de proteção costeira, são normalmente utilizadas formulações que, para dadas condições (tipo de estrutura, perfil de fundo em frente à estrutura, condição de agitação e nível de mar), permitem estimar o caudal médio de galgamento. No entanto, para um perfil de fundo do tipo barra-fossa as formulações existentes na literatura não se aplicam, por este ser um perfil no qual as profundidades são decrescentes na direção da costa. Uma alternativa que permite ter em conta qualquer forma de perfil de fundo é a utilização de modelos numéricos. Embora existam diversos modelos numéricos disponíveis na literatura, para que um dado modelo possa ser utilizado em fase de projeto, terá de apresentar um bom compromisso entre tempo de cálculo e precisão de resultados. O modelo numérico SWASH (Zijlema *et al.*, 2011), que resolve as equações não lineares de águas pouco profundas, é relativamente eficiente em termos de tempo de cálculo e tem sido aplicado com bons resultados ao estudo de

galgamento de estruturas de defesa aderente cujo pé de talude está acima do nível do mar ou em pequenas profundidades.

Neste trabalho apresenta-se a aplicação do modelo SWASH ao estudo do galgamento para um perfil de fundo do tipo barra-fossa na zona da estrutura de defesa longitudinal aderente na praia da Vagueira. O modelo foi aplicado com condições de agitação incidente associadas a três temporais ocorridos entre 1979 e 2018 para os quais se obtiveram os maiores valores de caudal médio galgado através de alguma das diversas formulações aplicadas a este caso com perfis de fundo simplificados (Rosa, 2021). Os dados de agitação foram obtidos num ponto (coordenadas 40°34'03.2"N, 8°47'45.9"W) localizado a 12 m (ZH) com base na transferência de dados provenientes do modelo de previsão WAM, do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a médio prazo (ECMWF) (Fortes *et al.*, 2020).

As simulações foram efetuadas com a versão unidimensional do modelo numérico SWASH. A aplicação do modelo foi precedida de um estudo de sensibilidade dos resultados do modelo (galgamento médio, Q , e máximo, Q_{max}) à dimensão da malha (ΔX), tendo-se testado malhas de dimensão variável entre 0.075 m e 3 m, para as três condições de agitação referidas acima. Na Figura 2 apresentam-se os resultados obtidos para uma tempestade com uma altura significativa de 2,61 m, um período de pico de 14,88 s e um nível de mar de 3,79 m (ZH).

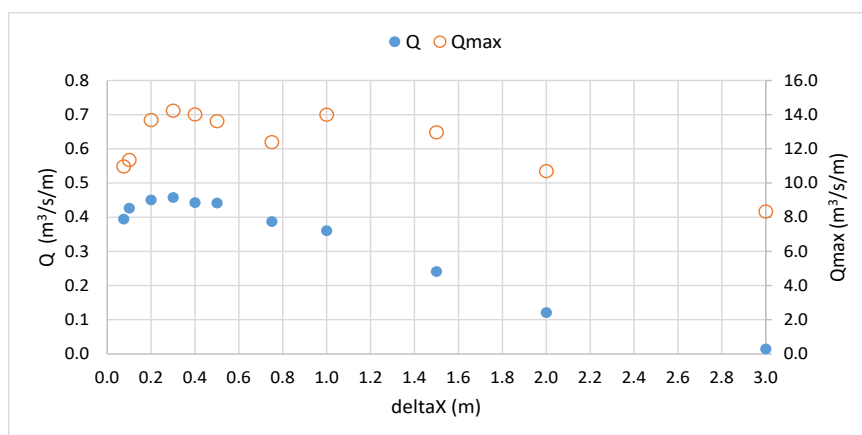


Figura 2. Caudal médio galgado, Q , e caudal máximo, Q_{max} obtido para diferentes dimensões da malha, ΔX , para uma tempestade com uma altura significativa de 2,61 m, um período de pico de 14,88 s e um nível de mar de 3,79 m (ZH).

O domínio computacional tem um comprimento de 1524 m, desde a cota -12 m (ZH) e inclui a estrutura de defesa aderente. O tempo de simulação correspondeu a 1000 ondas acrescidas de um período de estabilização de 15% do tempo computacional, conforme recomendado pelo manual de utilização do modelo SWASH. Na fronteira de entrada foi imposto um espectro Jonswap com $\gamma=3,3$. Na Figura 3 apresenta-se a elevação da superfície livre resultante da simulação do SWASH num instante de cálculo, para a tempestade apresentada na Figura 2.

Na comunicação serão apresentados e discutidos os resultados obtidos, comparando-se com os resultados das formulações.

Palavras-Chave: Espraimento; modelo numérico; Barra-fossa.

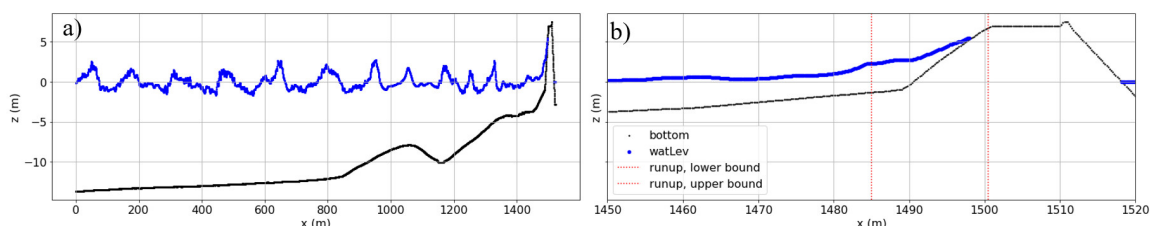


Figura 3. Elevação da superfície livre obtida da simulação do modelo SWASH para uma tempestade com uma altura significativa de 2,61 m, um período de pico de 14,88 s e um nível de mar de 3,79 m (ZH) no tempo correspondente ao máximo espraiamento: a) em todo o domínio de cálculo, b) na zona da estrutura.

AGRADECIMENTOS

Dados de batimetria e altimetria obtidos no âmbito do Programa COSMO, da Agência Portuguesa do Ambiente, cofinanciado pelo POSEUR. Disponível em: <https://cosmo.apambiente.pt>.

BIBLIOGRAFIA

Fortes, C.J.E., Neves, M.G., Capitão, R., Pinheiro, L. (2020). “Avaliação do galgamento costeiro sem e com um quebra-mar destacado na frente da Praia da Vagueira”, in *Atas. 6.ªs Jorn. de Engenharia Hidrográfica/1.ªs Jorn. Luso-Espanholas de Hidrografia*, Lisboa, 3 a 5 de novembro, pp- 187-190.

Rosa, G. (2021). *Cálculo do galgamento em estruturas de defesa aderente. O caso da Vagueira*, Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 90 pp.

Sancho, F.; Oliveira, F. S. B. F.; Fortes, C. J. E. M.; Baptista, P.; Roebeling, P. (2020). Estudo de caracterização e viabilidade de um quebra-mar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira, in *Atas das 6.ªs Jorn. de Engenharia Hidrográfica/1.ªs Jorn. Luso-Espanholas de Hidrografia*, Lisboa, 3 a 5 de novembro, pp. 231-234.

Zijlema, M., Stelling, G.S., Smit, P. (2011). “SWASH: An operational public domain code for simulating wave fields and rapidly varied flows in coastal waters”, in *Coastal Engineering*, 58(10), pp. 992–1012.

CICLO DE VIDA DE ACTIVOS FÍSICOS DO SETOR DA ÁGUA COM VERTENTE DE RISCO – CASO DE ESTUDO

Ana Silva¹, Tonny Mendes², Samuel Martinho³, Hugo Nogueira Raposo⁴,
José Torres farinha⁵, Mateus Mendes⁶

¹ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, anppsilva1@gmail.com

² Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, tm.tonnyjavier@gmail.com

³ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, sam.martinho@gmail.com

⁴ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, hugo.raposo@isec.pt

⁵ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, [tfarina@isec.pt](mailto:tfarinha@isec.pt)

⁶ Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, R. Pedro Nunes 3030-199, mmendes@isec.pt

RESUMO

A comunicação tem como objetivo a análise de ciclo de vida de ativos físicos do setor da água, nomeadamente uma central de captação, associada à vertente do risco. Esta análise terá como base as ISO 5500X de Gestão de Ativos Físicos e a ISO 31000 e ISO 31010 de Gestão de Risco.

Este estudo visa a avaliação dos investimentos realizados na central até 2021, baseando-se nos custos de investimento, de funcionamento e de manutenção que permitem maximizar os resultados operacionais e satisfação dos consumidores da empresa em estudo.

A abordagem é feita na perspetiva do ciclo de vida do investimento (LCI – Life Cycle Investment) e não do tradicional custo do ciclo de vida (LCC – Life Cycle Cost). Sendo que serão aplicados métodos de depreciação de equipamento: Método Linear de Depreciação, Método da Soma de Dígitos e do Método Exponencial. Estes serão auxiliares nos cálculos dos modelos econométricos: Método da Renda Anual Uniforme, Método de Minimização do Custo Médio Total (MMCMT) e o MMCMT com Redução ao Valor Presente. Modelos que auxiliam a tomada de decisão nas organizações.

Como caso de estudo serão usados dados reais relativos à captação de água da Central da Fervença da empresa INOVA – Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, EM – S.A., da qual depende todo o abastecimento de Cantanhede e em menor percentagem de três concelhos limítrofes. Este factor de elevada dependência classifica a instalação em causa como crítica ao normal funcionamento do sistema de abastecimento de água a toda a população residente nestes municípios.

Como resultado deste estudo pretende-se demonstrar qual o impacto do risco nas decisões de investimento, nomeadamente os riscos associados à inoperabilidade dos equipamentos fulcrais para o funcionamento da central, sejam estes económico-financeiros, viabilidade, operabilidade e fiabilidade.

Palavras-Chave: Análise do Ciclo de Vida; Análise de Investimento; ISO 5500X; ISO 31000; Risco.

CONTRIBUTOS DA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO E DA PREVISÃO DA VIDA ÚTIL PARA A GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS URBANAS DE ÁGUA

Marta CABRAL¹, Dália LOUREIRO², Dídida COVAS¹

¹ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, marta.f.cabral@tecnico.ulisboa.pt, didia.covas@tecnico.ulisboa.pt.

² Núcleo de Engenharia Sanitária, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-111, Lisboa, Portugal, dloureiro@lnec.pt.

RESUMO

Os sistemas urbanos de água são compostos por diversos ativos com diferentes funções, vidas úteis, custos no ciclo de vida, idades e estados de conservação (Alegre e Coelho, 2012), sendo um dos principais desafios para as entidades gestoras a tomada de decisão quanto aos ativos que devem ser inspecionados, mantidos, reparados, renovados ou substituídos nas suas infraestruturas (Vanier, 2006). A adoção de estratégias de manutenção proativa tem sido dificultada pela falta de financiamento necessário à adequada manutenção e reabilitação dos ativos, contribuindo para a deterioração gradual do seu estado de conservação. Os ativos lineares (i.e., condutas e coletores) encontram-se enterrados dificultando a sua inspeção, manutenção e avaliação do estado de conservação. No caso dos ativos verticais e instalações (i.e., reservatórios de água, estações elevatórias e estações de tratamento), a avaliação do estado de conservação é facilitada pela possibilidade de inspeção visual, embora muitos dos componentes destes ativos, em particular os equipamentos de elevação e tratamento, podem rapidamente tornar-se obsoletos devido à evolução tecnológica e às práticas emergentes.

A gestão patrimonial de infraestruturas (GPI) tem vindo a tornar-se cada vez mais uma preocupação para as entidades gestoras de água e decisores políticos, permitindo melhorar a gestão a nível estratégico, tático e operacional das infraestruturas urbanas de água. Não obstante, a sua implementação pelas entidades gestoras está ainda longe do necessário, devido aos vários desafios associados às limitações de recursos humanos, tecnológicos e financeiros. As abordagens existentes de GPI focam-se essencialmente na avaliação global das infraestruturas e, muitas vezes, consideram apenas a perspetiva económica. Além disso, as abordagens atuais não estão adaptadas ao baixo conhecimento infraestrutural das entidades gestoras, sendo muitas vezes demasiado complexas, o que dificulta ou impede a sua utilização, manipulação e interpretação, e, outras vezes, demasiado simplificadas não permitindo uma tomada de decisão devidamente informada.

A presente comunicação tem como objetivo apresentar novas metodologias de avaliação do estado de conservação e da previsão da vida útil para melhorar a gestão patrimonial de infraestruturas urbanas de água. As metodologias propostas são aplicadas a um conjunto alargado de casos de estudo de entidades gestoras nacionais, com diferentes níveis de maturidade em termos de conhecimento infraestrutural e da gestão operacional. Neste trabalho, o estado de conservação de ativos verticais é avaliado através da identificação

e classificação de anomalias, utilizando um novo sistema de inspeção visual para as categorizar quanto à sua severidade (i.e., a influência no funcionamento do componente), intensidade (i.e., nível de deterioração) e extensão (i.e., área deteriorada). São propostos três novos índices para calcular a deterioração média e máxima de componentes, ativos e infraestruturas, que variam entre 0 (ausência de anomalias) e 100 (deterioração generalizada). A condição física do componente, ativo ou infraestrutura é classificada de acordo com o índice de deterioração obtido, podendo ser classificada como excelente, boa, razoável, má ou insatisfatória.

A abordagem proposta para a avaliação da condição dos ativos verticais foi aplicada a um conjunto de 22 reservatórios de água e 17 estações elevatórias de águas residuais que foram inspecionados. A análise dos resultados das inspeções permitiu identificar as anomalias mais comuns nestes ativos, os componentes inspecionados com maior número de anomalias, as interdependências entre as anomalias identificadas e a relação entre o índice de deterioração do ativo e as práticas de operação de manutenção (O&M). Esta abordagem foi, ainda, comparada com a abordagem mais comum em Portugal para inferir a condição dos ativos, que consiste no cálculo do rácio entre a vida residual e a vida útil dos ativos (designado por rácio da vida residual). Quando aplicado à infraestrutura, este rácio é ponderado pelo custo de substituição de cada ativo, permitindo calcular o índice de valor de infraestrutura. Os resultados mostraram que a abordagem proposta permite uma avaliação mais precisa da condição física dos ativos através do cálculo dos índices de deterioração, uma vez que refletem as práticas de O&M ao longo da vida útil do ativo e as intervenções de manutenção e de reabilitação a que o ativo foi sujeito.

A metodologia para a previsão da vida útil de ativos verticais atende a fatores físicos, operacionais e ambientais que influenciam a condição dos ativos para integrar nos modelos de deterioração, de modo a prever as vidas úteis considerando um nível máximo de deterioração (i.e., nível de deterioração máximo recomendado ou o nível de deterioração máximo admissível). Os modelos de deterioração podem ser desenvolvidos com base em regressões lineares simples, definidos apenas em função de uma variável explicativa (e.g., a idade dos componentes ou ativos) e em modelos mais complexos com múltiplas variáveis explicativas (e.g., idade, material construtivo, capacidade do reservatório ou potência hidráulica do escoamento da estação elevatória). Estes modelos foram desenvolvidos para os componentes de construção civil e de equipamento de reservatórios de água e de estações elevatórias de águas residuais.

A validação dos modelos desenvolvidos permitiu avaliar a dispersão entre os valores previstos e os valores observados, verificando-se que os modelos simples apresentam valores de erro menores sendo, portanto, estes modelos mais robustos do que os modelos múltiplos para a previsão da vida útil. No entanto, a vida útil estimada pelos modelos simples representa um valor determinístico, não incluindo o processo aleatório de deterioração do ativo, ao contrário dos modelos múltiplos, que apesar de apresentarem maior variabilidade dos dados, permitem prever não só a vida útil, como também o desvio padrão associado. As vidas úteis de referência em Portugal, estabelecidas em guias técnicos publicados pela entidade reguladora ERSAR (Covas et al., 2018), foram validadas através da sua comparação com as vidas úteis previstas pelos dois tipos de modelos de deterioração, tendo sido consideradas adequadas sempre que não existir mais informação disponível.

Os contributos das metodologias propostas e dos resultados obtidos podem ser particularmente úteis para apoiar as entidades gestoras na gestão patrimonial de infraestruturas urbanas de água, contribuindo para: (i) o aumento do conhecimento infraestrutural através da avaliação do estado de conservação dos seus ativos com base

em inspeção visual periódica; (ii) a melhoria na priorização dos ativos e na programação de intervenções através do desenvolvimento de modelos de deterioração e da previsão da vida útil; e (iii) a melhoria da tomada de decisão através a integração destes novos desenvolvimentos científicos na gestão patrimonial de infraestruturas.

Palavras-Chave: gestão patrimonial de infraestruturas; avaliação do estado de conservação; previsão da vida útil; infraestruturas urbanas de água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) pelo financiamento UIDB/04625/2020 ao CERIS (Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability).

BIBLIOGRAFIA

Alegre, H., Coelho, S. T. (2012). Infrastructure asset management of urban water systems. Water supply system analysis-selected topics, doi: 10.5772/52377.

Covas, D., Cabral, M., Pinheiro, A., Marchionni, V., Antunes, S., Lopes, N., Mamouros, L., Brôco, N. (2018). Custos de construção de infraestruturas associadas ao ciclo urbano da água. ERSAR, IST, ISBN 978-972-98996-4-5, Lisbon, Portugal.

Vanier, D. J. (2006). Chapter 7 – Towards Sustainable Municipal Infrastructure Asset Management. Handbook on Urban Sustainability, 283–314, National Research Council Canada, Ottawa, Ontario.

DESEMPENHO HIDRÁULICO E SANITÁRIO DE LEITOS DE SECAGEM DE LAMAS FECAIS EM MOÇAMBIQUE

Raul MUTEVUIE JÚNIOR¹, Filipa FERREIRA², Sílvia MONTEIRO³, José Saldanha MATOS⁴

¹ Direcção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento, Rua da Imprensa, n.º 162, 3.º, Maputo, Moçambique, bombatejunior@gmail.com

² CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, filipamferreira@tecnico.ulisboa.pt

³ Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, silvia.monteiro@tecnico.ulisboa.pt

⁴ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001, Lisboa, Portugal, jose.saldanha.matos@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

O estado atual do saneamento em países de baixo rendimento, caracteriza-se genericamente por uma baixa cobertura dos serviços por sistemas centralizados, incluindo coletores e eventualmente estações de tratamento de águas residuais, que apenas servem uma pequena percentagem da população, o que obriga a maioria da população a recorrer a tecnologias descentralizadas de saneamento, muitas vezes sem recurso a água.

Assim, as soluções para o saneamento desses países, nomeadamente das populações que residem na zonas peri-urbanas, em grande parte informais e sem acesso a serviços básicos de abastecimento de água, energia, resíduos sólidos e drenagem pluvial, devem atender a preocupações de gestão de lamas fecais (GLF) e/ou de águas residuais com tratamento local, que garantam a sustentabilidade técnica, financeira, social e ambiental dos serviços.

A higienização de lamas de latrinas ou de fossas sépticas (biosólidos), com vista ao seu posterior reaproveitamento, por exemplo para correção de solos florestais ou para a agricultura, numa lógica de “economia circular”, tem ganho relevância, num quadro de sustentabilidade dos serviços. Torna-se, no entanto, fundamental controlar essas operações e processos, nomeadamente a desidratação das lamas fecais e a evolução das suas características em termos de higienização, recorrendo sempre que possível a soluções de base natural, que não exijam recursos especializados, nem elevados consumos de energia e de reagentes.

Na literatura de especialidade, a informação relativa ao planeamento e dimensionamento de leitos de secagem baseia-se em critérios empíricos, e aplicam-se a lamas de ETAR de pequena dimensão, de sistemas centralizados. É muito escassa a informação relativa a características e evolução da secagem de lamas de latrinas ou de fossas, o que não admira, em face das dificuldades e riscos de toda a logística associada e do tema não interessar, em parte, às comunidades técnicas e científicas de países desenvolvidos.

Nesse quadro, interessa investigar o desempenho de leitos de secagem de lamas fecais (em terminologia anglo-saxónica “faecal sludge drying beds”) para a desidratação e higienização de lamas fecais de diversas origens, incluindo de latrinas, de fossas sépticas e de sistemas de lagunagem, em climas tropicais, dada a falta de informação

sobre as características das lamas fecais em soluções de saneamento a seco, e sobre o comportamento hidráulico e sanitário de leitos de secagem de lamas, nessas circunstâncias.

O presente trabalho teve como foco principal a investigação aplicada, baseada na exploração de instalações piloto, do desempenho de leitos de secagem face a diversos tipos de lamas e condições ambientais, com discussão de processos de desidratação (processo de drenagem e de evaporação), bem como da evolução da qualidade bacteriológica das lamas fecais durante o período de secagem, através da análise do decaimento da bactéria *Escherichia coli*, como indicador. Para análise de processos de desidratação e decaimento de *E. coli*, foram construídas e exploradas instalações piloto de leitos de secagem (IPLS) de lamas, em Maputo e em Tete.

Nas instalações em Maputo, a redução do teor de humidade variou, conforme o tipo de lama e o teor de humidade (TH) inicial (Júnior, 2022). Uma quantidade apreciável de água presente nas lamas foi removida por drenagem gravítica, num tempo relativamente curto, até cerca de 2 dias, nomeadamente para as lamas fecais de fossas sépticas e de lagoas da ETAR do Infulene. No caso das lamas de latrinas, pelo menos de algumas delas, o processo de drenagem prolongou-se por mais tempo, e com menor caudal médio de descarga. Os valores de TH, aos 35 dias, variaram entre 30 e 70%.

A utilização de kits do tipo “Compartment Bag Test (CBT) for *E. coli*”, da Aquagenx, permitiu estimar a evolução da concentração de *E. coli* em amostras de lamas, de forma relativamente expedita, ao longo do processo de secagem. Concluiu-se ainda que a par desidratação de lamas em leitos de secagem, com obtenção de baixos teores de humidade ao fim de 30 a 60 dias, em regra inferiores a 40%, tem lugar, nomeadamente nas lamas com origem em latrinas e fossas sépticas, uma redução significativa de concentração de bactérias *E. coli*, por vezes em ordens de grandeza superior a 3 ou 4 mas não suficiente, para que a lama seca (biosólido) possa ser considerada um produto seguro para utilização na agricultura.

Foi proposto um modelo matemático, baseado em Moiambo (2020) que permite simular o processo de desidratação de lamas em leitos de secagem, considerando os principais mecanismos de remoção da massa líquida, designadamente as componentes de drenagem gravítica e de evaporação, e que foi calibrado com base nos dados experimentais de Maputo, para os diversos tipos de lamas (de latrinas, fossas sépticas e lagoas de ETAR). Na tese são apresentados os fundamentos teóricos dos processos, bem como os principais pressupostos assumidos.

Foram ainda determinadas, com base nos resultados da exploração de unidades piloto, expressões empíricas para a predição da evolução de concentração de *E. coli* em leitos de secagem de lamas fecais, em região tropical húmida, em função da origem da lama, temperatura e tempo de secagem. A aplicação dessas expressões empíricas a outros contextos deve ser vista com reserva, em face da grande variabilidade e dependência de condições locais, nomeadamente climáticas.

Palavras-Chave: desidratação; *Escherichia coli*; lamas fecais; leitos de secagem, modelo hidráulico-sanitário.

AGRADECIMENTOS

Investigação efetuada pelo Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS) e financiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia através do financiamento UIDB/04625/2020.

HIBRIDIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

João Matos LOPES¹, Maria Manuela PORTELA², Pedro Eira LEITÃO³

¹ Instituto Superior Técnico, Avenida Rovisco Pais 1, Lisboa (Portugal), joaoandrelopes@tecnico.ulisboa.pt

² Instituto Superior Técnico, Avenida Rovisco Pais 1, Lisboa (Portugal), CERIS, maria.manuela.portela@tecnico.ulisboa.pt

³ Hidroerg – Projectos Energéticos, Lda., Rua dos Lusíadas 9, Lisboa (Portugal), pedro.leitao@hidroerg.pt

RESUMO

A investigação levada a cabo inseriu-se no âmbito da análise da hibridização de energias renováveis, ou seja, da associação de diferentes tecnologias de produção de energia elétrica com base em fontes renováveis, compartilhando um mesmo ponto de conexão com a rede elétrica nacional, como forma de garantir um fornecimento de energia elétrica mais estável e produtivo. Concretamente, analisou-se técnica e economicamente a viabilidade de hibridizar instalações de produção de energia elétrica existentes, baseadas em pequenos aproveitamentos hidroelétricos (AHEs), compreendendo ainda a otimização das soluções híbridas a implementar.

Os casos de estudo considerados respeitaram aos AHEs de Covas do Barroso (rios Covas e Couto) e Pinhel (ribeiras das Cabras e da Pêga), localizados nos concelhos de Boticas e de Pinhel, respetivamente, propriedade da empresa *Lusiterg*, uma das empresas do grupo *Hidroerg*. As potências de ligação à rede são de 6.40 MW, no AHE de Covas do Barroso, e de 6.76 MW, no de Pinhel, sendo os aproveitamentos explorados a fiode-água com regularização parcial das afluências diárias nos circuitos hidráulicos, ou seja, em regime dito de eclusagem (volumes disponíveis para o efeito de 3 110 e 40 000 m³, respetivamente).

Para cada caso de estudo a estratégia adotada para conduzir a investigação desenvolveu-se em três etapas principais: (1) a identificação da fonte de energia renovável complementar a associar à atual energia hidroelétrica; (2) a simulação da produção da energia elétrica proveniente da combinação das duas fontes renováveis limitada pela potência máxima de ligação à rede; (3) e a análise económica visando concluir sobre a viabilidade do projeto de hibridização, com identificação simultânea do valor ótimo da potência a instalar na tecnologia complementar.

Em Portugal Continental a produção hidroelétrica é irregular e profundamente sazonal, por norma, com produções elevadas no semestre húmido do ano hidrológico e reduzidas ou mesmo nulas durante longos períodos do semestre seco, com ênfase para a estiagem, em perfeita complementaridade da produção fotovoltaica. Esta é também a circunstância dos AHEs que constituem os casos de estudo, evidenciando a oportunidade nos mesmos para a produção fotovoltaica em associação com a produção hidroelétrica. Nesse pressuposto, o procedimento de análise desenvolvido recorreu à simulação da exploração conjunta de cada aproveitamento hidroelétrico e de um parque solar fotovoltaico (PV) beneficiando do mesmo ponto de interligação à rede elétrica nacional.

Os AHEs de Covas do Barroso e Pinhel possuem registos de exploração com alguma

continuidade temporal apenas a partir de 2005 e 2006, respetivamente. Tratam-se, assim, de períodos demasiado curtos para sustentar um estudo de hibridização. Por tal motivo, a par com a utilização daqueles registos e de maneira a dispor de mais informação relativa às produções hidroelétricas suscetíveis de serem complementadas por produções fotovoltaicas e, desse modo, mais consistentemente concluir sobre a viabilidade da hibridização, procedeu-se à simulação da exploração das centrais dos casos de estudo para períodos de tempo alargados, tendo por base estimativas de caudais médios diários afluentes aos respetivos açudes. Tais estimativas foram obtidas por aplicação de um modelo de regionalização de informação hidrométrica aos caudais registados em estações hidrométricas.

Para o efeito, por consulta do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), coletaram-se os registos dos caudais médios diários numa estação hidrométrica em regime natural tão próxima quanto possível da bacia hidrográfica de cada AHE e com uma altura do escoamento anual médio semelhante à altura do escoamento nesta última bacia, de modo a assegurar o pressuposto fundamental do modelo de regionalização (i.e., similitude das alturas do escoamento anual médio nas bacias de origem e objeto de regionalização). A transposição de caudais efetuou-se multiplicando os registos do SNIRH por um fator igual ao quociente entre volumes anuais médios afluentes ao caso de estudo e decorrentes desses registos. Para o AHE de Covas do Barroso a estação hidrométrica utilizada foi a de Vale Giestoso (03K/01H) e, para o AHE de Pinhel, a de Cidadelhe (08O/02H) (registos contínuos de caudais médios diários afluentes de 60 e 56 anos, respetivamente).

Desenvolveu-se, seguidamente, um algoritmo de simulação da exploração diária da central de cada AHE o qual, tendo por base a série longa de caudais médios diários antes estimada para o mesmo, bem como as características fundamentais do centro electroprodutor, no que respeita ao seu modo de exploração, forneceu o caudal turbinado e a correspondente energia hidroelétrica produzida. Antecedendo o prosseguimento do estudo, houve que validar tal algoritmo, para o que se compararam as energias anuais nos períodos com registos de exploração efetivamente produzidas e simuladas. Os desvios entre os valores anuais médios das anteriores energias foram de 8%, no AHE de Covas do Barroso, e de 1%, no de Pinhel, e as correlações entre as correspondentes energia anuais, de 0.997 e 0.979, respetivamente. Tais resultados conferiram credibilidade aos modelos aplicados de regionalização de informação hidrométrica e de simulação da exploração diária das centrais.

De acordo com a legislação aplicável, a produção hidroelétrica tem prioridade em relação à produção fotovoltaica, sendo que a potência conjunta das duas fontes não pode exceder a potência da central hidroelétrica. Atendendo a estes constrangimentos e tendo por base a série anual média de produções horárias fotovoltaicas disponibilizadas pela empresa *Megajoule* para a localização de cada caso de estudo, simulou-se a exploração conjunta do AHE e do PV para o que se admitiram potências fotovoltaicas variáveis entre 1 e 7 MWp, de modo a identificar o ponto ótimo da produção conjunta. Regista-se que se admitiu que: i) cada caudal médio diário afluente à tomada de água do AHE seria uniforme; ii) as produções horárias fotovoltaicas seriam as da série anual média.

A simulação da exploração conjunta demonstrou, como seria expectável, que o aumento da potência fotovoltaica conduzia ao aumento da respetiva produção de energia, embora numa proporção inferior ao aumento daquela potência, pelo facto de, cumulativamente, não se poder ultrapassar a potência hidroelétrica instalada. Ao selecionar alguns anos chave, constatou-se o quanto a reduzida produção de energia hidroelétrica em anos secos permitia tirar proveito da produção de energia fotovoltaica a qual, para algumas das

potências fotovoltaicas consideradas, correspondia praticamente ao máximo possível. Em anos médios existiram períodos húmidos apenas com produção hidroelétrica, ou seja, com total desaproveitamento da energia fotovoltaica, verificando-se o mesmo em grande parte do tempo dos anos húmidos. Nestes últimos anos, os longos períodos sem produção de energia fotovoltaica foram muito significativos, tendo afetado consideravelmente o desempenho do PV. Não obstante, foi possível confirmar a compatibilidade e complementaridade entre as duas fontes de produção de eletricidade, com uma componente hídrica forte nos períodos húmidos e uma componente solar muito importante nos períodos secos.

Prosseguiu-se, assim, com a identificação da potência ótima a instalar no PV associado a cada AHE com base numa análise preliminar de viabilidade económica. Para tanto, foram atribuídos a cada hipotético PV custos de investimento, de operação e manutenção, tendo-se ainda atendido a aspetos decorrentes de especificidades dos casos de estudo (e.g., ligação do PV à subestação do AHE). Considerou-se ainda uma valorização anual em mercado da produção fotovoltaica diferenciada ao longo do período de análise. De entre os indicadores económicos, adotou-se a taxa interna de rentabilidade (TIR) para avaliação relativa do investimento referente a potências fotovoltaicas alternativas, dada a sua facilidade da interpretação e capacidade para hierarquizar opções.

Para cada uma das alternativas de potência fotovoltaica a instalar em associação com um dos casos de estudo (como antes dito, variável entre 1 e 7 MWp), a análise económica foi aplicada aos resultados da simulação da exploração conjunta em subperíodos de 30 anos consecutivos (vida útil máxima esperada para os painéis fotovoltaicos), iniciando-se em cada um dos anos com produções hidroelétricas estimadas. Obtiveram-se, assim, 31 e 27 sequências de 30 anos e, logo, valores da TIR para os AHEs de Covas do Barroso e de Pinhel, respetivamente. A consideração dos anteriores subperíodos pretendeu conferir maior consistência à identificação da solução fotovoltaica ótima a implementar, mas também detetar eventuais tendências nos valores da TIR. Procedeu-se ainda a análises de sensibilidade com base no pressuposto de três cenários de valorização em mercado da energia fotovoltaica produzida (pessimista, otimista e intermédio) os quais foram adicionalmente combinados com o pressuposto de acréscimo de 10% no custo dos painéis fotovoltaicos. Deste modo, a apreciação da viabilidade económica de cada hipotética potência fotovoltaica a associar a cada AHE foi realizada combinando subperíodos de 30 anos de produções fotovoltaicas simuladas, com dois possíveis custos unitários dos painéis solares fotovoltaicos e com três cenários de valorização em mercado da receita com a energia fotovoltaica.

Verificou-se, assim, existir ao longo dos anos uma tendência crescente nos valores da TIR, possivelmente devido a uma redução das disponibilidades hídricas superficiais, sugerindo um investimento na hibridização progressivamente mais favorável. Concluiu-se que apenas uma antevisão pessimista da receita proveniente da venda de energia elétrica fotovoltaica teria como desfecho a inviabilidade económica do projeto de hibridização. Os valores extremos (quer muito baixos, quer muito altos) das alternativas de potência fotovoltaica a instalar foram os que apresentaram indicadores económicos menos favoráveis. Por fim, concluiu-se que a potência fotovoltaica a instalar no AHE de Covas do Barroso deverá estar compreendida entre 3 e 4 MWp, e no AHE de Pinhel, entre 4 e 5 MWp. A volatilidade atual do preço da energia, mas também de alguns dos custos de investimento, sugere que se retome o estudo uma vez que o contexto da produção de energia elétrica de algum modo estabilize.

Palavras-Chave: energias renováveis; hibridização; pequeno aproveitamento hidroelétrico; parque solar fotovoltaico; viabilidade económica.

SOLUÇÕES DE CONTENTORIZAÇÃO NA INDÚSTRIA DA ÁGUA

Telmo SILVA

Gestor de Cliente, Tecnilab AV Portugal S.A., telmo.silva@tecnilab.pt

RESUMO

A necessidade de infraestruturas vulgarmente chamadas de abrigos técnicos, versáteis, adaptáveis às necessidades e de custo reduzido das entidades gestoras para os inúmeros desafios da sua exploração, levaram a que fossem desenvolvidas soluções robustas, baseadas em contentorização.

As soluções contentorizadas apresentam inúmeras vantagens face às soluções tradicionais, nomeadamente:

- **Redução** muito significativa dos **trabalhos de Engenharia civil** os quais ficam limitados unicamente a um maciço para aplicação do contentor;
- **Redução** drástica dos trabalhos e tempos associados de **eletricidade e mecânica** no local;
- Grande **redução da área** de montagem;
- **Portabilidade** uma vez que é possível **deslocar** o contentor e o seu conteúdo para **outro local caso necessário**, de uma **forma prática e extremamente simples**;
- Os contentores são fornecidos totalmente **equipados e comissionados** facilitando o **arranque do sistema** (sistema “Plug and Play “) ;
- Grande **facilidade de ensaios (FAT)** sendo uma parte significativa realizada em fábrica;
- Grande **robustez de execução**;
- Grande **facilidade de manutenção** após montagem;
- Aplicações **diversas**, desde monitorização de caudal, pressão e qualidade da água/efluente, tratamento ou reajuste de parâmetros a monitoriza; Reutilização de água, entre outras.

Iremos apresentar diversas soluções desenvolvidas na nossa unidade de produção no Concelho de Setúbal, desde a sua engenharia de base, passando pela implementação da solução em contentor até à montagem e colocação em serviço.

Palavras-chave: Contentorização, portabilidade, monitorização da qualidade, doseamento, redução de custos

1. INTRODUÇÃO

Tal como referido no resumo, a necessidade de infraestruturas versáteis facilmente adaptáveis transportáveis e de baixo custo de implementação e manutenção, é um imperativo das entidades gestoras, que são confrontadas no seu dia a dia com a

necessidade de soluções simples de rápido fornecimento e instalação. Com o objetivo de resolvermos este problema desenvolvemos, fabricamos e instalamos soluções técnicas contentorizadas para as mais diversas funcionalidades e aplicações.

2. DESENVOLVIMENTO

As soluções contentorizadas são produzidas, na nossa unidade fabril de Setúbal desde a sua engenharia base, passando pela implementação do equipamento até à montagem e colocação em serviço de acordo com as necessidades e desafios das diferentes entidades gestoras com quem trabalhamos num processo “ fato à medida “ e em regime “ chave na mão”.

Estas unidades podem ser fabricadas para os mais diversos fins em execução portátil ou fixa, com autonomia energética ou ligadas à energia local , incluindo soluções de tratamento de águas potáveis e (ou) residuais , estações elevatórias , reservatórios com ou sem camara de manobra e doseamento associado , unidades autónomas de recolha e análise de qualidade da água para aplicação na monitorização à saída de unidades fabris, com teletransmissão de dados e alarmística para a fiscalização, entre muitas outras aplicações .

De uma forma geral toda e qualquer necessidade de abrigo técnico pode ter uma resposta através de um sistema contentorizado com grande redução de custos , espaço e total mobilidade.

3. SOLUÇÕES CONTENTORIZADAS

3.1. TRATAMENTO E MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

3.1.1. INTRODUÇÃO

Regra geral as entidades gestoras dispõem de uma extensão considerável de rede primária e (ou) distribuição em baixa de água potável, para além de assegurarem ainda a prestação de serviços públicos no tratamento e (ou) drenagem de águas residuais e recolha/transporte de resíduos urbanos, dentro dos princípios técnicos mais exigentes de forma a garantir a satisfação das necessidades da população.

3.1.2. DESAFIO

A qualidade da água fornecida é uma preocupação constante das entidades gestoras, sendo que existe a necessidade constante de efetuar a sua monitorização, não só na captação e tratamento mas ao longo de todo o sistema de abastecimento até à torneira do cliente .

Por esse motivo uma das entidades gestoras com quem trabalhamos desfiou – nos para desenvolver uma solução que integrasse uma Estação de Desinfecção de Água de Abastecimento autónoma e totalmente automática através de hipoclorito, visando a recloração em função da monitorização efetuada em vários pontos da rede de distribuição. Para além do referido teria de integrar vários equipamentos de monitorização em continuo de medida da qualidade da água. Um dos requisitos mais importantes desta solução é que a unidade a fornecer teria de ser totalmente autónoma e portátil. A infra estrutura teria ainda a possibilidade de transmitir toda a informação para a Central de Despacho do cliente, sistema de Telegestão.

3.1.3. SOLUÇÃO

Foi desenvolvida uma solução contentorizada de acordo com as necessidades da entidade gestora, que compreende vários equipamentos num contentor marítimo adaptado para o efeito a que se destina, que entre outras valências, permite a sua portabilidade. Todos os equipamentos e acessórios que fazem parte integrante da unidade fornecida, permitem a análise em contínuo dos vários parâmetros de qualidade da água,

PRINCIPAIS CONSTITUINTES DA UNIDADE FORNECIDA:

- Contentor de 10'
- Sistema de doseamento de hipoclorito de sódio
- Bomba de transfega »
- Cuba de hipoclorito de sódio e bacia de retenção
- Analisador multiparamétrico de pH, cloro residual, condutividade e temperatura analisador online de TOC (carbono orgânico total)
- Bomba de amostra e recirculação
- Cuba de água de dreno dos analisadores
- Bomba de reposição de água de dreno
- Bancada com bacia de lavagem
- Quadro elétrico de telegestão
- Analisador de energia Camille Bauer
- Potência e comando dos vários equipamentos constituintes do sistema
- Ar condicionado e ventiladores de extração

3.1.4. CONCLUSÃO

A entidade gestora ficou com uma solução portátil, muito funcional totalmente equipada com instrumentação analítica, desinfecção, bombagem de reagente e automação, integrado no seu Sistema de Supervisão SCADA do Centro de Comando de Telegestão, e envio de dados e alarmística para telemóveis ou outros, numa solução moderna e funcional.

3.2. RESERVATÓRIO, DESINFEÇÃO, ESTAÇÃO ELEVATÓRIA E CAMARA DE MANOBRAS

3.2.1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações das entidades gestoras prende – se com a necessidade de suprir as necessidades do abastecimento publico quando não existe captação e (ou) rede de distribuição local mas onde é necessário armazenar água com qualidade, em caso de desativação do reservatório para limpeza ou manutenção e onde eventualmente seja necessário um reforço de abastecimento às populações por incremento momentâneo de consumos .

3.2.2. DESAFIO

Desenvolver uma solução autónoma portátil, com capacidade de armazenagem de água através de um reservatório com a capacidade de pelo menos 20 m³, devidamente isolado e preparado para armazenamento de água potável, dispondo de um sistema de desinfecção por hipoclorito controlado por um sistema de monitorização de cloro e dispondo de um hidropressor com dois grupos electrobomba controlados por um sistema

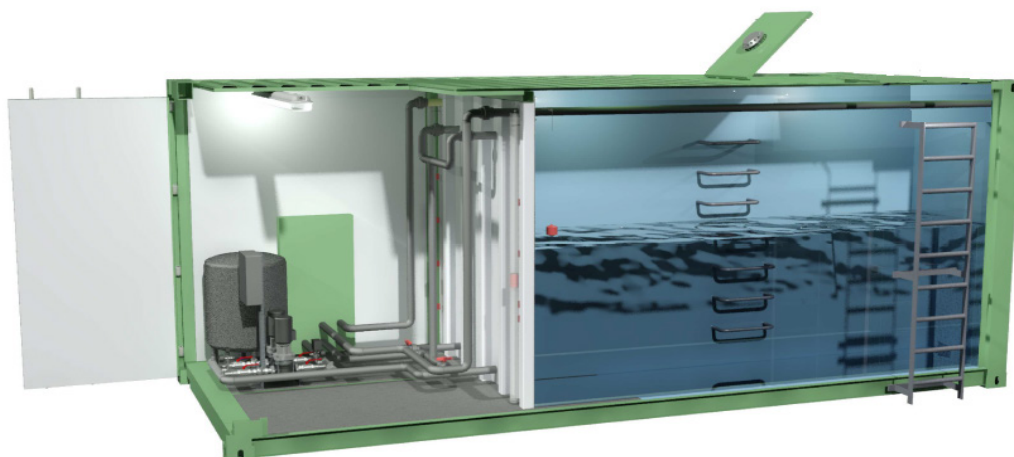
de medição de pressão. Pretende – se ainda a integração de toda a infraestrutura no sistema de Telegestão do cliente.

3.2.3. SOLUÇÃO

Foi desenvolvida uma solução contentorizada de acordo com as necessidades da entidade gestora, que compreende vários equipamentos num contentor marítimo adaptado para o efeito a que se destina, que entre outras valências, permite a sua portabilidade. Todos os equipamentos e acessórios que fazem parte integrante da unidade fornecida, permitem a análise em contínuo dos vários parâmetros de qualidade da água,

PRINCIPAIS CONSTITUINTES DA UNIDADE FORNECIDA:

- Contentor de 20' incluindo reservatório integrado de 20 m³
- Sistema de doseamento de hipoclorito de sódio
- Bomba de transfega
- Cuba de hipoclorito de sódio e bacia de retenção
- Bancada com bacia de lavagem
- Analisador multiparamétrico de pH, cloro residual e temperatura
- Bomba de amostra e recirculação
- Camara de manobras
- Estação elevatória (hidropressora 2 grupos electro bomba)
- Quadro elétrico de telegestão incluindo autómato e sistema de telecomunicações
- Analisador de energia Camille Bauer
- Potência e comando dos vários equipamentos constituintes do sistema
- Ar condicionado e ventiladores de extração



3.2.4. CONCLUSÃO

Com esta solução a entidade gestora dispõe de uma infraestrutura que lhe permite suprir possíveis constrangimentos no abastecimento de água quando necessitar de lavar algum dos seus reservatórios, substituir os mesmos em caso de manutenção e (ou)

conseguir uma reserva de água interessante quando não dispuser de abastecimento por distribuição ou captação de uma forma portátil e autónoma. Todo o sistema pode ser integrado no sistema de Telegestão SCADA no Centro de Despacho podendo ainda enviar informações para unidades remotas de recolha de dados e alarmística como telemóveis ou outros.

Uma vez analisados os requisitos iniciais e as necessidades, fabricamos instalações contentorizadas em diferentes tamanhos que proporcionam, entre outras, as seguintes vantagens adicionais.

- Um elevado grau de adaptabilidade: tanto às necessidades técnicas do projeto como ao espaço disponível para o mesmo.
- Uma grande flexibilidade, para adaptar a diferentes locais, podendo deslocar a solução de um local para outro.
- Uma grande versatilidade, sendo capaz de acondicionar qualquer tipo de tecnologia e levá-la para qualquer lugar;
- Redução do tempo de execução: ao termos o nosso próprio centro de produção e a capacidade de fabrico à medida, os tempos de fabrico e instalação são reduzidos.
- Adicionando a vasta experiência da nossa equipa de engenharia para projetar soluções sob medida que podem lidar com os problemas existentes em qualquer aplicação.

4. BIBLIOGRAFIA

PLANO ESTRATÉGICO DE ABASTECIMENTO DE AGUA E SANEAMENTO DE AGUAS RESIDUAIS – “PENSAARP 2020-2030”, em 24 de julho

AVALIAÇÃO DA RECARGA AO AQUÍFERO VIEIRA DE LEIRIA MARINHA GRANDE – PORTUGAL UTILIZANDO MÉTODOS DE DETEÇÃO REMOTA

Mariana LA PASTA CORDEIRO¹, Maria Teresa CONDESSO DE MELO¹,
João Pedro NUNES²

¹ Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, mlapasta@tecnico.ulisboa.pt, teresa.melo@tecnico.ulisboa.pt

² Wageningen University, 6708, Wageningen, Netherlands, joao.carvalhonunes@wur.nl

RESUMO

Os efeitos das mudanças climáticas vem sendo experimentados e documentados em diversas regiões do planeta. Em Portugal nomeadamente, temos observado verões cada vez mais quentes e secos, ondas de calor mais frequentes e o aumento não só no número de incêndios florestais, mas também na extensão e severidade dos mesmos. A região de Marinha Grande, Portugal é essencialmente abastecida por águas subterrâneas provenientes do Aquífero de Vieira de Leiria-Marinha Grande, no entanto, muito pouco se sabe sobre os efeitos no ciclo hidrológico devido ao grande incêndio ocorrido no Pinhal de Leiria em outubro de 2017, responsável pela devastação de cerca de 86% da floresta. No presente estudo, dados de evapotranspiração potencial ajustada (ETPAj), dados climáticos e de propriedades do solo foram inseridos no software *Easybal* (Serrano-Juan & Vazquez-Suñe, 2015), para simular a recarga de água subterrânea nas áreas ardida e não ardida do Pinhal de Leiria. Os resultados mostram uma diminuição da ETPAj devido à remoção da vegetação pelo incêndio e um aumento da recarga da água subterrânea no aquífero de cerca de 15% no primeiro ano, 7% no segundo e 3% no terceiro ano quando comparados com os valores esperados. Este aumento provavelmente não está relacionado exclusivamente com a diminuição da evapotranspiração, mas também é condicionado pelas características geológicas e pedológicas da área, gradiente topográfico suave, escoamento superficial insignificante, altas taxas de infiltração, além de condições climáticas específicas.

Palavras-Chave: recarga subterrânea; deteção remota; ETP; incêndios florestais

1. INTRODUÇÃO

O Pinhal de Leiria é uma floresta única que começou a ser plantada a mais de 700 anos a fim de conter o avanço e a degradação do sistema de dunas próximo à região de Leiria. Após um verão bastante seco, com temperaturas extremas, um incêndio ocorrido em outubro de 2017 na região da Marinha Grande, destruiu aproximadamente 86% da floresta. O principal objetivo do presente estudo é avaliar os efeitos deste incêndio na recarga das águas subterrâneas à porção superficial do aquífero Vieira de Leiria-Marinha Grande (O12), para isso os seguintes objetivos específicos foram definidos: (1) Preparação de um inventário de pontos de água na área de estudo; (2) Identificar as

zonas de recarga e descarga das água subterrâneas e elaborar o modelo conceptual hidrogeológico do aquífero; (3) Utilizar dados de deteção remota para obter os índices de vegetação e variáveis climáticas a fim de determinar a ETPAj para as áreas ardida e não ardida do Pinhal de Leiria; (4) Estimar a recarga ao aquífero para o período de 2001-2020 utilizando o *software EasyBal*.

2. METODOLOGIA

A evapotranspiração potencial ajustada (ETPAj) foi calculada utilizando dados climáticos (precipitação e temperatura) obtidos na plataforma E-OBS e os Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) do satélite MODIS (Didan, 2015) com resolução de 250 metros e intervalo de 16 dias. Observou-se um decréscimo abrupto do IVDN na área ardida (AA) logo após o incêndio, enquanto na área não ardida (AnA), o índice manteve-se semelhante ao observado ao longo da série histórica. Esta diferença está relacionada à perda de biomassa e redução do número de folhas da vegetação (redução da absorção de clorofila).

O coeficiente de cultivo (K_c), foi calculado a partir dos índices IVDN conforme o método desenvolvido por Duchemin et al. (2006) e a evapotranspiração potencial (ETP_{HS}) foi estimada através do método de Hargreaves (Hargreaves & Samani, 1985) utilizando dados climáticos retirados da plataforma E-OBS para o período de 1995 a 2020. E por fim, a ETPAj foi estimada utilizando a equação $ETP_{Aj} = ETP_{HS} \times K_c$.

As simulações de recarga foram feitas para a AA e AnA no período de 2001 a 2020 utilizando o *software Easybal v10.9* (Serrano-Juan & Vazquez-Suñe, 2015).

3. RESULTADOS

Os valores de ETPAj na AA foram consistentemente mais altos do que os obtidos para AnA, devido à maior homogeneidade da vegetação. Além disso, observa-se um decréscimo abrupto nos valores de ETPAj na AA depois do incêndio devido à redução significativa da vegetação, até aproximadamente 6 meses após o incêndio, quando os valores de ETPAj começam a aumentar gradualmente atingindo valores similares aos anteriores ao evento, sugerindo o crescimento de vegetação na zona queimada.

No que diz respeito à recarga anual após o incêndio, na AnA observamos valores ligeiramente menores do que os esperados, isto pode estar relacionado ao fato de que os valores esperados foram baseados na média da série histórica e não consideram variações interanuais. As mesmas simulações foram realizadas para a área ardida (AA) e os resultados mostram uma recarga de aproximadamente 40% antes do incêndio. Após o incêndio, as simulações sugerem um aumento da recarga em 50% no primeiro ano, 30% no segundo e 17% no terceiro quando comparados com os valores esperados.

A recarga total ao aquífero foi calculada pela média ponderada dos valores de recarga obtidos para a AA e a AnA. Os resultados apontam para um aumento de 15% no primeiro ano, 7% no segundo e 3% no terceiro ano após o incêndio. Esta redução no aumento na recarga total quando comparada com o aumento da recarga na AA, deve-se ao fato de que esta, representa apenas 1/3 da área total do aquífero, enquanto a AnA, que representa os restantes 2/3, não sofreu nenhuma alteração de recarga significativa no período pós incêndio.

4. CONCLUSÕES

Embora apresente diversas incertezas relacionadas com cálculos, interpolações, condições atmosféricas e precisão dos satélites, o uso de métodos de detecção remota para estimar a recarga ao aquífero é uma ferramenta bastante útil para ultrapassar a ausência de dados de monitorização temporal e espacialmente distribuídos. As estimativas de ETPaj na área de estudo mostram uma redução significativa no primeiro ano após o incêndio e uma recuperação gradual nos anos seguintes.

Os processos hidrogeológicos são complexos e interagem entre si, o que torna bastante complicado isolar as mudanças em parâmetros como profundidade das raízes, repelência, escoamento superficial e fatores climáticos. Entretanto, o contexto geológico e as condições topográficas parecem exercer um papel decisivo na prevenção do aumento no escoamento superficial na área do Pinhal de Leiria, que combinado com a diminuição da ET e a presença de macroporos pode resultar no aumento da recarga das águas subterrâneas na área de estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento através de uma Bolsa de Doutoramento (2021.06868.BD), ao *Civil Engineering Research And Innovation For Sustainability* (CERIS) do Instituto Superior Técnico, à Câmara Municipal da Marinha Grande, ao *E-OBS dataset* do projeto UERRA, o *Copernicus Climate Change Service*, e o projeto ECA&D.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Didan K (2015) "MOD13Q1 MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grid V006." NASA EOSDIS Land Processes DAAC.
- Duchemin B, Hadria R, Erraki S, Boulet G, Maisongrande, P (2006) "Monitoring wheat phenology and irrigation in Central Morocco: On the use of relationships between evapotranspiration, crops coefficients, leaf area index and remotely-sensed vegetation indices." *Agricultural Water Management* 1, 1-27.
- Hargreaves GH, Samani ZA (1985) "Reference Crop Evapotranspiration from Temperature." *Appl. Eng. Agric* 1, 96–99.
- Serrano-Juan A, Vázquez Suñé E (2015) "EASYBAL Software." Spain CG3420724., March 31.

APLICAÇÕES DE ESPECTROFOTÓMETROS UV-VIS PARA MONITORIZAÇÃO ONLINE DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL E CONTROLO DE PROCESSO

Zhining SHI¹, Christopher W. K. CHOW^{2,3*}, Rolando FABRIS⁴, Jixue LIU⁵, Bo JIN¹

¹ School of Chemical Engineering and Advanced Materials, The University of Adelaide, Adelaide, SA 5005, Australia; zhining.shi@adelaide.edu.au (Z.S.); bo.jin@adelaide.edu.au (B.J.)

² Sustainable Infrastructure and Resource Management, UniSA STEM, University of South Australia, Mawson Lakes, SA 5095, Australia

³ Future Industries Institute, University of South Australia, Mawson Lakes, SA 5095, Australia

⁴ South Australia Water Corporation, Adelaide, SA 5000, Australia; rolando.fabris@sawater.com.au

⁵ UniSA STEM, University of South Australia, Mawson Lakes, SA 5095, Australia; jixue.liu@unisa.edu.au

*Correspondência: christopher.chow@unisa.edu.au

RESUMO

A monitorização da qualidade da água trata-se de uma componente essencial na gestão dos parâmetros de qualidade para as indústrias da água. Os espectrofotômetros UV-Vis *online*, estão a tornar-se as escolhas mais frequentes para a monitorização *online* da qualidade da água e o controlo de processos, uma vez que são livres de reagentes, não exigem pré-tratamentos de amostras e podem fornecer medições contínuas. São várias as vantagens dos sensores UV-Vis *online*, como a possibilidade de detetar eventos e permitir respostas mais rápidas face a mudanças nos parâmetros de admissibilidade, em comparação com a monitorização convencional. Este documento resume as aplicações de espectrofotômetros UV-Vis *online* para o controlo da qualidade da água potável nas últimas duas décadas. As medições da qualidade da água podem ser realizadas diretamente no local, utilizando algoritmos genéricos integrados nos equipamentos UV-Vis *online*, incluindo a absorvância a 254 nm (UV_{254}), cor, carbono orgânico dissolvido (DOC), carbono orgânico total (TOC), turbidez e nitratos. Para melhorar esta técnica, e apresentar um conjunto de operações mais avançado, os espectros UV-Vis combinados com a quimiometria oferecem simplicidade, flexibilidade e aplicabilidade. A deteção de desvios dos valores admissíveis e o envio de alarmes aquando estas alterações, também entraram na equação da monitorização da qualidade da água potável na fonte ou no sistema de distribuição. Como a maioria dos estudos de instrumentos de medição UV-Vis no campo da água potável foi conduzida em escala laboratorial e piloto, é necessário um trabalho futuro para uma avaliação em escala industrial com metodologia de validação apropriada. Foram apresentadas necessidades e potenciais soluções, associadas a uma monitorização da qualidade da água em linha. Os resultados atuais de desenvolvimento das técnicas indicam que são necessários futuros trabalhos de pesquisa e otimização para a integração de alarmes e sistemas de controlo de processo de tratamento de água em tempo real usando os espectrofotômetros UV-Vis *online* como parte do sistema de controlo da qualidade da água...

Palavras-Chave: espectrofotómetro UV-Vis online; medição em tempo real; monitorização online da qualidade da água; água potável

ESPECTROFOTÔMETROS UV-VIS ONLINE

Os espectrofotômetros UV-Vis *online* são eficazes e práticos para medir os parâmetros de qualidade da água continuamente e sem a necessidade de filtragem física devido à utilização de técnicas de compensação de partículas, em software. A indústria da água implementou mais soluções *online* para monitorizar a qualidade da água desde a captação até a torneira, bem como o controlo do processo de tratamento. No entanto, a reputação de falta de confiança das medições é a restrição geral desses instrumentos para expandir para uma gama mais ampla de aplicações de gestão da qualidade da água.

Tabela 1- Resumo dos instrumentos UV-Vis online comuns para monitorização da qualidade da água e controlo de processos.

Sensor	Fabricante	Sistema óptico	Comprimento de onda medido	Parâmetro medido	Vantagens	Exatidão	Faixa de Operação	Fonte
AMI SAC254	SWAN, Suíça	Fotômetro de dois comprimentos de onda com um canal óptico, luz de diodo emissor de luz (LED)	254 nm	Parâmetro substituto para determinar orgânicos dissolvidos	Intervalo de medição: 30 s a 3 min	±1% m ⁻¹	Absorção UV: 0-6 mg/L DOC, TOC: 0-6 mg/L SAC254: 0 a 300 m ⁻¹ Temperatura: 5-30 °C	[29]
Fotômetro ProPS-UV	Trios GmbH, Alemanha	Tipo de detector: espectrômetro UV, fonte de luz: lâmpada de deutério	200-385 nm	nitrito, COD _{eq} e TOC _{eq}	Personalizar comprimentos de caminho, software de análise espectral, funções de calibração adicionais	±0.01% mg/L	Temperatura 0-30 °C, 32-86 °C; Medição: 0,62-600 mg/L	[30]
IQ Sensor NET	WTW GmbH, Alemanha	Detector de matriz de fotodiodos de silício de 256 canais, lâmpada de deutério	200-720 nm	Uma gama de parâmetros, por exemplo, SAC, UVT	Registador de dados	±3% mg/L	SAC: 0,0-3000 m ⁻¹ Temperatura: 0-45 °C	[31]
espectro:lyser	Scan Messtechnik GmbH, Áustria	Detector de matriz de fotodiodos de 256 pixels, lâmpada de flash de xenônio	200-720 nm 220-390 nm	Vários parâmetros	Vários parâmetros Diferentes comprimentos de caminho	±2% mg/L	Temperatura: 0-45 °C; Cot: 0-180 mg/L; N ₂ O: 0-40 mg/L; N ₂ O ₃ : 0-100 mg/L; UV ₂₅₄ : 0-500 abs/m	[32]
Sonda UV254 real	RealTech, Alemanha	Lâmpada UV de mercúrio e lâmpada LED	253,7 nanômetro	SAC254	Vários parâmetros Vários comprimentos de caminho Calibração de campo	±5% m ⁻¹	Temperatura: 0 a 45 °C UV254: 0-20 abs/cm	[33]
Sensor de absorção UV	Endress+Hauser, Suíça	Detector de células fotovoltaicas, lâmpada de mercúrio de baixa pressão	254 nm	SAC254	Registador de dados	±3% m ⁻¹	0-2,5 abs/cm 0 a 90 °C	[34]
Sistema IQ SensorNet	YSI, Alemanha	Detector: LED e fotodiodo	254 nm	UVT-254 e SAC254	Tem um controlador	±2% m ⁻¹	Temperatura 0 a 45 °C; UVT-254: 0-100; SAC254 0-3000 m ⁻¹	[35]

Geralmente, ao comparar o desempenho de sensores de espectro total, os equipamentos podem fornecer medições e tendências dos parâmetros variados durante determinados períodos, e não compensar o efeito das partículas com precisão, particularmente ao comparar os resultados com os procedimentos e medições laboratoriais.

Além disso, as calibrações dos sensores online, são normalmente baseadas na amostra recolhida pelos sensores e pela amostra laboratorial, efetuando-se posteriormente o offset do valor a corrigir na sonda consoante o valor obtido no laboratório, dessa mesma amostra de água; esses procedimentos de calibração são mais suscetíveis aos erros das amostras de recolha.

ALGORITMOS DESENVOLVIDOS PELO UTILIZADOR PARA MEDIÇÕES DE ABSORVÂNCIA ESPECTRAL

Quando há dificuldades para obter medições contínuas precisas utilizando espectrofotômetros UV-Vis *online* com os algoritmos integrados do instrumento ou

quando os instrumentos não vêm com algoritmos incluídos, podem ser aplicadas técnicas alternativas de compensação de partículas (calibração). A tabela 2 resume as técnicas de compensação de partículas da literatura para a monitorização *online* da qualidade da água usando os instrumentos UV-Vis.

Tabela 2- Resumo dos métodos indiretos de compensação de partículas para monitorização online da qualidade da água

Methods	Wavelengths (nm)	Parameter	Data Type	Sources	Literature
SW	350 nm	COD	Lab	Ground water	[47]
SW	546 nm	COD	Lab	Simulated water samples	[48]
SW	545 nm	UV ₂₅₄	Lab and field	Surface water	[49]
SW, MSC	550 nm	UV ₂₅₄	Field	Surface water, treated water	[27]
Two wavelengths	254, 340 nm	DOC	Field data	Surface water	[50]
MSC	Full spectra	COD	Lab	Stream water, Simulated water	[51]
PLS	200–400 nm	COD	Lab	Lake water	[19]
PLS	Full spectra	DOC		River water	[52]
PLS	full	Nitrate	Lab	Simulated water	[53]
PLS	380–750 nm	Nitrate, TOC, COD	Lab	Seawater	[54]
PLS	Full spectra	assimilable organic carbon	Pilot	Simulated lake water	[55]
MSC, PLS, PCR	250–740 nm	DOC	Field	Surface water	[18]
PLS, lasso regression and MSR	Full spectra	Nitrate, DOC	Field	Brackish water	[56]
MSR	250, 290, 307.5, 437.5, 447.5, 630, 645 nm	DOC, Fe	Lab and Field	Stream water	[17]
PLS, MSR, local and global	250–740 nm	DOC	Field	Surface water	[57]
Multiple linear regression	260, 265, 280 and 285 nm	TOC	Lab	Drinking water, seawater, river water	[21]
SVM	Full spectra	Nitrate	Lab	River water	[58]

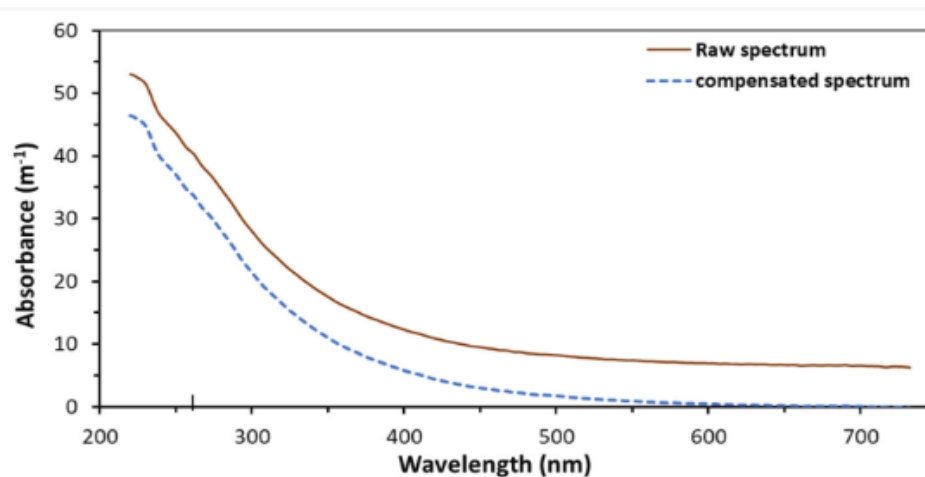


Gráfico 1 - Relação entre o comprimento de onda e absorvância.

A compensação direta por subtração baseia-se na absorvância do comprimento de onda caracterizado pelas partículas na água. Os comprimentos de onda, incluindo 275 nm, 350 nm, 545 nm, 546 nm e 550 nm, foram utilizados para caracterizar as partículas na água e remover o seu efeito das medições UV-Vis. O gráfico 1 mostra um exemplo do uso de um método de compensação de partículas SW para remover a influência da partícula num espectro bruto para águas superficiais.

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DO QUEBRA-MAR DESTACADO DO PORTO INGLÊS

Rosa E. SOARES¹, Conceição E.M. FORTES¹, Rute LEMOS¹, César COSTA¹,
Luís G. SILVA¹, Lílíana V. PINHEIRO¹, M.G. NEVES²

¹ NPE/DHA, LNEC, Av. Do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, rsoares@lnec.pt, jfortes@lnec.pt, rlemos@lnec.pt,
ccosta@lnec.pt, lgsilva@lnec.pt, lpinheiro@lnec.pt

² Universidade Nova de Lisboa, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, mg.neves@fct.unl.pt

RESUMO

No âmbito do projeto das obras de expansão e requalificação do Porto Inglês, foram realizados no LNEC ensaios em modelo físico reduzido 3D que tiveram, entre outros objetivos, a caracterização da estabilidade e galgamento em torno das estruturas projetadas (quebra-mar destacado, ponte-cais e terraplano). O modelo físico foi construído e explorado à escala geométrica de 1:44. Foram realizados ensaios com três níveis de maré, simulando-se ondas irregulares, associadas a 2 direções, W10S e S10W, 4 períodos de pico, T_p , de 11 s, 14 s, 17 s e 20 s e várias alturas de onda significativa, H_s , entre 1.5 m e 3.0 m. Para medir a estabilidade e galgamento marítimo, utilizaram-se 16 sondas resistivas. Foram avaliadas as quedas e movimentos dos blocos de enrocamento (Accropodes II) que ocorreram nos diferentes setores do quebra-mar destacado. Neste artigo, efetua-se a descrição dos ensaios realizados bem como dos resultados obtidos em termos da estabilidade do quebra-mar destacado.

Palavras-Chave: Agitação, Dano, Accropodes II

INTRODUÇÃO

No âmbito do projeto das “Obras de Expansão e Modernização do Porto Inglês”, na ilha do Maio (República de Cabo-Verde), foram realizados ensaios em modelo físico tridimensional no LNEC, LNEC (2000), de acordo com as especificações da empresa projetista CONSULMAR, (Consulmar, 2000). Estes ensaios envolveram quer a caracterização da agitação marítima, das sobrelevações em torno das estruturas projetadas (quebra-mar destacado, ponte-cais e terraplano), e das pressões na ponte-cais. Foi também avaliada a estabilidade do quebra-mar destacado, que é constituído por um talude revestido de blocos Accropodes II de 152 kN e por enrocamento de 60 kN. Os ensaios foram realizados em 3 fases, correspondentes a diferentes alterações da configuração das obras (ponte-cais, quebra-mar destacado, terraplano) envolvidas neste estudo. Este artigo descreve os ensaios, em modelo reduzido tridimensional, de estabilidade do quebra-mar destacado.

ENSAIOS EM MODELO FÍSICO

O modelo físico tridimensional foi construído nas instalações experimentais do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA) do LNEC, num tanque de ondas do Pavilhão de Hidráulica Marítima com 30 m de comprimento, 19.6 m de largura, equipado

com 2 geradores móveis de ondas irregulares com 6.0 m de comprimento cada, para profundidades de água até 0.75 m, Figura 1a. O modelo físico foi construído e explorado à escala geométrica de 1:44, de acordo com a lei de semelhança de Froude. Os fundos do modelo foram reproduzidos até à batimétrica 20 m(ZH), Figura 1b. Foram reproduzidos no modelo, para além de outras estruturas, o quebra-mar de taludes destacado (QMD), com fundação sensivelmente entre as cotas -12.0 m (ZH) e -6.0 m (ZH), Figura 1c.

Foram realizados ensaios para a solução inicialmente projetada (Fase 1, Solução Inicial) e para soluções semelhantes, mas correspondentes a alterações sugeridas pela projetista no decurso dos ensaios (Fases 2 e 3). Na Fase 2 (Solução Melhorada) foi alterado o peso do enrocamento do quebra-mar destacado e foi elevada a sua cota de coroamento, tendo também sido reduzida a distância entre blocos do pé do talude. Foi ainda aumentado o peso dos blocos de enrocamento de proteção da base da cortina de estacas-prancha e da proteção SW do terraplino e aumentada a cota de coroamento da proteção SW do terraplino e do murete exterior da ponte-cais. A Fase 3 correspondeu a alterações na ponte-cais.

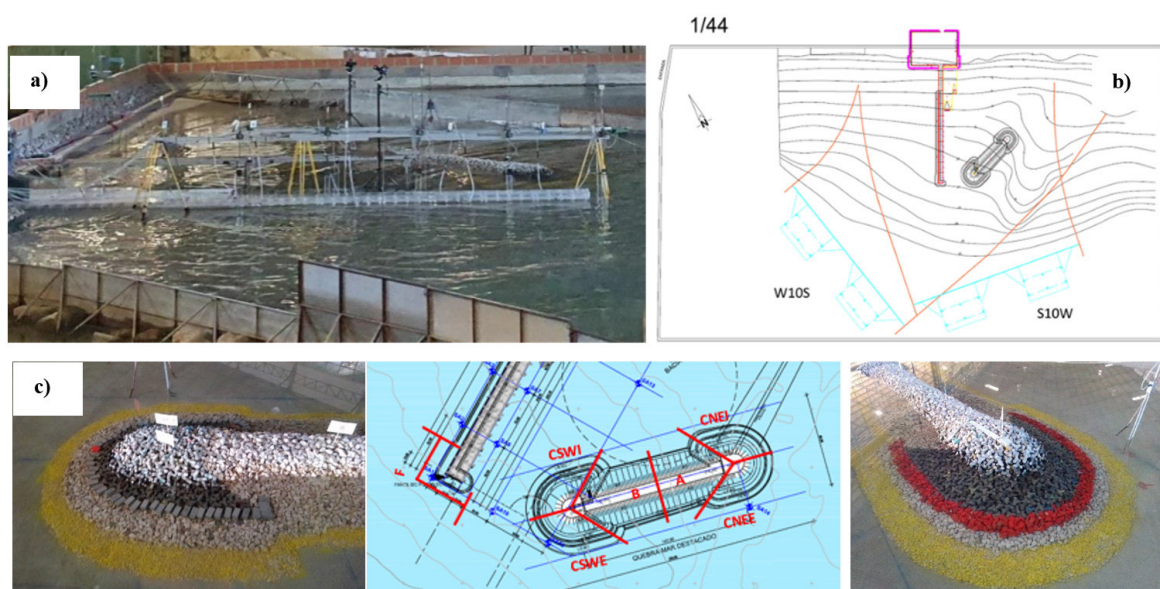


Figura 1 – Vista geral do modelo físico (a). Batimetria e esquema da implantação (b). Quebra-mar destacado (c)

Para cada uma das fases, foram realizados ensaios com três níveis de maré, simulando-se ondas irregulares com o espectro de Pierson-Moskowitz-Kitaigorodskii (PMK), associadas a duas direções (W-10-S e S-10-W) e quatro períodos de pico (entre 11 s e 20 s). Associados a cada direção, cada nível de maré e cada valor do período, foram reproduzidos vários valores de altura de onda significativa, H_s , compreendidos entre 1.5 m e 3.0 m.

A avaliação da estabilidade foi realizada quantitativamente pela contagem dos blocos removidos em cada uma das zonas em que foi dividido o quebra-mar, Figura 1c. No caso de blocos menores e enrocamento, essa avaliação foi feita qualitativamente na forma de avaliação de sua dispersão. O comportamento das diversas estruturas e respetivos elementos de proteção foi avaliado visualmente e confirmado posteriormente pela comparação de fotografias obtidas no início e no final de cada ensaio, Figura 2.



Figura 2 – Solução melhorada. Coroamento e talude interior do quebra-mar destacado. Direção S-10-W. Situação do modelo após a ação de $H_s=2.5$ m, associado a $T_p=17$ s e ao nível da maré de +1.6 m (ZH)

CONCLUSÕES

Este artigo descreve os ensaios, em modelo tridimensional reduzido, de estabilidade e galgamento realizados para a ampliação e requalificação do Porto Inglês, Ilha do Maio, República de Cabo Verde. Os ensaios foram realizados em três fases, correspondendo a diferentes soluções das estruturas portuárias, incluíram 2 direções de onda (W10S e S-10-W) e diferentes alturas significativas de onda e períodos de pico fornecidos pelo projetista.

Em conclusão geral, pode-se afirmar que a realização dos testes em modelo reduzido permitiu constatar que a solução inicial para a proteção portuária não apresentava todas as condições de robustez para atender as exigentes condições de agitação marítima especificadas para os testes de realização, que, no entanto, podem não ser adequados à vida útil das obras. Em contrapartida a Solução Melhorada (Fase 2), produziram resultados considerados aceitáveis pelo projetista, embora com danos óbvios nas condições mais extremas de agitação marinha e, de acordo com o projetista, correspondem a períodos de retorno muito mais longos do que a vida útil da estrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LNEC (2020) - Travaux d'expansion et requalification du port Inglês, île de Maio, République du Cap Vert. Etudes sur modele reduit 3D et sur modelé numérique. Rapport finale: études sur modèle réduit 3D. Report 18/2021.

CONSULMAR (2020) - Travaux d'extension et Modernisation du Port Inglês, Île de Maio, Spécification des Essais sur Modèle Physiques Réduit 3D et Simulations sur Modèle Numérique.

USING REMOTE SENSING AND FAO METHODOLOGY FOR THE DETERMINATION OF IRRIGATION WATER NEEDS IN A SEMI-ARID CLIMATIC REGION

Paolo TUFONI¹, Luís COSTA², Jonat MARQUES³, Vânia Serrão SOUSA⁴,
José Paulo Patrício Geraldes MONTEIRO⁵, Luís Miguel de Amorim Ferreira Fernandes NUNES⁶

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve; Campus de Gambelas, 8005-139 Faro.
a59862@ualg.pt

² Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve; Campus de Gambelas, 8005-139 Faro.
luis.r.d.costa@gmail.com

³ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve; Campus de Gambelas, 8005-139 Faro.
a77408@ualg.pt

⁴ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve; Campus de Gambelas, 8005-139 Faro.
vssousa@ualg.pt

⁵ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve; Campus de Gambelas, 8005-139 Faro.
jpmonte@ualg.pt

⁶ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve; Campus de Gambelas, 8005-139 Faro.
lnunes@ualg.pt

ABSTRACT

This work presents a methodology that allows to estimate irrigation water needs (IWN) applied to the *Campina de Faro* aquifer system (*CF*) (Faro, Algarve). The irrigated area and land use in the aquifer were delimited and defined with the analysis of satellite images from the European Space Agency, such as the high-resolution multispectral products Sentinel 2. The IWN for the main crop was then estimated using Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) method (Brouwer and Heibloem, 1986). The objective is to assess how new data can contribute to a better estimation of water abstraction in the study area. *CF* with an area of 86.4 km² and a median annual estimated recharge of 7.9 hm³/year (APA, 2022) is situated in a region under a Mediterranean climate regime, where in dry periods irrigation is critical to overcome the insufficient rainfall. Currently, as also in the past, *CF* is under quantitative pressure. Moreover, climate change will worsen the situation, impacting significantly both the supply and the demand for water. Seasonal and inter-annual climate variability are translated into great concern for water availability, throughout the territory and over time. Drought periods are expected to increase in frequency and severity in the South of Portugal. The impact of these events on different human activities such as agriculture and tourism are a growing concern in the region. The experience from the drought periods that occurred in 2012 and 2017, as well as previous situations (2004-2005) have led to the conclusion that it is essential to reduce uncertainties when assessing the current and future availability of water resources. Matching sectoral needs with existing water availability is a challenge for water management. In *CF*, the agricultural sector, in the eastern part, is responsible for an estimated abstraction of 7.74 hm³/year of water for the irrigation of crops, while in the western part of the aquifer, the golf courses together with some agriculture abstract 5.25 hm³/year of water (APA, 2022). From these values emerge that the total water which is abstracted from these two sectors

overpasses the mean annual recharge. To address this situation, measures should be taken to improve water use efficiency, promoting the reduction of overall consumption, especially in the areas of greater water stress. Establishing the water needs for irrigation may help the development of an irrigation schedule throughout the seasonal cycle, avoiding water deficit, and consequently losses. The approach used in this work started with the definition of the land use coverage of *CF*. Sentinel 2 satellite images with a resolution of 10 m (scihub.copernicus.eu) were used to identify land use and land occupation. In this way, it was possible to distinguish whether a crop was irrigated or not. Most of all satellite vegetation indices employ the difference formula to quantify the characteristics of plants on Earth using near-infrared radiation (NIR) and red (Red) wavebands thus, defining the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (earthobservatory.nasa.gov) (equation 1).

$$1) NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

The Calculations of the NDVI were performed using the Google Earth Engine and QGIS, using band 5 Red and band 8 NIR. The period analysed was the summer 2022 which was considered as the average between NDVI values measured from June to September. Bing ® maps 2021 satellite images were used using the QGIS software plugin to check areas that were not initially mapped. The imagery processing consisted of 717 records and 1486 polygons. Globally, the remote sensing coupled with field verification improved the pre-existing land coverage in *CF*. However, the urban area of Faro and Olhão cities were not covered by the present work. The outputs from the land use analysis were integrated then with the FAO's methodology applied to citrus crops, which represents 88 % of the agricultural sector in *CF*. For the determination of the IWN the method assumes that the effect of the various climatic conditions is given by the evapotranspiration (ET₀) value, and by the crop characteristics coefficient (K_c). Moreover, since only part of the total precipitation (P) is functional for the crop needs, the effective precipitation (P_e) needs to be considered. Therefore, P_e was estimated as it is shown in equation 2:

$$2) P_e = 0.8P - 25 \text{ if } P > \frac{75\text{mm}}{\text{month}} \text{ or } P_e = 0.6P - 10 \text{ if } P < \frac{75\text{mm}}{\text{month}}$$

The hydrological year considered was 2021/2022 (01-10-2021 / 30-09-2022). The necessary meteorological data such as total precipitation and ET₀ time-series were collected on the website of the *Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve* (DRAP) (*EMA do Patacão*, drapalgarve.gov.pt/ema/pat.htm). K_c values for citrus crops were obtained from a list of predefined coefficients given at different stages of the year (Rosa, 2019). Therefore, the citrus monthly calculations were conducted using these predefined K_c values, while in the weekly analysis, the K_c was referred to as their average (0.67). The collected datasets enabled the calculation of crop evapotranspiration (ET_c) (equation 3), and consequently the definition of the IWN (equation 4):

$$3) ET_c = K_c \times ET_0$$

$$4) IWN = ET_c - P_e$$

The estimations are given in mm/month and mm/week, which then, were multiplied by the area of the crop, thus, defining the annual IWN in m³/month and m³/week. The estimations indicated that the citrus IWN, for the considered hydrological year, were about 10.52 hm³ for the monthly calculation, and 11.70 hm³ for the weekly calculation (Table 1). These computations were then compared with abstraction values estimations provided by the *Agência Portuguesa do Ambiente* (APA, 2022) (Table 1).

Although citrus crops does not represent the entire agricultural sector of *CF*, it can be observed that the IWN for this crop differ from abstraction estimations by + 8.0 % and

+ 20.1 % (Table 1). It might be explained by the adoption of different databased for the representation of the actual land use. In this work the analysis has been thoroughly updated with field work, representing better the actual land use in **CF** for the 2022. Thus, these estimations show (and quantify) the importance of having updated land use information when performing water balance. The methodology followed in this work is a useful, but simplified approach for estimating IWN for a specific type of crop. This method is not considering all the intrinsic variability of the individual crop plots. Further detailed studies will include the actual evapotranspiration, which depends on the current state of the vegetation and energy balance. One of the most used tools is the Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). Satellite information represents an efficient method to obtain vegetation data, which together with meteorological data and soil moisture can help to reduce uncertainty in the calculation of the water used for irrigation.

Table 1: Comparison between the citrus IWN and agricultural sector estimations by APA for 2021/2022.

Area citrus	Method	Estimation IWN	Estimation (APA, 2022)	Comparison of IWN opposed to the APA estimation
11.19 km ²	Monthly	10.52 hm ³ /year	9.74 hm ³ /year	+ 8.0 %
	Weekly	11.70 hm ³ /year		+ 20.1 %

Keywords: Climate Change; Water Management; Groundwater; Satellite images; *Campina de Faro*

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by eGROUNDWATER – Citizen science and ICT-based enhanced information systems for groundwater assessment, modelling and sustainable participatory management (GA n. 1921) and MIT Portugal Partnership 2030 (MPP2030-FCT) under the Doctoral Grant PRT/BD/153504/2021 | Climate Science & Climate Change.

REFERENCES

- Agência Portuguesa do Ambiente (2022). Plano de gestão de região hidrográfica 3º Ciclo 2022–2027. apambiente.pt/node/1598
- C Brouwer, & M Heibloem. (1986). Irrigation water needs. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [fao.org/3/s2022e/s2022e00.htm#Contents](https://www.fao.org/3/s2022e/s2022e00.htm#Contents)
- Scihub. Copernicus.eu (ESA). <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- Earth Observatory (NASA). earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php
- EMA do Patacão. Retrieved December 6, 2022, from drapalgarve.gov.pt/ema/pat.htm
- Rosa, A. (2019). Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve / Uso Eficiente da Água. drapalgarve.gov.pt/images/destaques/Livro_WEB_Rega_Culturas.pdf

MODELAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DO EMISSÁRIO SUBMARINO DA THE NAVIGATOR COMPANY NO ESTUÁRIO DO SADO

Francisco CAMPUZANO, Ana Carla GARCIA², Ramiro NEVES³

¹ CoLAB +ATLANTIC, IPL-ESTM, Rua do Conhecimento n^o4 2520-614 Peniche, Portugal, francisco.campuzano@colabatlantic.com

² IATV – Instituto do Ambiente, Tecnologia e Vida/ MARE – Marine and Environmental Sciences Centre / ARNET - Aquatic Research Network, Laboratório MAREFOZ, IEFF, Rua da Acácias, Lote40A, 3090-380 Figueira da Foz, acmgarcia@uc.pt

³ MARETEC-LARsYS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa, Portugal, ramiro.neves@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

O Estuário do Sado é o segundo maior estuário em Portugal. Tem batimetria complexa com profundidades que atingem os 50 metros na zona da embocadura e extensas zonas de espraiados de maré nas regiões de montante (Marateca e Carrasqueira) com sedimentos vasosos, ricos em matéria orgânica. Na zona de jusante, bancos de sedimentos arenosos individualizam os canais norte e sul. A principal afluência de água doce ao estuário é o rio Sado, cuja descarga é normalmente muito baixa e como consequência a salinidade média do estuário é muito elevada.

O escoamento no estuário é forçado essencialmente pela oscilação da maré no exterior, cuja altura média é cerca de 2 metros, atingindo valores da ordem de 3.5 metros em maré viva. O vento pode alterar a velocidade na camada superficial, mas não altera o padrão do escoamento gerado pela maré. A densidade da água condiciona a pressão hidrostática, promovendo o deslocamento da água de menor salinidade mais próximo da superfície. A importância deste efeito aumenta com a descarga de água doce e decai com a intensidade da difusão vertical, i.e., com a intensidade da corrente e por conseguinte a sua importância é baixa no Estuário do Sado.

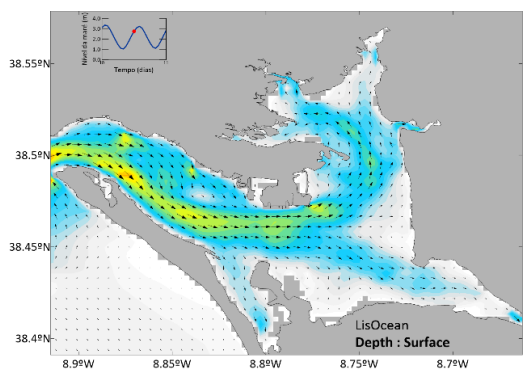


Figura 1: Exemplo de um campo de correntes em enchente. A situação de maré é representada pelo ponto vermelho na série temporal de níveis, no canto superior esquerdo.

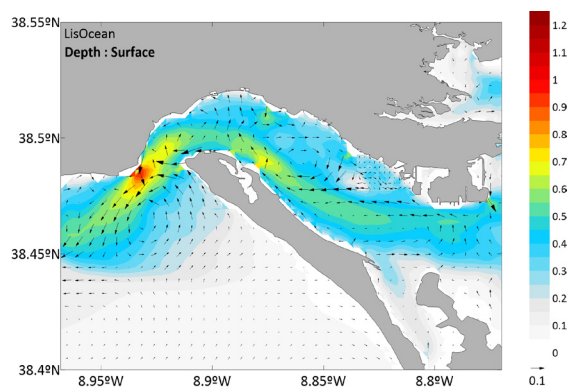


Figura 2: Campo de velocidades médias para o mês de abril de 2021 calculado integrando a velocidade instantânea.

A Figura 1 mostra um exemplo do campo de velocidades à superfície, numa situação em que a velocidade de enchente é mais elevada. A altura da maré e o instante referido à preia-mar são indicados pelo ponto vermelho na série temporal de nível no canto superior esquerdo da figura. Em preia-mar o nível é cerca de 3 metros e em baixa-mar é cerca de 1 metro (amplitude de 2 metros), que corresponde a uma maré média. A figura mostra que em maré média a corrente é da ordem de 0.8 ms⁻¹ até ao interior da Marateca, sendo as correntes máximas registadas no canal sul. A figura mostra também que durante a enchente a água que entra no canal norte vai progredindo ao longo do canal, mas uma grande parte vai passando sobre os bancos de sedimentos para o canal sul.

Na zona do emissário da Navigator, a corrente é da ordem dos 0.6 ms⁻¹, o que significa que em cerca de 30 minutos os produtos descarregados junto ao emissário chegam ao canal sul, sendo em seguida transportados pela corrente em direção ao canal da Marateca. Quando é atingida a preia-mar o escoamento inverte-se e a água começa a descer em direção ao mar, em todo o estuário, mas o escoamento de maré não é simétrico, havendo zonas do estuário onde o escoamento é mais intenso na enchente do que na vazante e outras onde se passa o contrário. A Figura 2 mostra o campo de correntes médias, à superfície, durante o mês de abril de 2021, obtido integrando o campo de correntes instantâneo (Figura 1) ao longo de 1 mês. A figura mostra que o escoamento médio no estuário é dominado por quatro vórtices, dois no interior do estuário (A e B) e dois no exterior, separados pelo jato de saída típico das embocaduras. Os vórtices apresentam velocidades dirigidas para o mar nas zonas em que o escoamento de vazante é dominante e velocidades dirigidas para o interior do estuário nas zonas onde a enchente é dominante. O vórtice A, centrado sobre os bancos de sedimentos que dividem o estuário, mostra que o canal norte é um canal de “enchente” e que o canal sul é de “vazante”. A pluma do emissário está na zona de maior densidade de setas, confinada por estes dois vórtices. A pluma tem caráter oscilatório devido à maré, mas a saída da água da zona da descarga vai ser preferencialmente para o canal sul, devido a estes dois vórtices, sendo depois transportada em direção ao mar. A intensidade elevada das correntes de maré e a assimetria dos escoamentos de enchente/vazante são responsáveis pela diluição intensa da pluma do emissário. A Figura 3 mostra a pluma numa situação de enchente. A figura representa a região onde a diluição é inferior a 100 vezes. A cor azul representa diluição superior a 20 vezes. A Figura 4 mostra traçadores lagrangeanos que identificam a localização da água que passou ao longo de 36 horas pela zona da descarga do emissário. A figura mostra que essa água se espalhou por uma região muito extensa e que alguma já chegou ao mar. A grande extensão da zona por onde se espalhou a água que passou junto ao emissário mostra que a dispersão da pluma é muito elevada e, por isso, as concentrações dos produtos descarregados podem ser indetetáveis.

Os comentários feitos sobre a pluma deste emissário são extensíveis a outras descargas existentes ao longo do canal norte do estuário e explicam o facto de os resultados do programa de monitorização terem mostrado que a água tem qualidade excelente de acordo com os índices da Diretiva Quadro da Água.

Palavras-Chave: MOHID; modelação numérica; emissario; pluma; Sado.



Figura 3: Pluma da descarga da Navigator. A escala representa a razão entre a concentração em cada ponto e a concentração no efluente. O valor mínimo representado é 0.01 e, por conseguinte, fora desta zona a pluma está diluída mais de 100 vezes. A cor azul representa diluição superior a 20 vezes.

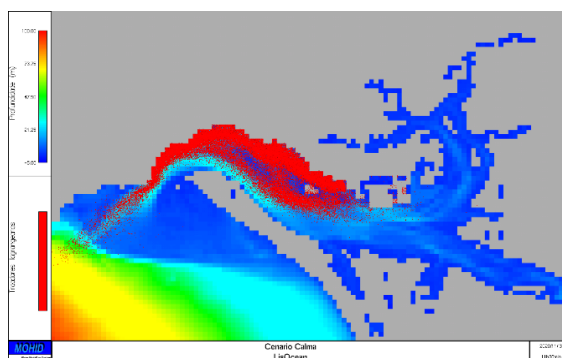


Figura 4: Localização, em maré vazia, dos traçadores lagrangeanos que identificam a água que passou junto à descarga da Navigator ao longo de 36 horas. A figura mostra que essa água se espalhou por grande parte do estuário e por isso que os produtos descarregados nesse local terão necessariamente concentrações muito reduzidas.

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS PARA AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Joana CARNEIRO¹, Dália LOUREIRO², Dídida COVAS³

¹ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, joana.carneiro@tecnico.ulisboa.pt

² Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, dloureiro@lnec.pt

³ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, didia.covas@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

Os sistemas de distribuição de água são infraestruturas fundamentais para garantir o acesso a água potável em quantidade suficiente, com pressão adequada e de boa qualidade a todos os consumidores. A operação destes sistemas, da responsabilidade das entidades gestoras, é confrontada com uma série de incertezas futuras, como a evolução social, económica, política e ambiental. Assim, as entidades gestoras devem planear os seus sistemas para serem mais resilientes.

A construção de cenários plausíveis é fundamental para o planeamento e gestão de sistemas e tem vindo a ser aplicada em vários estudos (ver Sivagurunathan et al., 2022). Uma vez definido um sistema de avaliação, composto por critérios, métricas e valores de referência (ver Carneiro et al., 2022), devem identificar-se cenários de análise. A aplicação de cenários no diagnóstico, atendendo à situação atual e à sua evolução futura, e ao estudo comparativo de alternativas, permite identificar fraquezas do sistema atual e ajudar na decisão de identificação da melhor alternativa.

Existem três categorias de cenários (Börjeson et al., 2006): i) previsões, desenvolvendo projeções futuras de uma ou mais variáveis com base em dados históricos; ii) exploratórios, cenarizando futuros possíveis e alternativos consoante os principais fatores de incerteza relativos ao futuro; e iii) normativos, visionando e estabelecendo um futuro desejável, permitindo a definição de estratégias para se atingir esse futuro.

Tradicionalmente, a análise e projeção de dados históricos é dos métodos mais comuns de prever o futuro, muitas das vezes utilizando métodos de regressão linear para uma determinada variável (Cabral et al., 2019). No entanto este tipo de métodos não considera fatores externos que podem alterar o contexto do sistema em análise. Para incluir estes fatores de incerteza, métodos exploratórios têm ganho relevância na gestão urbana (Jaoune et al., 2022). O planeamento de cenários é uma abordagem exploratória que, através de uma análise de contexto juntamente com contribuições de partes interessadas, identifica os principais fatores de incerteza que servem de base para a cenarização. Uma ferramenta utilizada na cenarização é a matriz de cenários, permitindo a combinação dos fatores de incerteza identificados (Scott et al., 2012). Uma abordagem híbrida que combine o planeamento de cenários juntamente com a projeção das variáveis para cada cenário permite conjecturar sobre o futuro de uma forma mais

abrangente e eficaz. Na gestão e planeamento de sistemas de abastecimento, este tipo de abordagens híbridas não é comum, sendo que existe a falta de uma metodologia que guie as entidades gestoras para uma correta conjectura de possíveis cenários futuros passíveis de ser aplicados à avaliação dos sistemas.

O presente trabalho tem como objetivo propor e testar uma metodologia para construção de cenários com o intuito de avaliar a resiliência e desempenho de sistemas de distribuição de água e propor medidas de melhoria. A metodologia para a construção de cenários combina a análise exploratória e preditiva, sendo composta por três passos principais: i) análise de contexto, ii) elaboração de cenários, iii) quantificação de cenários.

A análise de contexto é realizada através de uma análise SWOT, permitindo a caracterização do contexto externo à entidade, para identificação de oportunidades e ameaças, e do contexto interno para identificação dos pontos fortes e fracos da entidade gestora e do sistema. Na fase da elaboração de cenários, com base nos resultados da análise anterior, são identificados os principais fatores de incerteza que servem de referência para a matriz de cenários, sendo cada cenário uma conjugação dos diferentes fatores identificados. Cada cenário é descrito e caracterizado. Para aplicação e avaliação dos cenários ao modelo do sistema, é necessário quantificá-los. Para tal, identificam-se as variáveis, especificando a sua evolução temporal e espacial, e definem-se os pressupostos de análise. Os cenários são aplicados a uma avaliação da resiliência em que são utilizadas duas métricas de resiliência, *weighted resilience index* (Sousa et al, 2022) e o *network resilience index* (Prasad and Park, 2004), juntamente com a avaliação de desempenho do sistema em termos de pressão, velocidade e qualidade da água. A partir da avaliação da resiliência e do desempenho para cada cenário ao longo do tempo, é possível realizar uma projeção da evolução futura dos mesmos e constituir um elemento de apoio à gestão e planeamento de intervenções nos sistemas de distribuição de água.

A presente metodologia foi aplicada a um sistema de distribuição de água real português. Através da análise de contexto, verifica-se que a rega é o maior tipo de consumo de água (ca. 62% do volume faturado). Parte dos consumidores tem furos privados sujeitos a intrusão salina que, se deixarem de ter quantidade suficiente e qualidade adequada, poderão passar a utilizar água da rede de distribuição de água. A agravar, o sistema está inserido numa zona de seca severa, pelo que a disponibilidade de água pode vir a ser reduzida e restringida apenas para uso doméstico. A utilização de água para reutilização é uma possibilidade futura, não estando concretizada. Assim, os principais fatores de incerteza do sistema identificados foram a procura de água e o fornecimento da mesma.

Foram considerados três cenários distintos: i) aumento global do consumo seguindo a tendência dos últimos 10 anos; ii) aumento acentuado do consumo de água para rega devido à desativação de captações próprias dos utilizadores; iii) diminuição do consumo de água na rede de distribuição de água potável devido à ligação gradual dos usos de água para rega a uma rede alternativa de água para reutilização. Adicionalmente, foram pressupostas duas taxas de reabilitação de condutas na entidade gestora, 0,3%/ano (taxa de reabilitação atual) e 2 %/ano (meta estabelecida no PENSAARP). Para cada cenário foi realizada uma avaliação de resiliência e desempenho para um horizonte de análise de 20 anos. Os principais resultados de resiliência e desempenho serão apresentados e discutidos, assim como as principais conclusões do trabalho.

Palavras-Chave: construção de cenários; resiliência; incerteza futura; sistemas de distribuição de água; avaliação de sistemas

REFERÊNCIAS

- Cabral, M., Loureiro, D., Amado, C., Mamade, A., Covas, D. (2019). Demand Scenario Planning Approach Using Regression Techniques and Application to Network Sectors in Portugal. *Water Policy*, 21(2), 394–41, doi:10.2166/wp.2019.029
- Carneiro, J., Loureiro, D., Covas, D. (2022). The use of resilience metrics to support decision making in drinking water systems. 2nd Joint Conference WDSA/CCWI, 18-22 Julho, Valencia
- Ganjidoost, A., Knight, M.A., Unger, A.J.A. & Haas, C.T. (2018). Benchmark Performance Indicators for Utility Water and Wastewater Pipelines Infrastructure. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 144(3), 04018003. doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000890
- Jaoude, G.A., Mumm, O., & Carlow, V.M. (2022). An Overview of Scenario Approaches: A Guide for Urban Design and Planning. *Journal of Planning Literature*, 37(3), 467–487. doi: 10.1177/08854122221083546
- Prasad, T. D., & Park, N.-S. (2004). Multiobjective Genetic Algorithms for Design of Water Distribution Networks. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 130(1), 73–82, doi: 10.1061/(asce)0733-9496(2004)130:1(73)
- Scott, C.A., Bailey, C.J., Marra, R.P., Woods, G.J., Ormerod, K.J., & Lansey, K. (2012). Scenario Planning to Address Critical Uncertainties for Robust and Resilient Water–Wastewater Infrastructures under Conditions of Water Scarcity and Rapid Development. *Water*, 4, 848-868; doi:10.3390/w4040848
- Sivagurunathan, V., Elsayah, S. & Khan, J. (2022). Scenarios for urban water management futures: A systematic review. *Water Res.*, 211, 118079, doi:10.1016/j.watres.2022.118079
- Sousa, J., Muranho, J., Bonora, M. A., & Maiolo, M. (2022). Why aren't surrogate reliability indices so reliable? Can they be improved?, 2nd Joint Conference WDSA/CCWI, 18-22 Julho, Valencia

ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DE UMA ESTRUTURA INOVADORA DE PROTEÇÃO COSTEIRA BASEADA NA NATUREZA COM O DE UMA ESTRUTURA TRADICIONAL

Bárbara VIEIRA¹, José PINHO¹, Joaquim BARROS²

¹ Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, Braga, 4710-057, Portugal; barbaravasquezvieira@gmail.com (B.V.); jpinho@civil.uminho.pt (J.P.)

² Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Campus de Azurém, Guimarães, 4800-058, Portugal; barros@civil.uminho.pt

RESUMO

As soluções tradicionais de engenharia têm demonstrado fragilidades na mitigação dos processos erosivos em zonas litorais vulneráveis, contribuindo, em alguns casos, para o seu agravamento. No presente trabalho, apresentam-se resultados de modelação hidro-morfodinâmica de um estudo comparativo do desempenho de uma estrutura marítima inovadora com o de uma estrutura tradicional (esporão), em condições de tempestade. A estrutura inovadora contempla uma geometria otimizada, baseada na natureza, que garante a dissipação de energia das ondas e a retenção de sedimentos através de condições de inversão da deriva litoral. O ambiente hidrodinâmico para simulação de processos costeiros é desenvolvido com base nos programas Delft3D e SWAN para a análise da propagação da agitação e XBeach para a análise da morfologia resultante na envolvente de cada uma das estruturas e ao longo da costa. Os resultados da modelação hidro-morfodinâmica demonstram que, junto à costa, contrariamente ao que acontece com o esporão (solução tradicional estudada), a estrutura inovadora contribui para a acumulação de sedimentos a sotamar, uma vez que não há interrupção da deriva litoral. Além disso, a sua localização intertidal integra um aspeto positivo para a promoção da biodiversidade.

Palavras-Chave: inversão da deriva litoral; modelação hidro-morfodinâmica; proteção da erosão costeira; solução inovadora de engenharia; transporte sedimentar.

1. INTRODUÇÃO

Da observação do nível do mar nos últimos anos, verifica-se uma aceleração da sua taxa de elevação, sendo de esperar que essa tendência se mantenha crescente. Como consequência, este aumento poderá contribuir para a redução da largura das praias, aumento do risco de perda de propriedades e infraestruturas e rotura de estruturas de proteção. Desta forma, são necessárias estratégias eficientes de adaptação para as zonas costeiras capazes de acompanhar as alterações climáticas e que sejam robustas e multifuncionais, de modo a proteger a sociedade, a economia e os ambientes naturais. Embora seja reconhecida a capacidade de induzir ou antecipar determinados problemas de erosão a sotamar, atualmente, grande parte de trechos costeiros estão providos de

estruturas de engenharia de proteção costeira tradicionais, sendo os esporões os mais frequentes. Considerando que estas estruturas tradicionais são, muitas vezes, ineficientes na estabilização do litoral, pretendeu-se, com este trabalho, estudar a geometria otimizada de uma estrutura marítima inovadora que garanta fenómenos de difração e refração das ondas favoráveis, comparando o seu desempenho na deposição de sedimentos a sotamar com o de um esporão. Para a caracterização da estrutura, é necessária a observação e compreensão da inversão da deriva litoral induzida por morfologias específicas, de forma a replicar o fenómeno em formato de estrutura de engenharia. A inversão de deriva litoral, devida à presença de formas naturais e, em alguns casos, de obstáculos artificiais, caracteriza-se pela inversão do padrão de transporte de sedimentos. A avaliação do desempenho comparativo foi realizada com o suporte de modelação numérica: Delft3D e SWAN para hidrodinâmica e XBeach para morfodinâmica.

2. METODOLOGIA

A geometria otimizada da estrutura inovadora de proteção costeira apresentada neste trabalho (denominada RB3_S10) foi desenvolvida tendo por base a observação, à escala real, das características geométricas de condições sedimentares junto a desembocaduras fluviais e de molhes em distintas localizações onde se registam fenómenos de inversão da deriva litoral. A materialização deste fenómeno conduziu à definição de uma estrutura semi-circular, localizada numa posição perpendicular e próxima à linha de costa. A análise de desempenho desta estrutura foi desenvolvida através de estudos de modelação hidro-morfodinâmica, em condições de tempestade, com base nos programas Delft3D e SWAN para a análise da propagação da agitação e XBeach para a análise da morfologia resultante na envolvente da estrutura e ao longo da costa (Figura 1a). Para além disso, foram desenvolvidos estudos para avaliar o desempenho desta estrutura comparando-o com o de um esporão tradicional (denominado RB3_Groin) em vários perfis ao longo de um domínio pré-estabelecido (de PN a PS). A título ilustrativo, a Figura 1b apresenta os resultados obtidos num dos perfis analisados (P5). Para todos os perfis, são também analisados os resultados de morfodinâmica em cenário sem obra (RB3). As características geométricas da estrutura inovadora e do esporão estão apresentadas nas Figuras 1c e 1d. As condições de entrada para as simulações numéricas são determinadas através da propagação de climas de agitação associados à costa Atlântica da Península Ibérica em determinados cenários projetados de alterações climáticas. Para tal, foi necessário acoplar modelos envolvendo toda a região do litoral atlântico da Península Ibérica e a zona estuarina do rio Lima, através da aplicação do programa Delft Dashboard e SWAN.

3. CONCLUSÕES

A estrutura inovadora de proteção costeira apresentada tem a capacidade de induzir a inversão da deriva litoral, dissipar a energia das ondas, e, quando comparada a um esporão tradicional, apresenta uma redução da erosão junto à costa e uma melhoria no transporte de sedimentos a jusante, uma vez que não se observa uma interrupção abrupta do transporte de sedimentos. Este aspeto demonstra uma contribuição positiva para uma acumulação de sedimentos perceptível não só a barlar, mas também a sotamar da estrutura marítima. De um modo geral, apesar da erosão localizada junto às extremidades da estrutura poder comprometer a sua estabilidade, a distribuição sedimentar não apresenta fossas significativas e a estabilidade da estrutura pode ser assegurada quando a fundação se encontra a uma cota mais profunda do que o nível da erosão. A localização da estrutura contribui também de forma muito positiva para a

promoção da biodiversidade, uma vez que se situa numa zona intertidal. Assim, a estrutura inovadora multifuncional baseada na natureza que é proposta é, não só, adequada para proteger edifícios próximos a zonas costeiras, uma vez que é capaz de reproduzir e manipular fenómenos de deriva e inversão da deriva litoral, como também pode contribuir para a preservação da vida marinha, por permitir a fixação de organismos marinhos.

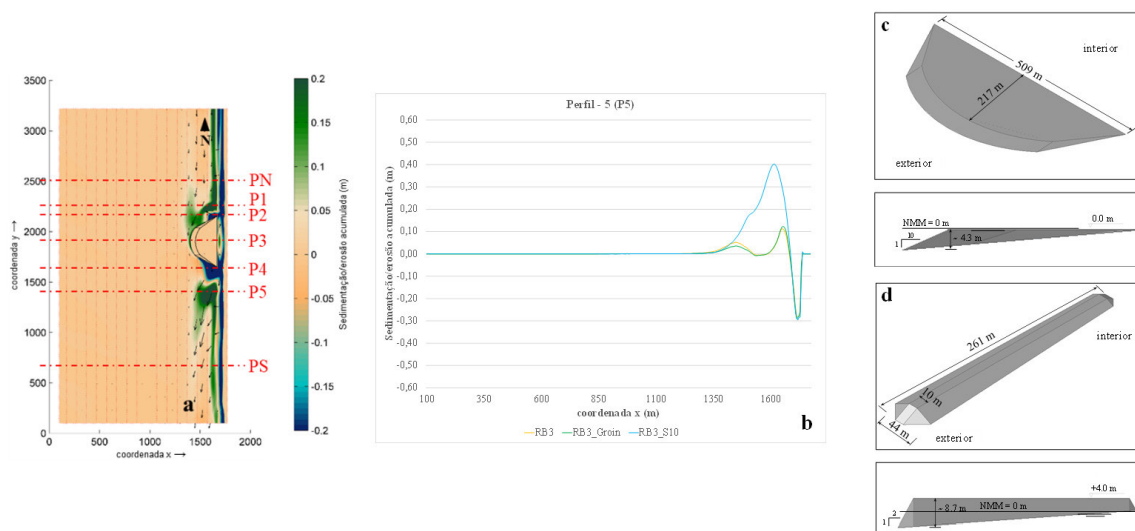


Figura 1. Resultados de morfodinâmica ao longo do domínio (a) e ao longo do perfil P5 (b). Características geométricas da estrutura inovadora (c) e do esporão tradicional (d).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento deste trabalho fornecido pela Fundação Portuguesa para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através de uma bolsa de doutoramento [SFRH / BD / 141381/2018].

PREVISÃO E ALERTA DE EVENTOS EXTREMOS EM ÁGUAS DE TRANSIÇÃO. CASO DE ESTUDO DO ESTUÁRIO DO RIO DOURO

José PINHO¹, Willian WEBER DE MELO¹, Isabel IGLESIAS²

¹ Centro do Território, Ambiente e Construção (CTAC), Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Campus de Azurém, Guimarães 4800-058, Portugal, jpinho@civil.uminho.pt, id9257@alunos.uminho.pt

² Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), Universidade do Porto, Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões, Av. General Norton de Matos s/n, Matosinhos, Portugal, iiglesias@ciimar.up.pt

RESUMO

Os eventos extremos estão a tornar-se mais frequentes e intensos em muitas regiões do globo, como resultado das mudanças climáticas. A exposição das áreas vulneráveis tem aumentado de forma significativa devido ao crescimento populacional, aos modelos de urbanização e à degradação ambiental.

No caso das inundações (Diretiva 2007/60/CE, de 23 de outubro), os sistemas de vigilância e alerta de recursos hídricos são considerados uma ferramenta de aumento de resiliência contra este tipo de desastre. Prever o comportamento futuro de características de massas de água constitui, ainda, um enorme desafio pela incerteza que os dados e procedimentos necessários para a sua concretização apresentam.

Contudo, a previsão meteorológica para horizontes de previsão curtos (horas ou dias) apresenta já uma elevada fiabilidade. Estas previsões são realizadas normalmente com base em resultados de modelos atmosféricos determinísticos a que se juntam modelos baseados em dados observados. O comportamento hidrodinâmico de massas de água de transição, costeiras e oceânicas poderá ser realizado através de modelos determinísticos com forçamento da maré aos que se pode adicionar o forçamento que resulta da pressão atmosférica, vento e descargas fluviais, com impacto nas correntes marinhas e estuarinas e na propagação da agitação.

Na construção de um sistema de previsão e alerta, é de interesse associar a componente de modelação hidrodinâmica à informação resultante de redes de monitorização que disponibilizam medições em tempo real. Estas medições permitem atualizar o estado da massa de água no modelo para o instante da previsão tendo por base uma simulação relativa a um período anterior ao daquele instante.

As massas de água de transição e costeiras apresentam desafios específicos que resultam da influência que poderão sofrer das afluências de águas interiores em simultâneo com as condições de propagação da agitação e das correntes oceânicas. Importa, por isso, que os sistemas de previsão e alerta considerem as condições que poderão determinar situações extremas que resultem da combinação destes fatores.

Neste trabalho apresenta-se um protótipo de um Sistema de Previsão e Alerta para o estuário do rio Douro criado com o *software* Delft-FEWS. Este *software* permite aceder e gerir grandes quantidades de dados/resultados de previsões meteorológicas e integrar dados de monitorização. Ao mesmo tempo disponibiliza um conjunto muito diversificado de funcionalidades para operacionalizar modelos, visualizar informação e produzir relatórios e alarmes. Permite ainda a definição de procedimentos para ativar simulações

em computadores locais ou na nuvem e a colaboração remota entre vários utilizadores, trabalhando e interagindo com as mesmas fontes de informação.

Utilizam-se, entre outros, dados observados do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH, <https://snirh.apambiente.pt/>) e previsões meteorológicas disponibilizadas pela MeteoGalicia (WRF, <https://www.meteogalicia.gal/>). Estas últimas resultam do *downscaling* das previsões GFS (NOOA) para uma região centrada na Península Ibérica e realizada com o modelo atmosférico WRF. São disponibilizados dados de precipitação, vento e pressão atmosférica numa grelha regional de resolução espacial 12 km x 12 km, com resolução temporal de uma hora para horizontes de quatro dias. Os dados estão disponíveis a partir de um serviço Thredds (<http://mandeo.meteogalicia.es/thredds/>), sendo os ficheiros descarregados, de forma automática, com um procedimento definido a partir de uma rotina Python, sendo posteriormente integrados na plataforma FEWS configurada para o estuário do rio Douro.

A componente de modelação de eventos extremos inclui um modelo regional de uma sub-bacia do oceano Atlântico, que permite a simulação de correntes e agitação (Delft3D e SWAN), um modelo local do estuário, e um modelo hidrológico/hidrodinâmico de sub-bacia (barragem de Miranda a Crestuma-Lever) do rio Douro (SOBEK).

Os modelos Delft3D foram calibrados recorrendo à ferramenta OpenDA de calibração automática. O desempenho do modelo regional hidrodinâmico da região do Atlântico adjacente à Península Ibérica, forçado com os constituintes harmónicos da maré, o vento e a pressão atmosférica, apresenta valores de RMSE da ordem de 0.10 m quando comparado com dados de medição disponíveis em diferentes estações maregráficas. O modelo do estuário do rio Douro foi calibrado para a estação de monitorização de Cais dos Banhos obtendo um RMSE de 0.16 m.

O módulo hidrológico do modelo SOBEK da sub-bacia do rio Douro foi calibrado com base na informação histórica de cheias registadas no SNIRH. Os resultados deste modelo são utilizados para definir as condições de descarga na barragem de Crestuma-Lever no modelo do estuário (Delft3D). Em condições normais de operação deste aproveitamento, opta-se por uma definição simplificada dos valores de descarga uma vez que a sua influência nos níveis resultantes ao longo do estuário é pouco significativa. Em condições hidrológicas extremas, as descargas em Crestuma-Lever são previstas com base nos resultados do modelo SOBEK.

A atual versão do sistema está configurada para realizar previsões diariamente, importando os dados, processando e executando os diversos modelos (simulações histórica e de previsão) e disponibilizando previsões de níveis (e correntes) nos domínios simulados. O horizonte de previsão é de quatro dias, condicionado pela fonte de dados de previsões meteorológicas configurada (WRF). Nas simulações históricas, o modelo regional é forçado pela maré e pela ação do vento. Atendendo ao atraso verificado nas fontes de dados de vento observado, utiliza-se a previsão de vento WRF para forçar o modelo durante a simulação histórica.

Os resultados de elevação do modelo regional (Delft3D) são utilizados para impor as condições de fronteira oceânicas do modelo do estuário. Na simulação de previsão, o modelo regional é forçado com a maré e a previsão de vento para os próximos quatro dias (WRF), sendo os seus resultados junto à costa utilizados para impor os valores de elevação da superfície livre na fronteira oceânica do modelo estuarino.

O funcionamento da plataforma de previsão e alerta será apresentado de forma detalhada, recorrendo a eventos extremos históricos.

Palavras-Chave: Águas de transição; Previsão e alerta; Delft-FEWS; Rio Douro; Modelação hidrodinâmica.

WAVE-CURRENT FLUME DISSIPATION SYSTEM REFLECTION ANALYSIS

Filipe MIRANDA^{1,2}, João CHAMBEL^{1,2}, Ana Margarida BENTO^{1,2},
 Francisco TAVEIRA PINTO^{1,2}, Paulo Jorge ROSA-SANTOS^{1,2},
 Tiago FAZERES-FERRADOSA^{1,2}

¹ *Hydraulics, Water Resources, and Environmental Division, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering of the University of Porto, 4200-465 Porto, Portugal, up201706240@edu.fe.up.pt, up201304674@edu.fe.up.pt, anabento@fe.up.pt, fpinto@fe.up.pt, pjrsantos@fe.up.pt, tferradosa@fe.up.pt*

² *Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research of the University of Porto (CIIMAR), 4450-208 Matosinhos, Portugal*

ABSTRACT

Field observations of coastal, marine offshore, and hydraulic phenomena can be extremely expensive and time consuming. As a result, wave and current flumes are an invaluable research tool for physical modelling studies and the validation of numerical ones. However, the use of reduced scales, in laboratory conditions, may lead to discrepancies between the model and prototype behaviour, due to scale and model effects. One of the most limiting model effects in wave-current flumes, is the wave reflection. The present study aims to analyse the wave reflection experienced in the wave-current flume at the Hydraulics Laboratory of the Faculty of Engineering of the University of Porto (FEUP), as well as to assess the performance of the wave dissipation system installed in the downstream part of the flume. The initial configuration of the wave dissipation system, schematized in Figure 1, consists of two consecutive anti-reflection steel boxes with dimensions of 1.03 m long, 0.80 m wide and 0.70 m high. Within the boxes, distended metal sheets were placed with decreasing openings and spacing from each other from upstream to downstream. Furthermore, a gravel profile was created inside the anti-reflection boxes.

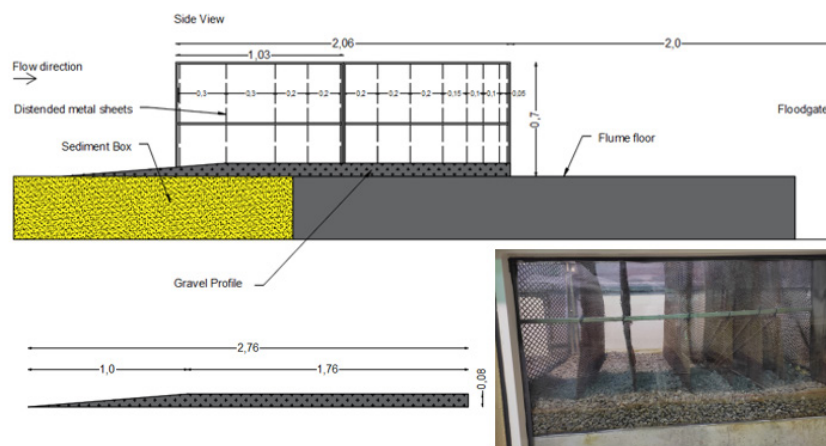


Figure 1 – Initial wave dissipation system scheme (meters); Gravel profile assembly (Bottom right).

The wave reflection analysis was performed based on the measurement of the water surface elevation, using the least squared method described in Mansard and Funke [1], during 6 tests with waves and current combined. Each test consisted of the generation of 1000 irregular waves. Hydrodynamic conditions were chosen from a 1:50 scale model of the North Sea prototype framed within ongoing studies at the laboratory concerning the design of offshore wind farms. The reflection coefficient was calculated with two distinct methods, through the calculation of the bulk reflection coefficient, from the ratio of the total reflected and incident wave spectral energies and by determining the wave height reflection coefficient, from the ratio of the total reflected and incident wave heights. The summary of the hydrodynamic conditions and reflection coefficients experienced in each test can be found in Table 1.

The registered range of reflection coefficients was 18.9% to 20.3%. Most of the literature concerning wave reflection on physical modelling using a wave current flume recommends that the reflection coefficient should be kept below 15%, and preferably below 10% [2, 3]. The studied wave reflection analysis revealed a certain degree of inadequacy of the wave dissipation system in Figure 1 for the conditions tested. Furthermore, the present study highlights the importance of the optimization of the configuration of the wave dissipation system. In order to optimize the wave reflection conditions, a new configuration of the wave dissipation system is currently being studied. The design of such a dissipation system consists of three anti-reflection boxes. The gravel profile and distended metal sheets were replaced with a movable cork filled plastic net profile (Figure 2). A new wave reflection analysis for the same hydrodynamic conditions tested for the former system was performed.

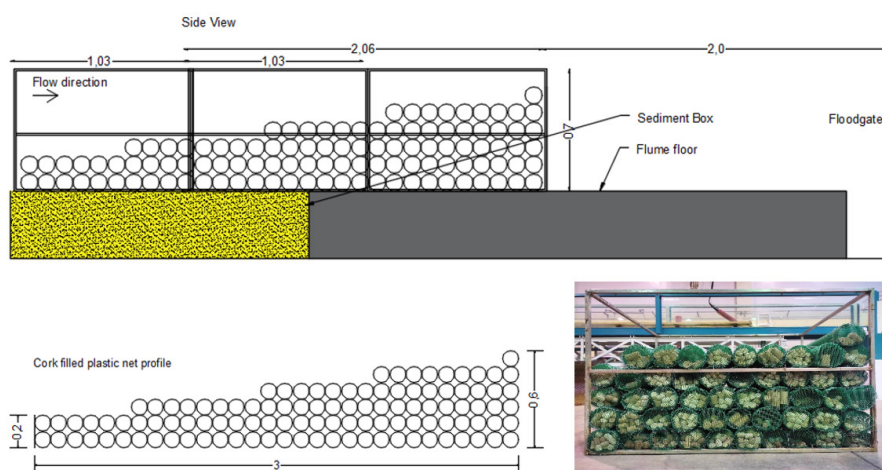


Figure 2 - New wave dissipation system scheme (meters); Cork filled plastic roll profile assembly (bottom right).

The reflection analysis for the new wave dissipation system, summarized in Table 1, revealed that this new system satisfies the recommended reflection coefficient limit of 15%. Furthermore, for some hydrodynamic conditions the reflection coefficient reached values near the ideal limit of 10%. The present work highlights that reflection dissipation systems in wave-currents flume can be achieved with practical and cost-competitive solutions such as the one tested in Figure 2.

Table 1 - Hydrodynamic conditions and reflection coefficient tested.

Dissipation system type	Water depth (m)	Flow velocity (cm/s)	Wave period (s)	Measured wave height (m)	Bulk reflection coefficient (%)	Reflection coefficient (Hi/Hr) (%)
Gravel profile	0.36-0.40	15.5-17.2	1.41	0.090-0.116	18.9-20.0	19.3-20.3
Cork filled plastic net rolls	0.36-0.40	15.5-17.2	1.41	0.085-0.111	10.5-13.8	11.0-14.2

Keywords: Laboratory Facility Adaptations; Physical Modelling; Reflection Analysis; Wave-Current Flume; Wave Dissipation System.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Project PTDC-ECI-EGC-5177-2020 (POSEIDON project), funded by national funds through FCT – Portuguese Foundation for Science and Technology. J. Chambel acknowledges funding in the form of a Ph.D. scholarship grant by the FCT, with the reference 2021.07393.BD.

REFERENCES

- [1] Mansard, E., and Funke, E. (1980). The measurement of incident and reflected spectra using a least squares method. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(17), 8.
- [2] De Vos, L., et al., Empirical design of scour protections around monopile foundations. Part 2: Dynamic approach. *Coastal Engineering*, 2012. 60: p.286-298.
- [3] Frostick, L.E., M.S. J., and T.G. Mercer, Users Guide to Physical Modelling and Experimentation: Experience of the HYDRALAB Network. 2011: CRC Press

SMARTWATER - PROMOTING SMART AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Wilk ALMEIDA¹, Daniela SOARES¹, Mihajlo MARKOVIĆ², Nataša ČEREKOVIĆ², Đurađ HAJDER², Sabrija ČADRO³, Mladen TODOROVIĆ⁴, Nery ZAPATA⁵, Erminio RIEZZO⁶, Teresa A. PAÇO¹

¹ 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, wilksalmeida@isa.ulisboa.pt, dsoares@isa.ulisboa.pt, tapaco@isa.ulisboa.pt

² University of Banja Luka, Faculty of Agriculture, Bosnia and Herzegovina, mihajlo.markovic@agro.unibl.org, natasa.cerekovic@agro.unibl.org, djhajder@gmail.com

³ University of Sarajevo, Faculty of Agriculture and Food Science, Bosnia and Herzegovina, s.cadro@ppf.unsa.ba

⁴ International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM), Mediterranean Agronomic Institute of Bari, Italy, mladen@iamb.it

⁵ Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Spain, v.zapata@csic.es

⁶ SYSMAN PROGETTI & SERVIZI SRL, Italy, riezso@sys-man.it

RESUMO

O sector agrícola é de importância estratégica para a Bósnia e Herzegovina. O país é um importador líquido de alimentos (FAO, 2017) e a produção agrícola baseia-se principalmente no cultivo de sequeiro. O clima é mediterrânico semi-árido no Sul e continental húmido no Norte. A maior parte do país vive verões quentes e áridos, o que limita a produção agrícola. A Bósnia e Herzegovina tem uma área potencial de rega relevante estimada em 74.000 ha. No entanto, apenas 4.630 ha (6,3%) estão equipados para o efeito (World Bank, 2012). A produção agrícola tem sido gravemente afectada por secas graves e perdas drásticas da produção agrícola, com consequências socioeconómicas e políticas relevantes. Nos últimos anos (2007, 2011, 2012, 2015, 2017 e 2021), a situação do sector agrícola agravou-se devido ao impacto das alterações climáticas.

Neste contexto, o projecto SMARTWATER - *Promoting SMART Agricultural WATER Management in Bosnia and Herzegovina* - persegue estratégias sustentáveis de gestão agrícola da água baseadas em soluções tecnológicas inteligentes e integração de questões técnicas (agronómicas e de engenharia), socioeconómicas e ambientais. Por um lado, o desempenho da rega pode ser melhorado através da adopção de práticas agronómicas adequadas, tais como a selecção de culturas/variedades e de práticas culturais, o planeamento da data de sementeira/plantio e da época de cultivo, a preparação da terra/solo, a aplicação de fertilizantes e medidas de protecção das plantas. Por outro lado, o desempenho das estruturas de rega pode ser melhorado através da implementação de várias práticas de engenharia, incluindo a redução das perdas de transporte de água da retirada/armazenamento para o perímetro/parcela, cedência a pedido da rede de distribuição de água e selecção e concepção adequadas de sistemas de rega na exploração.

O principal objectivo do SMARTWATER é reforçar, ou implementar, novas capacidades de ligação em rede, investigação e cooperação científica e tecnológica da Universidade

de Banja Luka (UNI-BL), da Universidade de Sarajevo (UNSA) e de outras instituições associadas, no campo da gestão sustentável da água agrícola, bem como aumentar a sua competência e financiar competências crescentes para uma participação bem-sucedida nos Programas de Investigação da União Europeia (UE).

Os objectivos específicos do projecto são os seguintes:

- a) Reforçar a capacitação e o desenvolvimento de recursos humanos da UNI-BL, UNSA e outras instituições da Bósnia e Herzegovina para a investigação e melhoria da ciência e tecnologia e cooperação em termos de gestão sustentável da água agrícola, facilitando o seu acesso ao financiamento competitivo da investigação;
- b) Reforçar o trabalho em rede entre a UNI-BL, UNSA, as instituições da UE e outras instituições da Bósnia e Herzegovina e regionais (Balcãs) através do intercâmbio de pessoal, workshops/conferências conjuntas, temas/estudos de investigação e intercâmbio de conhecimentos, dados e peritos sobre temas específicos da gestão agrícola da água;
- c) Criação de uma estratégia científica inteligente no domínio da gestão sustentável da água agrícola para intensificar e estimular a excelência científica e a capacidade de inovação da UNI-BL, UNSA e outras instituições da Bósnia e Herzegovina, a curto e longo prazo;
- d) Adopção/realização de uma estratégia eficaz de comunicação/divulgação inteligente para promover adequadamente as actividades de geminação e assegurar os impactos esperados a nível regional, nacional, comunitário e global.

Os objectivos do projecto estão a ser obtidos através de uma série de actividades conjuntas, a ser realizadas dentro de um período de 36 meses. O acompanhamento das realizações do projecto é feito através de um conjunto de indicadores claros e mensuráveis para cada actividade específica.

A metodologia adoptada pelo projecto inclui uma série de actividades e medidas de colaboração destinadas a garantir a realização dos objectivos globais e específicos do projecto relacionados com a gestão sustentável da água na Agricultura. Além da UNI-BL e UNSA, são instituições parceiras neste projecto o Instituto Superior de Agronomia (ISA), Portugal; *Mediterranean Agronomic Institute of Bari* (CIHEAM-IAMB), Itália; *Consejo Superior de Investigaciones Científicas* (CSIC), Espanha; e a *SYSMAN PROGETTI & SERVIZI SRL* (SYS), Itália. Assim, o SMARTWATER concentra-se no reforço substancial da excelência da investigação e da capacidade de inovação da UNI-BL, UNSA e outras instituições de investigação da BiH, e na sustentabilidade dos resultados do projecto.

Palavras-Chave: Rega; Deteção remota; Bluleaf; Modelação; VANT

REFERÊNCIAS

FAO, 2017. The state of food security and nutrition in Europe and Central Asia. Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nations, Budapest.

World Bank, 2012. Project appraisal document on a proposed credit to Bosnia and Herzegovina for an irrigation development project. Report N° 65984-BA, Washington DC.

PARAMETERIZATION OF THE SIGOPRAM MODEL TO STUDY THE HYDRAULIC PERFORMANCE OF ON-DEMAND PRESSURIZED IRRIGATION NETWORKS. CASE STUDY OF LUCEFÉCIT IRRIGATION DISTRICT

Antónia FERREIRA^{1,2}, João ROLIM^{1,2}, Pedro SANTOS³, Maria do Rosário CAMEIRA^{1,2}

¹ Department of Biosystems Engineering, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisbon, Portugal; aferreira@isa.ulisboa.pt (A.F.); joaorolim@isa.ulisboa.pt (J.R.); oscameira@isa.ulisboa.pt (M.R.C.)

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 Lisbon, Portugal

³ Responsable del Departamento de Sistemas de Información Geográfica de Aigües del Segarra Garrigues, S.A.; La Canaleta, 25300 Tàrrega, Lleida, Spain; psantos@aigues-asg.es (P.S.)

ABSTRACT

Pressurized irrigation networks operating on-demand are designed to deliver water with the flow rate and pressure required by the farm irrigation systems. Farmers can decide the frequency, rate, and duration of irrigation, resulting in a high level of flexibility to better match crop water needs. The variability of water demand along the day and the season causes high spatial and temporal variability of flow regimes, which may affect the performance of the hydrants, on-farm systems and consequently crop yields. Shifts in climatic conditions will impact crop suitability, plant growth cycle and physiology, and irrigation water requirements. Under these conditions, the water distribution networks designed for the current conditions may not be able to satisfy the irrigation requirements in the peak demand projected for future climate change scenarios, so it will be necessary to adapt the equipment and its management to a new reality. Few studies have considered the impact of climate change on the hydraulic performance of irrigation networks, and the respective engineering and management adaptations. Therefore, there is a need to analyse the reliability of the existing irrigation infrastructures.

This study aims to analyse of the hydraulic behaviour of the Lucefécit district irrigation network using the SIGOPRAM model to simulate the performance of the network pipes, hydrants, nominal flow rate, and operating pressure for the current situation and considering modifications to the crop patterns, hydrants, and outlets.

Materials and methods:

The Lucefécit Irrigation District

The pressurized irrigation network considered in this study is the Lucefécit irrigation district, located in the south of Portugal. It was completed in 1995, supplies water from the Lucefécit reservoir, serves 950 ha of agricultural farms and operates on-demand. The Lucefécit reservoir has a capacity of 9,625 hm³ at full storage, corresponding to the level of 182 m. The first irrigation network with its origin in the dam consists of a canal with a length of 3,500 m. The pressurized irrigation network derives from the pumping stations, with a length of approximately 36,000 m. This network is equipped with two pumping

stations whereby the main pumping station (EE1) was designed for a flow rate of $Q_0 = 1153 \text{ L s}^{-1}$ and an upstream piezometric elevation $Z_0 = 260 \text{ m}$. Water is pumped directly into the pipe system and two hydro-pneumatic tanks are used to compensate for the pump cycles and protect the pumping station and the irrigation network from water hammer. To assure the minimum required pressure (450 kPa) at the hydrants in the most unfavourable conditions, a booster pumping station (EE2) serves 14 hydrants in a terminal branch. The total number of hydrants is 107. Each hydrant normally has more than one outlet, in some cases, farmers change the number and location of outlets in the hydrants. Occasionally, the plots are subdivided into smaller plots, or in other cases as in large center-pivots, two hydrants are joined together to have enough water and pressure. The system was designed for a total number of 204 outlets. The nominal hydrant discharge ranges from 10 to $280 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Each outlet is equipped with a flow meter and a pressure-discharge regulator. There are two intermediate reservoirs with a volume of 75 m^3 , with the function of storing water in the distribution network, thus allowing a certain piezometric elevation to be maintained and responding to occasional peaks in demand downstream. The tertiary network consists of three types of irrigation systems: solid set systems (30%), drip irrigation systems (23.7%), and centre-pivot systems (20.3%). The current crop pattern is a combination of maize (39.9%), olives grove (23.2%), vineyards (18.4%), winter cereals (8.3%), fodder crops (6.3%) and vegetables (3.1%).

The SIGOPRAM model:

The SIGOPRAM model was developed for the design of pressurized irrigation water distribution networks taking into account economic criteria. This model allows hydraulic simulations, in order to understand how the distribution networks may behave in different scenarios. Other models such as DIOPRAM, EPANET and HydroGEN are used to explore its full potential. DIOPRAM module optimizes branched irrigation networks with a single supply point according to the Clément method and oversees the optimization module on SIGOPRAM, where it calculates the design flow rate for networks operating in shifts or on-demand by applying a programming model with economic and functional restriction functions for hydraulic variables defined by the user. EPANET module supports the hydraulic and energy analysis of irrigation networks, by computing hydraulic variables such as friction losses, pumping energy and cost, pumping speed, valves, and different levels of storage reservoirs. EPANET module of SIGOPRAM is divided into two categories: network reliability and energy analysis. The reliability analysis creates demand scenarios according to tree models: i) Deterministic - the user interacts directly on the map and decides which hydrants to open or close; ii) Random - N scenarios are created with X percentage of open hydrants; iii) Stochastic - generates scenarios in which the opening of hydrants is determined by the probability of Clément. The hydroGEN model is used to obtain hydrographs of hourly flow rates during N days of peak demand. The energy analysis allows the evaluation of the network and its pumping stations from the energy efficiency point of view.

The information needed for parameterizing the SIGOPRAM model to a network is divided into three categories: i) physical configuration of the network such as the network layout, connectivity, digital terrain elevation, and length of the sections; ii) hydraulic data such as flow rates and minimum operating pressures at all nodes; and iii) economic data such as pipelines and energy cost. Data such as hydrants, pipes, crop parcels, reservoirs, and crop patterns are also used. The SIGOPRAM model capture in real-time the geometric data of the network, such as elevations, lengths, and surfaces. The model has a database and a feature dataset with several feature classes such as the set of parcels irrigated by the same hydrant (AGR), the set of parcels irrigated by the same outlet (EXP), pipes of the

irrigation network (ARC), and all the nodes of the network (NOD).

Since the Lucefécit network is already designed, it was necessary to adapt the GIS information of the Lucefécit district to the SIGOPRAM data structure. The information on plots, pipelines and hydrants was introduced in the model as base data. The spatial information on the plots obtained through the Water Users Association was outdated, so it was updated based on satellite information, field information available on the DGADR website and other information provided by the WUA. It was also necessary to identify the area irrigated by each outlet, as this information was not spatialized.

To parametrise the outlets, the monthly irrigation requirements of each crop during the 2021/2022 season were calculated using the ISAREG model. The networks topology was created, and the connectivity of each branch was verified. The nodes were created at the intersections. Based on the location of the hydrants, a hydrant was assigned to each AGR and an outlet to each EXP. The design flow was defined, as the monthly flow for a considered crop pattern, usually in the peak month. The minimum pressures to each outlet were defined from the critical point of each plot, depending on the operational pressure and the friction losses.

Results and discussion

For the 2021/2022 irrigation season the flow rate was 27.2% lower than the flow rate designed, and the irrigated area was 59.2%. In some sections of the secondary network, the velocity was higher due to the increase in the area irrigated by the hydrant. The follow-up of this work will be the simulation of the irrigation network to identify the existence of possible failures in the hydraulic behaviour of this infrastructure in the current and future scenarios. The energy optimization of the pumping stations will advise the use of more efficient equipment or even adopt new procedures such as watering at night or distributing the crops throughout the year so that the critical month does not coincide.

Keywords: On-demand irrigation; Hydraulic analysis; Optimization; Modelling; setpoint Curve.

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA NOS SISTEMAS PREDIAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: NOVA PROPOSTA

Ana POÇAS¹ e Dália LOUREIRO¹

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Av. Brasil 101, 1800-066 Lisboa, apocas@lnec.pt, dloureiro@lnec.pt

RESUMO

À semelhança de outras infraestruturas, os sistemas de distribuição prediais de água tiveram, em Portugal e no século XX, maior enfoque na construção e ampliação, e menor na avaliação da condição infraestrutural para apoio à reabilitação. No século XXI, estando os sistemas já amplamente construídos, as exigências tendem a centralizar-se no aumento da eficiência e demonstração de eficácia (*i.e.*, o cumprimento da função para a qual estão destinados). Adicionalmente, devem ser adotadas medidas de sustentabilidade e de adaptação às alterações climáticas, incluindo soluções conducentes a uma maior independência e resiliência dos sistemas (*e.g.*, recolha de água pluvial de forma descentralizada em edifícios) face a fenómenos externos (*e.g.*, escassez de água, crise energética). Estes aspetos podem ser mais relevantes em sistemas consolidados, mas são também aplicáveis a sistemas novos ou que sejam alvo de intervenções de ampliação ou redução da rede.

A avaliação da eficiência hídrica nos sistemas prediais de distribuição de água pode estar incluída em sistemas que avaliem a sustentabilidade ao nível do edifício, ou ter um carácter mais específico, como as auditorias hídricas efetuadas ao nível da fração, ou do edifício e respetivo logradouro. Neste contexto, as medidas de eficiência hídrica são normalmente dirigidas à substituição dos dispositivos, para redução de caudal e volume, incluindo funcionalidades indutoras de menor consumo (*e.g.*, torneiras temporizadoras, autoclismo de dupla descarga) (Almeida, Vieira e Ribeiro, 2006; Pedroso, 2009). As abordagens são úteis para apoiar a reabilitação, dado que identificam e localizam os setores de rede, dispositivos e equipamentos, os quais poderão ser alvo de reparação ou substituição, viabilizando, assim, uma maior adequação da eficiência do sistema. Contudo, carecem de uma avaliação integrada da eficiência do sistema predial, suportada por um sistema de avaliação composto por indicadores (Alegre e Covas, 2010), definidos segundo diferentes perspetivas de análise, como o desempenho hidráulico, a condição infraestrutural, a manutenção da qualidade da água ou o conforto dos utilizadores. Em complemento, não são normalmente utilizadas metodologias exaustivas para a pesquisa de perdas, sendo, sobretudo, observadas anomalias (*e.g.*, infiltrações ou inundações), visíveis através do destacamento ou empolamento dos revestimentos de paredes, tetos e pavimentos, para além de humidade.

Nos sistemas públicos de distribuição de água, o balanço hídrico é uma ferramenta utilizada para avaliar a eficiência hídrica do sistema e subsistemas (Alegre *et al.*, 2005). A partir do balanço hídrico, pode quantificar-se o volume de água não faturado devido a consumo autorizado e perdas de água. As perdas de água podem subdividir-se em perdas aparentes (consumo de água associado a erros de medição ou de estimativa e a consumos ilícitos) e em perdas reais (consumo de água correspondente às perdas físicas

e que, nos sistemas públicos exclui os consumos localizados a jusante do contador) (Alegre *et al.*, 2005). À semelhança, nos edifícios também poderão existir perdas aparentes, as quais poderão traduzir-se na sub- ou sobremedição do consumo medido, ou perdas reais, que poderão caracterizar-se por perdas nas tubagens, particularmente nos setores de rede enterrados, em dispositivos ou reservatórios (quando existentes). Não existindo avaliação das perdas aparentes, nomeadamente quando exista submedição do consumo, e das perdas reais, nomeadamente perdas contínuas e indetetáveis, poderão existir consumos excessivos de água (e de energia, se se tratar de água quente) e, na sequência, anomalias nos componentes dos edifícios. De referir que as anomalias mais frequentes nos sistemas são relativas a roturas nas condutas, deficientes níveis de pressão e caudal, ruídos nas instalações, deficiências no fornecimento de água quente e deficiente desempenho dos equipamentos instalados (Pedroso, 1997). Podem, assim, as perdas reais ser um fator de análise importante para a avaliação da eficiência dos sistemas prediais, podendo estar relacionadas com roturas ou com excesso de pressão, incluindo a prevenção de anomalias. No que se refere a perdas aparentes, uma noção mais realista do consumo pode ser um fator de condicionamento à utilização, evitando-se o desperdício de água.

Tendo por base o balanço hídrico como metodologia estabelecida para avaliar a ocorrência de perdas de água nos sistemas públicos de distribuição de água (Alegre *et al.*, 2005), esta comunicação propõe uma adaptação dessa metodologia aos sistemas prediais de distribuição de água. A proposta tem por objetivo apoiar a reabilitação dos sistemas prediais, a realização de inspeções e de auditorias, numa abordagem preventiva, embora possa também ser aplicável reativamente. Na proposta são tidos em conta os fatores que poderão influenciar as perdas de água reais e aparentes nos sistemas públicos (*e.g.*, sistema pressurizado, essencialmente malhado, cuja rede termina no contador), adaptando-os à escala do edifício (*e.g.*, sistema pressurizado, essencialmente ramificado, cuja rede se inicia no contador e termina nos dispositivos de utilização) (Agudelo-Vera, 2013; Arden, 2021). São também incluídas outras dimensões, como opções de reutilização da água para usos não potáveis. São ainda discriminadas questões específicas dos sistemas prediais de distribuição de água (Pedroso, 2016) como a forma de alimentação (*e.g.*, direta ou indireta), os parâmetros de dimensionamento e de regulamentação (*e.g.*, velocidades e pressões recomendadas); a existência de setores de rede enterrados (*e.g.*, usos exteriores); as tubagens embutidas (*e.g.*, usos interiores); e o sistema de distribuição de água quente. Por último, esta comunicação tem por objetivo contribuir para aumentar o nível de medição nos sistemas prediais, beneficiando da experiência já existente para os sistemas públicos, e apoiar as intervenções de reabilitação dos edifícios.

Palavras-Chave: eficiência hídrica; balanço hídrico; prevenção de anomalias; sistemas prediais de distribuição de água; gestão da água.

BIBLIOGRAFIA

- Pedroso, Vitor M. R. – Patologia das Instalações Prediais de Água. Comunicação apresentada no “IV Congresso ibero-americano de patologias das construções”, Porto Alegre, Brasil, outubro, 1997.
- Pedroso, Vitor M. R. – Medidas para Uso Mais Eficiente da Água nos Edifícios. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2009. [ICT Informação Técnica, Edifícios, ITE 53]
- Pedroso, Vitor M. R. – Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2016. [Coleção Edifícios n.º 7]

Alegre, Helena; Teixeira Coelho, Sérgio; Almeida, Maria do Céu; Vieira, Paula – Guia Técnico ERSAR n.º 3 – Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), Instituto da Água (INAG), Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2005.

Almeida, Maria do Céu; Vieira, Paula; Ribeiro, Rita – Guia Técnico ERSAR n.º 8 – Uso eficiente da água no setor urbano. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), Instituto da Água (INAG), Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2006.

Alegre, Helena; Covas, Dídía – Guia Técnico ERSAR n.º 16 – Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água - Uma abordagem centrada na reabilitação. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, 2010.

Aguedelo-Vera, C. M.; Keesman, K. J.; Mels, A. R.; Rijnaarts, H.H.M. – Evaluating the Potential of Improving Residential Water Balance at Building Scale. *Water Research*, vol. 47, Issue 20, 2013.

Arden, S.; Morelli, B.; Cashman, S.; Ma, X.; Jahne, M.; Garland, J. – Onsite Non-potable Reuse for Large Buildings: Environmental and Economic Suitability as a Function of Building Characteristics and Location. *Water Research*, vol. 191, 2021.

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DESCARGA DO EFLUENTE GERADO PELA INDÚSTRIA EXTRATORA DE ÓLEO DE BAGAÇO DE AZEITONA NO RIO TUA

Thais GRABOWSKI¹, Ramiro MARTINS^{2 3 4}

¹ ESTiG, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal, thaistheomaris@gmail.com

² ESTiG-DTQB, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, rmartins@ipb.pt

³ LSRE-LCM - Laboratory of Separation and Reaction Engineering – Laboratory of Catalysis and Materials, Faculty of Engineering, University of Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal

⁴ Associate Laboratory in Chemical Engineering (ALiCE), FEUP

RESUMO

Atualmente a Bacia do Mediterrâneo é o principal responsável pela produção mundial de azeite, cerca de 97%. Portugal ocupa o oitavo lugar mundial e o quarto lugar na produção europeia, cerca de 118 mil m³ de azeite por ano. O bagaço da azeitona é um dos subprodutos da indústria de produção de azeite. O efluente gerado durante a produção do óleo do bagaço de azeitona apresenta características impactantes para o meio ambiente, devido à composição, elevadas concentrações e sazonalidade. A sua coloração avermelhada escura é devida, principalmente, à presença de compostos fenólicos de baixo peso molecular. São águas residuais de difícil biodegradabilidade e elevada capacidade contaminante, com elevado teor de matéria orgânica tóxica, baixo pH e elevados valores de carências química e biológica. A descarga do efluente sem tratamento prévio provoca alterações ecológicas nas águas superficiais, como acidificação, depleção de oxigénio, alteração da cor e diminuição da transparência da água.

O objeto deste estudo é o efluente gerado em uma empresa produtora de óleo do bagaço de azeitona, em Mirandela, matéria-prima proveniente na sua maioria de unidades extratoras de azeite de duas fases. Atualmente o efluente gerado nessa empresa é decantado e transferido para lagoas de estabilização e evaporação, sendo uma fração recirculada às lagoas de receção da matéria-prima, e pontualmente uma fração descarregada no curso de água próximo.

Para o efluente armazenado nas lagoas de estabilização foi realizada a sua caracterização. O efluente apresenta: pH 4.7, alcalinidade 1068 mg CaCO₃/L, azoto total 186 mg NO₃ – N/L, fósforo total 493 mg P/L, compostos fenólicos 3945 mg/L, carbono orgânico total 26.6 g/L, carbono total (CT) 27.4 g/L, nitrogénio total (NT) 350 mg/L, carência química de oxigénio (CQO) 71 g O₂/L, carência bioquímica de oxigénio (CBO₅) 5818 mg O₂/L, sólidos totais 46.0 g/kg, sólidos dissolvidos totais (SDT) 44.2 g/L e sólidos suspensos totais (SST) 0.8 g/L. Esses dados mostram a carga poluente que esse efluente possui, o que ainda inclui uma relação CT/NT de 78 e CQO/CBO₅ de 12 indicando a difícil biodegradabilidade do objeto de estudo no estado atual.

A legislação portuguesa Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto determina os valores limite de emissão (VLE) para descarga de águas residuais. Comparando com os VLE, é

necessário diminuir a carga do azoto total, do fósforo total, dos compostos fenólicos, da CQO, da CBO5 e dos SST do efluente, enquanto o pH necessita de ser ajustado na gama 6.0 a 9.0

A campanha de amostragem da água do rio, realizada dia 19/05/2021, consistiu na recolha de amostras de água em quatro pontos previamente definidos. O primeiro ponto (41°26'20"N, 7°10'09"W) a montante da unidade industrial, o segundo na zona do coletor de descarga (41°26'04"N, 7°10'05"W), e o terceiro (41°24'27"N, 7°09'44"W) e o quarto (41°22'54"N, 7°13'05"W) pontos a jusante da fábrica, de modo a perceber de que forma o efluente condiciona a qualidade da água do rio Tua, bem como a sua capacidade de autodepuração.

A água nos 4 pontos foi caracterizada em relação a temperatura, pH, turvação, aromaticidade, nitratos, oxigénio dissolvido, CQO, CBO5, SST e SDT. Ponto 1: temperatura 16.2 °C, pH 6.4, turvação 12 NTU, aromaticidade 13 mg/L, nitratos 0.7 mg/L, oxigénio dissolvido 95.4%, CQO 14 mg O₂/L, CBO₅ 27 mg O₂/L, SST 6.9 mg/L e SDT 61.7 mg/L. Ponto 2: temperatura 18.8 °C, pH 6.1, turvação 27 NTU, aromaticidade 24 mg/L, nitratos 0.4 mg/L, oxigénio dissolvido 87.1%, CQO 86 mg O₂/L, CBO₅ 31 mg O₂/L, SST 28.9 mg/L e SDT 111.3 mg/L. Ponto 3: temperatura 17.3 °C, pH 6.2, turvação 11 NTU, aromaticidade 14 mg/L, nitratos 0.1 mg/L, oxigénio dissolvido 92.5%, CQO 15 mg O₂/L, CBO₅ 26 mg O₂/L, SST 5.2 mg/L e SDT 52.4 mg/L. Ponto 4: temperatura 17.5 °C, pH 6.2, turvação 14 NTU, aromaticidade 15 mg/L, nitratos 0.5 mg/L, oxigénio dissolvido 94.1%, CQO 24 mg O₂/L, CBO₅ 26 mg O₂/L, SST 7.5 mg/L e SDT 49.4 mg/L.

Este estudo pretende avaliar o efeito da descarga do efluente na qualidade da água do rio. Assim, comparando os resultados para o ponto de amostragem 2 como o ponto a montante da descarga (ponto 1), verifica-se uma degradação geral da qualidade da água do meio recetor (rio Tua). Além da ligeira acidificação da água do rio, pelo baixo pH do efluente, a descarga provoca uma elevação da temperatura (cerca de 3°C), e um aumento nos valores dos parâmetros turvação, aromaticidade, CQO, CBO5, SST e SDT. Ainda desequilibra a concentração de nitratos e do oxigénio dissolvido.

No local de descarga o ecossistema aquático exhibe uma redução do oxigénio dissolvido, certamente associada ao aumento da temperatura da água e da elevada carga de matéria orgânica do efluente (CBO5 de 31 mg/L). Além disso as elevadas cargas de sólidos suspensos no efluente favorecem um aumento da turvação da água, diminuindo a profundidade a que penetra a luminosidade, e por consequência reduzindo o processo de fotossíntese das plantas aquáticas.

Apesar disso, ao analisar os pontos 3 e 4 (a jusante da descarga) podemos constatar que o rio Tua exhibe alguma capacidade de autodepuração, já que os valores tendem a recuperar para distâncias não muito significativas

O objeto de estudo tem características que excedem os VLE, dessa forma polui o corpo receptor quando é realizado o descarte do mesmo. Dessa forma para preservar o rio Tua esse efluente precisa passar por tratamentos químicos, físicos e/ou biológicos de modo a eliminar a carga poluidora enquadrando-se na legislação e só então podendo ser descartado no rio da região.

Palavras-Chave: óleo de bagaço; azeitona; caracterização; descarga; poluição.

RISCO DE INUNDAÇÃO COSTEIRA: CONTRIBUTO PARA UMA MELHOR GESTÃO

Paula FREIRE¹, André B. FORTUNATO¹, Alexandre O. TAVARES², Anabela OLIVEIRA¹, José Leandro BARROS², Alphonse NAHON¹, Pedro P. SANTOS³, Gonçalo de JESUS¹

1. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101 1700-066 Lisboa, pfreire@lnec.pt, afortunato@lnec.pt, aoliveira@lnec.pt, anahon@lnec.pt, gjesus@lnec.pt

2. Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra, Colégio de S. Jerónimo, Apartado 3087, 3000-995 Coimbra, atavares@ci.uc.pt, joseleandrobarros@gmail.com

3. Centro de Estudos Geográficos do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, R. Branca Edmée Marques, 1600-276 Lisboa, pmpsantos@campus.ul.pt

RESUMO

As inundações costeiras afetam anualmente milhões de pessoas em todo o mundo, com grandes perdas socioeconómicas que irão aumentar face à subida do nível médio do mar e ao aumento dos níveis extremos de água. A extensa linha de costa continental portuguesa, caracterizada por grande diversidade natural e de ocupação, apresenta elevada exposição a fenómenos de galgamento e inundação costeira. Estima-se que o impacto da tempestade Hércules, no início do ano 2014, tenha sido cerca de 16 milhões de euros (Santos et al., 2015). As consequências do impacto de níveis extremos na zona costeira dependem das características do território, pelo que a capacidade de obter e integrar esse conhecimento em ferramentas de previsão que suportem adequadamente as necessidades da gestão do risco deve ser uma prioridade. No âmbito do projeto Mosaic.pt (<http://mosaic.lnec.pt>) desenvolveram-se ferramentas de avaliação do risco de inundação costeira, integrando a dimensão territorial. A complexidade e a diversidade da costa continental recomendam uma abordagem holística na identificação e diferenciação das características territoriais, que dependem da escala espacial considerada. Assim, a abordagem metodológica do projeto seguiu duas escalas espaciais de análise: a costa continental portuguesa e três observatórios representativos do trecho costeiro Ovar - Marinha Grande, onde se concentra o maior número de ocorrências de inundação costeira (Tavares et al., 2021). Estes observatórios são o setor Barra – Costa Nova, a praia da Cova-Gala e a praia de São Pedro de Moel, sendo o segundo aquele em que o projeto foi mais focado. À escala da costa continental portuguesa, o levantamento do histórico de ocorrências de inundação costeira e seus impactos entre 1980 e 2018, com base em notícias de jornais, permitiu a construção de base de dados a nível nacional (Tavares et al., 2021). Esta informação permite pela primeira vez conhecer a distribuição espacial e temporal das ocorrências ao longo de toda a costa continental, e caracterizar detalhadamente os seus impactos. Uma abordagem inovadora, baseada em indicadores de suscetibilidade que representam a complexidade territorial (e.g. histórico de ocorrências, morfologia, elementos expostos, medidas de proteção costeira, fatores forçadores do perigo de galgamento e inundação), possibilitou a identificação de tipologias costeiras críticas e de fatores de risco ao galgamento e inundação (Barros et al., 2023). Esta informação é fundamental para a definição de medidas de mitigação e de adaptação adequadas às características territoriais, designadamente em planos de contingência e ações de

redução do risco. À escala do observatório, caracterizaram-se, através de dados obtidos em campanhas de campo, os principais agentes hidrodinâmicos forçadores do perigo de galgamento e de inundação costeira, e de como o estado morfológico da praia influencia o impacto daqueles fenómenos no território (e.g. Freire et al., 2020, Nahon et al., 2022a). Dados obtidos no terreno suportaram igualmente o desenvolvimento de uma metodologia replicativa de avaliação da vulnerabilidade considerando diferentes dimensões do território (e.g. morfologia, uso e ocupação do solo, edificado), que foi aplicada aos observatórios e permitiu a cartografia de um índice de vulnerabilidade territorial (Barros, et al, 2022). No observatório da Cova-Gala foi implementado e validado um sistema de previsão em tempo real de níveis extremos através da plataforma OPENCoastS (Oliveira et al., 2021). O modelo hidrodinâmico XBeach foi também implementado e validado para este observatório, e desenvolvida e testada uma metodologia que permite a geração de mapas de inundação para diferentes cenários de perigo (Nahon et al., 2022b). Foram desenvolvidas metodologias que visam melhorar a capacidade de previsão através da recolha de dados de terreno em tempo real. São exemplos: 1) a monitorização de níveis de água, através de um sensor instalado na marina do porto de Figueira da Foz, e sua comparação com resultado das previsões; 2) a extração automática da linha de costa de imagens de satélite Sentinel 2, disponível na plataforma WORSICA (<https://worsica.incd.pt/index>), e desenvolvimento e avaliação de um método para assimilar estes dados em modelos morfodinâmicos (Fortunato et al., 2022); 3) extração automática de indicadores hidrodinâmicos, como a linha de água, de imagens adquiridas com uma câmara de vídeo instalada no observatório de São Pedro de Moel (Martins et al., 2022). As perceções ao risco e as práticas locais de mitigação à inundação das comunidades locais foram recolhidas e analisadas numa sessão de divulgação e discussão dos resultados na Cova-Gala. Para o efeito, aplicaram-se grelhas com afirmações exprimindo diferentes visões e perceções do território e dos riscos costeiros, seguindo a técnica participativa denominada de Q-Methodology. No âmbito do projeto foi desenvolvida e implementada uma plataforma WebSIG (<http://portal-mosaic.inec.pt/mosaic>; Rocha et al., 2021) que permite o acesso a informação e dados multi-fonte quer à escala da costa continental portuguesa, quer ao nível do observatório. A informação disponível inclui previsões hidrodinâmicas, dados das campanhas de campo e de sensores instalados no terreno, cartografia da linha de costa com base em imagens de satélite, e informação do histórico de ocorrências. A versatilidade e multidimensionalidade desta ferramenta torna-a num instrumento de apoio à gestão do risco de inundação, particularmente ao nível do planeamento e resposta à emergência, e na definição de melhores formas de planeamento e comunidades mais resilientes.

Palavras-Chave: ocorrências históricas; tipologias críticas; vulnerabilidade; previsão e monitorização em tempo real; apoio à decisão

AGRADECIMENTOS

O projeto Mosaic.pt foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (PTDC/CTA-AMB/28909/2017). Os autores agradecem aos restantes membros da equipa do projeto.

REFERÊNCIAS

Barros, J. B., Tavares, A.O., Santos, P.P. et al., 2022. Enhancing a Coastal Territorial Vulnerability Index: anticipating the impacts of coastal flooding with a local scale approach. *Coastal Management*, 50:5, 442-468.

Barros, J.L., Santos, P.P., Tavares, O.A. et al., 2023. The complexity of the coastal zone: definition of typologies as a contribution to Coastal Disaster Risk Reduction and Management, *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103556>

Fortunato, A.B., Azevedo, A., Martins, R.J., 2022. Assimilation of shoreline data into morphodynamic model predictions, in *Livro de Resumos da 6ª Conferência Morfodinâmica Estuarina e Costeira*, 33-34, LNEC, ISBN 978-972-49-2322-2.

Freire, P., Oliveira, F.S.B.F., Oliveira, J.N., 2020. Coastal flooding process: Comparing different coastal typologies response to extreme hydrodynamic conditions, *Journal of Coastal Research*, SI 95, 797–802.

Martins, R., Jesus, G., Oliveira, A. et al., 2022. A methodology for water boundary detection using high-resolution remote camera images, Chastre et al. (eds), *Proceedings – Extended Abstracts – of the 3rd Conference on Testing and Experimentation in Civil Engineering*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 141-142, <https://doi.org/10.34619/ycjz-atxf>.

Nahon, A., Fortunato, A.B., Oliveira, F.S.B.F. et al., 2022a. Impact of a sandy shore morphology on overtopping, in *Livro de Resumos da 6ª Conferência Morfodinâmica Estuarina e Costeira*, 73-74, LNEC, ISBN 978-972-49-2322-2.

Nahon, A., Fortunato, A. B., Oliveira, F.S.B.F. et al., 2022b. Mapping coastal overtopping in the shadow of large ebb-tidal deltas with XBeach surfbeat: insights from the western coast of Portugal. *EGU General Assembly*.

Oliveira, A., Fortunato, A.B., Rodrigues, M. et al., 2021. Forecasting contrasting coastal and estuarine hydrodynamics with OPENCoastS, *Environmental Modelling & Software*, Volume 143, 105132, ISSN 1364-8152.

Rocha, M., Oliveira, A., Freire, P. et al., 2021. Multi-Hazard WebGIS Platform for Coastal Regions. *Applied Sciences*, 2021, 11, 5253.

Santos, A., Mendes, S., Corte-real, J., 2015. Impacts of storm Hercules in southwestern Europe. *RIMMA - Risk Information Management, Risk Models, and Applications*, Horst Kremers and Alberto Susini (eds), *Lecture Notes in Science*, Vol. 7, 39-48.

Tavares, A.O., Barros, J.L., Freire, P. et al., 2021. Coastal flooding database from 1980 to 2018 for the continental Portuguese coastal zone, *Applied Geography*, 135, 102534, ISSN 0143-6228.

USO DE REDES NEURONAIS PARA MELHORIA DAS PREVISÕES DE UM SISTEMA DE ALERTA PARA RISCOS EM PORTOS

Liliana PINHEIRO¹, Nuno MORGADO², Andreia GOMES¹, Sérgio LOPES², Nuno LOPES², Ana PRIOR², Juana FORTES¹

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, {lpinheiro, ahgomes

² Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1, 1959-007 Lisboa, {sergio.lopes, nuno.lopes, ana.prior}@isel.pt

RESUMO

No âmbito do projeto BlueSafePort está a ser desenvolvido um sistema para prever e alertar situações de emergência causadas pela agitação marítima, relacionadas com a navegação em portos, bem como constrangimentos operacionais. A paralisação dos terminais portuários leva a grandes perdas económicas e afeta em grande parte a competitividade geral do porto. Assim, o objetivo deste sistema é reduzir a vulnerabilidade do porto aumentando a sua capacidade de planeamento e resposta eficiente face a situações de emergência.

O primeiro sistema do género foi desenvolvido para três portos açorianos: Praia da Vitória, S. Roque do Pico e Madalena do Pico, Pinheiro *et al.* (2020). Presentemente, está a ser desenvolvido um protótipo desse sistema para o porto de Sines.

O sistema usa as previsões de 72 horas, de parâmetros característicos das ondas e dos ventos ao largo fornecidas pelo ECMWF, juntamente com dados das marés, como entradas para um conjunto de modelos numéricos de propagação de ondas (SWAN e DREAMS, Pinheiro *et al.* (2020)), que fornecem por sua vez estimativas locais em todo o domínio de estudo (Figura 1). Finalmente, a resposta dos navios (em termos de movimentos e forças nas amarrações) a esses forçamentos de onda e vento é calculada usando um modelo de método de painel 3D hidrodinâmico (Korsemeier *et al.* 1988) e um modelo que resolve as equações de movimento (Figura 2).

Os movimentos previstos do navio e as forças no seu sistema de amarração são comparadas com limites predefinidos de segurança. A avaliação da probabilidade de excedência desses valores resulta numa avaliação do grau de risco. Por fim, com base no grau de risco previsto, podem ser antecipadas com 72h, situações de emergência para o navio, bem como para a segurança das operações portuárias e emitidos os alertas adequados às autoridades responsáveis.

Todas as informações fornecidas por este sistema estão disponíveis num site dedicado e aplicativo móvel. Adicionalmente, um boletim de alerta é enviado por correio eletrónico às autoridades responsáveis. Deste modo, os responsáveis portuários beneficiam de uma ferramenta de apoio à decisão para implementar medidas de mitigação em tempo útil de modo a prevenir acidentes e perdas económicas.

Como qualquer sistema de alerta precoce, é fundamental que o sistema seja preciso e confiável. No entanto, todo o sistema baseia-se nas previsões das características das ondas locais que são fornecidas pelos modelos numéricos SWAN e DREAMS, que por

sua vez apresentam limitações, as quais resultam em estimativas que podem não ser suficientemente precisas em todas as situações. Assim, para obter previsões locais mais precisas, foi desenvolvido um novo método, baseado em redes neurais, de modo a otimizar as previsões produzidas pelo sistema. Neste sentido, utilizando uma base de dados disponível de medições *in situ* de bóias, sensores de pressão e/ou estações meteorológicas, efetuou-se o treino de redes neurais para otimizar os resultados dos modelos numéricos de propagação das ondas.

Neste trabalho, foram treinadas três Redes Neurais (RN) para avaliar a possibilidade de melhorar a precisão das previsões de altura, período e direção de onda locais. Para o desenvolvimento das RNs, foi utilizada a biblioteca de redes neurais de código aberto Keras, escrita em Python. Uma RN é composta por uma camada de entrada, várias camadas ocultas e uma camada de saída. Cada camada tem um certo número de nós. Os nós em camadas ocultas são neurónios. Os neurónios são distribuídos em várias camadas ocultas que aplicam diferentes transformações aos dados de entrada. Todos os neurónios em uma camada oculta estão conectados a todos os neurónios na próxima camada. A camada de saída é a última camada na rede e recebe entrada da última camada oculta.

As redes treinadas provaram fornecer estimativas mais precisas para determinadas variáveis, melhorando assim a confiabilidade do sistema de previsão.

Palavras-Chave: previsão de agitação marítima, redes neurais, riscos em portos, navegação

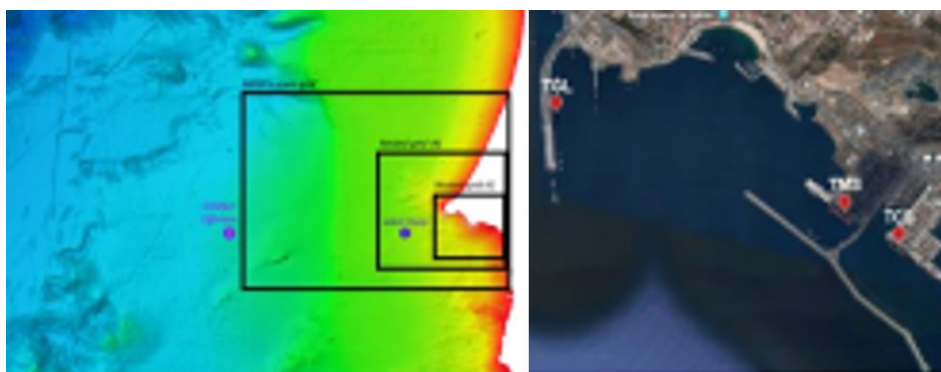


Figura 1 - Porto de Sines. Esquerda: Batimetria da área, domínios computacionais do SWAN e localização da boia. Direita: Localização dos terminais.

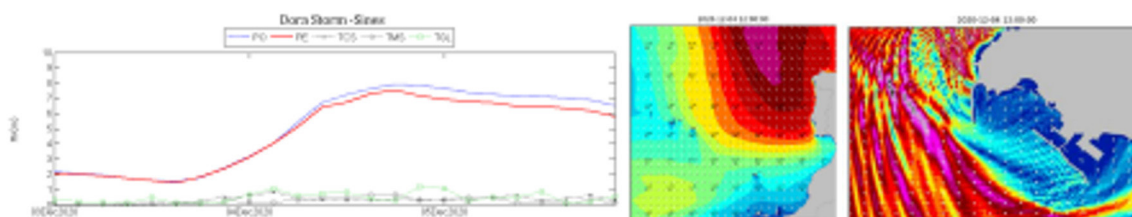


Figura 2 – Previsões de ondas e vento na tempestade Dora (2020). Previsões ECMWF-WAM (à direita). Resultados do DREAMS (à esquerda); Previsões de alturas de onda (à esquerda), ao largo (PO), junto à entrada do porto (PE) e junto aos terminais de contentores (TCS), multifuncional (TMS) e de graneis líquidos (TGL).

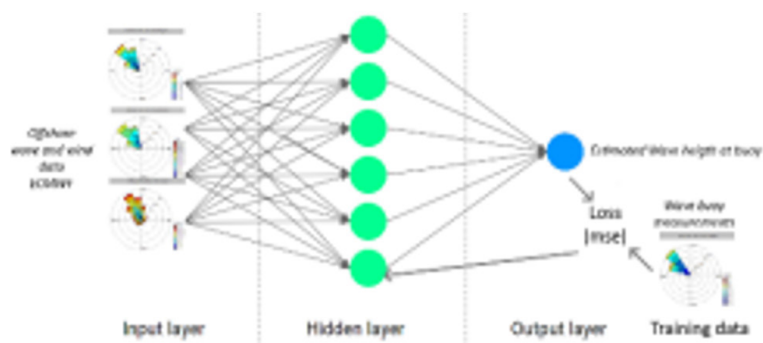


Figura 3 – Estrutura da rede neuronal para estimativa/previsão da altura de onda significativa na boia de Sines.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do projeto “Fundo Azul” BlueSafePort (Ref: FA_04_2017_016) - Sistema de Segurança para Navios de Manobra e Amarrados em Portos e do projeto FCT To-SeAlert: (Ref. PTDC/EAM-OCE/31207/2017).

REFERÊNCIAS

Pinheiro, Fortes, Reis, Santos, Guedes-Soares (2020): Risk Forecast System for Moored Ships. Coastal Engineering Proceedings, (36v), management.37. <https://doi.org/10.9753/icce.v36v.management.37> Korsemeier, Lee, Newman, Sclavounos (1988): The analysis of wave effects on tension-leg platforms, 7th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Houston, Texas, pp. 1-14.

MODELAÇÃO DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA NAS PRAIAS DA COSTA DA CAPARICA PARA DIFERENTES CENÁRIOS DE INTERVENÇÃO

Francisco SANCHO¹, Vitor PISCO¹

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, fsancho@lnec.pt, lportela@lnec.pt, vpisco@lnec.pt

RESUMO

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA) contratou ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), em 2018, a realização de estudos sobre a morfodinâmica das praias da Costa da Caparica que suportem e otimizem a tomada de decisão futura sobre intervenções na zona. Apresenta-se nesta comunicação uma súmula dos resultados finais das simulações da evolução da linha de costa, a médio-longo prazo, para diferentes cenários de intervenção.

Numa primeira fase do trabalho, procedeu-se ao estabelecimento e calibração do modelo de simulação da evolução da linha de costa LITMOD (Vicente e Clímaco, 2003) no arco litoral Cova do Vapor – Praia das Bicas (Sancho, 2020). Na segunda fase, aqui apresentada, concretiza-se a exploração do modelo. Os resultados consistem na previsão da evolução da linha de costa, a médio-longo prazo (no período de 25 anos compreendido entre 2018 e 2043), para dezasseis diferentes cenários de intervenção (Quadro 1 e Figura 1), definidos em articulação com a APA, nomeadamente, alimentações de média e elevada magnitude, localizadas ou distribuídas no espaço e no tempo, e com ou sem alteração das estruturas e das condições de retenção existentes.

Primeiramente, concluiu-se que, apesar das limitações e capacidades do modelo LITMOD, a sua aplicação permitiu obter resultados plausíveis das evoluções da linha de costa e dos transportes sólidos longilitorais, em particular, no trecho costeiro compreendido entre as Praias da Cornélia/Saúde e a extremidade norte da Praia de São João. O trecho das praias da Costa da Caparica apresenta tendência erosiva sem ações de intervenção, corrigível a curto e médio prazo por ações de alimentação artificial, eventualmente conjugadas com alterações nas obras de defesa costeira. A aplicação do modelo permitiu comparar diferentes estratégias de alimentação artificial e de eliminação, aumento ou redução do comprimento dos esporões existentes nas praias da Costa da Caparica.

Resultam, desta comparação, três ideias-chave:

- i. A continuação de intervenção em linha com a atual estratégia, i.e., de efetuar alimentações artificiais periódicas equivalentes a aproximadamente 1×10^6 m³, quinquenalmente, permite estabilizar a linha de costa. A restrição da zona de alimentação às praias urbanas da Costa da Caparica (entre os esporões EC1 e EC7) poderia melhorar ainda a eficácia e durabilidade daquelas operações, parecendo contribuir até para uma ligeira acreção da linha de costa a longo termo;
- ii. A eventual remoção de esporões não favorece a estabilidade da linha de costa, pelo contrário, a sua existência permite evitar maiores erosões, que eventualmente ocorreriam caso não houvesse operações de alimentação artificial ou esgotada a eficácia destas;

- iii. O aumento do comprimento do esporão EV1, que limita a praia de São João da Caparica a norte, contribui para a estabilização da linha de costa e aumento do areal naquela praia. Os ganhos volumétricos aparentam ser (não linearmente) proporcionais ao aumento do comprimento do esporão, em particular, para as configurações mais compridas. Porém, o eventual incremento do comprimento do EV1 deveria ser precedido de estudos mais aprofundados, dada a elevada complexidade dos fenómenos hidro-sedimentares naquele local de embocadura.

Em síntese, considera-se que será necessário continuar a manter ações de proteção costeira e de contenção do recuo da linha de água nas praias da Costa da Caparica, em especial, na frente marítima urbana.

Palavras-Chave: Modelo 1-linha; Transporte sedimentar longitudinal; Alimentação artificial; Esporões.

Quadro 1 – Cenários de intervenção simulados.

Cenário	Descrição
A	Manutenção das estruturas existentes:
A1	Com alimentação periódica de $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ a cada 5 anos
A2	Com uma única alimentação de elevada magnitude, de $3 \times 10^6 \text{ m}^3$
A3	Sem alimentação artificial
A4	Com alimentação periódica de $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ a cada 5 anos, restringida ao campo de esporões
B	Com alteração ou remoção de estruturas:
B1	Igual ao A1, com remoção dos esporões EC1 a EC7
B2	Igual ao A1, com remoção dos esporões EC2, EC3, EC5, EC6
B3.1	Igual ao B1, com prolongamento do esporão EV1 em 100 m
B3.2	Igual ao B1, com prolongamento do esporão EV1 em 200 m
B3.3	Igual ao B1, com prolongamento do esporão EV1 em 300 m
B4.1	Igual ao A1, com prolongamento do esporão EV1 em 100 m
B4.2	Igual ao A1, com prolongamento do esporão EV1 em 200 m
B4.3	Igual ao A1, com prolongamento do esporão EV1 em 300 m
B5.1	Igual ao A3, com prolongamento do esporão EV1 em 100 m
B5.2	Igual ao A3, com prolongamento do esporão EV1 em 200 m
B5.3	Igual ao A3, com prolongamento do esporão EV1 em 300 m
B6	Igual ao A1, com remoção dos esporões EC1, EC2, EC4, EC6 e EC7, e com prolongamento do esporão EV1 em 300 m

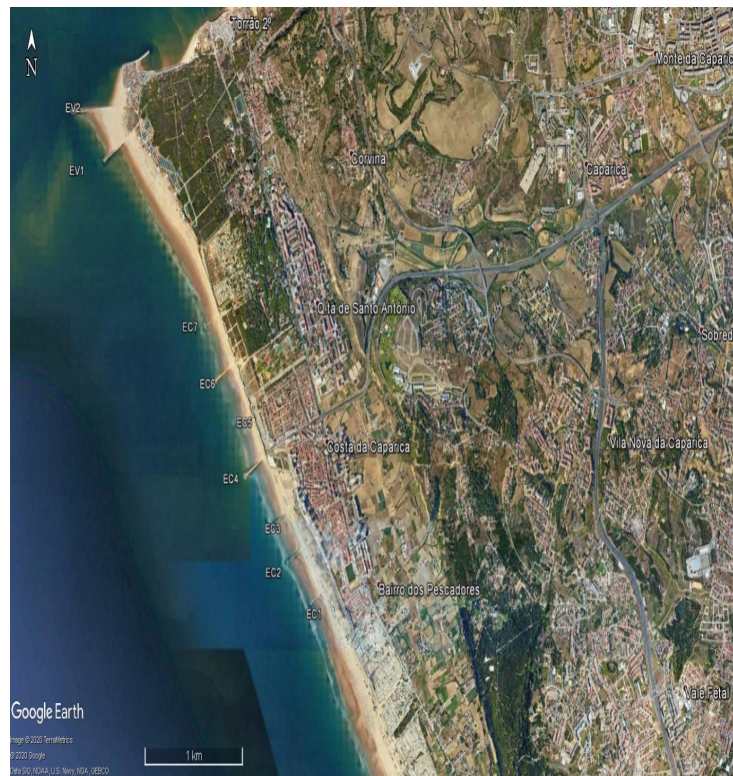


Figura 1 – Identificação dos esporões existentes no trecho de estudo.

REFERÊNCIAS

- Sancho, F., 2020 – Modelação para apoio às intervenções nas praias da Costa da Caparica – Almada; Estudo II – Modelação da evolução morfológica para diferentes cenários de intervenção. Aplicação do modelo. LNEC - Proc. 0604/111/21737. Relatório 111/2020 – DHA/NEC.
- Vicente, C.; Clímaco, M., 2003 – Evolução de Linhas de Costa. Desenvolvimento e Aplicação de Um Modelo Numérico. ICT-ITH 42. LNEC, Lisboa.

REGA INTERMITENTE DO ARROZ (ALTERNATE WETTING AND DRYING) - EFEITOS SOBRE A PRODUTIVIDADE E CONTRIBUTOS PARA O DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE

José Manuel GONÇALVES¹, Manuel NUNES¹, António JORDÃO², José PAIXÃO³, Rui EUGÉNIO⁴, António RUSSO³, Henrique DAMÁSIO⁴, Sérgio OLIVEIRA¹, Susana FERREIRA¹, Isabel Maria DUARTE^{1,5}, Kiril BAHCEVANDZIEV^{1,5}

¹ Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária de Coimbra, Portugal; jmmg@esac.pt; mnunes@esac.pt; sergio_luis_92@hotmail.com; susana.ferreira@esac.pt; iduarte@esac.pt; kiril@esac.pt.

² Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro; antonio.jordao@drapc.gov.pt.

³ Associação de Beneficiários da Obra de Fomento Hidroagrícola do Baixo-Mondego, Montemor-o-Velho; jmjpaiXao@gmail.com, dilarusso@gmail.com

⁴ Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis, Leiria; eugenio-rui@sapo.pt, hdamasio71@gmail.com

⁵ CERNAS-Research Centre for Natural Resources, Environment and Society, 3045-601 Coimbra, Portugal

RESUMO

Introdução. A cultura do arroz tem um importante valor económico e social em Portugal, sendo cultivada em canteiros de nível e regada por alagamento em submersão contínua. A elevada necessidade de água de rega da cultura, o risco de poluição dos recursos hídricos e as emissões de metano para a atmosfera são problemas ambientais dos agroecossistemas orizícolas que requerem mudanças agronómicas e novas soluções tecnológicas de economia de água para salvaguardar sua produção sustentável, no contexto das mudanças globais e climáticas e também atender à formação de um consenso social emergente. Uma das soluções para poupança de água é o Alagamento Intermitente (*alternate wetting and drying*, AWD), que consiste numa sequência de ciclos de inundação, com lâminas de água de reduzida espessura, seguidas de períodos de recessão e secagem. Estes ciclos podem ocorrer na totalidade ou em parte do ciclo cultural. A recessão é devida apenas à infiltração e evaporação, deixando a camada superficial do solo em condição não saturada por alguns dias até ao ciclo de inundação seguinte. Na opção de *AWD leve* o solo é mantido em secagem até que pequenas fendas sejam visíveis no solo, ou a até que a diminuição do seu potencial hídrico não cause stresse significativo na cultura. Os objetivos do estudo objeto desta apresentação foram testar o AWD, comparar o AWD com o alagamento tradicional (*Continuous Flooding*, CF), e desenvolver linhas gerais para aplicação do AWD na orizicultura da Beira-Litoral.

Material e métodos. O estudo experimental desenvolveu-se entre 2020 e 2021 em três locais na Beira-Litoral: Quinta do Canal (QC) e Bico da Barca (BB), no Aproveitamento Hidroagrícola (AH) do Baixo-Mondego, e na Empresa Nuno Guilherme (NG) no AH do Vale do Lis, no âmbito do projeto MEDWATERICE do programa PRIMA -. As medições de campo incluíram a hidrodinâmica do solo, nível do lençol freático, nível da água em relação à superfície do solo, programação e dotações de rega, operações culturais e produtividade do arroz. Em cada local foram consideradas duas parcelas para avaliar as práticas de

rega CF e AWD. As medições e avaliações realizadas nestas parcelas incluíram registos diários de: caudais de alimentação e de drenagem, por descarregadores ou contadores volumétricos; armazenamento de água do canteiro através de tubos de água, equipados com sensores limnimétricos automáticos; evaporação a partir da água livre, com base em tina evaporimétrica classe A; evapotranspiração de referência, pelo método de Penman-Monteith, com base em dados de estações meteorológicas locais; evapotranspiração cultural (ETc) através dos coeficientes culturais; e a percolação profunda determinada pelo método do balanço hidrológico diário ao nível do canteiro. Foram aplicadas as técnicas culturais convencionais no que respeita à preparação do solo, fertilização e controlo sanitário, e usadas duas variedades de arroz carolino (Ariete no Baixo-Mondego; Luna no Vale do Lis). Para avaliar a produtividade, foram colhidas amostras da cultura em pontos representativos, com sub-área unitária de 0.5 m².

Resultados. Os resultados obtidos mais significativos do uso de água e produtividade estão apresentados nas tabelas 1 e 2. De referir que os teores de arsénio e cádmio do grão não registaram diferenças entre os tratamentos CF e AWD.

Conclusões. Este estudo confirmou o interesse da técnica do AWD da rega do arroz na Beira Litoral, que deve ser aplicado a partir da fase reprodutiva até ao final da estação, através de 2 a 4 ciclos de alagamento intermitente, com um período seco de 4-5 dias em cada ciclo, permitindo uma poupança de água relativamente ao alagamento tradicional contínuo de cerca de 10%, e um período adicional de 10-20 dias com solo seco, com a consequente redução das emissões de metano para a atmosfera. No entanto é de esperar que o AWD implique um decréscimo de produção de grão de cerca de 5%. Assim, deve evitar-se a sua aplicação nos períodos de maior sensibilidade da cultura, atendendo às condições climáticas. A poupança de água ocorre de meados de julho ao final da campanha, em setembro, portanto, no período de maior procura de água de rega da generalidade das culturas. Para a maior eficácia do AWD, deve ser incentivada a prática mais regular e rigorosa da manutenção do nivelamento. A necessidade de realizar regas frequentes planeadas durante o período de AWD, pode justificar o uso de dispositivos de controlo de caudal e de nível de água mais precisos, sendo de grande interesse a aplicação de sistemas automáticos. O AWD deve ser aplicado após o início da fase reprodutiva. Na fase inicial e vegetativa da cultura deve manter-se a prática tradicional de alagamento devido a critérios agronómicos, tais como o controlo térmico, o controlo de infestantes, o atenuar o efeito do vento e o permitir tratamentos fitossanitários.

Financiamento. Projecto MEDWATERICE-PRIMA-0005-2018: Utilização sustentável da água nos agroecossistemas de orizicultura na região mediterrânica, Fundação para a Ciência e Tecnologia.

Palavras-Chave: Rega do arroz; AWD, Alternate wetting and drying; sustentabilidade da orizicultura; MEDWATERICE.org; Beira Litoral.

Tabela 1: Parâmetros de uso da água (médias e desvio padrão; período 2020-2021) da dotação bruta de rega (I), evapotranspiração cultural (ETc), precipitação (P), percolação profunda (DP) e drenagem superficial (SD), relativos à totalidade do período cultural e ao período após a fase vegetativa, dos tratamentos CF e AWD.

Local experimental	Uso da água (mm)	Totalidade do período cultural		Após fase vegetativa	
		CF	AWD	CF	AWD
QC	ETc	667.2 ± 29.0	661.6 ± 23.4	289.8 ± 9.1	284.2 ± 3.5
	I	1483 ± 104.5	1327 ± 61.0	634.3 ± 17.2	459.8 ± 34.6
	P	157.8 ± 27.4	157.8 ± 27.4	78.8 ± 1.2	78.85 ± 1.2
	DP	600.2 ± 61.8	518.4 ± 98.6	302.8 ± 41.4	223.6 ± 71.0
	SD	408.2 ± 108.2	345.4 ± 115.4	167.0 ± 44.6	77.5 ± 39.5
BB	ETc	594.2 ± 6.2	584.2 ± 16.1	279.0 ± 2.9	269.7 ± 6.3
	I	1865 ± 140.5	1473 ± 48.6	740.6 ± 1.5	467.8 ± 69.7
	P	131.6 ± 32.0	131.6 ± 32.0	84.0 ± 3.8	84.0 ± 3.8
	DP ¹	1342 ± 78.8	1027 ± 47.5	642.5 ± 8.9	436.7 ± 57.4
NG	ETc	677.9 ± 3.2	664.8 ± 8.5	358.8 ± 11.4	345.7 ± 16.7
	I	1327 ± 35.0	1194 ± 25.5	677.8 ± 38.6	545.6 ± 28.6
	P	102.2 ± 20.4	102.2 ± 20.4	74.0 ± 5.6	74.0 ± 5.6
	DP	638.1 ± 50.3	590.4 ± 84.2	374.0 ± 43.8	327.2 ± 78.6
	SD	135.0 ± 19.8	112.8 ± 5.45	41.0 ± 4.5	18.8 ± 18.8

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão de dotação bruta de rega (I), produção de grão inteiro com 14% de humidade (Y), produtividade da água (WP), peso de 1000 grãos (G) e produção de palha (RS) dos tratamentos CF e AWD, no período 2020-2021.

Local experimental	Método	I (mm)	Y (t/ha)	WP (kg/m ³)	G (g)	RS (t/ha)
QC	CF	1483 ± 104.5	8.542 ± 1.041	0.541 ± 0.062	27.0 ± 1.95	5.595 ± 0.11
	AWD	1327 ± 61.0	8.101 ± 1.151	0.573 ± 0.094	26.4 ± 2.50	5.910 ± 0.29
BB	CF	1865 ± 140.5	6.613 ± 1.489	0.353 ± 0.117	27.7 ± 3.30	4.560 ± 0.11
	AWD	1473 ± 48.6	6.128 ± 1.996	0.397 ± 0.137	28.3 ± 2.70	4.735 ± 0.55
NG	CF	1327 ± 35.0	6.149 ± 0.156	0.401 ± 0.035	28.1 ± 3.95	4.145 ± 0.02
	AWD	1194 ± 25.5	5.986 ± 0.327	0.428 ± 0.024	27.5 ± 3.35	3.825 ± 0.18

AVALIAR OS RISCOS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA EM PORTUGAL (PROJETO FRISCO)

Luís DIAS¹, João Pedro NUNES^{1,2}, Joana PARENTE¹, Akli BENALI³,
Oscar GONZÁLEZ-PELAYO⁴, Ana SÁ³, Dina JAHANIANFARD³, Niels NITZSCHE¹,
Joost SCHUURMAN², Jantiene BAARTMAN², Carlos BRITO⁵

¹ cE3c - Center for Ecology, Evolution and Environmental Changes & CHANGE - Global Change and Sustainability Institute, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal, lfdias@fc.ul.pt; joaparente@gmail.com; joao.carvalhonunes@wur.nl; niels.nitzsche@gmx.de

² Soil Physics and Land Management Group, Wageningen University & Research, the Netherlands, j.a.schuurman@students.uu.nl; jantiene.baartman@wur.nl

³ Forest Research Centre (CEF), Instituto Superior de Agronomia, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal, aklibenali@gmail.com; anasa30@gmail.com; dinaj@ua.pt

⁴ Centre of Environmental and Marine Studies (CESAM), University of Aveiro, Portugal, oscargonzalezpelayo@ua.pt

⁵ AdP Valor, Grupo Águas de Portugal, S.A., Rua Visconde de Seabra 3, 1700-421 Lisboa, carlos.brito@adp.pt

RESUMO

Os incêndios florestais podem levar à contaminação dos recursos hídricos com sedimentos finos, nutrientes e cinzas, sendo necessário aos gestores da água informação suficiente para determinar o risco pós-fogo e selecionar as medidas mais adequadas para mitigar esses impactos. O projeto FRISCO procura dar resposta a essas necessidades, integrando investigadores e gestores da água na construção de uma metodologia de avaliação de risco que permita a reação em tempo útil, e na definição das medidas que podem tomar.

Palavras-Chave: incêndios florestais; contaminação dos recursos hídricos; medidas mitigadoras pós-fogo, avaliação de risco de contaminação.

1. INTRODUÇÃO

O crescente despovoamento e abandono de vastas áreas do território aleado a uma baixa rentabilidade de muitas atividades nas áreas rurais, levaram à proliferação de florestas não geridas e a incêndios cada vez mais frequentes e severos (Shakesby, 2011). Estes incêndios podem contaminar cursos de água com sedimentos finos, nutrientes e cinzas (Bodí et al., 2014), ameaçando os ecossistemas aquáticos (Verkaik et al., 2013) e, consequentemente, o abastecimento de água (Martin, 2016).

Os processos de mobilização de sedimentos e contaminantes em áreas ardidas tem sido estudado nos últimos anos. Porém, a ligação entre essa mobilização e o processo de contaminação dos recursos hídricos, a grande escala, continua pouco estudado (Nunes et al., 2018).

O projeto FRISCO considera que os avanços recentes no âmbito da análise ao comportamento do incêndios e das intervenções na paisagem pós-fogo, contribuem para o desafio da avaliação e mapeamento dos riscos de contaminação dos recursos

hídricos após a ocorrência de incêndios florestais. Neste pressuposto, o projeto estudou, para Portugal continental, a severidade dos incêndios, a mobilização de contaminantes e sedimentos nas áreas ardidas, os impactos subsequentes na qualidade da água, e a eficácia de medidas mitigadoras para minimizar os efeitos dos incêndios florestais na qualidade dos recursos hídricos. Estas análises permitiram, por exemplo, a construção de uma matriz de risco e respetiva cartografia para identificar e avaliar a probabilidade de modificações significativas na qualidade da água pós-fogo.

2. EQUADRAMENTO

O projecto FRISCO centra-se em Portugal continental, como área representativa da região mediterrânica. O país é composto por uma extensa área florestal e tem registado incêndios florestais de forma frequente e recorrente desde os anos 70. Dispõe também de uma grande base de dados histórica de acesso livre sobre a qualidade da água (SNIRH), o que o potencia como caso de estudo privilegiado para se identificar os impactos dos incêndios florestais na qualidade dos recursos hídricos.

Com este objetivo foram definidas áreas de estudo que dispõem de dados sobre qualidade da água da rede SNIRH e que procuram integrar diferentes fontes de abastecimento de água (nomeadamente captação directa de água nos rios, reservatórios de baixa capacidade, e reservatórios de grande volume), bem como diferentes regimes de incêndios. Com base nestas áreas, foram feitas as seguintes análises:

- a) Caracterização dos impactos do incêndios na vegetação e solos em Portugal Continental, nos últimos 20 anos (2001 a 2020), através da estimação da severidade, com recurso a imagens de satélite e dados de campo, aplicando-se a diferença do normalized burn ratio (dNBR) no pré- e pós-fogo;
- b) Identificação de episódios de contaminação pós-fogo nas principais fontes de abastecimento de água, nos últimos 20 anos, através da análise a oito parâmetros de qualidade da água, disponibilizados no SNIRH e com recurso a uma regressão logística usando Modelos Aditivos Generalizados;
- c) Desenvolvimento de uma matriz de risco para identificar a possibilidade de modificações significativas na qualidade da água no pós-fogo;
- d) Desenvolvida de cartografia de risco de contaminação da água no pós-fogo, para Portugal continental.

As bacias hidrográficas dos rios Águeda e Odeáxere foram seleccionadas para uma análise de pormenor, com recurso aos modelos de erosão e transporte LAPSUS e OpenLISEM. Estes foram usados nas seguintes análises:

- a) Quantificação da mobilização e o transporte de contaminantes em situação de pré- e pós-fogo, no curto e no longo prazo;
- b) Avaliação da eficácia de medidas minimizadoras dos efeitos dos incêndios florestais na qualidade da água (mulching, barreiras de vegetação ripícolas, barreiras de troncos caídos, barreiras de mangas de palha e barreira de vale e cômbró;
- c) Desenvolvimento e aplicação de uma metodologia simplificada de identificação de zonas prioritárias que combina o índice de conectividade de *Borselli* (Borselli et al., 2008) com o modelo revisto da Equação Universal de Perda de Solo (RUSLE), para aplicação operacional.

Todo o processo envolveu atores chave relacionados com a gestão da água.

3. RESULTADOS

As análises realizadas permitiram, entre outros, os seguintes resultados:

- a) A produção de um atlas com a severidade dos incêndios entre 2001 e 2020, tendo sido validado o grau de severidade obtido no ano de 2020, com dados de campo (González-Pelayo et al., 2021);
- b) A variabilidade meteorológica pós-fogo, a conectividade da paisagem e a recorrência dos incêndios são mais importantes do que a severidade dos incêndios florestais para a mobilização e transporte de sedimentos (Follmi et al., 2022; Wu, Baartman, et al., 2021a, 2021b; Wu, Nunes, et al., 2021);
- c) O mapeamento de zonas prioritárias de mobilização de cinza e sedimentos com potencial de contaminar linhas de água, pode ser obtida através de métodos simplificados e de rápida aplicação pós-fogo (Parente et al., 2023);
- d) Identificaram-se modificações em pelo menos um parâmetro de qualidade da água em 40% dos incêndios florestais analisados, sendo o P, o NO₃ e os sedimentos em suspensão os mais sensíveis a alterações (Nitzsche et al., 2022);
- e) Entre as medidas estudadas, as barreiras de troncos caídos e as barreiras de mangas de palha são as mais eficazes para diminuir os impactos pós-fogo na qualidade da água, no que diz respeito aos sedimentos (Faria, 2022);
- f) Foi identificada uma relação entre a percentagem de área ardida de uma bacia e o volume de água armazenado num reservatório da mesma bacia, o que permitiu identificar modificações significativas na qualidade da água, bem como a construção de uma matriz de risco de potencial contaminação da água pós-fogo (Nitzsche et al., 2022).

Presentemente e no âmbito do projeto FRISCO, estes resultados estão a ser sumarizados num manual prático de gestão de contaminação pós-fogo e algumas das análises em processo de publicação em revistas científicas com revisão por pares.

AGRADECIMENTOS

O projeto FRISCO é financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (ref. ^a PCIF/MPG/0044/2018).

BIBLIOGRAFIA

- Bodí, M. B., Martín, D. A., Balfour, V. N., Santín, C., Doerr, S. H., Pereira, P., Cerdà, A., & Mataix-Solera, J. (2014). Wildland fire ash: Production, composition and eco-hydro-geomorphic effects. *Earth-Science Reviews*, *130*, 103–127. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.12.007>
- Borselli, L., Cassi, P., & Torri, D. (2008). Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. *CATENA*, *75*(3), 268–277. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.07.006>
- Faria, B. (2022). *Assessing the Effectiveness of SLM Measures in Restoring Forest Ecosystem Services Disturbed by Forest Fires: A case study in the Odiáxere catchment using OpenLISEM* [Master]. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Follmi, D., Baartman, J., Benali, A., & Nunes, J. P. (2022). How do large wildfires impact sediment redistribution over multiple decades? *Earth Surface Processes and Landforms*, *47*(13), 3033–3050. <https://doi.org/10.1002/esp.5441>

González-Pelayo, O., Silva, J., Benali, A., Aparício, B. A., & Nunes, J. P. (2021). Managing fire-induced risks of water quality contamination. Linking satellite-derived burn severity with field estimates. *II Seminário Da Rede Incêndios-Solo "Incêndios, Solos e Território: Da Ameaça à Sustentabilidade."*

Martin, D. A. (2016). At the nexus of fire, water and society. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696), 20150172. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0172>

Nitzsche, N., Parente, J., & Nunes, J. P. (2022). Evaluating and Interpreting Post-fire Water Quality Changes in Portuguese Reservoirs . *EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-4224*, <https://doi.org/10.5194/EGUSphere-Egu22-4224>.

Nunes, J. P., Doerr, S. H., Sheridan, G., Neris, J., Santín, C., Emelko, M. B., Silins, U., Robichaud, P. R., Elliot, W. J., & Keizer, J. (2018). Assessing water contamination risk from vegetation fires: Challenges, opportunities and a framework for progress. *Hydrological Processes*, 32(5), 687–694. <https://doi.org/10.1002/hyp.11434>

Parente, J., Nunes, J., Baartman, J., & Föllmi, D. (2023). Testing simple approaches to map sediment mobilization hotspots after wildfires. *International Journal of Wildland Fire (In Revision)*.

Shakesby, R. A. (2011). Post-wildfire soil erosion in *the Mediterranean: Review and future research directions*. *Earth-Science Reviews*, 105(3–4), 71–100. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.001>

Verkaik, I., Rieradevall, M., Cooper, S. D., Melack, J. M., Dudley, T. L., & Prat, N. (2013). Fire as a disturbance in mediterranean climate streams. *Hydrobiologia*, 719(1), 353–382. <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1463-3>

Wu, J., Baartman, J. E. M., & Nunes, J. P. (2021a). Comparing the impacts of wildfire and meteorological variability on hydrological and erosion responses in a Mediterranean catchment. *Land Degradation & Development*, 32(2), 640–653. <https://doi.org/10.1002/ldr.3732>

Wu, J., Baartman, J. E. M., & Nunes, J. P. (2021b). Testing the impacts of wildfire on hydrological and sediment response using the OpenLISEM model. Part 2: Analyzing the effects of storm return period and extreme events. *CATENA*, 207, 105620. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105620>

Wu, J., Nunes, J. P., Baartman, J. E. M., & Faúndez Urbina, C. A. (2021). Testing the impacts of wildfire on hydrological and sediment response using the OpenLISEM model. Part 1: Calibration and evaluation for a burned Mediterranean forest catchment. *CATENA*, 207, 105658. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105658>

SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DE CHEIAS NO RIO MINHO, EM MONÇÃO

Isabela Dantas Reis Gonçalves BASTO^{1,2}, Mahdi ALEMI^{1,2},
Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira MAIA^{1,2}

¹ Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, R. Dr. Roberto Frias, Porto, Portugal

² CIIMAR-Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões, Matosinhos, Portugal

Contactos: up201909364@edu.fe.up.pt, malemi@fe.up.pt, rmaia@fe.up.pt

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, foi registado um número significativo de eventos de inundação em municípios portugueses localizados na bacia do rio Minho, tendo grande parte desses eventos provocado danos económicos, ambientais e à saúde da população local (APA, 2022). A zona ribeirinha da cidade de Monção é referida como uma das áreas com maior risco potencial de cheias da região hidrográfica do Minho e Lima (RH1).

Atentos os prejuízos causados por estes eventos naturais extremos, torna-se necessário mapear as extensões das cheias e identificar zonas de maior exposição a estes perigos, apoiando, assim, a tomada de decisão para medidas de mitigação dos efeitos destes eventos.

Este estudo tem como objetivo simular a propagação de cheias no rio Minho, em Monção, para desenvolvimento de mapas de inundação e identificação das áreas com maior suscetibilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O trecho do rio considerado neste estudo compreendeu o troço do rio Minho confinante com a cidade de Monção, sendo que o ponto a montante do escoamento tem início numa região próxima à localidade de Ruivos e o ponto a jusante está situado numa área contígua à freguesia de Cortes, totalizando uma extensão de 6,4 quilómetros. A Figura 1 ilustra a parte portuguesa da bacia do rio Minho, localização do município de Monção e a estação hidrométrica N015, situada na cidade de Salvaterra do Minho, na Espanha.

O modelo numérico escolhido como ferramenta para este trabalho foi o Iber+(www.iberaula.es), que possui uma interface simples e intuitiva, que permite simulações em 2D e a apresentação direta dos resultados no formato de mapas, o que possibilita detetar desde logo as áreas mais afetadas pelo evento de cheia.

Os resultados do modelo foram submetidos a um processo de validação, que se baseou em dois critérios: primeiro, por uma comparação entre os níveis de água simulados e os observados na estação espanhola N015, e posteriormente, através da análise e comparação entre as extensões superficial e as profundidades do escoamento correspondentes às situações de cheias, obtidas pela modelação hidrodinâmica, com base nos registos de imagem de eventos de inundação reportados na área de estudo, disponíveis através das redes sociais e em websites de notícias locais. Após a etapa de

validação do modelo, foram elaborados mapas de inundação considerando caudais de cheia para diferentes tempos de retorno, calculados pelo método de Gumbel, para o período 2008 a 2020.



Figura 1- Área portuguesa da bacia hidrográfica do rio Minho, localização do município de Monção e estação hidrométrica N015.

Os dados utilizados para as simulações numéricas foram: mapas da área de estudo (obtidos através do software QGis), MDT- modelo digital do terreno do PNOA - Plan Nacional de Ortofotografia Aérea, com escala de 2 metros, e séries horárias de caudais e níveis de água, disponibilizadas pela SAIH - Confederación Hidrográfica del Miño-Sil.

Os coeficientes de manning adotados para a rugosidade das superfícies de escoamento foram os valores padrão disponibilizados no modelo Iber+, exceto para o leito normal do rio, de 0,035, valor anteriormente definido com base em uma análise de sensibilidade do modelo. Esta análise também contemplou a escala da malha (domínio espacial em que o Iber+ calcula as equações de águas rasas), a qual foram estudadas as dimensões de 5 e 2 metros. A escala de 2 metros foi considerada por ter apresentado resultados com melhor desempenho.

RESULTADOS E OBSERVAÇÕES FINAIS

Foram executadas simulações para os eventos de cheia em 14 de fevereiro de 2016 (caudal máximo de 3160 m³/s, com TR em torno de 5 anos) e 21 de dezembro de 2019 (caudal máximo 4000 m³/s, equivalente a um TR de aproximadamente 10 anos). Ao comparar os valores simulados e observados na estação hidrométrica, foram obtidas diferenças entre os níveis de água de 1,83% (20 cm) e 4,48% (55 cm), respetivamente.

Foi realizada uma análise visual da extensão superficial atingida pelas águas nas cheias, com base em imagens aéreas dos dias 14 de fevereiro de 2016 e 21 de dezembro de 2019, que estão disponíveis na Internet. Ao verificar os resultados, foram observadas áreas de inundação semelhantes aos das fotografias, sendo o Parque das Termas uma das regiões mais afetadas. Quanto à análise das profundidades de escoamento obtidas por simulação, foi adotado como ponto de referência o antigo edifício do balneário termal do Parque das Termas, com objetivo de comparar os níveis de água observados e simulados. De acordo com imagens da página do Facebook (<https://www.facebook.com/altomihotv>) e Youtube ([youtube.com/watch?v=4L1LSfNQuY](https://www.youtube.com/watch?v=4L1LSfNQuY)) para os dias referidos, as inundações nesta área atingiram profundidades aproximadas de 2,10 metros (na cheia de 2016) e 2,30 metros (na cheia de 2019). Comparando as imagens com as simulações, a diferença totalizou cerca de 6% (12 cm) para o dia 14 fevereiro de 2016 e aproximadamente 0% para dezembro de 2019.

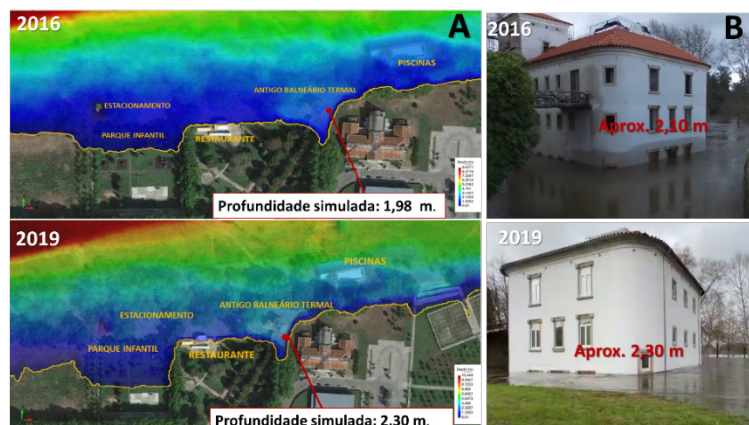


Figura 3- (A) Área de cobertura e profundidades simuladas para os caudais de 3160 m³/s e 4000 m³/s; (B) Inundações no antigo balneário termal nos dias 14 de fevereiro de 2016 e 21 de dezembro de 2019.

Atentos os resultados apresentados nas simulações referidas para o troço de Monção, considerando as fotografias das cheias e a comparação com os níveis de água observados na estação hidrométrica, o modelo apresentou bom desempenho ao representar as cheias nesta região, tanto no retrato da área de inundação, como nos níveis e profundidades de água, com diferenças entre os níveis de escoamento reais e simulados sempre menores que 55 centímetros. As simulações das cheias demonstraram que as regiões mais afetadas são o parque das Termas (especialmente a área do antigo balneário Termal e estacionamento) e o parque da Lodeira e que o centro da cidade não apresenta risco de inundação.

A Figura 4 apresenta o mapa de inundação desenvolvido para os TR 2 anos (2050 m³/s), 5 anos (3160 m³/s), 10 (4000 m³/s) e 50 anos (5500 m³/s).



Figura 4- Mapa de inundação para os caudais com tempos de recorrência de 2, 5, 10 e 50 anos.

Palavras-chave: Mapas de inundação; simulação hidrodinâmica; Iber+; rio Minho.

REFERÊNCIAS

APA- Agência Portuguesa do Ambiente. Plano de gestão dos riscos de inundações da RH1- Minho e Lima. 2022. Disponível em: https://apambiente.pt/_zdata/Políticas/Água/PlaneamentoGestao/PGR1/2022-2027/ParticipacaoPublica/2_Fase/RH1_Relatorio_Cartografia.pdf.

IMPACTE DA DIMENSÃO DA PROPRIEDADE NA POLÍTICA DE GESTÃO DA ÁGUA: O CASO PORTUGUÊS

Maria José VALE

Direção Geral do Território, Rua Artilharia Um, 107, 1099-052 Lisboa, mvale@dgterritorio.pt

RESUMO

A gestão equilibrada de um território requer o conhecimento da distribuição da propriedade por forma a enquadrar estratégias de investimento associadas à preservação e ao uso eficiente de recursos. Perceber o quadro de distribuição da propriedade e as necessidades de consolidar parcerias revela-se fundamental quer em termos de resolução de conflitos, de justiça social, na gestão e afetação de recursos, designadamente associados aos diferentes usos e no quadro das diferentes prioridades de utilização, por forma a desenvolver e consolidar modelos de boa governança capazes de promover o bem comum e um desenvolvimento assente na realidade concreta de gestão.

Ao longo de mais de quatro anos que se desenvolve investigação na Direção Geral do Território associada ao enquadramento do cadastro da propriedade em estratégias de desenvolvimento tendo a gestão e o ordenamento do território como suporte à condução de boas políticas públicas. É esse trabalho que aqui se partilha procurando dar um contributo sólido para a boa governança e o cumprimento dos objetivos de desenvolvimento ambiental sustentável, designadamente as orientações mais recentes preconizadas pela União Europeia (EC, 2022) e pelas Nações Unidas.

O potencial de uso do solo é muito relevante para avaliar necessidades e usos da água. Neste âmbito assume particular relevância o uso agrícola por ser o que recursos hídricos consome: a utilização de água na agricultura, segundo informação da DGADR integrada no, representa cerca de 73% da fração de água utilizada em Portugal (GPP, 2020). Tendo em conta a relevância do sector agrícola na gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos disponíveis, e que existe uma estreita relação entre as ferramentas e incentivos à produção, as estratégias de desenvolvimento do sector e a dimensão da propriedade revela-se fundamental, numa estratégia de gestão de recursos hídricos, perceber a distribuição da propriedade. Faz-se por isso a análise à distribuição do cadastro da propriedade em Portugal Continental apresentando-se uma análise em grandes números, feita por concelho e descrevem-se os aspetos fundamentais a ter em conta na sua interpretação, compreensão e potencial de uso em trabalhos subsequentes.

O primeiro quadro de análise é detalhado, numa análise mais fina feita por quantis para promover um maior rigor das estimativas relativas à dimensão da propriedade. Apresentados e discutidos os resultados relativos à distribuição da propriedade, dão-se algumas notas sobre os desenvolvimentos em curso relativos à análise da dimensão da propriedade, contextualizando a sua relevância na transformação da paisagem e no uso eficiente mas sustentável dos recursos que cada lugar encerra, por forma a promover o desenvolvimento de estratégias de desenvolvimentos mais justas e a permitir a monitorização da implementação de políticas públicas associadas a cada território, atendendo à diversidade da paisagem de Portugal. A abordagem proposta pode, com relativa facilidade, ser aplicada a realidades distintas e consolidar estratégias de desenvolvimento integradas ponderando interesses particulares e coletivos, potenciando em colaboração, investimento e preservação, consolidando modelos de desenvolvimento equilibrados e justos.

Palavras-Chave: Cadastro da propriedade; sustentabilidade; gestão da água.

RESULTADOS DE DOIS ANOS DE ESTUDO DO GRUPO OPERACIONAL OLIVICULTURA E AZEITE- SUSTENTOLIVE - MELHORIA DAS PRÁTICAS DE REGA E FERTILIZAÇÃO NAS EXPLORAÇÕES OLIVÍCOLAS EM TRÁS-OS-MONTES PARA A SUSTENTABILIDADE DO OLIVAL

Anabela FERNANDES-SILVA^{1,2,3}, André COELHO¹, Susana CASAL⁴, Thyago BRITO¹

¹ Departamento de Agronomia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta dos Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal; anaaf@utad.pt; andre_filipe_coelho@hotmail.com; thyagob@utad.pt

² Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta dos Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

³ Inov4Agro - Institute for Innovation, Capacity Building and Sustainability of Agri-food Production

⁴ LAQV/REQUIMTE, Laboratório de Bromatologia e Hidrologia, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Rua de Jorge Viterbo Ferreira, 228, 4050-313 Porto, Portugal; sucasal@ff.up.pt

RESUMO

O olival compreende atualmente uma elevada posição estratégica no panorama de desenvolvimento rural no País, com uma área total de 377 234 ha, dos quais 31,7% são de regadio. Na região de Trás-os-Montes, a segunda região de importância (81691 ha) apenas 6% da área total é regada, sendo expectável que ocorra um aumento apreciável num futuro próximo, quer por novas plantações em regadio, quer pela reconversão de olivais de sequeiro ao regadio. Para o efeito, contribui o fácil acesso à água para a rega dos principais aproveitamentos hidroagrícolas da região. Dentre estes, destacam-se o Empreendimento Hidroagrícola do Vale da Vilariza, com uma ocupação cultural cerca de 2 500 ha, dos quais 30% por olival de regadio, e o Aproveitamento Hidroagrícola de Macedo de Cavaleiros. Acresce ainda, o aumento à bombagem de águas subterrâneas e à construção de pequenas “charcas”, para armazenamento de águas pluviais para regar olivais localizados fora dos perímetros de rega.

Apesar das suas características de tolerância à seca, a oliveira estará exposta num futuro próximo a períodos de seca mais prolongados, associados a elevada intensidade da radiação solar e temperatura do ar, criando-se condições em que o défice hídrico poderá tornar-se crítico mesmo para espécies adaptadas à seca. Assim, nos dias de hoje, a necessidade de gerir a rega de forma eficiente ganha especial atenção, como forma de minimizar os impactos negativos das alterações climáticas na produtividade do olival, fator chave para garantir a sua sustentabilidade. Neste sentido, surgiu o projeto Grupo Operacional (GO) Olivicultura e Azeite, cujo objetivo geral é o de melhorar as práticas de rega nas explorações olivícolas em Trás-os-Montes para uma gestão eficiente da água de rega pela adoção de diferentes estratégias de rega deficitária de forma a otimizar a produtividade da água, com vista à Eco - Sustentabilidade da olivicultura na região, como uma das formas de prevenir a desertificação do interior Norte do País. Neste trabalho serão apresentados resultados obtidos em dois olivais comerciais com diferentes cultivares. O olival com a Cv. Cobrançosa (6 m x 6 m) está localizado em Vilarelhos (41,33° N, 7,04° W;

240 m de altitude), no Vale da Vilariça, perto de Alfândega da Fé e o da Cv. Madural (7m x 7 m) na freguesia de Rego de Vide (41,24° N, 7,13° W; 350 m de altitude) no concelho de Mirandela. Em cada ensaio foram implementados seis tratamentos de rega desde o final da primavera ao início do outono (junho-outubro): conforto hídrico (FI) equivalente a 100% das necessidades hídricas do olival; rega superior em 20% ao FI (FI120), duas estratégias de rega deficitária contínua, em que a quantidade de água fornecida à planta foi reduzida em, respetivamente, 60% (SDI₆₀) e 30% (SDI₃₀) em relação ao tratamento FI durante todo o ciclo de rega; e duas estratégias de rega deficitária controlada, com fornecimento de água em 100% (RDI₁₀₀) e 60% (RDI₆₀) em relação ao tratamento FI nos estados fenológicos mais sensíveis ao stress hídrico, reduzindo-se para 10%FI o volume de água no RDI₁₀₀ e para 0% no RDI₆₀ na fase do endurecimento do caroço.

O défice hídrico imposto pela redução do volume de água aplicada nos tratamentos de rega deficitária influenciaram negativamente o estado hídrico da oliveira e a sua performance fisiológica, especialmente no tratamento SDI₃₀ e RDI₆₀, mas não provocou diferenças importantes ao nível do crescimento vegetativo. Contudo, verificou-se que o stress hídrico, afetou negativamente o conteúdo de gordura nos dois ensaios. Na Cv. Cobrançosa foi observada uma boa relação entre a concentração de gordura ($r^2 = 0,89$; $p < 0,01$) e o integral do stress hídrico, avaliado pelo potencial hídrico ao meio-dia. A concentração de gordura nos frutos variou de 32,4-32,9% (SDI₃₀) a 43,1-47,9% (FI₁₀₀). Já no tratamento RDI₁₀₀ a concentração em gordura e a produtividade em azeite não foi estatisticamente diferente do controle (FI₁₀₀). Além disso, o teor de gordura por fruto (mg de gordura/peso seco do fruto) foi afetado pelo stress hídrico, exceto no tratamento RDI₁₀₀. O azeite obtido do tratamento mais estressado foi o mais rico em compostos minoritários, como vitamina E e polifenóis derivados de secoiridóides (hidroxitirosol hidrolisado e tirosol). Os resultados da colheita de 2020 indicaram que todo o azeite de azeitonas submetidas a tratamentos de rega deficitária e do tratamento em conforto hídrico atendeu à alegação nutricional de saúde em polifenóis. As estratégias RDI tiveram efeito positivo sobre as duas estratégias SDI, principalmente a RDI₁₀₀, pois aumentou o rendimento de gordura quase para o dobro em relação ao SDI₆₀ e para mais do dobro em relação ao SDI₃₀, indicando ser uma boa estratégia de rega deficitária para implementar na Cv. Cobrançosa nesta região. Para um melhor desempenho da RDI₆₀, parece que interromper a rega por completo no período de endurecimento do caroço deve ser substituído pela redução do volume de água aplicada para 10-20% do FI₁₀₀, nomeadamente em solos com baixa capacidade de armazenamento de água.

Na Cv. Madural o stress hídrico causou redução significativa na produtividade (matéria fresca e seca) nos tratamentos rega SDI. A concentração de gordura foi afetada em ambos os tratamentos RDI e no SDI₃₀. A maior produtividade em azeite foi obtido no FI e a menor no SDI₃₀, as diferenças observadas entre os tratamentos FI e DI foram significativas. A produtividade de azeite respondeu linearmente ao volume de água de rega aplicado ($r^2 = 0,92$, $p=0,01$) com eficiência da água de rega de 0,62 kg m⁻³ para produção de azeite.

Em conclusão, as estratégias de rega deficitária controlada parecem ser promissoras no que respeita à economia de água durante a estação de rega, pelos bons resultados de produtividade de azeitona alcançados, bem como por uma melhor qualidade do azeite no que se refere a compostos antioxidantes e vitamina E em relação à rega plena e aos tratamentos de rega deficitária contínua. A estratégia de rega deficitária controlada (RDI₆₀) permite alcançar a sustentabilidade olivícola na Cv. Madural e na região de estudo, uma vez que a receita líquida na média dos três anos, foi 23% superior à obtida no tratamento controlo (FI) e com uma redução dos custos associados à água de rega em 64% nos

dois biénios, permitindo assim uma maior poupança da água numa região com elevada escassez deste recurso natural.

Palavras-Chave: produtividade, economia, sustentabilidade, rega deficitária, eficiência da água de rega, qualidade do azeite

Este trabalho foi financiado pelo Projeto Grupo Operacional Olivicultura e Azeite – SustentOlive: Melhoria das práticas de rega e fertilização nas explorações olivícolas em Trás-os-Montes para a sustentabilidade do olival, financiado pelo Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural (FEADER) e pelo Estado Português no âmbito da Ação 1.1 «Grupos Operacionais», integrada na Medida 1. «Inovação» do PDR 2020 – Programa de Desenvolvimento Rural do Continente. Este trabalho é apoiado/financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito dos projetos UIDB/04033/2020” e LA/P/0126/2020



IMPLANTAÇÃO DE LEI MUNICIPAL: DESCARTE ADEQUADO DE ÓLEO DE COZINHA USADO NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO ESCALVADO – MG E IMPLANTAÇÃO DO PROJETO BOLHA DE SABÃO

Maria Amélia Suriani LIMA¹

¹ Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Escalvado/MG/Brasil, Faculdade Dinâmica Vale do Piranga - FADIPcontato@ameliasuriani.com.br

RESUMO

Diante das transformações ambientais, das modificações nos índices populacionais e do desenvolvimento tecnológico ao longo dos anos, faz-se necessário ressaltar a necessidade da educação dos cidadãos sobre o descarte consciente de substâncias danosas ao meio ambiente.

Grandes ambientalistas do nosso século propõem o cuidado com a responsabilidade socioambiental. A população, além das empresas de diversos ramos no mundo dos negócios, vem tentando encontrar soluções para a preservação do meio ambiente, tendo em vista a permanência e/ou agravamento de um quadro de sua degradação, no qual prevalece o lucro em detrimento do seu cuidado e restauração.

Utilizar a estratégia de reciclagem torna-se cada vez mais necessário e apropriado, tendo em vista a logística reversa, a qual preza pela reutilização da matéria-prima na fabricação de novos produtos.

Potencial poluidor de águas, o óleo residual, quando descartado de forma inadequada, se concentra na superfície de rios e lagos, formando uma barreira que dificulta a penetração de luz e oxigênio, comprometendo a base da cadeia alimentar aquática. Quando em contato com o solo, o óleo usado o impermeabiliza, impedindo que a água se infiltre, o que acaba por agravar as enchentes, além de atingir lençóis freáticos.

A logística reversa, é uma alternativa à qual faz referência a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A metodologia utilizada na logística reversa, pode ser aplicada para o óleo de cozinha que já foi usado, promovendo cortes de gastos com matéria prima, produção e energia, reintroduzindo-o novamente no mercado de forma menos abrasiva ao meio ambiente, como por exemplo a fabricação do sabão caseiro.

De forma particular, vale salientar nesse projeto, que há exatos sete anos, no dia 5 de novembro de 2015, ocorreu o rompimento da barragem da Mineradora Samarco, em Minas Gerais/Brasil, a qual matou 19 pessoas e despejou 40 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério no Rio Doce, o qual sempre foi fonte natural do município em apreço. Esse foi considerado o maior desastre ambiental na história do país. E é para tal Rio, que o descarte incorreto de óleo de cozinha da cidade de Santa Cruz do Escalvado/MG é destinado. Um Rio, o qual possibilitava a pesca e manutenção de trabalho e renda de inúmeros pescadores, hoje, além da contaminação por parte da mineradora, é também poluído diariamente pelos próprios moradores da cidade a qual pertencem.

Visando propor uma política de conscientização ambiental para o município de Santa Cruz do Escalvado – MG/Brasil, este projeto, titulado como Projeto Bolha de Sabão, teve como objetivo, implantar uma Lei Municipal, por meio da qual foi possível promover a conscientização da população e conseqüentemente o descarte apropriado do óleo de cozinha saturado. Como benefícios, além da redução dos impactos ambientais inapropriados causados pelo descarte danoso desse óleo, observou-se a possibilidade de geração de renda, auxiliando a sustentabilidade ambiental no que tange a fabricação de sabão ecológico por parte das mulheres da cidade, originando então o Projeto Bolha de Sabão.

O Projeto a princípio conta com a participação de 10 mulheres, as quais artesanalmente confeccionam o sabão ecológico, tendo o óleo residual como matéria-prima. Um mini curso foi ofertado a estas mulheres, de forma a aprimorar a técnica já aplicada anteriormente, porém, sem a visão ambientalista e empreendedora.

Seguindo o direcionamento da logística reversa com relação ao óleo de cozinha, foi criado no município, pontos estratégicos para a sua coleta/depósito, além de promoção de informações à população local, incentivo a projetos de reciclagem, como a fabricação de sabão caseiro formado por um grupo de 10 mulheres, o que vem proporcionando impactos rentáveis positivos em termos financeiros e de qualidade de vida na lógica da preservação ambiental.

O aumento das mudanças ambientais no planeta, ligadas ao descarte incorreto de óleo de cozinha, além da poluição dos rios e afluentes, vem ganhando grande vigilância por parte de estudiosos nos últimos anos.

É possível mensurar o tamanho do dano que o óleo de cozinha pode causar ao meio ambiente quando descartado incorretamente na rede de esgoto ou corpos d'água, ao analisarmos as conseqüências apontadas quando um litro de óleo tem potencial para poluir até vinte e cinco mil litros de água. Sendo menos denso que a água, esse óleo acaba chegando aos rios e oceanos, não se misturando com a água e permanecendo em sua superfície, criando, assim, uma barreira que dificulta a entrada de luz e bloqueia a oxigenação necessária ao ecossistema aquático.

Hoje, a cidade de Santa Cruz do Escalvado conta com duas ETE's (Estação de Tratamento de Esgoto), localizadas nas comunidades de São José da Vargem Alegre e Nova Soberbo, porém, inativas. A água utilizada pela população é retirada de poços artesianos, distribuídos em diversos pontos da cidade, sendo a COPASA (Companhia De Saneamento De Minas Gerais), empresa responsável por tratamento e abastecimento de água em todo município.

Após utilização da água tratada, esta, bem como toda a rede de esgoto das casas de Santa Cruz do Escalvado, é dispensada sem tratamento nos ribeirões e seguindo a cadeia fluvial, chegando até o Rio Doce. Apesar do óleo de cozinha usado ser considerado um produto prejudicial ao meio ambiente, ele também pode se tornar um excelente subproduto para a cadeia produtiva, podendo ser coletado em lanchonetes e cozinhas industriais ou residenciais. Nesse contexto, ele pode ser coletado de maneira adequada e receber um destino correto, além de poder ser reaproveitado e reciclado, servindo para a confecção de produtos como o sabão, detergentes, resina para colas e biocombustíveis.

Sendo assim, acredita-se que esse projeto possa viabilizar uma correta coleta seletiva do óleo de cozinha usado, evitando seu descarte inadequado, o que consiste em um dos passos importantes para a conscientização ambiental. Levando em conta a proposta do projeto, o referencial teórico está pautado na compreensão do óleo de cozinha

usado como potencial ofensor ao meio ambiente caso seu descarte seja feito de forma inapropriada. Além disso, foram levantadas algumas informações relacionadas a essa questão, via questionário no Google Forms, o qual foi preenchido pelos munícipes de Santa Cruz do Escalvado, MG/Brasil. Em 1997, visando proteger as águas, foi criada a Lei Federal nº 9.433, contribuindo para a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). De acordo com a Resolução 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, onde os óleos vegetais e gorduras animais não podem ser lançados nas águas em concentração superior a 50 mg/L, conforme citado no Art. 16, parágrafo 1º, seção II. Conforme a PNRS, o óleo de cozinha é classificado como resíduo sólido, por ser um resíduo descartado após realização de atividades humanas e por ser inviável a opção de seu descarte em rede pública de esgoto ou em corpos d'água.

Conforme constatado, existem diversas leis regulamentadoras para que a sociedade descarte corretamente o óleo vegetal/animal usado. Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), o consumo de óleos vegetais no Brasil se situa em torno de três bilhões de litros ao ano, e a estimativa é que, de cada quatro litros consumidos, um seja descartado de forma incorreta, o que representa mais de 700 milhões de litros ao ano lançados no meio ambiente sem o devido cuidado e controle. Vislumbra-se que serão necessários mais incentivos e elaboração de melhorias no processo de coleta, considerando a criação e implementação de estratégias e buscando os melhores caminhos para que todos os envolvidos possam participar continuamente na separação e na destinação correta deste resíduo.

Palavras-Chave: Recurso Hídrico; Poluição; Reciclagem; Empreendedorismo Feminino; Sabão Ecológico.

MODELO MULTICRITÉRIO PARA AGRUPAMENTO DE CONDUTAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA O PLANEAMENTO DE INTERVEÇÕES DE REABILITAÇÃO

João CAETANO¹, Soraia ALMEIDA², Nelson CARRIÇO¹, Dídida COVAS³

¹ INCITE, Escola Superior de Tecnologia do Barreiro, Instituto Politécnico de Setúbal, Rua Américo da Silva Marinho, 2939-001 Lavradio, Portugal, joao.caetano@estbarreiro.ips.pt, nelson.carrico@estbarreiro.ips.pt

² INFRAMOURA, E.M., Rua das Amoreiras, 8125-497 Vilamoura, Portugal, soraiaalmeida@inframoura.pt

³ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Avenida Rovisco Pais, N.º 1, 1049-001, Lisboa, Portugal, didia.covas@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A definição e implementação de estratégias eficazes de reabilitação, considerando uma perspetiva de médio e longo prazo, é essencial para contrariar o processo contínuo de deterioração das condutas das redes de distribuição de água. Diversas metodologias têm sido desenvolvidas para este propósito, recorrendo a diferentes abordagens, tais como, análises de risco, modelos de falha, análises de ciclo de vida e análises de decisão multicritério. Na sua generalidade, estas metodologias são aplicadas a trechos de condutas, no entanto, as entidades gestoras, não planeiam, nem implementam as atividades de reabilitação ao nível de um único trecho de conduta, mas sim a agrupamentos de condutas contíguas (muitas vezes designadas por *frentes de obra*), por forma a cumprir com um orçamento disponível e pré-determinado. Esta prática, implica que estas metodologias não sejam adotadas pelas entidades gestoras, surgindo assim a necessidade de investigar metodologias que integrem este pressuposto.

Considerando que as atividades de manutenção e reparação, muitas vezes recorrentes sobre condutas contíguas, são realizadas através do seccionamento de um conjunto de válvulas, originando pequenas setores denominados de segmentos, quando este é colocado fora de serviço, verifica-se que as condutas diretamente afetadas por esta atividade, deixam de garantir a disponibilidade do serviço aos utilizadores que delas dependem. Esta constatação demonstra que estas atividades são fortemente condicionadas pelo conjunto de válvulas instaladas na rede e não pela discretização da rede de distribuição, caracterizada no Sistema de Informação Geográfica. Neste sentido, a reabilitação e conseqüente homogeneização da condição estrutural das condutas pertencentes a um segmento, garante a diminuição das ocorrências de falha no serviço, uma vez que as variáveis que influenciam o processo de deterioração são semelhantes (e.g., idade, qualidade de instalação, processo de fabrico). Tal facto, torna lógico a consideração de um segmento como uma unidade mínima de reabilitação.

Ainda assim, a reabilitação anual de um segmento isolado, geralmente não permite alcançar taxas de reabilitação anuais superiores a 1%, o que implica que as condutas estejam em serviço por mais de 100 anos. A metodologia apresentada neste artigo é uma adaptação da formulação de um problema clássico de otimização para a definição de distritos eleitorais, que se designa por "*Political Districting*" que possibilita, recorrendo a uma estrutura de grafo, agrupar elementos, garantindo que as relações de contiguidade são respeitadas. Adaptando esta formulação ao problema em estudo, obtém-se uma metodologia que permite o agrupamento de segmentos contíguos de uma rede de distribuição de água, denominados pelos autores por *unidades de reabilitação*,

atendendo aos critérios de contiguidade e homogeneização dos custos de reabilitação e da condição estrutural.

O critério de contiguidade é cumprido através do recurso a uma estrutura de dados que descreve um grafo, sendo os segmentos representados por vértices e os arcos as relações de vizinhança entre eles. O grafo depende exclusivamente das características topológicas de cada rede. O critério de homogeneização dos custos de reabilitação permite, através da definição de um orçamento médio anual praticável do ponto de vista financeiro pelas entidades gestoras, minimizar os desvios ao orçamento, ou seja, permite a realização de investimentos anuais em torno de um valor definido pelos decisores, mantendo taxas de reabilitação aproximadamente constantes ao longo da vida útil da infraestrutura, evitando assim os picos de investimentos consequência de longos períodos marcados pela falta de investimento em reabilitação. Por último, o critério de homogeneização da condição estrutural minimiza a possibilidade de integrar na mesma *unidade de reabilitação*, segmentos com condições estruturais muito distintas.

Esta metodologia mostra-se assim mais eficaz e realista, quando comparada com as tradicionais. A mesma é aplicada a uma rede de distribuição de média dimensão, gerida pela Entidade Gestora Inframoura, Empresa Municipal do Município de Loulé, e os resultados obtidos são ilustrados na Figura 1.

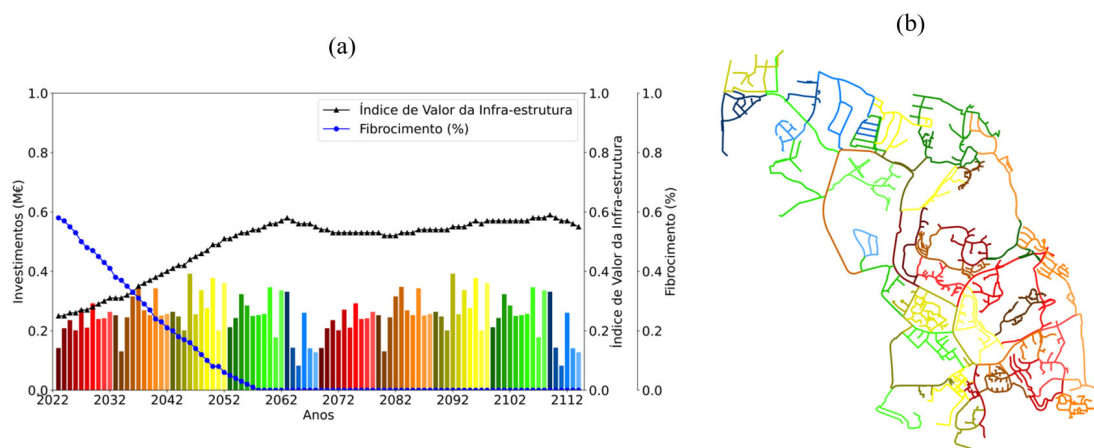


Figura 1 – Resultados da aplicação da metodologia à Inframoura: (a) Evolução do Índice de Valor da Infraestrutura e Percentagem de Fibrocimento; (b) Mapa de priorização de investimentos em reabilitação.

A Figura 1(a), ilustra os investimentos a realizar num horizonte temporal de dois ciclos de investimento, cada um com duração de 46 anos, em que as cores representam uma década de investimento e as intensidades diferenciam os respetivos anos associados a cada década. Adicionalmente, é acompanhada a evolução de dois indicadores de sistema, a saber, Índice de Valor da Infraestrutura (IVI) e Percentagem de Fibrocimento. A representação espacial das *unidades de reabilitação* a executar em cada ano, está ilustrada na Figura 1(b), onde é possível verificar que a contiguidade é respeitada.

A aplicação da metodologia garante, com um investimento anual aproximado de 250 k€, uma taxa de reabilitação média de, aproximadamente, 2%, a não existência de picos de investimento ao longo da vida útil da toda a infraestrutura e a estabilização do IVI entre 0,4-0,6.

Palavras-Chave: agrupamento de condutas; reabilitação de redes de distribuição de água; modelo multicritério, modelos de deterioração; custos de reabilitação.

MORTALIDADE PISCÍCOLA NA ALBUFEIRA DOS PATUDOS: UM SISTEMA NO LIMITE E COM PROBLEMAS QUE URGE SOLUCIONAR

Paula RAMOS¹, Catarina CHURRO¹, André GONÇALVES¹, Francisco GODINHO²

¹ Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IPMA. Rua Alfredo Magalhães Ramalho, 6. 1495-006 Lisboa, pramos@ipma.pt; catarina.churro@ipma.pt; andre.goncalves@ipma.pt

² Conselho Nacional da Água. Rua de O Século, n.º 51, 4.º Dto. Lisboa, francisco.godinho@sgambiente.gov.pt

RESUMO

A morte maciça de peixes em massas de água superficiais está-se a tornar mais frequente em Portugal e perspetiva-se que irá aumentar a sua prevalência no futuro em resultado das alterações climáticas (Godinho et al. 2019). Os eventos de mortalidade de peixes geram grande apreensão nas populações e geralmente sinalizam problemas no Estado das massas de água afetadas, que devem ser avaliados e mitigados face aos objetivos ambientais estabelecidos na Diretiva-Quadro da Água.

A pequena albufeira dos Patudos (10 ha de área inundada ao NPA, 3,5 de profundidade média e 6,5 de profundidade máxima), no concelho de Alpiarça, é utilizada para a prática de desporto náuticos como o remo e a canoagem e está concessionada para a prática de pesca lúdica, recebendo regularmente concursos de pesca. A albufeira tem registado de forma recorrente eventos de mortalidade piscícola, os últimos dos quais em 2014 e 2022, embora possam ter ocorrido outros, de menor dimensão, entre estes.

Neste trabalho, a informação disponível relativamente a vários parâmetros químicos e biológicos indicadores do funcionamento trófico do sistema aquático, bem como os resultados das análises post-mortem efetuadas a exemplares piscícolas recolhidos durante os eventos de mortalidade mais recentes são escrutinados na tentativa de identificar as causas subjacentes aos eventos de mortalidade.

Os dados analisados revelam uma massa de água fortemente eutrofizada (valores médios \pm DP, azoto total – 2,75 \pm 0,76 mg N/l; fósforo total – 0,22 \pm 0,11 mg P/l; CBO5 – 8,28 \pm 4,50 mg O2/l; clorofila-a – 159,19 \pm 154,42), que falha em atingir os limiares mínimos para o Bom potencial ecológico, tal como definido nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica do 3.º ciclo que irão vigorar até 2027. Como é característico de sistemas eutrofizados as cianobactérias são dominantes nas amostragens fitoplanctónicas, representando mais de 97% do fitoplâncton amostrado (n.º de cél/ml) com base nos dados do sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Amostragens fitoplanctónicas específicas realizadas na sequência do evento de mortalidade de 2022 revelaram a presença abundante de cianobactérias, incluindo várias taxa potencialmente tóxicas.

Os exames anátomo-patológicos realizados a vários pimpões (*Carassius auratus*) recolhidos durante os eventos de mortalidade, a partir de esfregaços a fresco, revelaram hipersecreção de muco na pele e nas brânquias e hiperplasia e congestão branquial, bem como a presença de cianobactérias, nomeadamente *Microcystis* sp. e *Anabaenopsis* sp.

Não sendo possível identificar com precisão a causa próxima dos eventos de mortalidade

de 2014 e 2022, a elevada trofia do sistema terá promovido as ocorrências, quer através da toxicidade do fitoplâncton durante a ocorrência de blooms de cianobactérias, quer através da redução rápida e drástica dos níveis de oxigénio na massa de água frequentes em albufeiras eutróficas. As reduções do oxigénio dissolvido verificam-se num curto espaço de tempo e, por isso, são indetetáveis com a frequência com que os terrores de oxigénio são medidos na massa de água. Isoladamente ou em conjunto, estes fatores de stress terão resultado nas mortalidades registadas, tanto mais que a albufeira dos Patudos apresenta um conjunto de características hidromorfológicas (reduzida profundidade média, decrescente ao longo do verão e em anos secos) e biológicas (dominância da biomassa piscícolas por espécies de hábitos bentónicos, como a carpa, *Cyprinus carpio*, e o pimpão, cujos hábitos alimentares fossadores podem contribuir para o aumento da trofia do sistema através da recirculação do fósforo que se encontra retido nos sedimentos da albufeira, tal como relatado em vários sistemas aquáticos europeus).

A redução da probabilidade de ocorrência de eventos de mortalidade piscícola como os registados em 2014 e 2022 irá requerer a oligotrofização da albufeira, implicando a aplicação de técnicas robustas que, não apenas reduzam drasticamente os níveis de nutrientes já presentes na albufeira (massa de água + sedimento + população piscícola), mas diminuam também os inputs de nutrientes e matéria orgânica a partir da bacia de drenagem, o que será particularmente difícil tendo em conta a utilização agrícola intensiva que existe. As características hidromorfológicas desfavoráveis da albufeira (reduzida profundidade) e o contexto de alterações climáticas, com a previsível redução do escoamento e aumento da temperatura, implicarão a necessidade de atuar com escala na redução da trofia se a redução dos eventos de mortalidade for um objetivo a prosseguir.

Palavras-Chave: morte de peixes; cianobactérias; oligotrofização; albufeira dos Patudos.

REFERÊNCIAS

Godinho, F, Segurado, P, Franco, A, Pinheiro, P, Pádua, J, Rivaes, R, e Ramos, P (2019). Factors related to fish kill events in Mediterranean reservoirs. *Water Research* 158: 280-290.

GOVERNANÇA PARTICIPATIVA NA DEFINIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO FUTURA DO LITORAL DE ÓVAR

Márcia LIMA^{1,2}, Filipe ALVES³, Fábio MATOS⁴, André VIZINHO³, Carlos COELHO¹

¹ RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, marcia.lima@ua.pt, ccoelho@ua.pt

² DREAMS & Universidade Lusófona do Porto, marcia.lima@ulp.pt

³ CE3C-CCIAM & Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, fmalves@fc.ul.pt, afvizinho@fc.ul.pt

⁴ CESAM & Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, fabiomatos@ua.pt

RESUMO

Este trabalho apresenta uma componente do projeto INCCA (<http://incca.web.ua.pt/>), cujo objetivo principal consiste na definição de uma estratégia de adaptação costeira que integre perspetivas de curto, médio e longo prazo para o litoral do concelho de Ovar, com base nos resultados de *workshops* participativos locais. Esta componente dá resposta a dois dos principais objetivos do projeto INCCA: 1) envolver as populações locais e *stakeholders* de forma a desenvolver um modelo participativo e económico; e 2) reduzir a vulnerabilidade dos territórios costeiros e aumentar a resiliência das comunidades locais. Foram realizados 3 *workshops* participativos, iniciados com um leque abrangente de medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira e às alterações climáticas, que convergiram, num último momento, para uma visão comum e partilhada pelos diferentes intervenientes, traduzida no caminho de adaptação que representa uma combinação de diferentes medidas que contribuem para a definição da estratégia de gestão costeira no Concelho de Ovar.

Palavras-Chave: INCCA; caminho de adaptação; workshops participativos; stakeholders; alterações climáticas.

1. INTRODUÇÃO

O projeto INCCA (Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes) tem por objetivo promover uma abordagem que integre a adaptação às alterações climáticas (AAC) e a mitigação da erosão costeira em perspetivas de curto, médio e longo-prazo. A adaptação e mitigação deve considerar as dimensões social, ambiental, económica e de engenharia, para ajudar os órgãos de decisão a conceber planos de ação para implementação de estratégias de AAC sustentáveis e duradouras. É um projeto com uma forte componente participativa, que pretendeu envolver as populações locais e *stakeholders* através da realização de *workshops* de forma a desenvolver um modelo participativo e económico. O litoral do concelho de Ovar foi identificado como sendo uma das zonas de Portugal com maior vulnerabilidade e risco costeiro. Para além da sua riqueza ecológica, da elevada concentração populacional e da qualidade das praias, este território distingue-se pela forte fragilidade geológica, que aliada a uma agitação marítima de rumos muitos abertos e elevada energia resulta num

dos processos erosivos mais intensos da orla costeira europeia. Por este motivo, o litoral de Ovar constitui o caso de estudo do projeto INCCA, sendo que, é neste concelho que são realizados os momentos participativos.

2. MODELO PARTICIPATIVO

Um dos principais objetivos do projeto INCCA consiste no desenvolvimento de uma Estratégia Municipal de Mitigação e Adaptação à Erosão Costeira para o concelho de Ovar, estratégia essa que deverá integrar os diferentes impactos ambientais, sociais e económicos (positivos e negativos) para três horizontes temporais – 2030, 2050 e 2100. Esta análise dos diferentes custos e benefícios das medidas e caminhos de mitigação e adaptação teve por base quer modelos numérico-matemáticos, desenvolvidos e calibrados especificamente para o efeito, quer o contributo das diferentes partes interessadas – *stakeholders* – na gestão costeira. O projeto definiu a realização de *workshops* participativos com o intuito de envolver os *stakeholders* nas diferentes fases do processo de construção da estratégia municipal, promover o debate e a discussão multidisciplinar e multisectorial, e, acima de tudo, contribuir para uma nova cultura de democracia participativa sobre o futuro da gestão costeira em Ovar.

Foram realizados 3 *workshops* participativos, que contaram com a presença de cerca de 20 *stakeholders* representativos dos diferentes atores com responsabilidade sobre a gestão, decisão e utilização costeira no concelho de Ovar (Câmara Municipal de Ovar, Agência Portuguesa do Ambiente, Juntas de Freguesia locais, Polis do Litoral da Ria de Aveiro, Bombeiros Voluntários, associações locais, investigadores, etc.):

- ✓ 1º *Workshop* Participativo – “*Estratégias, custos e benefícios*”: realizado em regime *online*, foi dividido em 3 momentos distintos, 27 de novembro e 4 de dezembro de 2020, e 14 de maio de 2021, com o objetivo de, respetivamente, analisar e priorizar as medidas de mitigação e adaptação (MMA), validar os impactos e métricas das MMA e realizar análises multi-critério e de custo-benefício das MMA.
- ✓ 2º *Workshop* Participativo – “*Cenários para o território*”: decorreu presencialmente na Escola de Artes e Ofícios de Ovar, a 27 de outubro de 2021, com o objetivo de apresentar, discutir e analisar diferentes Narrativas de Cenários de Futuro para Ovar, apresentadas pela equipa do projeto.
- ✓ 3º *Workshop* Participativo – “*Caminhos de adaptação e pontos de viragem*”: realizado presencialmente, no Centro Cívico de Cortegaça, a 5 de abril de 2022, com o objetivo de discutir medidas e respetivos momentos de implementação, como opções para o território do concelho de Ovar no que diz respeito à adaptação e mitigação à erosão costeira e às alterações climáticas.

3. RESULTADOS

Com base na discussão gerada no âmbito dos diferentes momentos participativos foi definida pelos *stakeholders* uma visão comum para o litoral do concelho de Ovar baseada em medidas relacionadas com obras de proteção costeira, alimentações artificiais de areias, realocização de pessoas e bens e o reforço dos cordões dunares, mas também com recurso a instrumentos fiscais e à educação e sensibilização das populações (Fig. 1).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto INCCA iniciou em fevereiro de 2020 e termina em abril de 2023, tendo como

objetivo promover a adaptação às alterações climáticas e a mitigação da erosão costeira em perspetivas de curto, médio e longo-prazo, envolvendo as populações locais e *stakeholders* através da realização de *workshops*. Realizados 3 momentos participativos, a principal conclusão é o consenso numa visão comum, partilhada pelos diferentes intervenientes e a definição de um caminho de adaptação, que combina diferentes medidas para a gestão costeira no Concelho de Ovar. O caminho de adaptação apresentado neste documento está a ser devidamente modelado e quantificado economicamente pela equipa do projecto INCCA e servirá de base para a proposta do Plano de Adaptação e Mitigação à Erosão Costeira do Concelho de Ovar, a apresentar no Seminário Final, em março de 2023.

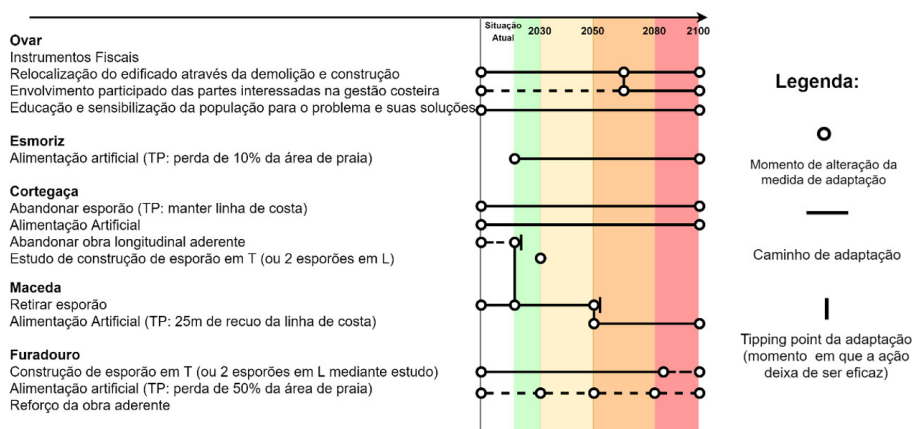


Fig. 1. Caminho de adaptação costeira (curto-2030, médio-2050 e longo prazo-2100), para o litoral de Ovar.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo projeto “Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes”, INCCA - POCI-01-0145-FEDER-030842, suportado pelos orçamentos do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização, na sua componente FEDER, e da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, na sua componente de Orçamento de Estado.

TÉCNICAS DE VÍDEO NA ANÁLISE DO ESPRAIAMENTO E EXTENSÃO DO GALGAMENTO EM ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO COSTEIRA

Ana MENDONÇA¹, Rute LEMOS¹, Conceição J.E.M. FORTES¹, Ricardo MARTINS²,
Ricardo FERRÃO²

¹ LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, amendonca@lnec.pt, rlemos@lnec.pt, jfortes@lnec.pt,

² ISEC – Instituto Superior de Educação e Ciência, Alameda das Linhas de Torres 179, 1750-142 Lisboa, 20200238@alunos.iseclisboa.pt, 20200438@alunos.iseclisboa.pt

RESUMO

O litoral português apresenta um valor natural, económico e cultural único e de importância amplamente reconhecida. O dinamismo costeiro pode levar à ocorrência de galgamentos de estruturas de proteção costeira em situações de temporal, que podem causar inúmeros danos, podendo mesmo resultar na perda de vidas humanas ou na destruição de estruturas próximas da linha de costa. Deste modo, a gestão das zonas costeiras próximas de aglomerados populacionais deve considerar a implementação de medidas sustentáveis que mitiguem os fenómenos que afetam o litoral de forma mais gravosa, de que são exemplo a implementação de estruturas de proteção costeira.

As estruturas de proteção marginal ou defesas longitudinais aderentes, que têm como principal função a mitigação do galgamento, são estruturas paralelas à costa (Figura 1). Pretendem servir de proteção e abrigo contra inundações, devidas ao galgamento, dissipando a energia das ondas na sua interação com a estrutura, e em zonas fortemente afetadas pela erosão costeira têm como objetivo minimizar o risco de ocorrerem estragos em estradas, passadiços ou edifícios nas suas proximidades.



Figura 1. Exemplos de estruturas de proteção marginal (fonte: (esq.) GoogleEarth; (dir.) <https://viagallica.com>).

A avaliação do espraio e do galgamento nas estruturas de proteção marginal é determinada em função das condições de agitação marítima incidente e das características da estrutura, sendo fundamental para o projeto de novas estruturas e na verificação da segurança de estruturas já existentes.

Para caracterizar a resposta de um trecho-tipo da defesa aderente à agitação marítima nele incidente, realizaram-se no canal de ondas irregulares do LNEC um conjunto de ensaios em modelo reduzido 2D desse trecho (Figura 2).

Nesta comunicação descreve-se a instalação experimental, incluindo os diversos instrumentos utilizados para medir as séries temporais das várias grandezas de interesse e o programa de ensaios, apresentando-se as grandezas medidas num subconjunto dos ensaios considerado mais interessante. Nestas grandezas incluem-se a elevação da superfície livre associada à agitação incidente, o espraio ao longo do talude, o volume de água galgado e a erosão do manto protetor. Comparam-se ainda várias técnicas para caracterização destes fenómenos e apresenta-se a metodologia considerada mais adequada na análise destes parâmetros.

Em termos de espraio, verificou-se que o aumento do período de pico do estado de agitação corresponde também um aumento do valor característico do espraio, sendo também claro que tal aumento está limitado ao desnível entre o coroamento da estrutura e o nível de repouso. Em termos de galgamento, para o mesmo nível de água o caudal médio galgado, q , aumenta com o aumento do período de onda e altura de onda.

A utilização do sensor Kinect mostrou-se eficaz na obtenção de modelos tridimensionais de superfície, possibilitado a extração de perfis e a obtenção de indicadores do dano, tais como a área erodida e a profundidade erodida. A comparação entre as nuvens de pontos inicial final possibilitou o cálculo dos volumes de erosão e de acreção entre os levantamentos.



Figura 2. Estrutura de proteção marginal (Esq.) Perfil; (Dir) Vista frontal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT o financiamento concedido aos projetos BSAFE4SEA, Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017, LIFE-GARAHICO, LIFE20CCA/ES/001641 e TOSEALERT, PTDC/EAM-OCE/31207/2017.

Palavras-Chave: Defesa longitudinal aderente; ensaios físicos 2D; fotogrametria.

APLICAÇÃO DE IMAGENS DE SENTINEL-2 NA AVALIAÇÃO DA SALINIDADE DO SOLO EM CAMPOS DE ARROZ DO BAIXO MONDEGO

Romeu GERARDO^{1,2,3}, Isabel PEDROSO DE LIMA^{1,4}

¹ Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Rua Luís Reis Santos, 3030-788 Coimbra, Portugal, iplima@uc.pt

² Universidade de Coimbra, CERIS, Rua Pedro Hispano s/n, 3030-289 Coimbra, Portugal

³ Itecons, Rua Pedro Hispano s/n, 3030-289 Coimbra, Portugal, romeu.jorge@itecons.uc.pt

⁴ MARE–Centro de Ciências do Mar e do Ambiente / ARNET–Aquatic Research Network, Pólo MARE–UCoimbra, Pólo II Universidade de Coimbra, Rua Sílvio Lima, 3030-790 Coimbra, Portugal

RESUMO

A salinidade do solo é considerada um dos principais fatores que afetam a interação entre as plantas e o solo, devido ao seu significativo impacto negativo na fertilidade do solo e na produção agrícola. Assim, muita atenção tem sido dedicada a encontrar formas de preservar a qualidade do solo e recuperar solos salinos ou fortemente afectados pela salinidade. Um primeiro passo inclui a avaliação da extensão espacial das áreas afetadas e o impacto da salinização do solo. Por exemplo, o mapeamento da distribuição espacial da salinidade do solo em áreas agrícolas de regadio (por exemplo, de cultivo do arroz) é importante para a gestão da rega e da drenagem e para identificar políticas hídricas e ambientais que permitam assegurar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Embora os métodos convencionais usados em trabalho de campo e análises de laboratório sejam capazes de fornecer um mapeamento preciso da distribuição da salinidade na superfície do solo, esses métodos são na sua maioria demorados, dispendiosos e trabalhosos, especialmente para levantamentos em grande escala. Os recentes avanços na aplicação da tecnologia de detecção remota no mapeamento e na monitorização de solos degradados, especialmente os afetados pela salinidade, revelam que essas tecnologias são úteis para aumentar a rapidez de execução e precisão dessas tarefas e diminuir os custos associados.

O satélite Sentinel-2 da Agência Espacial Europeia fornece imagens ópticas de alta resolução (ou seja, com resolução espacial de 10 m) e com cobertura global da superfície da Terra, a cada 5 dias. Esses atributos tornam as imagens multiespectrais do Sentinel-2 uma ferramenta com potencial para ser utilizada na monitorização ambiental, nomeadamente na monitorização dos níveis de salinidade da camada superficial do solo e do estado de desenvolvimento das culturas, podendo ser uma mais-valia na avaliação da gestão de solos salinos.

Em Portugal, a salinidade afecta de forma adversa diversas áreas agrícolas de regadio, mas a distribuição espacial e a quantificação da salinidade do solo não são bem conhecidas devido à escassez de dados ou desactualização dos mesmos. Este estudo investiga a salinidade do solo em áreas agrícolas de regadio, em particular, em campos de cultivo de arroz no Baixo Mondego (Portugal) durante o período 2017-2018, utilizando dois tipos

de índices multiespectrais calculados a partir de imagens multiespectrais do satélite Sentinel-2: (i) índices de vegetação (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada Verde - GNDVI, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada Generalizada - GDVI e Índice de Vegetação Ajustado para o Solo - SAVI), para monitorizar o efeito indireto da salinidade no crescimento do arroz; e (ii) índices de salinidade, nomeadamente aqueles baseados em bandas do visível e infravermelho próximo (Índice de Salinidade por Diferença Normalizada - NDSI) e em bandas do infravermelho de ondas curtas (Índice de Salinidade ASTER – ASTER_SI).

Em particular, os resultados obtidos para os índices de salinidade NDSI, ASTER_SI e SAVI mostraram que estes possuem o potencial para revelar variações nas condições de salinidade no solo em áreas de cultivo de arroz, inclusive em áreas em que os níveis de salinidade não são elevados. Esse potencial foi particularmente revelado pelo ASTER_SI, o único índice que utiliza bandas SWIR - infravermelho de ondas curtas, entre os índices investigados, que indicou que as condições da salinidade do solo em 2018 se agravaram em relação a 2017, em particular no Pranto, onde o valor médio do índice ASTER_SI ao nível do talhão variou de 0.23 ± 6.1 (25/04/2018) para 0.13 ± 3.1 (27/10/2018).

A utilidade dos índices multiespectrais baseados em imagens do satélite Sentinel-2 para avaliar a cultura do arroz e as condições do solo é ainda potenciada pelo facto deste satélite fornecer dados com resoluções espaciais relevantes, grande cobertura espacial e elevada frequência de recolha de imagens de satélite. Estes atributos permitem efetuar observações à escala da parcela e estimar o rendimento da cultura do arroz em áreas afetadas por salinidade do solo. A abordagem baseada em deteção remota explorada neste estudo oferece uma oportunidade valiosa para a realização de mais estudos neste âmbito, nomeadamente, identificação da extensão da área degradada, avaliação do grau de salinização do solo em áreas agrícolas e atualização de dados históricos.

Palavras-Chave: deteção remota; Sentinel-2; salinidade; índices multiespectrais; agricultura de regadio.

POTENCAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM ÁREAS ADJACENTES À ALBUFEIRA DO BAIXO SABOR: AVALIAÇÃO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE SIG

Vinicius Kenzo OKADA^{1,2}, Tomás de FIGUEIREDO^{1,2}, Felícia FONSECA^{1,2}, Zulimar HERNÁNDEZ³

¹ Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, vinicius.okada@ipb.pt, tomasfig@ipb.pt, ffonseca@ipb.pt

² Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, vinicius.okada@ipb.pt, tomasfig@ipb.pt, ffonseca@ipb.pt

³ MORE – Laboratório Colaborativo Montanhas de Investigação – Associação, Edifício do Brigantia Ecopark, Av^a Cidade de León 506, 5300-358 Bragança, zhernandez@morecolab.pt

RESUMO

A erosão hídrica dos solos causada por fenómenos naturais sem intervenção antrópica é classificada como natural ou geológica. A intervenção humana acelera esses processos naturais e a erosão traduz-se em significativos problemas ambientais, afetando a fertilidade do solo, a produtividade das culturas, a estabilidade das vertentes, a qualidade ecológica dos corpos hídricos e a capacidade útil dos reservatórios devido à deposição de sedimentos exportados das encostas em eventos de precipitação erosiva. O Nordeste de Portugal possui grandes extensões de áreas suscetíveis à desertificação e a degradação do solo, cerca de 27% e 41% do território mostrando suscetibilidade alta e moderada à desertificação, respetivamente. Observa-se também que 70% dos solos são delgados e pedregosos, características reveladoras do seu estado de degradação, sendo classificados como Leptosolos. Os incêndios, frequentes e de larga extensão no território, intensificam esses problemas ao expor o solo à erosão devido a remoção da vegetação e manta morta, responsáveis pela interceção das precipitações erosivas.

A Equação Universal de Perda de Solo (USLE, Wischmeier e Smith, 1978) é uma das metodologias mais utilizadas para a predição de perda de solo e possui como variáveis os fatores: i) Erosividade (R), associado a precipitação e escoamento superficial; ii) Erodibilidade (K), associado a taxa de perda de solo por unidade do índice de erosividade; iii) Comprimento de Encosta (L) e iv) Declive (S), ambos associados às condições topográficas do território; v) Cultural (C), associado ao uso e ocupação do solo; e vi) Prática Conservacionista (P), associada às ações de conservação do solo do território. Sendo os fatores L e S parâmetros essenciais para aplicação da USLE e estritamente associados à topografia do terreno, podem ser computados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitindo acrescentar resolução no mapeamento da erosão de um determinado território.

Neste contexto, o presente trabalho propõe uma metodologia baseada em técnicas de geoprocessamento que permite mapear os fatores LS em encostas adjacentes a corpos hídricos, com o objetivo de avaliar o potencial e identificar zonas críticas de produção de sedimentos drenados diretamente para a albufeira.

A área selecionada para aplicação da metodologia possui aproximadamente 155 hectares, localizada na albufeira do Baixo Sabor, conhecida por Lagos do Sabor, que em meados de 2013 sofreu um grande incêndio denominado Grande Incêndio de Picões, com 14.000 ha arditos. Trata-se de um local propício a ocorrência de erosão acelerada devido ao regime climático (semiárido), à topografia acidentada e à fraca cobertura do solo por vegetação. A vizinhança com os Lagos do Sabor confere a esta área um grande potencial de produção de sedimentos, a serem lançados na albufeira a cada evento de precipitação erosiva.

A metodologia proposta é apresentada na figura 2. Toma-se como indicador relativo do potencial de produção de sedimentos o valor do fator LS na fronteira entre a base da encosta e a albufeira ao nível mínimo de exploração (NME) 228 metros, devido o fator L acumular-se do início do escoamento até a bordadura da albufeira. A fonte de informação utilizada advém do programa espacial Copernicus, coordenado e gerido pela Agência da União Europeia para o Programa Espacial em parceria com a Agência Espacial Europeia, que disponibilizou o Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução de 10 metros em que se aplicou a metodologia. Para aplicação da metodologia e tratamento dos dados utilizou-se o software ArcGIS e Excel.

Os resultados da aplicação da metodologia na área de estudo sintetizam-se na Figura 2 (a) e (b) e correspondem, respetivamente, ao mapa produzido pelo software e à distribuição cumulativa do fator LS e da perda de solo, calculado pela USLE, assim como às estatísticas dos valores de LS e da perda de solo na margem da albufeira. Para além disso, observa-se que 85% da margem da albufeira apresenta valores de perda de solo acima do limite de tolerância, $2 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com o valor médio, máximo e mínimo, $3,90 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, $16,44 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, $0,06 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respetivamente.

Conclui-se que a metodologia aplicada cumpriu o objetivo de melhorar a resolução espacial na avaliação da erosão na área de estudo, possibilitando estimar o potencial e identificar zonas críticas de produção de sedimentos drenados diretamente para albufeira. A perspectiva de evolução deste trabalho é expandir a aplicação da metodologia a toda a margem da albufeira, assim como obter indicadores com expressão absoluta derivados do fator LS, produzindo informação quantitativa sobre a exportação de sedimentos diretamente para albufeira.

Palavras-Chave: Erosão; Sedimento; Sistema de Informações Geográficas; Albufeira

Agradecimentos: Ao projeto SOILING (EEA Grants, Project 11, Call#5) pelo suporte financeiro deste trabalho.

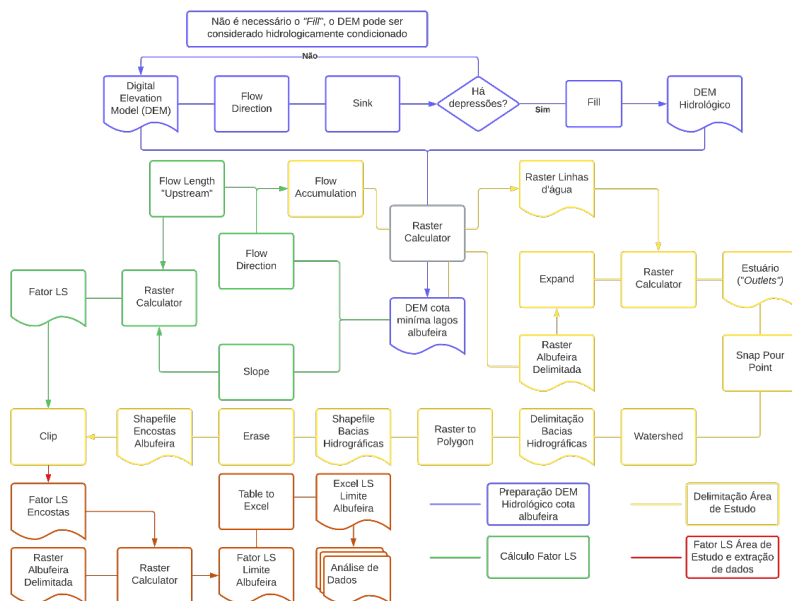
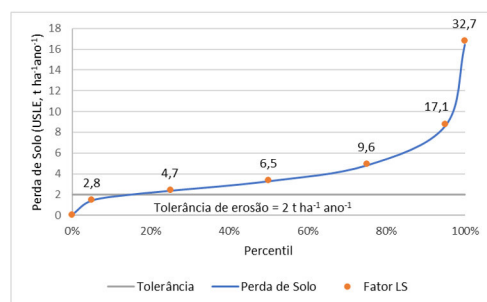
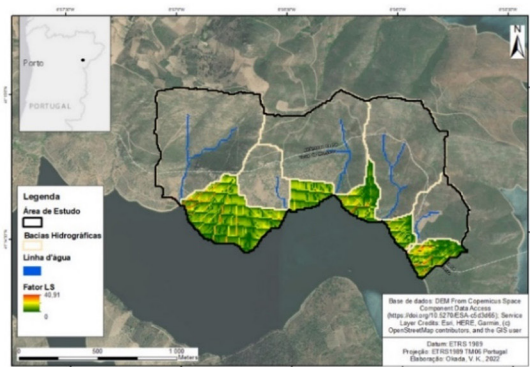


Figura 1 – Fluxograma metodológico para obtenção do contributo topográfico (Fator LS) para estimar perda de solo utilizando a USLE através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).



	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
USLE	3,90	3,29	2,34	0,06	16,44
LS	7,77	6,54	4,64	0,12	32,68

Figura 2 – (a) Delimitação da área de estudo e resultados da metodologia aplicada no software ArcGIS; (b) Distribuição cumulativa de frequência do fator LS (pontos e rótulos de dados) e de Perda de solo estimada pela USLE (linha) na margem da albufeira (valores indicados correspondentes a percentis pré-definidos) e tabela de estatística descritiva.

MONITORIZAÇÃO DO SOLO NOS BLOCOS DE REGA DO EFMA

Fátima SÃO PEDRO¹, David CATITA², Ana ILHÉU³

¹ EDIA, S.A., Rua Zeca Afonso, 2, 7800-522 Beja, mpedro@edia.pt

² EDIA, S.A., Rua Zeca Afonso, 2, 7800-522 Beja, dcatita@edia.pt,

³ EDIA, S.A., Rua Zeca Afonso, 2, 7800-522 Beja, ailheu@edia.pt

RESUMO

A qualidade do solo é definida como a capacidade do solo continuar a funcionar como um ecossistema vivo vital que sustenta as plantas, animais e seres humanos, sendo a gestão de solos de extrema importância para assegurar a sustentabilidade das gerações futuras.

A implementação do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) contemplou, entre outros aspetos, a infraestruturização de diversas áreas de regadio, promovendo a alteração do regime de sequeiro para regadio. Esta alteração, ou apenas a alteração da origem de água em áreas onde já se praticava o regadio, implica alterações ao nível do solo que importa acompanhar e monitorizar ao longo da exploração dos blocos de rega do Empreendimento, por forma a potenciar e proteger este recurso.

A EDIA, no âmbito da sua política ambiental e face às competências delegadas, assegura as atividades que são da sua responsabilidade, contribuindo de forma ativa para a implementação do Programa de Gestão Ambiental do EFMA.

A monitorização ambiental promovida pela EDIA constitui uma ferramenta de suporte à gestão e exploração do EFMA, permitindo simultaneamente responder aos diferentes compromissos legais a que a Empresa está vinculada, bem como caracterizar e detetar atempadamente modificações que comprometam as funções básicas dos solos. Sabe-se que as principais ameaças sobre o solo são a erosão, a mineralização da matéria orgânica, a salinização, a redução da biodiversidade, a contaminação, a impermeabilização, a compactação e o efeito de degradação das cheias e do desabamento de terras.

Com o objetivo de sistematizar, uniformizar, e otimizar o trabalho associado à monitorização dos solos, a EDIA, desenvolveu o Programa Global para a Monitorização do Solo (PGMS) que engloba a monitorização sistemática, durante a fase de exploração, da rede de pontos de amostragem definidos aquando da caracterização da situação de referência dos blocos de rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA).

Este Programa de monitorização permite analisar periodicamente os parâmetros mais suscetíveis de degradação, tendo em consideração as mudanças no uso do solo e da qualidade de água para rega, através da monitorização de uma rede de pontos de amostragem, com 308 pontos, divididos por zonas de monitorização.

Quadro 1 - Rede de Pontos de Amostragem da EDIA para Monitorização do Solo.

Zona de Monitorização	Perímetros de rega	Área (ha)	N.º Pontos de Amostragem
A	Monte Novo Pisão Loureiro-Alvito Alfundão Vale do Gaio Ferreira Alvito-Pisão	33 860	65
B	Brinches Caliços-Moura Brinches-Enxoé Serpa Orada-Amoreira Pias Caliços-Machados	29 484	62
C	Pedrogão S. Pedro-Baleizão São Matias Baleizão-Quintos	24 528	102
D	Beringel-Beja Roxo-Sado Cinco Reis-Trindade Aljustrel Ervidel	23 451	79
TOTAL		11 323	308

Os principais parâmetros monitorizados, de acordo com o previsto no PGMS, são os sistematizados no quadro seguinte.

Quadro 2 – Parâmetros monitorizados.

Caraterísticas	Parâmetros monitorizados
FERTILIDADE	Carbono Orgânico
	Matéria Orgânica
	Ácidos Húmicos
	Ácidos Fúlvicos
Humina	
QUÍMICA	Condutividade elétrica do extrato de saturação (Ece)
	Catiões solúveis no extrato de saturação (Ca, Na, Mg e K) e SAR
	Catiões de troca (Ca, Na, Mg, K), capacidade de troca catiónica (CTC), grau de saturação em bases (V) e Percentagem de Sódio de Troca (ESP)
	pH em água 1:5 (v/v)
	Nitratos
FÍSICA	Condutividade hidráulica saturada (Ks)
	Porosidade total (P)
	Massa volúmica aparente (Dap)
BIODIVERSIDADE	Respiração microbiana

De acordo com o previsto no PGMS, a EDIA deverá efetuar monitorização do solo, nas áreas em que a conjugação das classes de risco seja baixa, de 5 em 5 anos, sendo que os principais resultados, obtidos na fase de caracterização da situação de referência, foram:

- Os solos do EFMA, de forma geral, apresentam problemas de drenagem interna;
- Os níveis de salinidade e de sodicidade dos solos são baixos, em todos os solos caracterizados;
- Relativamente aos riscos de salinização/sodicização, constatou-se que o risco predominante é baixo;
- O risco de erosão predominante nos blocos é moderado a elevado, devido à presença de áreas significativas com solos muito suscetíveis à erosão, especialmente devido a teores de matéria orgânica baixos a médios, não estando assim a contribuir para a minimização dos riscos de erosão.

Atualmente, já estão também disponíveis resultados, para a fase de exploração, relativos às zonas A e B, que evidenciam um aumento, ainda que dentro dos limites, do risco de salinização e sodicização dos solos nos blocos de rega do EFMA.

Palavras-Chave: EFMA; monitorização; solo.

TERRA: LABORATÓRIO PARA A SUSTENTABILIDADE DO USO DA TERRA E DOS SERVIÇOS DE ECOSISTEMAS

Paulo BRANCO¹

¹ Centro de Estudos Florestais e Laboratório Associado TERRA, Instituto Superior de Agronomia, pjbranco@isa.ulisboa.pt

RESUMO

Estamos à beira da 6^a extinção em massa, com espécies, habitats e o funcionamento dos ecossistemas a colapsar a um ritmo alarmante. As mudanças globais, lideradas pelas mudanças climáticas, apenas agravarão as tendências atuais. Todos estes constrangimentos são ainda mais perceptíveis em regiões como Portugal, onde o clima mediterrâneo de escassez de água, associado a práticas exigentes de uso da terra trazem perspectivas sombrias. A investigação e o desenvolvimento podem desempenhar um papel muito importante na neutralização de algumas dessas tendências e na produção de abordagens eficazes de gestão adaptativa que equilibrem adequadamente a quantidade e o tipo de stresses impostos ao meio ambiente, com a quantidade e a qualidade dos serviços dos ecossistemas (dos quais a sociedade depende) de forma sustentável. Para isso, é necessária uma abordagem integrada, sistémica, multi e interdisciplinar.

O Laboratório Associado TERRA, com seus cinco centros de investigação complementares (CEF, LEAF, CEF, ISAMB e CFE), está numa posição única para liderar estes esforços, uma vez que as atividades do TERRA cobrem toda a cadeia de valor, desde os recursos naturais até as sociedades e cidadãos, monitorizando e garantindo um ambiente saudável e seguro para os humanos. Isso está bem expresso no objetivo principal do TERRA – **“Fornecer evidências científicas socioecológicas inovadoras para apoiar as melhores práticas de gestão e tomada de decisões políticas para o uso sustentável da terra e biocircularidade e seus produtos derivados, ao mesmo tempo em que suportam as sociedades humanas que eles suportam.”**

Os cinco centros de investigação que compõem o TERRA são centros de excelência com uma grande tradição na criação de conhecimento científico relevante para as sociedades humanas e para os ecossistemas afetados pelo homem. As capacidades específicas de cada centro são complementares, dotando o TERRA das ferramentas, protocolos, especialistas e redes científicas necessárias para ser líder em uso Sustentável da Terra e serviços dos ecossistemas a nível nacional e internacional. A união destes 5 centros cria a massa crítica (cerca de 450 investigadores doutorados) para cumprir este papel. É de particular relevância o âmbito de atuação do TERRA que trabalha em diferentes níveis de impacto antrópogénico e intensidade de uso da terra, em diferentes escalas espaciais, local a global, visando níveis amplamente diferentes de organização biológica, desde genes a ecossistemas; ao abordá-los com diferentes perspectivas do meio ambiente, desde eco (conservação da biodiversidade e ecossistemas naturais) até antropocêntrico. O que permitirá ao TERRA apoiar políticas públicas ao longo de um gradiente de capital verde, desde áreas menos perturbadas, até áreas mais perturbadas.

A investigação realizada no TERRA é fundamental para as políticas públicas relacionadas

com o capital natural, recursos naturais e bem-estar humano. Suportando políticas de apoio para agricultura e silvicultura, pesca e conservação, saúde humana e ambiental, e desenvolvimento humano. Preenchendo assim a lacuna entre as ciências sociais e ambientais e permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos da perda de biodiversidade.

Palavras-Chave: Sustentabilidade; Economia circular; Resiliência; Saúde ambiental; Políticas públicas

EVOLUÇÃO DO DANO DO MANTO PROTETOR DO QUEBRA-MAR DE TALUDE DO PORTO DA ERICEIRA: ANÁLISE PROBABILÍSTICA

Ana MENDONÇA¹, Bernardo MACHADO² Maria Teresa REIS¹, João SANTOS³,
Conceição FORTES¹, Nuno LOPE^{S2}, Ana PRIOR²

¹ LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, amendonca@lnec.pt, treis@lnec.pt, jfortes@lnec.pt

² ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, R. Conselheiro Emídio Navarro 1, 1959-007 Lisboa, A47559@alunos.isel.pt, nuno.lopes@isel.pt, ana.prior@isel.pt

³ ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (IPL/ISEL); Instituto Superior Técnico (IST/CENTEC), jasantos@dec.isel.ipl.pt

RESUMO

O projeto “Bsafe4Sea - Controlo da Segurança de Quebra-mares através da Análise de um Sistema de Previsão e Apoio à Decisão”, tem como objetivo o desenvolvimento, aplicação e teste de metodologias de previsão do comportamento estrutural de quebra-mares de talude (QMT), que constituirá a base de um sistema de apoio à decisão para o planeamento e priorização de trabalhos de manutenção e reparação, aumentando, assim, a segurança, funcionalidade e resiliência dos QMT. O sistema baseia-se ainda na modelação numérica e física das estruturas, para analisar o impacto das alterações climáticas no comportamento estrutural destas obras e estudar eventuais adaptações. Um dos casos de estudo do projeto é o QMT do porto da Ericeira, Figura 1.



Figura 1. Quebra-mar do porto da Ericeira. Fonte: DGRM.

No âmbito do projeto, pretende-se, com recurso a métodos estatísticos, o estabelecimento de fórmulas de previsão de dano para mantos constituídos por blocos artificiais, em que as fórmulas devem relacionar o dano com as características do estado do mar - a altura de onda significativa e o período de pico do espetro do estado de agitação e a duração do

evento (Smith *et al.*, 1992; Melby e Kobayashi, 1999).

A probabilidade de o dano no manto exceder um limite predefinido durante um determinado intervalo de tempo (por exemplo, até à próxima monitorização do manto ou na vida útil da estrutura) é estimada utilizando métodos probabilísticos de nível III, isto é, simulando a resposta do manto a um grande número de sequências de estados do mar durante esse intervalo de tempo. Essas sequências serão estatisticamente consistentes com as características do estado do mar em frente à estrutura, incluindo eventos extremos e os efeitos das alterações climáticas nas características da agitação marítima e no nível médio da água do mar (Weisse *et al.*, 2014; Karambas, 2015).

Para o quebra-mar da Ericeira, utilizou-se a fórmula de Melby e Kobayashi para calcular o incremento do valor do dano médio no manto protetor, S. Realizaram-se cem simulações, cada uma referente a períodos de cem anos.

Na Figura 2 apresentam-se os resultados preliminares da evolução do dano em dez das cem simulações realizadas, bem como a curva obtida da média da evolução do valor do dano médio nas cem simulações (linha a vermelho), verificando-se que, tal como seria de esperar, o dano aumenta sobretudo de forma episódica e a maior parte do dano final resulta da ocorrência de acontecimentos extremos. Observa-se ainda, especialmente através da curva correspondente à evolução média do valor do dano médio, que existe uma tendência para a velocidade de incremento do dano médio acumulado abrandar à medida que o seu valor aumenta. Em nenhuma das simulações realizadas o valor do dano médio atingiu valores correspondentes à ruína do manto ($S \leq 8$, van der Meer, 1988). Tal não implica que a probabilidade de falha da estrutura seja nula. É assim necessário aumentar o número de simulações, uma vez que a probabilidade de falha é muito baixa, de forma à obtenção de uma aproximação mais fiável do valor da probabilidade de falha.

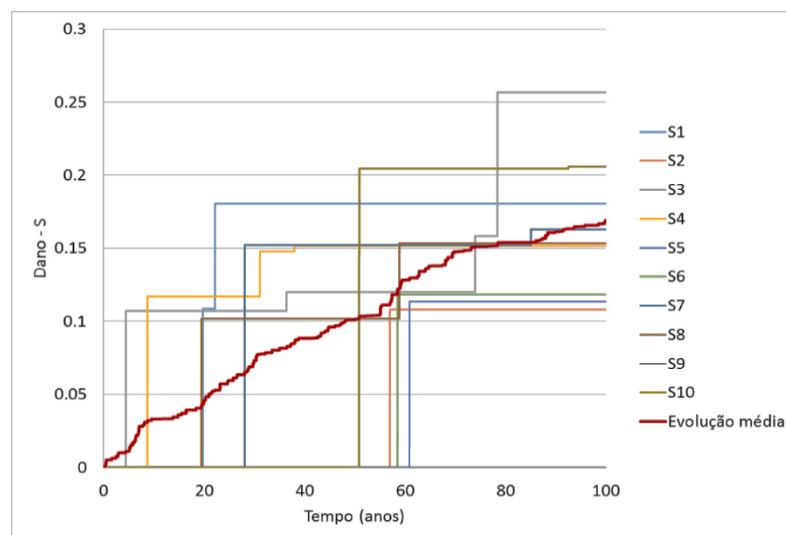


Figura 2. Evolução média do dano (linha a vermelho) num período de 100 anos para o quebra-mar da Ericeira.

Neste artigo, descrevem-se os procedimentos efetuados para a obtenção da fórmula de previsão da evolução do dano em estruturas como o quebra-mar da Ericeira, utilizando um maior número de simulações, bem como são desenvolvidas recomendações sobre os parâmetros mais apropriados para caracterizar o dano em mantos constituídos por blocos artificiais. Apresenta-se também um procedimento para definir sequências de características do estado do mar a utilizar na avaliação da probabilidade de dano na

estrutura num dado intervalo de tempo (por exemplo, intervalo entre campanhas de monitorização da estrutura).

Palavras-Chave: BASAFE4SEA; Estabilidade de mantos; Métodos estatísticos; Latin Hypercube Sampling; Modelo de previsão da evolução do dano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT o financiamento concedido ao projeto BASAFE4SEA, Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017.

REFERÊNCIAS

- Karambas, T.V. (2015). Modelling of climate change impacts on coastal flooding/erosion, ports and coastal defence structures. *Desalination and Water Treatment*, 54:8, 2130-2137.
- Melby, J.A.; Kobayashi, N. (1999). Damage progression and variability on breakwaters trunks. *Proc. Coastal Structures '99*, pp. 309-315.
- Smith, W.G.; Kobayashi, N.; Kaku, S. (1992). Profile changes of rock slopes by irregular waves. *Proc. 23rd ICCE - International Conference in Coastal Engineering*, ASCE, Vol. 2, pp. 1559-1572.
- van der Meer, J.W. (1988). Deterministic and probabilistic design of break water armour layer. *Journal of Waterways, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, Vol. 114, Issue 1.
- Weisse, R.; Bellafiore, D.; Menéndez, M.; Méndez, F.; Nicholls, R.J.; Umgiesser, G.; Willems, P. (2014). Changing extreme sea levels along European coasts. *Coastal Engineering* 87, pp. 4-14.

