

Avaliação do Risco de Inundação Com Vista à Melhoria da Resiliência Territorial da Região da Ria de Aveiro

PAT2030-FEDER-00337900



Relatório Final - Anexos 23 de dezembro de 2024













Índice

Anexo I - Workshops	1
Anexo II – Identidade Visual	31
Anexo III - Caracterização da Região da Ria de Aveiro	36
Anexo IV - Validação do Modelo	45
Referências	52

Anexo I Workshops

Workshop 1

O levantamento de políticas públicas e mapeamento de necessidades dos utilizadores finais foi efetuado através da realização de um primeiro Workshop realizado no dia 12 de junho de 2024 no Montebelo Vista Alegre Ílhavo Hotel. Inicialmente, fez-se um levantamento das entidades potencialmente interessadas na temática de inundações da Ria de Aveiro e enviaram-se convites por email para essas entidades. assim como para as entidades parceiras do projeto InundaRia. Na Tabela A1 apresentase a lista de participantes no Workshop e a respetiva entidade. Destaca-se a participação das três entidades parceiras (Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, I.P. e Administração do Porto de Aveiro), guatro municípios da região (Albergaria-a-Velha, Mira, Ílhavo e Aveiro), sete entidades locais (Águas da Região de Aveiro, S.A., Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil da Região de Aveiro, Proteção Civil de Aveiro, Serviços Municipais de Proteção Civil: Albergaria-a-Velha, Ílhavo e Mira, Polis Litoral Ria de Aveiro e Unidade de Saúde Pública da ULS da Região de Aveiro), uma empresa (AlgaPlus), e a representação do Programa de Assistência Técnica 2030, responsável pelo programa PAT2030. Convém destacar que os municípios de Aveiro, Mira e Ílhavo também se fizeram representar.

O programa do Workshop (Figura A1) destaca a apresentação do projeto InundaRia pelo responsável do projeto, e intervenções das três entidades parceiras (Administração do Porto de Aveiro. S.A. (APA), Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, I.P. (CCDR-C), e Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro (CIRA)), que evidenciaram a importância do InundaRia para a sua missão (Figura A2).

Tabela A1 - Lista de participantes no Workshop 1.

Nome	Entidade
Andreína Azevedo	AlgaPlus
Ângelo Lopes	Serviço Municipal de Proteção Civil do Município de Mira
Beatriz Vilarinho	Município de Ílhavo: Assessora do Executivo;
Carla Silva	Agência para o Desenvolvimento e Coesão
Carlos Póvoa	Águas da Região de Aveiro, S.A.
Cláudia Campos	Município de Aveiro: Chefe da Divisão de Planeamento do Território
Diana Gaspar	Polis Litoral Ria de Aveiro
Elisa Barreto	Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro

Fernando Almeida	Município de Aveiro: Divisão de Ambiente Energia e Obras Subunidade Ambiente
João Oliveira	Serviço Municipal de Proteção Civil do Município Albergaria- a-Velha
José Eduardo Matos	Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro
Magalhães Crespo	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, I.P.
Margarida Guedes	Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil da Região de Aveiro
Maria Manuel Cruz	Administração do Porto de Aveiro
Nélia Oliveira	Município de Mira: Ambiente
Pedro Gonçalves	Serviço Municipal de Proteção Civil do Município de Ílhavo
Ricardo Fradique	Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil da Região de Aveiro
Rosa Melo	AlgaPlus
Rui Leitão	Unidade de Saúde Pública da ULS da Região de Aveiro
Rute Sousa	Município de Ílhavo: Divisão de Planeamento, Ordenamento e Mobilidade
Tânia Silva	Unidade de Saúde Pública da ULS da Região de Aveiro
Tiago Bandeira	Unidade de Saúde Pública da ULS da Região de Aveiro
Tiago Teixeira	Município de Ílhavo: Divisão de Planeamento, Ordenamento e Mobilidade - SIG



Figura A1 - Cartaz de divulgação do 1º Workshop do projeto.

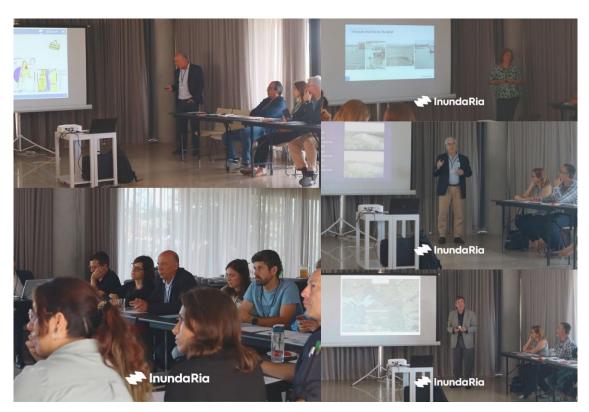


Figura A2 - Fotografias exemplificativas das apresentações e do trabalho realizado durante o WorkShop do projeto InundaRia.

A primeira apresentação, a cargo do coordenador do Projeto, teve como foco o enquadramento do projeto, salientado que o aumento da influência oceânica em sistemas costeiros leva ao aumento do risco de inundação e salinização das regiões marginais. De seguida foram definidos o objetivo de elaborar um estudo temático e rigoroso que analise a dinâmica de inundações na Ria de Aveiro, e apresentado o cronograma detalhado do projeto. Seguiu-se a apresentação da metodologia de avaliação do risco de inundação com foco na caracterização dos forçamentos com recurso a análise estatística (Módulo Fonte), na identificação do percurso de extensão com recurso à modelação hidrodinâmica (Módulo Percurso) e na avaliação de danos (Módulo Recetor). De seguida, foram apresentados exemplos de resultados esperados, como mapas de extensão de inundação e elementos expostos ao risco de inundação e a metodologia de discussão, demonstração e disseminação dos resultados através da realização de Workshops, relatórios técnicos e divulgação dos resultados e atividades na Web e em redes sociais. Por fim, foram apresentadas algumas das atividades já efetuadas e em execução nos módulos Fonte e Percurso. No final da apresentação, o coordenador do projeto, efetuou o agradecimento às entidades parceiras e ao programa financiador.

Na segunda apresentação, a cargo da Administração do Porto de Aveiro, S.A., foi efetuada a apresentação do Porto de Aveiro e a sua importância na região e no ecossistema da Ria de Aveiro. Neste âmbito, foi realçado o impacto que as operações no porto e o transporte marítimo podem ter nas características da bacia de operação portuária, aumentando a necessidade de operações de dragagem (várias vezes ao ano) para manutenção de cais navegáveis (barra: 32.6 m de profundidade num rasto de 200 m de largura; os portos de pesca requerem a manutenção de uma cota de 5 m (Z.H.)). Foi referido que por se encontrar numa zona de proteção especial, o Porto de Aveiro exerce pressões sobre o ecossistema, existindo a necessidade de compatibilizar a atividade portuária com outras atividades no interior da Ria de Aveiro. Foi ainda salientado que estas atividades necessitam do apoio da modelação hidrodinâmica para identificar impactos na boca da Barra e nas regiões mais interiores da Ria de Aveiro sob responsabilidade do porto. Ademais, foi salientado que a área adjacente ao Cais dos Bacalhoeiros é alagada todos os anos em situações de maré extrema e que está planeada a construção de um muro de contenção que proteja a região das inundações frequentes.

A terceira apresentação, a cargo da CCDR-C, começou com a apresentação da evolução da Ria de Aveiro e da região da bacia hidrográfica do Rio Vouga e a sua influência em áreas sensíveis de aluvião (Baixo Vouga Lagunar e Canal de Mira, Caminhos do Praião) que apresentam risco de inundação. Continuou com a

apresentação de um exemplo de inundação no Baixo Vouga Lagunar com o galgamento das motas de contenção (160 ha de área em 2002/03), referindo que este exemplo pode ser extrapolado para toda a Ria de Aveiro. Foi apresentada a situação atual de salinização de áreas a montante e o efeito de inundações de origem fluvial que transportam sedimentos que se depositam em terrenos de aluvião, promovendo a fertilidade dos campos agrícolas. Foi referida a importância da existência de métodos de mitigação dos efeitos pós-cheia fluvial, uma vez que estas podem contribuir para rombos nos muros de contenção adjacentes. Foi referida a existência do projeto de criação de diques e estruturas hidráulicas de proteção no Baixo Vouga Lagunar que permitirá a proteção contra o avanço da água salgada e a regulação da quantidade de água doce na região (contenção e drenagem para a laguna) o que permitirá a proteção da atividade agrícola e o seu equilíbrio com a atividade ambiental.

A última apresentação, a cargo da CIRA, começou com a apresentação da entidade, referindo os seus objetivos de alinhar sinergias e promover o entendimento e a cooperação institucional entre os diversos municípios que gerem áreas da Ria de Aveiro e outros atores regionais. Continuou com a apresentação dos stakeholders regionais e foi referido o conhecimento existente do risco de inundação e da procura de medidas de mitigação de impactos de inundações de origem marinha e fluvial. Foi referido a importância de um conhecimento rigoroso da cartografia da região, peça muito importante para fomentar medidas de adaptação nas áreas marginais da Ria de Aveiro. Foi referido ainda a existência de Planos de Gestão de Risco de Inundação (PGRI) na região e a importância do projeto de proteção do Baixo Vouga Lagunar. Salientou-se a coexistência de interesses distintos por parte dos diferentes utilizadores que desafiam a gestão sustentável deste importante ecossistema, sendo fundamental o diálogo entre os diferentes utilizadores para encontrar soluções consensuais que conciliem os seus interesses. Neste âmbito, o desenvolvimento de conhecimento científico sobre a Ria de Aveiro é fundamental para a tomada de decisões informadas e para a gestão sustentável deste ecossistema.

Depois das apresentações, elementos da equipa técnica dinamizaram atividades e fóruns de discussão com os participantes tendo em vista a recolha de informações relativas às políticas públicas e às necessidades das entidades participantes (Figura A3). Procedeu-se à formação de 4 grupos de trabalho (Tabela A2) tendo o cuidado de distribuir de forma heterogénea os participantes das diferentes instituições.

Tabela A2 - Distribuição dos participantes pelos respetivos grupos de trabalho.

Grupos de trabalho	Moderação	Elementos
Grupo 1	Nuno Vaz	Ângelo Lopes
		 Magalhães Crespo
		Margarida Guedes
		Pedro Gonçalves
		Rui Leitão
Grupo 2	Magda Sousa	Beatriz Vilarinho
		Carlos Póvoa
		 Nélia Oliveira
		Rosa Melo
		Tiago Bandeira
Grupo 3	Américo Ribeiro	Andreína Azevedo
		Carla Silva
		Fernando Almeida
		José Eduardo Matos
		Rute Sousa
		Tânia Silva
Grupo 4	Ana Picado	Cláudia Campos
		Diana Gaspar
		 João Oliveira
		Maria Manuel Cruz
		Ricardo Fradique
		Tiago Teixeira



Figura A3 - Fotografias exemplificativas do trabalho realizado pelos quatro grupos de trabalho.

Foram dinamizados 4 fóruns de discussão com a duração de 15 minutos cada, moderados por um elemento da equipa técnica (Tabela A3). Os temas discutidos promoveram a identificação de: 1) problemas e preocupações atuais, 2) medidas que apoiem na resolução dos problemas identificados, 3) políticas públicas alinhadas com o projeto InundaRia, 4) utilidade dos resultados do InundaRia, e de outras ações para fazer face aos problemas identificados e necessidades dos *stakeholders*. Os resultados desses fóruns de discussão encontram-se descritos nas Tabelas A3 a A7.

Tabela A3 - Tópicos abordados nos fóruns de discussão.

Fóruns de Discussão	Elementos	
Problemas/Preocupações Atuais	 Identificação de áreas/períodos críticos Esta identificação é baseada em estudos (quais) ou experiência? 	
Medidas	 Previsão da eficiência de medidas a desenvolver ou implementar (o que gostariam de ver implementado) 	
Políticas Públicas	 Planos de ordenamento existentes Onde encontrar esses planos Planos de Emergência Plano de impacto ambiental 	

0	projeto	InundaRia	•	Quais dos tópicos?
resp	onde à	s vossas	•	O que procuram/necessitam?
nece	essidades?		•	Em que tipo de resultados estão interessados?

Tabela A4 - Lista de problemas/preocupações atuais identificadas pelos stakeholders.

Área de intervenção	Problemas/ Preocupações	
Gestão de Recursos	Alagamento dos campos agrícolas do Baixo	
Hídricos e Mitigação dos	Vouga	
efeitos de inundações	 Inundação dos esteiros e salinização dos tanques 	
	de aquacultura	
	Desafios na gestão da intrusão salina e na	
	proteção dos recursos hídricos, necessitando de	
	estratégias integradas de controle de cheias	
	Assoreamento / diminuição dos sedimentos	
	transportados pelo rio Vouga	
	Áreas sensíveis: Baixo Vouga Lagunar, Marinha	
	de Ovar, Murtosa, Canais de Mira e Ílhavo	
	(Boco), áreas agrícolas, Cais dos Bacalhoeiros,	
	marinhas de sal	
Biodiversidade e Espécies	Infestantes aquáticos e espécies exóticas	
Invasoras	Invasão de espécies no Eixo e Pateira de	
	Fermentelos	
Infraestrutura e Proteção	Rutura do cordão de Vagos	
Costeira	Proteção da restinga a Sul da Barra	
	Alimentação do cordão dunar	
	Rutura no Labrego (Costa Nova)	
Planeamento Territorial e	Construção em zonas envolventes na Ria de	
gestão integrada	Aveiro	
	Planeamento do território	
	Aprofundamento dos canais	
	Inexistência de uma entidade única de gestão do	
	território	
Impacto das Alterações	Eventos extremos e interrupção de vias	
Climáticas e Eventos	Efeito das alterações climáticas	
Extremos	Impacto de eventos de cheia na ciclovia Ílhavo-	
	Vagos	
Dados, Monitorização e	Falta de dados para análise local e ausência de	
Gestão Integrada	cartografia atualizada	

	•	 Plataforma de alerta prévio não atualizada 	
		(Programa Rios)	
Saúde Pública e Qualidade	•	Doenças transmitidas pela água	
da Água			

Tabela A5 - Lista de medidas identificadas pelos stakeholders.

Área de intervenção	Medidas de adaptação/ mitigação		
Planeamento e gestão	 Aplicação de sanções aos municípios 		
integrada do território	 Revisão da cartografia 		
	 Definição de usos efetivos de cada área 		
	sensível em conjunto com os planos municipais		
	Melhorar o planeamento e a regulamentação		
	do uso do solo para prevenir construções em		
	áreas de risco		
	Criação de uma entidade para a gestão de		
	possíveis problemas e intervenção na		
	resolução de problema		
	Levantamento de cadastro de usos hídricos		
	Estudo da situação atual tendo em conta o uso		
	do solo		
Proteção e recuperação de	Proteção de terrenos agrícolas		
áreas vulneráveis	 Recuperação de marinhas 		
	 Reabilitação das motas e diques 		
Infraestrutura de Defesa e	Gestão integrada para monitorização de níveis		
controle Hídrico	de água do rio Vouga e da barragem de		
	Ribeiradio		
	Estruturas de defesa primária do rio Vouga		
	Regulação de fluxos com comportas		
	 Construção de diques 		
	Estabelecer diques para proteger áreas		
	costeiras e fluviais vulneráveis		
	Dragagem do canal do rio Vouga		
	Retardar a entrada de água oceânica		
Sistemas de alerta e	Sistema de aviso/alerta em caso de cheia em		
monitorização	microescala		

Saúde pública e vigilância	Saúde e vigilância sanitária
ambiental	Análise da água
Manutenção e limpeza de	Limpeza dos cursos de água
canais e cursos de água	 Melhorar a gestão do uso do solo ao redor dos
	canais da Ria de Aveiro

Tabela A6 - Lista de políticas públicas identificadas pelos *stakeholders*.

Políticas	Âmbito/Objetivo	Limitações/
Públicas		Necessidade
Plano de Gestão de	Abrange todos os aspetos da gestão dos riscos de cheias e inundações, têm como objetivo reduzir o risco nas áreas de possível inundação, através da	Cartografia de inundação não reflete a situação atualizada ao local
Risco de Inundação (PGRI)	implementação de medidas que minimizem as consequências prejudicais para a saúde humana, as atividades económicas, o património cultural e o ambiente.	/ Revisão da cartografia de inundação e validação pelas entidades locais
Lei da Água	A presente Lei da Água assegura a transposição da Diretiva n.o 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.	Não prevê a complexidade da Ria de Aveiro / Revisão da Lei da Água para acautelar a complexidade dos estuários
Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT's)	Estabelecem o regime de uso do solo (através da respetiva classificação e qualificação), definindo, para o efeito, modelos de ocupação territorial e da organização de redes e sistemas urbanos e, na escala adequada, parâmetros de aproveitamento do solo, bem como de garantia da sustentabilidade socioeconómica e financeira e da qualidade ambiental	Não vincula particulares/ Dificuldade em adaptar os PMOT's aos resultados e diretrizes dos PGRI
Planos de Emergência Interna de Barragens	Constitui o documento privilegiado para identificar o conjunto de procedimentos ou de ações tendo em vista assegurar o controlo da segurança na barragem e a resposta eficaz a situações de incidente ou de acidente que ponham em causa a segurança do vale a jusante	Necessário já que a barragem de Ribeiradio regula a descarga do Rio Vouga no Canal do Espinheiro

Plano de Emergência Interna do Porto de Aveiro	Apresenta uma estrutura organizativa dos meios humanos e materiais, bem como dos procedimentos a seguir, face a situações de emergência, por forma a garantir a satisfação das exigências legais em vigor, no âmbito da segurança portuária, e dar resposta às preocupações relativas à segurança das populações, quer a nível de bens materiais quer do meio ambiente.	
Planos	Um conjunto de orientações e normas de	
Municipais de Emergência de Proteção Civil (PMEPC's)	atuação de várias forças, de modo a desenvolver ações operacionais eficazes como resposta a uma situação de emergência.	
Reserva Ecológica Nacional (REN)	Estabelece um conjunto de condicionamentos à ocupação, uso e transformação do solo, identificando os usos e as ações compatíveis com os objetivos desse regime nos vários tipos de áreas sensíveis e com valor ecológico.	
Planos de Ação Climática Municipais	Propõem ações na perspetiva de orientação pública devendo traduzir o contributo dos municípios para os objetivos regionais e nacionais em matéria de política climática, nomeadamente de mitigação e adaptação às alterações climáticas.	
Plano de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH-RH4)	Visa a gestão, a proteção e a valorização ambiental, social e económica das águas ao nível da região hidrográfica, compatibilizando as suas utilizações com as suas disponibilidades	
Plano de Catástrofe	Propõe um cenário organizativo e de adequação os recursos perante uma situação de catástrofe ou acidente com múltiplas vítimas. Como se trata de um plano geral destina-se a dar resposta à globalidade dos riscos com potencial impacto na saúde humana que possam ocorrer, e que possibilite em simultâneo a articulação com os Planos de Emergência dos diversos municípios da área de abrangência do Agrupamento de Centros de Saúde do Baixo Vouga (ACeS BV).	

Plano de	Estabelecem regimes de salvaguarda de	
Ordenamento	recursos e valores naturais, através de	
da Orla	princípios e normas orientadoras e de	
Costeira	gestão.	
(POOC)		
Plano	Estabelece orientações integradas para o	
Intermunicipal	território envolvente ao sistema territorial da	
de	Ria de Aveiro e seu prolongamento natural	
Ordenamento	através da Bacia Hidrográfica do Vouga até	
da Ria de	à Pateira de Fermentelos e ao Rio Cértima.	
Aveiro		
(UNIR@RIA)		

Tabela A7- Identificação de resultados potencialmente úteis para os *stakeholders*.

	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Entidade	Resultados/Necessidades
Águas da Região	Modelação da qualidade da água
de Aveiro, S.A.	Aumentar a eficácia do tratamento de águas
	 Elementos expostos ao perigo de inundação
	 Mapas de inundação mais integrada
	 Nº de habitantes afetados
	 Zonas mais propícias a serem inundadas
	 Monitorização de eventos
Município de	 Mapas de extensão de inundação para adequar a
Ílhavo	realidade em termos de obras (ocorrem atualmente
	inundações com marés superiores a 3.4 m)
	 Obras de retenção: soluções baseadas na natureza
	 Projetar bacias de retenção (conter a água doce e evitar
	a mistura com água salgada, e permitir o escoamento da
	água doce de forma controlada)
	 Zonas mais propícias a serem inundadas
	 Mapas de extensão de inundação para adequar a
	realidade em termos de obras (ocorrem atualmente
	inundações com marés superiores a 3.4 m)
Município de	 Obras de retenção: soluções baseadas na natureza
Mira	 Projetar bacias de retenção (conter a água doce e evitar
	a mistura com água salgada, e permitir o escoamento da
	água doce de forma controlada)
	Acesso em tempo real aos mapas de inundação
	(operacional)
	 Articulação de águas e redes

Município de Aveiro	 Definição de cotas que garantam a proteção de áreas suscetíveis à inundação Obras de retenção: soluções baseadas na natureza
Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, I.P.	 Mapas de extensão de inundação para adequar a realidade em termos de obras (ocorrem atualmente inundações com marés superiores a 3.4 m) Obras de retenção: soluções baseadas na natureza Criação de uma aplicação para previsão de inundação (semelhante à aplicação HidroRia@UA) Projetar bacias de retenção (conter a água doce e evitar a mistura com água salgada, e permitir o escoamento da água doce de forma controlada)
Proteção Civil	 Mapas de inundação Elementos expostos ao perigo de inundação Integrar a previsão, criar indicadores e despoletar avisos
AlgaPlus	 Todos os resultados do projeto Limitações de estruturas por estarem localizados em zona protegida: soluções baseadas na natureza
Unidade de Saúde Pública da ULS da Região de Aveiro	 Modelação da qualidade da água Modelos de previsão de cheia para controlo de propagação de doenças
Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro	 Dragagens dos cais Impactos nos motes/diques do sistema primário a desenvolver perante cenários de inundação Avaliação da viabilidade de comportas de forma a reter a água doce no canal do Príncipe
Polis Litoral Ria de Aveiro	 Propor medidas para minimizar a subida do nível do mar: localizar locais prioritários e definição de cotas mínimas Simulacro dos impactos da subida do nível do mar

Identificaram-se regiões sensíveis a eventos de inundação em toda a extensão da Ria de Aveiro, desde o extremo Norte na Marinha de Ovar e Murtosa (margens do canal de São Jacinto), aos campos agrícolas do Baixo Vouga Lagunar, junto à foz dos rios Antuã e Vouga no canal do Espinheiro, às marinhas de sal localizadas na região central da laguna, à envolvente ao Cais dos Bacalhoeiros junto à embocadura da laguna, e ainda várias regiões adjacentes aos canais de Mira e Ílhavo (junto à foz do rio Boco). Salienta-se ainda a evidência de erosão do cordão dunar a sul da entrada da Barra e a possibilidade de rutura do mesmo, o que levaria ao estabelecimento de uma nova ligação ao mar, tal como sucedido anteriormente

(https://www.publico.pt/2011/11/02/jornal/destruicao-do-cordao-dunar-pelo-mar-

sobressalta-vagos-e-castelo-de-neiva-23332241). Os stakeholders transmitiram preocupações e desafios atuais relacionados com: 1) a intrusão salina e consequente salinização de recursos hídricos e campos agrícolas; 2) dragagens nos canais portuários e consequente aumento da amplitude de maré; 3) eventos de inundação extremos e seus efeitos adversos; 4) efeitos das alterações climáticas; e 5) a transmissão de doenças através da água.

Face à situação atual foram propostas medidas para fazer face aos problemas identificados, destacando-se a revisão da cartografia dos PGRI que consideram desatualizada e inadequada à realidade local. Para a proteção de terrenos agrícolas sugerem a reabilitação de motas e diques, estruturas de defesa primária do rio Vouga, regulação dos fluxos com comportas, dragagem do rio Vouga e construção de diques nas áreas mais vulneráveis. Para fazer face à intrusão salina sugerem a reabilitação das marinhas de sal e uma solução capaz de retardar a entrada de água oceânica. Salientaram ainda a importância da criação de um sistema de aviso/alerta à escala local na proteção das populações, operacionalização de meios e mitigação dos impactos das inundações durante eventos extremos. Várias entidades realçaram a importância de adaptar o uso do solo aos cenários de inundação, e a proteção civil destaca a aplicação de sanções aos municípios em caso de incumprimento.

Foram identificadas várias políticas públicas alinhadas com a problemática das inundações e listadas as dificuldades de implementação e limitações dessas políticas. Relativamente ao PGRI, as entidades realçam que a cartografia de inundação não reflete uma cartografia atualizada ao local e indicam que este carece de revisão e validação pelas entidades locais. Ademais, transmitiram dificuldades em adaptar os PMOT's no prazo legalmente estabelecido para o efeito. Apontam ainda algumas limitações à Lei da Água que não contempla a complexidade dos estuários e, portanto, carece de revisão. Destaca-se o alinhamento deste projeto com diversos planos de emergência (Planos de Emergência Interna de Barragens, Plano de Emergência Interna do Porto de Aveiro, PMEPC's), assim como do plano de catástrofe do Agrupamento de Centros de Saúde do Baixo Vouga (ACeS BV), planos esses particularmente interessados em previsões de eventos extremos de inundação. A cartografia de inundação será útil à elaboração de Planos de Ação Climática Municipais que visam definir ações tendo em vista a mitigação e adaptação às alterações climáticas. Destacase ainda a importância da cartografia de inundação rigorosa e credível à escala local para o apoio à elaboração de políticas públicas de regulamentação e ordenamento do uso do solo, como os PMOT's e o Plano Intermunicipal de Ordenamento da Ria de Aveiro (UNIR@RIA).

Todas as entidades reconheceram a importância do InundaRia para os seus objetivos e estratégia, e demonstram interesse em todo o tipo de resultados produzidos, desde os mapas de extensão de inundação em diferentes cenários, definição de cotas que garantam a proteção de áreas suscetíveis à inundação, identificação dos elementos expostos ao perigo de inundação e a avaliação da eficiência de medidas estruturais na mitigação dos riscos de inundação. Das medidas estruturais apresentadas pelos stakeholders destacam-se soluções baseadas na natureza, bacias de retenção, dragagens dos cais, impactos nos motes/diques do sistema primário a desenvolver perante cenários de inundação, assim como a avaliação da viabilidade de comportas de forma a reter a água doce no canal do Príncipe, e a proposta de medidas para minimizar a subida do nível do mar: localizar locais prioritários e definição de cotas mínimas, simular os impactos da subida do nível do mar. Além disso, foi destacada a importância de outros produtos fora do âmbito do InundaRia, nomeadamente modelação da qualidade da água, criação de um sistema de alerta/aviso e de uma app para previsão de inundações, acesso a mapas de inundação em tempo real, monitorização de eventos, integrar a previsão e criar indicadores e despoletar avisos.

Workshop 2

O Workshop 2 do projeto InundaRia realizou-se no dia 23 de outubro de 2024, na Universidade de Aveiro (Figura A4). O principal objetivo deste evento foi a divulgação das previsões relativas ao risco de inundação em cenários atuais, e respetiva discussão e validação por parte dos participantes (Figura A5). Foram enviados convites por email a todos os participantes do primeiro Workshop, assim como às entidades parceiras do projeto InundaRia. O Workshop esteve igualmente aberto a toda a comunidade. Na Tabela A8 apresenta-se a lista de participantes no Workshop e a respetiva entidade.



Figura A4 - Cartaz de divulgação do 2º Workshop do projeto.



Figura A5 - Fotografias exemplificativas da apresentação realizada durante o WorkShop do projeto InundaRia e das mesas de discussão.

Tabela A8 - Lista de participantes no Workshop 2.

Nome	Entidade
Ângelo Lopes	Serviço Municipal de Proteção Civil do Município de Mira
Diana Gaspar	Polis Litoral Ria de Aveiro
Elisa Barreto	Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro
Fernando Leão	IDAD
Francisco Silveira	Flatlantic
João Oliveira	Serviço Municipal de Proteção Civil do Município Albergaria- a-Velha
José Eduardo Matos	Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro
Juliana Lopes	Município de Ílhavo
Magalhães Crespo	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, I.P.
Margarida Guedes	Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil da Região de Aveiro
Miguel Andrade	Porto de Aveiro
Nélia Oliveira	Município de Mira: Ambiente
Ricardo Fradique	Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil da Região de Aveiro

Rita Cavalinhos	Porto de Aveiro
Salomé Leça	Unidade de Saúde Pública da ULS da Região de Aveiro
Tiago Bandeira	Unidade de Saúde Pública da ULS da Região de Aveiro

O coordenador do projeto, Professor João Miguel Dias, deu início à sessão com a apresentação das atividades e principais resultados obtidos à data do Workshop. O objetivo desta apresentação foi mostrar uma descrição detalhada do modelo numérico usado para simular a propagação de inundações no território da Ria de Aveiro e respetiva validação e uma caracterização detalhada do regime de inundações para o clima atual. Os resultados apresentados permitiram compreender a dinâmica das inundações na Ria de Aveiro e também a sua interação com o território, tendo como base a análise de cartografia do Uso do Solo e de População residente. A disseminação dos resultados junto dos parceiros do Inundaria e do público em geral, permitiu a discussão e validação das metodologias desenvolvidas e resultados obtidos. Assim, após a apresentação dos resultados foram tecidos alguns cometários por parte do público. A destacar uma intervenção que apontou a possibilidade de sobrestimação do número de habitantes em risco em algumas zonas de inundação. Este comentário sugere a necessidade de revisão e análise criteriosa dos resultados apresentados, de forma a garantir que os limites das áreas de inundação estejam adequadamente representados, bem como o cálculo da população em risco. Foi também levantada uma questão relacionada com algumas possíveis discrepâncias entre os resultados obtidos nas simulações numéricas e as observações realizadas no terreno. Esta intervenção enfatizou a importância de esclarecer essas diferenças, no sentido de assegurar maior coerência e robustez nas conclusões do estudo. Por fim, foi destacado que, em áreas do domínio de simulação onde a disponibilidade de informações é mais limitada, pode ser considerada a incorporação de dados provenientes dos Planos Diretores Municipais (PDMs). Foi ainda referido que os resultados apresentados para o Canal de Mira refletem, em grande medida, o conhecimento e a experiência observacional das entidades locais. Por fim, foi ainda referido que seriam disponibilizadas informações adicionais que possam ser integradas no âmbito do projeto, contribuindo para eventual uma melhoria na calibração do modelo e na qualidade dos seus resultados.

Após a apresentação, os elementos da equipa técnica dinamizaram mesas de discussão com os participantes tendo em vista a validação da cartografia de inundação, designadamente linhas de extensão de inundação, necessárias para uma gestão eficiente do território. Procedeu-se à formação de dois grupos de trabalho (Tabela A9),

organizados com base no interesse geográfico: um grupo focado no Baixo Vouga Lagunar e outro no Porto de Aveiro e Canal de Mira.

Tabela A9 - Distribuição dos participantes pelos respetivos grupos de trabalho.

Grupos de trabalho	Moderação	Elementos
Grupo 1	Ana Picado e	Diana Gaspar
	Carina Lopes	 Elisa Barreto
		 Magalhães Crespo
		Margarida Guedes
		Salomé Leça
Grupo 2	Américo Ribeiro e	Ângelo Lopes
	Magda Sousa	 Juliana Lopes
		Miguel Andrade
		Nélia Oliveira
		Ricardo Fradique
		 Rita Cavalinhos
		Tiago Bandeira

Os resultados das discussões em cada mesa encontram-se descritos nas Tabelas A10 e A11. A Tabela A10 apresenta as principais contribuições e comentários realizados pelos intervenientes na mesa de discussão sobre o Baixo Vouga Lagunar.

A Polis Litoral Ria de Aveiro destacou limitações do modelo numérico, apontando que o Caminho do Praião e o Caminho do Canal (Canal de Mira) não alagam em cenários de clima atual e mencionou que a área do Canal de Ovar aparenta ser mais alagada no modelo do que na realidade, comprometendo-se a fornecer dados de topografia. A Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro propôs a inclusão de zonas específicas (Carreiros, Peixinhos e Vau) no modelo.

O Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil sugeriu a criação de um cenário intermédio com projeção de 25 anos e disponibilizou-se a recolher dados de caudais do Vouga e estimativas de retorno, destacando a importância de ajustar os cenários aos caudais fluviais reais. As regiões de interesse foram assinaladas no mapa representado na Figura A6.

Por fim, a equipa técnica justificou discrepâncias no modelo como limitações de resolução da grelha e comprometeu-se a rever dados topográficos, reforçando a necessidade de dados precisos para melhor adequação do modelo.

Tabela A10 - Contribuição dos intervenientes na mesa de discussão do Baixo Vouga Lagunar.

Entidade	Contribuições
Polis Litoral Ria de Aveiro (Diana Gaspar)	 Comentou que o Caminho do Praião e o Caminho do Canal (Canal de Mira) não alagam em cenários de clima atual. Indicou que a área do Canal de Ovar aparenta ser mais alagada no modelo do que na realidade e comprometeuse a enviar dados de topografia por e-mail. Comentou que as dunas no Canal de Mira são muito altas e não alagarão em nenhum cenário.
Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, I.P. (Magalhães Crespo)	 Propôs a inclusão das zonas dos Carreiros, dos Peixinhos e do Vau no modelo (linhas de água que passam por baixo da linha do comboio no Baixo Vouga Lagunar).
Comando Sub- Regional de Emergência e Proteção Civil da Região de Aveiro (Margarida Guedes)	 Sugeriu a criação de um cenário intermédio com projeção para um período de retorno de 25 anos. Disponibilizou-se para recolher dados de caudais do Vouga e estimativas para períodos de retorno, incluindo dados da Barragem de Ribeiradio. Comprometeu-se a ajudar com informações sobre caudais fluviais que estão abaixo do espectável nos cenários desenhados.



Figura A6 - Fotografias do mapa impresso ilustrativo das contribuições da mesa do Baixo Vouga Lagunar.

A Tabela A11 apresenta as contribuições dos intervenientes na mesa de discussão sobre o Canal de Mira e Porto de Aveiro. Foram então identificados diversos pontos relevantes para a melhoria do modelo. Destacou-se a possibilidade de incorporar dados do relatório do Plano Diretor Municipal e de utilizar informações de precipitação para calcular caudais fluviais. Foi mencionado um evento de inundação agrícola na zona de Mira em 2003 e identificada uma área agrícola próxima ao terminal de S. Jacinto. Na região da Murtosa, apontou-se o reforço das motas com material dragado em 2022.

Também foi destacada a disponibilidade de dados batimétricos obtidos por observações LIDAR para melhorar a grelha do modelo e sugeriu-se a expansão dessa grelha para o sul, abrangendo a região de Mira. As zonas de interesse foram assinaladas no mapa representado na Figura A7.

Tabela A11 – Contribuição dos intervenientes na mesa de discussão do Canal de Mira e Porto de Aveiro.

Entidade	Contribuições
Município de Mira (Ângelo Lopes)	 Foi referido a existência de relatório do PDM cujos dados podem ser incorporados nas simulações a realizar; Foi identificado um evento de inundação agrícola na zona de Mira em 2003; Foi referida a possibilidade de se usar dados de precipitação para determinação do caudal fluvial; Foi sugerido que a grelha de cálculo do modelo fosse expandida mais para sul, para a região de Mira.
Porto de Aveiro (Miguel Andrade)	 Foi referida e identificada junto ao terminal de S. Jacinto uma área agrícola; Foi referido que na zona da Murtosa as motas foram reforçadas em 2022 com material dragado; Foi referida a existência de informação batimétrica proveniente de observações LIDAR no sentido de se poder melhorar a grelha de cálculo do modelo.



Figura A7 - Fotografias do mapa impresso ilustrativo das contribuições da mesa do canal de Mira e Porto de Aveiro.

Workshop 3

O Workshop 3 do projeto InundaRia, realizado no dia 10 de dezembro de 2024, na Universidade de Aveiro (Figura A8), teve como principal objetivo a apresentação dos resultados finais do Estudo e partilha de conclusões/recomendações (Figura A9). Foram enviados convites por email a todos os participantes do primeiro e segundo Workshops, bem como às entidades parceiras do projeto InundaRia. O evento esteve igualmente aberto a toda a comunidade. Na Tabela A12 encontra-se a lista de participantes no

Workshop e as respetivas entidades de afiliação. Durante o evento, foi também apresentado e disseminado um documento *policy-brief* em língua portuguesa e inglesa (Figura A10), que destaca as principais conclusões/recomendações decorrentes do Estudo efetuado.



Figura A8 - Cartaz de divulgação do 3º Workshop do projeto.



Figura A9 - Fotografias exemplificativas da apresentação realizada durante o 3º WorkShop do projeto InundaRia e das mesas de discussão.

Tabela A12 - Lista de participantes no Workshop 3.

Nome	Entidade
Carla Garrido	Porto de Aveiro
Cláudia Campos	Município de Aveiro: Chefe da Divisão de Planeamento do Território
Daniel Bastos	Câmara Municipal da Murtosa
Diana Gaspar	Polis Litoral Ria de Aveiro
Elisa Barreto	Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro
Fábio Aleixo	Navigator Company
Fernando Leão	IDAD
Helena Correia	AlgaPlus
Jorge Rua	Porto de Aveiro
Magalhães Crespo	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, I.P.
Margarida Guedes	Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil da Região de Aveiro
Miguel Andrade	Porto de Aveiro
Ricardo Fradique	Comando Sub-Regional de Emergência e Proteção Civil da Região de Aveiro
Rita Cavalinhos	Porto de Aveiro
Tiago Bandeira	Unidade de Saúde Pública da ULS da Região de Aveiro

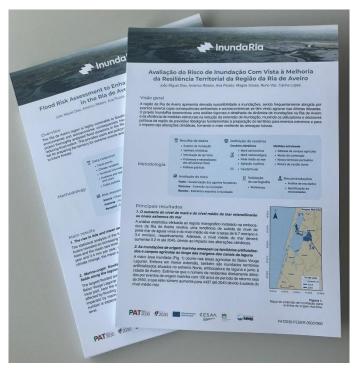


Figura A10 - Fotografias do documento policy-brief disseminado pelos participantes do projeto InundaRia.

O coordenador do projeto, Professor João Miguel Dias, deu início à sessão com apresentação resultados dos finais do Estudo partilha de а conclusões/recomendações. O objetivo desta apresentação foi mostrar a metodologia adotada para simular a propagação de inundações no território da Ria de Aveiro. Além disso, foi realizada uma caracterização pormenorizada do regime de inundações, considerando tanto as condições do clima atual quanto as projeções para o clima futuro, bem como a consideração de estruturas de proteção artificiais, referindo o impacto dos diferentes agentes forçadores na cartografia de inundação. A disseminação dos resultados com os parceiros do projeto InundaRia e com o público em geral possibilitou a discussão e a validação das metodologias desenvolvidas e dos resultados alcançados. Após a apresentação, o público contribuiu com diversos comentários e observações.

Foram comentados os resultados do projeto na área do Baixo Vouga Lagunar, bem como foi destacada a importância de estudos como este e da disponibilização dos seus resultados, permitindo avaliar questões como possível intrusão salina e risco de inundação nas proximidades das estruturas da fábrica adjacente ao Rio Vouga (Ria de Aveiro). Foi ainda referido que os possíveis problemas na zona adjacente à fábrica da Navigator não foram identificados em estudos anteriores, mas que é essencial a colaboração entre a empresa e o Município de Aveiro para a avaliação de possíveis impactos. Adicionalmente, foi apresentada uma questão sobre o risco de inundação junto à cidade de Aveiro, e foi referido que serão feitas intervenções junto à área da Lota Velha e Estrada do Sal. Foram também comentados os resultados do projeto

relativamente ao o risco de inundação junto à Estrada do Sal e a ligação com as marinhas e salinas existentes nessa área. Adicionalmente, foi levantada a questão sobre como seria possível realizar o cruzamento entre os resultados obtidos no projeto e os resultados já publicados em estudos anteriores. Foi também referido que os municípios podem contestar a cartografia oficial utilizada nos resultados publicados anteriormente, de modo a permitir a atualização do ordenamento do território e aperfeiçoar a gestão de emergências. Outra intervenção sublinhou a importância da conservação da natureza, mencionando a incerteza na classificação do uso do solo em certas áreas adjacentes à Ria de Aveiro, especialmente as mais vulneráveis ao risco de inundação.

Após a apresentação, os elementos da equipa técnica dinamizaram mesas de discussão com os participantes através da formação de dois grupos de trabalho conforme identificado na Tabela A13. Os participantes de cada mesa visualizaram os resultados de cada cenário apresentado no Workshop com maior detalhe nas regiões de interesse.

Tabela A13 - Distribuição dos participantes pelos respetivos grupos de trabalho.

Grupos de trabalho	Moderação	Elementos
Grupo 1	Ana Picado e	Diana Gaspar
	Carina Lopes	Elisa Barreto
		Fernando Leão
		Helena Correia
		 Magalhães Crespo
		Margarida Guedes
Grupo 2	Américo Ribeiro e	Carla Garrido
	Magda Sousa	Cláudia Campos
		Jorge Rua
		Miguel Andrade
		Ricardo Fradique
		Rita Cavalinhos
		Tiago Bandeira

No encerramento do Workshop 3, todos os participantes foram convidados a preencher um inquérito de satisfação, com o objetivo de avaliar o Projeto InundaRia e os três workshops realizados ao longo da sua execução (Figura A13).

_		lnun	daD	ia	
		Inun o		ia	
Inunc	daRia: Avaliação	o de satis o do risco de inundaç do Projeto InundaRia	ção com vista à me		
		que responda de form			
	rigatório				
I. In		temática do Proje			_
	1	2	3	4	5
2. CI		etivos do Projeto I			
	1	2	3	4	5
3. Ut	tilidade do Pro	ojeto InundaRia na	sua atividade. 1	*	
	1	2	3	4	5
4. 0	rganização do	Projeto InundaRi	a (Workshops, ii	nteração com a	equipa, discus
	1	2	3	4	5
5. CI	lareza, relevân	ncia e utilidade dos	s conteúdos apr	esentados nos \	Workshops. *
	1	2	3	4	5
6. A	valiação globa	al do Projeto Inunc	daRia. *		
	1	2	3	4	5
7. Su	ugestões/Con	nentários/Observa	ções.		
	Introduza a su	ua resposta			
Su	ubmeter				
Nunca	a revele a sua palavra	a-passe. <u>Denunciar abuso</u>			

Figura A11 - Layout do inquérito de satisfação divulgado pelos participantes no 3º Workshop do InundaRia.

Os resultados das respostas ao inquérito foram bastante positivos (Figura A12), com os participantes a atribuírem na sua maioria a pontuação de 5 valores às questões apresentadas, verificando-se ainda um número reduzido de pontuações de 4 valores. A pontuação de 5 reflete um elevado nível de satisfação, destacando a relevância, a organização e a qualidade das atividades desenvolvidas. As avaliações de 4 sugerem uma boa aceitação, embora indiquem que ainda existem pequenos aspetos a aperfeiçoar. Este feedback é crucial para compreender as perceções dos participantes

e guiar a melhoria contínua de iniciativas futuras, garantindo que estejam cada vez mais alinhadas com as expectativas da comunidade envolvida.



Figura A12 - Respostas ao inquérito de satisfação.

Anexo II

Identidade Visual



InundaRia

Universidade de Aveiro

01/05/2024

IDENTIDADE VISUAL

O projeto **InundaRia** visa a elaboração de um estudo técnico e científico destinado a compreender a dinâmica das inundações e seus impactos socioeconómicos na região territorial da Ria de Aveiro.

A identidade visual proposta para este projeto de investigação procura refletir a seriedade, a precisão e a relevância dos dados e análises que serão produzidos, bem como destacar a importância do tema para a comunidade local e as diversas entidades interessadas neste tema.







ÁREA DE PROTEÇÃO

A área de segurança ajuda a manter a legibilidade e proteção visual da marca. Para preservar a sua boa leitura, foi definida uma área mínima de proteção, dimensionada pela margem do símbolo da marca InundaRia. Esta unidade manter-se-á constante em todas as versões da marca.

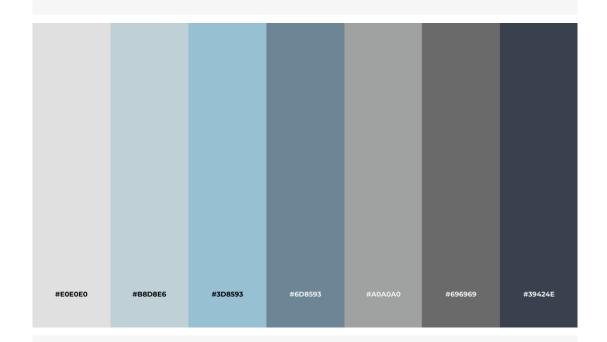


CORES

Na representação policromática da marca, disponibilizam-se quatro cores, em representação dos meios naturais da água e da terra.

Pela sua representação acromática, a marca revela-se igualmente competente para utilizações em negativo ou reproduzida recorrendo a sistemas reprográficos monocromáticos.





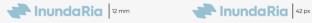
DIMENSÕES MÍNIMAS

A marca não tem restrições quanto à sua aplicação máxima, desde que respeitando a sua construção e proporção.

Para garantir a legibilidade da marca e a qualidade final da sua aplicação e reprodução, foram definidos limites mínimos da sua aplicação. Por esse motivo, a dimensão nunca deverá ser inferior à apresentada.

SUPORTES IMPRESSOS

SUPORTES DIGITAIS





POSITIVO InundaRia

A **versão monocromática** deve ser usada tendo em conta o ambiente cromático que a recebe. Sobre fundos claros deve ser aplicada a versão positiva (em tom escuro), sobre fundos escuros a versão negativa (em tom claro).



TIPOGRAFIA PRINCIPAL

Para a construção do logótipo, bem como todas as expressões da marca revertidas para qualquer suporte, a fonte tipográfica usada é a Montserrat - bold e light.

Esta tipografia deverá também ser usada para a composição de títulos, para impressão ou outros suportes de comunicação institucional.

Propõe-se o uso da fonte Arial, comum a todos os softwares e com acesso livre que poderá ser utilizada em relatórios, powerpoints, papéis de carta, ou outros suportes.

ABCDEFGHI JKLMNOPQ RSTUVWXYZ 0123456789

ABCDEFGHI JKLMNOPQ RSTUVWXYZ 0123456789

APRESENTAÇÃO EM CARTAZES

Apresentação exemplo





REDES SOCIAIS







LINKEDIN INSTAGRAM

FACEBOOK



Anexo III

Caracterização da Região da Ria de Aveiro

Caracterização do território

A área de estudo (Figura A13), objeto do projeto InundaRia, corresponde à região da Ria de Aveiro localizada na costa noroeste de Portugal (40°38'N, 08°45'W) e inclui oito municípios: Ovar, Murtosa, Estarreja, Albergaria-a-Velha, Aveiro, Ílhavo, Vagos e Mira.

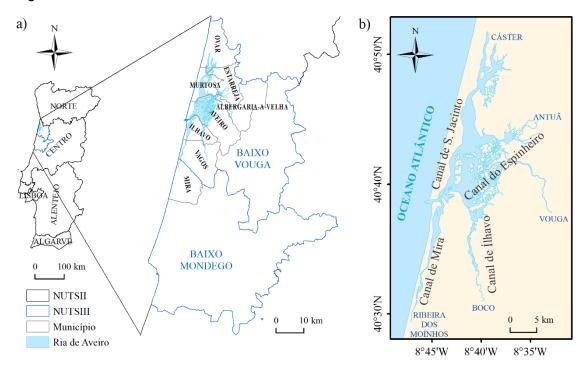


Figura A13 - a) Região territorial da Ria de Aveiro. b) Indicação dos canais principais da laguna e dos principais tributários (fonte: Lopes, 2016).

Esta região suporta um conjunto de serviços e bens naturais favoráveis ao estabelecimento de comunidades e consequente desenvolvimento de atividades económicas. Os usos do solo predominantes nos concelhos da região da Ria de Aveiro (Figura A14a) são a floresta e a agricultura, ocupando cerca de 45% e 25% da área total, respetivamente. As superfícies artificiais representam cerca de 15% da área total e são utilizadas para fins residenciais, industriais e comerciais. A região da Ria de Aveiro representa 12% do Valor Acrescentado Bruto (VAB) da região, distribuído da seguinte forma: 61% é atribuído ao sector dos serviços, 37% corresponde aos serviços industriais e apenas 2% corresponde aos sectores da pesca, caça, agricultura, silvicultura e aquicultura (Rodrigues et al., 2011). Apesar do baixo contributo para o VAB, estes sectores têm um papel fundamental na sustentabilidade das comunidades locais, especialmente no concelho da Murtosa onde este sector emprega 12.2% da população empregada (https://www.pordata.pt/municipios/populacao+empregada-222). Ademais, atividades artesanais, como a produção de sal, a apanha de casulo, o marisqueio ou a

pesca lúdica, juntamente com as atividades desportivas, como o kitesurf, o surf e a vela, contribuem para o crescimento do turismo local e são, por conseguinte, igualmente importantes para as comunidades locais. De salientar ainda que o porto de Aveiro (localizado junto à embocadura da laguna) desempenha um papel fundamental para a economia da região, uma vez que presta serviços a muitas das indústrias da região designadamente aquelas relacionadas com cerâmica, química, metalurgia, derivados da madeira, agricultura, alimentação e a construção civil (Rodrigues et al., 2011).

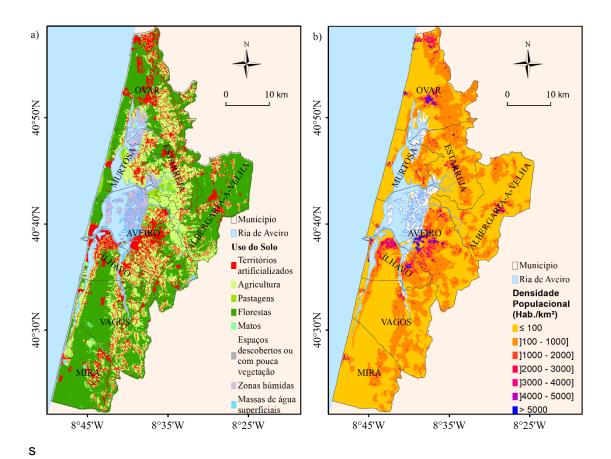


Figura A14 - Cartas da região da Ria de Aveiro evidenciando: a) a ocupação do solo; e b) a densidade populacional (Habitantes/km²).

De cordo com o registo censitário de 2021, a população residente nos oito municípios era de 271 670 habitantes (https://www.pordata.pt/temas/municipios). O município de Aveiro é o que apresenta mais habitantes, 80 954 (29.8%), seguido de Ovar, Ílhavo, Estarreja, Albergaria-a-Velha, Vagos, Mira e Murtosa com 54 953 (20.2%), 39 235 (14.4%), 26 213 (9.6%), 24 840 (9.1%), 22 886 (8.4%), 12 113 (4.5%) e 10 476 (3.9%), respetivamente. A população empregada por setor de atividade económica na área de estudo, em 2021, era: 3 002 (2.4%) no setor primário, 45 176 (36.5%) no setor secundário e 75 637 (61.1%) no setor terciário. As regiões mais densamente povoadas

(Figura A14) coincidem com as áreas urbanas mais desenvolvidas, localizando-se junto às margens da zona central da laguna nos concelhos de Aveiro e Ílhavo.

Hidrodinâmica e evolução morfológica

Os territórios marginais da Ria de Aveiro são propensos a cheias devido às suas características topográficas e morfológicas, considerando que as áreas terrestres confinantes com o plano de água e canais principais apresentam cotas baixas. A laguna consiste numa complexa rede de canais pouco profundos. Tem 45 km de comprimento e 10 km de largura e cobre uma área que varia entre 89.2 km² e 64.9 km² em preia-mar de maré viva e maré morta, respetivamente. Os Canais de Ílhavo, S. Jacinto, Mira e Espinheiro são considerados os mais importantes em termos de hidrodinâmica lagunar. A hidrodinâmica é dominada pela maré, que é semidiurna com um pequeno padrão diurno (Dias et al., 2000). No Canal do Espinheiro desagua o Rio Vouga, que representa cerca de 2/3 do total da descarga fluvial na laguna (Vaz et al., 2009) (Figura A13). Na bacia do Laranjo desagua o Rio Antuã, enquanto nas cabeceiras dos Canais de S. Jacinto - Ovar, Ílhavo e Mira as afluências de água doce se devem aos Rios Cáster e Boco e à Ribeira do Moinhos, respetivamente. O caudal médio do Rio Vouga é de 80 m3/s, portanto, consideravelmente superior ao dos restantes afluentes com 5 m³/s, 10 m³/s, 5 m³/s e 20 m³/s para os rios Boco, Ribeira dos Moinhos, Cáster e Antuã, respetivamente (Génio et al., 2008). A descarga média total dos rios durante um ciclo de maré é de 1.8x10⁶ m³ (Moreira et al., 1993), valor este consideravelmente inferior ao prisma de maré na embocadura da laguna que varia entre 65.8x106 m3 e 139.7x106 m3, em maré viva e morta, respetivamente (Lopes et al., 2013a). A laguna pode ser considerada como verticalmente homogénea, exceto na região superior do canal do Espinheiro que pode apresentar estratificação vertical (Dias et al., 2000; Vaz et al., 2009). A influência do vento na elevação da superfície livre é pequena quando comparada com a ação da maré (Dias et al., 2000). A amplitude de maré média na embocadura é de 2 m, enquanto que a sobre-elevação devida ao vento é estimada entre 0.05 e 0.2 m no canal da embocadura (Fortunato et al., 2013; Vaz et al., 2013). Quando o caudal fluvial é elevado a região adjacente à foz do Rio Vouga é normalmente alagada. Esta região constitui uma zona húmida de elevado valor ecológico e socioeconómico, designada Bloco do Baixo Vouga Lagunar (BBVL). Tem uma área de cerca de 4 600 ha e é composta por campos agrícolas usados na produção de milho e arroz, pastagens, e áreas de caniço e junco. O BBVL apresenta características biofísicas únicas que lhe conferem um elevado valor conservacionista e de biodiversidade. Esta circunstância possibilitou a classificação da Ria de Aveiro na rede Natura 2000, como Zona de

Proteção Especial (ZPE) incluindo áreas classificadas como Sítios de Importância Comunitária (SIC). Muitas espécies são protegidas por convenções internacionais, tais como a Diretiva Aves (2009/147/CE) e a Diretiva Habitats (92/43/CEE).

A ação do Homem tem afetado consideravelmente a evolução geomorfológica da laguna. A obra mais marcante foi a construção da embocadura artificial em 1808 que alterou profundamente a hidrodinâmica do sistema, resultando na alteração da circulação da laguna que se tornou dominada pela maré (Silva & Duck, 2001). Após a abertura da ligação permanente com o oceano (1808) foram construídas numerosas salinas para a produção de sal, nas zonas intermareais localizadas na região central da laguna (Silva & Duck, 2001). Ao longo das últimas 4 décadas a laguna sofreu outras alterações geomorfológicas induzidas pelo Homem, nomeadamente prolongamentos dos quebra-mares da embocadura em 1987 e 2012, atividades regulares de dragagem na zona da entrada da laguna e nos canais principais da laguna, tendo ainda ocorrido a destruição natural dos muros das salinas motivada pelo abandono da sua exploração (Lopes et al., 2013b). As alterações geomorfológicas entre 1987 e 2022 foram quantificadas no âmbito deste estudo através da análise de registos topo-batimétricos nesse período. A diferença de profundidade entre levantamentos efetuados em 1987 e levantamentos mais recentes efetuados em 2011, 2012 e 2022 está representada na Figura A15.

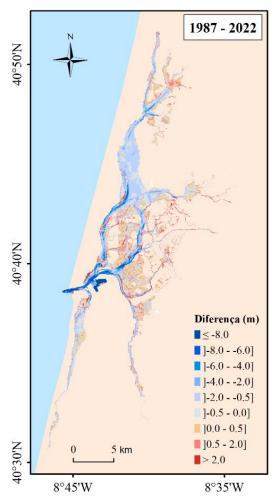


Figura A15 - Diferença de profundidade (m) entre as batimetrias de 1987 e 2022.

No geral, a laguna sofreu um aprofundamento dos seus canais principais neste período, mantendo a sua geometria quase inalterada, à exceção da zona decorrente do alargamento do porto de Aveiro, que foi a única alteração geométrica de relevo encontrada, mas considerada de menor relevância considerando a escala espacial da laguna. A profundidade do canal de entrada aumentou após a extensão do quebra-mar norte em 1987, verificando-se um aprofundamento desta zona em cerca de 10 m em algumas áreas. O aprofundamento no canal de Mira foi próximo de 3 m, contudo na zona inferior dos canais de S. Jacinto e Espinheiro a profundidade aumentou 8 m em alguns locais. É ainda evidente a diminuição da profundidade nos canais estreitos da região central da laguna, bem como nas cabeceiras dos principais canais da Ria de Aveiro. Estudos anteriores revelaram que as alterações de profundidade encontradas se devem tanto a fatores naturais quanto antropogénicos. Plecha (2011 concluiu que o aprofundamento do canal de entrada foi motivado pela nova configuração de embocadura, que alterou a dinâmica sedimentar, mas também por atividades regulares de dragagem realizadas no final dos anos oitenta e início dos anos noventa. Adicionalmente, o aprofundamento dos principais canais lagunares foi impulsionado por

diversas dragagens realizadas entre 1996 e 1999, e mais recentemente entre 2020 e 2022, com o objetivo de melhorar as condições de navegabilidade.

Vários estudos mostraram que as alterações morfológicas despoletaram alterações nas condições hidrodinâmicas da laguna. O aprofundamento geral da laguna induziu o aumento da amplitude de maré e da sua velocidade de propagação ao longo dos seus canais. Ao analisar os dados do marégrafo da Barra, Araújo et al. (2008) quantificaram que em média a amplitude do mais importante constituinte de maré semidiurno, M_2 , aumentou 0.25 m entre 1987/88 e 2002/03. Mais recentemente, Dias et al. (2021), quantificou alterações nos constituintes de maré entre 1987/88 e 2020/21 em estações de monitorização localizadas no interior da laguna. Em detalhe, esse estudo revelou que a amplitude do constituinte M₂ aumentou entre 0.3 m, e 0.53 m ao longo do canal de S.Jacinto, desde a embocadura da laguna até Ovar. No Canal de Mira, o aumento variou de 0.3 m na Vaqueira e 0.5 m no Areão, e no Canal de Ílhavo a amplitude aumentou 0.1 m em todas as estações. Finalmente no Canal do Espinheiro, a amplitude do constituinte M₂ aumentou entre 0.2 e 0.25 m. Já o estudo desenvolvido por Lopes et al. (2013b), usou modelação numérica para recriar as condições hidrodinâmicas e extensão de inundação da laguna em 1987 e 2012, tendo concluído que a área alagada da laguna em situação de preia-mar de maré viva aumentou de 77 para 89 km² (16%) neste período. Adicionalmente, Lopes et al. (2019) através da análise de dados históricos de satélite verificaram que a área intermareal aumentou e a submareal diminuiu entre 1984 e 2018, tendo-se verificado que essas alterações no regime de inundação provocaram a degradação dos sapais estabelecidos nos rasos de maré. Mais recentemente, Lopes et al. (2021) combinaram técnicas de deteção remota por satélite com modelação hidrodinâmica e concluíram que a maior redução de área de sapal ocorreu na envolvência dos canais mais aprofundados (S. Jacinto e Espinheiro) devido à maior intensificação das correntes de maré e alterações no regime de inundação verificadas nessas regiões. Concluíram ainda que tanto o potencial aprofundamento da laguna como a subida do nível médio do mar expectáveis para o futuro, são uma ameaça séria à sobrevivência dos sapais e consequentemente à proteção dos territórios envolventes a eventos de inundação extremos. É importante notar que a proteção, recuperação e criação de áreas de sapal em ambientes estuarinos representam soluções baseadas na natureza capazes de reduzir de forma eficaz o risco de inundação em territórios costeiros, e consideradas fundamentais na adaptação às alterações climáticas.

Eventos de inundação

A região da Ria de Aveiro apresenta elevada suscetibilidade a inundações, sendo frequentemente atingida por eventos severos cujas consequências ambientais e socioeconómicas se têm vindo agravar nas últimas décadas, não só devido ao aumento da frequência dos eventos, mas também da sua magnitude e, consequentemente, pelos danos que causam.

No geral, todos os territórios da região da Ria de Aveiro são afetados por eventos extremos de inundação, contudo as ocorrências mais severas observam-se junto à foz dos Rios Vouga, Antuã, Cáster, Boco e Ribeira dos Moinhos (Figura A13) devido ao efeito combinado de elevadas descargas fluviais com níveis extremos da superfície do mar (Figura A16a; A16b: A16c). Ademais, nos últimos anos tem-se verificado a ocorrência de inundações devido à ação exclusiva de marés vivas de maior amplitude, particularmente em situação de marés equinociais, que têm provocado: 1) a salinização de campos de cultivo nas regiões marginais localizadas a norte e centro da laguna (municípios de Ovar, Estarreja, Murtosa, Aveiro e Albergaria-a-Velha) (Figura A16d); 2) a inundação de territórios urbanizados, incluindo terminais portuários, localizados junto à entrada da laguna (município de Ílhavo) (Figura A16e; A16f)). Estas situações ocorrem em grande parte devido ao aumento da amplitude de maré ao longo das últimas décadas motivada pelo aprofundamento dos canais de navegação da Ria de Aveiro, mas também devido à subida do nível médio do mar induzida pelas alterações climáticas. Há também evidência de que sobre-elevações do nível do mar de origem meteorológica podem causar cheias no território, no entanto a severidade da inundação é condicionada pelas condições de maré. Por exemplo, a 27 de fevereiro de 2010 verificou-se que o efeito combinado de uma sobre-elevação de origem meteorológica de 0.6 m com um nível de maré de 3.4 m causou cheias nas localidades da Torreira e S. Jacinto (Lopes, 2016). No entanto, o mesmo estudo salienta que não há evidências de que a maior sobreelevação de origem meteorológica que ocorreu até à data na Ria de Aveiro (altura de 1.09 m em dezembro de 1981) tenha causado inundações na região, o que se deve ao facto de que este evento ter ocorrido em condições de maré morta.

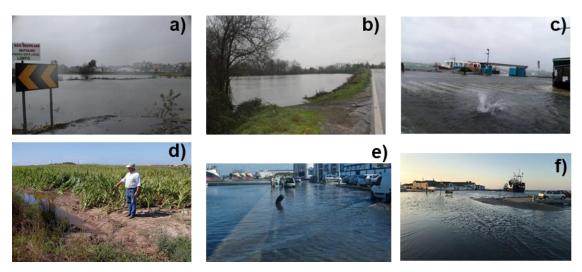


Figura A16 - Registos de inundações em: a) e b) janeiro de 2014 junto à foz dos rios Antuã e Vouga, respetivamente (fonte: Lopes, 2016); c) fevereiro de 2010 em S. Jacinto (fonte: (Lopes, 2016); d) agosto de 2020 em Ovar (https://www.diarioaveiro.pt/noticia/60427); e) setembro de 2014 no terminal de Porto de Pesca do Largo (fonte: (Lopes, 2016); f) setembro de 2019 no terminal de Porto de Pesca do Largo (https://www.facebook.com/photo?fbid=2478149378921544&set=pcb.2478150558921426).

Anexo IV

Validação do Modelo

Validação do modelo hidrodinâmico

De forma a avaliar a capacidade do modelo em reproduzir com precisão o nível da água na região de estudo foi efetuada a respetiva validação, comparando a elevação da superfície livre observada *in situ* e prevista em 10 estações da Ria de Aveiro (no mês de agosto de 2022 (data posterior à última operação de dragagens realizada na laguna) (Figura A17). A condição fronteira oceânica imposta no modelo corresponde a uma série temporal de elevação da superfície livre (1 minuto de resolução) construída por síntese harmónica (Pawlowicz *et al.*, 2002) a partir de 13 constantes harmónicas (M₂, S₂, N₂, K₂, K₁, O₁, P₁, Q₁, M_F, MM, M₄, MS₄, MN₄) obtidas a partir do modelo TPXO 7.2 TOPEX/Poseidon Altimetry (http://volkov.oce.orst.edu/tides/global.html). Aos valores da série temporal de maré somou-se o valor de 0.24 m, a que corresponde o nível médio do mar obtido através do marégrafo da Barra para o ano de 2022 (resultado da análise apresentada no 1º relatório do projeto InundaRia). Nas fronteiras terrestres consideraram-se descargas médias nos 5 efluentes principais: Vouga - 62 m³/s, Antuã - 5 m³/s, Cáster - 2 m³/s, Ribeira dos Moinhos - 14 m³/s e Boco - 4 m³/s. Estes valores foram obtidos a partir dos dados do modelo SWAT (Dias & Alves, 2013).



Figura A17 - Mapa da Ria de Aveiro com a localização das estações usadas na validação.

Para efeitos de quantificação do ajuste entre os resultados do modelo e as observações *in situ* utilizaram-se as métricas, erro quadrático médio (*RMSE*) e *Skill*:

$$RMSE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (S_i - O_i)^2\right)^{1/2}$$

$$Skill = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (|S_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}$$

As Figura A18 a A27 representam as séries temporais de elevação da superfície livre observada in situ e prevista pelo modelo para o mês de agosto de 2022, e a Tabela A13 apresenta os valores de RMSE e Skill para as 10 estações. Todas as figuras demonstram o bom ajuste visual entre os valores simulados pelo modelo e as observações in situ, sendo as maiores diferenças detetadas para a estação de Cais do Bico. Os resultados de RMSE e Skill confirmam esta observação visual, evidenciando ainda que o desempenho do modelo é melhor nas estações mais próximas da embocadura da laguna e ligeiramente inferior nas estações localizadas mais a montante. De facto, os valores de RMSE são menores ou iguais a 0.10 m em 5 estações (Barra, Vagueira, Areão, Rio Novo e Torreira), o que representa um erro inferior a 5%, considerando uma amplitude de maré de 2 m. As estações de Cais do Bico e Puxadouro são as que apresentam valores de RMSE mais elevados (0.22 e 0.19 m, respetivamente), ainda assim inferiores a 11%. Os valores de Skill são superiores a 0.97 em todas as estações o que revela uma boa representação da amplitude e fase da onda de maré em toda a laguna. De uma forma geral, os erros obtidos com esta implementação são similares aos obtidos em estudos anteriores (Lopes et al., 2022; Pinheiro et al., 2020; Ribeiro et al., 2021), concluindo-se que o modelo reproduz com rigor os níveis de água em toda a laguna.

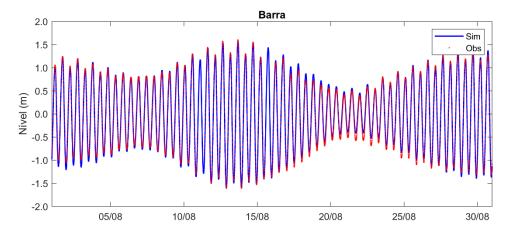


Figura A18 - Séries temporais de elevação da superfície livre da água observada e prevista pelo modelo para a estação da Barra no mês de agosto de 2022.

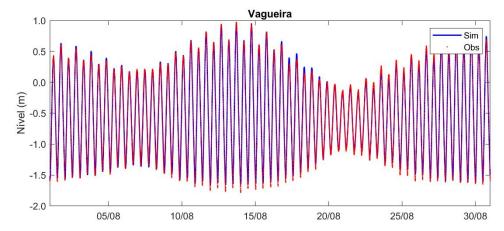


Figura A19 - Séries temporais de elevação da superfície livre da água observada e prevista pelo modelo para a estação da Vagueira no mês de agosto de 2022.

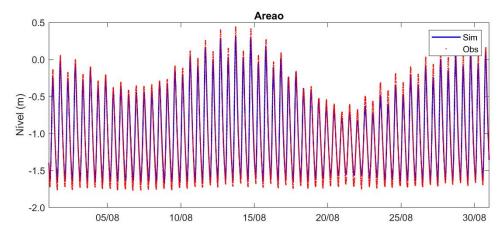


Figura A20 - Séries temporais de elevação da superfície livre da água observada e prevista pelo modelo para a estação da Areão no mês de agosto de 2022.

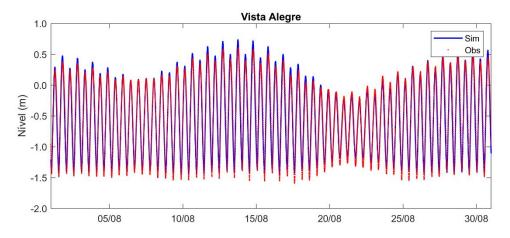


Figura A21 - Séries temporais de elevação da superfície livre da água observada e prevista pelo modelo para a estação da Vista Alegre no mês de agosto de 2022.

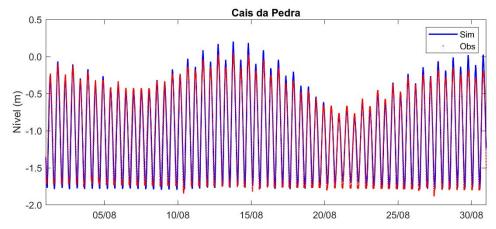


Figura A22 - Séries temporais de elevação da superfície livre da água observada e prevista pelo modelo para a estação da Cais da Pedra no mês de agosto de 2022.

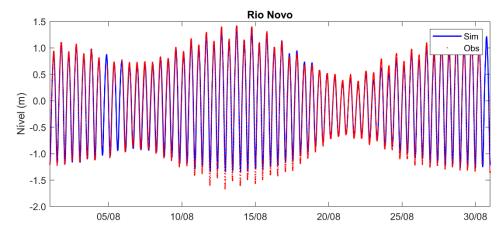


Figura A23 - Séries temporais de elevação da superfície livre da água observada e prevista pelo modelo para a estação da Rio Novo no mês de agosto de 2022.

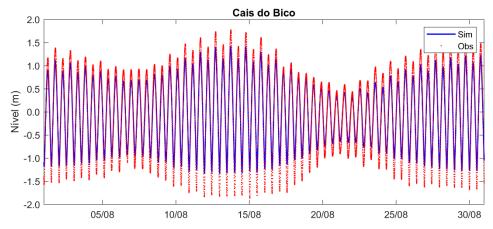


Figura A24 - Séries temporais de elevação da superfície livre da água observada e prevista pelo modelo para a estação da Cais do Bico no mês de agosto de 2022.

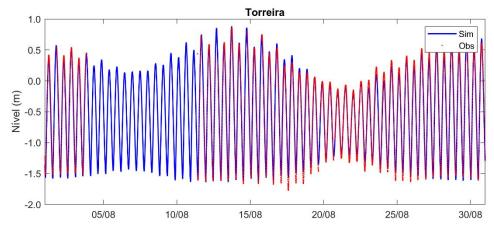


Figura A25 - Séries temporais de elevação da superfície livre da água observada e prevista pelo modelo para a estação da Torreira no mês de agosto de 2022.

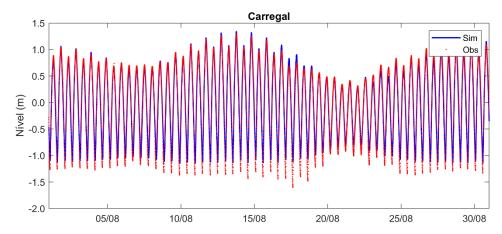


Figura A26 - Séries temporais de elevação da superfície livre da água observada e prevista pelo modelo para a estação da Carregal no mês de agosto de 2022.

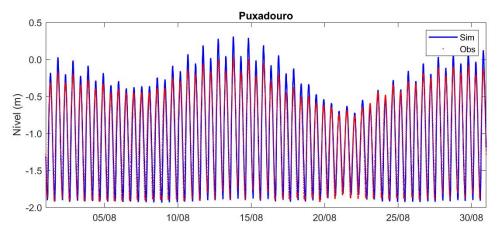


Figura A27 - Séries temporais de elevação da superfície livre da água observada e prevista pelo modelo para a estação da Puxadouro no mês de agosto de 2022.

Tabela A14 - Valores de RMSE e Skill obtidos para as 10 estações.

	Estações	RMSE (m)	Skill
	Barra	0.08	0.9970
Canal de Mira	Vagueira	0.06	0.9975
	Areão	0.08	0.9945
Canal de Ílhavo	Vista Alegre	0.13	0.9873
	Cais da Pedra	0.12	0.9870
Canal do Espinheiro	Rio Novo	0.09	0.9955
	Cais do Bico	0.22	0.9795
Canal de São Jacinto	Torreira	0.10	0.9943
	Carregal	0.14	0.9886
	Puxadouro	0.19	0.9697

Referências

- Araújo IB, Dias JM, Pugh DT. 2008. Model simulations of tidal changes in a coastal lagoon, the Ria de Aveiro (Portugal). *Continental Shelf Research* 28: 1010–1025. DOI: 10.1016/j.csr.2008.02.001
- Dias JM, Alves FL. 2013 (Eds), 2013. Risco de Cheias e Estratégias de Adaptação para a Zona Costeira e Lagunar da Ria de Aveiro. Universidade de Aveiro, CESAM Centro de Estudos do Ambiente e do Mar. Aveiro. 52 pp.
- Dias JM, Lopes JF, Dekeyser I. 2000. Tidal Propagation in Ria de Aveiro Lagoon, Portugal. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 25: 369–374. DOI: 10.1016/S1464-1909(00)00028-9
- Dias JM, Pereira F, Picado A, Lopes CL, Pinheiro JP, Lopes SM, Pinho PG. 2021. A Comprehensive Estuarine Hydrodynamics-Salinity Study: Impact of Morphologic Changes on Ria de Aveiro (Atlantic Coast of Portugal). *Journal of Marine Science and Engineering* 9: 234. DOI: 10.3390/jmse9020234
- Fortunato AB, Rodrigues M, Dias JM, Lopes C, Oliveira A. 2013. Generating inundation maps for a coastal lagoon: A case study in the Ria de Aveiro (Portugal). *Ocean Engineering* 64. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2013.02.020
- Génio L, Sousa A, Vaz N, Dias JM, Barroso C. 2008. Effect of low salinity on the survival of recently hatched veliger of Nassarius reticulatus (L.) in estuarine habitats: A case study of Ria de Aveiro. *Journal of Sea Research* 59: 133–143. DOI: 10.1016/j.seares.2007.09.001
- Lopes C. L. 2016. Flood risk assessment in Ria de Aveiro under present and future scenarios. Aveiro, University of Aveiro
- Lopes CL, Azevedo A, Dias JM. 2013a. Flooding assessment under sea level rise scenarios: Ria de Aveiro case study. *Journal of Coastal Research* 65: 766–771. DOI: 10.2112/SI65-130.1
- Lopes CL, Mendes R, Caçador I, Dias JM. 2019. Evaluation of long-term estuarine vegetation changes through Landsat imagery. *Science of The Total Environment* 653: 512–522. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.381
- Lopes CL, Mendes R, Caçador I, Dias JM. 2021. Assessing salt marsh loss and degradation by combining long-term LANDSAT imagery and numerical modelling. *Land Degradation & Development* 32: 4534–4545. DOI: 10.1002/ldr.4050
- Lopes CL, Plecha S, Silva PA, Dias JM. 2013b. Influence of morphological changes in a lagoon flooding extension: case study of Ria de Aveiro (Portugal). *Journal of Coastal Research* 165: 1158–1163. DOI: 10.2112/SI65-196.1
- Lopes CL, Sousa MC, Ribeiro A, Pereira H, Pinheiro JP, Vaz L, Dias JM. 2022. Evaluation of future estuarine floods in a sea level rise context. *Scientific Reports* 12. DOI: 10.1038/s41598-022-12122-7

- Moreira MH, Queiroga H, Machado MM, Cunha MR. 1993. Environmental gradients in a southern Europe estuarine system: Ria de Aveiro, Portugal implications for soft bottom macrofauna colonization. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 27: 465–482. DOI: 10.1007/BF02334807
- Pawlowicz R, Beardsley B, Lentz S. 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using TDE. *Computers and Geosciences* 28: 927–937. DOI: 10.1016/S0098-3004(02)00013-4
- Pinheiro JP, Lopes CL, Ribeiro AS, Sousa MC, Dias JM. 2020. Tide-surge interaction in Ria de Aveiro lagoon and its influence in local inundation patterns. *Continental Shelf Research* 200. DOI: 10.1016/j.csr.2020.104132
- Plecha S. 2011. Contribution to the study of the Ria de Aveiro inlet morphodynamics. University of Aveiro
- Ribeiro AS, Lopes CL, Sousa MC, Gomez-Gesteira M, Dias JM. 2021. Flooding conditions at aveiro port (Portugal) within the framework of projected climate change. *Journal of Marine Science and Engineering* 9. DOI: 10.3390/jmse9060595
- Rodrigues AC, Serra MT, Soares LJB, Madruga P. 2011. Estudo de Actividades Económicas e suas Dinâmicas.
- Silva F, Duck R. 2001. Historical changes of bottom topography and tidal amplitude in the Ria de Aveiro, Portugal–trends for future evolution. *Climate Research* 18: 17–24. DOI: 10.3354/cr018017
- Vaz L, Plecha S, Dias JM. 2013. Coastal wave regime influence on Ria de Aveiro inlet dynamics. *Journal of Coastal Research* 165: 1605–1610. DOI: 10.2112/SI65-271.1
- Vaz N, Miguel Dias J, Chambel Leitão P. 2009. Three-dimensional modelling of a tidal channel: The Espinheiro Channel (Portugal). *Continental Shelf Research* 29: 29–41. DOI: 10.1016/j.csr.2007.12.005