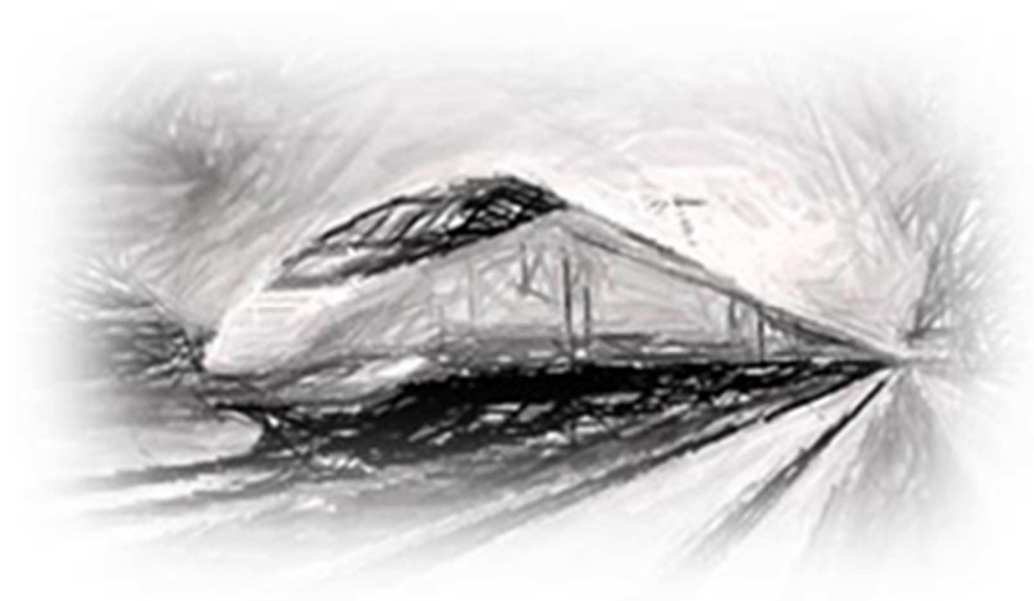


LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA

TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ

SUBTROÇO A4 – KM 49+900 AO KM 69+563



PROJETO DE EXECUÇÃO

V02 – INFRA-ESTRUTURA DE OBRAS DE ARTE (VIA FÉRREA)

Tomo 02.01.00.681 – P 68.1 - PONTE SOBRE O RIO DOURO

Memória Descritiva e Justificativa

Anexo A02 – Estudo de Caracterização da Dinâmica da Erosão do Leito do Rio

Controlo de Assinaturas

Realizado	Revisto	Aprovado Coordenador Projeto
Francisco Taveira Pinto Paulo Rosa Santos João Pedro Pêgo	Susana Bispo	Pedro Cabral Tiago Vieira
14-08-2025	14-08-2025	14-08-2025
Data e Assinatura	Data e Assinatura	Data e Assinatura

Não necessita de assinatura se aprovado eletronicamente

Informação Adicional	Informação do Documento	
O Gestor de Projeto -	Código Documento PF102A4.PR.02.01.00.681.MDJ.A02.01	
O Responsável Unidade -	Revisão 01	Data 30-04-2026
O Responsável Departamento -	Código Projetista P433 DLAV	
O Diretor -	Nome do Ficheiro PF102A4.PR.02.01.00.681.MDJ.A02.01.docx	

Registo de Alterações

Rev	Data	Autor	Secção Afetada	Alterações
00	14-08-2025	Vários	Edição inicial	-----
01	30-04-2026	Vários	Revisão Geral	Revisão Geral

LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA**TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ****SUBTROÇO A4 – KM 49+900 AO KM 69+563****PROJETO DE EXECUÇÃO****V02 – INFRA-ESTRUTURA DE OBRAS DE ARTE (VIA FÉRREA)****TOMO 02.01.00.681 – P 68.1 - PONTE SOBRE O RIO DOURO****MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA****ANEXO A02 - ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA DA EROÇÃO DO LEITO DO RIO****ÍNDICE**

1	INTRODUÇÃO	1
2	SOLUÇÕES AVALIADAS PARA PONTE DA LINHA DE ALTA VELOCIDADE	2
3	MODELO NUMÉRICO.....	4
3.1	Modelo digital do terreno	4
3.2	Parametrização e domínio computacional.....	4
3.3	Modelação das pontes	6
3.4	Modelação de caudais de cheia	7
3.5	Modelação do nível de maré	8
3.6	Modelação do transporte de sedimentos.....	8
4	SIMULAÇÕES E RESULTADOS.....	9
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
	REFERÊNCIAS	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Pilar P15 da solução do EIA.	2
Figura 2 - Solução para os pilares da ponte da LAV (solução Projeto de Execução).	3
Figura 3 – Modelo digital do terreno e domínio de cálculo.	4
Figura 4 – Malha nas proximidades da ponte para a solução prevista no EIA.	5
Figura 5 – Malha nas proximidades da ponte para a solução de Projeto de Execução (PEXE).	6
Figura 6 – Modelo dos pilares para a solução prevista no EIA.	6
Figura 7 – Modelo dos pilares da solução de Projeto de Execução (PEXE).	7
Figura 8 – Granulometria dos fundos móveis.	8
Figura 9 – Resultados para a solução prevista no EIA, para T = 100 anos.	9
Figura 10 – Resultados sem as pontes, para T = 100 anos.	10
Figura 11 – Resultados para a solução PEXE, para T = 100 anos.	10

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Valores extremos de caudal no rio Douro para os períodos de retorno de 100 e 1000 anos (IHRH, 2017).	7
Quadro 2 - Resumo das simulações.	9
Quadro 3 - Alterações ao leito do rio.	11

ANEXOS

ANEXO I. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EFETUADAS PARA T = 100 ANOS

ANEXO II. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EFETUADAS PARA T = 1000 ANOS

1 INTRODUÇÃO

A construção de pontes suportadas por pilares colocados no leito de um rio pode criar perturbações locais no escoamento que é importante avaliar e caracterizar. O projeto da LAV Porto-Lisboa está dividido em várias fases, sendo a primeira fase a ligação entre o Porto e Oiã, que contempla uma nova ponte sobre o rio Douro.

O presente estudo refere-se à caracterização da dinâmica da erosão do leito do rio e é complementar ao estudo de modelação hidrodinâmica, que visou avaliar os efeitos dos pilares da nova travessia rodoferroviária nas velocidades do escoamento e nos níveis de água.

A nova travessia proposta neste projeto (doravante designada como solução de Projeto de Execução) é analisada tendo como base a situação atual e a anterior alternativa proposta no Estudo Prévio que serviu de base ao Estudo de Impacto Ambiental desenvolvido pela Infraestruturas de Portugal.

A solução proposta no Estudo Prévio integrava ambas as travessias – ferroviária (nível superior) e rodoviária (nível inferior) – numa única estrutura, com dois pilares instalados no leito principal do rio Douro. A nova proposta (solução de Projeto de Execução) também integra ambas as travessias numa única estrutura, mas, neste caso, prevê a instalação de três alinhamentos de apoio no leito do rio, dois de maior dimensão, um junto à margem esquerda e outro entre o canal de navegação e a margem direita, e um terceiro apoio de dimensões muito reduzidas e mais afastado do canal de navegação do rio Douro, junto à margem direita.

O estudo da dinâmica da erosão do leito do rio Douro foi realizado com o *software* hidrodinâmico HEC-RAS, que permite simular a circulação, o transporte de sedimentos e os processos morfológicos nos sistemas fluviais. O HEC-RAS foi concebido para realizar cálculos hidráulicos unidimensionais e bidimensionais para uma rede completa de canais naturais e construídos.

O sistema HEC-RAS contém diversas componentes de análise fluvial para: (1) cálculos de perfis de superfície de água em regime permanente; (2) simulação de escoamento não permanente, unidimensional e bidimensional; (3) cálculo de transporte de sedimentos em fundos móveis; e (4) análise da qualidade da água. Um elemento-chave é que todos os quatro componentes utilizam uma representação geométrica de dados comum e rotinas de cálculo geométrico e hidráulico comuns. Para além destes componentes de análise fluvial, o sistema contém diversas características de projeto hidráulico que podem ser invocadas após o cálculo dos perfis básicos de superfície de água.

2 SOLUÇÕES AVALIADAS PARA PONTE DA LINHA DE ALTA VELOCIDADE

Neste estudo foram avaliados os impactos potenciais das duas soluções atrás descritas para a ponte rododotroviária da linha de alta velocidade, em particular no que diz respeito aos pilares implantados dentro do leito principal do rio Douro.

A primeira solução corresponde à apresentada no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e é constituída por um pilar oblongo, apoiado num maciço de encabeçamento que solidariza as estacas da fundação (Figura 1). O maciço de encabeçamento e as estacas ficam abaixo do nível do terreno natural.

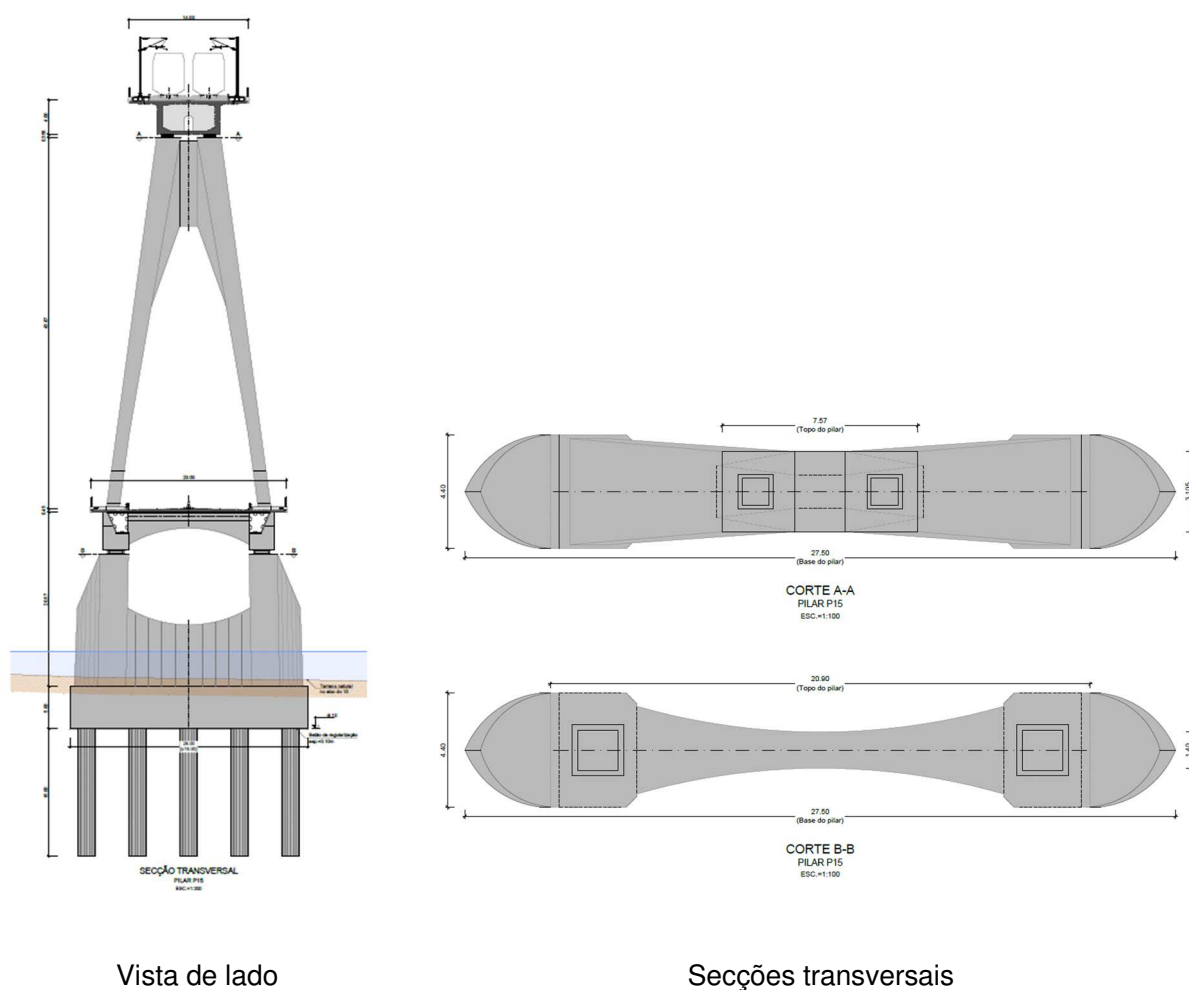


Figura 1 - Pilar P15 da solução do EIA.

A segunda solução corresponde à solução proposta para a ponte em Projeto de Execução, que se apresenta na Figura 2. Nesta solução, os pilares assentam num maciço de embasamento, o qual assenta no maciço de encabeçamento das estacas na Torre 1 ou na sapata de fundação na Torre 2.

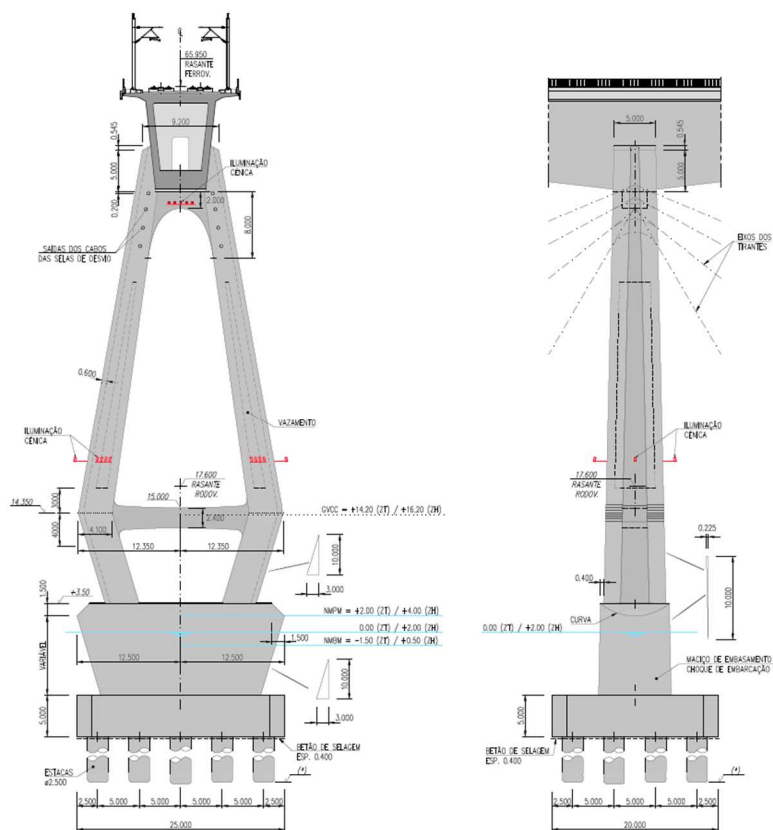


Figura 2 - Solução para os pilares da ponte da LAV (solução Projeto de Execução).

3 MODELO NUMÉRICO

Neste capítulo descrevem-se as várias componentes do modelo numérico utilizado para o estudo da dinâmica da erosão do leito do rio Douro.

3.1 MODELO DIGITAL DO TERRENO

O domínio computacional, representado na Figura 3, cobre a região estuarina desde a Ribeira do Abade, até à foz do rio Douro.

A batimetria utilizada foi obtida a partir de um levantamento de 2015, complementado por um levantamento de 2009, ambos realizados pelo Instituto Hidrográfico (IH). A topografia da restinga do Cabedelo foi obtida a partir de um levantamento topográfico de 2015 realizado pelo CIIMAR – Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Universidade do Porto.

O relevo das margens do rio Douro foi incluído no modelo, a partir das cartas digitais dos concelhos do Porto, Vila Nova de Gaia e Gondomar, disponibilizadas pela Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia. O levantamento topográfico de Vila Nova de Gaia está datado de 2012. Os levantamentos topográficos do Porto e de Gondomar não se encontram datados.

As restantes porções do território não cobertas pela batimetria e levantamentos topográficos foram preenchidas através de interpolação a partir do Copernicus Global Digital Elevation Model (European Space Agency, 2024). As três fontes de informação foram interpoladas para produzir um modelo digital do terreno (MDT) com a resolução de 1 m, produzido com o algoritmo Natural Neighbours do software SAGA GIS. Este MDT serviu de base aos cálculos bidimensionais no HEC-RAS.

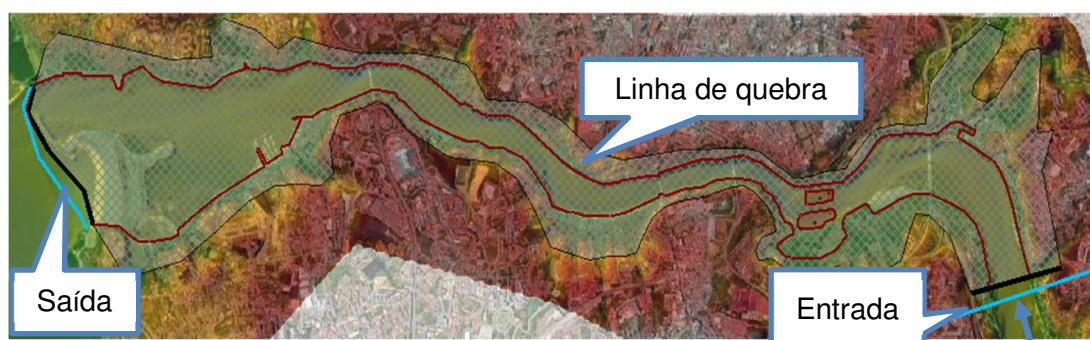


Figura 3 – Modelo digital do terreno e domínio de cálculo.

3.2 PARAMETRIZAÇÃO E DOMÍNIO COMPUTACIONAL

Para garantir a estabilidade e convergência da solução numérica, o número de *Courant* foi mantido inferior à unidade durante a simulação e em todo o domínio (critério de *Courant–Friedrichs–Lewy*). Para o efeito foi utilizado um passo de tempo de 0.3 s. O atrito inferior foi parametrizado por uma lei de *Strickler* com $K_S = 33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. O modelo numérico usado no cálculo hidrodinâmico foi o SWE-ELM (*Shallow Water Equations, Eulerian-Lagrangian Method*). Foi utilizado um modelo conservativo de turbulência, com um coeficiente de mistura longitudinal de 0.3, um coeficiente de mistura transversal de 0.1 e um coeficiente de *Smagorinsky* de 0.05. Os cálculos foram realizados com um modelo de cálculo bidimensional.

O HEC-RAS gera uma malha híbrida de elementos finitos retangulares, com elementos poligonais junto dos limites do perímetro de computação e das linhas de quebra. Na generalidade do estuário do Douro, a malha quadrada tem uma dimensão de 25 m. Na proximidade do local das pontes, a malha foi refinada para uma resolução de 2.5 m.

Foram consideradas duas malhas de cálculo: a primeira para modelar o escoamento fluvial para a solução prevista no estudo de impacto ambiental, e a segunda para modelar a solução de Projeto de Execução. A modelação numérica da configuração dos pilares na solução de Projeto de Execução é particularmente desafiante, já que a sua geometria varia tridimensionalmente, no eixo vertical, caso que não é possível considerar no modelo HEC-RAS. Por esse motivo, os pilares desta solução foram modelados com base no pressuposto de que estes têm uma forma cilíndrica, com secção transversal correspondente à secção da base do maciço de embasamento (Figura 2).

Nas malhas, o contorno dos pilares serviu de linha de quebra da malha, por forma a garantir que os elementos da malha estavam orientados de acordo com a fronteira sólida. O pormenor das malhas junto das fundações das pontes é apresentado nas Figura 4 e Figura 5. As condições-fronteira utilizadas no modelo numérico foram o caudal à entrada (ver Figura 3), considerado constante, e a altura do nível de água à saída, também considerado constante (ver Figura 3).

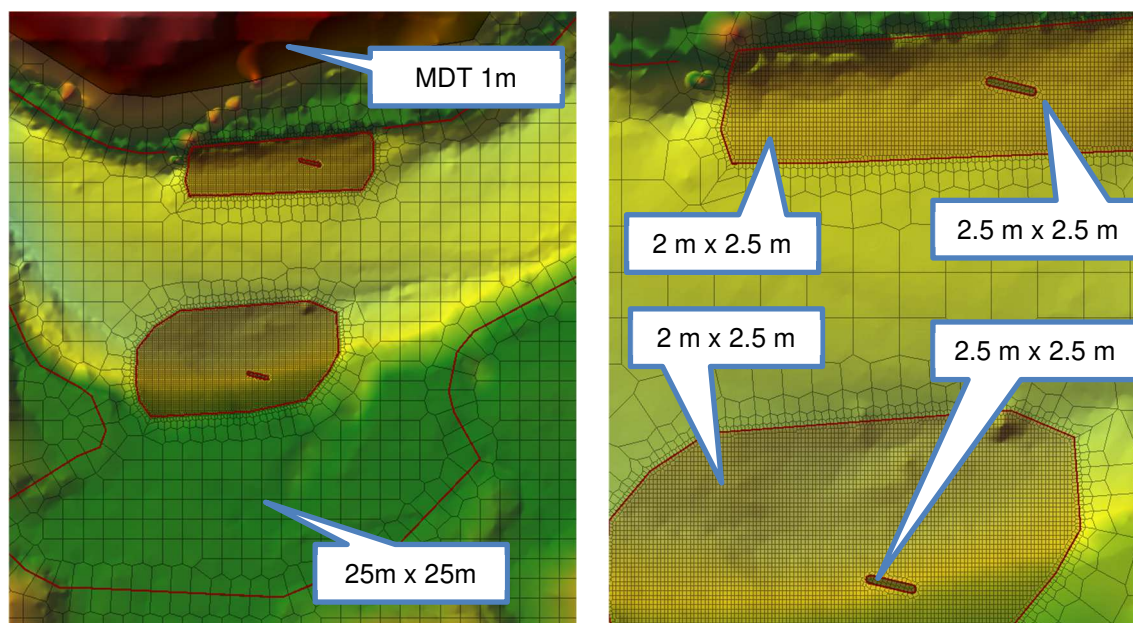


Figura 4 – Malha nas proximidades da ponte para a solução prevista no EIA.

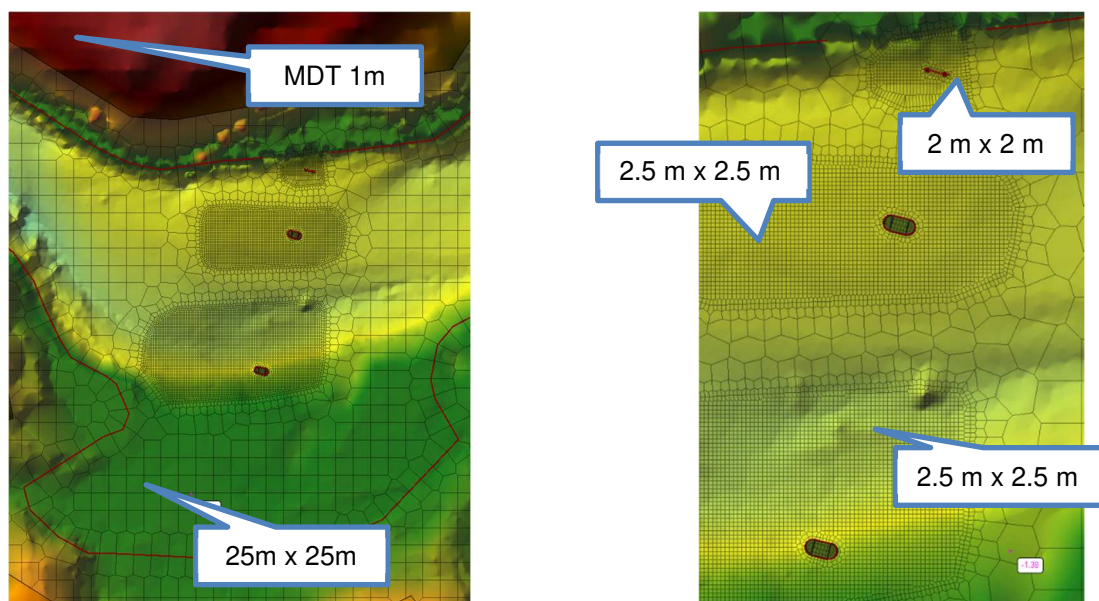


Figura 5 – Malha nas proximidades da ponte para a solução de Projeto de Execução (PEXE).

3.3 MODELAÇÃO DAS PONTES

O efeito das pontes sobre o escoamento e a erosão do leito foi obtida por alteração do MDT. Na zona dos pilares a “cota do terreno” foi elevada até uma altitude de 15 m. Desta forma, o efeito dos pilares foi incluído no modelo numérico. O tabuleiro das pontes não foi incluído no modelo, porque este não será galgado. As Figura 6 e Figura 7 mostram o perfil transversal do rio ao longo do eixo das pontes modeladas.

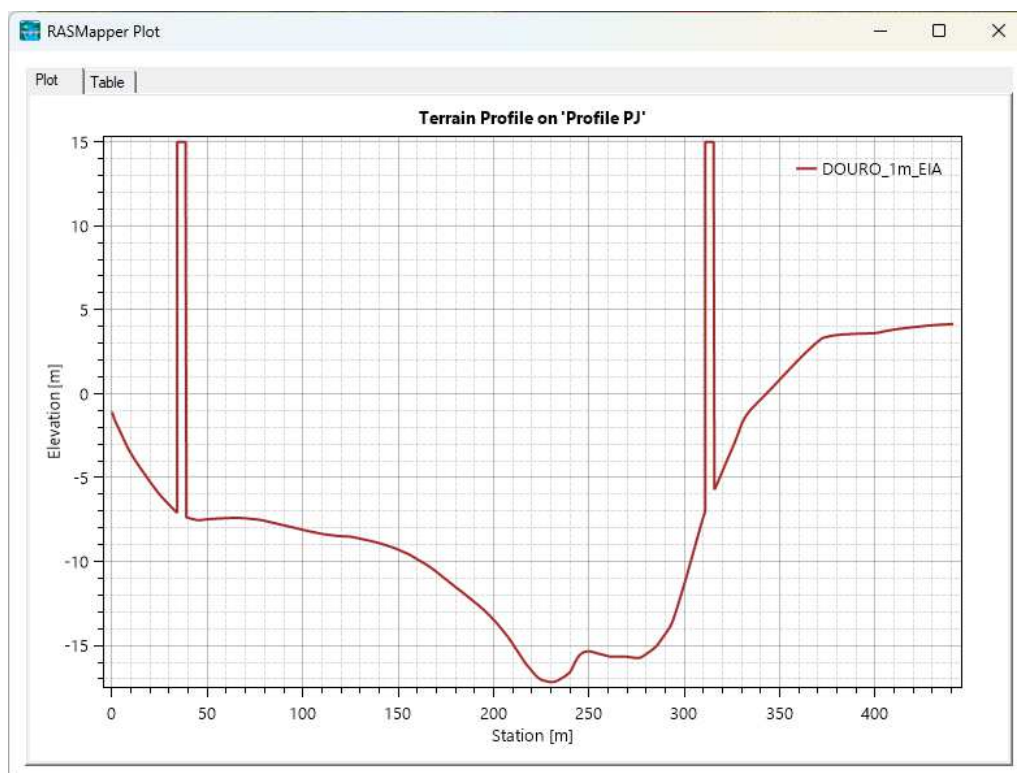


Figura 6 – Modelo dos pilares para a solução prevista no EIA.

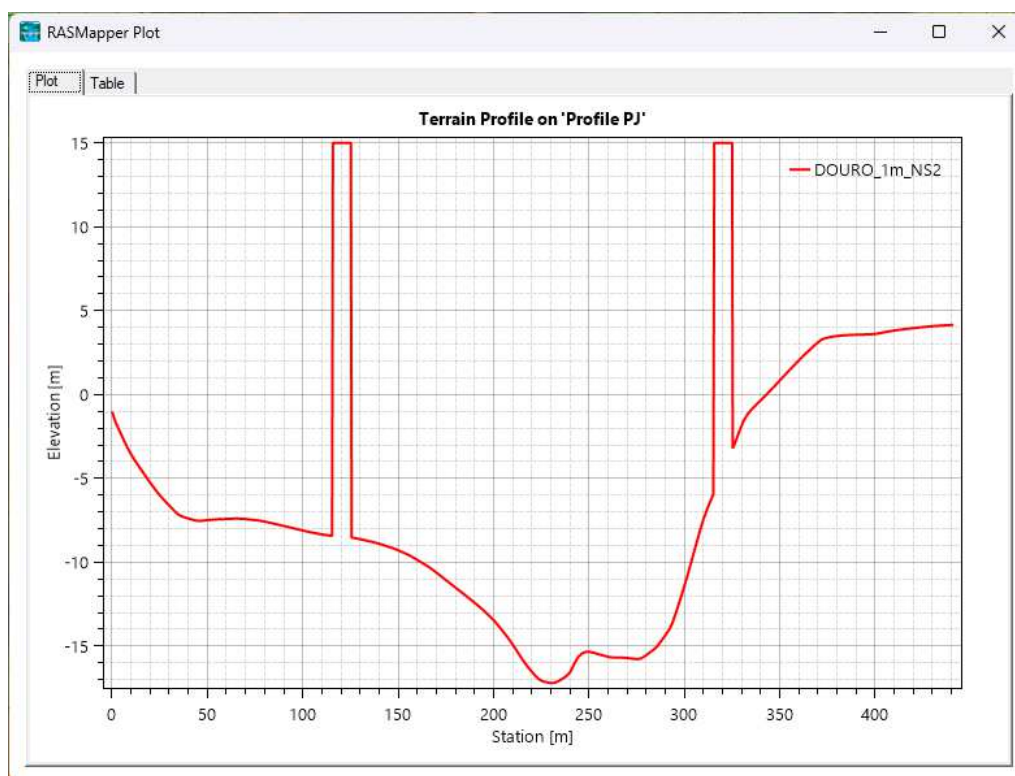


Figura 7 – Modelo dos pilares da solução de Projeto de Execução (PEXE).

3.4 MODELAÇÃO DE CAUDAIS DE CHEIA

A modelação numérica de caudais de cheia foi realizada para os períodos de retorno de 100 e 1000 anos. Não tendo sido possível obter as séries de caudais máximos anuais registados nas estações hidrométricas existentes na secção de Crestuma e a jusante desta, foram estimados por ajuste de uma distribuição de extremos de *Gumbel*, a partir de uma análise estatística dos registos de caudais instantâneas anuais no estuário do Douro. Dessa forma, foi ainda possível obter os valores dos caudais para níveis de confiança de 95%, 50% e 5% (Quadro 1). Para efeitos da modelação do transporte de sedimentos, foram considerados os caudais medianos.

Quadro 1 - Valores extremos de caudal no rio Douro para os períodos de retorno de 100 e 1000 anos (IHRH, 2017).

Período de retorno (anos)	Intervalo de confiança (%)	Caudal (m ³ s ⁻¹)
100	5	19814
	50	17634
	95	15981
1000	5	27962
	50	24629
	95	22125

3.5 MODELAÇÃO DO NÍVEL DE MARÉ

O estudo foi realizado considerando um nível de maré de 4.79 m (ZH), resultante da soma do nível máximo da preia-mar de águas vivas (PMAV) expectável em Leixões (3.96 m ZH, Reis, 2015), com uma sobrelevação meteorológica muito significativa, acima do percentil 99 (0.58 m, Carvalho, 2013), tendo em conta que o nível médio anual da água do mar em Leixões se encontra, em média, 0.16 m acima do ZT (Reis, 2015) e em fase de subida com uma tendência de cerca de 1.75 ± 0.13 mm/ano (IH, 2017), sendo de esperar que nos próximos 50 anos se verifique um aumento do nível médio de cerca de 0.09 m.

3.6 MODELAÇÃO DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

O modelo de transporte de sedimentos aplicado usa a fórmula de *Toffaletti* para a função de transporte, a *Active Layer* para o método de ordenação, e a fórmula de *Rubey* para a velocidade de queda dos sedimentos. Na condição fronteira de entrada foi aplicada a condição de água limpa (clear water), ou seja, sem sedimentos suspensos. Na zona da saída, admitiu-se que se estabelecia a condição de equilíbrio. A simulação correspondeu a um período de 24h, para todos os casos.

Considerou-se que o leito do rio era composto por sedimentos móveis em toda a sua extensão, exceto na zona ocupada pelos pilares das pontes, onde foi considerado como não-erodível. Nas margens do rio Douro foi considerado que o fundo era fixo. A curva de sedimentos utilizada no leito do rio está representada na Figura 8.

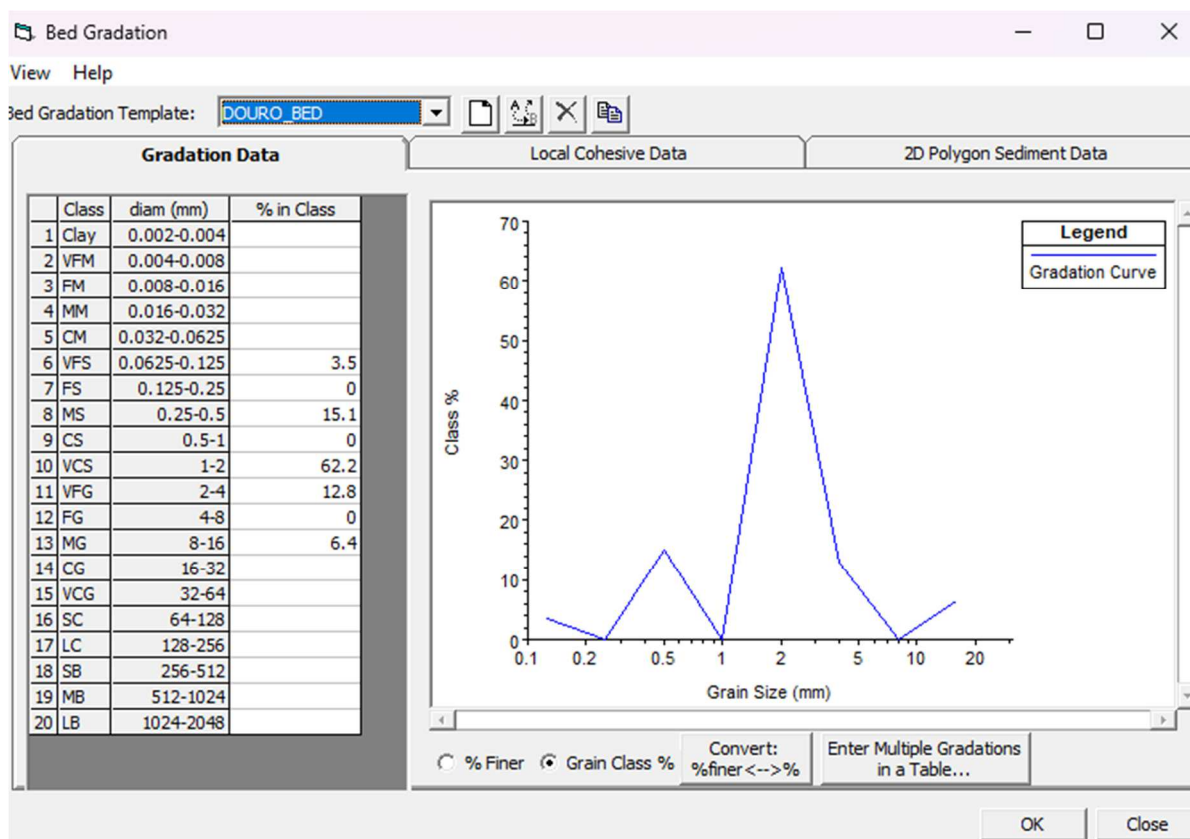


Figura 8 – Granulometria dos fundos móveis.

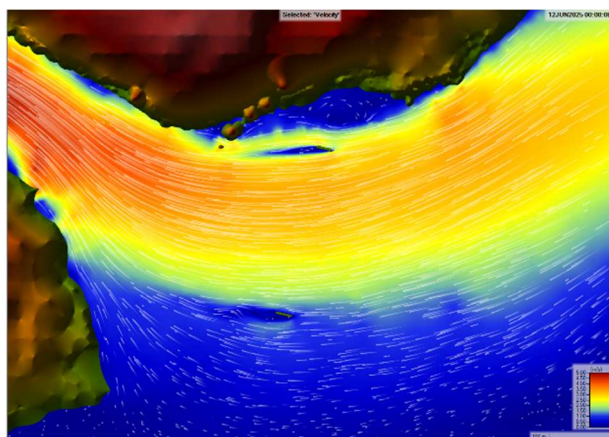
4 SIMULAÇÕES E RESULTADOS

O Quadro 2 mostra o plano das simulações realizadas. Serão analisados os planos correspondentes à solução prevista no EIA e à solução do Projeto de Execução (PEXE), para um período de retorno de 100 anos. Os resultados das restantes simulações são apenas apresentados em anexo.

Quadro 2 - Resumo das simulações.

Plano	T [anos]	Q [m³/s]	Pontes
2D_2PMod_EIA_T100	100	17634	EIA
2D_2PMod_OP_T100	100	17634	Nenhuma
2D_PEXE_T100	100	17634	Projeto de Execução
2D_2PMod_EIA_T1000	1000	24629	EIA
2D_2PMod_OP_T1000	1000	24629	Nenhuma
2D_PEXE_T1000	1000	24629	Projeto de Execução

A Figura 9 mostra a distribuição de velocidades, as linhas de corrente e as variações no leito do rio para a solução prevista no EIA (T=100 anos). Da Figura 9 a) é claramente visível que o pilar direito da ponte produz uma alteração substancial no escoamento, uma esteira bem visível. Já o pilar esquerdo da ponte tem um efeito muito menor na perturbação no escoamento. Consequentemente, na Figura 9 b) é visível o efeito pronunciado do pilar direito nas alterações ao leito do rio, enquanto o pilar esquerdo tem um efeito negligenciável.



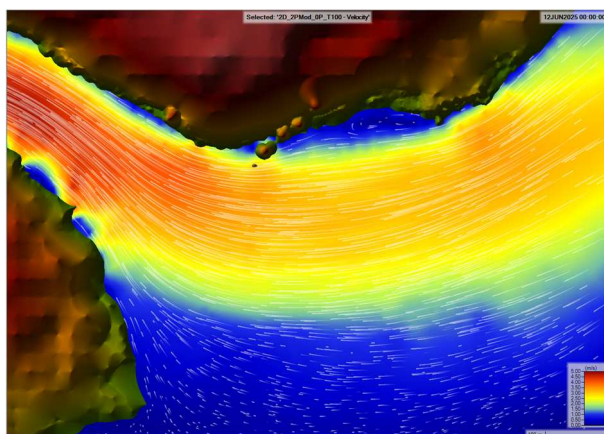
a) Distribuição de velocidades [m/s]



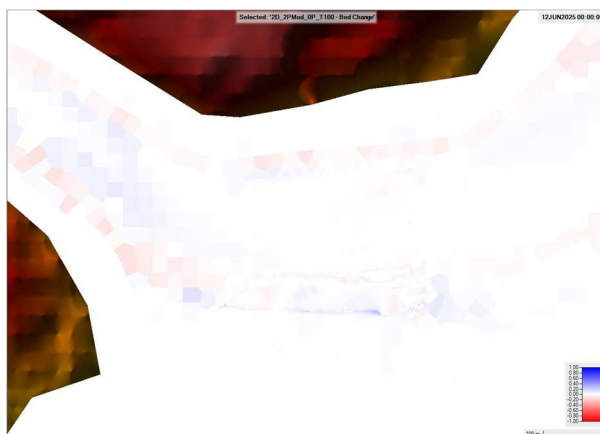
b) Alterações ao leito [m]

Figura 9 – Resultados para a solução prevista no EIA, para T = 100 anos.

A Figura 10 mostra os resultados para o cenário sem pontes. Como expectável, neste caso, não há perturbação do escoamento e, por conseguinte, as alterações ao leito do rio Douro são praticamente inexistentes.



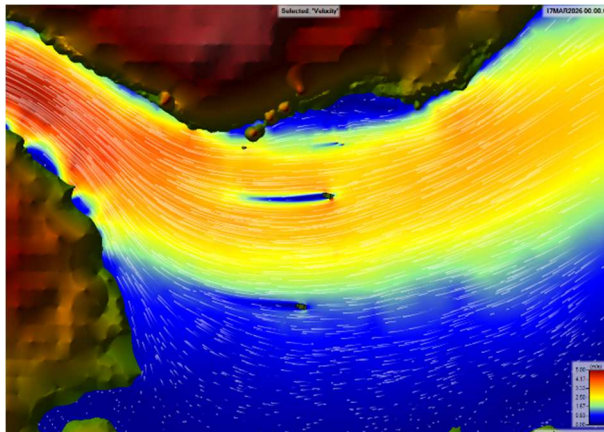
a) Distribuição de velocidades [m/s]



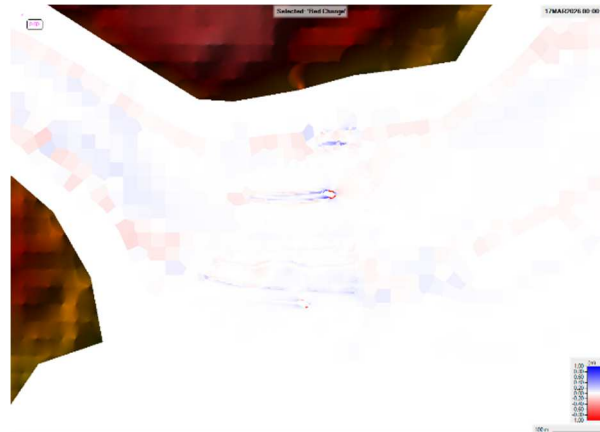
b) Alterações ao leito [m]

Figura 10 – Resultados sem as pontes, para $T = 100$ anos.

A Figura 11 mostra os resultados para a solução de Projeto de Execução assumindo uma secção transversal idêntica ao maciço de embasamento (PEXE). As esteiras dos pilares (T1 e T2), bem como do pilar PR8, são evidentes, mas a separação do escoamento é quase inexistente. Na zona das esteiras nota-se com clareza as alterações ao fundo do rio, com erosões mais intensas junto à face de montante dos pilares. Neste modelo, verifica-se uma maior profundidade de erosão junto ao apoio da Torre T2, na margem direita do canal.



a) Distribuição de velocidades [m/s]



b) Alterações ao leito [m]

Figura 11 – Resultados para a solução PEXE, para $T = 100$ anos.

O Quadro 3 mostra os valores máximos de erosão (Min) e acumulação (Max) que ocorreriam na zona envolvente aos pilares da ponte, correspondentes à zona das malhas que foi refinada, caso o leito do rio Douro não venha a ser protegido. As últimas três colunas desse quadro mostram os volumes de erosão, acumulação e o saldo de erosão (acumulação – erosão) nestas zonas. É possível verificar que os pilares da solução de Projeto de Execução (PEXE) originam maiores profundidades de erosão, e ao mesmo tempo o saldo de erosão mais negativo. Já a solução prevista no EIA conduz a menores profundidades de erosão e a um saldo mais positivo em termos de acumulação de sedimentos. Ambas as soluções, conduzem, evidentemente, a um maior volume de transporte de sedimentos do que no caso em que não há pilares colocados no rio.

Quadro 3 - Alterações ao leito do rio.

Plano	Alterações ao leito do rio na envolvente das pontes				
	Min [m]	Max [m]	Erosão [m³]	Acumulação [m³]	Variação [m³]
2D_2PMod_EIA_T100	-0.829	0.671	560.88	593.60	32.72
2D_2PMod_0P_T100	-0.096	0.272	287.95	355.24	67.29
2D_PEXE_T100	-2.102	0.870	733.77	619.41	-114.35
2D_2PMod_EIA_T1000	-1.236	0.724	707.11	633.16	-73.96
2D_2PMod_0P_T1000	-0.101	0.287	338.96	300.96	-38.00
2D_PEXE_T1000	-2.036	0.633	810.42	587.94	-222.48

A distribuição de velocidades e as alterações ao leito de todas as simulações são apresentadas no Anexo I (T=100 anos) e Anexo II (T=1000 anos).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelação do transporte sedimentar é um problema complexo devido à necessidade de considerar a hidrodinâmica do escoamento fluvial, as propriedades dos sedimentos, assim como as interações entre o escoamento, as barreiras físicas existentes (*e.g.*, os pilares das travessias previstas para o rio Douro) e os sedimentos. De facto, é dessa interação que resultam os fenómenos de erosão e de acumulação de sedimentos que este estudo procura avaliar na vizinhança dos pilares das travessias propostas.

Os resultados das simulações realizadas mostram, claramente, as esteiras criadas pelos pilares das pontes, assim como os padrões de erosão e de acumulação de sedimentos. Na zona das esteiras notam-se as alterações morfológicas do leito do rio Douro, mais notórias quando se trata dos pilares principais das travessias rodoferroviárias.

O estudo morfodinâmico permitiu concluir que os cenários com pontes conduzem, necessariamente, a um maior volume de transporte de sedimentos comparativamente àquele em que não há pilares colocados no leito do rio. Para o período de retorno de 100 anos é possível constatar, no cenário teórico de não ser prevista qualquer proteção do leito do rio, que a solução de “Projeto de Execução” é a que originaria maiores profundidades de erosão, bem como a diferença mais negativa entre o volume de acumulação e o volume de erosão na envolvente aos pilares.

Por último, importa ainda referir que nem sempre a simulação da cheira milenar conduz às maiores profundidades de erosão. Com efeito, sendo certo que o caudal e velocidade do escoamento têm influência no transporte de sedimentos, importa ter em conta que o aumento da profundidade de água tem usualmente um efeito favorável.

Sendo os fenómenos de erosão e acreção inevitáveis na vizinhança dos pilares das pontes, qualquer que seja o cenário escolhido/simulado, é fundamental proceder ao estudo de proteções apropriadas contra essas erosões localizadas, assim como à monitorização regular da batimetria dos fundos, de forma a detetar precocemente qualquer alteração às condições de projeto. Isto é, pese embora possa haver diferenças nos resultados obtidos para os cenários simulados, as medidas de mitigação são as idênticas. O dimensionamento das proteções contra erosões localizadas na proximidade dos pilares é tratado em relatório próprio, complementar ao presente.

REFERÊNCIAS

Carvalho, I. (2013). Impactes do Storm Surge em Portugal Continental. Tese de Mestrado, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa.

European Space Agency (2024). Copernicus Global Digital Elevation Model. Distributed by OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G9028PQB>. Accessed 2025-07-02

Florida Department of Transportation (2025) Pier Scour Method

Iglesias, I., Venâncio, S., Pinho, J. L., Avilez-Valente, P., & Vieira, J. M. P. (2019). Two models solutions for the Douro estuary: Flood risk assessment and breakwater effects. *Estuaries and Coasts*, 42, 348-364.

IH (2017). Tabelas de Marés. Instituto Hidrográfico, Lisboa.

IHRH, 2017. Delimitação das zonas inundáveis, nas margens direita e esquerda do rio Douro, entre a Embocadura e a Marina do Freixo. Relatório Técnico. Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo. Relatório Técnico. FEUP, abril de 2017. 44p.

IHRH, 2019. Elaboração do Programa Preliminar e Estudos Auxiliares para o Lançamento do Concurso Público de Conceção da Ponte D. António Francisco dos Santos e Acessos. Estudos Hidráulicos. Relatório Preliminar. FEUP, novembro de 2019. 4p.

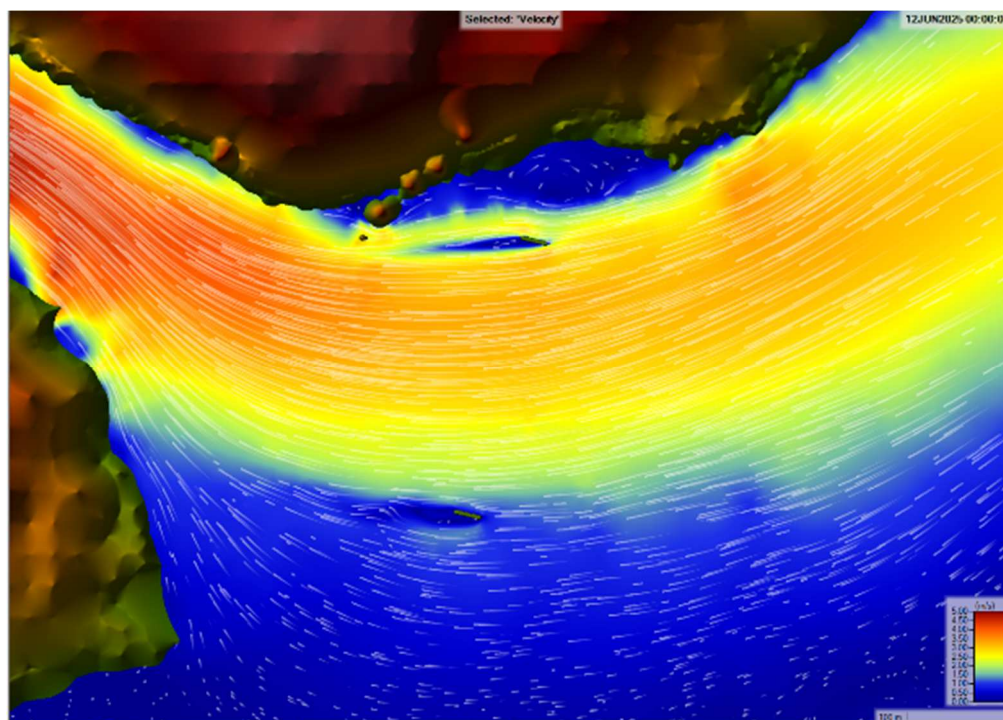
Liu, X., Chen, Q. S., Zeng, Z. N., & Dong, Z. (2024). Optimisation of Bridge Pier Winding Flow Numerical Simulation Scheme Based on Delft3D. *Water*, 16(15), 2079.

Reis J.M. (2005). Caracterização da Maré do Porto de Leixões. Relatório PT OC 05/05, Proj. OC 22 RM03, Instituto Hidrográfico, Lisboa.

ANEXOS

ANEXO I. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EFETUADAS PARA T = 100 ANOS

2D_2PMod_EIA_T100

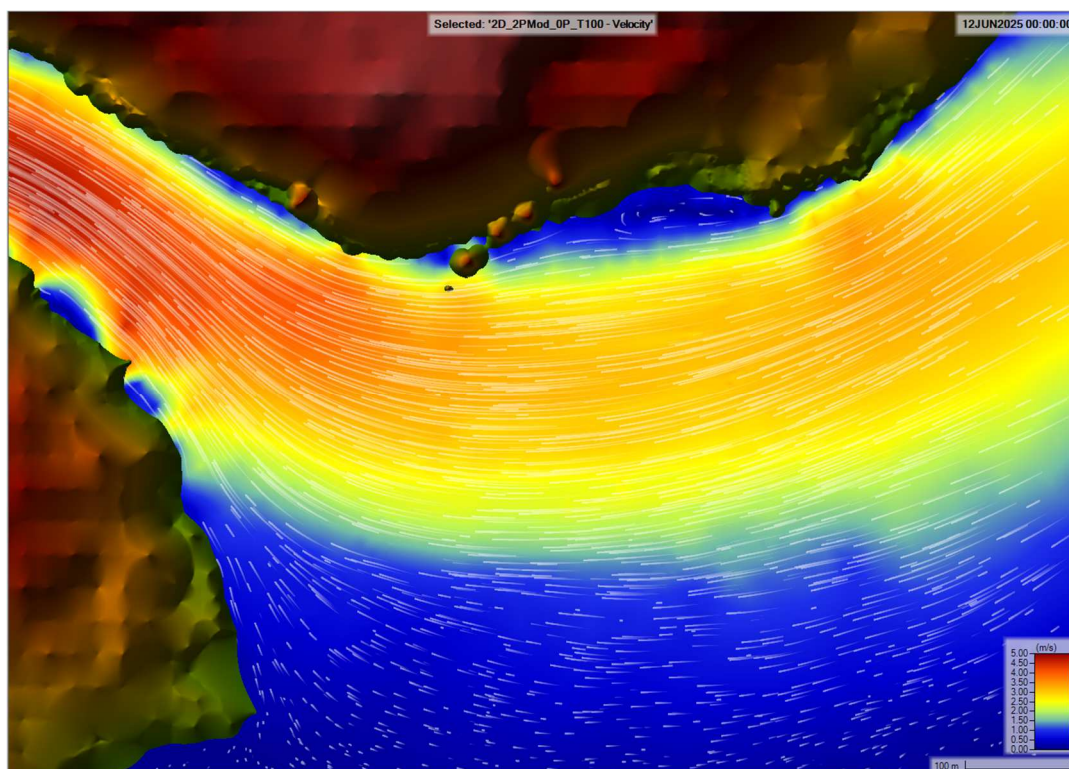


a) Distribuição de velocidades [m/s]

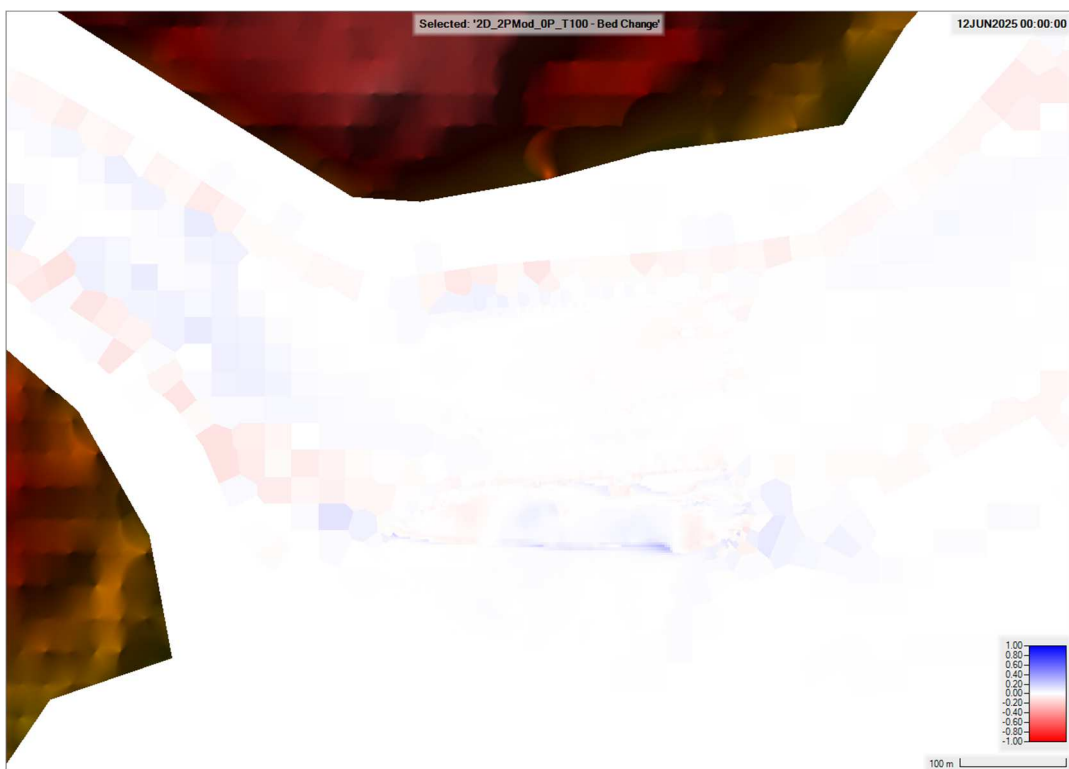


b) Alterações ao leito [m]

2D_2PMod_0P_T100

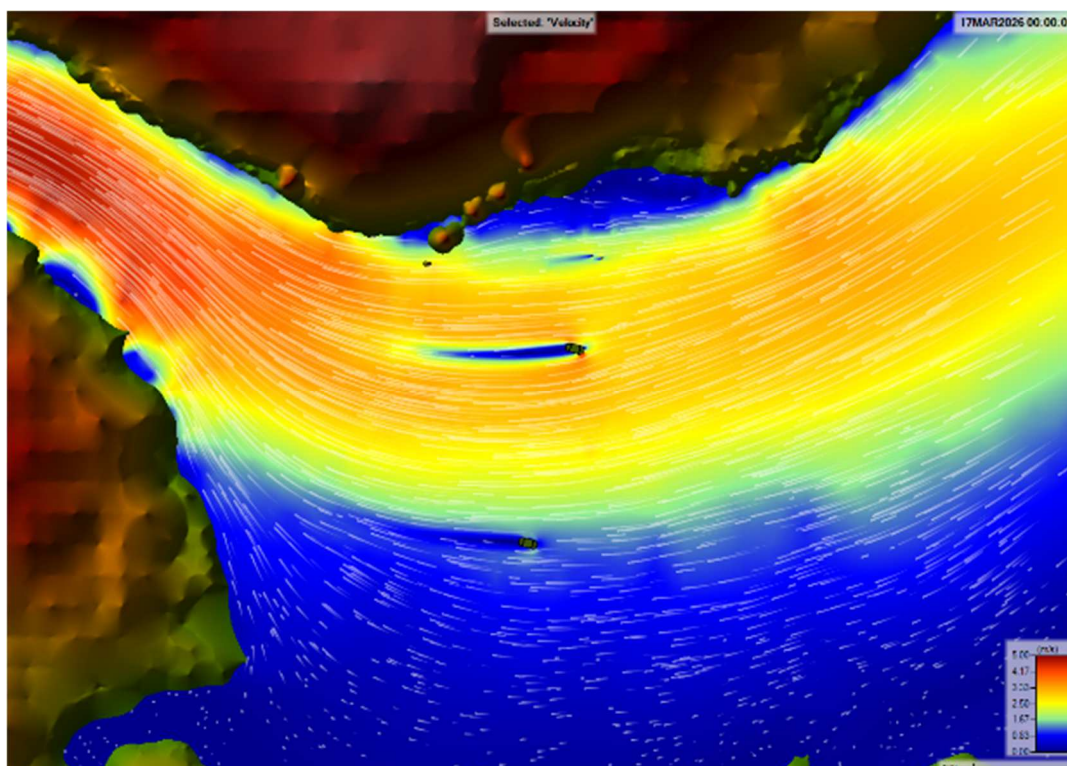


a) Distribuição de velocidades [m/s]

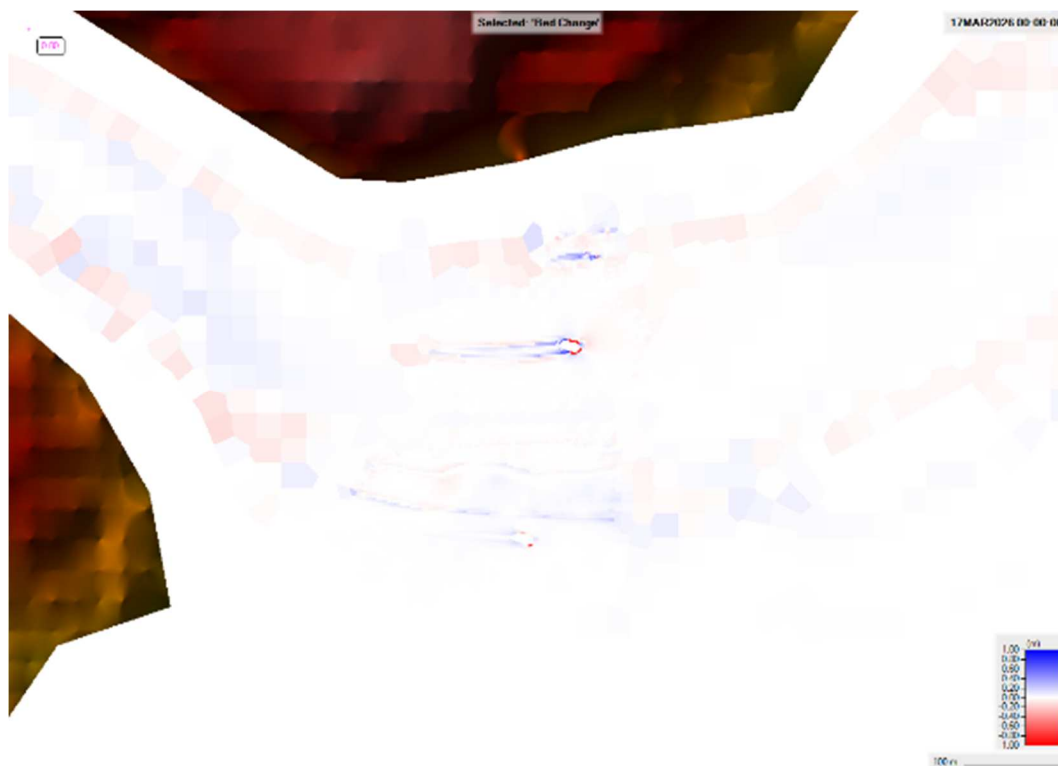


b) Alterações ao leito [m]

2D_PEXE_T100



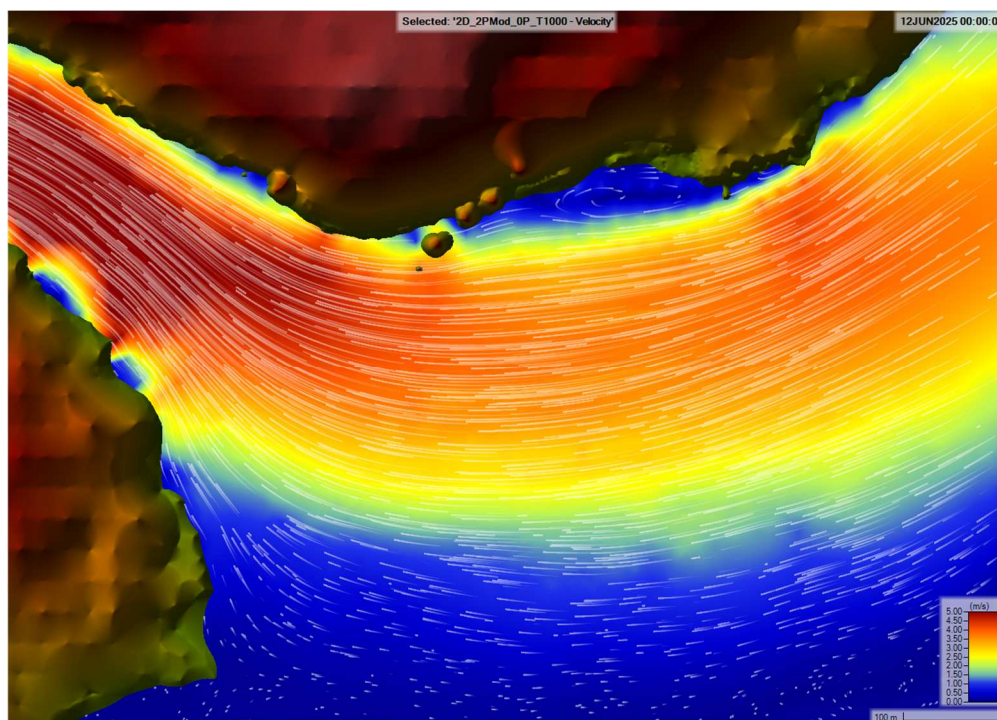
a) Distribuição de velocidades [m/s]



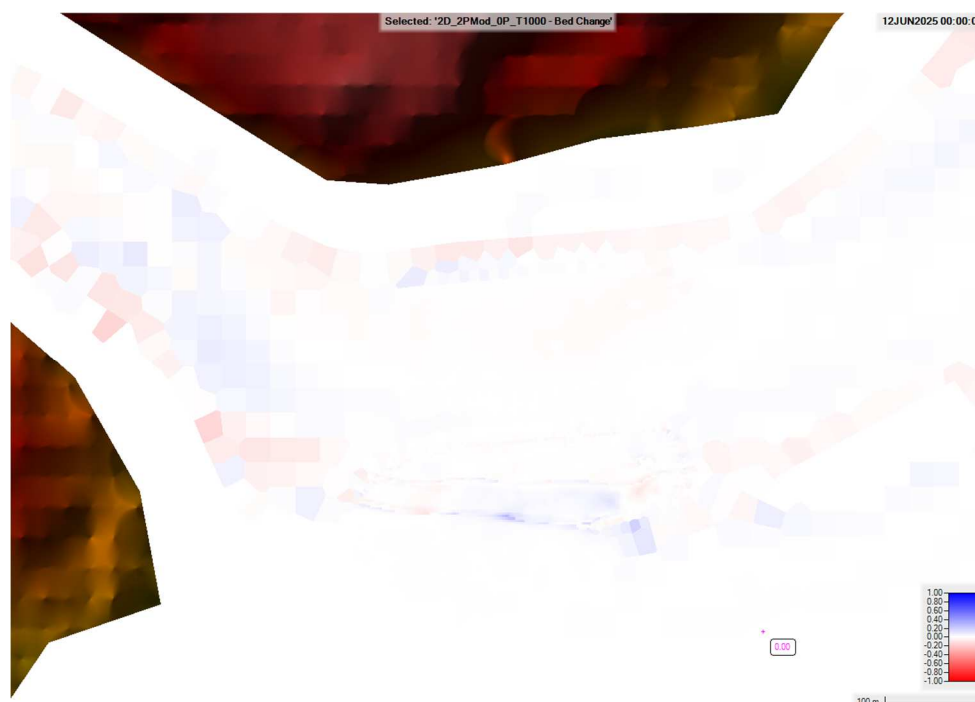
b) Alterações ao leito [m]

ANEXO II. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EFETUADAS PARA T = 1000 ANOS

2D_2PMod_0P_T1000

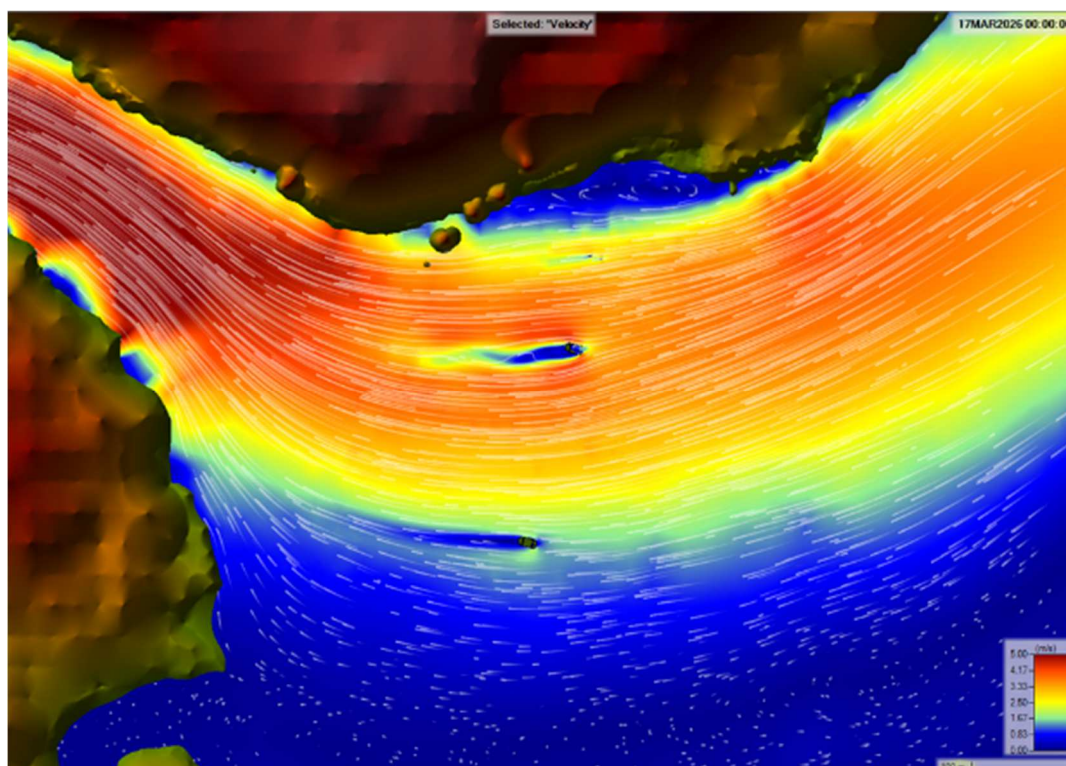


a) Distribuição de velocidades [m/s]

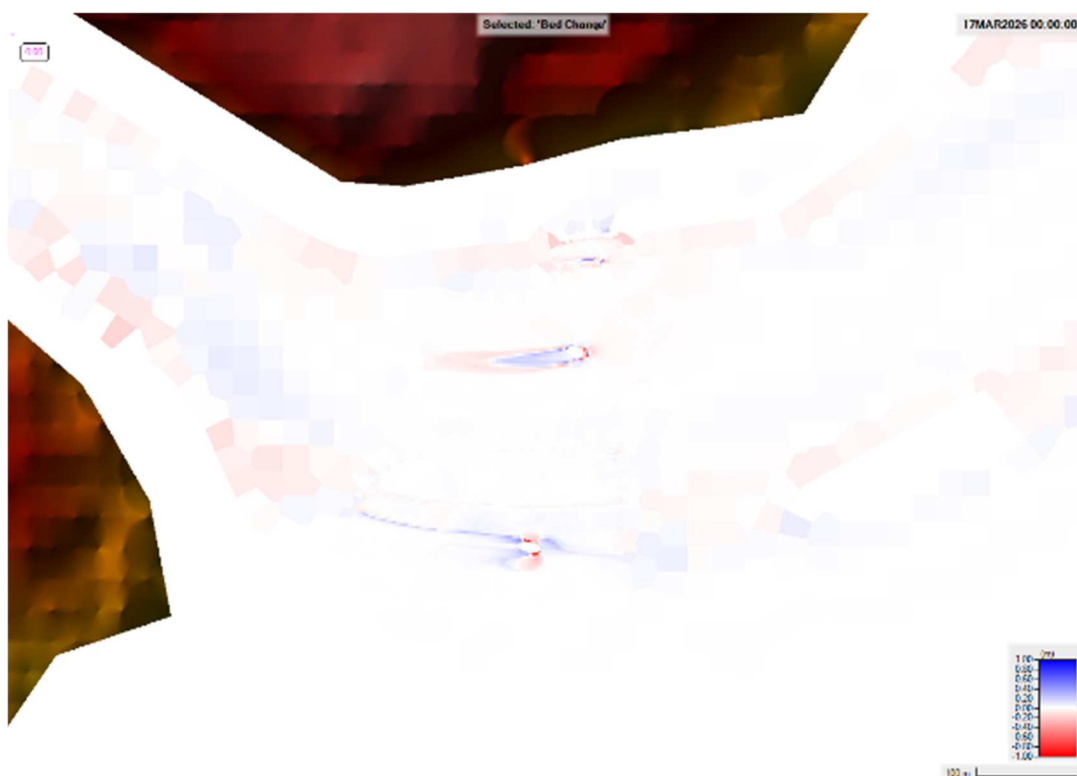


b) Alterações ao leito [m]

2D_PEXE_T1000



a) Distribuição de velocidades [m/s]



b) Alterações ao leito [m]