



EXPANSÃO E MODERNIZAÇÃO DO PORTO INGLÊS. ENSAIOS EM MODELO REDUZIDO TRIDIMENSIONAL

Luís Gabriel Silva¹, Rute Lemos¹, Conceição J. E.M. Fortes¹, Maria da Graça Neves¹, Liliana Pinheiro¹
Miguel Robert², Sofia Freire²

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil 101

²Consulmar – Projetistas e Consultores, Lda.

lgsilva@lnec.pt, rlemos@lnec.pt, jfortes@lnec.pt, gneves@lnec.pt, lpinheiro@lnec.pt,
mrobert@consulmar.pt; sofia.freire@consulmar.pt

Resumo

No âmbito do projeto das “Obras de Expansão e Modernização do Porto Inglês”, na Ilha do Maio (República de Cabo-Verde), foram realizados no LNEC, em 2020, ensaios em modelo físico reduzido tridimensional. Estes ensaios tiveram como objetivo a verificação da estabilidade e dos galgamentos, bem como o estudo da agitação, das sobrelevações e das pressões nas estruturas projetadas para as obras de expansão/modernização.

Para além dos fundos existentes, foi reproduzida a orla costeira arenosa, a ponte-cais existente sobre estacaria e cortina vertical adjacente, um quebra-mar destacado em taludes, duas rampas Ro-Ro e suas plataformas de acesso sobre estacaria, assim como a proteção marítima do terraplano. Os elementos verticais e horizontais foram reproduzidos em acrílico, nos quais se introduziram sensores de pressão. As pressões foram também avaliadas com modelo numérico RANS VOF 2D, apresentando-se numa outra comunicação a sua análise integrada.

Nesta comunicação, efetua-se uma descrição geral do modelo físico da obra envolvendo distintas tipologias estruturais, que foi sujeita a um exigente programa de ensaios. É também descrita a metodologia de obtenção dos dados e dos resultados, com recurso a um caso de teste considerado no decorrer dos ensaios.

1. Objetivos e Obra

Para efeitos do projeto das obras de expansão e modernização do Porto Inglês, foram realizados ensaios em modelo físico reduzido tridimensional das obras, sobre fundos existentes acima da -20 m(ZH), incluindo faixa de berma de praia (para aferição do galgamento), nomeadamente:

- Ponte-cais existente em estacaria, com 343 m de comprimento por 14,5m de largura e coroamento a +4,0 m(ZH), cortina de estacas-prancha adjacente ao lado Poente e Sul, dotada de viga de betão no coroamento e tapete de proteção do pé em enrocamentos, duas rampas Ro-Ro e sua plataforma de acesso com 40 m de largura e coroamento à +4,4 m(ZH), também sobre estacaria;
- Quebra-mar destacado, galgável, com 145 m de comprimento, protegido com enrocamentos e blocos Accropode II® de 6,0 m³ (cabeças) e prismáticos (pé da cabeça Norte), proteção marítima do terraplano, em enrocamentos, com murete no coroamento.

Os objetivos do estudo em modelo físico reduzido foram:

- Medir a agitação marítima nas proximidades da zona de interesse da estrutura;
- Verificar a estabilidade hidráulica das proteções da fundação da cortina adjacente à ponte-cais existente, do quebra-mar destacado e do terraplano;
- Avaliar as condições de galgamento da ponte-cais, das rampas das plataformas Ro-Ro, do quebra-mar destacado e do terraplano;
- Avaliar as condições de sobrelevação em pontos notáveis;
- Medir as pressões em pontos pré-definidos em elementos verticais e horizontais da ponte-cais e das rampas Ro-Ro e suas plataformas de acesso.

A Figura 1 apresenta a planta das obras projetadas e a batimetria da zona em estudo, bem como a divisão das diversas estruturas em troços para melhor caracterização do comportamento específico de cada zona das estruturas.

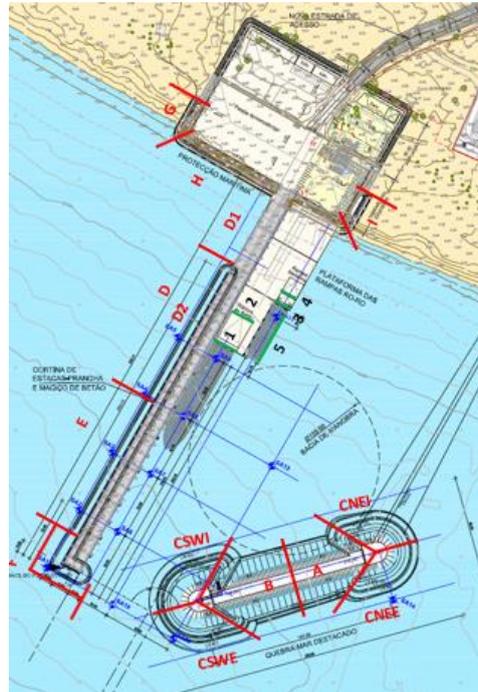


Figura 1. Porto Inglês: Planta das obras projetadas (CONSULMAR, 2019) e divisão em troços

O estudo compreendeu três fases de testes, onde foram introduzidas variadas alterações no modelo e no programa de ensaios, com vista a otimizar a solução projetada.

Neste trabalho é descrito o modelo físico, pormenorizando as diferentes estruturas reproduzidas, bem como as diferentes fases dos ensaios. É também descrita a metodologia utilizada na aquisição e tratamento de dados para um caso de teste.

2. O modelo físico

O modelo físico tridimensional foi construído nas instalações experimentais do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA) do LNEC, num tanque de ondas do Pavilhão de Hidráulica Marítima com 30 m de comprimento, 19.6 m de largura, equipado com 2 geradores móveis de ondas irregulares com 6.0 m de comprimento cada, para profundidades de água até 0.75 m (Figura 2).



Figura 2. Aspeto das instalações experimentais do Pavilhão de Hidráulica Marítima do LNEC.

A construção do modelo reduzido esteve a cargo do Consórcio de construção que simultaneamente foi também o cliente do LNEC, constituído pelas empresas Teixeira Duarte / SETH / Armando Cunha (TD/S/AC). A colocação dos blocos Accropode II® foi orientada e acompanhada à distância (restrições pandémicas) por técnicos da CLI (entidade gestora da patente destes blocos).

O modelo físico foi construído e explorado à escala geométrica de 1:44, de acordo com a Lei de Semelhança de Froude. Este valor de escala foi seleccionado pela CONSULMAR, em função dos modelos de blocos Accropode II® disponíveis pela CLI e da dimensão do tanque de ensaios. As obras projetadas compreendiam diversas tipologias de elementos verticais/horizontais e em talude, sendo os primeiros reproduzidos com material acrílico.

Os fundos do modelo foram construídos com revestimento de argamassa sobre enchimento de areia, posicionando-se os batedores de ondas sobre plataforma de nível à cota -20 m(ZH). A fundação do quebra-mar destacado ocorria sensivelmente entre as cotas -12.0 m (ZH) e -6.0 m (ZH). A Figura 3 ilustra a reprodução em modelo físico das obras projetadas.

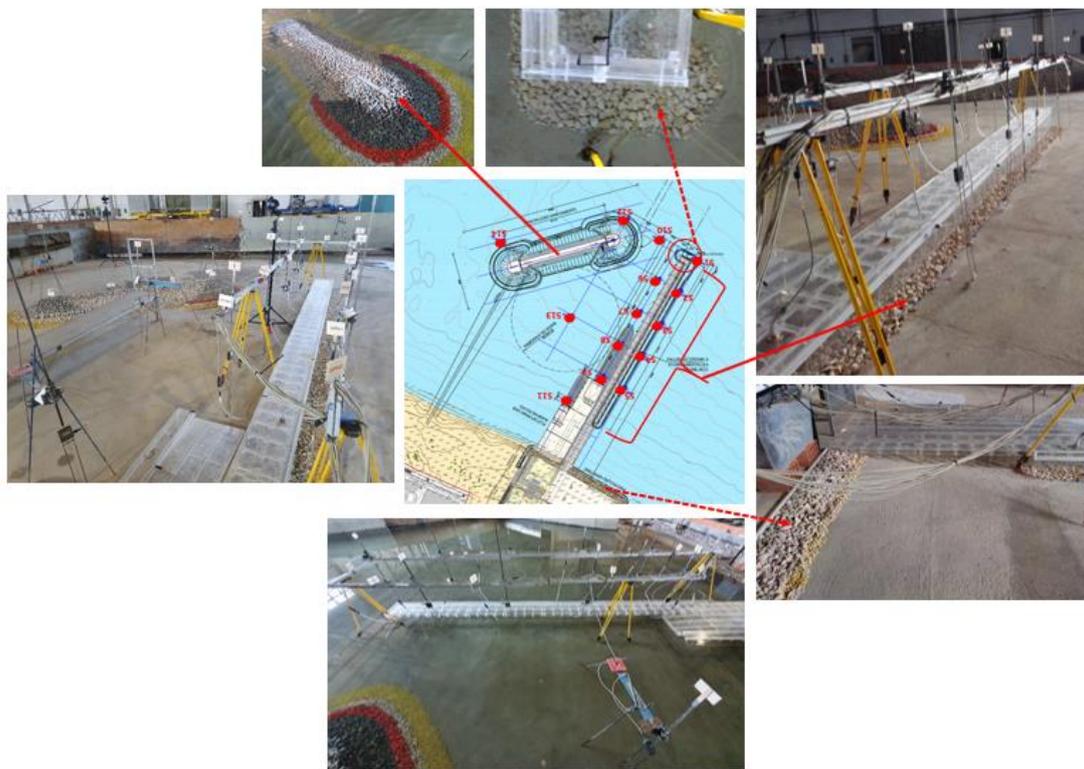


Figura 3. Aspeto geral da reprodução no modelo físico das obras projetadas.

Foram realizados ensaios com três níveis de maré, NM (ZH, +1.6 m ZH, +1.9 m ZH), e um nível adicional a +1.3 m (ZH) (ensaios de pressão), simulando-se ondas irregulares com o espectro de Pierson-Moskowitz-Kitaigorodskii (PMK), associadas a duas direções, W10S e S10W, e quatro períodos de pico, T_p , de 11 s, 14 s, 17 s e 20 s. Associados a cada direção, cada nível de maré e cada valor do período, foram reproduzidos vários valores de altura de onda significativa, H_s , compreendidos entre 1.5 m e 3.0 m, variáveis com a direção.

3. Materiais e métodos

Equipamento experimental

No que diz respeito à medição da agitação e pressões, foram realizados registos da elevação da superfície livre com sondas resistivas em 16 pontos do modelo físico (Figura 4) bem como registos de pressões utilizando sensores de pressão num total de 24 pontos dispostos nas estruturas rígidas horizontais e verticais (ponte-cais, cortina adjacente e plataformas das rampas Ro-Ro), Figura 5.

O tratamento das séries temporais medidas nas sondas e nos sensores de pressão foi realizado através de análise espectral e temporal.

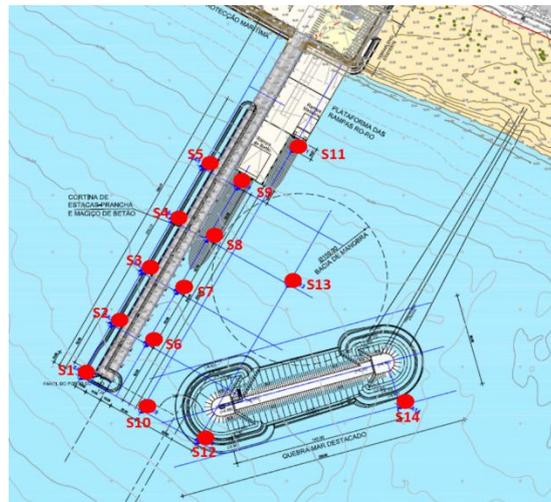


Figura 4 – Localização das sondas (adaptado de CONSULMAR, 2020).

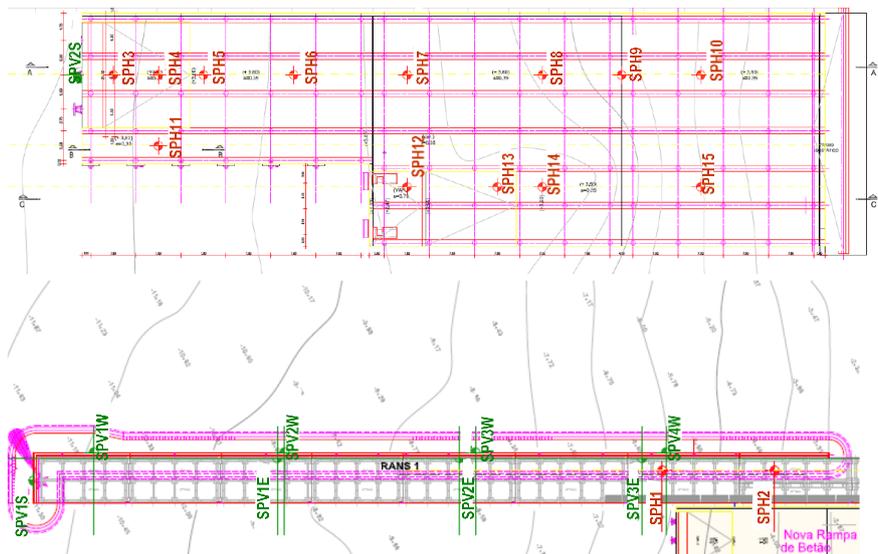


Figura 5 – Localização dos sensores de pressão (adaptado de CONSULMAR, 2020).



Figura 6. Localização dos sensores de pressão no modelo.

Procedeu-se à filmagem dos ensaios com conjunto de 4 câmaras fixas, cobrindo praticamente todos os campos de vista (Figura 7).



Figura 7. Localização das câmaras utilizadas nos ensaios.

Fases do estudo

No decurso do estudo, foram sendo introduzidas algumas alterações no modelo físico, de modo a melhorar a eficácia da solução projetada e, dentro do possível, o realismo das condições testadas. Estas alterações foram sendo sugeridas pelo projetista, que acompanhou de perto a realização dos ensaios e teve a oportunidade de se inteirar de todos os pormenores de comportamento evidenciados pelas estruturas.

Na Fase 1 foi ensaiada a solução inicialmente projetada. Contudo, logo após os testes iniciais, verificou-se uma anormal instabilidade dos tapetes de enrocamentos situados a menores profundidades (proteção da cortina de estaca-prancha e do terraplano), sujeitos diretamente à rebentação das ondas, mas que resultava, pelo menos em parte, dos fundos inclinados tradicionalmente reproduzidos como rígidos (e sem atrito) no modelo, sendo os fundos naturais compostos por areia de grande possança (elemento poroso/rugoso e deformável). Para aproximar a realidade, procedeu-se à abertura de uma caixa com largura e profundidade suficientes para se afastar o efeito do perímetro rígido de argamassa do modelo, preenchida com material solto, fino (Figura 8).



Figura 8. Fase 1. Solução Inicial com caixa de areia.

A Fase 2 do estudo, surgiu da necessidade de diminuir os estragos verificados no corpo do quebra-mar destacado e ainda em alguns locais do tapete de proteção da cortina de estaca-prancha e da proteção marítima do terrapleno, assim como da oportunidade também de reduzir o peso de alguns elementos, e consistiu na implementação das seguintes alterações:

- Aumento do peso do enrocamento (Figura 9) da faixa interior do coroamento do quebra-mar destacado, de 30-60 kN para 60-90 kN, assim como do seu talude interior, acima do nível -1,0 m (ZH), de 10-30 kN para 60-90 kN;
- Ligeira elevação da cota de coroamento do corpo do quebra-mar destacado, de +4.0 m (ZH) para +4.6 m (ZH) (Figura 9);
- Redução da distância entre blocos paralelepípedicos do pé do talude da cabeça NE para o mínimo possível, tendo em conta a manutenção das condições de posicionamento destes blocos, compensado com a substituição dos blocos de betão situados no quarto interior (zona mais abrigada), por blocos de enrocamento de 30-60 kN (Figura 9);
- Aumento do peso dos blocos de enrocamento de proteção da base da cortina de estacas-prancha (enrocamento de 20 a 30 kN), para gamas de enrocamento de 60-90 kN, na zona F, e de 30-60 kN e 60/90 kN em parte da zona D2 (Figura 10);
- Aumento do peso de enrocamento da proteção SW do terrapleno (zona H) de 10-30 kN para 30-60 kN (Figura 11) e aprofundamento da cota de fundação do pé para -1,0 m(ZH);
- Ligeiro aumento da cota de coroamento da proteção SW do terrapleno (zona H) e do murete exterior da ponte-cais (Figura 11).



Figura 9. Fase 2. Solução melhorada. a) Alteração do peso do enrocamento do talude interior; b) Alteração da colocação dos blocos paralelepípedicos da ponta do talude da cabeça NE do quebra-mar.



Figura 10. Fase 2. Solução melhorada. Modificação do peso do enrocamento de proteção na base da cortina de estaca-prancha.



Figura 11. Fase 2. Solução melhorada. Modificação do peso de enrocamento do talude de proteção SW, abaixamento da fundação e aumento da sua cota de coroamento.

A Fase 3 consistiu na realização de ensaios complementares sem cortina de estaca-prancha (para comparação com a situação atual) e com cortina de estaca-prancha com aberturas (para redução das pressões sobre a cortina e do galgamento da Ponte-cais, Figura 12a), com os quais se validou ainda o reforço da secção inicial do tapete da proteção da cortina, recorrendo a meios cubos Antifer com peso correspondente a cerca de 150 kN (Figura 12b).



Figura 12. Fase 3. a) Detalhe da cortina de estacas-prancha com aberturas. b) Reforço da seção inicial da proteção da cortina de estaca-prancha com meios cubos Antifer c) Detalhe da ponte-cais sem estacas-prancha.

Para efeitos comparativos, sabe-se da situação atual, real, e entre muitos outros aspetos, que a ponte-cais em estacaria é exposta diretamente às ondas, não galgada, mas exibindo degradação ao nível da face inferior do seu tabuleiro, enraizando em terrapleno, com proteção em enrocamentos sujeita a diversos estragos, por vezes com algum galgamento.



4. Caso de estudo referente à Fase 2

Neste ponto, exemplifica-se o tipo de resultados que foram obtidos nas diversas vertentes dos ensaios (estabilidade, galgamentos, agitação e sobrelevação e de pressões), tendo por base uma série de ensaios da Fase 2 do estudo, mais concretamente a relativa ao rumo S-10-W (setor de ondas mais direto, menos frequentes, mas por vezes mais intensas), para ondas extremas com períodos de retorno da ordem de 50 a 200 anos (quando associado a condições médias de águas-vivas), considerando a preia-mar máxima a +1.6 m(ZH) e uma variação excepcional a +1.9 m(ZH), a título de análise de sensibilidade.

Ensaio de estabilidade

O comportamento das diversas estruturas e respetivos elementos de proteção foi avaliado visualmente e confirmado posteriormente pela comparação de fotografias obtidas no início e no final de cada ensaio. A Figura 13 dá o exemplo das fotografias obtidas no final de um ensaio e a Tabela 1 da forma como os resultados foram apresentados.



Figura 13. Exemplo de fotografias obtidas depois de um ensaio.

Tabela 1. Estabilidade do tronco do quebra-mar destacado. Número de blocos removidos na totalidade de cada troço (aos códigos entre parêntesis correspondem notas particulares sobre o grau de concentração de estragos, eventual exposição de filtro, etc).

NIVEAU DE LA MAREE m(ZH)	PÉRIODE DE PIC Tp (s)	HAUTEUR SIGNIFICATIVE Hs (m)	TRONÇON A							TRONÇON B									
			TALUS EXTÉRIEUR			CORONEMENT		TALUS INTÉRIEUR		TALUS EXTÉRIEUR			CORONEMENT		TALUS INTÉRIEUR				
			Enr. 30-60 kN	Enr. 2-5 kN	TVC	Enr. 30-60 kN	Enr. 60-90 kN	Enr. 60-90 kN	Enr. 10-30 kN	TVC	Enr. 30-60 kN	Enr. 2-5 kN	TVC	Enr. 30-60 kN	Enr. 60-90 kN	Enr. 60-90 kN	Enr. 10-30 kN	TVC	
+1.6	11	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
	14	2	7	0	0	0	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	2	10	0	0	0	0	0	1	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	2.5	14	0	0	0	0	0	5	0	13	0	0	0	0	0	1	0	0
	14	2.5	17	0	0	6	0	0	8	0	20	0	0	4	3	0	7	0	0
	17	2.5	23	0	0	7	2	6	9	0	24	0	0	8	3	5	9	0	0
	11	3	25	0	0	8	2	7	16	0	26 (1)	0	0	9	3	9	10	0	0
14	3	27	0	0	10	2	13 (2)	25	0	30 (1)	0	0	17	3	10	19	0	0	
17	3	36 (3)	0	0	20 (3)	24 (4)	60 (5)	30	0	45 (3)	0	0	19	6	35 (2)	25	0	0	
+1.9	11	2.5	3	0	0	0	1	1	4	0	4	0	0	0	0	1	1	0	0
	14	2.5	10	1	0	0	2	1	12	0	13	0	0	0	1	1	7	0	0
	17	2.5	20	1	0	2	3	10 (2)	15	0	17	0	0	0	2	3	10	0	0
	11	3	20	1	-	2	3	16 (6)	22	0	20	0	-	4	3	4	16	0	0
	14	3	23 (1)	1	-	10	5	28 (6)	35	0	27 (1)	0	-	12	3	8	26	0	0
	17	3	42 (1)	1	-	15	12	70 (5)	(7)	0	37 (1)	0	-	14	6	26 (2)	(7)	0	0



Ensaio de galgamentos

Os galgamentos das diversas estruturas foram avaliados visualmente e de forma qualitativa, tendo por base um critério de classificação pré-estabelecido pelo LNEC, que se apresenta na Tabela 2.

Tabela 2. Critério de classificação de galgamentos.

Grau	Descrição
0	Não há galgamento
1	As ondas de maior altura proporcionam galgamentos constituídos por “salpicos”
2	Galgamentos frequentes constituídos por “salpicos”
3	As ondas de maior altura provocam inundação ou passagem de lâminas de água
4	Há frequentes galgamentos ou inundações constituídas por uma lâmina de água
5	Ocorrem galgamentos constituídos por grandes massas de água

Na Tabela 3 exemplifica-se a forma como os resultados foram apresentados.

Tabela 3. Grau de classificação dos galgamentos do quebra-mar destacado, do terraplino e das rampas Ro-Ro.

NIVEAU DE LA MARÉE m(ZH)	PÉRIOD DE PIC Tp (s)	HAUTEUR SIGNIFICATIF Hs (m)	PONT-QUAIS AVEC PALPLANCHE				TERREPLEIN			RAMPS RO-RO					COTE +3 m (ZH) DE LA PLAGE EST
			Tronçon D1	Tronçon D2	Tronçon E	Tronçon F	PROTECTION NW (G)	PROTECTION SW (H)	PROTECTION NE (I)	POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 5	
+1.6	11	2	0	0	0	0	0-1	1	0	4	0	4	2-3	0	100%
	14	2	0	0	0	0	0-1	2	0	4	0	4	2-3	0	100%
	17	2	0	0	2-3	0	0-1	2	0	4	2-3	4	2-3	0	100%
	11	2.5	0	0	0	2-3	0-1	2	0	4	2-3	4	2-3	0	100%
	14	2.5	0	0	2-3	2-3	0-1	2	0	4	2-3	4	2-3	0	100%
	17	2.5	0	0	2-3	2-3	0-1	3	0	4	2-3	4	2-3	0	100%
	11	3	0	2-3	2-3	2-3	0-1	2-3	0	4	3	4	3	2-3	100%
+1.9	14	3	0	2-3	2-3	2-3	0-1	2-3	0	4	3	4	3	2-3	100%
	17	3	2-3	2-3	2-3	3	0-1	3	0	4	3	4	3	2-3	100%
	11	2.5	0	2-3	2-3	2-3	0-1	2	0	4	2-3	4	3	0	100%
	14	2.5	0	2-3	2-3	2-3	0-1	2-3	0	4	3	4	3	2-3	100%
	17	2.5	2-3	2-3	2-3	2-3	0-1	3	0	4	3	4	3	2-3	100%
	11	3	2-3	2-3	2-3	2-3	0-1	2-3	0	4	3-4	4	3-4	2-3	100%
	14	3	2-3	2-3	2-3	2-3	0-1	3	0	4	3-4	4	3-4	2-3	100%
17	3	2-3	2-3	2-3	3	0-1	3-4	0	4	3-4	4	3-4	2-3	100%	

A Figura 14 ilustra a forma como se processavam os galgamentos no quebra-mar destacado.

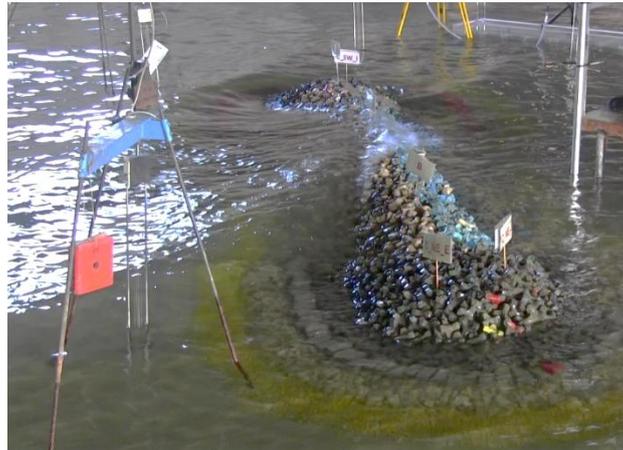


Figura 14. Exemplo de um galgamento do quebra-mar destacado

Ensaios de agitação e sobrelevações

Os ensaios de agitação e sobrelevações consistiram no registo da variação da superfície livre em todos os pontos referenciados na Figura 4, bem como à saída dos geradores de ondas irregulares.

Relativamente à tranquilidade portuária (ensaio de agitação) os resultados foram apresentados em termos de índices de agitação, ou seja, pela relação entre os valores de H_s registados em cada um dos pontos situados junto às obras e os valores de H_s registados em frente aos geradores de ondas irregulares. Na Figura 15 apresenta-se um exemplo de uma das formas como os resultados foram apresentados.

No que diz respeito aos ensaios de sobrelevações, procedeu-se à análise dos resultados obtidos em cada uma das sondas no domínio da frequência, tendo sido calculado o valor de H_s para períodos no protótipo superiores a 50 s, obtendo-se, assim, os valores da sobrelevação como valor de amplitude de crista (aproximadamente igual a $H_s/2$). A Figura 16 apresenta um exemplo da forma como os resultados foram apresentados.

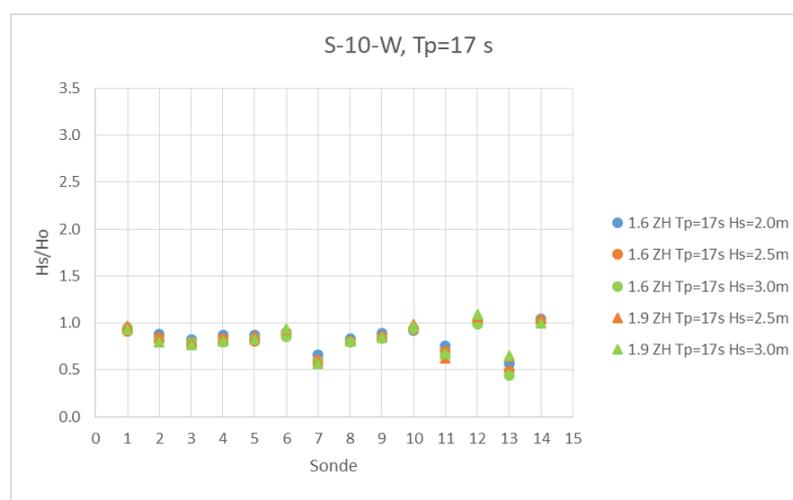


Figura 15. Exemplo de apresentação de resultados dos ensaios de agitação.

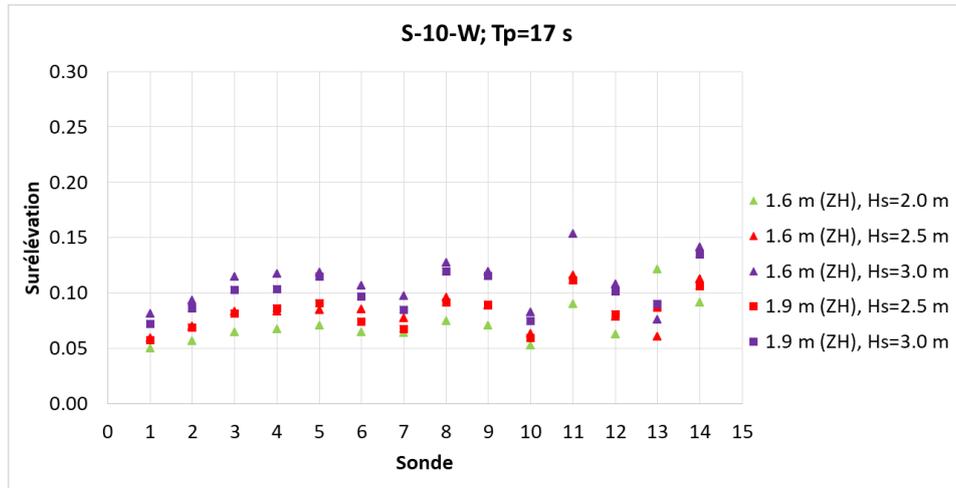


Figura 16. Exemplo de apresentação de resultados dos ensaios de sobrelevação.

A comparação entre os resultados obtidos nos ensaios de agitação em modelo físico e em simulações numéricas realizadas pelas CONSULMAR é objeto de uma outra Comunicação a estas Jornadas.

Ensaio de pressões

Durante os ensaios de pressão, foi obtida a série temporal da pressão medida pelos 20 sensores, cuja localização pode ser vista na Figura 6. Os dados dos sensores foram adquiridos com uma frequência de 128 Hz.

Com base nas séries temporais de pressão, efetuou-se uma análise temporal dos sinais da pressão dinâmica, calculando-se os valores de amplitude de pressão positivos, P_n^+ , e negativos, P_n^- , assim como estatísticas dos mesmos (pressão média, $P_{1/3}$, $P_{1/10}$, e pressão máxima, positiva e negativa). Destes, numa análise preliminar, focou-se em $P_{1/10}$, já que os valores máximos de pressão podem não ser representativos de dada condição de agitação, pois no caso das pressões de impacto esse valor pode corresponder a um pico de curta duração e elevado valor, como o apresentado na Figura 17.

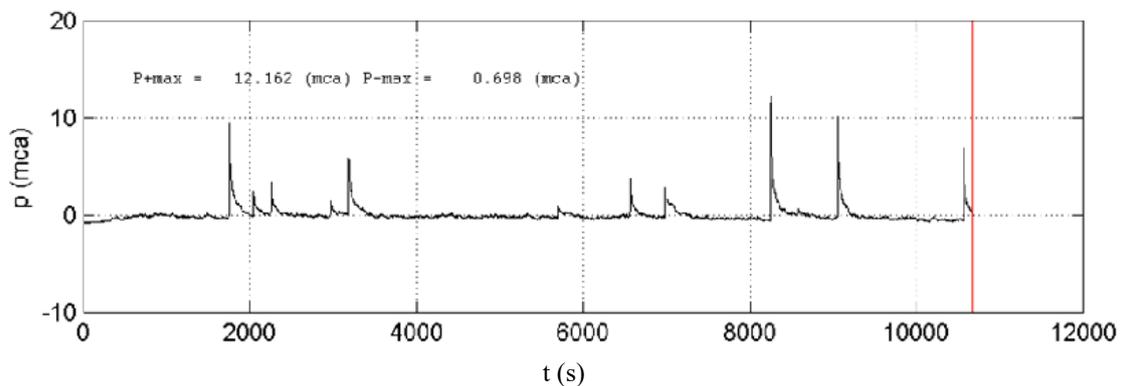


Figura 17. Série temporal de pressão medida para a solução melhorada no sensor SPH10 (acesso às rampas), para $T_p=14s$ e $H_s=3.0$ m, nível de maré +1.6 m (ZH), S-10-W.

No âmbito dos estudos realizados, as séries temporais completas dos registos de pressões de todos os sensores foram analisados pela CONSULMAR, pico a pico, e sujeitas a certos ajustes e correções de escala, assim como comparadas com os resultados das simulações numéricas também realizadas pelo LNEC com o modelo RANS VOF 2D. A descrição e análise integrada



destes resultados é objeto de uma outra Comunicação às Jornadas.

5. Conclusões

Os ensaios apresentados no presente documento tiveram por objetivo a verificação da estabilidade e dos galgamentos, bem como o estudo da agitação, das sobrelevações e das pressões nas estruturas projetadas para as Obras de Expansão e Modernização do Porto Inglês, situado na ilha do Maio, Cabo Verde.

Os resultados obtidos com um exigente programa de ensaios em modelo físico reduzido 3D, complementados ainda com simulações numéricas de pressões (modelo RANS VOF 2D) e de agitação (MIKE 21 BW), objeto de outras comunicações, permitiram validar e otimizar o dimensionamento de um complexo conjunto de obras, através da introdução progressiva dos melhoramentos requeridos, para a segurança das obras e a operacionalidade portuária.

Os estudos efetuados foram também utilizados para recolha de informação que permitiu ao projetista avaliar sobre o grau de aproximação e realismo das condições consideradas em fase de pré-dimensionamento, analisando cuidadosamente cada causa-efeito, comparando com resultados obtidos por outras vias (simulações numéricas) e tendo em conta o conhecimento possível da situação real local.

Do ponto de vista do LNEC, o estudo apresentado constitui um distinto exemplo da utilização de uma ferramenta, que, no campo da hidráulica marítima, deve considerar-se imprescindível: a modelação física.

Um bom exemplo porque foi possível dar respostas a praticamente todas as dúvidas que eventualmente existissem, com recurso a um único modelo físico e foi elencado um conjunto de melhoramentos que, sem dúvida, contribuem para o êxito global do empreendimento.

Infelizmente, nem sempre é possível, por razões de semelhança, de escalas e de limitação dos equipamentos disponíveis, congregar no mesmo modelo um conjunto de estudos tão amplo (foi reproduzido todo o conjunto de obras marítimas proposto) e abrangente (realização de ensaios de vários tipos e com objetivos diversificados), mas isso aconteceu em relação às Obras de Expansão e Modernização do Porto Inglês.

Mas um bom exemplo também pela articulação vivenciada entre o Consócio promotor, o projetista e o LNEC, materializada pela própria construção do modelo e pelo acompanhamento muito próximo do andamento dos trabalhos por parte do projetista, que lhe terá permitido, de uma forma efetiva, tomar as opções mais adequadas e assumir o seu papel enquanto entidade responsável pela conceção e pelo dimensionamento das obras.

Referências Bibliográficas

FORTES, C.J.E.M.; LEMOS, R.; NEVES, M.G.; SILVA, L.G.; PINHEIRO, L., 2020 - Travaux d'expansion et requalification du Porto Inglês, île de Maio, République du Cap Vert. Etudes sur modele reduit 3D et sur modele numerique. Rapport final: Études sur modèle réduit tridimensionnel. Relatório 018/2021 – DHA/NPE.

CONSULMAR (2020) - Travaux d'extension et Modernisation du Port Inglês, Île de Maio, Spécification des Essais sur Modèle Physiques Réduit 3D et Simulations sur Modèle Numérique

CONSULMAR (2020) - Travaux d'extension et Modernisation du Port Inglês, Île de Maio, Projects d'Éxecution: Brise-Lames Détaché, Renforcement de L'ouvrage de Protection du Talus Côté Mer, Rideau Palplanche - Butée de protection Maritime, Plateformes de Rampe Ro-Ro.

CONSULMAR (2021) - Travaux d'extension et Modernisation du Port Inglês, Île de Maio, Projects d'Éxecution: Rideau Palplanche - Palplanche et Poutre de béton.