



V SEMINÁRIO E WORKSHOP EM ENGENHARIA OCEÂNICA

Rio Grande, 07 a 09 de Novembro de 2012

Modelação física da propagação de ondas num canal

José M. P. Conde^{1,2,3}, Rui Reis¹, Conceição J. Fortes¹, Diogo Neves¹

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente

Av. do Brasil, 101, 1750-044 Lisboa, Portugal

rreis@lnec.pt, jfortes@lnec.pt, dneves@lnec.pt

² Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Dep. Eng. Mecânica e Industrial

2829-516, Monte de Caparica, Portugal

jpc@fct.unl.pt

³ IDMEC, Instituto Superior Técnico

Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

RESUMO

Nesta comunicação, é descrito o vasto conjunto de ensaios em canal de ondas realizado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) cujo objetivo foi a análise da hidrodinâmica da propagação de onda sobre um fundo de batimetria variável, para várias condições de agitação incidente. Nesse sentido, descrevem-se as condições experimentais, os equipamentos de medição, as condições de teste, os tipos de medições (elevação da superfície livre e velocidade) efetuadas e os dados obtidos. Descrevem-se, também, as análises temporais e espectrais realizadas com os dados recolhidos bem como as metodologias utilizadas para a determinação e análise da distribuição bidimensional das componentes da velocidade das partículas. Para uma onda regular incidente, com 1.5 s de período e 10 cm de altura, são apresentados e comentados os resultados obtidos nas diferentes análises efetuadas.

Palavras-chave: Modelação física, Canal de ondas, Propagação de onda, Análise espectral, Análise temporal

1. INTRODUÇÃO

A modelação física da propagação de ondas em fundos complexos e de profundidade variável é fundamental para um melhor conhecimento e caracterização da forma como a onda se propaga. É com este objetivo que tem sido realizado um extenso conjunto de ensaios em canal de ondas, no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), para a análise da transformação de ondas sobre fundos de batimetria complexa, em várias condições de agitação incidente.

Neste âmbito, em Okamoto et al. (2010), Endres et al. (2011) e Neves et al. (2011) efetuaram-se um conjunto de ensaios para condições de agitação regular incidente que originam ondas com rebentação, para diferentes batimetrias de fundo. As análises temporais, espectrais e estatísticas realizadas contribuem para um melhor conhecimento da hidrodinâmica da rebentação e fornecem resultados importantes para a validação de modelos numéricos.

O presente trabalho é uma continuação dos trabalhos anteriores, considerando agora condições de agitação regular incidente que originam ondas sem rebentação. A metodologia seguida é semelhante ao trabalho de Endres et al. (2011) e Neves et al. (2011). Assim, para cada condição de agitação incidente foram recolhidos, ao longo do canal, valores de elevação da superfície livre e da velocidade das partículas em suspensão no centro da coluna de água. Foram também medidos, valores de velocidade, em profundidade, para posições selecionadas ao longo do canal.

Nas secções seguintes, apresenta-se uma descrição detalhada das condições experimentais, dos métodos e procedimentos utilizados e das características das ondas testadas no canal de ondas (secção 2). Além da descrição do trabalho efetuado, são aqui apresentados, para o caso da onda incidente de período, $T = 1.5$ s, e altura de onda, $H = 10$ cm, dados relativos à elevação da superfície livre, ao longo do canal, e resultados das respetivas análises temporais e espectrais (secção 3). São apresentados dados referentes à velocidade das partículas e resultados correspondentes à análise temporal efetuada, ao longo do eixo central da coluna de água, bem como, em profundidade, para posições específicas ao longo do canal. É, também, realizada uma análise mais profunda dos dados na qual se estimou a distribuição bidimensional das componentes da velocidade das partículas, ao longo do canal, efetuando a caracterização a forma da onda. No final (secção 4) são retiradas conclusões sobre os resultados obtidos nos testes experimentais e metodologias de análise.

2. ENSAIOS EM MODELO FÍSICO

2.1 Condições experimentais

Os testes experimentais foram realizados no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) num canal, com 32.57 m de comprimento, equipado com um gerador de ondas irregulares controlado por computador (Fig. 1).

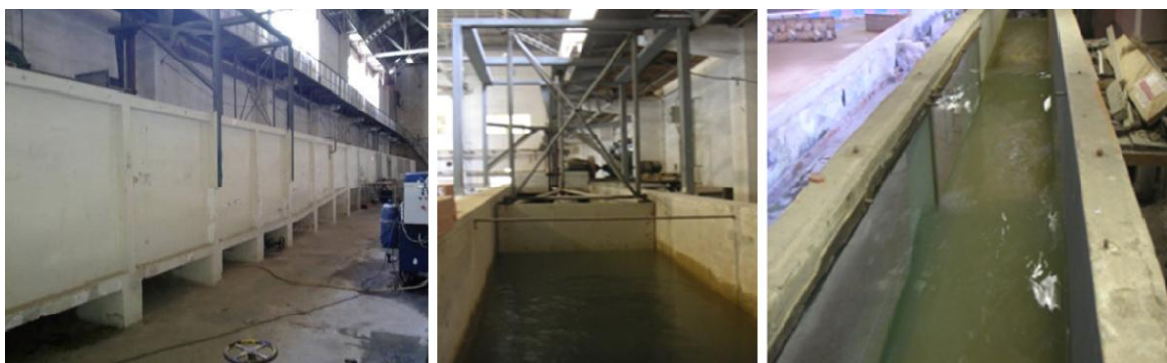


Figura 1. Vista lateral do canal (à esquerda), gerador de ondas (no centro) e vista de cima do canal (à direita).

O perfil longitudinal do fundo do canal, Fig. 2, consiste em duas rampas de inclinação constante (de 1:11 e 1:22) separadas por uma zona plana, até à posição $x = 0$, posteriormente uma zona plana (onde a profundidade de água foi considerada a um valor constante de 0.3 m), seguida de uma rampa de inclinação constante (1:20) e, por fim, uma zona de enrocamento inclinado (1:2). O canal em planta, Fig. 2, tem uma zona inicial com largura constante de 1 m, seguida de um troço convergente, e finalmente uma zona também com largura constante de 0.6 m.

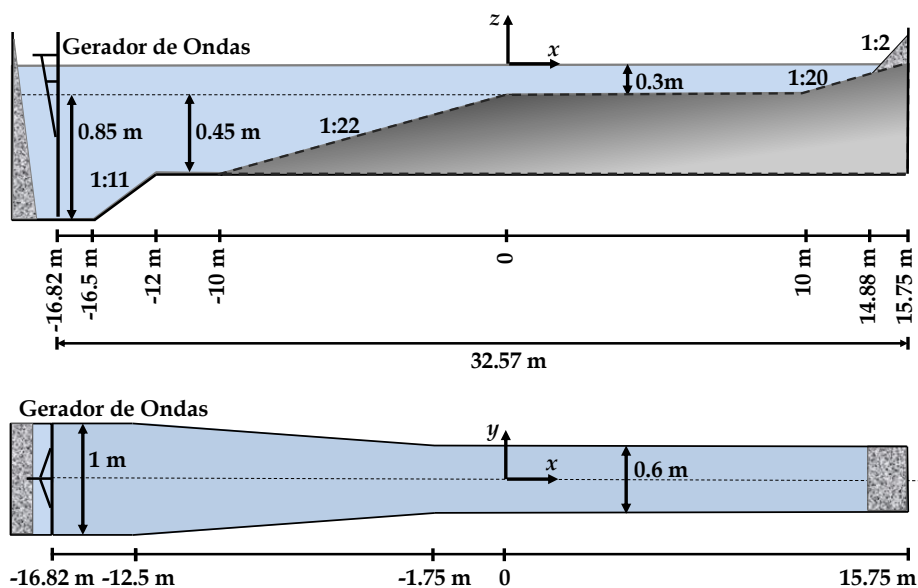


Figura 2. Canal de ondas: perfil longitudinal (em cima) e planta (em baixo).

2.1 Condições de agitação incidente e testes experimentais

O gerador de ondas, do tipo pistão, tem a capacidade de gerar ondas regulares e irregulares, tendo sido neste caso apenas analisadas ondas regulares, cujas condições de agitação incidente correspondem às seis combinações, de período (T) e altura (H) de onda, assinaladas (x) na Tab. 1. Para estas ondas não se verifica a ocorrência de rebentação.

Tabela 1. Condições de agitação incidente testadas.

T (s) \ H (cm)	1.1	1.5	2.0	2.5
8	x	x	x	x
10	x	x	-	-

Realizaram-se, para cada condição de agitação incidente, ensaios experimentais para dois tipos de medições:

- Tipo I – Medição, ao longo do canal, dos valores de elevação da superfície livre bem como das componentes da velocidade das partículas no centro da coluna de água;
- Tipo II – Medição, em profundidade, dos valores da velocidade das partículas em posições selecionadas ao longo do canal.

Cada teste experimental (onda gerada) teve a duração de 600 s (registo temporal).

2.2 Equipamentos e técnicas de medição

Para todos os ensaios experimentais colocou-se uma sonda junto ao baterdor (aproximadamente 6 m, à frente, deste, $x = -1080$ cm), Fig. 3, que foi mantida nesta posição para verificar a correta geração de ondas pretendidas.

Os valores de elevação da superfície livre ao longo da posição em x do canal, foram medidos com o recurso a oito sondas resistivas alinhadas e espaçadas por 20 cm entre si, Fig. 3, que foram agregadas a uma estrutura móvel. Esta estrutura foi colocada de forma a obter medições entre as posições $x = -1000$ cm e $x = 1000$ cm. A frequência de aquisição das sondas foi de 25 Hz.

As medições da velocidade das partículas foram efetuadas usando um *Acoustic Doppler Velocimeter* (ADV) com sonda “*down-looking*”, que fornece as três componentes ortogonais da velocidade instantânea das partículas em suspensão na coluna de água, numa posição de análise (volume de medição), Fig. 3. Junto ao ADV foi colocada uma sonda resistiva, Fig. 3, para que, conjuntamente com a velocidade das partículas, seja também medida a elevação da superfície livre, na mesma secção transversal do canal.

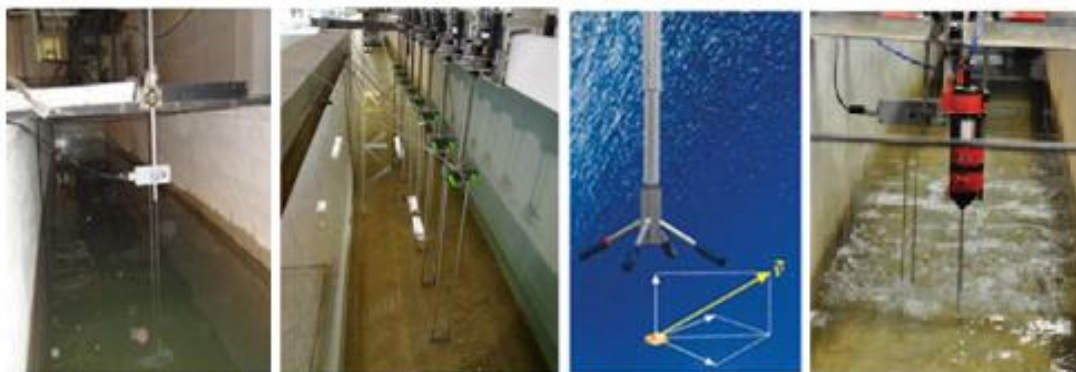


Figura 3. Da esquerda para a direita: Sonda junto ao baterdor; conjunto de 8 sondas de nível; sonda ADV e volume de medição; e sonda de nível junto da sonda ADV.

A velocidade, ao longo do canal, foi medida com o ADV posicionado no centro da coluna de água, entre as posições $x = -1000$ cm e $x = 800$ cm, para um espaçamento de 100 cm. Nas medições da velocidade, em profundidade, o ADV foi colocado, nas posições selecionadas $x = -1000, -500, -200, -100, 0, 100, 200, 500$ e 1000 cm, em espaços de 5 cm ao longo do eixo vertical a meio da largura do canal. O procedimento foi realizado de acordo com Neves et al. (2011). A taxa de aquisição do ADV considerada foi de 25 Hz.

3. RESULTADOS

O tratamento dos dados obtidos para cada condição de onda incidente foi:

- Análise temporal e espectral dos valores de elevação da superfície livre obtidos, ao longo do canal;

- Análise temporal e espectral da velocidade das partículas, ao longo do canal, no centro da coluna de água. Efetuou-se também a análise da distribuição bidimensional das componentes da velocidade, ao longo do canal;
- Análise temporal da velocidade das partículas, em profundidade, nas posições selecionadas ao longo do canal.

Nas próximas sub-secções, apresentam-se estas metodologias e resultados para uma onda incidente com valores de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm, de forma a ilustrar os procedimentos efetuados.

3.1 Elevação da superfície livre

A partir dos dados de elevações da superfície livre, obtidos para cada condição de agitação, obtiveram-se:

- As séries temporais da elevação da superfície livre ao longo do canal;
- Os valores da altura de onda máxima, da altura de onda significativa, da altura de onda média, do período de onda significativo e do período de onda médio, com base na análise temporal das séries temporais da elevação da superfície livre, ao longo do canal;
- Os espectros de energia para as diferentes posições ao longo do canal. A variância da densidade espectral foi calculada de forma a definir uma distribuição da energia no domínio de frequência. Esta análise espectral permite a análise dos fenómenos não-lineares provenientes da geração de harmónicas que surgem na propagação de ondas sobre um fundo complexo.

3.1.1 Séries temporais da elevação da superfície livre

A Fig. 4 ilustra os valores de elevação da superfície livre, nas posições $x = -1000$ cm (Fig. 4 a) e $x = 200$ cm (Fig. 4 b), para a onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm, durante o intervalo de tempo entre os 270 s e 300 s.

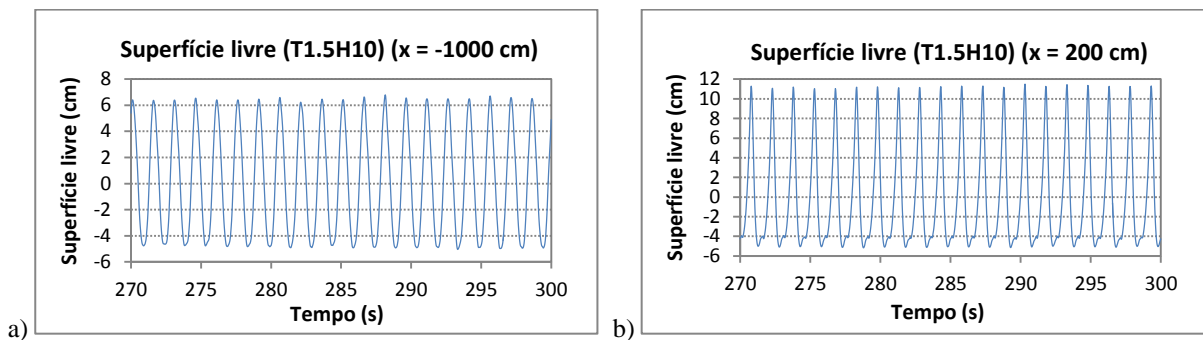


Figura 4. Elevação da superfície livre (cm) para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm, entre os 270 s e 300 s do registo, nas posições $x = -1000$ cm (a) e $x = 200$ cm (b).

Como se pode verificar, à medida que a onda se propaga para zonas de menor profundidades acontece a transformação na forma da onda. A deformada da superfície livre apresenta características cada vez mais não-lineares (cristas aguçadas e cavas achatadas), observando-se também o aparecimento de harmónicas.

3.1.2 Análise temporal e espectral

A Fig. 5 mostra, a título de exemplo, a altura de onda significativa e o período médio ao longo do canal, para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm.

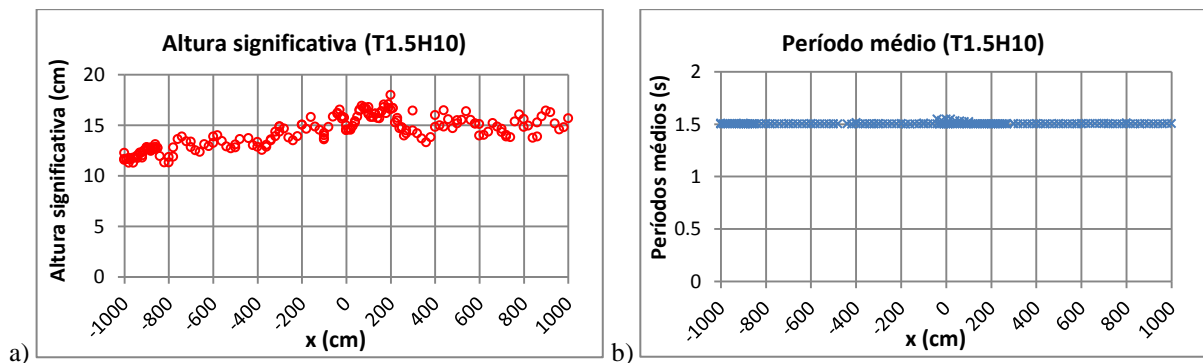


Figura 5. Altura significativa (a) e período médio (b), para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm, ao longo do canal.

Verifica-se, na Fig. 5 a), um aumento da altura significativa de onda devido ao efeito de empolamento da onda até $x = 0$. A partir dessa posição a altura de onda, embora oscile ao longo do canal, o valor médio no espaço é aproximadamente constante. Esta oscilação resulta da reflexão das ondas na extremidade do canal. Segundo Conde et al. (2012) o coeficiente de reflexão global é de 0.156.

Os testes experimentais mostram que o período médio das ondas (Fig. 5 b) permanece praticamente constante até à zona final, embora isso não signifique que não haja o aparecimento de outros períodos de onda, como se constata na Fig. 6.

A Fig. 6 apresenta os espectros de amplitude calculados, recorrendo a uma rotina *discrete Fourier transform* (DFT), para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm nas posições $x = -1000$ (a), -400 (b); 0 (c) e 200 cm (d). Ao longo da propagação da onda, é visível o aparecimento de componentes harmónicas devidas à sua transformação com a variação do fundo à medida que a distância x ao bateror aumenta.

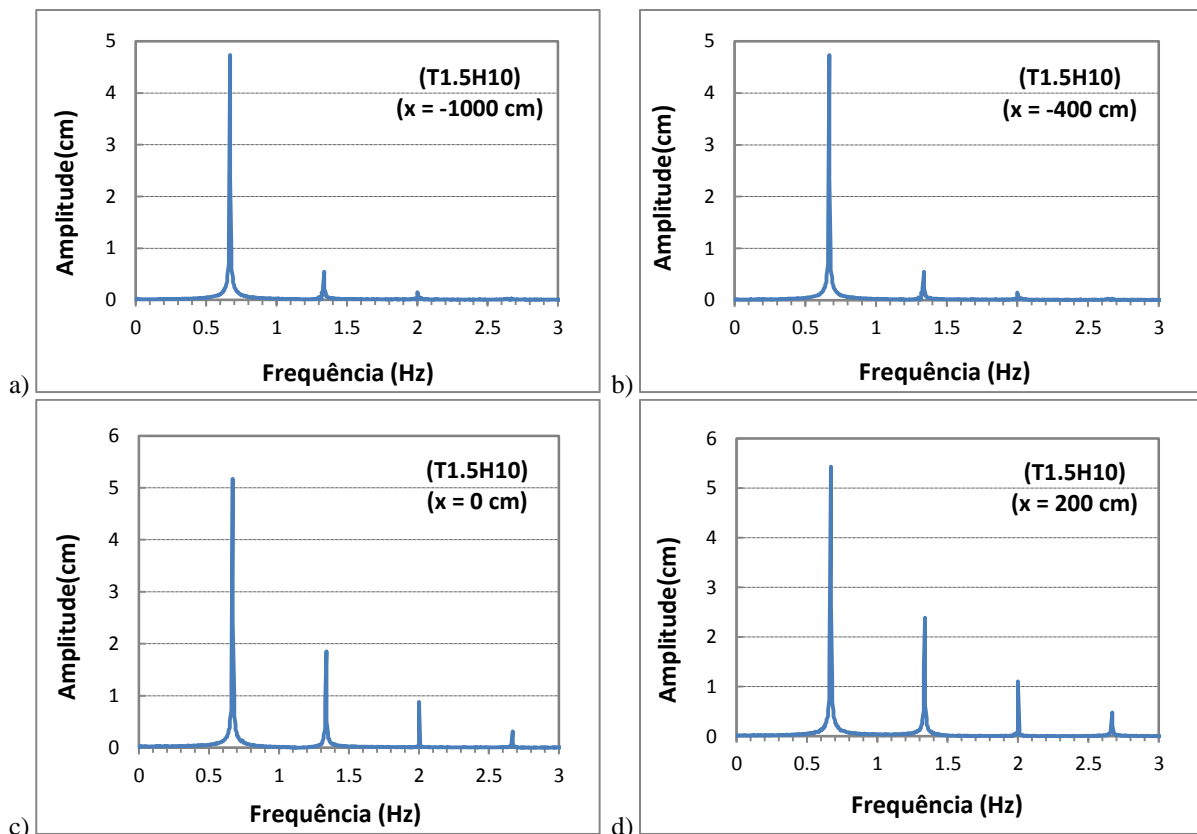


Figura 6. Espectro de amplitude nas posições $x = -1000$ (a), -400 (b), 0 (c) e 200 cm (d), para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm.

Os resultados da análise espectral mostram que existe um número crescente de harmónicas à medida que a onda é propagada no canal. Observa-se também, um aumento da amplitude da frequência principal do espectro, de $x = -1000$ cm até 200 cm, o que traduz o efeito de empolamento que a onda sofre ao longo da rampa principal do canal.

3.2 Velocidade

A partir dos dados medidos de velocidade das partículas, para cada condição de agitação, obtiveram-se:

- As séries temporais da velocidade em x (V_x) ao longo do canal;
- Os valores mínimos, V_{\min} , médios, V_{med} , e máximos, V_{\max} , da velocidade em x (V_x) ao longo do canal. O valor V_{med} corresponde à média de todos os valores V_x de cada registo temporal e os valores V_{\min} e V_{\max} correspondem, respetivamente, às médias dos valores mínimos e máximos de V_x . Foram calculadas através da identificação de cada onda, utilizando o método do zero-descendente, e cada intersecção no zero era considerada efetiva se existissem pelo menos dois pontos antes e depois da linha de zero de referência;
- A distribuição bidimensional das componentes da velocidade, ao longo do canal;
- Os valores mínimo (V_{\min}), médio (V_{med}) e máximo (V_{\max}) da velocidade em x (V_x), em profundidade, para as posições selecionadas ao longo do canal ($x = -1000, -500, -200, -100, 0, 100, 200, 500$ e 1000 cm).

3.2.1 Séries e análise temporal da velocidade

A Fig. 7 apresenta a série temporal de valores obtidos de velocidade V_x , na posição $x = -500$ cm, para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm, durante o intervalo de tempo entre os 180 s e 360 s.

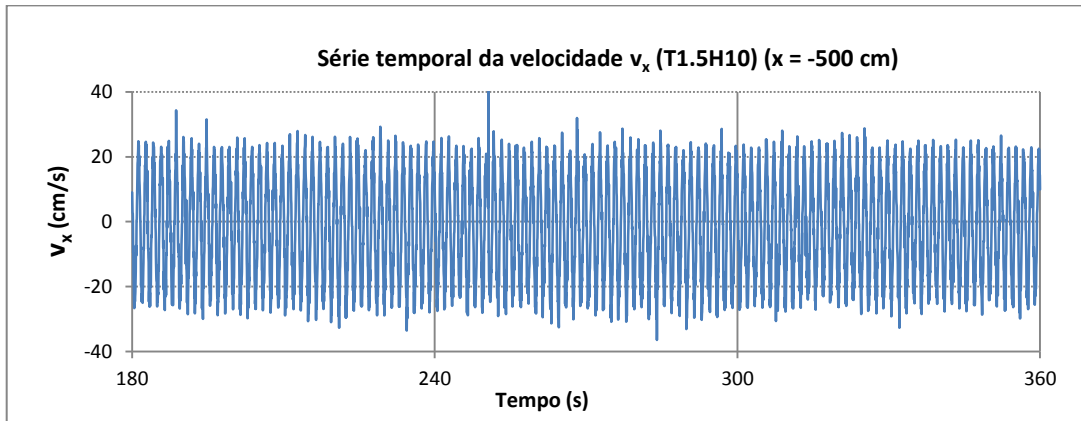


Figura 7. Velocidade V_x ao longo do tempo, na posição $x = -500$ cm, para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm, entre os 180 s e os 360 s.

Na Fig. 8 apresentam-se os valores mínimo (V_{\min}), médio (V_{med}) e máximo (V_{\max}) da velocidade V_x , ao longo do canal, para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm.

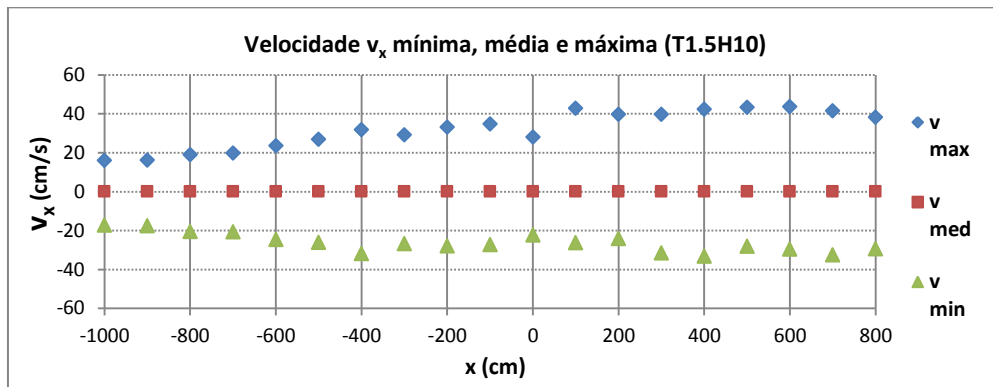


Figura 8. Valores mínimo (V_{\min}), médio (V_{med}) e máximo (V_{\max}) da V_x , ao longo do canal, para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm.

Com base na Fig. 8, verifica-se um ligeiro aumento dos valores de V_{\max} e V_{\min} devido à variação do fundo mantendo-se praticamente constante depois de $x = 0$. Note-se que ao longo do canal, a simetria entre valores máximos e mínimos não é mantida (propagação de ondas com características mais não-lineares) verificando-se valores mais elevados da velocidade máxima do que da mínima.

3.2.2 Distribuição bidimensional das componentes da velocidade

Com o objetivo de efetuar a análise da distribuição bidimensional das três componentes ortogonais da velocidade das partículas (V_x , V_y , V_z), ao longo do canal, para cada condição de agitação, foram avaliados os parâmetros que traduzem a amplitude dos valores medidos para cada componente da velocidade, em cada registo temporal. Estes valores são denotados por E_x , E_y e E_z , e calculados pela diferença entre a média dos valores positivos e negativos das respetivas componentes da velocidade, medidas pelo sensor ADV (Fig. 9).

Na Fig. 9, demonstra-se, em cima, a distribuição bidimensional das componentes da velocidade medidas (nuvem de pontos), na posição $x = -700$ cm, para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm e em baixo, uma representação dos parâmetros E_x , E_y e E_z .

Utilizando os parâmetros definidos (E_x , E_y e E_z), calcularam-se as razões E_z/E_x , E_y/E_x e E_y/E_z , com base nas quais foi efetuada a análise da distribuição bidimensional das componentes da velocidade medidas (nuvem de pontos), ao longo do canal, para cada condição de agitação. A Tab. 2 apresenta os critérios desta análise, para a caracterização da forma da nuvem de pontos, ao longo do canal.

A Fig. 10 apresenta as razões E_z/E_x , E_y/E_x e E_y/E_z obtidas, ao longo do canal, para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm (a e b) e correspondente forma da onda no plano xz (c), determinada segundo os critérios da análise da nuvem de pontos, indicados na Tab. 2.

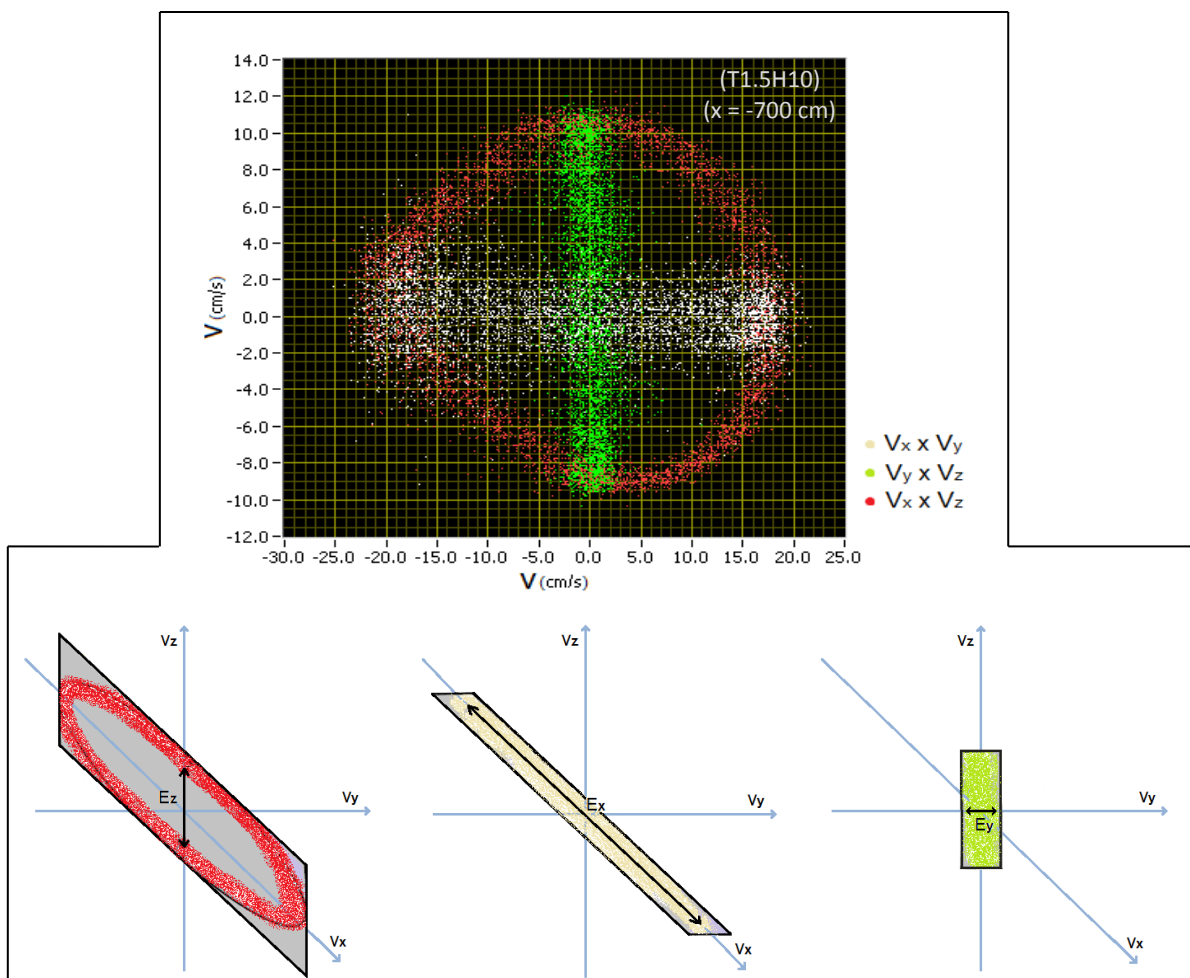


Figura 9. Nuvem de pontos, registada em $x = -700$ cm, para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm (em cima) e representação dos parâmetros E_x , E_y e E_z (em baixo).

Tabela 2. Critérios da análise, da nuvem de pontos, apoiada nas razões E_z/E_x , E_y/E_x e E_y/E_z .

Razão	Resultados	Forma gráfica da nuvem de pontos	Plano	Vista para o canal
E_z/E_x	> 1	Alongada verticalmente	$V_x V_z$	De lado
	$= 1$	Circular		
	$0 < E_z/E_x < 1$	Alongada longitudinalmente		
E_y/E_x	$= 0$	Alinhada com o eixo V_y (condição ideal, $V_y = 0$)	$V_x V_y$	De cima
	> 0	Desalinhada (Componente transversal $V_y \neq 0$)		
E_y/E_z	$= 0$	Alinhada com o eixo V_y (condição ideal, $V_y = 0$)	$V_y V_z$	Ao longo
	> 0	Desalinhada (componente transversal $V_y \neq 0$)		

Na Fig. 10, pode verificar-se que desde o começo da rampa 1:22 do canal até quase a meio desta ($1000 \text{ cm} < x < -600 \text{ cm}$), as razões dos parâmetros (E_z/E_x , E_y/E_x e E_y/E_z) apresentam pouca variação. O valor $E_z/E_x \approx 0.5$ indica um alongamento longitudinal médio da forma da onda e os valores $E_y/E_x \approx 0.1$ e $E_y/E_z \approx 0.2$ denotam a existência da componente transversal ($V_y \neq 0$), no entanto há uma aproximação da condição ideal $E_y/E_x = E_y/E_z = 0$ (componente transversal nula, $V_y = 0$). Progredindo ao longo do canal, observa-se na zona central da rampa 1:22 ($-600 \text{ cm} < x < -300 \text{ cm}$), uma considerável oscilação do alongamento longitudinal da forma da onda e na componente transversal V_y (oscilações das três razões dos parâmetros), seguida de um

aumento abrupto do alongamento longitudinal da forma da onda e da componente transversal V_y ($-300 \text{ cm} < x < -100 \text{ cm}$) e, logo depois, de uma diminuição brusca desse alongamento e da V_y até ao topo da rampa ($-100 \text{ cm} < x < 0$). Daqui em diante ($0 < x < 800 \text{ cm}$) verifica-se um regresso a valores mais constantes das razões dos parâmetros, com o valor $E_z/E_x \approx 0.35$ a indicar novo aumento do alongamento longitudinal da forma da onda e os valores $E_y/E_x \approx 0.15$ e $E_y/E_z \approx 0.35$, algum afastamento em relação à condição ideal ($V_y = 0$).

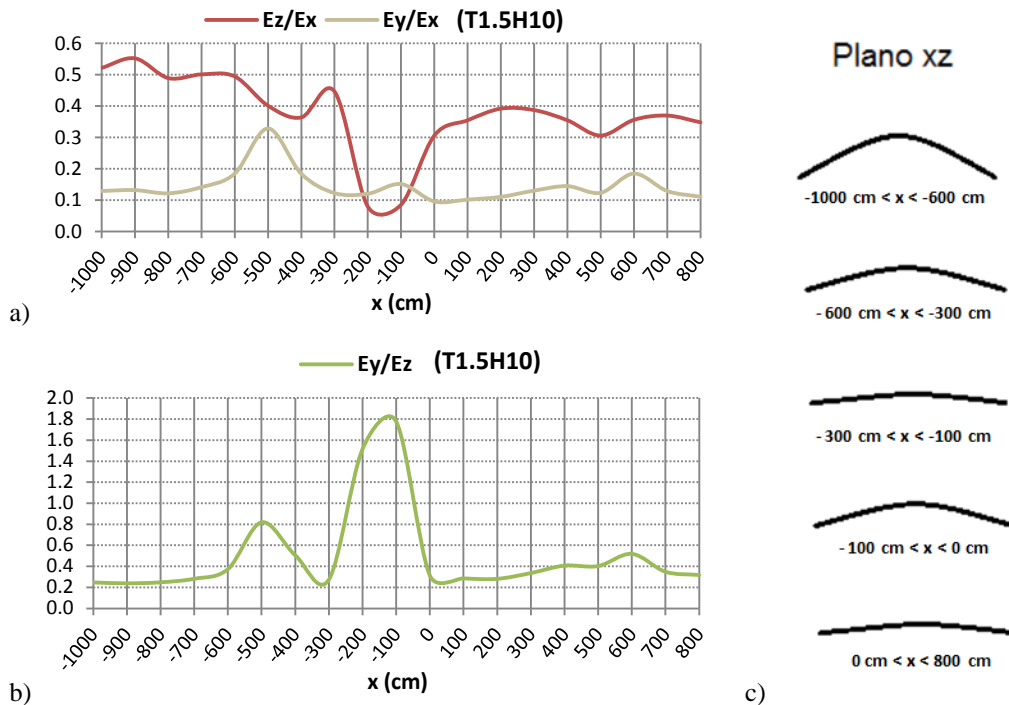


Figura 10. Razões E_z/E_x , E_y/E_x e E_y/E_z obtidas, ao longo do canal, para uma onda incidente de $T = 1.5$ e $H = 10$ cm (a e b) e correspondente forma da onda no plano xz (c).

3.2.3 Análise temporal dos perfis verticais da velocidade

A Fig. 11 mostra os perfis verticais dos valores mínimo (V_{\min}), médio (V_{med}) e máximo (V_{\max}) da velocidade V_x , nas secções $x = -1000$ cm (a), -200 cm (b), 100 cm (c) e 500 cm (d), para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm.

Como se pode observar, em $x = -1000$ cm, Fig. 11 a), os valores não variam significativamente entre as zonas mais à superfície da água e as zonas mais profundas (variação de cerca de 5 cm/s). Podendo-se observar uma quase simetria entre os valores máximos e mínimos. Verifica-se que à medida que se progride ao longo do canal deixa de existir essa simetria entre valores máximos e mínimos, mantendo-se o valor médio próximo de zero. Esta característica é uma consequência do empolamento da onda. Relativamente às médias dos valores das velocidades, os valores não apresentam diferenças significativas ao longo da coluna de água para as posições medidas. A variabilidade dos valores pode estar também associada a imprecisões do processo de medida.

4. CONCLUSÕES

Neste artigo, apresentaram-se os recentes testes realizados em modelo físico num canal de ondas do LNEC, para o estudo da hidrodinâmica da propagação de ondas em zonas de praia de declive variável. O objetivo principal foi o de estudar com mais detalhe todo o processo relativo à propagação da onda em fundos de batimetria complexa.

O estudo em modelo físico foi realizado no canal de ondas regulares cuja batimetria era constituída por uma série de rampas de diferente inclinação. Testaram-se períodos de onda de: 1.1, 1.5, 2.0, e 2.5 s e alturas de onda de 8 e 10 cm. Através das medições efetuadas com as sondas resistivas (elevação da superfície livre) e com a sonda ADV (velocidade das partículas) foi efetuada uma análise temporal e espectral. Foi também possível estimar a distribuição bidimensional das componentes da velocidade das partículas. Mediram-se ainda perfis verticais das velocidades das partículas em locais selecionados do canal.

A análise das séries temporais de elevação da superfície livre ao longo do canal, mostrou que em termos dos valores de alturas de onda significativa, existe um aumento da altura de onda devido ao efeito de empolamento da onda até $x = 0$. A partir dessa posição o valor médio da altura de onda, embora oscile ao longo do canal, é aproximadamente constante. Esta oscilação resulta da reflexão das ondas na extremidade do canal. O período

médio mantém-se constante ao longo de praticamente todo o canal. No entanto, a análise espectral mostra o aparecimento de um número crescente de harmónicas à medida que a onda é propagada no canal.

Quanto às análises efetuadas aos valores de velocidade das partículas (V_x) obtidas ao longo do canal, verifica-se um ligeiro aumento dos valores absolutos de V_{max} e V_{min} devido à variação do fundo mantendo-se praticamente constante depois de $x = 0$. Ao longo do canal, vai-se perdendo a simetria entre os valores de V_{max} e V_{min} o que confirma as características não lineares da propagação das ondas.

Relativamente à análise da distribuição bidimensional das componentes da velocidade das partículas, a metodologia seguida permite caracterizar a forma da propagação da onda ao longo do canal. Pela aplicação desta metodologia observa-se que à medida que a profundidade diminui ao longo do canal, intensificam-se as oscilações na forma da onda (segundo o plano xz) e também no registo da componente transversal. Quando a profundidade passa a ser constante verifica-se uma diminuição da intensidade destas oscilações, continuando a verificar-se, no entanto, valores da componente transversal algo elevados para uma condição ideal de onda.

Finalmente, relativamente aos perfis de velocidade desde zonas profundas para menos profundas, verifica-se que a quase simetria existente, entre os valores máximos e mínimos na zona mais profunda, à medida que se progride ao longo do canal, deixa de existir, mantendo-se o valor médio próximo de zero. Esta característica é uma consequência do empolamento da onda. Relativamente às médias dos valores das velocidades, os valores não apresentam diferenças significativas ao longo da coluna de água para as posições medidas.

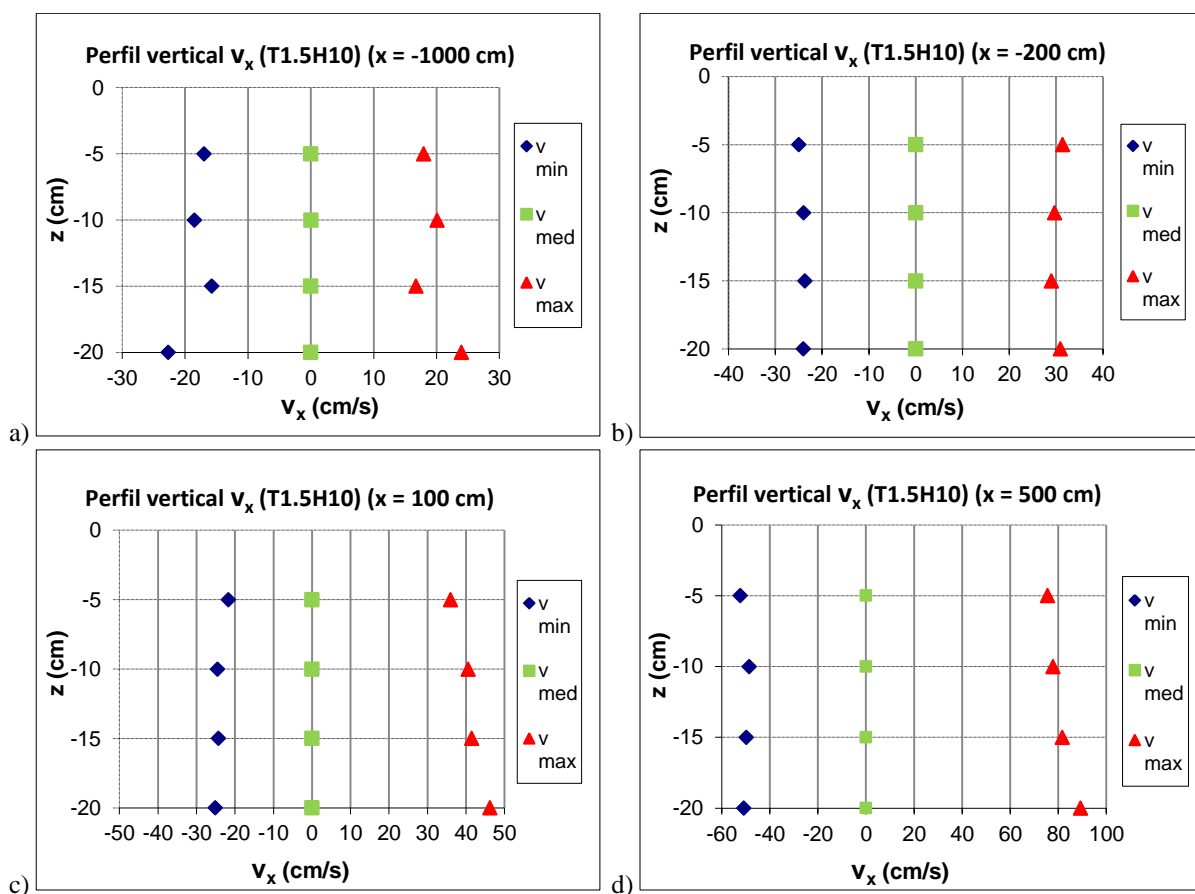


Figura 11. Perfis verticais dos valores V_{min} , V_{med} e V_{max} de V_x em $x = -1000$ (a), -200 (b), 100 (c) e 500 cm (d), para uma onda incidente de $T = 1.5$ s e $H = 10$ cm.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento concedido através dos projetos HIDRALERTA – PTDC/AAC-AMB /120702/2010 e EROS – PTDC/CTE-GIX/111230/2009, e o apoio financeiro do centro de investigação IDMEC/IST. O trabalho desenvolvido foi efetuado no âmbito da licença sabática de José M. P. Conde no LNEC. Agradecem também às alunas Mariana Fernandes e Ana Mesquita a ajuda na realização dos ensaios.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Conde, J.M.P., Capitão, R., Neves, M.G. e Fortes, C.J.E.M., 2012. “Comparação de diversas técnicas de absorção passiva de ondas com avaliação da agitação incidente e refletida em canal”. In Proc. 2.^{as} Jornadas de Engenharia Hidrográfica. Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal.
- Endres, L., Neves, D.R.C.B., Didier, E., Fortes, C.J.E.M., Okamoto T., 2011. “Avaliação do desempenho de modelos numéricos na simulação de ondas ao longo de um canal de ondas”. In Proc. Congresso de Métodos Numéricos em Engenharia, CMNE2011, Coimbra, Portugal.
- Okamoto, T., Fortes, C.J.E.M., Basco, D.R., 2010. “Bore Propagation Speed at the Termination of Wave Breaking”. In Proc. of 32nd International Conference on Coastal Engineering, Shanghai, China.
- Neves, D.R.C.B., Endres, L., Fortes, C.J.E.M., Okamoto T., 2011. “Physical modelling of wave propagation and wave breaking in a wave channel”. In Proceedings of the 5th SCACR International Short Conference on Applied Coastal Research, Aachen, Germany.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste paper.