



**5^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária
Lisboa, 11 e 12 de Outubro de 2007**

AVALIAÇÕES DA AGITAÇÃO MARÍTIMA E DERIVA LITORAL JUNTO À COSTA PORTUGUESA

Eugen Rusu, Paula Pilar e C. Guedes Soares

Unidade de Engenharia e Tecnologia Naval, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Pavilhão Central, Av. Rovisco Pais, 1049-001 LISBOA, Portugal
eugen.rusu@mar.ist.utl.pt; pilar@mar.ist.utl.pt; guedess@mar.ist.utl.pt

RESUMO

O objectivo deste trabalho é de avaliar, por intermédio dos modelos numéricos, as ondas e as correntes da deriva litoral junto à costa de Portugal continental. A estratégia de cálculo implica o desenvolvimento de um sistema complexo com diversos níveis de resolução, e utilizando vários modelos, que permita a avaliação das ondas e das correntes induzidas pelas ondas nas áreas costeiras.

Para estimar a propagação das ondas em direcção à costa foi utilizado o modelo SWAN, quer com coordenadas cartesianas quer com esféricas. Foram aplicados dois sistemas diferentes em paralelo para calcular as correntes induzidas pelas ondas junto à costa e compararam-se os resultados fornecidos por eles. Estes são SHORECIRC, que consiste em duas partes: um modelo de agitação marítima REFDF, e um modelo de circulação quase 3D para a previsão das correntes induzidas pelas ondas nas zonas costeiras, e ISSM que utiliza os modelos SWAN como o forçador das ondas e SURF (1D) para estimar as correntes da deriva litoral.

Duas áreas de alta resolução foram consideradas para comparar os resultados fornecidos por estes dois sistemas. Um primeiro estudo mais alargado foi efectuado num sector litoral localizado a Sul da Figueira da Foz, enquanto um segundo estudo num outro sector a Norte de Pinheiro da Cruz. Em geral foi encontrada uma boa concordância entre os resultados dos modelos, significando que o modelo 1D, e implicitamente o sistema ISSM, podem ser aplicados com êxito ao longo da costa de Portugal Continental.

1. INTRODUÇÃO

A caracterização, em tempo útil, das condições de agitação marítima junto à costa, viu a sua importância acrescida nas últimas décadas, em engenharia costeira e em estudos ambientais. Os processos associados ao fenómeno da rebentação por efeito do fundo revestem-se de particular interesse em aplicações de engenharia costeira, uma vez que afectam as estruturas costeiras implementadas pelo Homem, bem como a morfologia das praias. Uma grande parte da energia das ondas é dissipada perto da costa, determinando a composição e a geometria das praias, e exercendo grande influência sobre as estruturas aí existentes. Recentemente foi feito um esforço significativo no desenvolvimento de modelos numéricos capazes de simular os fenómenos associados ao processo de rebentação. Eles são muito importantes no transporte de sedimentos junto à praia e, conseqüentemente, são um factor decisivo no controlo da morfologia da costa.

A finalidade do presente trabalho é o desenvolvimento duma metodologia para a avaliação das correntes da deriva litoral alternando os métodos baseados nos modelos 1D com métodos baseados nos modelos 3D. Os modelos paramétricos do tipo 1D podem abranger áreas extensas ao longo da costa e têm a vantagem da simplicidade quando comparados com a



implementação de simulações de alta resolução usando o modelo SHORECIRC para a avaliação da circulação costeira.

2. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

2.1 Propagação das ondas (SWAN)

A propagação das ondas é dada no SWAN, como em todos os modelos espectrais de terceira geração, pela equação de Hasselmann, WAMDI Group (1988):

$$\frac{DN}{Dt} = \frac{S}{\sigma}, \quad (1)$$

onde N representa a densidade de acção, definida como a energia espectral E dividida com a frequência relativa σ , e S a fonte total definida como um somatório entre as fontes, representando os processos da geração do vento, da dissipação, das interações não lineares em águas profundas (quadrupletos) e os processos em profundidade finita (a fricção com o fundo, a rebentação e as interações não lineares de tipo tríades):

$$S_{total} = S_{in} + S_{dis} + S_{nl} + \underbrace{S_{bf} + S_{br} + S_{tri} + \dots}_{\text{processos em águas poucos profundas}} \quad (2)$$

Em coordenadas cartesianas, a equação (1) torna-se:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} c_x N + \frac{\partial}{\partial y} c_y N + \frac{\partial}{\partial \sigma} c_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} c_\theta N = \frac{S}{\sigma} \quad (3)$$

sendo c_x , c_y , c_σ e c_θ as velocidades de propagação do espectro no espaço geográfico, das frequências e direccional, respectivamente. Para aplicações de grande escala a equação de Hasselmann é relacionada com as coordenadas esféricas definidas por longitude λ e latitude ϕ :

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} c_\phi N \cos \phi + \frac{\partial}{\partial \lambda} c_\lambda N + \frac{\partial}{\partial \sigma} c_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} c_\theta N = \frac{S}{\sigma}. \quad (4)$$

Os campos de vento utilizados nas simulações com o modelo SWAN foram fornecidos pelo projecto HIPOCAS "Hindcast of Dynamic Processes of the Ocean and Coastal Areas of Europe", desenvolvido no âmbito do Programa Europeu "Energy, Environment and Sustainable Development", GUEDES SOARES *et al.* (2002). Neste projecto foi efectuada uma análise de reconstituição junto às áreas costeiras Europeias para as condições de vento e de agitação marítima num período de 44 anos (o intervalo entre 1958 e 2001).

2.2 O sistema SHORECIRC

O modelo de circulação de alta resolução SHORECIRC (Svendsen *et al.*, 2002), é um modelo quase 3D e consiste em duas partes: um modelo de agitação marítima chamado 'the short wave driver' e um modelo para a previsão das correntes da deriva litoral, incluindo a influência da variação vertical das correntes (o fenómeno chamado 'lateral mixing').

A parte de agitação marítima é constituída pelo modelo REFDIF (variante REFDIF1), denominado 'the short wave driver', onde a propagação das ondas é modelada pela equação do declive suave. Esta equação foi introduzida inicialmente por BERCHOFF (1972). É uma equação diferencial de tipo elíptico deduzida para as ondas monocromáticas e tem a expressão:



$$\nabla^2 \hat{\eta} + \frac{\nabla(cc_g)}{cc_g} \nabla \hat{\eta} + k^2 \hat{\eta} = 0, \quad (5)$$

onde $\hat{\eta}(x, y)$ é a amplitude complexa das ondas, k o número da onda e c_g ($c_g = \partial\sigma/\partial k$) a velocidade de grupo. O primeiro e o terceiro termos exprimem o efeito da difracção, enquanto o segundo termo representa o efeito da refracção.

No SHORECIRC, a velocidade instantânea do fluido total é dividida em três componentes:

$$u_\alpha = u'_\alpha + u_{w\alpha} + V_\alpha \quad (6)$$

onde u'_α é a componente de velocidade turbulenta, $u_{w\alpha}$ é a componente devida à onda e V_α é a velocidade da corrente, que em geral varia ao longo da profundidade. O subscripto α denota a direcção horizontal dum sistema de coordenadas cartesianas. A profundidade local da água foi determinada através de:

$$h = h_o + \bar{\zeta}, \quad (7)$$

assim, $\bar{\zeta}$ representa a elevação da superfície média e h_o é a profundidade em repouso. Q_α representa o fluxo de volume definido por:

$$Q_\alpha = \int_{-h_o}^{\zeta} u_\alpha dz \quad (8)$$

O modelo tem uma solução analítica para a propagação horizontal das correntes e uma solução numérica para estimar as suas estruturas verticais e é por isso que SHORECIRC é considerado um modelo quase 3D e não um modelo 3D. As equações de movimento (as equações de conservação da quantidade de movimento no plano horizontal) e a aproximação polinomial que dá as variações da corrente na direcção vertical são apresentadas em detalhe em Svendsen *et al.* (2002). As equações do movimento são resolvidas tipicamente num domínio rectangular da região litoral. Os três tipos de condições de fronteira devem ser especificados: fronteira 'offshore', fronteiras 'cross-shore' e fronteiras costeiras. Nos cálculos assume-se que as ondas incidem através das fronteiras 'offshore' e 'cross-shore'. Os cálculos são efectuados no domínio do tempo e o passo de tempo é controlado, no modelo SHORECIRC, pelo número de Courant (Cr). Este parâmetro é definido por:

$$Cr = \sqrt{gh_m} \Delta t / \Delta x \quad (9)$$

onde h_m é a profundidade máxima do domínio computacional. Para os domínios considerados foi utilizado um número de Courant 0.1, ao qual corresponde um passo de tempo de 0.039s para uma resolução espacial de 5m segundo x.

Portanto, pode-se concluir que o sistema SHORECIRC requer um tempo de cálculo mais elevado, mas, por outro lado, permite uma avaliação mais precisa dos sistemas de correntes nas áreas costeiras.

2.3 O sistema ISSM

ISSM, acrónimo de 'Interface for Swan and Surf Models', (Rusu *et al.*, 2007), é um sistema de cálculo que pode ser utilizado com facilidade e foi desenvolvido para estimar a agitação marítima junto à costa e a deriva litoral. O sistema é composto por um MATLAB GUI em primeiro plano, que permite a integração entre os modelos SWAN para propagação das ondas e SURF (versão 3.2) para a estimação da deriva litoral. Esta nova ferramenta realiza primeiro uma implementação rápida do modelo SWAN numa área costeira específica seguida duma avaliação compreensiva dos resultados de agitação marítima fornecidos pelo modelo. Os perfis em direcção à costa e outros parâmetros de entrada do modelo SURF podem ser definidos graficamente directamente na janela de saída do modelo SWAN iniciando corridas do modelo



5^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Lisboa, 11 e 12 de Outubro de 2007

SURF ao longo de qualquer perfil escolhido operacionalmente no domínio de cálculo. Deste modo, as correntes de deriva litoral podem ser estimadas em várias localizações.

O modelo SURF (Mettlach *et al.*, 2002), é a componente de circulação do sistema ISSM. Este é um modelo paramétrico 1D, o qual permite a estimação das correntes longitudinais induzidas pelas ondas junto à costa, resolvendo a seguinte equação para a corrente longitudinal:

$$\tau_y^r + \rho \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu h \frac{\partial V}{\partial x} \right] - \langle \tau_y^b \rangle + \tau_y^w = 0. \quad (10)$$

O primeiro termo nesta equação, τ_y^r representa o esforço de radiação na direcção ao longo da costa devido às ondas incidentes, o segundo termo representa a mistura horizontal devida aos gradientes em direcção à costa na velocidade da corrente de deriva litoral V , o terceiro termo τ_y^b , é o esforço devido à fricção com o fundo e finalmente τ_y^w , representa o esforço induzido pelo vento. O modelo tem incluída também uma relação paramétrica para o crescimento das ondas em direcção à costa e a dissipação das ondas devida à rebentação. Como o modelo SURF é um modelo 1D, foram consideradas algumas simplificações. Em particular, as linhas da batimetria são consideradas quase direitas e paralelas, as correntes uniformes em profundidade e o espectro estreito em direcções e frequências. O modelo SURF é considerado em geral aplicável nas zonas costeiras abertas onde o paradigma 1D é válido.

3. PRIMEIRO CASO DE ESTUDO – ÁREA DA FIGUEIRA DA FOZ

Um primeiro estudo foi realizado na área da Figueira da Foz. Neste caso, para o forçamento das ondas, foram considerados dados provenientes duma bóia direccionada localizada ao largo da zona considerada. O esquema utilizado para modelar a propagação das ondas em direcção à costa está descrito na Figura 1a, enquanto as características das malhas são dadas na Tabela 1. Consideram-se duas áreas sucessivas do modelo SWAN (utilizando as duas coordenadas cartesianas). As saídas da segunda área ao longo duma linha aproximadamente paralela com a linha da costa foram utilizadas para forçamento dos sistemas SHORECIRC e ISSM, respectivamente.

Tabela 1 – Área da Figueira da Foz, as malhas e os parâmetros numéricos dos cálculos.

Modelo/ Coordenadas	Malhas	$\Delta x \times \Delta y$ (m)	Δt (s)	nf	n θ	ngx \times ngy = np
SWAN/ Cartesianas	Grande	350 \times 300	1800	30	36	101 \times 101 = 10201
SWAN/ Cartesianas	Média	100 \times 200	1800	30	36	121 \times 101 = 12221
SHORECIRC/ Cartesianas	Pequenas 4 áreas	5 \times 10	1800	1	1	181 \times 141 = 25521
ISSM/ Cartesianas	Pequena	10 \times 20	2400	30	36	91 \times 71 = 6461

As simulações com o sistema SHORECIRC foram efectuadas em quatro áreas sucessivas ao longo da costa (Figura 1a), a partir do dia 2003/10/06 até 2003/10/08. Na altura, validações no campo foram também realizadas (Silva *et al.*, 2004, Rusu & Ventura Soares, 2005). Um exemplo está ilustrado na Figura 1b para a área A2. Nesta figura apresentam-se em paralelo, na parte esquerda, resultados do sistema SHORECIRC (vectores da onda, a linha de rebentação e as correntes da deriva litoral, tendo no fundo a batimetria) e, na parte direita, numa fotografia tirada dum avião para exactamente a mesma altura (2003/10/07/H_11.42) a linha de rebentação e as correntes de deriva litoral que resultaram das medições. Encontrou-se uma concordância muito boa entre os resultados do modelo SHORECIRC e as medições (Rusu *et al.*, 2004).

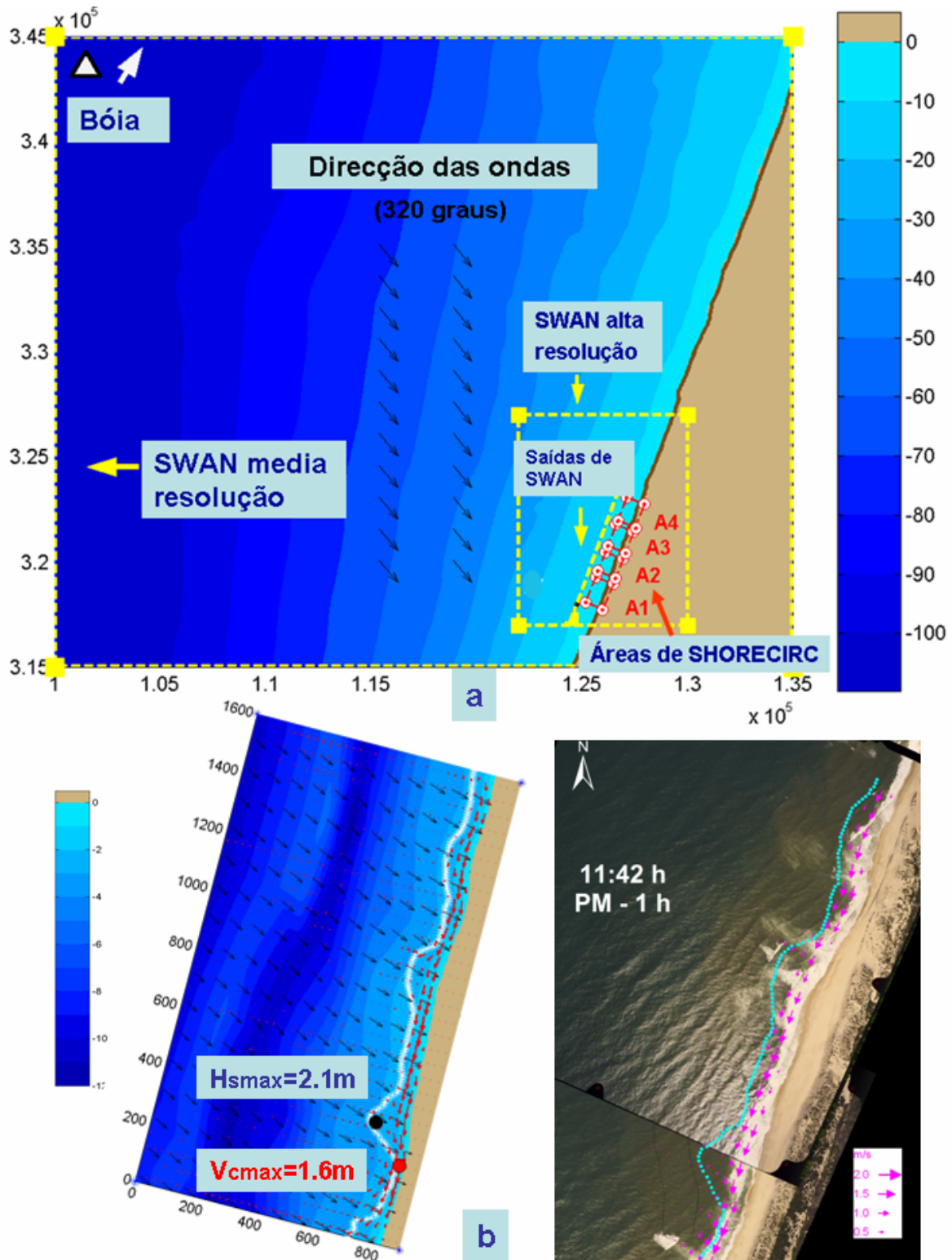


Figura 1 – Área da Figueira da Foz. a) Descrição do esquema utilizado para modelar a propagação das ondas utilizando dados fornecidos por uma bóia ondógrafo localizada offshore; b) resultados do modelo SHORECIRC (vectors da onda, a linha de rebentação e as correntes da deriva litoral), para A2 (na parte esquerda), e validação no campo para a corrente de deriva litoral e linha da rebentação (na parte direita), 2003/10/07/H_11.42, preia-mar.

A configuração batimétrica junto à costa para a área de alta resolução é apresentada na Figura 2, onde pode ver-se também uma barra quase paralela com a linha da costa mesmo antes da zona de rebentação que, por vezes, devido à variação do nível da maré fica mesmo dentro da zona de rebentação.

Simulações com o sistema ISSM foram efectuadas para as quatro áreas de alta resolução no período considerado (2003/10/06 a 2003/10/08) e os resultados foram comparados com os resultados fornecidos pelo sistema SHORECIRC. Alternativamente foi testada também uma única área de alta resolução, em vez de quatro, mas finalmente foi escolhida a variante com quatro áreas diferentes devido às computações do SHORECIRC serem mais estáveis em áreas mais pequenas e também, neste caso, poderem ser efectuadas computações em paralelo, o que diminui consideravelmente o tempo de cálculo. Na Figura 3 apresentam-se os resultados destas comparações para a área A2, para duas situações diferentes. A parte esquerda da figura corresponde a uma situação de nível médio da maré (2003/10/07/H_9.42) enquanto a parte direita corresponde a uma situação de preia-mar. No lado superior desta figura são apresentados os resultados globais do sistema SHORECIRC para a mesma situação espaço temporal considerada. Isto é, os vectores da onda, a linha de rebentação e as correntes da deriva litoral tendo no fundo a batimetria. Três linhas de referência em direcção à costa foram representadas e comparações entre os resultados das variações das correntes de deriva litoral ao longo destas linhas são ilustradas na parte inferior da mesma figura.

A Figura 4 apresenta, para os mesmos dois casos considerados na Figura 3, variações da corrente de deriva litoral segundo duas linhas de referência suplementares. As linhas notadas como 4a e 4b, respectivamente, são definidas nos locais do domínio computacional onde a velocidade da corrente tem valor máximo, enquanto as linhas notadas 5a e 5b, respectivamente, correspondem aos locais do domínio computacional onde a altura significativa tem valor máximo.

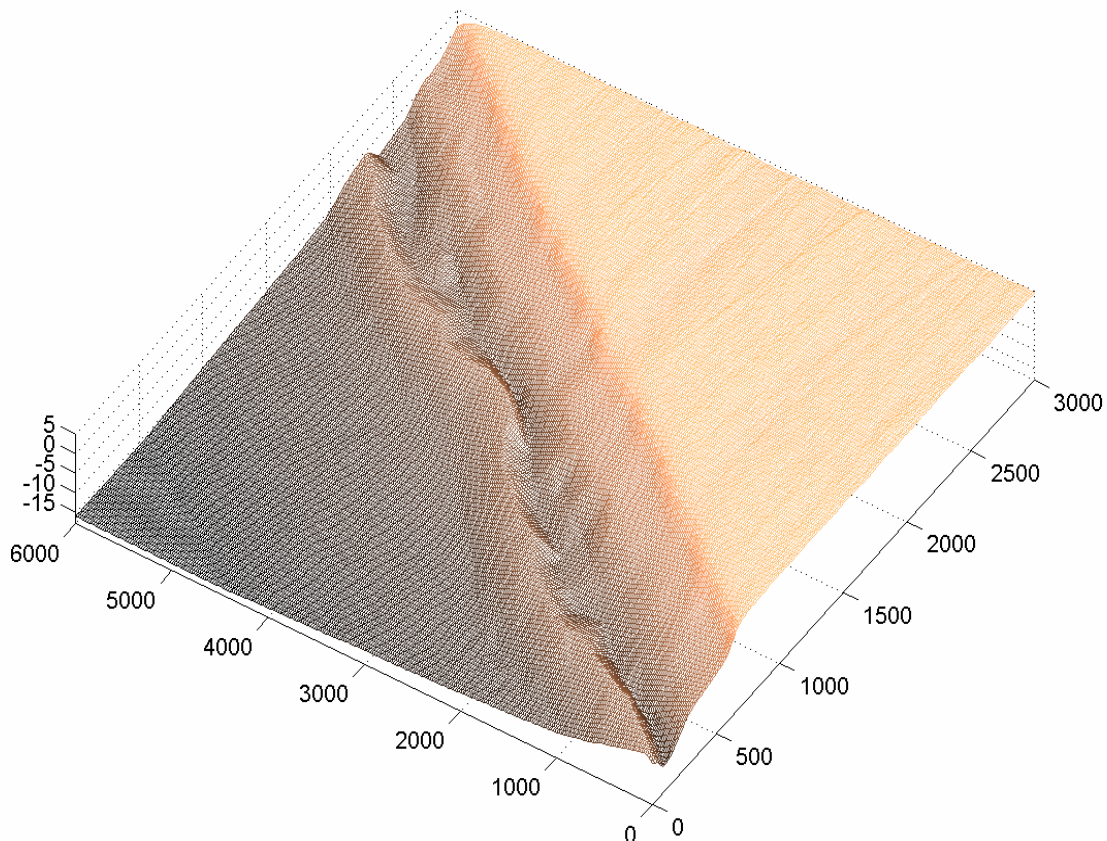


Figura 2 - Área da Figueira da Foz. A configuração batimétrica junto à costa para a área de alta resolução

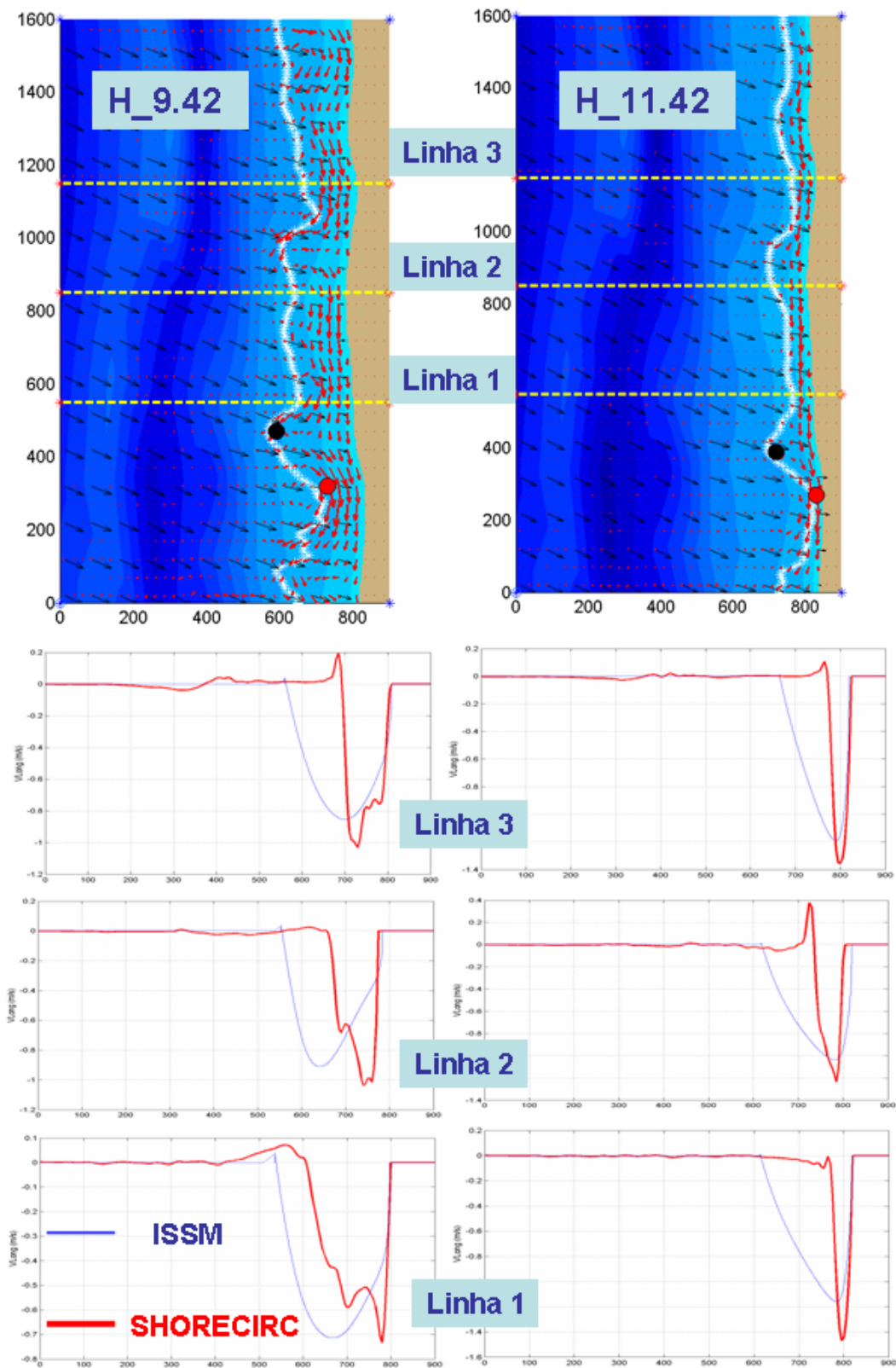


Figura 3 – Área da Figueira da Foz, (A2). Comparações entre as velocidades de deriva lateral fornecidas ao longo das três linhas de referência dos dois sistemas SHORECIRC (representadas com linha vermelha) e ISSM (representadas com linha azul). Na parte esquerda os resultados para 2003/10/07/H_9.42 nível médio da maré, enquanto na parte direita os resultados para 2003/10/07/H_11.42 preia-mar.

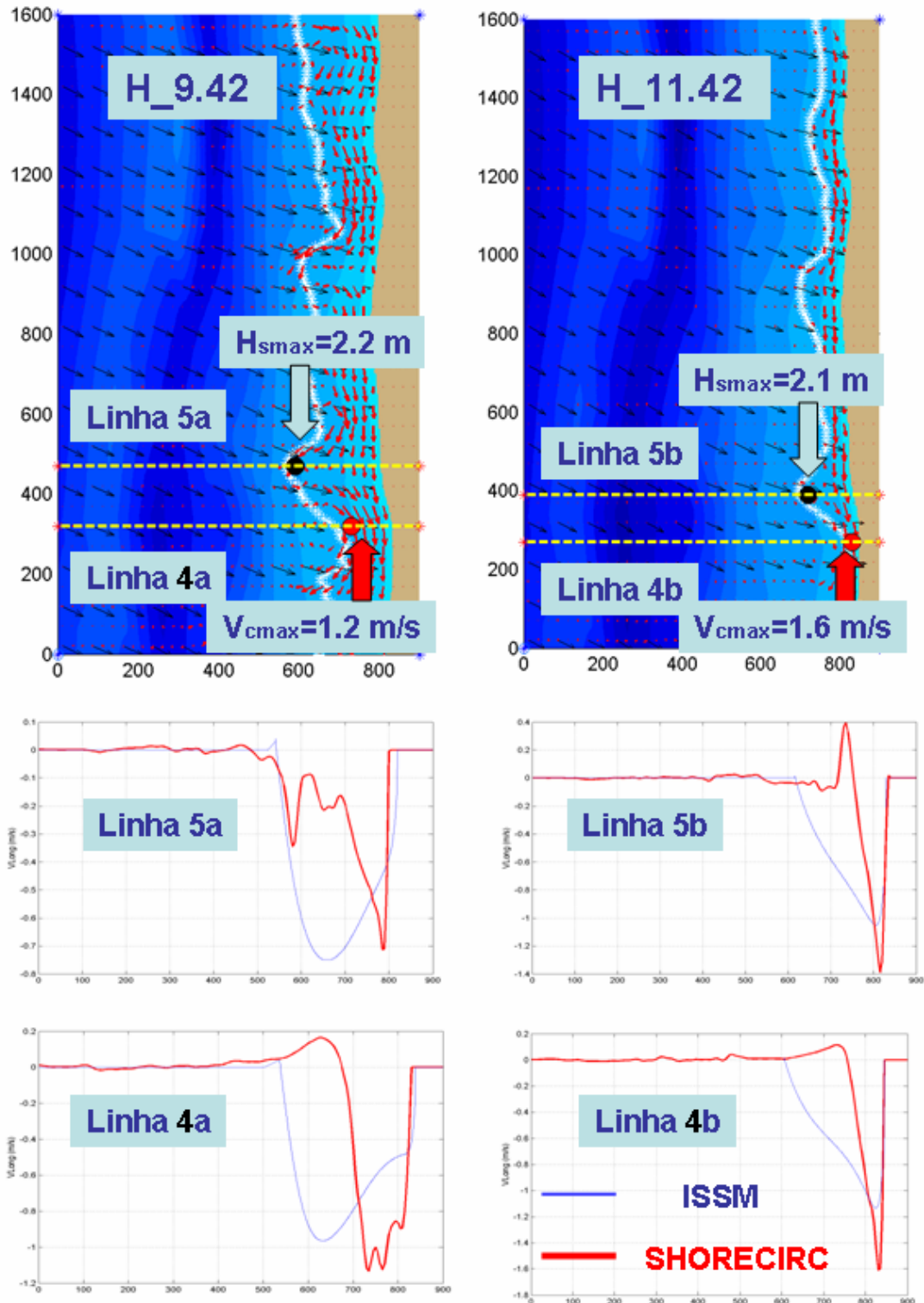


Figura 4 – Área da Figueira da Foz, (A2). Comparações entre as velocidades de deriva litoral fornecidas ao longo das linhas de referência que correspondem à corrente máxima (Linhas 4a e 4b) e altura significativa máxima no domínio considerado (Linhas 5a e 5b), dos dois sistemas SHORECIRC (representadas com linha vermelha) e ISSM (representada com linha azul). Na parte esquerda os resultados para 2003/10/07/H_9.42 nível médio da maré, enquanto na parte direita os resultados para 2003/10/07/H_11.42 preia-mar.



4. SEGUNDO CASO DE ESTUDO – ÁREA DE PINHEIRO DA CRUZ

Um segundo estudo sobre os resultados fornecidos pelos sistemas SHORECIRC e ISSM foi efectuado num outro domínio de alta resolução localizado perto da área de Pinheiro da Cruz. Para esta situação a metodologia adoptada para fornecer as condições de agitação marítima consiste em utilizar os resultados obtidos pelo modelo WAM em águas profundas relativamente perto da costa como condições de fronteira para o modelo SWAN, o qual é aplicado para a determinação de condições junto à costa. O esquema utilizado para modelar a propagação das ondas em direcção à costa está descrito na Figura, 5a enquanto as características das malhas são dadas na Tabela 2. Três áreas sucessivas do modelo SWAN foram consideradas e as saídas da terceira área foram utilizadas neste caso para forçamento dos dois sistemas. Na Figura 5 apresentam-se também os campos da altura significativa e os vectores das ondas, correspondendo numa das situações consideradas, respectivamente 2003/03/10/H_15.37, seguindo deste modo a progressão da resolução do sistema de previsão da agitação marítima.

Tabela 2 – As malhas e os parâmetros numéricos dos cálculos para o segundo teste (área de Pinheiro da Cruz)

Modelo/ Coordenadas	Malhas	$\Delta x \times \Delta y$ (°/m)	Δt (s)	nf	n θ	ngx \times ngy = np
SWAN/ Esféricas	Global	0.05° \times 0.05°	1200	30	36	81 \times 121 = 9801
SWAN/ Esféricas	Regional	0.02° \times 0.02°	1200	30	36	63 \times 76 = 4788
SWAN/ Esféricas	Local	0.001° \times 0.0025°	2400	30	36	91 \times 76 = 7371
SHORECIRC/ Cartesianas	Pequena	5 \times 10	2400	1	1	121 \times 191 = 23111
ISSM/ Cartesianas	Pequena	10 \times 20	2400	30	36	61 \times 96 = 5856

Efectuaram-se simulações com os dois sistemas considerados (SHORECIRC e ISSM) para o dia 2003/03/10 utilizando um passo temporal de uma hora. Tal como no caso anterior, o nível da maré foi devidamente considerado. Duas situações diferentes são apresentadas nas Figuras 6 e 7. No lado esquerdo da Figura 6 apresentam-se os resultados globais do sistema SHORECIRC para a situação temporal 2003/03/10_H15.37. Os vectores da onda, a linha de rebentação e as correntes da deriva litoral são representados tendo como fundo a batimetria. Três linhas de referência em direcção à costa foram também consideradas e as comparações entre os resultados das variações das correntes de deriva litoral ao longo destas linhas são ilustrados no lado direito da mesma figura. A Figura 7 apresenta a situação temporal seguinte (2003/03/10_H16.37). Enquanto o nível de maré desce o nível da agitação marítima intensifica-se. As mesmas linhas de referência foram consideradas para estudar as variações das correntes de deriva litoral em direcção à costa como resulta das simulações efectuadas com os dois sistemas comparados. Os valores máximos da altura significativas e das correntes de deriva litoral, bem como as suas localizações espaciais nos domínios de cálculo considerados, são ilustrados também nas Figuras 6 e 7. A linha dois nas Figuras 6 e 7 está localizada muito perto do ponto onde se encontra a velocidade máxima no domínio computacional considerado e é, por isso, que neste segundo caso não foram divulgados resultados suplementares como foram no caso de estudo anterior.

Enquanto no caso anterior as corridas do modelo SHORECIRC foram efectuadas utilizando principalmente o 'cold start' (o campo inicial de velocidades é zero), o que significa um tempo de cálculo aumentado, neste segundo caso foi utilizado o 'hot start' (os dados para os três primeiros passos de tempo são gerados por uma corrida anterior do modelo) quando a situação de regime é encontrada após um número de passos de tempo relativamente curto. Alguns comentários sobre os resultados fornecidos pelos dois modelos vão ser apresentados na próxima secção deste trabalho.

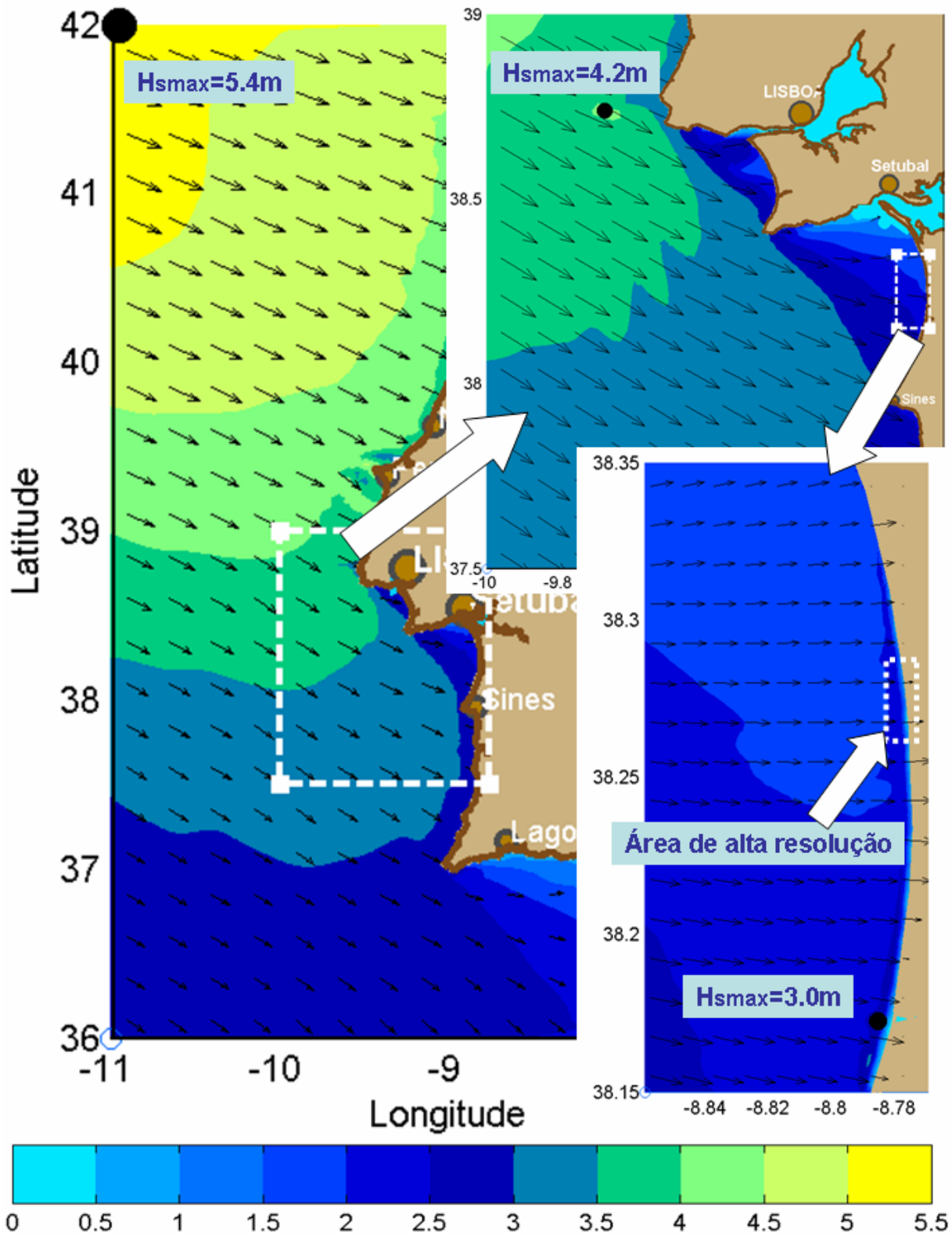


Figura 5 – Área de Pinheiro da Cruz. Descrição do esquema utilizado para modelar a propagação das ondas utilizando forçamento oceânico. Campos de altura significativa e vectores das ondas, 2003/03/10/H_15.37.

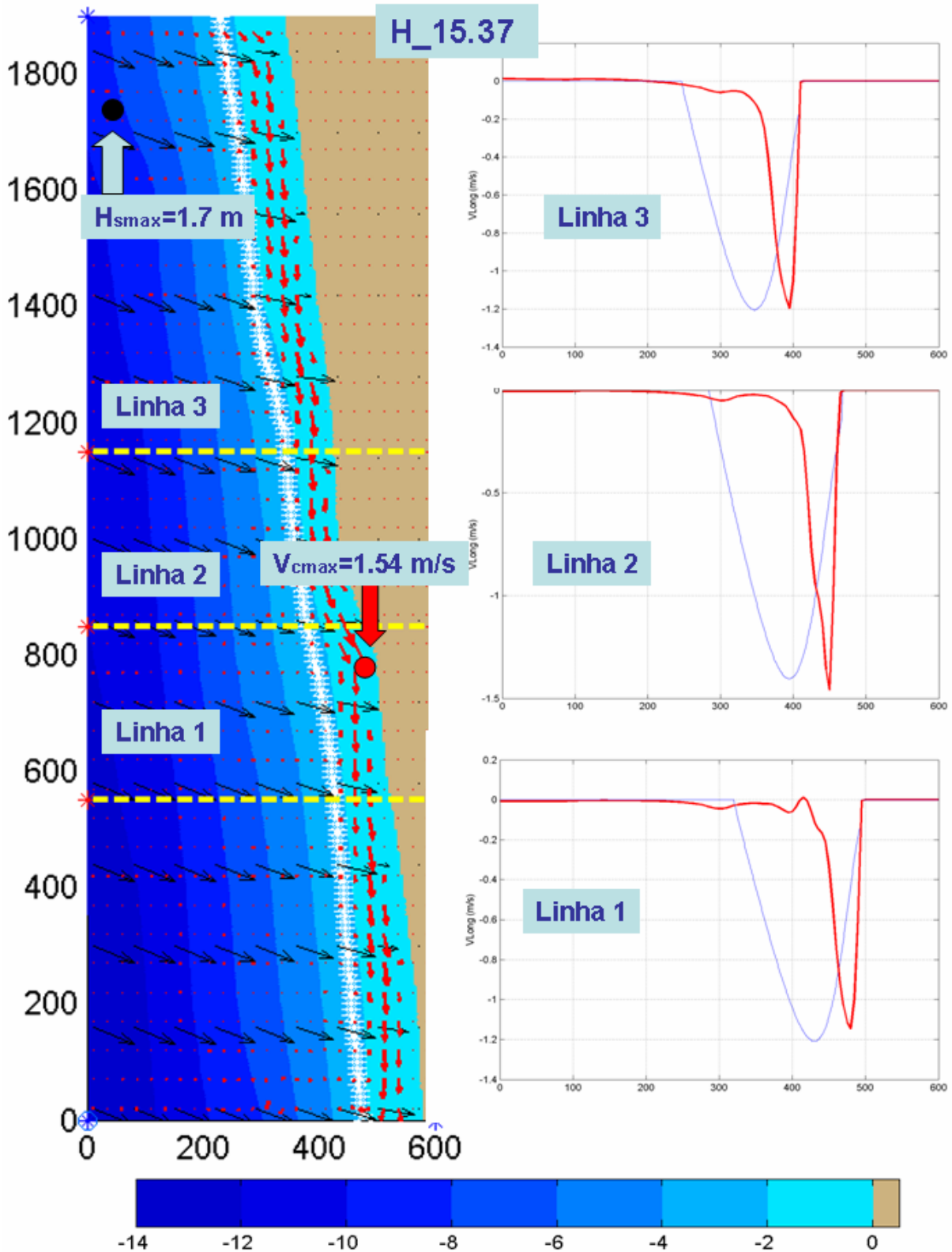


Figura 6 – Área de Pinheiro da Cruz. Comparações entre as velocidades de deriva litoral fornecidas ao longo das três linhas de referência dos dois sistemas SHORECIRC (representadas com linha vermelha) e ISSM (representadas com linha azul) para 2003/03/10/H_15.37.

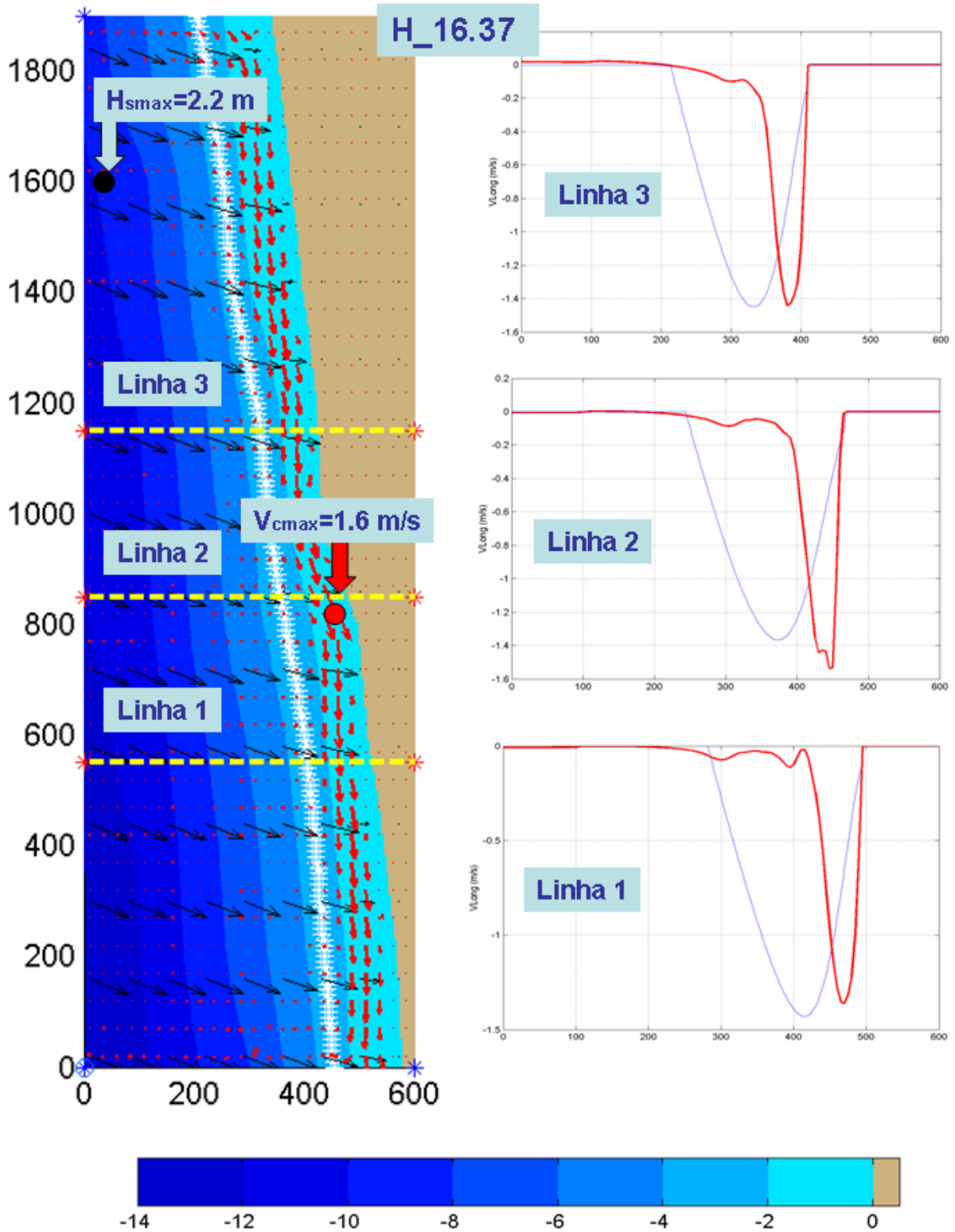


Figura 7 – Área de Pinheiro da Cruz. Comparações entre as velocidades de deriva litoral fornecidas ao longo das três linhas de referência dos dois sistemas SHORECIRC (representadas com linha vermelha) e ISSM (representadas com linha azul) para 2003/03/10/H_16.37.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram comparados dois sistemas utilizados para a avaliação das correntes de deriva litoral. Enquanto o sistema SHORECIRC trabalha no domínio do tempo e precisa de um tempo de cálculo muito elevado, apresentando por vezes também alguma instabilidade numérica, o sistema ISSM pode ser implementado e aplicado com grande velocidade. Duas áreas, na proximidade da Figueira da Foz e de Pinheiro da Cruz, respectivamente, com características bastantes diferentes foram consideradas como alvos principal deste estudo. Embora tenha sido considerado o mesmo modelo em média de fase SWAN para modelar a propagação das ondas em direcção á costa, os esquemas utilizados são bastante diferentes, pois no primeiro caso foram utilizados dados de bóia enquanto no segundo um modelo de geração (WAM).

Os resultados das comparações nas duas áreas mostram uma correlação muito boa entre os dois sistemas em relação com os valores máximos da velocidade de deriva litoral encontrados ao longo dum perfil. No entanto, os pontos onde estes valores máximos se encontram estão sistematicamente um pouco deslocados em direcção à costa quando se utiliza o sistema SHORECIRC. A excepção desta regra encontra-se na parte direita das Figuras 3 e 4 que correspondem à área da Figueira da Foz para uma situação de preia-mar, 2003/10/07/H_11.42. Neste caso, a correspondência é boa, não só em relação ao valor máximo da velocidade de deriva litoral, mas correspondem também as localizações indicadas pelos dois sistemas para esses valores máximos.

Embora a largura da zona de rebentação seja também estimada quase igual pelos dois sistemas, uma diferença notável entre os dois modelos é relacionada com o crescimento inicial da velocidade da corrente da deriva litoral. Portanto, o sistema ISSM apresenta um crescimento habitualmente mais rápido, pois a curva de variação da velocidade de deriva litoral tem na grande maioria dos casos uma forma parabólica, enquanto nos resultados do sistema SHORECIRC primeiro existe habitualmente um crescimento muito lento seguido depois dum crescimento também rápido.

Finalmente, pode concluir-se que o sistema ISSM pode ser aplicado operacionalmente para estimar a deriva litoral nas áreas estendidas ao longo da costa de Portugal continental, especialmente nas áreas de costa aberta. Nas zonas costeiras consideradas não tradicionais, onde o paradigma 1D não é habitualmente válido, a aplicação deste sistema pode ser problemática e deverá ser considerada em função do caso analisado. Como já foi sublinhado, a grande vantagem do sistema ISSM é a simplicidade e a velocidade, o que permite fazer uma estimação rápida da corrente de deriva litoral. No entanto, é preciso também salientar que o sistema SHORECIRC pode fornecer informações muito mais completas em relação à circulação costeira. Estas alcançam não só as correntes transversais de tipo 'rip currents', mas também a variação na direcção vertical das correntes, o que pode ter um efeito às vezes importante, mesmo sobre essas correntes transversais devido ao efeito de 'undertow'. Um outro aspecto, o qual só um modelo mais complexo (como o SHORECIRC) pode considerar, refere-se às interações ondas correntes junto à costa, quando as ondas geram as correntes, que, por outro lado, influenciam mesmo as ondas que geraram essas correntes.

6. RECONHECIMENTO

O presente estudo utilizou resultados produzidos no projecto *Hindcast of Dynamic Processes of the Ocean and Coastal Areas of Europe* (HIPOCAS – www.mar.ist.utl.pt/hipocas), que foi parcialmente financiado pela União Europeia, através do programa *Environment and Sustainable Development* (EVK2-1999-00248).

O primeiro autor foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia através de uma bolsa de investigação científica com a referência SFRH/BPD/1610/2000.

7. REFERÊNCIAS

Berkhoff, J .C. W, 1972, Computation of combined refraction-diffraction. *Proc. 13th Int. Conf. Coastal Engineering*, ASCE, pp. 471-490.



**5^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária
Lisboa, 11 e 12 de Outubro de 2007**

- Booij, N., Ris, R. C. e Holthuijsen, L.H., 1999, A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation, *J.Geoph.Research* C4, 104, pp. 7649-7666.
- Guedes Soares, C., Weisse, R., Carretero, J. C. e Alvarez, E., 2002, A 40 years Hindcast of Wind, Sea Level and Waves in European Waters, *Proceedings of the 21st International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, ASME, Paper OMAE2002-SR8604.
- Kirby, J. T. e Dalrymple, R. A., 1994, Combined Refraction/Diffraction Model - REF/DIF version 2.5, Documentation and User's Manual. Centre for Applied Coastal Research, University of Delaware, Newark, DE 19716 CACR Report No. 94-22, 171p.
- Mettlach, T. R., Earle, M. D. e Hsu, Y. L., 2002, Software Design Document for the Navy Standard Surf Model, Version 3.2, Naval Research Laboratory, Stennis Space Center, Mississippi, 187p.
- Rusu, E., Jorge da Silva, A., Ventura Soares, C., Silva, R., Gomes, F. e Sancho, F., 2004, Assessments of the Wave Induced Circulation in the Portuguese Nearshore, poster presentation, Section Operational Oceanography, The 1st EGU General Assembly, Nice, France. <http://www.cosis.net/abstracts/EGU04/03882/EGU04-J-03882.pdf>
- Rusu, E e Ventura Soares, C., 2005, Post Prestige Developments for the Wave Modeling Techniques in the Coastal Environment of Portugal, Fifth International Symposium WAVES 2005, 3rd – 7th July 2005, Madrid, Spain, Paper number 169, CD edition, 10p.
- Rusu, E., Conley, D.C. e Coelho, E.F., 2007: A Hybrid Framework for Predicting Waves and Longshore Currents, *Journal of Marine Systems*, accepted August 2006, 'article in press'
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2007.02.009>
- Silva, R., Jorge da Silva, A., Rusu, E., Oliveira, F., Lorangeiro, S. e Taborda R., 2004, Evaluation of the Longshore Current for a Sector of the Portuguese West Coast: Application of Different Methodologies, presented at the 29th International Conference on Coastal Engineering, ICCE2004, Lisbon, 19-24 September, published in *Coastal Engineering*, Vol. II, pp. 1455-1467.
- Svendsen I. A., Haas, K. e Zhao, Q., 2002, Quasi-3D Nearshore Circulation Model SHORECIRC, version 2.0, Center for Applied Coastal Research, University of Delaware, Newark, DE 19716 U.S.A.
- WAMDI Group, 1988, The WAM model – a third generation ocean wave prediction model, *J. Phys. Oceanogr.*, **18**, pp. 1775-1810.