

## MORSYS2D: UM SISTEMA OPERACIONAL DE MODELAÇÃO MORFODINÂMICA PARCIALMENTE PARALELIZADO PARA ZONAS COSTEIRAS

Nicolas Bruneau<sup>1</sup>, Alberto Azevedo<sup>1</sup>, Mário Costa<sup>2</sup>, Anabela Oliveira<sup>1</sup>, André B. Fortunato<sup>1</sup>, Xavier Bertin<sup>3</sup>, Alphonse Nahon<sup>1</sup> e Martha Guerreiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Hidráulica e Ambiente, LNEC, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal. [nbruneau@lneec.pt](mailto:nbruneau@lneec.pt).

<sup>2</sup> Centro de Tecnologias da Informação, LNEC, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal.

<sup>3</sup> Institut du Littoral et de l'Environnement (LIENSS, UMR 6250), Université de La Rochelle, 2 rue Olympe de Gouges, 17 000 La Rochelle, France.

### 1. Introdução

Existem na costa Portuguesa muitas embocaduras complexas e de características contrastantes com elevada relevância económica e ambiental. Devido à forte dinâmica dessas embocaduras, associada a um clima de agitação severo e a uma maré mesotidal, a previsão da sua evolução (a migração, o alargamento e o assoreamento) constitui uma tarefa difícil, que requer a combinação de um modelo eficiente e preciso, com a análise de dados. Além disso, a necessidade de usar malhas finas para reproduzir os diferentes processos físicos conduz a tempos de computação importantes, constituindo uma forte limitação em estudos à escala anual ou superior. Assim, apresenta-se um sistema de modelação numérico parcialmente paralelizado e a análise do seu desempenho.

### 2. Descrição do sistema parcialmente paralelizado MORSYS2D

Há cerca de uma década, o LNEC iniciou o desenvolvimento do sistema MORSYS2D. Este sistema permite ter em conta os efeitos das ondas e da maré na morfodinâmica costeira (Fortunato e Oliveira, 2004; Bertin et al. 2009a,b). A Figura 1 apresenta um esquema global do sistema de modelação MORSYS2D com os diferentes intercâmbios entre os módulos. A propagação das ondas é calculada com o modelo espectral SWAN (Booij et al, 1999) e a circulação costeira com um dos modelos hidrodinâmicos seguintes: 1) ELCIRC 2D (Zhang et al, 2004) ou 2) ADCIRC 2D ([www.adcirc.org](http://www.adcirc.org)). Finalmente, o SAND2D (Fortunato e Oliveira, 2004) calcula os fluxos de sedimentos transportados e a evolução do fundo. As condições de fronteiras são obtidas a partir dos modelos regionais de ondas WW3 e de maré ADCIRC aplicados ao litoral português (Dodet et al., 2010 e Fortunato et al., 2002).

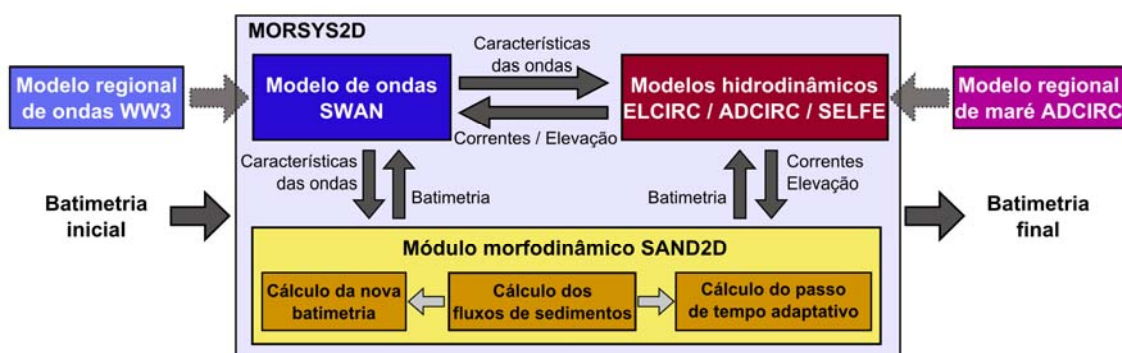


Fig. 1. Esquema global do sistema MORSYS2D com os diferentes modelos envolvidos

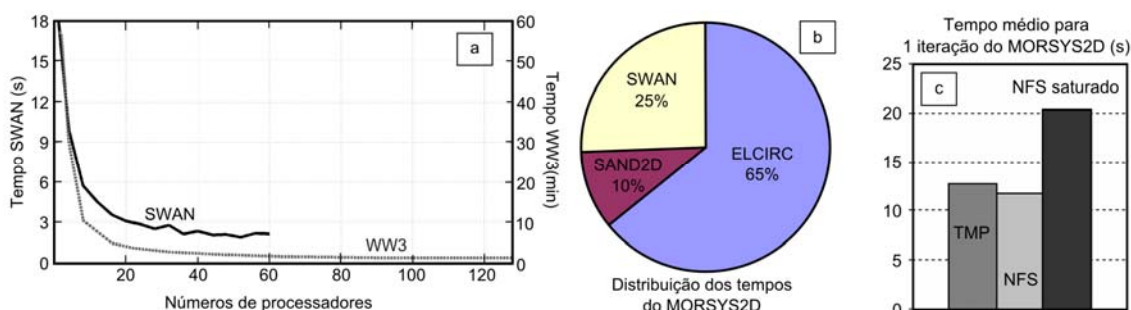
### 3. Desenvolvimento do sistema parcialmente paralelo

O custo computacional dum tal sistema é muito significativo devido à utilização de malhas de elevada resolução, à necessidade de interpolações entre malhas diferentes, à transferência dos dados entre modelos, e à necessidade de simular períodos longos. De forma a permitir efectuar simulações de longo prazo e avaliar o impacto das alterações climáticas sobre a evolução morfológica de lagunas e estuários, o

o sistema está a migrar para uma plataforma paralela para reduzir os tempos de computação (Bruneau et al., 2010; Costa et al., 2010). Diferentes pontos estão a ser investigados : 1) a melhoria das subrotinas de interpolação entre os modelos, 2) a re-escrita dos scripts C-SHELL em linguagem PERL, 3) a transição para a versão paralela do SWAN, 4) a transição para versões paralelas do ADCIRC e futuramente do SELFE 2D (Zhang e Baptista, 2008), 5) a implementação do SAND2D em paralelo, 6) o armazenamento dos dados em binário e 7) a gestão da memória interna RAM e dos discos rígidos locais para a troca de informação temporária entre módulos.

#### 4. Desempenho do sistema e conclusões

A Figura 2 ilustra alguns resultados do desempenho do sistema. As versões paralelas dos modelos de ondas (Fig. 2a) mostram uma redução significativa dos tempos de cálculo (entre 5 e 20). Nesta configuração, a distribuição dos custos computacionais de cada modelo (Fig. 2b) mostra a importância do modelo hidrodinâmico (> 65% do tempo) e a necessidade de migrar para modelos paralelos (ADCIRC ou SELFE, que mostram bons desempenhos em paralelo). Finalmente, quando o cluster está saturado, o uso da memória interna RAM permite reduzir em 1/3 os tempos globais de computação do sistema (Fig. 2c). No mesmo caso (cluster saturado), os tempos tem uma redução de 5% com os scripts em PERL.



**Fig. 2. a) Desempenho dos modelos de propagação das ondas, b) repartição dos tempos de computação no MORSYS2D e c) comparação do desempenho de armazenamento no cluster**

No seu conjunto, as várias alterações introduzidas permitem melhorar significativamente o desempenho geral do sistema MORSYS2D, possibilitando a investigação de evoluções morfológicas de médio prazo e dos impactos das acções humanas e das alterações climáticas.

#### 5. Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, programa operacional “Ciência, Tecnologia, Inovação” e FEDER, projecto G-Cast (GRID/GRI/81733/2006).

#### 6. Referências Bibliográficas

- Bertin, X., Oliveira, A. e Fortunato, A.B. 2009a. Simulating morphodynamics with unstructured grids: description and validation of a modeling system for coastal applications, *Ocean Modelling*, 28/1-3: 75-87.
- Bertin, X., Fortunato, A.B. e Oliveira, A. 2009b. A modeling-based analysis of processes driving wave-dominated inlets, *Continental Shelf Research*, 29/5-6: 819-834.
- Booij, N., Ris, R.C. e Holthuijsen, L.H. 1999, “A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation”, *Journal of Geophysical Research*, C4, 104, 7649-7666.
- Bruneau, N., Fortunato, A.B., Oliveira, A., Bertin, X., Costa, M. e Dodet, G. 2010. Towards long-term simulations of tidal inlets: performance analysis and application of a partially parallelized morphodynamic modeling system, *Computational Methods in Water Resources XVIII*, em impressão.
- Costa, M., Bruneau, N., Oliveira, A. e Fortunato, A.B. 2010. Optimizing I/O in a morphodynamic model, *Ibergrid 2010*, Proença et al (eds), 485-488.
- Dodet G., Bertin, X. e Taborda, R. 2010. “Wave climate variability in the North-East Atlantic Ocean over the last six decades”, *Ocean Modelling*, 31 (3-4), 120-131.
- Fortunato, A.B. e Oliveira, A. (2004). A modeling system for tidally driven long-term morphodynamics, *J. Hydraulic Research*, 42/4: 426-434.
- Fortunato, A.B., Pinto, L., Oliveira, A. e Ferreira, J.S. 2002. “Tidally generated shelf waves off the western Iberian coast”, *Continental Shelf Research*, 22 (14), 1935-1950.



## Morfodinâmica estuarina e Costeira

Lisboa, LNEC, 3-4 de Fevereiro de 2011

- Zhang, Y.L. e Baptista, A.M. 2008. "SELFE: A semi-implicit Eulerian-Lagrangian finite-element model for cross-scale ocean circulation", *Ocean Modelling*, 21, 71-96.
- Zhang, Y.L., Baptista, A.M. e Myers, E.P. 2004. "A cross-scale model for 3D baroclinic circulation in estuary-plume-shelf systems: I. Formulation and skill assessment", *Continental Shelf Research*, 24 (18), 2187-221.