

O NÍVEL DO MAR – HISTORIA E PERSPETIVAS DE INVESTIGAÇÃO

Tomasz Boski¹

RESUMO

Apresenta-se no presente capítulo uma breve retrospectiva dos conceitos relacionados com o nível do mar, desde a antiguidade até à definição moderna dos termos mais comuns. São caracterizadas as principais ferramentas instrumentais remotas e *in situ* e os métodos de interpretação dos dados proxy, utilizados para a observação e a reconstrução do nível do mar, do ponto de vista da técnica aplicada, da abrangência temporal e da qualidade dos resultados obtidos. Os dados regionais obtidos em investigação realizada durante a última década pelos participantes da Rede BRASPOR, são confrontados com os resultados publicados em revistas internacionais da especialidade. Como conclusão apresentam-se sugestões para as linhas dos trabalhos futuros que devem contribuir para a gestão dum fenómeno cujas causas já são, em parte, atribuídas às atividades antrópicas e as consequências de enorme significância sócio-económica.

Palavras chave: nível do mar, escalas de tempo, detecção remota, dados geológicos

ABSTRACT

We present in this chapter a brief retrospective of the concepts related to the level of the sea, from antiquity to the modern definition of the most common terms. The key observational tools both remote and in

situ and methods of interpretation of proxy data, used for the reconstruction of sea level are discussed. This characterization is made from the standpoint of the technique applied, the temporal scope and quality of results. Regional data obtained from research conducted during the last decade by Braspur Network participants are confronted with the results published in international journals. In conclusion we present suggestions for future lines of work that should contribute to the management of a phenomenon whose causes are already partly attributed to human activities and the consequences are of enormous socio-economic significance.

Keywords: sea level, time scales, remote sensing, geological data

INTRODUÇÃO

O grosso do volume da água presente no nosso globo está dividido entre dois reservatórios interligados: oceânico e criosférico. Consequentemente, o nível do mar que intuitivamente entendemos como a elevação do espelho de água oceânica em relação a algum ponto de referência fixo, geralmente no litoral, vai depender fundamentalmente de 3 fatores complexos e igualmente interligados: i) forma geométrica do reservatório oceânico ii) movimentos do ponto de referência iii) volume de água contido em cada reservatório. Assim, numa determinada localidade costeira, em virtude do grande número de processos associados à cada um

1. CIMA - Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, 8005-139 Faro, Portugal

dos fatores, o nível do mar pode variar num vasto espectro de escalas temporais, isto é, de 1 a 10^{15} sec. Os múltiplos processos que se agrupam como os 3 fatores acima referidos estão frequentemente sobrepostos temporal e espacialmente, tornando o seu estudo bastante complicado, sobretudo quando se pretende obter dados quantitativos sobre as taxas da subida ou descida do nível médio do mar (NMM). É de notar que o crescente interesse público pelas alterações climáticas e ambientais a nível global, nacional e regional e, paralelamente, o reconhecimento da ameaça para as faixas costeiras sujeitas a uma subida do nível do mar constituem um desafio de grande envergadura para a comunidade científica. Espera-se nomeadamente que, dada a grande importância socioeconómica do problema, os investigadores apoiem a governação com dados quantitativos de qualidade e transfiram os novos conhecimentos para os vários domínios públicos. Este novo paradigma de atuação deverá ser decisivo para a racionalização das políticas de gestão e para a gestão participativa das zonas mais populosas do nosso planeta e ao mesmo tempo ambientalmente mais frágeis. Portugal, com seu elevado rácio de linha costeira/área continental, tem razões particularmente fortes para adotar políticas que acomodem de forma contínua os conhecimentos acerca da instável interface oceano-continente. É com este intuito que se apresenta, no âmbito do presente livro, uma breve nota acerca da história e do estado de conhecimento dos processos naturais aqui referidos, incluindo nela a contribuição dos investigadores do Centro de Investigação Marinha e Ambiental – CIMA - da Universidade do Algarve, para o seu desenvolvimento.

A HISTÓRIA DA OBSERVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR

Não é de estranhar que, dada a sua elevada frequência (semidiurna) e elevada amplitude (metros), o fenómeno das marés seja o primeiro tipo de mudança da elevação do espelho da água marinha a ser racionalmente integrado no imaginário humano. O primeiro reconhecimento explícito do vaivem do mar semidiurno, através das necessárias adaptações introduzidas nas estruturas portuárias, data dos meados do 3º milénio A.C., na Índia, mais precisamente em Ahmedabad. Contudo, o estabelecimento da relação

entre as marés e a ação da lua e/ou sol verifica-se, também na Índia, cerca de 2000 anos mais tarde. Por sua vez, a inexistência de marés na Bacia do Mediterrâneo explica a enorme surpresa e dificuldades práticas que as marés do Oceano Índico e Oceano Atlântico causaram, aquando das campanhas militares, a Alexandre Magno e Julio César, respetivamente. No entanto, a inversão das correntes marinhas no estreito de Euripus causava estupefação e mereceu a atenção de Aristóteles que tinha relacionado as respetivas fases de enchente e vazante com os ciclos lunares. As observações da periodicidade mareal e da sua relação com as fases lunares foram continuadas de forma mais precisa e publicadas cerca de um século mais tarde por Seleucus na Babilónia e 3 séculos mais tarde nas obras dos grandes filósofos –geógrafos da antiguidade greco-romana: Estrabão e Plínio o Velho. Os alicerces da moderna compreensão das marés como resultado da atração gravítica lunar e solar ficaram a dever-se aos postulados de Johannes Kepler (1571-1630), não sem a oposição dos seus contemporâneos, como por exemplo de Galileu, que chegou a ridicularizar Kepler. Meio século mais tarde, as ideias de Kepler foram retomadas e enquadradas na leis da gravidade por Isaac Newton (1642-1727). Os subsequentes trabalhos publicados por vários autores ao longo dos séculos XVII e XIX tornaram o fenómeno das oscilações mareais matematicamente descritível e portanto passível de previsão. Para tal, foram fundamentais as obras de William Whewell (1794-1866) que, inspirado nos métodos de análise matemática de Pierre-Simon de Laplace (1749 –1827) foi pioneiro na análise das séries temporais maregráficas de que resultaram as tabelas de marés para os principais portos do Reino Unido e o primeiro mapa das linhas co-tidais no Atlântico. A continuação deste trabalho foi de certa forma concluída por William Thomson (Lord Kelvin) que em 1876, depois de aplicar a análise harmónica a séries maregráficas, construiu um engenho denominado “máquina de previsão das marés” ou, na realidade, um computador mecânico análogo. Quase contemporaneamente à publicação dos trabalhos de Whewell, Henry R. Palmer construiu, em 1831, o primeiro marógrafo de registo contínuo, instalado na doca de Londres. Nos anos a seguir, mais marógrafos deste tipo foram colocados na proximidade dos grandes portos europeus, nos EUA e na Austrália para auxiliar

a navegação e/ou com propósitos militares. Assim, na década de 80' do século XIX, já estavam operacionais no continente europeu cerca de 70 marégrafos, entre os quais o da Marina de Cascais, provavelmente o único aparelho colocado frente ao mar aberto e por conseguinte não afetado pelo processo de subsidência frequente nos estuários. A dupla função do marégrafo que consiste em medir a amplitude das marés e definir o nível médio do mar (NMM) em relação a uma referência fixa próxima, foi por sua vez uma peça chave para o desenvolvimento do sistema de *data* geodésicos nacionais ou, por outras palavras, de níveis de referência para levantamentos cartográficos. Na Europa, o mais antigo *datum* foi estabelecido em 1684, a base da determinação de NMM do marégrafo de Amsterdam.

NÍVEL DO MAR INFERIDO DAS SÉRIES MAREGRÁFICAS

Com a passagem do tempo, a análise das séries mareais tornou-se a principal ferramenta para o estudo das oscilações do nível do mar, de mais curta duração, tais como as provocadas por sobrelevações atmosféricas (ex. WOODWORTH, 1999) e tsunamis (ex. TSUI *et al.*, 2006) mas também das tendências de mudanças em escala temporal de décadas ou maiores, denominadas seculares. É da análise dos registos mareográficos coordenados a nível internacional por Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) que são obtidas as indicações da subida do nível do mar no século XX (EMERY, 1980; DOUGLAS, 1991; JEVREJEVA *et al.*, 2008), cuja origem antropogénica parece não deixar

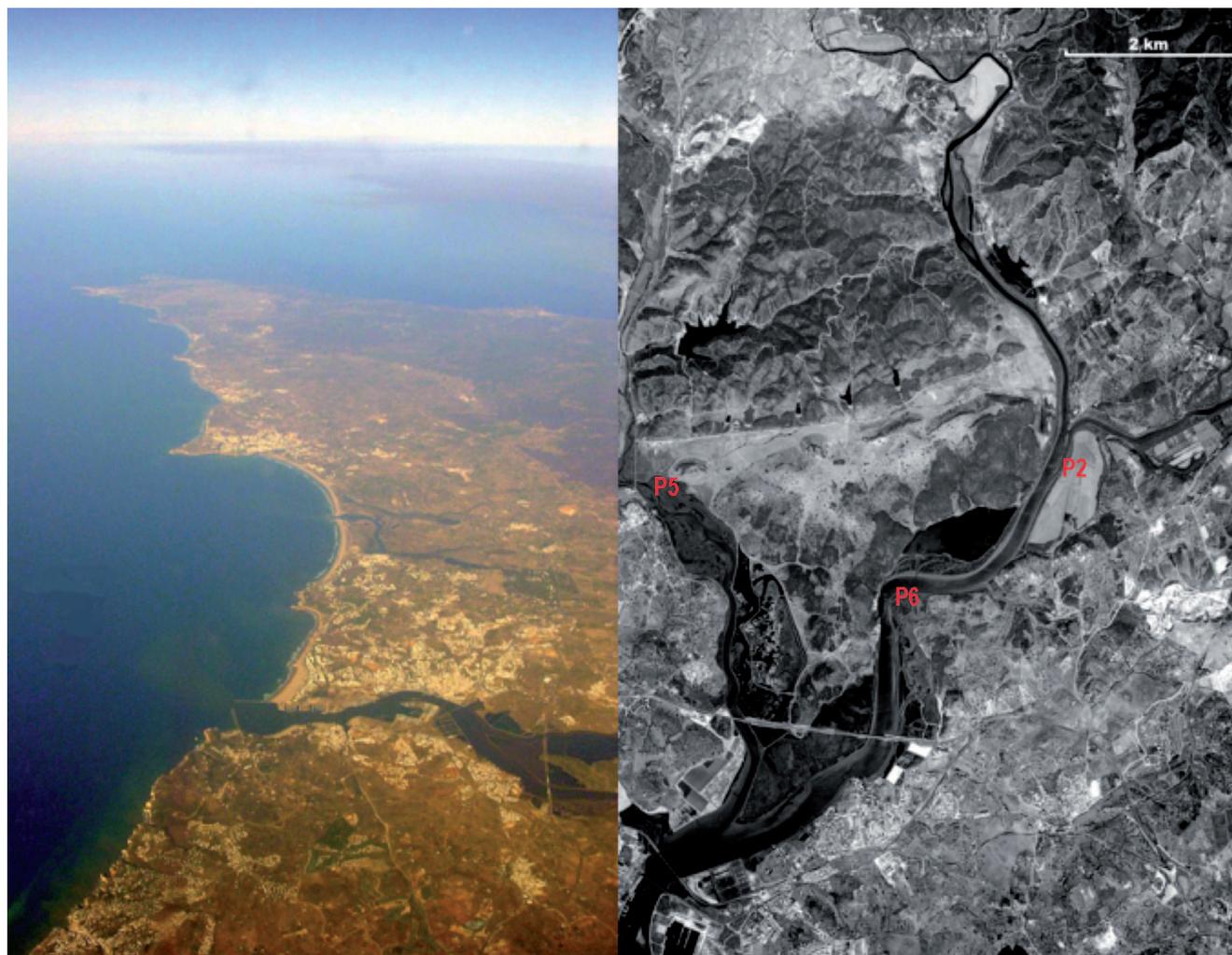


Figura 1: O Estuário do Rio Arade no Algarve com os sítios das principais sondagens que serviram de base para a reconstrução do nível médio (NMM) do mar durante os últimos 8500 anos.

margem a dúvidas. O valor da taxa média de subida do NMM durante o último século seria, de acordo com várias fontes, entre 2 - 3 mm/a com aceleração de 0.01mm/a². O 4º Relatório de Avaliação do IPCC de 2007 propôs um valor de consenso de 1.7mm/a, igual ao resultado da análise dos registos do mareógrafo de Cascais (DIAS & TABORDA, 1992), com a tendência para a aceleração, salvo em altas latitudes boreais afetadas por movimentos verticais da crosta terrestre provocados por ajustes glacioisostáticos. Estes últimos começaram a ser tomados em conta e corrigidos quantitativamente através da modelação reológica do manto terrestre (NAKIBOGLU & LAMBECK, 1981; PELTIER & FAIRBANKS, 2006). Contudo, a sua expressão regional, bem como as possibilidades de correlação entre as escassas estações maregráficas para quais existem registos longos suscitam muita controvérsia. Efetivamente geram acesas polémicas tanto os aspetos relacionados com a qualidade dos dados maregráficos (HANNAH, 2010), sobretudo os mais antigos, como com a metodologia de interpretação ou ambos (MÖRNER, 2012).

OBSERVAÇÕES SATELITARES DE ELEVÇÃO DA SUPERFÍCIE OCEÂNICA

As medições da elevação da superfície oceânica por via do levantamento altimétrico a partir do espaço iniciaram-se no ano de 1978 com a missão do satélite americano SEASAT, que durante os seus escassos 105 dias de vida fez o primeiro levantamento da topografia da superfície oceânica. As tarefas de topografia marinha, já com uma precisão de 5 cm, foram prosseguidas e acompanhadas por observações gravimétricas durante a missão GEOSAT de 1986 a 1990 e missões dos satélites europeus ERS I e ERS II. Em 1992, com o lançamento do satélite franco-americano Topex/Poseidon, iniciou-se um novo período de investigação virada fundamentalmente para questões oceanográficas e climáticas, sendo o estudo do nível do mar umas das prioridades. A missão T/P terminou em 2006 e forneceu dados sobre a posição da superfície do mar em relação à elipsóide geocêntrica a partir da órbita de 1330 km, com uma precisão de 4.2 cm. As medições altimétricas do Topex, com recurso a radar, foram continuadas pelos satélites Jason1 e Jason2 lançados em 2001 e 2008 respetivamente, com uma periodicidade orbital de 10 dias e precisão altimétrica de 3-4 cm. A citada precisão de medições foi conseguida graças a sistema de

duplo posicionamento dos satélites (em relação as estações terrestres e ao sistema GPS-NAVSTAR) e as sondagens contínuas da composição de atmosfera atravessada por pulsos de radar. No momento presente, a série temporal de dados integrados das 3 missões abrange 28 anos de registos espaciais que já foram processados e descritos. Tendo em conta as reservas que impõe a complexidade do processo de junção dos dados, cuja abrangência não é ainda suficiente para tomar em consideração as periodicidades de processos em escalas temporais maiores, pode-se afirmar o seguinte acerca do comportamento da superfície do oceano: existem variações centimétricas interanuais de NMM,

- provocadas por eventos climáticos tais como o ENSO (El Niño)
- foi possível, pela primeira vez, observar na íntegra o comportamento das perturbações da superfície marinha provocadas pela ondas de Kelvin e de Rosby, de escala planetária, bem como grandes giros oceânicos
- para todo o período 1993-2010, o nível do mar subiu à taxa l média de 3.0 – 3.2 mm/ano, quase o dobro da taxa inferida dos registos maregráficos
- a mudança de NMM não é de todo uniforme à escala do planeta, registando-se as maiores taxas de subida (+10 mm/ano) na faixa intertropical do Oceano Pacífico Oeste, e as maiores descidas (-4 a -8 mm/ano) em médias e altas latitudes do Atlântico Oeste e Pacífico Leste.

OBSERVAÇÕES DO CAMPO GRAVÍTICO E MEDIÇÕES DA TEMPERATURA DO OCEANO

Atendo que em escala temporal de séculos/décadas o volume do reservatório oceânico não muda de forma significativa, a subida eustática do NMM pode ser provocada por unicamente aumento do volume de água, produzido por derretimento de gelos ou por aumento térmico de volume ou por ambos. Em termos observacionais, a perda de massa por derretimento nos glaciares de montanha, mas sobretudo nas calotes glaciares da Groenlândia e Antárctica pode ser detectada pelas medições satelitares de gravidade enquanto a temperatura do oceano só pode ser medida por sondas de temperatura. Desta maneira as observações altimétricas das missões TOPEX/POSEIDON e JASON ganharam

um importante complemento sob a forma de mapas da gravidade terrestre produzidas pelos satélites GRACE (acrónimo de Gravity Recovery and Climate Experiment) e GOCE (acrónimo de Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer). Iniciadas respetivamente em 2002 e 2008, as duas missões proporcionaram uma cobertura gravimétrica de alta precisão que permite detetar as transferências de massa entre os três reservatórios globais de água: continentes, criosfera e oceanos. Com base nestes dados foi possível, por exemplo, atribuir a queda temporária de 6mm em NMM, entre 2010 e 2011, ao armazenamento de água precipitada na Amazónia e Austrália na sequência da pluviosidade anómala provocada pelo fenómeno el Niño – la Niña. Por outro lado, o mesmo levantamento gravimétrico sobre a Groenlândia permitiu estimar a perda de massa da calote glacial em cerca de 100^9 toneladas, sobretudo na sua parte basal.

A monitorização da temperatura do oceano é implementada a partir do ano 2000 pelo sistema de boias autónomas ARGO. O programa dá continuação às medidas anteriormente feitas por batitermógrafos expansíveis e perfilação CTD a partir dos navios oceanográficos. O sistema ARGO, faz parte do Global Climate Observing System/Global Ocean Observing System GCOS/ GOOS e conta, no momento presente, com cerca de 3570 boias que, de forma autónoma, executam os perfis da temperatura de água até a profundidade de 2000m. As boias, depois de regresso a superfície do oceano, enviam os dados, via os satélites, para os centros de integração de onde são disponibilizados em tempo real ou após o controle de qualidade. A integração dos dados térmicos do oceano, disponíveis do programa ARGO, com os dados mais antigos com início dos anos 50, permitiu estimar em 1.5 ± 0.4 mm/ a subida de NMM atribuída exclusivamente à expansão térmica (Domingues *et al.* 2008).

MUDANÇA DO NÍVEL DO MAR EM ESCALA TEMPORAL DE MILÉNIOS/ SÉCULOS – INTERPRETAÇÃO DO REGISTO GEOLÓGICO E MODELOS ASSOCIADOS.

Apesar da sua crescente precisão e resolução, os registos instrumentais das mudanças de NMM abrangem um intervalo de tempo muito curto, quando confrontado com a escala temporal dos processos que controlam o volume de água oceânica. No entanto, a

passagem do período glacial para o presente interglacial durante os últimos 20000 anos da história do globo testemunhou a transferência de massa de água entre, fundamentalmente, as calotes glaciais no Hemisfério Norte e o reservatório oceânico correspondente a cerca de $35 \cdot 10^6$ km³ de gelo. Desta transferência resultou uma subida de NMM na ordem dos 120 m que submergiu cerca de 36 milhões de km² das plataformas continentais em apenas 14 mil anos. Estima-se que esta mudança seja representativa da variabilidade natural do sistema climático terrestre durante os últimos 2 milhões de anos. A reconstrução da subida do NMM, ocorrida durante a última deglaciação, foi conseguida com base na datação dos corais em baixas latitudes, em localidades onde se podia estabelecer uma clara relação entre a idade e a posição das espécies coralinas indicadoras do nível do mar. Destacam-se aqui os trabalhos em Barbados (FAIRBANKS, 1989) e Tahiti (BARD *et al.*, 1996).

No CIMA – Universidade do Algarve, os estudos da mudança do NMM iniciaram-se no início deste século (DIAS *et al.*, 2000) A investigação, efetuada durante a última década, de que resultou a reconstrução do nível médio do mar na margem atlântica sul ibérica durante os últimos 13,5 ka. baseou-se fundamentalmente na análise de paleoambientes estuarinos (BOSKI *et al.* 2002) costeiros (MOURA *et al.* 2006) e da plataforma (MENDES *et al.* 2010). O registo mais extenso dos processos que acompanharam a subida do umm após a última glaciação foi conseguido, no estuário do Rio Guadiana, devido à sua situação geomorfológica privilegiada. Efetivamente, trata-se de uma série de sedimentos estuarinos mais espessa, conhecida até agora em zonas não glaciadas. A reconstrução do processo, desde ca 13000 a cal BP (DELGADO *et al.*, 2012), revelou uma subida do umm com a taxa de 7mm a^{-1} que chega a estagnar durante o evento frio de Drias Recente para seguidamente recomeçar a partir de 11500 a cal BP, por mais 4 milénios. A partir de 7.5 ka cal BP a taxa média de subida decresceu para 1.2mm a^{-1} (BOSKI *et al.* 2008).

No estuário de Mira, situado igualmente num vale fluvial de incisão profunda, a sequência sedimentar acumulada atingiu uma espessura de ca de 45 m, cuja base data de há 11141 a cal BP. A interpretação da sedimentologia e conteúdo micropaleontológico aponta para uma submersão muito rápida do paleovale e subsequente preenchimento com os sedimentos provenientes, fundamentalmente, da plataforma continental.

Os sedimentos acumulados dentro da sequência lagunar de Ria Formosa e do Estuário Boia-Arade (Figura 1) abrangeram os últimos 8.5 ka cal BP. Todos os elementos concretos apontam para uma subida de umm, extremamente rápida, na ordem de 10 mm/a entre 8500 e 7500 a cal. BP (Figura 2) Provavelmente trata-se aqui do último pulso de deglaciação provocado pelo colapso do resto da Calote Laurentídea seguido pela fase de subida lenta com a taxa de 1.7 mm/a. Em ambas as localidades, a sedimentação holocénica caracteriza-

se por discontinuidades locais pautadas pela acreção rápida de corpos arenosos de origem fluvial (Boia) ou da plataforma (Ria Formosa). É de notar que as taxas de subida de NMM inferidas do registo sedimentar dos últimos 7 milénios coincidem com os valores apurados a partir dos registos maregráficos até aos anos 90'. Assim, a diferença entre estes valores e as taxas obtidas dos registos satelitares das últimas 2 décadas (3.2 – 3.5 mm/a) permite de afirmar que o impacto antropogénico é responsável pela metade do acréscimo do NMM.

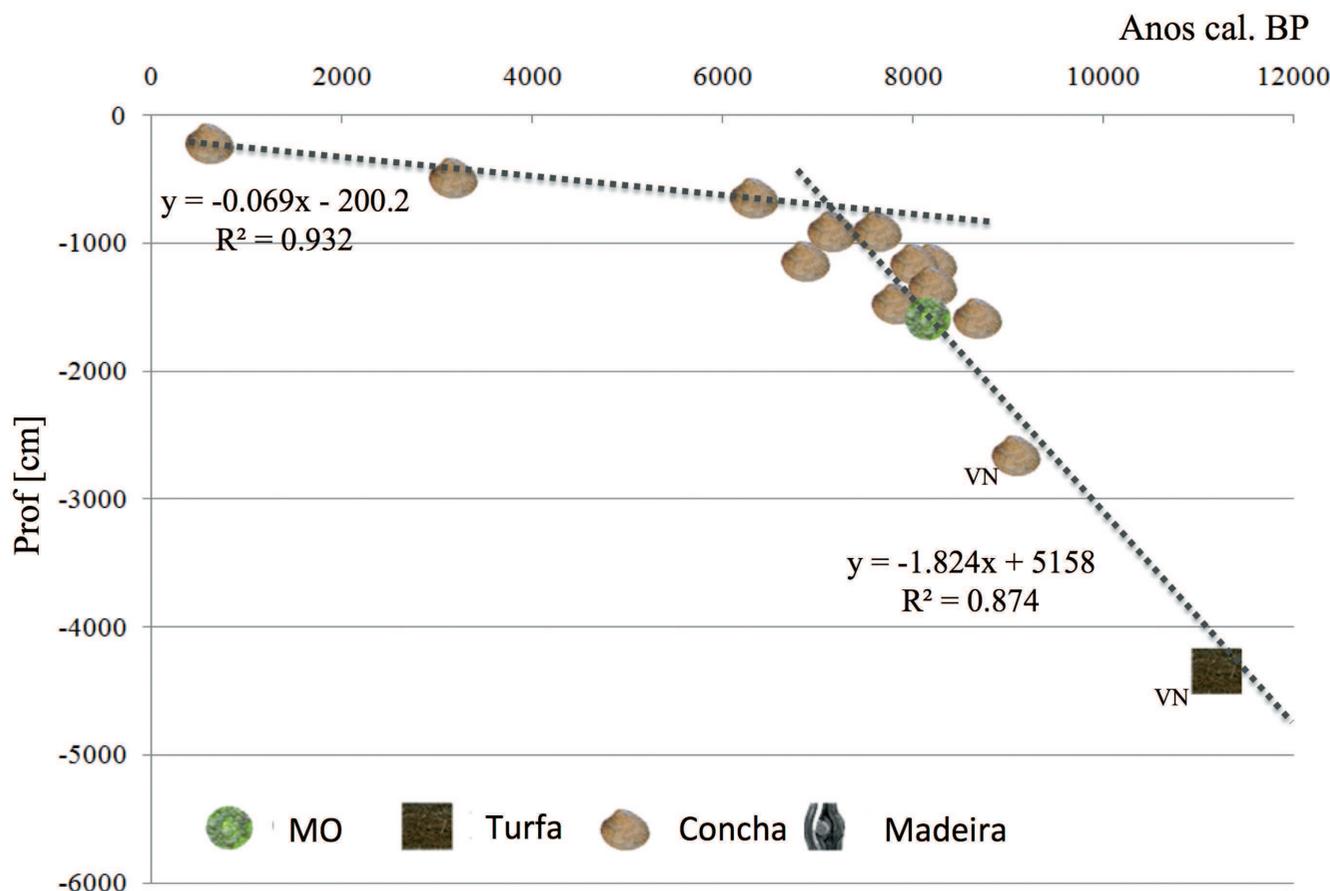


Figura 2: Registo de acumulação dos sedimentos nos estuários dos Rios Arade e Mira durante os últimos 11500 anos. Notam-se dois períodos distintos. 1º até 7500 anos em taxa da subida do do nível médio do mar (NMM) aproximadamente 9mm/ano e 2º de 7500 anos até a atualidade em que taxa decresce a cada 1mm ano. Estão identificados os materiais datados por método de 14C - MAS.

Por causa da sua extensão temporal, o registo geológico é um excelente calibrador para os modelos cuja finalidade é assegurar as bases para uma gestão sustentável das zonas costeiras. Embora sejam feitos continuamente progressos no sentido de criar os modelos numéricos, ba-

seados numa descrição determinista dos processos de sedimentação (SILVA *et al.*), as longas escalas temporais de simulação constituem um obstáculo considerável. A solução aplicada ao caso específico do Estuário do Rio Guadiana recorreu à metodologia de modelação do comportamen-

to morfodinâmico (STOLPER *et al.*, 2005). Tomando como base os cenários da subida do NMM, propostos no 4º Relatório do IPCC (2007) e tendo em conta as taxas de sedimentação observadas após o fechamento das comportas do Rio Guadiana foi possível, efetivamente, obter os dados acerca da evolução provável das zonas húmidas intermareais em ambos os lados da fronteira entre Portugal e Espanha. De acordo com o modelo (SAMPATH *et al.*, 2011) até 6 km² do lado português e até 7.5 km² do lado espanhol da fronteira poderão ser permanentemente submergidos (perdidos) com perdas incalculáveis para a biodiversidade e economia local.

No momento presente, os integrantes portugueses do CIMA – Universidade do Algarve, na rede BRASPOR, junto com os seus colegas das Universidades brasileiras dedicam-se ao estudo da progradação das barreiras Holocénicas e do registo da subida do nível do mar nos estuários e lagoas em Santa Catarina e no Rio Grande do Norte. Os dados até agora obtidos apontam para um período de subida do NMM muito rápida a partir de 8500 anos cal BP (último pulso de derretimento) das calotes glaciares) e provavelmente um início de recuo do mar a partir de 750 anos cal BP, acompanhado de acreção das barras arenosas.

CONCLUSÕES

A taxa da subida global, integrada, do nível médio do mar situa-se no momento presente entre 3 mm/ano e 3.5 mm/ano. A metade deste valor pode ser atribuída a impacte antrópico sobre o clima terrestre. A contribuição tectónica e derretimento de gelos dividem a responsabilidade por esta taxa, em partes aproximadamente iguais.

Face às previsões do comportamento do NMM nas próximas décadas, propõe-se incluir no programa estratégico de investigação marinha nacional e regional as seguintes medidas:

- estender a reconstrução do nível médio mar na margem oceânica do Brasil até 11- 12000 anos ca BP, através dos estudos nos estuários e lagoas costeiras
- aplicar a modelação de ambientes costeiros, por aproximação sistémica, para testar a sua reação à subida do nível do mar prevista
- focalizar a investigação nos eventos geológicos de que resultaram as taxas de subida do NMM que se podem considerar catastróficas, tal como se tem

verificado no milénio 8500 – 7500 a cal BP.

- estabelecer correlação do processo de subida do NMM entre as áreas de estudo em Portugal e no Brasil.

LITERATURA:

- BARD, E.; HAMELIN, B.; ARNOLD, M.; MONTAGGIONI, L.; CABLOCH, G.; FAURE, G. & ROUGERIE, F., 1996. Deglacial sea-level record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge. *Nature*, **382**: 241-244.
- BOSKI, T.; CAMACHO, S.; MOURA, D.; FLETCHER, W.; WILAMOWSKI, A.; VEIGA-PIRES, C.; DUARTE, D.; LOUREIRO FERREIRA, C. & SANTANA, P., 2008. Chronology of the postglacial sea-level rise in 2 estuaries of Algarve Coast, S. Portugal. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **77**: 230 – 44.
- BOSKI, T.; MOURA, D.; CAMACHO, S.; DUARTE, R.D.N.; SCOTT, D.B.; VEIGA-PIRES, C.; PEDRO, P. & SANTANA, P., 2002. Postglacial sea level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border. *Sedimentary Geology*, **150**:103-121.
- DELGADO, J.; BOSKI, T.; NIETO, J.M.; PEREIRA, L.; MOURA, D.; GOMES, A.; SOUSA, C. & GARCÍA-TENORIO, R. 2012. Sea-level rise and anthropogenic activities recorded in the late Pleistocene/Holocene sedimentary infill of the Guadiana Estuary (SW Iberia). *Quaternary Science Reviews*, **33**: 121 -141.
- DIAS, J.M.A.; BOSKI, T.; RODRIGUES, A. & MAGALHÃES, F. 2000. Coast line evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until Present - A synthesis. *Marine Geology*, **170**: 177 - 186.
- DIAS, J.M.A. & TABORDA, R. 1992. Tide-Gauge Data in Deducing Sea Level and Crustal Movements in Portugal. *Journal of Coastal Research*, **8**(3), 655-659.
- DOMINGUES, C.M.; CHURCH, J.A.; WHITE, N.J.; GLECKLER, P.J.; WIJFFELS, S.E.; BARKER, P.M. & DUNN, J.R. 2008 Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise. *Nature*, **453**: 1090-1093.
- DOUGLAS, B.C. 1991. Global Sea Level Rise. *Journal*

- of *Geophysical Research*, **96**: 6891-6892.
- EMERY, K.O. 1980. Relative sea levels from tide-gauge records. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, **77**: 6968-6972.
- FAIRBANKS, R.G. 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: Influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, **342**: 637-642
- HANNAH J. 2010. The Difficulties in Using Tide Gauges to Monitor Long-Term Sea Level Change. *International Federation of Surveyors*. Article of the month 1-10.
- IPCC 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR M. & MILLER HL. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- JEVREJEVA, S.; MOORE, J. C.; GRINSTED, A. & WOODWORTH, P. L. 2008. Recent global sea level acceleration started over 200 years ago? *Geophysical Research Letters*, **35**, L08715.
- MENDES, I.; ROSA, F.; DIAS, J. A.; SCHÖNFELD, J.; FERREIRA, Ó. & PINHEIRO, J., 2010. Inner shelf paleoenvironmental evolution as a function of land-ocean interactions in the vicinity of the Guadiana River, SW Iberia. *Quaternary International*, **221**: 58-67.
- MOURA, D.; VEIGA-PIRES, C.; BOSKI, T.; ALBARDEIRO, L.; RODRIGUES, A.L. & TARECO, H. 2007. Holocene sea level fluctuations and coastal evolution in the Central Algarve (southern Portugal) - *Marine Geology*. **237**: 127 -142.
- MÖRNER, N.-A. 2012. There Is No Alarming Sea Level Rise! 21 st. *Century Science and Technology*. **2011/2012**: 12 -24.
- NAKIBOGLU, S.M. & LAMBECK, K. 1981. Deglaciation related features of the earths gravity-field. *Tectonophysics*. **72**: 289-303.
- PELTIER, W. R. & FAIRBANKS, R. G., 2006. Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record. *Quaternary Science Reviews*, **25**: 3322-3337.
- SAMPATH, D.M.R.; BOSKI, T.; SILVA P.L. & MARTINS, F.A. 2011. Morphological evolution of the Guadiana estuary and intertidal zone in response to projected sea-level rise and sediment supply scenarios, *Journal of Quaternary Science*, **26**(2): 156-170.
- SILVA, P. L.; MARTINS, F. BOSKI, T. & SAMPATH, R. 2012. Modeling Basin Infilling Processes in Estuaries using two different approaches: An Aggregate Diffusive Type Model and a Processed Based Model. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, **12**: 117-129.
- STOLPER, D.; LIST, J.H & THIELER, E.R. 2005. Simulating the evolution of coastal morphology and stratigraphy with a new morphological-behaviour model (GEOMBEST). *Marine Geology*, **218**: 17-36.
- TSUJI, Y.; NAMEGAYA, Y. & MATSUMOTO, H. 2006. The 2004 Indian tsunami in Thailand: Surveyed runup heights and tide gauge records. *Earth Planets And Space*, **58**: 223-232
- WOODWORTH, P.L. 1999. High waters at Liverpool since 1768: the UK's longest sea level record. *Geophysical Research Letters*, **26** (11): 1589-1592.