



MUDANÇA DO NÍVEL DO MAR NO GOLFO DE CADIZ DURANTE O PLISTOCÉNICO TARDIO E HOLOCÉNICO



Tomasz Boski¹, Delminda Moura¹, Carlos Sousa¹, Ana Gomes¹, Laura Pereira¹, Sónia Oliveira¹ Paulo Santana¹

(1) Centro de Investigação Marinha e ambiental (CIMA), Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal. tboski@ualg.pt

Abstract (Sea level change in the Gulf of Cadiz during the late Pleistocene and Holocene): The multiproxy information data set obtained from borehole sequences permitted to establish a robust chronology of events, which led to the post glacial infilling of the terminal stretches of regional river paleovalleys. The paleoecological reconstructions combined with 14C age model of Guadiana Estuary sedimentary record revealed the fast sea level rise period since ca 13.5 kyr cal BP, halted during the Younger Dryas and resuming at ca 11500 yr cal BP. The Holocene history of coastal evolution is also well documented in the Estuary of Arade and in Ria Formosa, pointing to the sea level stabilization at ca 7500 cal BP after a last jump of up to 8 meters in 700 years which corresponds to the Meltwater pulse 1c. Since then, the upwards movement of the sea surface continued at much slower pace, ie with the 1.2 mm yr⁻¹ rate. The integration of the data embracing the period from since ca 13.5 ka cal BP, to the actuality enabled us to propose the sea-level rise curve for the SW Iberian Atlantic margin. When confronted with the current altimetric data from TOPEX/POSEIDON, Jason I and Jason II satellites, the millennial time-scale natural trend enables to estimate the anthropogenic forcing of SLR to be in order of 1.2 – 1.8 mm year.

Palavras chave: Estuários, lagunas costeiras, subida do nível do mar, indicadores multiproxy.

Key words: Estuaries, coastal lagoons, sea level rise, multiproxy indicators

INTRODUÇÃO

A aplicação das técnicas de telemetria satelitar, a partir do início dos anos 80 com seu progressivo amadurecimento tecnológico durante a década seguinte forneceu evidências numéricas claras da mudança do nível médio do mar durante os últimos 3 dezenios (Zhang e Church, 2012). Os registos altimétricos dos satélites Topex/Poseidon, Jason 1 e Jason 2, conjuntamente com os registos maregráficos e da evolução térmica do oceano, permitiram traçar a evolução deste fenómeno, respetivamente, durante os dois últimos séculos (Woodworth et al., 2009; Jevreyeva et al. 2006) ou 5 décadas (Domingues et al., 2008). Vista a magnitude e as taxas do fenómeno as escalas temporais abrangidas pelas observações diretas são ainda curtas e requerem, portanto, a complementação com as reconstruções partir dos registos geológicos. A interpretação destes últimos implica datação de diferentes itens cuja posição em relação a nível do mar pode, assume se conhecida estimada a base das comparações actualísticas. Durante as últimas 3 décadas foram conseguidas várias curvas do nível do mar que resultaram da interpretação dos arquivos sedimentares ou geomorfológicos tais como por exemplo: corais (Fairbanks 1989; Bard et al. 1996), preenchimentos estuarinos (Boski et al. 2008) sapas de maré (Pirazzoli & Evelopidou, 2013). Cada um destes registos é condicionado por vários fatores e portanto é portador de erros de efeito cumulativo. Os registos coralinos oferecem um quadro temporal bem determinado pelas datações radiométricas mas contêm incertezas em relação a posição dos corais datados. Os registos silicilásticos estuarinos, quando apoiados na reconstrução paleoambiental baseada em microfauna, podem ser considerados como paleomareógrafos mas com modelos de idade assentes em interpolações, por vezes, demasiado alargadas. No quadro do programa desenvolvido

durante os últimos 15 anos no Centro de Investigação Marinha e Ambiental (CIMA) foi possível de reunir as evidências da subida do nível médio do mar (nmm) assentes sobre os registos sedimentares acumulados durante os últimos 14 ka. A investigação, efetuada durante a última década, de que resultou a reconstrução do nível médio do mar na Margem Atlântica Sul Ibérica baseou-se fundamentalmente na análise de paleoambientes estuarinos (Boski et al. 2002) costeiros (Moura et al. 2006), lagunares (Freitas et al. 2002) e da plataforma (Mendes et al. 2010).

As séries sedimentares estudadas foram amostradas por via das sondagens em 3 ambientes costeiros diferentes, nomeadamente em 2 estuários em área de drenagem do Maciço de Monchique, na laguna costeira de Ria Formosa e no Estuário do Rio Guadiana. No presente trabalho, serão brevemente descritos os 4 sítios de estudo e apresentada a curva de mudança do nível médio do Mar, representativa a parte Oeste do Golfo de Cádiz.

MÉTODOS

Os estudos foram levados a cabo com base em amostras recolhidas dos testemunhos, de dezenas de sondagens manuais com sonda de meia-cana e mecânicas, todas situadas em zonas intermareais. As amostras para análises granulométricas, químicas, datações por 14C AMS, identificação e contagem das diatomáceas foraminíferos e pólenes, foram retiradas da zona central dos testemunhos, por forma a evitar contaminações.

RESULTADOS

Estuário do Rio Mira

No estuário do Rio Mira, situado na vertente oeste do Maciço Alcalino de Monchique, num vale fluvial de incisão profunda nas formações xisto-grauváquicas de Viseano, a sequência sedimentar acumulada atingiu uma espessura de ca de 45 m, cuja base

data de há 11141anos cal. BP. O caráter arenoso dos sedimentos não permitiu boas taxas de recuperação de testemunho resultando, em consequência num modelo de idade baseado em extrapolação extensiva. Apesar desta limitação, a interpretação da sedimentologia e conteúdo micropaleontológico aponta para uma submersão muito rápida do paleovale e subsequente preenchimento com os sedimentos arenosos provenientes fundamentalmente da plataforma continental.

Estuário do Rio Arade

Na zona vestibular do Estuário do Riu Arade em que terminam cursos de 3 rios a drenar a fachada Sul do Maciço de Monchique foram executados 3 furos de carotagem contínua a totalizar ca de 80m. A sequência sedimentar Holocénica, depositada sobre os sedimentos fluviais Pleistocénicos grosseiros, atinge espessura de no máximo 25 m. Na parte inferior desta sequência nota-se a dominação de sedimentos finos acumulados num pulso de muito acelerada subida de nível médio do mar (nmm) entre ca 8.5 e 7.5 ka cal BP, com a taxa superior a 10 mm/ano. O etapa posterior caracteriza-se pela quase estabilização do nmm caracterizado pela taxa de subida inferior a 1.5 mm/ano e predominância dos sedimentos arenosos importados da plataforma continental

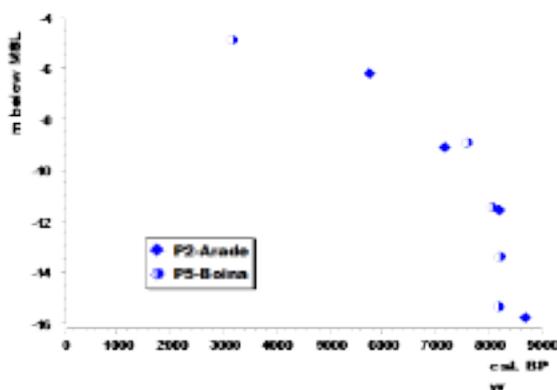


Fig.1 Relação idade/profundidade da zona intermareal em relação a nmm atual no Estuário do Arade

Ria Formosa

Os sedimentos acumulados dentro do sistema lagunar de Ria Formosa, tal como no caso do Estuário Boia-Arade, abrangeram o período dos últimos 8.5 ka cal BP. As datações dos itens sedimentares, provenientes do ambiente intermareal, isto é matéria orgânica vegetal ou conchas carbonatadas, recolhidos de ca. de 2 dezenas testemunhos de sondagens mecânicas e manuais apontam, tal como no caso do Arade, para uma subida de nmm, extremamente rápida, na ordem de 10 mm/a entre 8500 e 7500 a cal. BP (Fig. 2). Provavelmente trata-se aqui dum sinal global correspondente a último pulso de deglaciação (1c) na sequência do colapso final da Calote Laurentídea e do rompimento do Lago Agassiz. Seguido pela fase de subida lenta com a taxa de 1.7 mm/a. Em ambas as localidades, a sedimentação holocénica caracteriza-se por descontinuidades locais pautadas pela acreção rápida de corpos sedimentares arenosos de origem fluvial ou da plataforma continental. Por razões ainda não esclarecidas os

itens datados, provenientes das sondagens manuais apresentam, de forma persistente, as cotas mais elevadas de que as sondagens mecânicas. Supomos que a sua distribuição entre múltiplos corpos sedimentares, sujeitos aos eventos de erosão diferenciada pode estar na origem desta situação. 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.

Estuário do Rio Guadiana

Devido à uma situação geomorfológica privilegiada, isto é, a incisão do paleovale nas rochas Paleozóicas até a profundidade que pode ultrapassar 70 m abaixo do nmm, o registo mais extenso dos processos sedimentares que acompanharam a subida do nmm, após a última glaciação, foi conseguido, no estuário do Rio Guadiana. Efetivamente, trata-se de uma série de sedimentos estuarinos mais espessa, conhecida até agora em zonas não glaciadas. A reconstrução do processo deposicional, desde ca 13000 a cal BP, (Delgado et al., 2012) foi possível graças a execução de 6 sondagens mecânicas e interpretação de paleofacies sedimentares, associada a um robusto modelo de idade com base nas datações 14C. A análise de dados revelou, na base da coluna sedimentar da sondagem mais profunda, aos 62.5 abaixo de nmm um nível de sedimentos com fauna de foraminíferos dum estuário aberto, seguido pela camada de ca de 5m de sedimentos fluviais que passam em estuarinos, depositados em ambiente de sapal, a partir de cerca 13.5 ka BP. A subida do nmm que chega a estagnar cerca de mil anos depois, quando desaparecem do registo os foraminíferos bentónicos de água salobra. O período de paragem momentânea da transgressão pós-glacial é atribuída ao evento frio de Drias Recente identificado pela análise polínica de Fletcher et al. (2007). A partir de 11500 a cal BP, a transgressão continua por mais de 4 milénios com a taxa de subida de 7mm a⁻¹. Embora não de forma tão clara como no Estuário de Arade e na Ria Formosa, o período entre 8.5 e 7.5 ka cal BP, parece corresponder ao avanço marinho mais rápido (Fig.2), do pulso marinho deglacial 1c, durante o qual, a sedimentação não acompanhou a criação do novo espaço de acomodação e que permitiu também a instalação da fauna de foraminíferos bentónicos marinhos. A partir de 7.5 ka cal BP a taxa média de subida do nmm decresceu para 1.2 -1.7 mm a⁻¹ (Boski et al. 2008) à qual, junta-se o último século componente antrópica.

CONCLUSÕES

- (i) A interpretação dos arquivos sedimentares estuarinos e lagunares, do Plistocénico terminal e do Holocénico, constitui um método imprescindível para reconstrução recente da zona litoral ;
- (ii) A curva do nível do nível médio do mar no Golfo de Cádiz corresponde a dois períodos : subida rápida com taxa a de 6-7 mm a⁻¹ e subida lenta durante o Holocénico superior com a taxa de 1.2 -1.7 mm a⁻¹ .
- (iii) Na curva proposta foi possível identifica o período correspondente a Drias recente a ao pulso marinho deglacial 1c ;
- (iv) Confrontando o valor de 1.2 - 1.7 mm a⁻¹ correspondente a taxa de processo "natural" com o valor de subida de nmm de 3mm, medido pelos

satélites altimétricos durante as últimas 2 décadas e integrado para o globo inteiro, podemos afirmar que a componente antrópica corresponde a pelo menos metade da taxa observada no momento presente;

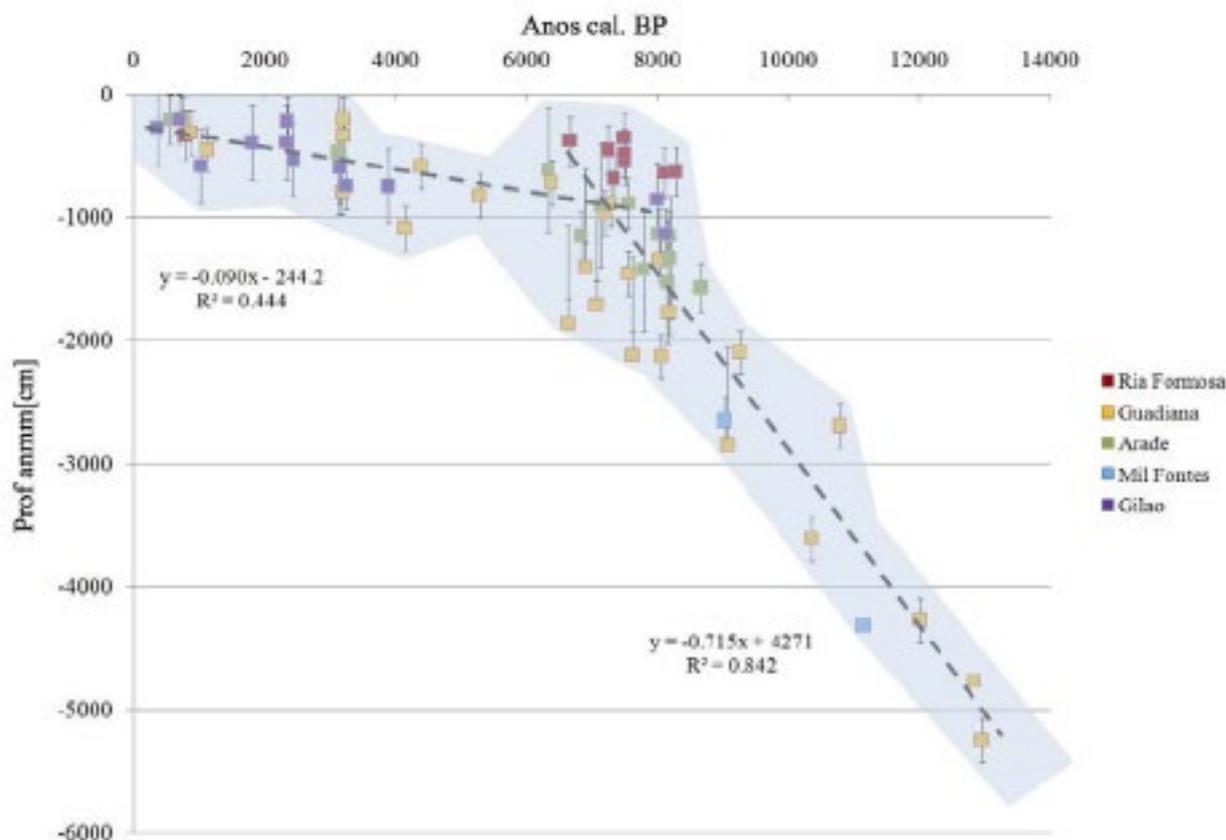


Fig.2 Curva do nível médio do mar durante a partir de 13.5 ka BP estabelecida a base dos registos sedimentares nos estuários dos Rios Mira (Mil Fontes) , Arade, Guadiana e da Ria Formosa. A area sombreada corresponde a envelope de incerteza resultante dos erros experimentais.

Agradecimentos: Este trabalho foi suportado pelos fundos do projeto SIHER - Processos de preenchimento sedimentar e a evolução Holocénica do sistema lagunar da ria formosa, PTDC/CTE-GIX/112236/2009 da Fundação para a Ciência e Tecnologia—FCT (Portugal).

Referencias bibliográficas

- 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., Correia, V., Loureiro, C. & Santana, P. (2008). Chronology of the sedimentary processes during the post-glacial sea level rise in two estuaries of the Algarve coast, Southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77, 230-244.
- Boski, T., Moura, D., Veiga-Pires, C., Camacho, S., Duarte, D., Scott, D.B. & Fernandes, S.G. (2002). Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border. *Sedimentary Geology*, 150, 103–22.
- 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.
- 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 (7198), pp. 1090-1093.
- 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.
- 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.
- Fletcher, W.J., Boski, T. & Moura, D. (2007). Palynological evidence for environmental and climatic change in the lower Guadiana valley, Portugal, during the last 13 000 years. *The Holocene*, 17 (4), 481–494.
- Freitas, M.C., Andrade, C. & Cruces, A. (2002). The geological record of environmental changes in southwestern Portuguese coastal lagoon since the Lateglacial. *Quaternary International*, 93-94, 161-170.
- Pirazzoli, P.A., Evelpidou, N. (2013). Tidal notches: A sea-level indicator of uncertain archival trustworthiness *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 369, pp. 377-384.
- 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.
- Woodworth, P.L., White, N.J., Jevrejeva, S., Holgate, S.J., Church, J.A., Gehrels, W.R. (2009). Evidence for the accelerations of sea level on multi-decade and century timescales. *International Journal of Climatology*, 29 (6), pp. 777-789.
- Zhang, X., Church, J.A. (2012) Sea level trends, interannual and decadal variability in the Pacific Ocean. *Geophysical Research Letters*, 39 (21), art. no. L21701.