

## Os foraminíferos e a história do afloramento costeiro na Margem Portuguesa durante os últimos 2000 anos

E. Salgueiro<sup>(a,f,1)</sup>, F. Abrantes<sup>(a)</sup>, N. Lončarić<sup>(b)</sup>, S. Lebreiro<sup>(a)</sup>, J. Moreno<sup>(c)</sup>, U. Pflauman<sup>(d)</sup>, P. Oliveira<sup>(e)</sup>, T. Moita<sup>(e)</sup> & H. Meggers<sup>(f)</sup>

Projecto INGMAR “Reforço da Capacidade de Investigação no Domínio da Geologia Marinha” (FCT/IGM-DGM)

a - Instituto Geológico e Mineiro, Depart. Geologia Marinha (IGM-DGM), Alfragide, Portugal

b - NIOZ, Texel, Holanda; c - Colaborador do IGM-DGM; d - Universidade de Kiel, Kiel, Alemanha

e - IPIMAR, Lisboa, Portugal; f - Universidade de Bremen, Bremen, Alemanha

1 - esalgueiro@igm.pt

### RESUMO

**Palavras-chave:** paleoceanografia; paleoprodutividade; Portugal; afloramento costeiro, foraminíferos planctónicos

O registo sedimentar da Margem Portuguesa é influenciado pela ocorrência sazonal de afloramento costeiro (Maio a Setembro) que resulta numa elevada produtividade primária e pela presença da Água Mediterrânica entre os 600 e os 1200 m de profundidade. Este trabalho apresenta a reconstrução da variabilidade do afloramento costeiro ao longo da Margem Portuguesa durante os últimos 2000 anos a partir da análise de indicadores múltiplos (abundância de foraminíferos planctónicos e bentónicos, associações de foraminíferos planctónicos, isótopos estáveis ( $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ ) e % Corg) em 7 “multi-cores” e “box-cores” posicionados ao longo de um perfil à latitude de 37° 50' N, entre os 2331 e 267 m. Estudos realizados em outras áreas de afloramento costeiro usando armadilhas de sedimento, têm mostrado que os foraminíferos planctónicos, tais como *G. bulloides* e *G. quinqueloba*, aumentam em abundância quando este fenómeno é mais intenso. Esta relação está também reflectida no padrão de distribuição destas espécies (principalmente *G. bulloides*) em amostras de superfície ao longo da Margem Portuguesa, quando comparado quer com imagens de satélite da concentração de pigmentos à superfície. A abundância dos foraminíferos planctónicos revelam *G. bulloides* como dominante (40%, nos “cores” costeiros) no registo sedimentar dos últimos 2000 anos. Resultados preliminares mostram também que houve uma estabilização das condições de afloramento costeiro no período entre 480 - 1250 AD relativamente ao período entre 1250 - 1800 AD, períodos estes que correspondem respectivamente ao “Medieval Warm Period” e ao “Little Ice Age”. Paleotemperatura e paleoprodutividade são estimadas a partir da versão regional da função de transferência SIMMAX 28.

### ABSTRACT

**Keywords:** paleoceanography; paleoproductivity; Portugal; upwelling, planktonic foraminifera

The sedimentary record of the Portuguese Margin is influenced by seasonal coastal upwelling (May and September), generating high productivity, and by the Mediterranean Water Outflow centered in two main cores (600 and 1200 m water depth). This work shows the reconstruction of the upwelling variability along the Portuguese Margin for the last 2000 years through a multi-proxy study (planktonic and benthic foraminifera counts, planktonic foraminifera associations, stable isotopes ( $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ ) and % Corg) of 7 multi- and box-cores recovered along one profile at 37° 50' N, 2331-267 m water depth. Sediment trap studies from other upwelling areas have shown that the planktonic foraminifera, particularly species such as *G. bulloides* and *G. quinqueloba*, occur when upwelling is more intense. This relation is reflected at the Portuguese Margin by the distribution pattern of these species on the surface sediments, both if compared with satellite derived pigment concentration. Foraminiferal sensus counts reveal *G. bulloides* as the dominant species (40%, coastal cores) of the last 2000 years. Preliminary results show more stable upwelling conditions between 480 - 1250 AD than the period between 1250 - 1800 AD, these periods correspond respectively to Medieval Warm Period and Little Ice Age. Paleo-SST and Paleo-productivity are estimated based on a regional version of the SIMMAX 28 transfer function.

### Introdução

A Margem Portuguesa, do ponto de vista oceanográfico, é caracterizada por ter uma circulação superficial com variabilidade sazonal: de Maio a Setembro, temos a presença da Corrente de Portugal que está associada à ocorrência do afloramento costeiro induzido pelos ventos que sopram de N-NW (“Portuguese Trade Winds”), no resto do ano o mecanismo de transporte mais relevante é a Contra-corrente de Portugal, uma corrente quente de Sul para Norte (Fiúza, 1996). Abaixo da termoclina (aproximadamente a 100 m) encontramos a água designada por “Eastern North Atlantic Central Water” (ENACW), que ascende à superfície junto à costa nos períodos de afloramento costeiro (Fiúza, 1984). Interagindo com esta água encontra-se a Água Mediterrânica “Mediterranean Outflow Water” (MOW) (Ambar & Howe, 1979a), caracterizada por ter temperaturas e salinidade elevadas (Ambar & Hower, 1979b). Na Margem Portuguesa a MOW corre ao longo da vertente S-SW, dividida em duas veias principais centradas por volta dos 600 e dos 1200 m, respectivamente (Ambar & Howe, 1979a,b).

As áreas de afloramento costeiro, como é o caso da Margem Portuguesa, são caracterizadas pelo aumento de produtividade primária, pois a ascensão das águas subsuperficiais frias e ricas em nutrientes estimula a actividade

biológica. Este aumento de produtividade induzido pelo afloramento costeiro é reflectido no aumento da abundância das diatomáceas encontradas nos sedimentos acumulados nesta área (Abrantes & Moita, 1999).

São múltiplos os indicadores da produtividade que se podem utilizar para inferir a variabilidade do afloramento costeiro na Margem Portuguesa ao longo do tempo geológico, no entanto os foraminíferos planctónicos, considerados como as “impressões digitais” das massas de água onde vivem, são bons indicadores de temperatura, salinidade e nutrientes, pelo que tem sido amplamente utilizados para reconstrução paleoceanográfica (Kennett, 1982). Culturas em laboratório e o uso de armadilhas de sedimentos “sediment traps” têm contribuído para confirmar a importância deste grupo de organismos, tendo estes últimos mostrado que o fluxo máximo de foraminíferos planctónicos e a dominância das espécies *G. bulloides*, *G. quinqueloba*, *Nq. pachyderma* (enrolamento direito), *Nq. dutertrei*, *G. glutinata* e *Gg. aequilateralis*, estão associados à maior intensidade do afloramento costeiro (Thunell & Sautter, 1992).

Com este trabalho pretende-se dar um contributo para a reconstrução da variabilidade do afloramento costeiro ao longo da Margem Portuguesa durante os últimos 2000 anos através da análise de indicadores múltiplos tais como: abundância de foraminíferos planctónicos e bentónicos; associações de foraminíferos planctónicos; análises de isótopos estáveis ( $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ ) e % Corg. A reconstrução da estabilidade da coluna de água é tentada a partir da análise da composição isotópica de espécies de foraminíferos planctónicos de diferentes profundidades.

## Material e métodos

Este estudo está a ser realizado em amostras de 7 “multi-cores” e “box-cores” (SO75-09GK, SO83-7GK, PO200/10 6-1, M39035-3, SO83-9GK, SO83-10GK, SO83-11GK), posicionados ao longo de um perfil à latitude de  $37^{\circ} 50' \text{N}$  e variando em profundidade entre os 2331 e 267m (Fig. 1), recolhidos nas campanhas POSEIDON 200/10, SONNE 75, SONNE 83 e METEOR 39.

Para a determinação da abundância dos foraminíferos planctónicos e bentónicos, bem como as associações dos foraminíferos planctónicos usou-se a fracção  $> 149 \mu\text{m}$ , e a identificação dos foraminíferos planctónicos seguiu Kennett & Srinivasan (1983).

Para as análises de isótopos estáveis ( $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ ) foram seleccionadas 5 espécies de foraminíferos, 3 planctónicos (*G. bulloides*, *G. ruber* (w), *Tr. inflata*) e 2 bentónicos (*Cibicides* sp., *Uvigerina* sp.). Na fracção  $> 250 \mu\text{m}$  foram separados 20-25 espécimens das espécies planctónicas e 4-6 espécimens das espécies bentónicas para serem analisadas na Universidade de Bremen e de Kiel (Alemanha).

A percentagem do carbono orgânico foi medido pelo analisador Elementar LECO no Laboratório de Geologia Marinha do Instituto Geológico e Mineiro (LGM-IGM). Também no LGM-IGM foi analisada a granulometria: a fracção  $> 63 \mu\text{m}$  foi quantificada por peneiração a seco e a análise detalhada da fracção  $< 63 \mu\text{m}$  realizada no Sedigraph.

O modelo estratigráfico destes “cores” foi estabelecido a partir das datações por Espectrometria de Massa Acelerada de  $^{14}\text{C}$  em níveis específicos escolhidos após a análise dos dados de isótopos. A *G. bulloides*  $> 250 \mu\text{m}$  foi a espécie utilizada para  $^{14}\text{C}$ . Estas análises foram feitas na Universidade de Aarhus (Dinamarca) e no Instituto Oceanográfico de Woods Hole (USA).

A paleotemperatura e a paleoprodutividade foram estimadas usando o programa SIMMAX 28 (Pflaumann *et al.*, 1996) aplicado às condições regionais (Salgueiro & Pflaumann, em preparação).

## Resultados e discussão

À semelhança do que acontece em outras áreas de afloramento costeiro, na Margem Portuguesa o padrão de distribuição das espécies de afloramento costeiro (*G. bulloides* e *G. quinqueloba*) em amostras de superfície reflecte bem este fenómeno, quando comparado quer com imagens de satélite da concentração de pigmentos à superfície (Fig.2), quer com a distribuição da temperatura superficial do oceano resultante da integração de 10 anos de dados. Sabendo actualmente que a abundância destes foraminíferos planctónicos, principalmente a *G. bulloides* marcam bem o afloramento costeiro na Margem Portuguesa, resultados preliminares deste trabalho revelam que esta espécie continua a dominar (40%, nos “cores” mais costeiros) o registo sedimentar ao longo dos últimos 2000 anos.

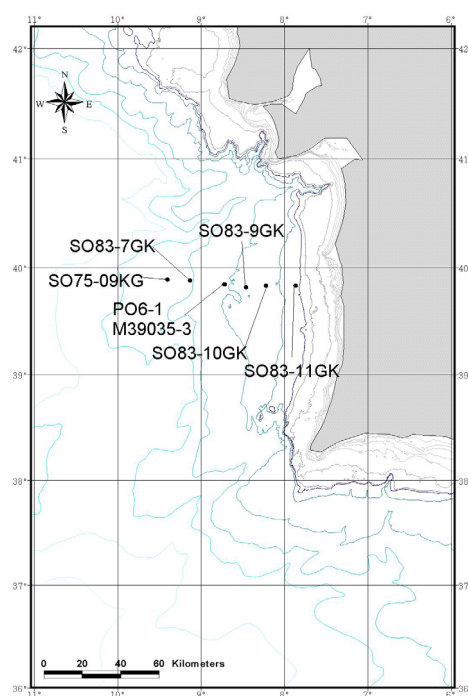


Figura 1 - Localização geográfica dos “cores” em estudo.

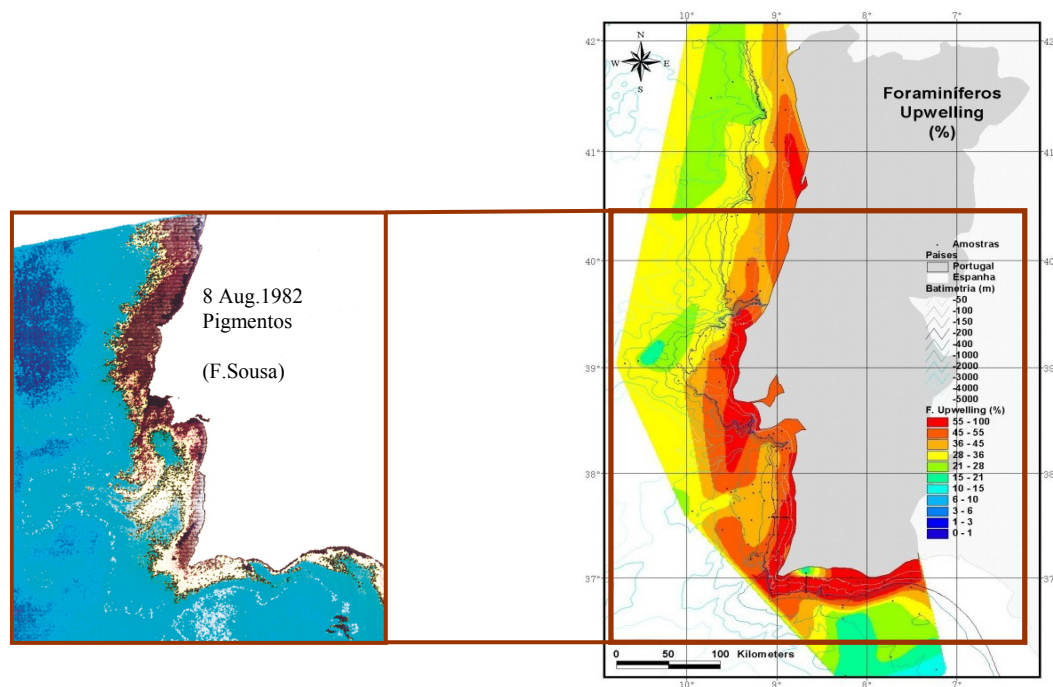


Figura 2 - Comparação da imagem de satélite da concentração de pigmentos à superfície com o padrão da distribuição dos foraminíferos característicos do afloramento costeiro (*G. bulloides* e *G. quinqueloba*) na Margem Portuguesa.

Os resultados preliminares dos indicadores de produtividade (abundância de espécies de afloramento costeiro, Corg e  $\delta^{13}\text{C}$  da espécie de superfície *G. ruber w*) são apresentados na Fig.3. Podemos verificar uma estabilização das condições de afloramento costeiro no período entre 480 - 1250 AD relativamente ao período entre 1250 - 1800 AD, períodos estes que correspondem respectivamente ao “Medieval Warm Period” e ao “Little Ice Age”. Esta variação dos padrões de produtividade pode ser explicada pela variação da intensidade e da distribuição espacial e temporal do filamento de afloramento costeiro induzido pelos Cabos da Roca e Espichel (Fig.2) do qual os “cores” em estudo estão actualmente a ser influenciados.

Analizados os registos isotópicos ( $\delta^{18}\text{O}$ ), da espécie de superfície *G. ruber w*) apresentam valores praticamente constantes em todos os “cores” ao longo do tempo e uma variação do valor médio de ( $\delta^{18}\text{O}$ ) em cada “core” de -0.1‰ a 0.3‰ PDB da costa para o oceano aberto. Estes valores baixos de  $\delta^{18}\text{O}$  junto à costa (cores SO83-9GK e PO200-10-6-1 da Fig.3) estão provavelmente associados à massa de água quente que vem dos Açores (“Água do luso”) que banha a costa Sudoeste Portuguesa durante o Inverno (Fiúza, 1984).

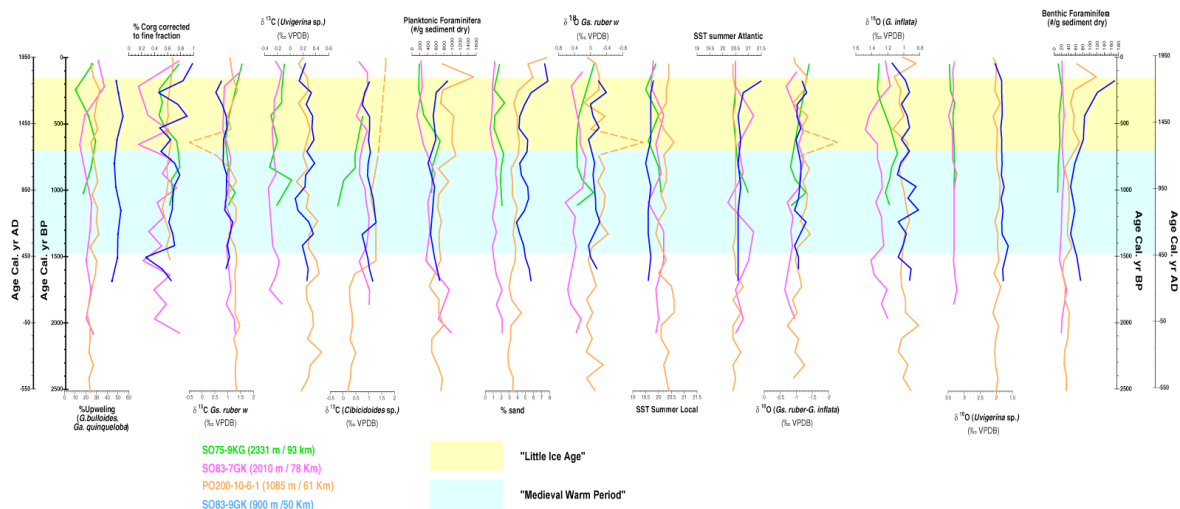


Figura 3 - Registo de múltiplos indicadores climáticos nos últimos 2000 anos de 4 “box-cores” ao longo de um perfil à latitude de 37° 50' N.

A espécie de sub-superfície *G. bulloides* apresenta uma tendência semelhante à espécie *G. ruber* (w), excepto nos 2 “cores” costeiros, onde tem uma maior variabilidade ao longo do tempo com valores médios de 0.6‰ PDB a 0.2‰ PDB. A espécie profunda *Tr. inflata* reflecte a termoclina, apresentando da costa para o oceano valores médios de  $\delta^{18}\text{O}$  de 0.9‰ PDB a 1.3‰ PDB praticamente constantes ao longo do tempo.

Na Fig.3 através do  $\delta^{18}\text{O}$  da espécie bentica *Uvigerina* sp. podemos ainda ver que os “cores” junto à costa sofrem maior influência da MOW e os mais afastados da costa sofrem maior influência da ENACW.

### Agradecimentos

Este trabalho está a ser financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através do Projecto INGMAR do Instituto Geológico e Mineiro- Departamento de Geologia Marinha (IGM-DGM).

### Bibliografia

- Abrantes, F. & Moita, M. T. (1999) - Water column and recent sediment data on Diatoms and Coccolthophorids, off Portugal, confirm sediment record of upwelling events. *Oceanologia Acta*, 22(3): 319-336.
- Ambar, I. & Howe, M. R. (1979b) - Observations of the Mediterranean Outflow - I. Mixing in the Mediterranean Outflow. *Deep-Sea Research*, 26: 535-554.
- Ambar, I.; & Howe, M. R. (1979a) - Observations of the Mediterranean Outflow - II. The deep circulation in the vicinity of the Gulf of Cadiz. *Deep-Sea Research*, 26A: 555-568.
- Fiúza, A. F. G. (1984) - Hidrologia e Dinamica das Aguas Costeiras de Portugal. *Tese Doutorado, Univ. Lisboa*, 294 pp.
- Fiúza, A. F. G. (1996) - Final Report of the MORENA Project 1993-1996. *Instituto Oceanografia, Faculdade Ciências Univ. Lisboa*, 120 p.
- Kennett, J. P. (1982) - Marine Geology. *Prentice-Hall*, 538-559.
- Kennett, J. & Srinivasan, M. S. (1983) - Neogene planktonic foraminifera. A phylogenetic Atlas. *Hutchison Ross Publishing Company*, Stroudsburg, Pennsylvania.
- Pflaumann, U.; Duprat, J.; Pujol, C. & Labeyrie, L. (1996) - SIMMAX: A modern analog technique to deduce Atlantic sea surface temperatures from planktonic foraminifera in deep-sea sediments. *Paleoceanography*, 11(1): 15-35.
- Thunell, R. C. & Sauter, L. R. (1992) - Planktonic foraminiferal faunal and stable isotopic indices of upwelling: a sediment trap study in the San Pedro Basin, Southern California Bight. *In*: C. P. Summerhayes, W. L. Prell & K. C. Emeis (eds): Upwelling Systems: Evolution Since the Early Miocene. *Geological Society Sp. Publ.*, London, 64: 77-91.