

O sistema de afloramento de Benguela durante os dois últimos ciclos climáticos; a história com base no registo das diatomáceas

S. Vaqueiro^(a,2), F. Abrantes^(a,2), C. Pierre^(b,3), D. Massias^(c), J. Villanueva^(d, 4),
J. Crespin^(e), X. Crosta^(e, 5), R. Schneider^(f, 6) & G. Wefer^(f, 7)

Projecto INGMAR “Reforço da Capacidade de Investigação no Domínio da Geologia Marinha”, (FCT/IGM-DGM)
a-Dep. Geologia Marinha, Inst. Geológico e Mineiro, Portugal; b- Lab. d’Oceanographie Dynamique et de Climatologie, Univ. Pierre et Marie Currie, France; c- Dép. Geologie et Oceanographie, Univ. de Bordeaux I, France
d- Inst. d’Investigations Quimiques I Ambientals de Barcelona, Spain; e- CNRS, Université de Bordeaux I, France; f- Fachbereich Geowissenschaften, Univ. Bremen, Germany
1-sandra.vaqueiro@igm.pt; 2-fatima.abrantes@igm.pt; 3-Catherine.Pierre@lodyc.jussieu.fr; 4-jvrqam@cid.csic.es;
5-crosta@epoc.u-bordeaux.fr; 6-rschneid@uni-bremen.de; 7-Gwefer@alf.zfn.uni-bremen.de

RESUMO

Palavras-chave: paleoprodutividade; diatomáceas; margem SW Africana.

A região de Benguela, com valores de produtividade $> 180 \text{ gC/m}^2/\text{ano}$, insere-se num dos sistemas de afloramento costeiro mais importantes do mundo. A variação temporal da abundância e taxa de acumulação de diatomáceas, silicoflagelados, radiolários e carbono orgânico (C_{org}) ao longo de três sequências sedimentares (MD96-2086, MD96-2098 e M1710) da margem SW Africana, revela o padrão típico de zonas de afloramento costeiro do oceano atlântico: valores elevados nos estádios glaciares 8, 6, 4-2 e TI, e baixos nos interglaciares 7, 5 e Holocénico. Nas sequências sedimentares mais costeiras (MD96-2098 e M1710), o estádio glacial 2 e TI surgem como períodos onde a taxa de acumulação de diatomáceas (DAR) é máxima. Na sequência mais oceânica (MD96-2086) é no estádio 6 que a DAR regista o seu máximo. Os registos de DAR e de C_{org} apresentam um padrão semelhante ao longo das três sequências sedimentares, com excepção da base do estádio isotópico 6 e do topo do estádio isotópico 3, onde estes dois indicadores apontam tendências contrárias. Para estes períodos, os cores Vostok e MD96-2098 registam uma diminuição significativa na intensidade dos ventos, da qual resulta a diminuição ou mesmo inexistência de condições favoráveis à ocorrência de afloramento costeiro e desta feita, uma alteração da circulação oceânica.

ABSTRACT

Keywords: paleoproductivity; diatom accumulation rates; SW Africa margin.

The Benguela region, with productivity values $> 180 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$, is one of the most important coastal upwelling systems of the world. The temporal variability of diatoms, silicoflagellates, radiolaria and organic carbon (C_{org}) abundances and accumulation rates observed in three cores (MD96-2086, MD96-2098 e M1710) located in the SW African margin, follows the typical pattern observed for the coastal upwelling areas of Atlantic Ocean, with high values during glacial stages 8, 6, 4-2 and TI, and low values during interglacial stages 7, 5 and Holocene. In the two most inshore cores, glacial stage 2 and TI appear as periods of high diatom accumulation rates (DAR), while in the most offshore core (MD96-2086), DAR maximum occurs during glacial stage 6. DAR and C_{org} are well correlated throughout the entire cores except for the base of isotopic stage 6 and the top of isotopic stage 3, where the two proxies register opposite tendencies. For these periods, Vostok and MD96-2098 cores register a significant decrease in the wind intensity, resulting in a decrease or even non existence upwelling conditions and thus, in a ocean circulation change.

Introdução

O sistema de afloramento de Benguela, localizado na costa SW Africana, insere-se numa das zonas de afloramento costeiro mais importantes do mundo, apresentando valores de produtividade superiores a $180 \text{ gC/m}^2/\text{ano}$ (Berger, 1998). Trata-se de um sistema de afloramento único, na medida em que é limitado a norte e a sul por massas de água quente: a frente de Angola-Benguela (ABF) e a corrente de Agulhas (AGC), respectivamente. Na região compreendida entre os 15°S e os 35°S , o afloramento ocorre preferencialmente em oito células de afloramento, das quais se destacam Lüderitz e Walvis Bay, por apresentarem elevados valores de produtividade durante todo o ano. Este sistema é constituído por uma série de filamentos e plumas, os quais estendem a influência do afloramento costeiro de 150-200 km para 625 km (Lutjeharms & Stockton, 1987).

Com o objectivo de estudar as variações de produtividade associadas ao regime de afloramento de Benguela ao longo dos últimos 300.000 anos, foram analisadas três sequências sedimentares: MD96-2086, 25.8°S , 12.1°E , 3606 m e MD96-2098, 25.6°S , 11.7°E , 2910 m (Lüderitz) e M1710, 23.4°S , 11.7°E , 2991 m (Walvis Bay) (Fig. 1).

O modelo de idade das sequências sedimentares em estudo teve por base a análise de isótopos de oxigénio obtido a partir dos foraminíferos planctónicos *G. inflata* e *G. bulloides* e béticos *C. wuellerstorfi*. Como indicadores de produtividade usaram-se os fluxos de diatomáceas (DAR), de silicoflagelados e de fragmentos de radiolários e a concentração e fluxo de carbono orgânico (C_{org}). Estes registos são ainda comparados com indicadores independentes de temperatura das águas de superfície (SST).

Resultados

A análise dos dados relativos à taxa de acumulação de diatomáceas revela que:

- Ao longo dos últimos 300.000 anos, é durante o Holocénico que se registam os valores de DAR mais baixos, com uma ordem de grandeza inferiores aos observados no último glacial máximo (LGM).
- Os estádios glaciares são períodos de DAR elevada (10^9 valvas/cm²kyr) ;
- A TI e o estágio glacial 2 surgem como períodos de elevada DAR, em especial nas sequências sedimentares mais costeiras, onde a DAR atinge o seu máximo ($\sim 8.5 \times 10^9$ /cm²kyr). Neste intervalo de tempo, ainda que da mesma ordem de grandeza, a sequência mais oceânica (MD96-2086) regista valores cerca de 5 vezes inferiores.
- O estágio glacial 6 destaca-se igualmente como um período de elevada DAR. Contudo, para este intervalo temporal, a sequência mais oceânica (MD96-2086) regista valores de DAR cerca de três vezes superiores ($\sim 3 \times 10^9$ /cm²kyr) ao observado na sequência mais costeira (M1710).
- Nas três sequências sedimentares, os registos da DAR e do C_{org} apresentam um padrão semelhante, exceptuando-se a base do estágio isotópico 6 e o topo do estágio isotópico 3, onde se observam registos inversos; o C_{org} regista valores elevados enquanto que a DAR decresce para valores mínimos.

• Os registos de silicoflagelados e de radiolários apresentam, grosso modo, um comportamento semelhante ao da DAR. Nestes indicadores, a TI destaca-se como período onde a sua taxa de acumulação é máxima. Note-se, igualmente, que o decréscimo na DAR na base do estágio 6 é acompanhado pelo decréscimo destes dois indicadores.

• Nas três sequências sedimentares, verifica-se que a associação de diatomáceas presentes é dominada (> 90 %) por esporos do género *Chaetoceros* (Ehrenberg), característicos de zonas de afloramento costeiro. Contudo, no período compreendido entre os 110.000 e os 125.000 anos (estádio 5.5), aproximadamente, estes decrescem para cerca de 15 a 20 % (Fig. 2).

Na figura 2, estão representados os diferentes indicadores de produtividade utilizados na análise da variação da produtividade da sequência sedimentar mais oceânica (MD96-2086).

Discussão e conclusões

A taxa de acumulação de diatomáceas (DAR) nos três *cores* em estudo, segue o padrão de afloramento costeiro típico observado no oceano Atlântico: DAR elevada durante os estádios glaciares 8, 6, 4-2 e terminações 2 e 1 (TII e TI, respectivamente), e baixa nos interglaciares 7, 5 e Holocénico (Abrantes, 2000), em concordância com a intensidade dos ventos SE (ventos responsáveis pelo aparecimento de condições de afloramento costeiro) registada quer no *core* do gelo Vostok (Petit *et al.*, 1990) quer no *core* MD96-2098 (Stuut *et al.*, 2002). Por outro lado, a inversão nos fluxos de carbono e de diatomáceas que se observa na base do estágio isotópico 6 e topo do estágio isotópico 3, corresponde a um decréscimo significativo na intensidade dos ventos tal como registado nos mesmos *cores* (Vostok e MD96-2098). Dado que estes são o principal agente que motiva o aparecimento de afloramento costeiro, a sua diminuição ou quase inexistência terá certamente resultado numa diminuição ou mesmo na não existência de condições favoráveis à ocorrência de afloramento e desta feita, a uma alteração da circulação oceânica.

Bibliografia

- Abrantes, F. (2000) - 200.000 yr. diatom records from Atlantic upwelling sites reveal maximum productivity during LGM and a shift in phytoplankton community structure at 185.000 yr. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 176: 7-16.
- Berger, W. H (1899) - Global maps of ocean productivity. In: Berger, W.H., Smetacek, V.S. & Wefer, G. (Eds.), *Productivity of the Oceans: Present and Past*: 429-455.

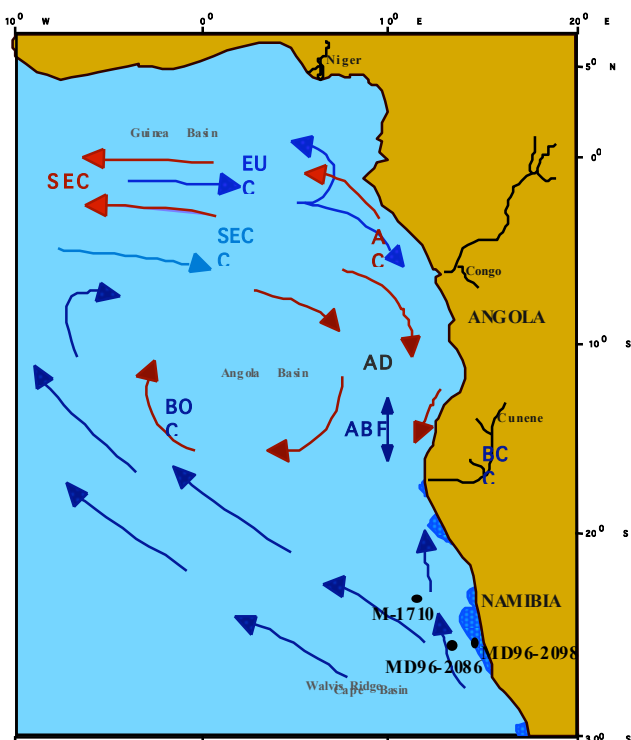


Figura 1 – Localização das sequências sedimentares.

- Jansen, J. H. F.; Ufkes, E. & Schneider, R. (1996) - Late Quaternary Movements of the Angola-Benguela Front, SE Atlantic, and Implications for the Advection in the Equatorial Ocean. In: Wefer, G., Berger, W. H., Siedler, G. & Webb, D. J. (Eds.), *The South Atlantic: Present and Past Circulation*: 553-575.
- Lutjeharms, J. R. E. & Stockton, P. L. (1987) - Kinematics of the upwelling front off southern Africa. In: *The Benguela Comparable ecosystems*. Payne, A. I. L.; Gulland, J. A. & Brink, K.H. (Eds.). S. Afr. J. Mar. Science 5: 35-49.
- Petit, J. R.; Mounier, L.; Jouzel, J.; Korotkevitch, Y.; Kotlyakov, V. & Lorius, C. (1990) - Plaeoclimatological implications of the Vostok core dust record. *Nature*, 343: 56-58.
- Stuut, J.-B.; Prins, M. A.; Schneider, R.; Weltje, G. J.; Jansen, J. H. F. & Postma, G. (2002) - A 300-kyr record of aridity and wind strength in southwestern Africa: inferences from grain-size distributions of sediments on Walvis Ridge, SE Atlantic. *Marine Geology*, 180: 221-233.

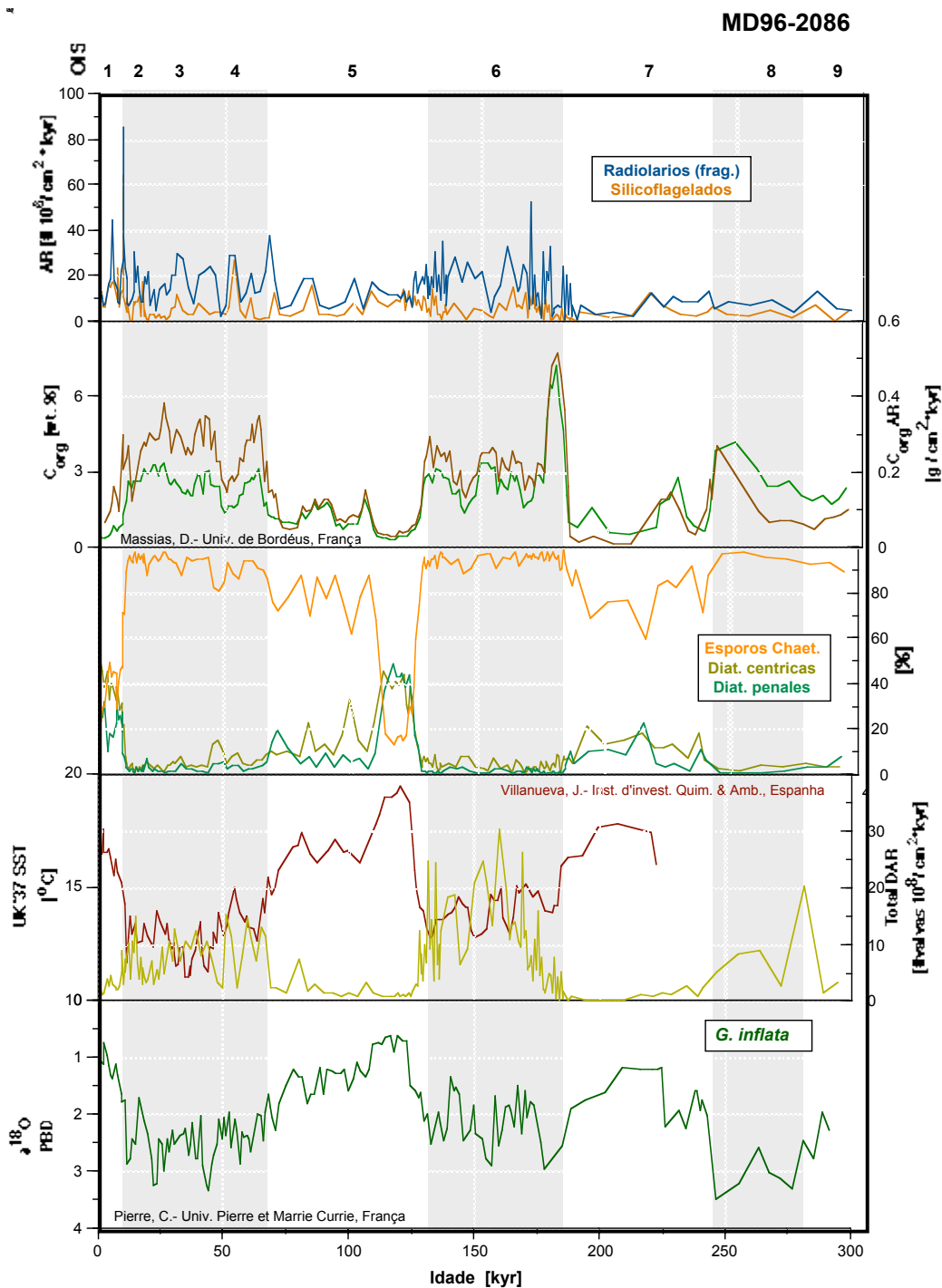


Figura 2 - $\delta^{18}\text{O}$ obtida a partir do foraminífero planctônico *G. inflata*, taxa de acumulação do total de diatomáceas, temperatura das águas de superfície (SST), abundância de esporos do gênero *Chaetoceros* (Ehrenberg), de diatomáceas cêntricas e diatomáceas penais, abundância e taxa de acumulação de carbono orgânico e taxa de acumulação de silicoflagelados e de radiolários.