

OSCILAÇÕES DE TEMPERATURA DO ATLÂNTICO TROPICAL OESTE PARA OS ÚLTIMOS 40.000 ANOS COM BASE NA TÉCNICA DO ANÁLOGO MODERNO

Santos, T. P.¹; Lessa, D. O.¹; Albuquerque, A. L. S.¹; Barbosa, C. F.¹; Belém, A. L.¹
e-mail: thiago.pereirads@hotmail.com

¹ Universidade Federal Fluminense

Departamento de Geoquímica, Outeiro de São João Batista, s/n, Centro, Niterói/ RJ,
CEP: 24050-150.

Palavras-chave: Paleoceanografia, foraminíferos planctônicos, Último Máximo Glacial.

1. INTRODUÇÃO

Como resultado da tectônica do Cenozóico, o oceano Atlântico Sul se tornou a única passagem que conecta as águas do oceano Atlântico Norte com o cinturão de circulação termohalina global (conveyor belt). O sistema de correntes do Atlântico Sul representa um cenário sensível dentro da circulação superficial/termohalina global (Arz *et. al.*, 1999), portanto, a funcionalidade deste transporte global de massas d'água é crucial para entender o desenvolvimento do clima em escala regional e global (Gersonde *et. al.*, 2003).

Atenções têm sido direcionadas para a região sul equatorial do oceano Atlântico devido ao seu potencial de alterar o balanço oceânico de calor, água doce, e ser uma fonte de vapor d'água para atmosfera (Peterson *et. al.*, 2000). Devido a este fato, as chuvas da região nordeste da América do Sul e da África subsaariana são profundamente controladas pela temperatura da superfície (TSM) nesta parte do oceano. Alterações do gradiente de temperatura entre 15°N e 15°S, o chamado dipolo da TSM do Atlântico, podem influenciar diretamente as condições climáticas a nível global (Chang *et. al.*, 1997).

Além disso, a corrente sul equatorial do Atlântico exporta significativa quantidade de calor para o hemisfério norte, sendo a porção tropical oeste através da Corrente Norte do Brasil, a principal passagem de águas quentes para o oceano Atlântico Norte. Nas altas latitudes estas águas liberam seu calor para atmosfera e se resfriam (Paul e Schäfer-Neth, 2003).

Portanto, é cientificamente interessante reconstruir o histórico de oscilação da TSM no Atlântico tropical oeste devido a sua influência no clima regional e de altas latitudes. Baseado nisto, este trabalho tem como objetivo aplicar a Técnica do Análogo Moderno em uma assembléia de foraminíferos planctônicos a fim de determinar as anomalias térmicas da região para os últimos 40.000 anos AP.

2. ÁREA DE ESTUDO

O testemunho GS07-150 10/3 MC-B (4°49.376S e 34°52.956W) foi recuperado de uma profundidade de 939 m na costa nordeste do Brasil próximo ao Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1).

A hidrografia superficial da área é dominada pelo fluxo em direção a Norte-Noroeste da Corrente Norte do Brasil (CNB) e pelo sistema de correntes Sul Equatorial. Porém, a CNB não possui o

mesmo comportamento ao longo de todo ano. De fevereiro a maio ela flui continuamente ao longo da costa norte do Brasil em direção ao Golfo do México e, devido à dinâmica sazonal do sistema equatorial de ventos, que formam a Célula de Walker, no restante do ano a CNB vira em direção a leste, onde se une a Contra-Corrente Norte do Equador (CCNE).

As principais águas tipo profundas da região são a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), a Água Central do Atlântico Norte (ACAN), abaixo desta a Água Intermediária Antártica (AIA) que move-se do sul em direção ao Equador, e inferior a esta encontra-se a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) que flui do norte em direção ao Equador.

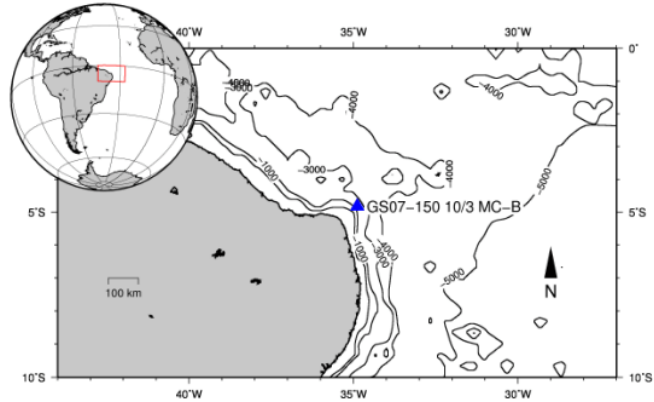


Figura 1 - Área de estudo

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O testemunho foi recuperado através de um KC *multicorer* modelo 72.000 e subamostrado a cada 0,5 centímetro. Foi lavado 1cm³ de sedimento em peneira de 150 µm para a contagem dos foraminíferos planctônicos (FP). Após secas, cada amostra foi quarteada até restarem cerca de 300 carapaças identificadas até o nível específico.

Foram executadas três datações em espectômetro de massa (AMS) utilizando o ¹⁴C da carapaça de FP. A calibração das idades foi realizada com o *software* Calib versão 6.0 com uma correção do efeito reservatório (R) de 400 anos e um $\Delta R = 8 \pm 17$ anos ¹⁴C no intervalo de confiabilidade de 2 σ .

A Técnica do Análogo Moderno (TAM) foi aplicada a fim de reconstruir as temperaturas da região. Para isto, foi empregado o *software* *Paleoanalog* 3.0 e a matriz de dissimilaridade *Square chord*, com um valor limite para a dissimilaridade de 0,169. As anomalias térmicas foram determinadas pela subtração da temperatura média mensal da superfície do mar de 1981 a 2009, distribuídas pelo programa Coast Watch da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (Kilpatrick, *et. al.*, 2001) pelos valores determinados na TAM.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo cronológico e a taxa de sedimentação não puderam ainda ser aferidos, porém a datação do centímetro da base, do centímetro 15 e do centímetro 2 permitem reconhecer que o testemunho recupera os últimos 40.000 anos AP da região.

Vinte e seis espécies de FP foram identificadas com a abundância absoluta atingindo o valor máximo de 21.000 FP.cm⁻³ (Figura 2). As espécies de águas quentes e superficiais mais abundantes foram *Globigerinoides ruber* branca e rosa, *Globigerinoides sacculifer* sem saco, *Globigerinita glutinata*, *Globigerinella siphonifera* e *Globoturborotalia rubescens*. Os FP de águas profundas mais freqüentes foram o plexo *menardii*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Pulleniatina obliquiloculata*, *Globorotalia truncatulinoides* dextral e sinistral e *Globorotalia inflata*.

As TSM anuais aferidas para região através da TAM possibilitaram a reconstrução de uma oscilação térmica de cerca de 1°C mais fria que as temperaturas atuais (Figura 3). Dois padrões de anomalia podem ser identificados: da base até o centímetro 15 (31.040 anos AP), em que as anomalias são maiores e altas abundâncias de *G. glutinata*, *N. dutertrei*, *G. truncatulinoides* dextral e sinistral e *G. inflata* foram registradas, e do centímetro 15 em direção ao topo, onde as anomalias reduzem e cresceram a ocorrência de *G. ruber* branca e rosa, *G. sacculifer*, *G. siphonifera* e do plexo *menardii*.

Diminuições da TSM na região reduzem a quantidade de umidade liberada para o oceano Pacífico através do Panamá. Peterson *et. al.* (2007), analisando testemunhos da Bacia do Cariaco, apontam que condições mais secas sobre o norte do continente sul-americano impulsionaram um deslocamento para o sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), reduzindo as chuvas na região e direcionando-as para os Andes. Além disso, a baixa evaporação reduz a densidade da água na região equatorial e compromete os

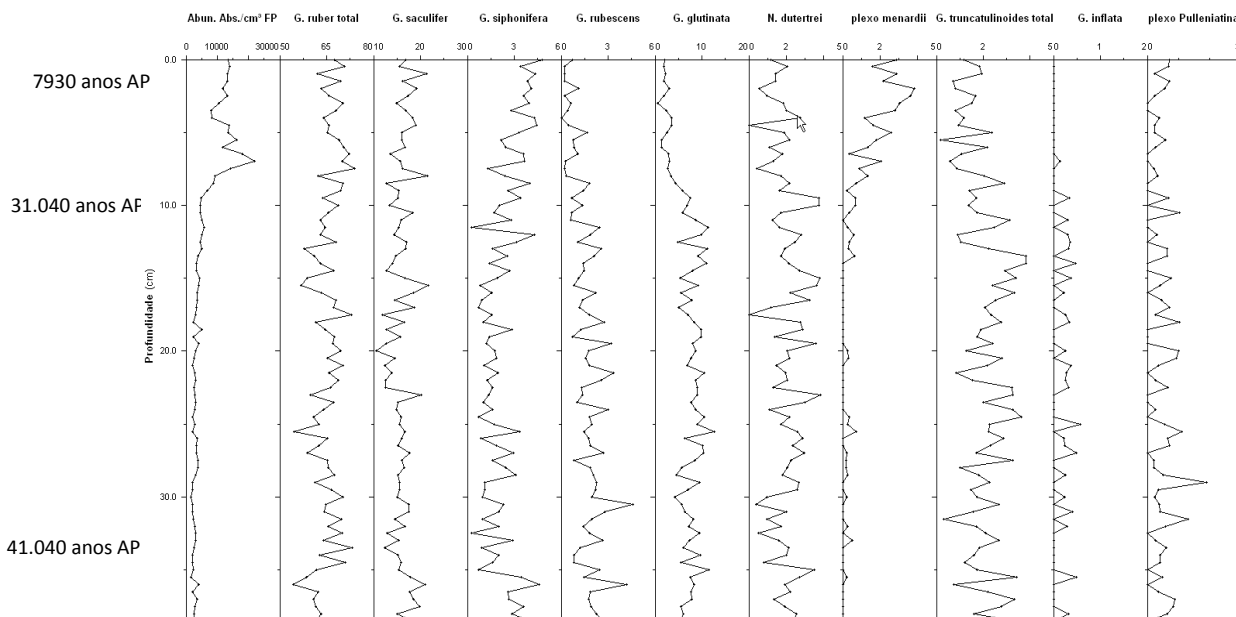


Figura 2 - Abundância das principais espécies de FP

padrões de formação das águas centrais de ambos oceanos Atlântico Sul e Atlântico Norte, influenciando a circulação termohalina interhemisférica. Estas oscilações na TSM podem ser causadas por interações termodinâmicas entre o oceano e a atmosfera (Chang *et. al.*, 1997).

Aumento na intensidade dos ventos SE, que influenciam a ressurgência de Benguela, foi observada por Kim e Schneider (2003). O fortalecimento desses ventos durante o Último Máximo Glacial e *Younger Dryas*, potencializou o efeito da ressurgência, com reduções na temperatura superficial do mar da ordem de 6°C, como observado por deMenocal *et. al.* (2000), diminuindo a profundidade da termoclina na costa africana. Em contrapartida, o fortalecimento deste campo de ventos empilhou a SEC junto ao continente sul-americano com reflexos na temperatura superficial do mar e aprofundando a termoclina da região.

Outros trabalhos também têm demonstrado que o gradual aquecimento do Atlântico tropical exerce influência sobre a Oscilação do Atlântico Norte (OAN). A OAN é um processo atmosférico envolvendo diferenças de pressão entre o Açores e a Islândia e que influencia principalmente o

continente europeu, podendo causar invernos mais quentes e úmidos ou frios e secos. Experimentos envolvendo modelagens em períodos de tempo mais recentes desenvolvidos por Hoerling *et. al.* (2001) e Rajagopalan *et. al.* (1998) demonstraram que oscilações na TSM nos trópicos afetam a atividade convectiva sobre a América do Sul, que por sua vez produz uma resposta na América do Norte, aparentando-se ao mecanismo atmosférico que atua sobre o Pacífico em anos de El-Niño, uma vez que a OAN e o El-Niño se conectam através de oscilações na célula de Walker.

5. CONCLUSÕES

A assembléia de FP e a TAM permitiram reconstruir a oscilação da temperatura média para os últimos 40.000 anos AP da região, que atinge valores de cerca de 1°C mais frios que as medidas atuais. Duas fases de oscilação foram identificadas, a primeira começando da base do testemunho (41.040 anos AP) até o centímetro 15 (31.040), onde a oscilação é mais alta e marcada por maiores abundâncias de *G. glutinata*, *N. dutertrei*, *G. truncatulinoides* e *G. inflata*, e a segunda do centímetro 15 até o topo onde a temperatura

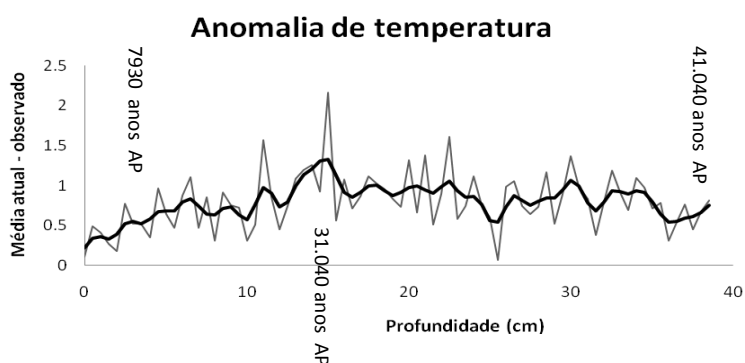


Figura 3 - Anomalia de temperatura para o Atlântico tropical oeste

se aproxima dos valores atuais, apresentando altas frequências de *G. ruber*, *G. sacculifer*, *G. siphonifera* e do plexo *menardii*.

Como descrito na literatura, alterações na TSM do Atlântico tropical estão relacionadas à organização dos padrões atmosféricos. Além disso, as oscilações da TSM podem ser apontadas como um dos fatores relacionados a variações nos índices pluviométricos do continente sul-americano e africano, reposicionamento da ZCIT e influencia sobre condições climáticas de altas latitudes (OAN) no hemisfério norte. Portanto, a TAM se apresentou como um ótimo recurso para reconstrução das oscilações térmicas da região.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arz, H. W., Pätzold, J., Wefer, G., 1999, The deglacial history of the western tropical Atlantic as inferred from high resolution stable isotope records off northeastern Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, n. 167, 105-117.
- Chang, P., Ji, L., Li, H. 1997. A decadal climate variation in Tropical Atlantic Ocean from thermodynamic air-sea interactions. *Nature*, vol. 385.
- deMenocal, P., Ortiz, J., Guilderson, T., Sarnthein, M. 2000. Coherent high and low latitude climate variability during the Holocene warm period. *Science*, vol. 288.
- Gersonde, R., Abelmann, G., Cortese, G., Becquey, S., Bianchi, C., Brathauer, U., Niebler, H.-S., Zielinski, U., Pätzold, J., 2003. The Late Pleistocene South Atlantic and Southern Ocean Surface – A Summary of Time-slice and Time-series Studies. In: Wefer G., Mulitza S., Ratmeyer, V. (Eds), 2003, *The South Atlantic in Late Quaternary: Reconstruction of Material Budgets and Current Systems*. Springer-Verlag, pp. 499-529.
- Hoerling, M. P., Hurrell, J. W., Xu, T. 2001. Tropical origins for recent North Atlantic Climate Change. *Science*, vol. 292.
- Kilpatrick, K.A., Podesta, G. P., Evans, R. 2001. Overview of the NOAA/NASA Advanced Very High Resolution Radiometer Pathfinder algorithm for sea surface temperature and associated matchup database, *J. Geophys. Res.-Oceans*, 106 (C5): 9179-9197.
- Kim, J. -H., Schneider, H. H. 2003. Low latitude control of interhemispheric sea-surface temperature contrast in the tropical Atlantic over the past 21 kyears: the possible role of SE winds. *Climate Dynamics*, vol. 21, pp. 337-347.
- Neth-Schäfer, C., Paul, A., 2003. The Atlantic Ocean at the Last Glacial Maximum: Objective Mapping of the GLAMAP Sea-Surface Conditions. In: Wefer, G., Mulitza, S., Ratmeyer, V. (Eds), 2003, *The South Atlantic in Late Quaternary: Reconstruction of Material Budgets and Current Systems*. Springer-Verlag, pp. 499-529.
- Rajagopalan, B., Kushnir, Y., Tourre, Y. M., 1998. Observed decadal midlatitudes and tropical Atlantic climate variability. *Geophysical Research Letters*, vol. 25, n. 21, pp. 3967-3970.