

O HOLOCENO MÉDIO NA PORÇÃO SUDESTE DA AMÉRICA DO SUL

Luciana F. Prado¹; Cristiano M. Chiessi²; Ilana Wainer¹

luciana.prado@usp.br

¹ - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo; ² - Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo

Instituto Oceanográfico, Praça do Oceanográfico, 191, Cidade Universitária, 05508-120
São Paulo - SP

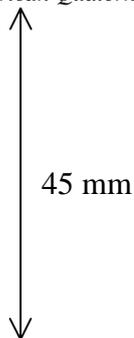
Palavras-chave: Holoceno médio, América do Sul, registros proxy, mudanças climáticas

1. INTRODUÇÃO

Para se detectar adequadamente alterações no clima, são necessárias medidas acuradas, sejam elas diretas ou indiretas, das variáveis climáticas. O método direto trata, basicamente, de medidas instrumentais, que só tiveram início no século XIX. Dentre os métodos indiretos, pode-se citar os registros *proxy*. Tais registros consistem de valores inferidos a partir de sinais biológicos, químicos e/ou físicos, preservados em materiais geológicos (Kucera et al., 2005), e podem ser utilizados para reconstruir indiretamente condições climáticas passadas.

Registros *proxy* podem ser obtidos de várias maneiras. Uma delas é por meio da análise da composição isotópica de carbono e oxigênio em microfósseis marinhos carbonáticos como os foraminíferos (Ravelo e Hillaire-Marcel, 2007). O que possibilita a análise de isótopos estáveis de carbono e oxigênio em foraminíferos fósseis é a presença de uma testa, que na maior parte dos casos apresenta composição carbonática muito sensível às condições ambientais (e.g., Hemleben et al., 1989). Edifícios coralinos também são compostos de carbonato de cálcio e, similarmente, por meio de análise de isótopos de oxigênio é possível inferir condições oceânicas passadas, como a temperatura da água do mar (e.g., Felis e Pätzold, 2004). Outro modo de se obter informações paleoclimáticas é por meio da análise das assembleias de pólenes, que permitem reconstituir o clima de determinada época através da flora que existiu em dada região (Faegri e Iversen, 1989).

As diversas técnicas disponíveis para se obter registros paleoclimáticos possuem incertezas e falhas, que variam em função de uma série de fatores. Por exemplo, a composição isotópica do oxigênio extraída da testa de foraminíferos planctônicos pode ser usada para se estimar as condições de temperatura e salinidade do oceano na época de calcificação da testa. No entanto, a razão isotópica também pode sofrer influência de: (1) condições anômalas de temperatura e salinidade vigentes no curto período de calcificação (de algumas semanas); (2) profundidade de calcificação na coluna d'água da espécie escolhida; (3) estágio ontogenético dos espécimes selecionados para análise; (4) morfotipos selecionados para a análise; e (5)



outros efeitos vitais intra-específicos. Além disso, após a deposição da testa, ainda podem ocorrer outros processos que influenciam o sinal isotópico, como: (1) bioturbação dos sedimentos; (2) dissolução parcial da testa; e (3) precipitação de compostos secundários nas testas (Mulitza et al. 2004).

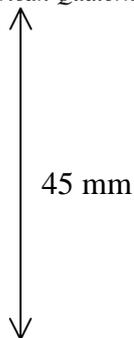
Outra questão a ser considerada é a diferença de resultados entre *proxies* de origens distintas. Na revisão de registros de alquenonas e paleotermometria por razão Mg/Ca em foraminíferos feita por Leduc et al. (2010), os autores observaram nos registros de alquenonas uma significativa diminuição na temperatura de superfície do mar (TSM) de latitudes altas, incluindo o Oceano Sul, e uma elevação na TSM de latitudes mais baixas em ambos os hemisférios ao longo do Holoceno. No entanto, o sinal para os dados de Mg/Ca apresentaram mais variabilidade do que o sinal obtido para os dados de alquenonas e ambos os sinais apresentaram, em alguns períodos, tendências opostas de temperatura para a mesma região. Neste caso, os autores sugeriram que os foraminíferos refletiriam as mudanças na temperatura de verão, enquanto que as alquenonas captariam as flutuações na temperatura de inverno.

De maneira a questionar a qualidade dos resultados obtidos por diferentes dados *proxy*, criou-se o projeto intitulado “Multiproxy Approach for the Reconstruction of the Glacial Ocean Surface” (MARGO, Kucera et al., 2005). O MARGO reuniu cientistas de diversos países com o intuito de se obter uma base de dados de TSM global e extensão do gelo marinho, providas de diferentes *proxies* para o Último Máximo Glacial (UMG), definido entre 19.000 e 23.000 anos calibrados antes do presente (anos cal. A. P.). A ideia principal era criar uma compilação de dados classificados de acordo com sua qualidade, de maneira a obter conjuntos harmonizados. Para isso, utilizaram um conjunto de dados recente como referência para a calibração, e classificaram os registros *proxy* em níveis que dependem da qualidade e método adotado no controle cronológico da amostra.

2. DISCUSSÃO

As alterações paleoclimáticas/paleoceanográficas na porção sudeste da América do Sul e do Oceano Atlântico adjacente foram o objeto de estudo com diferentes registros *proxy*. Alguns trabalhos utilizaram registros palinológicos (e.g., Ledru, 1993; Ledru et al., 1998, 2002, 2009; Behling et al., 2002, 2007; Wainer et al., 2005; Chiessi et al., 2010), outros, registros isotópicos em foraminíferos (e.g., Chiessi et al., 2007; Toledo et al., 2007; Chiessi et al., 2008, 2009), e outros, ainda, registros isotópicos em estalagmites (e.g. Cruz et al., 2005, 2007, 2009). Situado na porção leste da América do Sul, o bioma caracterizado pela Mata Atlântica possui grande diversidade florística, sendo superior à diversidade de algumas partes da floresta amazônica (Veblen et al., 2007). Sabe-se muito pouco acerca da origem destes altos índices de biodiversidade (Behling et al. 2007), que podem estar associados às mudanças climáticas ocorridas em épocas passadas.

Desta maneira, torna-se necessária a compilação de dados *proxy* existentes para esta região, principalmente durante o Holoceno médio (6.000 anos cal. A. P. - período interglacial), pois grande parte dos estudos de síntese disponíveis na literatura analisam o UMG. Considerando que atualmente nos encontramos em um período interglacial, é



extremamente importante a investigação dos mecanismos climáticos vigentes sob condições de contorno semelhantes (i.e., concentração na atmosfera dos gases de efeito estufa e extensão das geleiras), com a finalidade de se inferir possíveis mudanças climáticas futuras. Contudo, deve-se observar que a insolação durante o Holoceno médio era 6% maior (menor) no verão (inverno) do Hemisfério Norte (Kutzbach et al., 1998).

Assim, o principal objetivo deste trabalho será realizar uma compilação de dados paleoclimáticos com metodologia semelhante àquela empregada no projeto MARGO (Kucera et al., 2005), de forma a se classificar os registros *proxy* já existentes para a porção sudeste da América do Sul e oceano adjacente, durante o Holoceno médio, em níveis de qualidade e confiabilidade e compará-los com as condições climáticas registradas durante o Holoceno tardio. Além disso, pretende-se responder às seguintes questões: (1) É possível obter uma compilação multiproxy coerente para as condições climáticas vigentes na porção sudeste da América do Sul durante o Holoceno médio? (2) Registros *proxy* provenientes de diferentes arquivos paleoambientais e métodos refletem a mesma condição climática para o Holoceno médio na porção sudeste da América do Sul? (3) Se não, quais os pontos discordantes e possíveis causas?

REFERÊNCIAS

- Behling, H., 2002. Carbon storage increases by major forest ecosystems in tropical South America since the Last Glacial Maximum and the early Holocene. *Global and Planetary Change* 33, 107-116.
- Behling, H., Pillar, V. D., Müller, S. C., & Overbeck, G. E., 2007. Late-Holocene fire history in a forest-grassland mosaic in southern Brazil: implications for conservation. *Applied Vegetation Science* 10, pp. 81-90.
- Brenner, M., Hodell, D. A., Curtis, J. H., Rosenmeier, M. F., Binford, M. W., & Abbot, M. B., 2001. Abrupt climate change and pre-Columbian cultural collapse. In: *Interhemispheric climate changes*, ed. By Vera Markgraf, Academic Press, pp. 87-103.
- Chiessi, C. M., Mulitza, S., Pätzold, J., & Wefer, G., 2010. How different proxies record precipitation variability over southeastern South America. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 9, 012007, doi:10.1088/1755-1315/9/1/012007.
- Chiessi, C. M., Mulitza, S., Pätzold, J., Wefer, G., & Marengo, J. A., 2009. Possible impact of the Atlantic Multidecadal Oscillation on the South American summer monsoon. *Geophysical Research Letters* 36, L21707, 5 pp.
- Chiessi, C. M., Mulitza, S., Pätzold, J., Groeneveld, J., & Wefer, G. 2008. South Atlantic interocean exchange as the trigger for the Bolling warm event. *Geology* 36, pp. 919-922.



45 mm

- Chiessi, C. M., Ulrich, S., Mulitza, S., Pätzold, J., & Wefer, G., 2007. Signature of the Brazil-Malvinas Confluence (Argentine Basin) in the isotopic composition of planktonic foraminifera from surface sediments. *Marine Micropaleontology* 64, pp. 52-66.
- Cruz, F. W., Burns, S. J., Karmann, I., Sharp, W. D., Vuille, M., Cardoso, A. O., Ferrari, J. A., Dias, P. L. S., & Viana, O., 2005. Insolation driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. *Nature* 434, pp. 63-66
- Cruz, F. W., Burns, S. J., Jercinovic, M., Karmann, I., Sharp, W. D., & Vuille, M., 2007. Evidence of rainfall variations in Southern Brazil from trace element ratios (Mg/Ca and Sr/Ca) in a Late Pleistocene stalagmite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71, pp. 2250-2263, doi: 10.1016/j.gca.2007.02.005
- Cruz, F. W., Wang, X., Auler, A., Vuille, M., Burns, S. J., Edwards, L. R., Karmann, I., & Cheng, H., 2009. Orbital and Millennial-Scale Precipitation Changes in Brazil from Speleothem Records. In: *Past climate variability in South America and surrounding regions. Developments in Paleoenvironmental Research* 14, p. 1, pp. 29-60, doi: 10.1007/978-90-481-2672-9_2.
- Faegri, K., & Iversen, J., 1989. *Textbook of pollen analysis*. 4th ed. Blackburn Press, 328 pp.
- Felis, T., & Pätzold, J., 2004. Climate reconstructions from annually banded corals. In: Shiyomi, M., et al., (Eds.) *Global environmental change in the ocean and on land*, pp. 205-227.
- Hemleben, C., Spindler, M., & Erson, O. R., 1989. *Modern planktonic foraminifera*, Springer, Berlin, 363 pp.
- Kucera, M., Rosell-Melé, A., Schneider, R., Waelbroeck, C., & Weinelt, M., 2005. Multiproxy approach for the reconstruction of the glacial ocean surface (MARGO). *Quaternary Science Reviews* 24, pp. 813-819.
- Kutzbach, J., Gallimore, R., Harrison, S., Behling, P., Selin, R., & Laarif, F., 1998. Climate and biome simulations for the past 21.000 years. *Quaternary Science Reviews* 17, pp. 473-506.
- Ledru, M.-P., 1993. Late Quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. *Quaternary Research* 39, pp. 90-98.
- Ledru, M.-P., Bertaux, J., Sifeddine, A., & Suguio, K., 1998. Absence of Last Glacial Maximum recors in lowland tropical forests. *Quaternay Research* 49, pp. 233-237.



45 mm

- Ledru, M.-P., & Mouguiart, P., 2001. Late Glacial vegetation records in the Americas and climatic implications. In: *Interhemispheric climate changes*, ed. By Vera Markgraf, Academic Press, pp. 371-390.
- Ledru, M.-P., Mouguiart, P., Ceccantini, G., Turcq, B., & Sifeddine, A., 2002. Tropical climates in the game of two hemispheres revealed by abrupt climatic change. *Geology* 30, pp. 275-278.
- Ledru, M.-P., Mouguiart, P., C. Riccomini, 2009. Related changes in biodiversity, insolation and climate in the Atlantic rainforest since the last interglacial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 271, 140-152.
- Leduc, G., Schneider, R., Kim, J.-H., Lohmann, G., 2010. Holocene and Eemian sea surface temperature trends as revealed by alkenone and Mg/Ca paleothermometry. *Quaternary Science Reviews* 29, 989-1004.
- Mulitza S, Donner B, Fischer G, Paul A, Pätzold J, & Segl M., 2004. The South Atlantic oxygen-isotope record of planktic foraminifera. In Wefer G, Mulitza S, Ratmeyer V (eds) *The South Atlantic in the Late Quaternary: Reconstruction of Material Budgets and Current Systems*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 121-142
- Ravelo, A. C., & Hillaire-Marcel, C., 2007. The use of oxygen and carbon isotopes of foraminifera in paleoceanography. *Developments in Marine Geology* 1, 735-764, doi 10.1016/S1572-5480(07)01023-8.
- Toledo, F. A. L., Costa, K. B., & Pivel, M. A. G., 2007. Salinity changes in the western tropical South Atlantic during the last 30 kyr. *Global and Planetary Change* 57, pp. 383-395.
- Veblen, T. T., K. R. Young, A. R. Orme, 2007. *The physical geography of South America*. Oxford University Press, 361 pp.
- Wainer, I, G. Clauzet, Ledru, M.-P., 2005. Last Glacial Maximum in South America: Paleoclimate proxies and model results. *Geophysical Research Letters* 32, L08702, 4 pp., doi:10.1029/2004GL021244.