



Sucessão de Associações de Foraminíferos Bentônicos como Indicadoras de Variações Paleocenoográficas no Terraço de Torres (RS - Brasil) Durante o Quaternário Tardio
Succession of Benthic Foraminiferal Assemblages as Indicators of
Paleoceanographic Variations in the Terrace of Torres (RS - Brazil) During the Late Quaternary

Patricia Schmitt¹; André Rosch Rodrigues² & Carla Bonetti¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Oceanografia Costeira, OCN/CFM, Campus Reitor João David F. Lima, s/n, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

²Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Oceanografia e Ecologia, Laboratório de Oceanografia Geológica, Av. Fernando Ferrari, 514, Campus de Goiabeiras, Vitória, ES, 29075-910, Brasil.

paatishmitt@gmail.com; andre.rosch.rodrigues@gmail.com; carla.bonetti@ufsc.br

Recebido em: 10/07/2019 Aprovado em: 30/08/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_4_387_395

Resumo

Foraminíferos são protistas sensíveis a mudanças ambientais e atuam como paleoindicadores de características oceanográficas como temperatura, salinidade, fluxo de oxigênio, disponibilidade de nutrientes e gradiente de energia do meio. A identificação da sucessão de biofácies de foraminíferos bentônicos constitui assim uma metodologia útil na interpretação de processos paleocenoográficos. Amostras provenientes de dois testemunhos coletados no talude da porção norte da Bacia de Pelotas, posicionados em 1514 m e 2091 m de profundidade e com idades entre 112 e 7 ka foram analisadas quanto à densidade de testas, riqueza e abundância relativa das espécies. O objetivo da pesquisa foi avaliar como estes descritores responderam às grandes mudanças climáticas ocorridas ao longo dos cinco últimos estágios isotópicos marinhos. Foram identificados um total de 55 taxa ao longo destes testemunhos, com dominância de gêneros com hábito infaunal, tais como *Globocassidulina*, *Bulimina*, *Bolivina* e *Uvigerina* e a espécie *Trifarina angulosa*, sugerindo o predomínio de condições meso-eutróficas nesta área durante o período estudado. A análise de similaridade na abundância das espécies entre as amostras, segundo índice de Bray Curtis, levou ao reconhecimento de três associações ecológicas (compostas por um total de 14 famílias). Estas permitiram individualizar quatro zonas ecológicas distintas ao longo dos dois testemunhos, cuja sucessão temporal está sendo interpretada como resposta à influência de diferentes massas d'água e a variações no aporte de carbono para o compartimento bentônico entre períodos mais quentes e mais frios.

Palavras-chave: Paleoecologia; Atlântico Sul; Talude Continental

Abstract

Foraminifers are protists sensitive to environmental changes and used as paleoindicators of oceanographic characteristics such as temperature, salinity, dissolved oxygen content, organic matter availability and hydrodynamic conditions. The identification of the succession of benthic foraminifera biofacies is thus a useful methodology for the interpretation of paleoceanographic processes. Samples from two sediment cores from the slope of the northern portion of the Pelotas Basin, located at 1514 m and 2091 m water depth and with ages between 112 and 7 ka were analyzed for the density of tests, richness and relative abundance of species. The objective was to evaluate the response of these descriptors to the major climatic changes occurred in the last five marine isotopic stages. A total of 55 taxa were identified throughout the cores, with dominance of infaunal genera, such as *Globocassidulina*, *Bulimina*, *Bolivina* and *Uvigerina*, and the species *Trifarina angulosa*, suggesting the predominance of meso-eutrophic conditions in this area during the studied period. The analysis of similarity in species abundance among the samples, according to Bray Curtis index, led to the recognition of three ecological associations (composed of a total of 14 families). These allowed to individualize four distinct ecological zones along the two sediment cores, whose temporal succession is being interpreted as a response to the influence of different masses of water and variations in carbon input to benthic compartment between warmer and colder periods.

Keywords: Paleoecology; South Atlantic; Continental Slope

1 Introdução

Os fundos oceânicos são recobertos por sedimentos marinhos compostos de abundantes carapaças de microrganismos, dentre os quais se destacam os foraminíferos (Sen Gupta, 1999). Esses organismos são protistas unicelulares envoltos por uma carapaça, também denominada testa, e possuem ampla distribuição geográfica e temporal. A preservação destas carapaças no sedimento marinho torna estes organismos uma ferramenta importante para compreender as mudanças ambientais na Terra, pois suas associações refletem condições ambientais específicas (Sousa *et al.*, 2012).

A densidade de foraminíferos bentônicos, assim como riqueza, diversidade e dominância de espécies oportunistas, tem relação com a produtividade da zona fótica dos oceanos, sendo um dos melhores indicadores de fluxo de carbono no leito marinho utilizados em paleoceanografia (Jorissen *et al.*, 1992; Altenbach & Struck, 2001). A distribuição espacial e composição da fauna desses microrganismos também são influenciadas pelas características das massas d'água, como temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e nutrientes, e também o gradiente de energia do meio e as principais características do substrato (Murray, 2006; Vilela, 2011; Sousa *et al.*, 2012). Variações na frequência de foraminíferos ao longo do tempo permitem o estabelecimento de uma bioestratigrafia detalhada (Araújo & Machado, 2008), sendo assim, a identificação da sucessão de biofácies de foraminíferos bentônicos constitui uma metodologia útil na interpretação de processos paleoceanográficos.

O objetivo da pesquisa foi avaliar como os descritores populacionais e ecológicos (densidade de testas, riqueza, abundância relativa das espécies) responderam às grandes mudanças climáticas ocorridas ao longo dos cinco últimos Estágios Isotópicos Marinhos (EIM).

2 Área de Estudo

A Bacia de Pelotas está localizada na margem continental sul brasileira, oeste do Oceano Atlântico Sul, entre o Alto de Florianópolis (divisa com a Bacia de Santos) e o Alto do Polônio, no Uruguai (divisa com a Bacia de Punta del Este), ocupando uma área de cerca de 250.000 km² (Mohriak, 2003; Coimbra *et al.*, 2009; Petró, 2018). Diversas massas d'água

caracterizam os padrões oceanográficos do Atlântico Sudoeste, sendo que nas áreas mais profundas circulam a Água Intermediária Antártica (AIA), a Água Circumpolar Superior (ACS), a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e a Água Circumpolar Inferior (ACI). A APAN é caracterizada por altas concentrações de oxigênio e salinidade, dessa forma tem menor potencial de corrosão (Gerhardt *et al.*, 2000). A ACS e ACI são caracterizadas por baixas concentrações de oxigênio dissolvido, baixas salinidades, altos níveis de nutrientes dissolvidos (Stramma & England, 1999; Mémery *et al.*, 2000) e altas concentrações de CO₂ (Dittert *et al.*, 1999), sendo assim mais corrosivas. Na área de estudo, nos dias atuais, os sedimentos superficiais do testemunho SIS 249 sofrem maior influência da APAN, e os do testemunho SIS 188 estão na base da ACS (Figura 1).

3 Materiais e Métodos

O estudo foi realizado a partir da análise de dois testemunhos coletados no talude da Bacia de Pelotas em dezembro de 2007 pela Fugro Brasil – Serviços Submarinos e Levantamentos Ltda., contratada pela agência Nacional do Petróleo (ANP). O testemunho SIS 249 (30°5'06,39"S, 47°5'35,63"W) localiza-se a 2.091 metros de profundidade e teve 1,94 m da coluna sedimentar recuperada, porém os primeiros 50 cm superficiais (composto por areias siliciclásticas) foram descartados (Petró & Pivel, 2016). O testemunho SIS 188 (29°13'16,27"S, 47°17'1,76"W) está localizado mais ao norte e foi amostrado a uma profundidade de 1.514 metros da coluna de água (Figura 2). Deste testemunho foi possível recuperar 3,65 metros de sedimento, tendo iniciado a amostragem a partir dos 21 cm. Os testemunhos foram subamostrados a intervalos de 10 cm, aproximadamente, para as análises de foraminíferos bentônicos.

Os modelos de idade baseados na datação absoluta por radiocarbono de espécimes de foraminíferos planctônicos (*Globigerinoides ruber*) e a razão isotópica de oxigênio do foraminífero bentônico (*Uvigerina*) identificaram que o testemunho SIS 249 abrange do EIM 5 (112 ka) ao EIM 3 (30 mil anos), e o testemunho SIS 188 abrange do EIM 3 (47,5 ka) e EIM 1 (7 ka) (Petró & Pivel, 2016; Petró, 2018).

Sucessão de Associações de Foraminíferos Bentônicos como Indicadoras de Variações Paleocanográficas no Terraço de Torres (RS - Brasil) Durante o Quaternário Tardio

Patricia Schmitt; André Rosch Rodrigues & Carla Bonetti

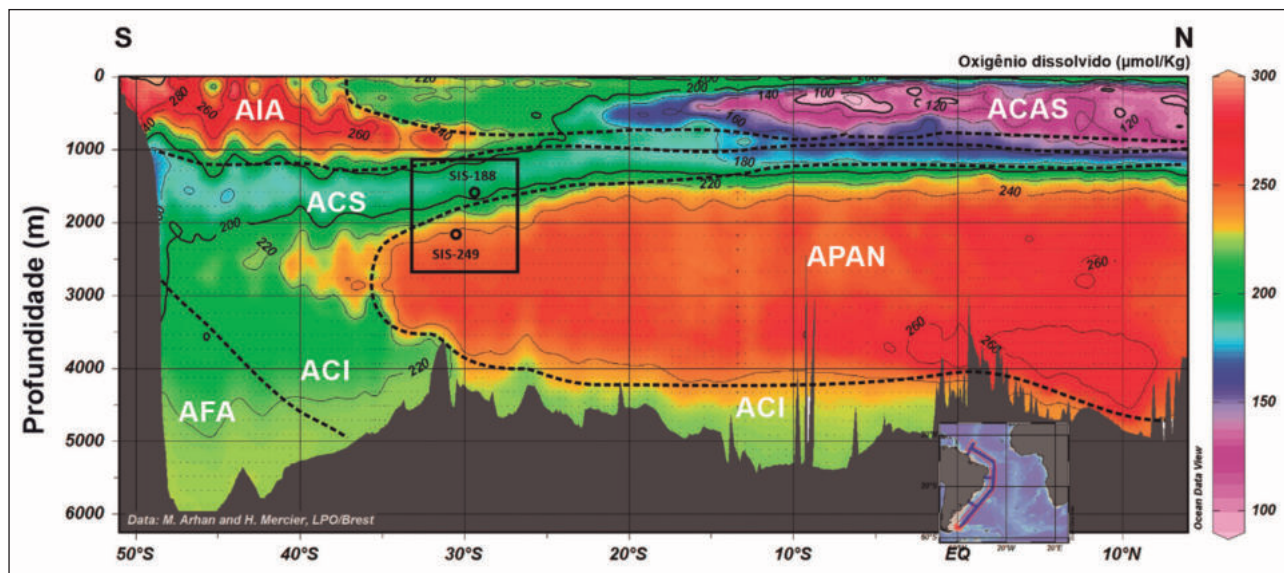


Figura 1 Distribuição das massas d'água atualmente e as posições dos testemunhos SIS 249 e SIS 188. No perfil são observadas a Água Intermediária Antártica (AIA), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Circumpolar Superior (ACS), Água Profunda do Atlântico Norte (APAN), Água Circumpolar Inferior (ACI) e Água de Fundo Antártica (AFA). Figura modificada de Almeida *et al.* (2015), baseada no teor de oxigênio dissolvido de um transecto ao longo do Oceano Atlântico Sudoeste (Electronic Atlas of WOCE Hydrographic: Schlitzer, 2000).

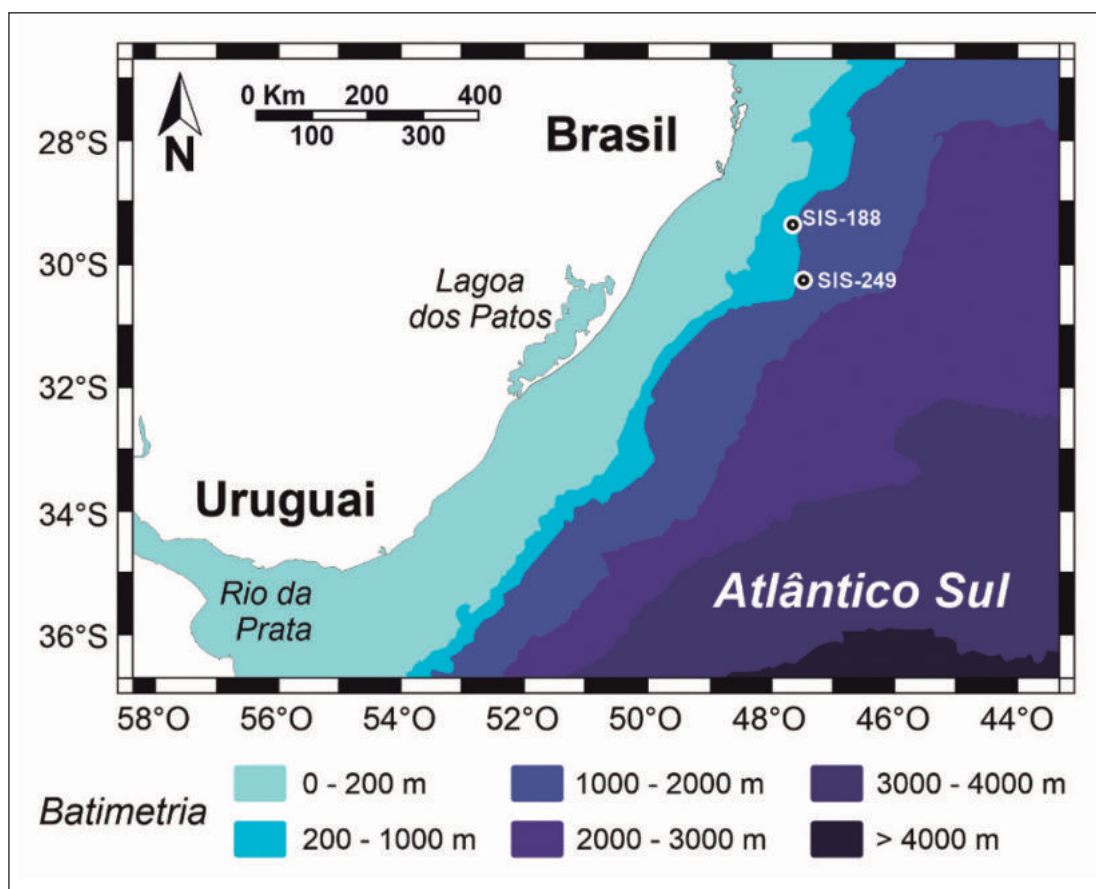


Figura 2
Localização dos
testemunhos
SIS 249 e SIS
188 no Oceano
Atlântico Sudo-
este (Bacia de
Pelotas).

3.1 Análises dos Foraminíferos Bentônicos

Inicialmente, foi pesada uma alíquota úmida de sedimento de cada amostra (~8 g), sendo então realizado o peneiramento a úmido em malha de 0,063 mm para separação das frações fina (silte e argila) e arenosa. Após a secagem, as amostras da porção arenosa foram pesadas novamente e peneiradas nas malhas de 500 e 125 µm. Devido à pequena quantidade de foraminíferos retidos na peneira de 500 µm, nesse estudo foram analisados todos indivíduos desta classe de tamanho. Em seguida, as amostras das frações 125 – 500 µm e 63 – 125 µm foram quarteadas utilizando um microquarteador e triadas até a obtenção de um mínimo de 300 testas de foraminíferos bentônicos por amostra.

A triagem e a identificação foram conduzidas sob estereomicroscópios com magnificação entre 60 e 400x. A classificação sistemática foi baseada em Loeblich & Tappan (1988) e Sen Gupta (1999). As espécies foram identificadas com o apoio de publicações especializadas, entre elas Souza *et al.* (2012), Debenay (2012), Milker & Schmiedl (2012) e Holbourn, *et al.* (2013), além do “World Register of Marine Species” – WoRMS (WoRMS, 2018). Após o processo de identificação, foram avaliados os seguintes descritores bióticos de cada amostra: densidade total (número de testas/g de sedimento), densidade de testas em cada classe de tamanho (> 500 µm; 125 – 500 µm; 63 – 125 µm), riqueza de táxons, riqueza de famílias, abundância relativa dos táxons, abundância relativa das famílias e frequência de ocorrência.

3.2 Análises Estatísticas

A análise de agrupamento em Modo R foi realizada para identificar associações ecológicas entre as famílias de foraminíferos bentônicos encontradas nos dois testemunhos e a análise em Modo Q para identificar as similaridades entre as amostras. Para tanto, foi construída uma matriz com as abundâncias relativas das famílias que ocorreram em duas ou mais amostras e apresentaram abundâncias acima de 1%. De modo a diminuir a heterogeneidade das variâncias e minimizar os desvios de ajuste à curva Normal, os valores desta matriz foram transformados em . Em seguida esta matriz foi usada para a análise de agrupamento Modo R e Q utilizando o coeficiente de similaridade Bray Curtis e a estratégia UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic*

Averages), utilizando os softwares PRIMER (Clarke & Warwick, 1994) e PAST (Hammer *et al.*, 2001).

4 Resultados

4.1 Descritores Ecológicos

Neste trabalho foram identificados 55 táxons, representados em 29 famílias diferentes. Para os estudos de associação ecológica, foram utilizadas as 14 famílias mais abundantes. Foram registradas, exclusivamente no testemunho SIS 188, 5 famílias: Cornuspiridae, Polymorphinidae, Siphoninidae, Spiroloculinidae e Turrilinidae.

Em todas as amostras de ambos os testemunhos ocorreram os gêneros *Bolivina*, *Bulimina*, *Globocassidulina* e *Uvigerina*, e as espécies *Alabaminella weddellensis*, *Epistominella exigua* e *Trifarina angulosa*. A maioria desses táxons tiveram também alta abundância relativa nas amostras. O gênero *Globocassidulina* foi o mais abundante em ambos os testemunhos, representando 22,6% dos foraminíferos bentônicos presentes no testemunho SIS 249 e 36,3% no testemunho SIS 188. Além destes táxons dominantes, apresentaram também abundância relativa acima de 5% as espécies *Alabaminella weddellensis* e *Epistominella exigua*, e os gêneros *Uvigerina* e *Cassidulina*.

A densidade de testas de foraminíferos bentônicos, no testemunho SIS 249, variou entre 1.808 e 8.096 testas/g de sedimento, apresentando estes valores nas idades de 78,7 e 37 mil anos, respectivamente. No testemunho SIS 188, a variação foi maior, com densidade mínima de 568 testas/g em 43,9 mil anos e a máxima de 11.606 testas/g de sedimento em 21,5 mil anos. O testemunho SIS 188 apresentou uma tendência crescente ao longo da coluna sedimentar, enquanto o testemunho SIS 249 não apresentou nenhuma tendência (Figura 3).

4.2 Zonação Paleoambiental

A análise de agrupamento MODO R identificou três associações de famílias conforme suas respectivas abundâncias relativas e frequências de ocorrência, enquanto em Modo Q, reuniu as amostras similares entre si em quatro grupos distintos. Os dendrogramas gerados a partir desta análise estão apresentados na Figura 4.

Sucessão de Associações de Foraminíferos Bentônicos como Indicadoras de Variações Paleoclimáticas no Terraço de Torres (RS - Brasil) Durante o Quaternário Tardio

Patricia Schmitt; André Rosch Rodrigues & Carla Bonetti

Figura 3
Distribuição dos valores de densidade total de testas (número de foraminíferos bentônicos/g de sedimento) ao longo do testemunho SIS 249 (A) e do testemunho SIS 188 (B). Riqueza de famílias ao longo do SIS 249 (C) e do SIS 188 (D).

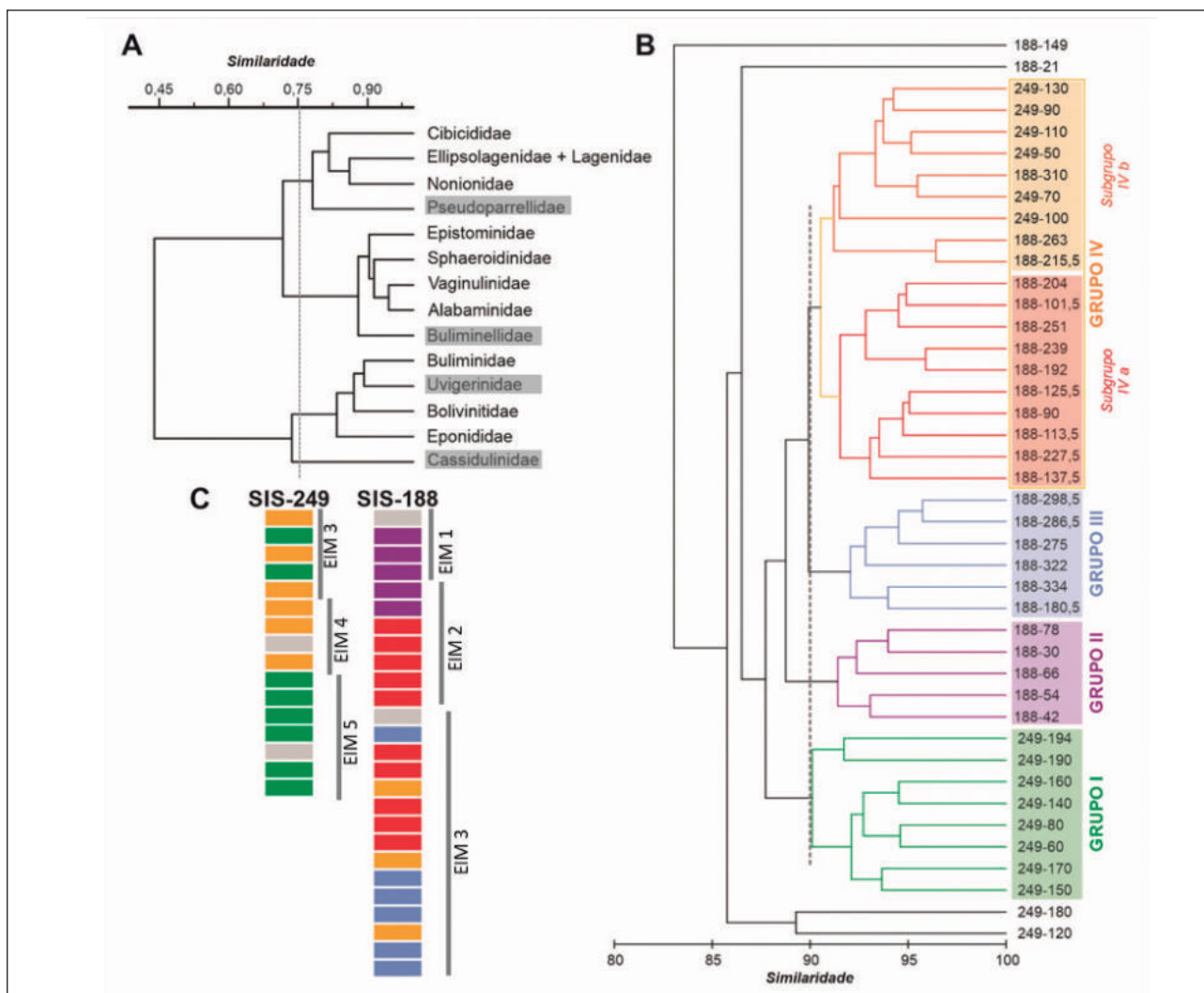
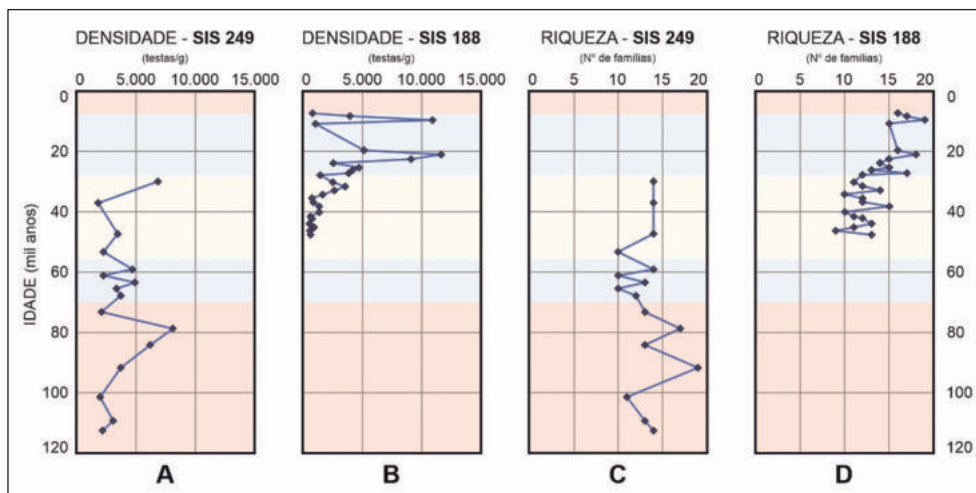


Figura 4 Dendrogramas obtidos a partir de matriz de similaridade de Bray-Curtis. (A) Modo R: formação de três associações ecológicas e uma família isolada; (B) Modo Q: individualização de quatro grupos de amostras; (C) Representação dos subambientes ao longo dos testemunhos e respectivas amostras dos testemunhos SIS 249 e SIS 188.

As associações ecológicas foram formadas de acordo com a importância das taxa na composição das amostras. A família Cassidulinidae, representando o taxa dominante em ambos os testemunhos, ficou isolada das demais (Figura 4). A Associação Uvigerinidae caracterizou-se por reunir famílias com alta abundância, enquanto a Associação Buliminellidae, reuniu as menos abundantes. A Associação Pseudoparrellidae apresentou valores de abundância relativa intermediários.

Em relação ao agrupamento das amostras ao longo dos testemunhos (Figura 4), o Grupo I foi exclusivo do testemunho SIS 249 e agrupou as amostras da base, pertencentes ao estágio interglacial EIM 5 e duas amostras do EIM 3 (interstadial). Destacam-se como características comuns a estas amostras: o aumento da representatividade da Associação Buliminellidae, sobretudo da família Alabaminidae; altos teores de carbonato e menor percentual de sedimentos finos de origem terrígena.

O Grupo II reuniu as amostras representativas do final do período glacial EIM 2 e início do interglacial EIM 1 (topo do testemunho SIS 188). Caracteriza-se pelo aumento da importância das famílias Cibicididae (principalmente pela abundância do gênero *Cibicoides wuellerstorfi*) e Epistominidae (gênero *Hoeglundina*), assim como dos táxons uniloculares (Ellipsolagenidae e Lagenidae). Esse

grupo apresentou as maiores médias de riqueza e de densidade total de testas. Os teores de carbonato foram ligeiramente mais altos.

O Grupo III foi exclusivo da base do testemunho SIS 188, representando o início do período interstadial EIM 3. Apresentou maior representatividade das famílias Uvigerinidae e Pseudoparrellidae, caracterizando-se pelos baixos teores de carbonato, menor densidade total de testas e menor riqueza de táxons e famílias.

O Grupo IV foi subdividido de modo a reunir as amostras da porção intermediária do SIS188 (entre EIM 3 e 2) como subgrupo IVa e as amostras da porção superior do SIS 249 (EIM 4 e 3) como subgrupo IVb. Como característica geral deste grande grupo destaca-se a maior dominância da família Cassidulinidae. O subgrupo IVa apresentou valores médios maiores de abundância relativa das famílias Eponididae (gênero *Alabaminella*) e Pseudoparrellidae (*Epistominella*). Assim como o grupo I (EIM 5), o subgrupo IVa também apresentou altos teores de carbonato. Destaca-se neste subgrupo também a maior dominância do gênero *Globocassidulina*. O Subgrupo IVb diferenciou-se do IVa pelo aumento da abundância das famílias Bolivinitidae e Buliminidae. Na figura 5 são apresentadas as famílias cuja abundância contribuíram para diferenciar estes grupos ao longo do tempo.

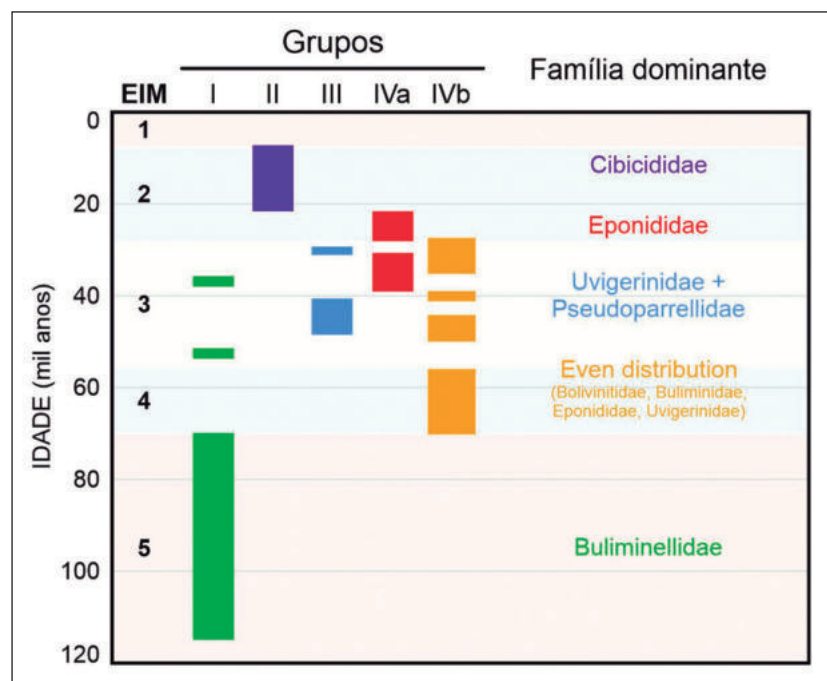


Figura 5
Distribuição dos grupos de amostras individualizados na Análise de Agrupamento e das respectivas famílias dominantes ao longo dos estágios isotópicos marinhos (EIM).

5 Discussão

O presente estudo discute a distribuição dos foraminíferos bentônicos nos últimos 112 ka. As amostras da base do testemunho mais antigo (SIS 249) são representativas do final do EIM 5 e as amostras do topo do testemunho mais recente (SIS188) abrangem o início do EIM 1. A terminações destes períodos foram definidas de acordo com Railsback *et al.* (2015). As amostras provenientes dos períodos interglaciais (EIM 5 e 1) caracterizaram-se, em termos gerais, pelo maior percentual de sedimentos finos de origem terrígena e maiores valores de carbonato. A relação entre temperatura e teores de carbonato total é explicada por Suguio (2010) e foi discutida para estes testemunhos previamente por Petró (2018).

Em relação a distribuição faunística, *Globocassidulina* é o gênero dominante ao longo de todo o período abrangido em ambos os testemunhos. Os gêneros *Bolivina*, *Bulimina*, *Uvigerina* e as espécies *Alabaminella weddellensis*, *Epistominella exigua* e *Trifarina angulosa* (*Angulogerina angulosa*) são também importantes. Composição faunística semelhante a esta já foi relatada para o talude da Bacia de Campos e Bacia de Santos (Sousa *et al.*, 2006; Burone *et al.* 2011; Mello e Sousa *et al.*, 2017). Os altos valores de abundância de gêneros infaunais como *Bulimina* e *Bolivina* indicam predomínio de altas concentrações de nutrientes e baixos valores de oxigênio, sugerindo ambiente deposicional com características meso-eutróficas (Martins *et al.*, 2006; Eichler *et al.*, 2008; Nagai *et al.*, 2009).

As associações faunísticas obtidas a partir da abundância relativa das principais famílias permitiram identificar zonas ecológicas diferentes. O intervalo entre o final do EIM 5 e o início do EIM 4 caracteriza-se pelo aumento da participação da Associação Buliminellidae e também do gênero *Uvigerina*. Segundo Murray (2006), a maior abundância dos gêneros *Uvigerina* e *Trifarina* é uma característica de períodos interglaciais, sendo este último gênero mais dependente de sedimentos mais arenosos para se desenvolver.

O período compreendido pelo EIM 4 e EIM 3 se diferenciou pela maior importância de Cassidulinidae, Eponididae e Pseudoparrellidae, destacando-se as espécies epifaunais *E. exigua* e *A. weddellensis*.

As variações encontradas na proporção das espécies de epifauna e infauna ao longo do SIS249 foram analisadas por Rodrigues *et al.* (2018). Os autores relatam uma tendência crescente na importância das espécies de epifauna entre o MIS 5 e o MIS 3, relacionando-a ao aumento do aporte de fitodetritos da zona eufótica, compatível com o aumento da produtividade primária registrado durante os períodos mais frios.

Entre o final do EIM 3 e o EIM 2 aumentou o percentual de sedimentos finos litoclásticos, sugerindo maior influência de aporte continental, o que é condizente com uma condição do nível do mar mais baixo durante o Último Máximo Glacial, conforme também discutido por Petró (2018). Na transição entre EIM 2 (final do Pleistoceno) e EIM 1 (Holoceno) a família Cibicididae ganhou importância, sobretudo gênero *Cibicoides wuellerstorfi* e subfamília Cibicidinae. Estes taxa são conhecidos por ocorrerem em ambientes com correntes de fundo mais fortes (comuns em períodos de degelo) e maior oxigenação dos sedimentos (Sousa *et al.*, 2006). Entende-se que as espécies da família Cibicididae sejam suspensivora-passivas (Murray, 2006), que se alimentam das partículas em suspensão na água, e que a maior intensidade de fluxo junto ao fundo seja responsável pelo maior aporte de matéria orgânica refratária na área, permitindo o melhor desenvolvimento desta família.

O início do Holoceno também se diferenciou pela maior abundância de *Hoeglundina elegans*, conforme já relatado anteriormente também por Petró (2018). Esta espécie possui a carapaça aragonítica, sendo mais sensível à corrosividade das águas (Nakajima *et al.*, 2017; Gonzales *et al.*, 2017). Assim, sua maior abundância EIM 1 corrobora as pesquisas que caracterizam as águas de fundo nos períodos interglaciais como menos corrosivas (Kimoto *et al.* 2003). No entanto, sua baixa abundância no testemunho SIS 249 durante o EIM 5 não permite explicar a presença desta espécie considerando apenas a condição de ser um período interglacial.

6 Conclusões

Com este trabalho foi possível individualizar quatro zonas ecológicas distintas ao longo de dois testemunhos coletados no talude continental da

Bacia de Pelotas e representativos do período compreendido entre o final do Pleistoceno e o início do Holoceno. Os testemunhos analisados representam diferentes períodos de deposição e acredita-se que as mudanças observadas na distribuição e abundância dos taxa ao longo destes sejam reflexo de diferentes condições paleocanográficas induzidas pelos ciclos glaciais. O testemunho SIS 249 foi depositado entre os EIM 5 e EIM 3, enquanto o testemunho SIS 188 abrange os EIM 3 a EIM 1. Ao longo de ambos os testemunhos, a família Cassidulinidae apresenta-se como dominante, ressaltando-se a importância do gênero *Globocassidulina* nesta área. O final do EIM 5 caracteriza-se pelo aumento da importância da família Buliminellidae, enquanto nos EIM 4 e EIM 3 destacam-se as famílias Uvigerinidae, Pseudoparrellidae e Eponidae. No EIM 2 e início do EIM 1 aumenta a importância dos espécimes pertencentes as famílias Epistominidae e Cibicidae. A sucessão temporal da fauna de foraminíferos bentônicos foi interpretada como uma resposta à influência de diferentes massas d'água e as variações no aporte de carbono proveniente das águas superficiais entre períodos mais quentes e mais frios. Estes últimos reconhecidos pelo aumento da produtividade marinha.

7 Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Profa. María Alejandra G. Pivel e ao Dr. Sandro M. Petró, responsáveis pela descrição e subamostragem dos testemunhos, definição dos modelos de idade e contribuições no projeto de pesquisa que levaram a este trabalho. Nossos agradecimentos também aos revisores do artigo pela leitura cuidadosa e sugestões que contribuíram para a melhoria do mesmo. O trabalho contou com o apoio técnico do LCME/UFSC para o uso do Microscópio Eletrônico de Varredura. Essa pesquisa foi financiada pelo programa IODP-CAPES Brasil (88887.091728/2014-01), sendo parte da dissertação de mestrado da autora principal que recebeu bolsa de mestrado pela FAPESC (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina) e do pós-doutorado do segundo autor, que contou com bolsa do Programa IODP/CAPES (Coordenadoria de Aperfeiçoamento ao Pessoal de Nível Superior).

8 Referências

- Altenbach, A.V. & Struck, U. 2001. On the coherence of organic carbon flux and benthic foraminiferal biomass. *Journal of Foraminiferal Research*, 31(2): 79–85.
- Araújo, T.M.F. & Machado, A.J. 2008. Eventos bioestratigráficos, paleoclimáticos e paleobatimétricos do talude continental superior da Bahia, evidenciados através do estudo da fauna de foraminíferos. *Gravel*, 6(1): 27–45.
- Burone, L.; Mello e Sousa, S. H, Mahiques, M. M.; Valente, P.; Ciotti, A.; Yamashita, C. 2011. Benthic foraminiferal distribution on the southeastern Brazilian shelf and upper slope. *Marine Biology* 158: 159-179.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation. *Natural Environment Research Council*, UK, 144p.
- Coimbra, J.C.; Carreno, A.L. & Anjos-Zerfass, G.S. 2009. Biostratigraphy and paleoceanographical significance of the Neogene planktonic foraminifera from the Pelotas Basin, southernmost Brazil. *Revue de Micropaléontologie*, 52(1): 1–14.
- de Almeida, F.K.; de Mello, R.M.; Costa, K.B. & Toledo, F.A.L. 2015. The response of deep-water benthic foraminiferal assemblages to changes in paleoproductivity during the Pleistocene (last 769.2 kyr), western South Atlantic Ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 440: 201–212.
- Debenay, J.P. 2012. *A guide to 1,000 foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia*. Marseille, IRD Editions, 378p.
- Dittert, N.; Baumann, K.H.; Bickert, T.; Henrich, R.; Huber, R.; Kinkel, H. & Meggers, H. 1999. Carbonate Dissolution in the Deep-Sea: Methods, Quantification and Paleoceanographic Application. In: FISCHER, G. & WEFER, G. (eds.). *Use of Proxies in Paleoclimatology: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag, p. 255–284.
- Eichler, P.P.B.; Sen Gupta, B.K.; Eichler, B.B.; Braga, E.S.; Campos, E.J. 2008. Benthic foraminiferal assemblages of the South Brazil: relationship to water masses and nutrient distributions. *Campos Continental Shelf Research* 28: 1674-1686.
- Gerhardt, S.; Groth, H.; Rühlemann, C. & Henrich, R. 2000. Aragonite preservation in late Quaternary sediment cores on the Brazilian Continental Slope: implications for intermediate water circulation. *International Journal of Earth Sciences*, 88(4): 607–618.
- Gonzales, M.V.; de Almeida, F.K.; Costa, K.B.; Santarosa, A. C.A.; Camillo Jr, E.; de Quadros, J.P. & Toledo, F.A. 2017. HelP index: *Hoeglundina elegans* preservation index for marine sediments in the western South Atlantic. *Journal of Foraminiferal Research*, 47(1): 56–69.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Versão 2.17c. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9p. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>.
- Holbourn, A., Henderson, A.S. & MacLeod, N. 2013. *Atlas of benthic foraminifera*. Londres, John Wiley & Sons, 642p.
- Jorissen, F.J.; Barmawidjaja, D.M. & Van der Zwaan, C.J. 1992. Vertical distribution of benthic foraminifera in the north-

Sucessão de Associações de Foraminíferos Bentônicos como Indicadoras de Variações Paleocianográficas no Terraço de Torres (RS - Brasil) Durante o Quaternário Tardio

Patricia Schmitt; André Rosch Rodrigues & Carla Bonetti

- ern Adriatic Sea: The relation with organic flux. *Marine Micropaleontology*, 19: 131–146.
- Kimoto, K.; Takaoka, H.; Oda, M.; Ikehara, M.; Matsuoka, H.; Okada, M.; Oba, T. & Taira, A. 2003. Carbonate dissolution and planktonic foraminiferal assemblages observed in three piston cores collected above the lysocline in the western equatorial Pacific. *Marine Micropaleontology*, 47: 227–251.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. New York, Van Nostrand Reinhold, 970 p., 847 plates.
- Martins, V.; Jouanneau, J.; Weber, O.; Rocha, F. 2006. Tracing the late Holocene evolution of the NW Iberian upwelling system. *Marine Micropaleontology* 59: 35-55.
- Mello e Sousa, S.H.; Yamashita, C.; Nagai, R.H.; Martins, M. V.A.; Ito, C.; Vicente, T., Taniguchi, N.; Burone, L.; Fukumoto, M.; Aluizio, R.; Koutsoukos, E.A.M. 2017. Foraminíferos bentônicos no talude continental, Platô de São Paulo e cânions da Bacia de Campos. 2017. In: Falcão, A.P.C., Lavrado, H.P., editoras. Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. *Habitats*, v. 3. p. 111-144.
- Mémery, L.; Arhan, M.; Alvarez-Salgado, X.A.; Messias, M.J.; Mercier, H.; Castro, C.G. & Rios, A.F. 2000. The water masses along the western boundary of the south and equatorial Atlantic. *Progress in Oceanography*, 47(1): 69–98.
- Milker, Y. & Schmiedl, G. 2012. A taxonomic guide to modern benthic foraminifera of the western Mediterranean Sea. *Palaeontologia electronica*, 15(2): 1–134.
- Mohriak, W.U. 2003. Bacias sedimentares da margem continental Brasileira. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M. & GONÇALVES, J.H. (eds.). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. CPRM, p. 87–165.
- Murray, J. 2006. *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge, Cambridge University Press, 426p.
- Nagai, R.H.; Sousa, S.H.M.; Burone, L.; Mahiques, M.M.. 2009. Paleoproductivity changes during the Holocene in the inner shelf of Cabo Frio, southeastern Brazilian continental margin: benthic foraminifera and sedimentological proxies. *Quaternary International* 206: 62-71.
- Nakajima, K.; Suzuki, M.; Nagai, Y.; Izumida, K.; Oaki, Y.; Toyofuku, T.; Bijima, J.; Nehrke, G.; Raitzsch, Tani, K.; Imai, H. 2017. Hierarchical textures on aragonitic shells of the hyaline radial foraminifer *Hoeglundina elegans*. *CrystEngComm*, 19: 7191.
- Petró, S.M. & Pivel, M.A.G. 2016. O registro de foraminíferos planctônicos nas oscilações latitudinais da confluência Brasil-Malvinas no Quaternário Tardio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 48, Porto Alegre, 2016. Anais do 48º Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. Disponível em: <http://cbg2017anais.siteoficial.ws/st28/ID6812_110319_52_Resumo_48_CBG_Petro_et_al_2016.pdf>. Acesso em: 02/07/2019.
- Petró, S.M. 2018. *Dissolução de foraminíferos quaternários do Atlântico Sul: da perda de CaCO₃ ao ganho de informação paleocianográfica*. Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 146p.
- Railsback, L.B.; Gibbard, P.L.; Head, M.J.; Voarintsoa, N.R.G. & Toucanne, S., 2015. An optimized scheme of lettered marine isotope substages for the last 1.0 million years, and the chronostratigraphic nature of isotope stages and substages. *Quaternary Science Reviews* 111: 94-106
- Rodrigues, A.R.; Pivel, M.A.G.; Schmitt, P.; de Almeida, F.K. & Bonetti, C. 2018. Infaunal and epifaunal benthic foraminifera species as proxies of organic matter paleofluxes in the Pelotas Basin, south-western Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*, 144: 38-49.
- Sen Gupta, B.K. 1999. Introduction to modern Foraminifera. In: SEN GUPTA, B.K. (ed.). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic, p. 3–6.
- Sousa, S.H.D.M.; Passos, R.F.; Fukumoto, M.; da Silveira, I. C.A.; Figueira, R.C.L.; Koutsoukos, E.A. & Rezende, C.E. 2006. Mid-lower bathyal benthic foraminifera of the Campos Basin, Southeastern Brazilian margin: Biotopes and controlling ecological factors. *Marine Micropaleontology*, 61(1-3): 40–57.
- Sousa, S.H.M.; Passos, R.F.; Burone, L.; Barbosa, V.P.; Mahiques, M.; Alves, D.P.V. & Koutsoukos, E.A.M. 2012. *Foraminíferos Planctônicos e Bentônicos: da Plataforma e Talude Continental do Atlântico Sudoeste, entre 19° - 33° S*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 165p.
- Stramma, L. & England, M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 104(C9): 20.863–20.883.
- Suguio, K. 2010. *Geologia do Quaternário e mudanças climáticas*. São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 408p.
- Vilela, C.G. 2011. Foraminíferos. In: CARVALHO, I.S. (ed.). *Paleontologia: microfósseis, paleoinvertebrados*. Editora Interciências, p. 53–69.
- WoRMS 2018. World Register of Marine Species. Disponível em <<http://www.marinespecies.org>> em VLIZ. (DOI: 10.14284/170).