

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AISLYN ALVARENGA

VARIAÇÕES DE PALEOPRODUTIVIDADE NO TALUDE CONTINENTAL SUDESTE
BRASILEIRO NO HOLOCENO TARDIO

PONTAL DO PARANÁ

2017

AISLYN ALVARENGA

VARIAÇÕES DE PALEOPRODUTIVIDADE NO TALUDE CONTINENTAL SUDESTE
BRASILEIRO NO HOLOCENO TARDIO

Monografia apresentada ao curso de Oceanografia, Setor de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de bacharela em Oceanografia.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Renata Hanae Nagai

PONTAL DO PARANÁ

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

Aislyn Alvarenga

“VARIÇÕES DE PALEOPRODUTIVIDADE NO TALUDE CONTINENTAL SUDESTE BRASILEIRO NO HOLOCENO TARDIO”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Prof.^a. Dr.^a. Silvia Helena de Mello e Sousa - IO/USP

Dr.^a. Sibelle Trevisan Disaró - UFPR

Prof.^a. Dr.^a. Silvia Pedroso Melegari - CEM/UFPR



Renata H. Nagai

Prof.^a. Dr.^a. Renata Hanae Nagai
Presidente

Pontal do Paraná, 06/12/2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe Valéria por me ensinar a amar a natureza, meu pai Fábio e minha vó Irma, por sempre estarem perto mesmo estando longe e pelo apoio incondicional em todos os momentos. Agradeço também aos demais familiares pelo incentivo ao longo da vida universitária.

Aos amigos que Pontal me proporcionou, principalmente Camila, Érika, Chris, Bruno, Maria, Letícia e Estela que se tornaram muito importantes e levarei para o resto da vida.

A professora Renata Hanae Nagai, pela orientação, paciência e dedicação e por ser um exemplo de docente.

Aos colegas do LabPaleo² e aos professores e funcionários do Centro de Estudos do Mar que contribuíram de alguma forma para a minha formação profissional e pessoal.

A Profa. Dra. Silvia Helena de Mello e Sousa por ceder as amostras utilizadas neste trabalho.

A PRAE e ao CNPq (processo n° 409749/2016-8) pelos auxílios financeiros que tornaram possível a realização deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho dois registros sedimentares marinhos, coletados no talude continental da margem Sul/Sudeste brasileira, foram investigados quanto ao seu conteúdo de foraminíferos bentônicos com o objetivo de melhor compreender as variações da paleoprodutividade oceânica nos últimos 3000 anos cal AP. A região de estudo sofre influencia da ressurgência de quebra de plataforma causada pelos vórtices e meandramentos da Corrente do Brasil. O material utilizado provém dos testemunhos NAP63-2 (NAP63-2 24,84 °S, 44,319 °W, 840 m), sob o domínio da Água Intermediária Antártica, e NAP68-2 (25,792 °S, 45,022 °W, 1393 m) sob o domínio a Água Profunda do Atlântico Norte. Os dados microfaunísticos foram obtidos na fração >125 µm em amostras de sedimento selecionadas ao longo dos testemunhos com espaçamento regular de aproximadamente 500 anos. Foram utilizados índices ecológicos como Riqueza (S), Índice de diversidade de Shannon (H') e Equitatividade de Pielou (J'); além dos índices de produtividade BFAR - *Benthic Foraminifera Accumulation Rates* e o BFHP - *Benthic Foraminifera High Productivity*. A partir da análise de agrupamento (Modo-R) foi possível identificar associações de foraminíferos bentônicos compostas principalmente por espécies infaunais, detritívoras e que suportam baixa oxigenação. Com base nas associações, também foi possível identificar três fases de paleoprodutividade na região: de 3000 a 2000 anos cal AP, onde o assoalho oceânico recebeu aporte episódico de matéria orgânica lábil; de 2000 a 1000 anos cal, marcado por fluxo variável de matéria orgânica relativamente menos lábil e águas de fundo relativamente mais oxigenadas; e de 1000 anos cal AP ao Recente, com alto aporte de matéria orgânica lábil e menores níveis de oxigenação. Nossos dados sugerem que as variações de produtividade da margem S/SE brasileira no Holoceno tardio estão associadas, principalmente, a variações na ressurgência de quebra de plataforma, resultantes de mudanças na intensidade da Corrente do Brasil.

Palavras chave: Foraminíferos bentônicos. Paleoprodutividade. Talude continental. Margem continental S/SE brasileira. Holoceno tardio.

ABSTRACT

In this work two marine sediment cores, collected on the continental slope of the Brazilian South/Southeast margin, were investigated for their benthic foraminifera content to better understand the variations of oceanic paleoproductivity in the last 3000 years. The study area is influenced by shelf break upwelling caused by the eddies and meanderings of the Brazil Current. The material used comes from the NAP63-2 (24.84 °S, 44.319 °W, 840 m) under the domain of the Antarctic Intermediate Water, and NAP68-2 (25.792 °S, 45.022 °W, 1393 m) under the North Atlantic Deep Water domain. Benthic foraminifera data was obtained in the fraction >125 µm from selected sediment samples distributed along the core with a 500-yr regular spacing. Ecological indices such as species Richness (S), Shannon diversity index (H') and Pielou equitability (J') were used; in addition to BFAR - Benthic Foraminifera Accumulation Rates and BFHP - Benthic Foraminifera High Productivity. From cluster analysis (R-mode) it was possible to identify associations of benthic foraminifera mainly composed of infaunal species, detritivorous and that support low oxygenation. Based on the associations, it was also possible to identify three phases of paleoproductivity in the region: from 3000 to 2000 years cal BP, where the ocean floor received episodic contribution of labile organic matter; from 2000 to 1000 cal BP, marked by variable flow of relatively less labile organic matter and relatively more oxygenated bottom waters; and of 1000 years cal BP to Recent, with high contribution of labile organic matter and lower levels of oxygenation. Our data suggest that the productivity variations in the S/SE Brazilian margin during the late Holocene are mainly associated with variations in shelf break upwelling, resulting from changes in the intensity of the Brazil Current.

Keywords: Benthic foraminifera. Paleoproductivity. Continental slope. S/SE Brazilian continental margin. late Holocene.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 PRODUTIVIDADE OCEÂNICA	11
3.2 PROXIES MICROPALEONTOLÓGICOS	11
3.3 MARGEM CONTINENTAL SUDESTE BRASILEIRA.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	15
4.2 COLETA DO MATERIAL.....	16
4.3 CRONOLOGIA	16
4.4 ANÁLISES MICROPALEONTOLÓGICAS.....	17
4.5 ANÁLISE DOS DADOS	17
5. RESULTADOS	19
5.1 CRONOLOGIA	19
5.2 TESTEMUNHO NAP63-2	20
5.3 TESTEMUNHO NAP68-2	22
6. DISCUSSÃO	25
7. CONCLUSÃO.....	29
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
9. REFERÊNCIAS	31
APÊNDICE I – DISTRIBUIÇÃO AO LONGO DOS ÚLTIMOS 3000 ANOS CAL AP DA ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS ESPÉCIES REPRESENTATIVAS DO TESTEMUNHO NAP63-2.....	36
APÊNDICE II - TABELA DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS NO NAP63-2 E NAP68-2 COM O MICROHABITAT E HÁBITOS ALIMENTARES	37
APÊNDICE III - DISTRIBUIÇÃO AO LONGO DOS ÚLTIMOS 3000 ANOS CAL AP DA ABUNDÂNCIA DAS ESPÉCIES REPRESENTATIVAS DO TESTEMUNHO NAP68-2.....	42
APÊNDICE IV – ESPÉCIES REPRESENTATIVAS E SUAS CARACTERÍSTICAS..	43

1. INTRODUÇÃO

A Época Holoceno (últimos 11700 anos), é a unidade estratigráfica mais recente no registro geológico pode ser subdividida em Holoceno inferior (de 11700 a 8200 anos), médio (de 8200 a 4200 anos) e tardio (últimos 4200 anos) (WALKER *et al.*, 2012). O Holoceno apresenta registros sedimentares bem preservados (WALKER *et al.*, 2012) e com boa resolução temporal (WANNER *et al.*, 2011), a partir dos quais é possível realizar reconstruções paleoceanográficas e paleoclimáticas através da aplicação de *proxies*¹ em registros sedimentares marinhos (WEFER *et al.*, 1999). Os estudos relacionados a paleoprodutividade marinha têm recebido atenção e têm como foco a reconstituição da paleoprodutividade oceânica, uma vez que estas reconstituições permitem melhor compreender a interação de diferentes parâmetros ambientais (e.g. padrão de ventos, circulação oceânica e ciclo do carbono) e suas respostas à variabilidade natural do sistema climático e dos processos oceânicos (PAYTAN, 2006).

O talude continental da margem S/SE brasileira apresenta um complexo cenário sedimentar, associado aos padrões hidrodinâmicos regionais (MAHIQUES *et al.*, 2017). A oposição dos fluxos de norte da Corrente do Brasil (CB) e da Corrente Profunda do Atlântico (CPA), e de sul da Contracorrente Intermediária (CCI) determina a composição dos sedimentos superficiais (MAHIQUES *et al.*, 2017) e as condições ambientais (e.g. energia das correntes de fundo, temperatura e conteúdo de oxigênio dissolvido) das águas de fundo (SILVEIRA *et al.*, 2008; MAHIQUES *et al.*, 2017). Os processos hidrodinâmicos superficiais, como os vórtices e meandros da CB, controlam ainda a produtividade primária marinha, determinando o aporte de matéria orgânica lábil para o assoalho oceânico e, conseqüentemente, afetam a composição e estrutura da comunidade de foraminíferos bentônicos (YAMASHITA *et al.*, 2016).

Os foraminíferos bentônicos são organismos unicelulares muito abundantes no ambiente marinho e sofrem alterações em suas associações de acordo com as mudanças ambientais, sendo amplamente utilizados como *proxies* paleoceanográficos (MURRAY, 1991). Os principais fatores que controlam a distribuição e estrutura da comunidade de foraminíferos bentônicos são disponibilidade de alimento (fluxo de matéria orgânica para o assoalho oceânico, sua quantidade, qualidade e periodicidade) e de oxigênio, sendo o

¹ As variáveis proxy, na linguagem da reconstrução paleoambiental, são descritores mensuráveis que se interpõem às variáveis desejadas (não observáveis) (FISCHER & WEFER, 1999).

microhabitat das espécies uma função da interação negativa entre estes parâmetros (JORISSEN *et al.*, 1995). Dessa forma, *proxies* baseados em associações de foraminíferos bentônicos podem ser utilizados para reconstruir diversos parâmetros oceanográficos, como propriedades das massas de águas, teor de oxigênio e fluxo de matéria orgânica para o fundo oceânico (JORISSEN *et al.* 2007).

De acordo com Yamashita *et al.* (2016), na plataforma e talude continental do Embaiamento de São Paulo, a comunidade de foraminíferos bentônicos responde primariamente a chegada de matéria orgânica lábil em pulsos para o assoalho oceânico. Nesta região esse aporte é resultado de aumentos episódicos da produtividade oceânica associada aos vórtices e meandros da Corrente do Brasil (CB). Por isso, foraminíferos bentônicos têm sido aplicados em estudos de paleoprodutividade oceânica na margem SE brasileira (NAGAI *et al.*, 2009, 2010; ANDRADE, 2011; ALMEIDA *et al.*, 2015).

Durante o Holoceno, a região sul/sudeste brasileira foi submetida a oscilações climáticas importantes, caracterizadas principalmente pela alternância entre períodos secos e úmidos, controlada por mudanças nos regimes de ventos (LEDRU *et al.*, 1996, *apud* NAGAI *et al.*, 2009; BEHLING, 1997 *apud* NAGAI *et al.*, 2009). Na região da plataforma continental do Atlântico Sudoeste as mudanças paleoceanográficas ao longo do Holoceno médio e tardio foram dependentes principalmente do regime de ventos e do aporte de água doce continental (MAHIQUES *et al.*, 2009; NAGAI *et al.*, 2009; ANDRADE, 2011).

A maioria dos estudos sobre variações holocênicas de paleoprodutividade da margem S/SE brasileira, no entanto, estão concentrados na plataforma continental (e.g. MAHIQUES *et al.*, 2009; NAGAI *et al.*, 2009), associados a regiões de ressurgência costeira e pouco se sabe sobre a produtividade associada a processos oceanográficos de meso-escala da CB. Dentro desse contexto, este trabalho tem como objetivo compreender as variações na paleoprodutividade da margem S/SE brasileira ao longo do Holoceno tardio, utilizando, para isso, associações de foraminíferos bentônicos obtidas em dois testemunhos (NAP63-2 e NAP68-2) sob o domínio de condições oceanográficas (*i.e.*, correntes, massa d'água, disponibilidade de alimento) distintas coletados no talude continental.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo principal compreender as variações da paleoprodutividade que ocorreram no Holoceno tardio no talude continental da margem S/SE brasileira a partir de dados de associações de foraminíferos bentônicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Para que o objetivo principal seja atingido, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- (i) Identificar assembleias de foraminíferos bentônicos e suas variações em amostras de dois testemunhos sedimentares marinhos;
- (ii) Relacionar as variações das assembleias com mudanças da paleoprodutividade da margem sudeste brasileira; e
- (iii) Comparar e relacionar as variações da paleoprodutividade encontradas com as características oceanográficas das duas regiões;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PRODUTIVIDADE OCEÂNICA

De acordo com Paytan (2006) a produtividade primária oceânica é a absorção de carbono inorgânico dissolvido e seu sequestro sob a forma de compostos orgânicos por produtores primários marinhos. A produtividade é o elo entre a energia solar e os recursos biológicos, tornando-se assim um dos fatores que pode controlar a produção de recursos marinhos. Com isso, regiões com maior produtividade primária são de grande importância comercial para a pesca. Alterações na produtividade oceânica podem implicar em diferenças na produção de recursos marinhos e impactar a economia em larga escala.

A produtividade marinha é controlada principalmente pela disponibilidade de nutrientes e luz, além de outros fatores físicos limitantes como a turbulência da água e a sedimentação de partículas (MONTES, 2003). Além disso, a produtividade oceânica tem um importante papel na modulação do fluxo de CO₂ entre oceano e atmosfera (LEONHARDT; PIVEL, 2014). O estudo das mudanças de paleoprodutividade fornece indícios sobre as variações oceanográficas e atmosféricas passadas e são de grande importância para a reconstrução e compreensão da variabilidade natural do ambiente, e de suas relações com condições climáticas e padrões de circulação oceânica. Ainda, estudos relacionados à paleoprodutividade são importantes na compreensão de inúmeros fatores, como: padrões de corrente e vento, ciclo do carbono, biogeografia e clima (NAGAI, 2009).

3.2 PROXIES MICROPALÉONTOLÓGICOS

Foraminíferos são organismos do supergrupo *Rhizaria* (CAVALIER-SMITH, 2002) muito abundantes no ambiente marinho, podem ser planctônicos ou bentônicos e possuem um ótimo potencial de fossilização (SEN GUPTA, 1999). A maioria dos foraminíferos modernos são bentônicos, existindo apenas cerca de 40 – 50 espécies planctônicas (SEN GUPTA, 1999).

A maioria dos foraminíferos bentônicos pertencem à meiofauna (<2 mm), mas alguns crescem até 1 cm ou mais de diâmetro e esses são os maiores organismos unicelulares conhecidos até os dias de hoje (MURRAY, 1991). Os foraminíferos secretam uma carapaça denominada testa, de composição calcária (calcítica ou aragonítica) ou a constroem a partir da

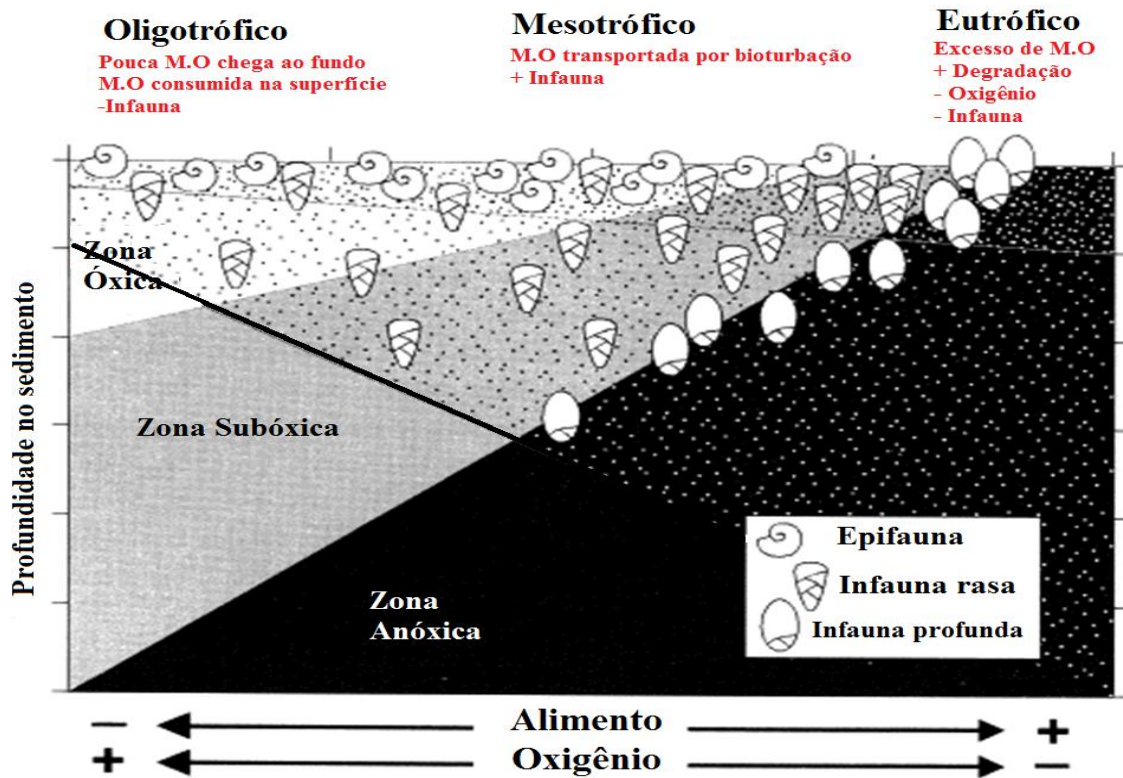
aglutinação de partículas minerais, biogênicas ou, mais raramente, esta testa tem composição orgânica ou silicosa (ZERFASS; ANDRADE, 2008).

Diversos fatores bióticos e abióticos podem influenciar a distribuição desses organismos incluindo a temperatura, salinidade, turbidez, nutrientes, oxigênio, tipo de substrato, disponibilidade alimentar e competição interespecífica (SEN GUPTA, 1999). Estes fatores também influenciam sua distribuição na coluna sedimentar, organismos que habitam a superfície do sedimento são conhecidos como epifaunais e os organismos que vivem dentro do sedimento são chamados infaunais. Segundo Sen Gupta (1999), além da maior diversidade, as espécies bentônicas possuem um registro geológico mais longo, com fósseis mais antigos do Cambriano, enquanto espécies planctônicas tem registro a partir do Jurássico. Assim, dados de associações de foraminíferos bentônicos como densidade faunística, biodiversidade, ou dados sobre a morfologia de táxons dominantes podem ser bons *proxies* paleoceanográficos (JORISSEN *et al.*, 2007).

Grande parte dos foraminíferos bentônicos vivem do material orgânico que chega ao fundo do mar. Assim, a sua abundância deve variar com o fornecimento de alimentos a partir das águas superficiais (FISCHER; WEFER, 1999). Os principais fatores que controlam o microhabitat dos foraminíferos bentônicos são disponibilidade de alimentos, concentração de oxigênio, estabilidade do ecossistema, bioturbação, competição e predação (JORRISSEN *et al.*, 1995). A disponibilidade de alimento no fundo pode ser considerada uma função do fluxo descendente de matéria orgânica (JORRISSEN *et al.*, 1995).

Os foraminíferos bentônicos herbívoros ficam limitados à zona fótica e a baixas profundidades, enquanto os detritívoros são encontrados em todas as profundidades em meios eutróficos, epifaunais ou infaunais, desde que o meio seja aeróbico (MOREIRA, 2007). Em meios oligotróficos ocorre o contrário, fazendo com que os detritívoros infaunais sejam menos abundantes. Em regiões oligotróficas ocorre a ausência de espécies infaunais, pois a matéria orgânica é consumida na superfície do sedimento, chegando pequenas quantidades para o sedimento subjacente (JORISSEN *et al.*, 1995). Em ambientes totalmente eutróficos ocorre um excesso de matéria orgânica no sedimento, gerando maior degradação e diminuição no nível de oxigênio, que muitas vezes é consumido na superfície, gerando regiões anóxicas, tornando ausentes as espécies infaunais (JORISSEN *et al.*, 1995). Regiões mesotróficas apresentam a ocorrência de organismos infaunais, pois a matéria orgânica não é restrita somente a superfície e sim transportada por bioturbação fornecendo as condições nutricionais necessárias para que a infauna se estabeleça (JORISSEN *et al.*, 1995) (Figura 1).

Figura 1. Microhabitat dos foraminíferos bentônicos. Modificado de BETANCUR e MARTÍNEZ, 2003



3.3 MARGEM CONTINENTAL SUDESTE BRASILEIRA

A margem do Atlântico Sul Tropical Ocidental, de maneira geral, é caracterizada por águas oligotróficas da Corrente do Brasil (CB) e Corrente Norte do Brasil (CNB), e escassez de aporte fluvial e de sedimentos terrígenos, gerando taxas de sedimentação muito baixas (MAHIQUES *et al.*, 2005). Na plataforma média e externa, bem como no talude superior, os processos sedimentares são influenciados principalmente pelo fluxo para o sul da CB (MAHIQUES *et al.*, 2011).

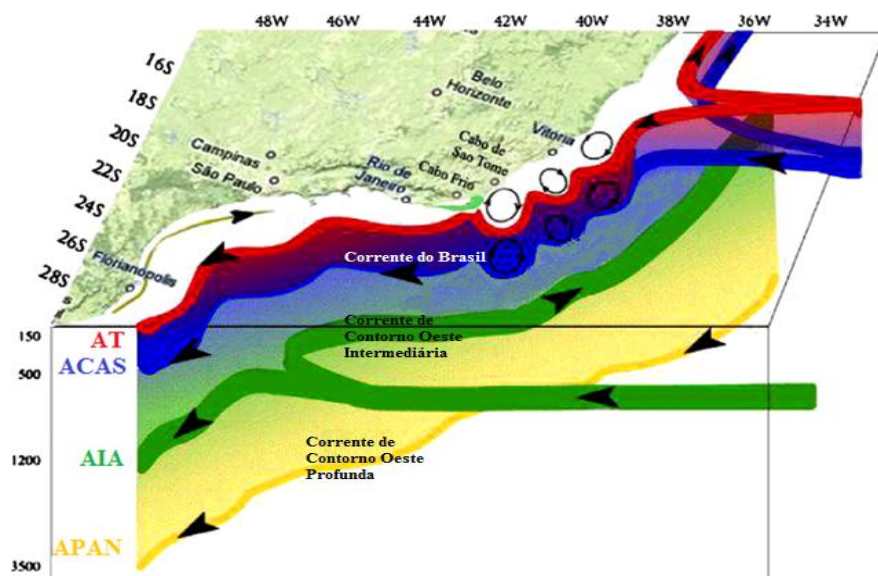
O talude continental é a província fisiográfica da margem continental que apresenta os mais elevados valores de declividade do fundo do mar, as declividades na margem SE brasileira variam de 0° a 25° (ALMEIDA; KOWSMANN, 2015). A configuração batimétrica indica uma morfologia variável, com gradientes de inclinação entre 1:10 e 1:100 (MAHIQUES *et al.*, 2017), cortada por cânions submarinos, que são as maiores feições erosivas e também as principais vias de transporte de sedimentos da plataforma para o Platô de São Paulo (ALMEIDA; KOWSMANN, 2015).

A zona de transição entre a plataforma e o talude superior possui sedimentos arenosos com altas concentrações de sedimentos biolitolásticos e bioclásticos (MAHIQUES *et al.*, 2011). A margem continental possui, de maneira geral, baixas taxas de sedimentação (MAHIQUES *et al.*, 2005).

A margem continental brasileira é caracterizada pelas águas oligotróficas da Corrente do Brasil (CB) e Corrente Norte do Brasil (CNB) (MAHIQUES *et al.*, 2005). De acordo com Castro *et al.* (2006), a CB é a corrente de contorno oeste que nasce e cresce em transporte na costa brasileira, sendo a feição oceânica mais importante da região. A CB está associada ao Giro Subtropical do Atlântico Sul e origina-se a 10°S, na região onde a Corrente Sul Equatorial se bifurca, formando a CB e a CNB (SILVEIRA *et al.*, 2000).

Na margem S/SE brasileira, a CB transporta para sul, em superfície a Água Tropical (AT, temperatura (T) $>20^{\circ}\text{C}$ e salinidade (S) >36) e, no nível da termoclina (entre 500 e 800 m de profundidade) a Água Central do Atlântico Sul (ACAS, $6^{\circ}\text{T}<20^{\circ}\text{C}$ e $34,6^{\circ}\text{S}<36$) (SILVEIRA *et al.*, 2000). Abaixo da CB, a Corrente de Contorno Oeste Intermediária (CCI) flui para norte, transportando a Água Intermediária Antártica (AIA, $3^{\circ}\text{T}<6^{\circ}\text{C}$ e $34,2^{\circ}\text{S}<34,6$). Outra inversão do fluxo ocorre em 1200-1300 m de profundidade onde há a interface entre a Corrente de Contorno Oeste Intermediária e a Corrente de Contorno Oeste Profunda que transporta a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN, $3^{\circ}\text{T}<4^{\circ}\text{C}$ e $34,6^{\circ}\text{S}<35$) para sul (STRAMMA & ENGLAND, 1999; MAHIQUES *et al.*, 2017) (Figura 2).

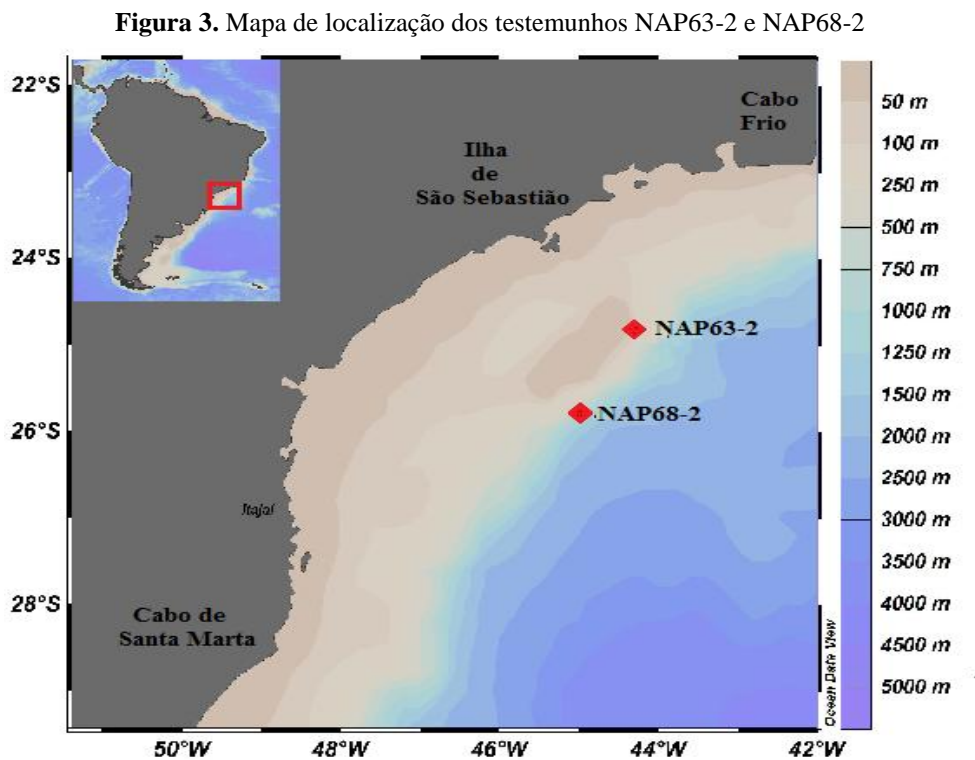
Figura 2. Diagrama esquemático da circulação costeira e oceânica da área de estudo, modificado de CALADO *et al.* (2008).



4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

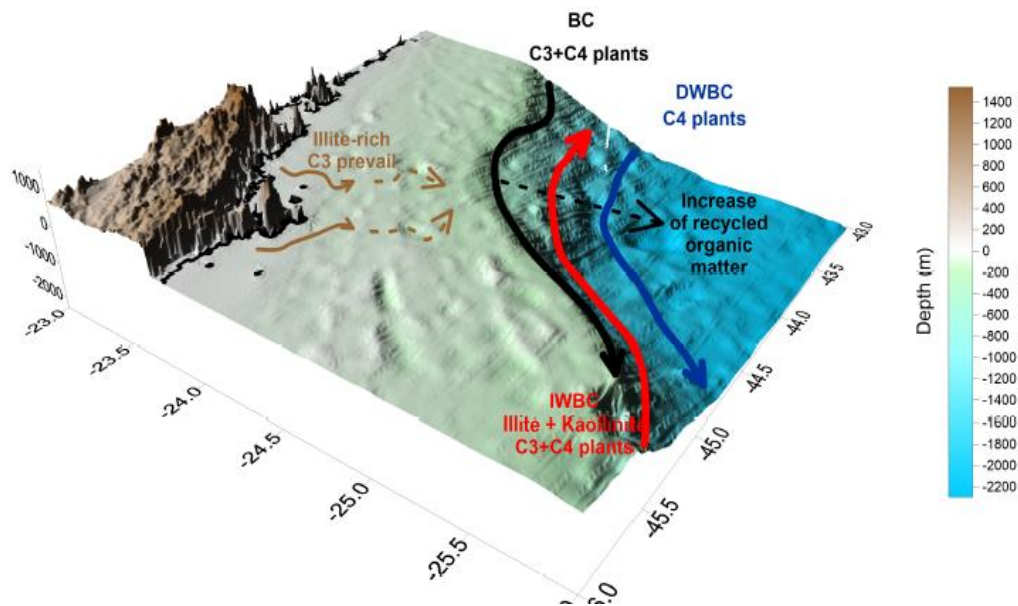
A área de estudo faz parte do Embaiamento de São Paulo, estendendo-se de 23°S a 28°S, entre Cabo Frio ao Cabo de Santa Marta (Figura 3). A quebra de plataforma se dá a aproximadamente 140 m de profundidade, o talude superior apresenta gradiente batimétrico de aproximadamente 1:55 (MAHIQUES *et al.*, 2011). A margem continental S/SE brasileira possui, de maneira geral, baixas taxas de sedimentação, que variaram entre 2 a 68 cm ka⁻¹ no Holoceno tardio (MAHIQUES *et al.*, 2005; 2011).



As duas principais fontes de matéria orgânica na região são por meio da ressurgência de quebra de plataforma e pela advecção lateral das correntes. Os vórtices e meandros da CB geram o afloramento da ACAS na região de quebra de plataforma, causando ressurgência de águas com mais nutrientes e aumentando a produtividade primária e deposição de matéria orgânica e fitodetritos. MAHIQUES *et al.* (2017), utilizou amostras da mesma região de estudo e os resultados apresentaram distinção das assinaturas geoquímicas dos sedimentos e nas características da matéria orgânica, ligados principalmente ao transporte das correntes de contorno oeste intermediária e profunda, mostrando que ocorre uma reciclagem crescente da

matéria orgânica para áreas mais profundas (Figura 4) e que há diferença na qualidade de matéria orgânica transportada na localidade dos dois testemunhos.

Figura 4. Diferença entre as assinaturas geoquímicas dos sedimentos dos dois testemunhos. Modificado de MAHIQUES *et al.* 2017.



4.2 COLETA DO MATERIAL

O material provém de dois testemunhos coletados em fevereiro de 2013 utilizando um multiple-corer (MUC), durante um cruzeiro com o *N/Oc Alpha Crucis*, do IOUSP, no âmbito do projeto de pesquisa “*Sedimentação da plataforma interna da margem continental sudeste Brasileira: base para modelos paleoclimáticos, paleoceanográficos e de geração de gás, do Subprojeto 5 - Geodinâmica de Bacias Sedimentares e implicações para o potencial exploratório (petróleo, gás natural e água subterrânea) - GEO-SEDEX*” sob coordenação da Profa. Dra. Silvia H. de M. e Sousa (IOUSP) e subcoordenação do Prof. Dr. Rubens C.L. Figueira (IOUSP). Os testemunhos foram mantidos sob refrigeração, e posteriormente no laboratório, foram sub-amostrados em intervalos regulares de 1 cm.

4.3 CRONOLOGIA

A obtenção das idades dos testemunhos foi realizada por meio de datações radiométricas por AMS ^{14}C obtidas no laboratório Beta Analytic Inc. (Miami, USA). Para tal, foi utilizado, quando possível, 10 mg (ca. 600-700 espécimes) de testas mono-específicas da

espécie *Globigerinoides ruber* (pink) bem preservadas a partir de amostras da base dos testemunhos. A calibração de idades foi feita com Calib v.7.15 (<http://calib.qub.ac.uk/calib/calib.html>). Seguindo o método realizado por Lund *et al.* (2015), foi aplicada uma idade reservatório ΔR de 7 anos com um erro de $\Delta R \pm 200$ anos (1σ) para considerar mudanças desconhecidas de efeito reservatório ao longo do tempo. A recuperação intacta da interface sedimento água, bem como a presença de foraminíferos bentônicos vivos, permite afirmar que o topo da coluna sedimentar corresponde ao ano de coleta do material (2013).

4.4 ANÁLISES MICROPALÉONTOLOGICAS

Para a análise de foraminíferos bentônicos, foram escolhidas 10 amostras em cada testemunho, respeitando o espaçamento de 500 anos. As amostras foram liofilizadas e pesadas, lavadas sobre peneira de malha de 63 μm , e, posteriormente, secas em estufa a temperaturas inferiores a 60°C. As amostras foram passadas por uma peneira de 125 μm quarteadas até atingirem aproximadamente 300 testas de foraminíferos bentônicos e triadas utilizando placa específica (*picking trays*). Os foraminíferos bentônicos foram identificados e classificados de acordo com seu *microhabitat* de acordo com literatura específica (*e.g.* CORLISS & CHEN, 1988; GOODAY, 1997; KAIHO, 1994; KUHN *et al.*, 1995; MURRAY, 1991; NAGY *et al.*, 2010; RASMUSSEN & THOMSEN, (2017); SPEZZAFERRI *et al.*, 2014; SZÉKELY *et al.*, 2017; WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES, 2017).

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

4.5.1 índices ecológicos

Foram medidas a abundância relativa, a riqueza de espécies (S), equitatividade (J') de acordo com Pielou (1975) e diversidade (H') de acordo com Shannon & Weaver (1999).

A abundância relativa representa a proporção de uma espécie na amostra. A riqueza (S) de espécies representa o total de espécies encontrado em cada amostra.

A diversidade de Shannon (H') é representada por:

$$H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i$$

Onde p_i é a importância da espécie i na amostra.

A equitatividade de Pielou (J') representa a homogeneidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies da amostra, e é definido como:

$$J' = H' / \ln(S)$$

Onde os valores variam de 0 a 1, sendo que valores próximos a 1 indicam alto grau de homogeneidade na amostra.

4.5.2 Índices de produtividade

Foram utilizados dois índices de produtividade: o BFAR- *Benthic Foraminifera Accumulation Rates* (HERGUERA & BERGER, 1991) e o BFHP - *Benthic Foraminifera High Productivity* (MARTINS *et al.*, 2007).

A taxa de acumulação de foraminíferos bentônicos (BFAR) é proporcional ao fluxo de matéria orgânica que chega ao fundo oceânico (HERGUERA, 1992). Podendo se calculado segundo a metodologia modificada de WOLLENBURG & KUHN (2000) por:

$$BFAR = Dt \cdot St$$

Onde Dt = Número de testas de foraminíferos bentônicos em 10cm^3 e St = taxa de sedimentação em cm.kano^{-1} .

O índice BFHP que utiliza as espécies indicadoras de alta produtividade foi calculado segundo a metodologia modificada de MARTINS *et al* (2007), utilizando as espécies *Bolivina albatrossi*, *Bulimina aculeata*, *Bulimina marginata* e *Uvigerina peregrina*. É definido como:

$$BFHP = (P/Dt) \cdot 100$$

Onde P = total de testas de foraminíferos bentônicos indicadores de alta produtividade e Dt = Total de testas de foraminíferos bentônicos em 10cm^3

4.5.3 Análises estatísticas

Análise de Agrupamentos (AA) engloba uma variedade de técnicas e algoritmos cujo objetivo é encontrar e separar objetos em grupos similares. Ela estuda todo um conjunto de relações sem fazer distinção entre variáveis dependentes e independentes (VICINI & SOUZA 2005). Com isso, gera uma estrutura classificatória ou de reconhecimento da existência de grupos (REGAZZI, 2001 apud VICINI & SOUZA 2005).

A análise de agrupamentos foi realizada pelo programa Paleontological statistics - PAST versão 3.16. A análise multivariada foi realizada no Modo-R (entre variáveis) com UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages) utilizando o coeficiente de similaridade Morisitia-Horn. A frequência das espécies representativas foi utilizada para a criação de um dendrograma para cada testemunho.

5. RESULTADOS

5.1 CRONOLOGIA

A recuperação intacta da interface sedimento água, bem como a presença de foraminíferos bentônicos vivos, permite afirmar que o topo da coluna sedimentar corresponde ao ano de coleta do material (2013). Com base na reta de regressão linear foi possível estimar taxas de sedimentação de 5,6 cm ka⁻¹ e 12,1 cm ka⁻¹ para o testemunho NAP63-2 e NAP68-2, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Idade estimada dos testemunhos (anos cal AP)

Amostra	¹⁴ C idade (anos AP) ± 1σ	2σ cal variação (anos AP)	Mediana (anos cal AP)	Taxa de sedimentação (cm/ka)
NAP63-2	4330 +/- 30	3884 - 4963	4450	5,62
NAP68-2	3230 +/- 30	2560 - 3552	3047	12,14

De acordo com a taxa de sedimentação de cada testemunho foi realizado o modelo de idade correspondente a profundidade estudada.

Tabela 2. Profundidade (cm) e idade estimada dos testemunhos (anos cal AP)

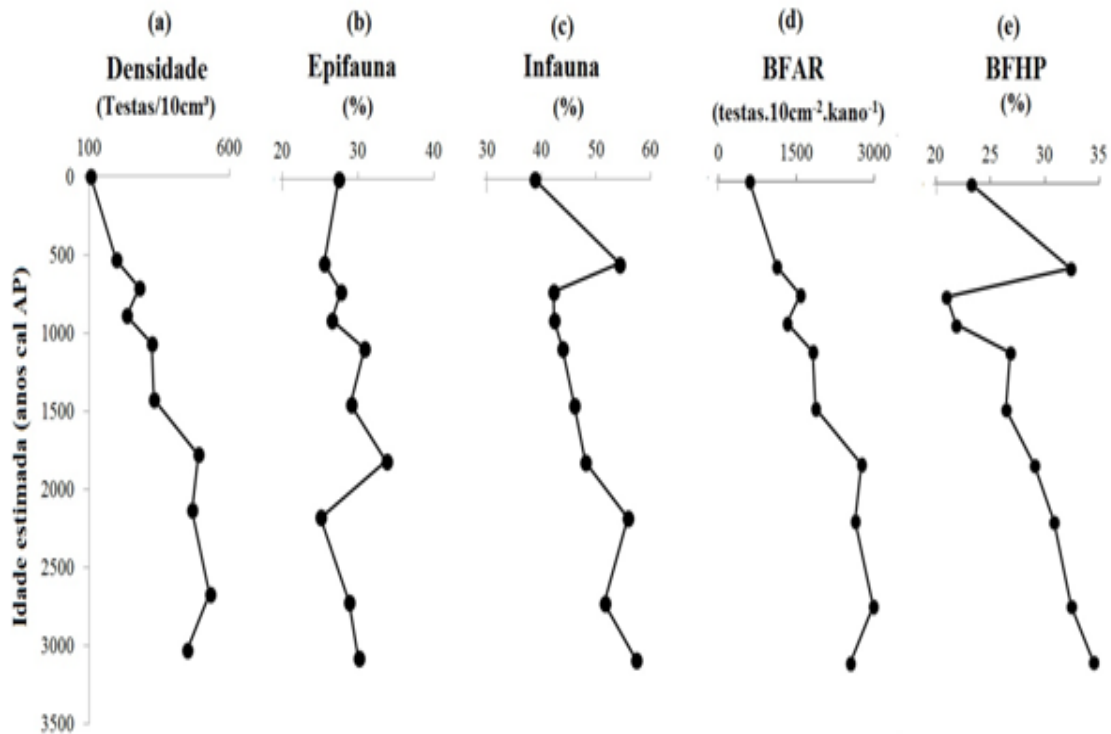
NAP63-2		NAP68-2	
Profundidade do testemunho (cm)	Idade estimada (anos cal AP)	Profundidade do testemunho (cm)	Idade estimada (anos cal AP)
0	0	0	0
3	534	6	494
4	712	10	824
5	890	14	1153
6	1068	18	1482
8	1424	20	1647
10	1780	21	1729
12	2136	24	1976
15	2670	31	2553
17	3026	37	3047

5.2 TESTEMUNHO NAP63-2

No NAP63-2 foram identificadas 254 espécies de foraminíferos bentônicos, pertencentes a 61 gêneros (APÊNDICE I). A densidade de foraminíferos bentônicos apresentou tendência geral de diminuição da base para o topo da coluna sedimentar (530 e 106 testas/10cm³, respectivamente) (Figura 5a). Foram consideradas representativas (>3%) as espécies: *Ammodiscus planorbis*, *Bolivina albatrossi*, *Bulimina aculeata*, *Cibicidoides mundula*, *Cibicidoides* spp., *Hansenisca soldanii*, *Hoeglundina elegans*, *Pullenia quadriloba*, *Reophax scorpiurus*, *Sphaeroidina bulloides*, *Uvigerina peregrina* e *Uvigerina* spp..

A partir da análise de agrupamento modo-R foi possível identificar três associações: a associação *B. aculeata*, composta pelas espécies *B. aculeata*, *S. bulloides* e *P. quadriloba*; a associação *B. albatrossi*, composta pelas espécies *Uvigerina* spp., *B. albatrossi*, *C. mundula*, *H. elegans*, *H. soldanii* e *Cibicidoides* spp.; e a associação *U. peregrina*, composta pelas espécies *A. planorbis*, *R. scorpiurus* e *U. peregrina* (Figura 6a).

Figura 5. Distribuição dos dados de (a) densidade de foraminíferos bentônicos (testas/10cm³); porcentagem de espécies (b) epifaunais e (c) infaunais; e dos índices de produtividade (d) BFAR (testas.10cm⁻².kano⁻¹) e (e) BFHP (%) ao longo do NAP63-1.

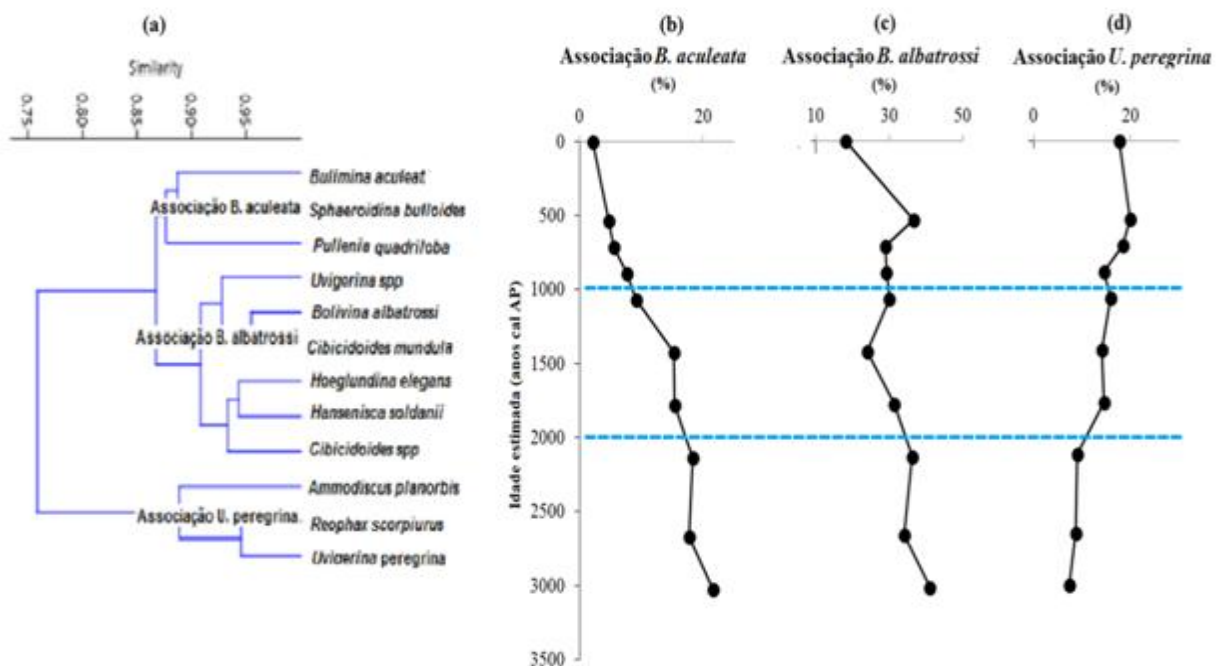


A associação *B. aculeata* representa aproximadamente 14% da comunidade de foraminíferos bentônicos e, de maneira geral, a abundância relativa das espécies que a compõem apresenta diminuição de 3000 anos cal AP ao Presente, de 21% a 2%,

respectivamente (Figura 6b). Tendência geral de diminuição foi também observada na abundância relativa das espécies que compõem a associação *B. albatrossi*. Esta associação, que representa aproximadamente 33% da comunidade de foraminíferos bentônicos, apresenta diminuição de 41% para 18%, de 3000 anos cal AP para o Presente (Figura 6c). A associação *U. peregrina* representa 12% da comunidade e é composta por espécies com testa calcária (*U. peregrina*) e aglutinante (*A. planorbis* e *R. scorpiurus*). As espécies deste agrupamento apresentam tendência de aumento em suas abundâncias relativas, e a associação aumenta de 7% (3000 anos cal AP) para 18% no Presente (Figura 6d).

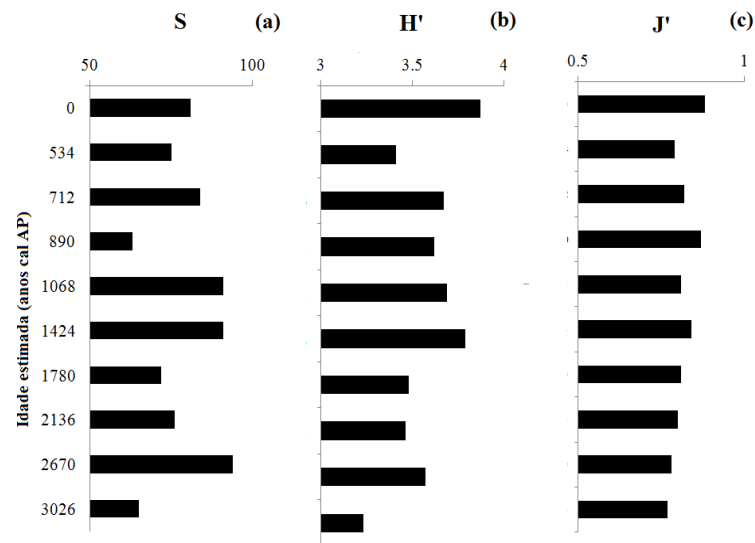
Aproximadamente 50% das espécies de foraminíferos bentônicos encontradas são infaunais e apresentam tendência de diminuição nos últimos 3000 mil anos, com maior frequência de 57% em 3000 anos cal AP e menor 39% no Presente (APENDICE II, Figura 5b). Enquanto as espécies epifaunais variaram de 25% a 34% sem apresentar tendência (Figura 5c).

Figura 6. (a) Dendrograma da análise de agrupamento em modo-R, utilizando o UPGMA e o coeficiente de similaridade de Morisitia com base nas espécies representativas do NAP63-2; e a abundância relativa (%) das associações (b) *B. aculeata*; (c) *B. albatrossi* e (d) *U. peregrina*.



O período com maior S foi encontrado em aproximadamente 2700 anos cal AP, com 94 espécies e a menor em 900 anos cal AP, com 63 espécies (Figura 7a). Os índices H' e J' apresentaram aumento de 3000 anos cal AP até o Presente, onde foram encontrados os menores valores (Figura 7b). Para o J' , 70% das amostras mostraram valores acima de 0.80 (Figura 7c).

Figura 7. Distribuição dos índices ecológicos de (a) Riqueza (S), (b) Índice de diversidade de Shannon (H') e (c) Equitatividade de Pielou (J').



Os índices de relacionados à produtividade BFAR e BFHP apresentaram tendência de diminuição nos últimos 3000 anos cal AP (Figura 5d, e). O maior valor de BFAR (2979 testas/10cm² kano) foi observado em aproximadamente 2700 anos cal AP e o menor valor (596 testas/10cm² kano) no Presente (Figura 5d). O BFHP apresenta valor máximo (34%) em aproximadamente 3000 anos cal AP, com diminuição progressiva até atingir 21%, em aproximadamente 700 anos cal AP.

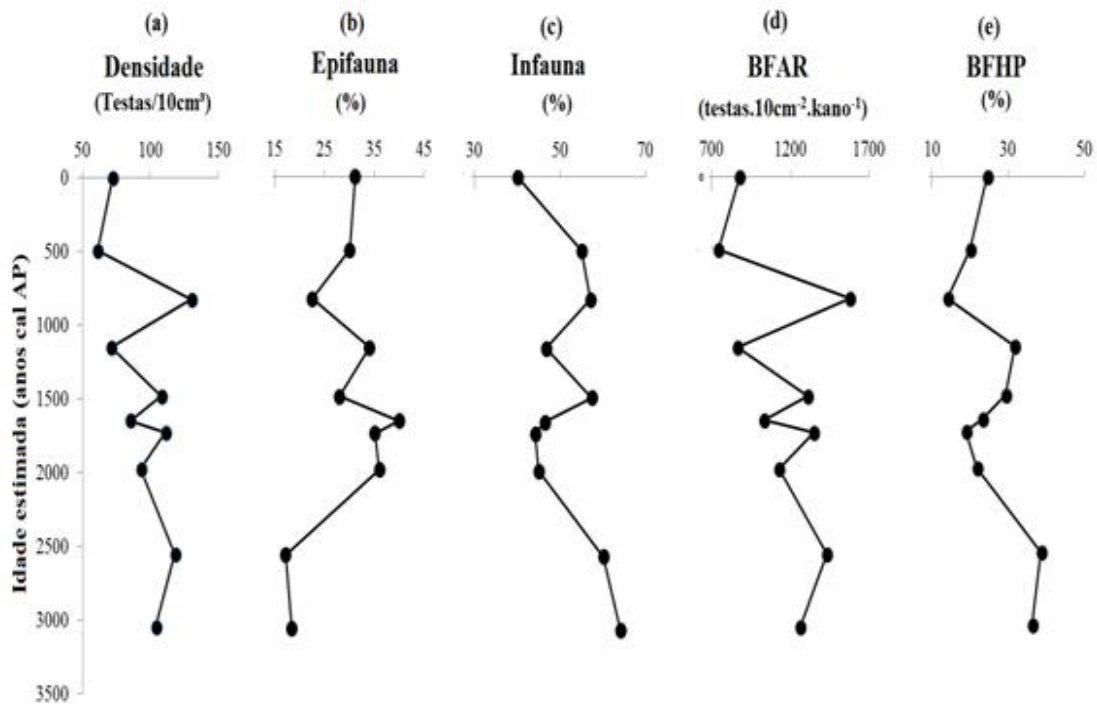
5.3 TESTEMUNHO NAP68-2

No NAP68-2 foram identificadas 143 espécies de foraminíferos bentônicos pertencentes a 51 gêneros (APÊNDICE III). Os dados de densidade de foraminíferos bentônicos não apresentaram tendência ao longo da coluna sedimentar, com menores valores (61 testas/10cm³) encontrados em aproximadamente 500 anos cal AP e os maiores (130 testas/10cm³) em 800 anos cal AP (Figura 8a). As espécies consideradas representativas foram *Ammodiscus planorbis*, *Bolivina albatrossi*, *Bulimina aculeata*, *Cassidulina* sp1., *Globocassidulina subglobosa*, *Glomospira gordialis*, *Hansenisca soldanii*, *Hoeglundina elegans*, *Sigmoilopsis schlumbergeri*, *Sphaeroidina bulloides*, *Uvigerina aculeata*, *Uvigerina peregrina* e *Uvigerina* spp..

A análise de agrupamento no modo-R mostrou a presença de três associações *U.peregrina*, *B. albatrossi* e *A. planorbis* (Figura 9a). A associação *U. peregrina* é composta

pelas espécies *G. subglobosa*, *H. elegans*, *S. schlumbergeri*, *S. bulloides*, *U. aculeata*, *U. peregrina* e *Uvigerina* spp.. A associação *B. albatrossi* é composta pelas espécies *B. albatrossi*, *B. aculeata* e *Cassidulina* sp1., e a associação *A. planorbis* é composta pelas espécies *A. planorbis*, *G. gordialis* e *H. soldanii*.

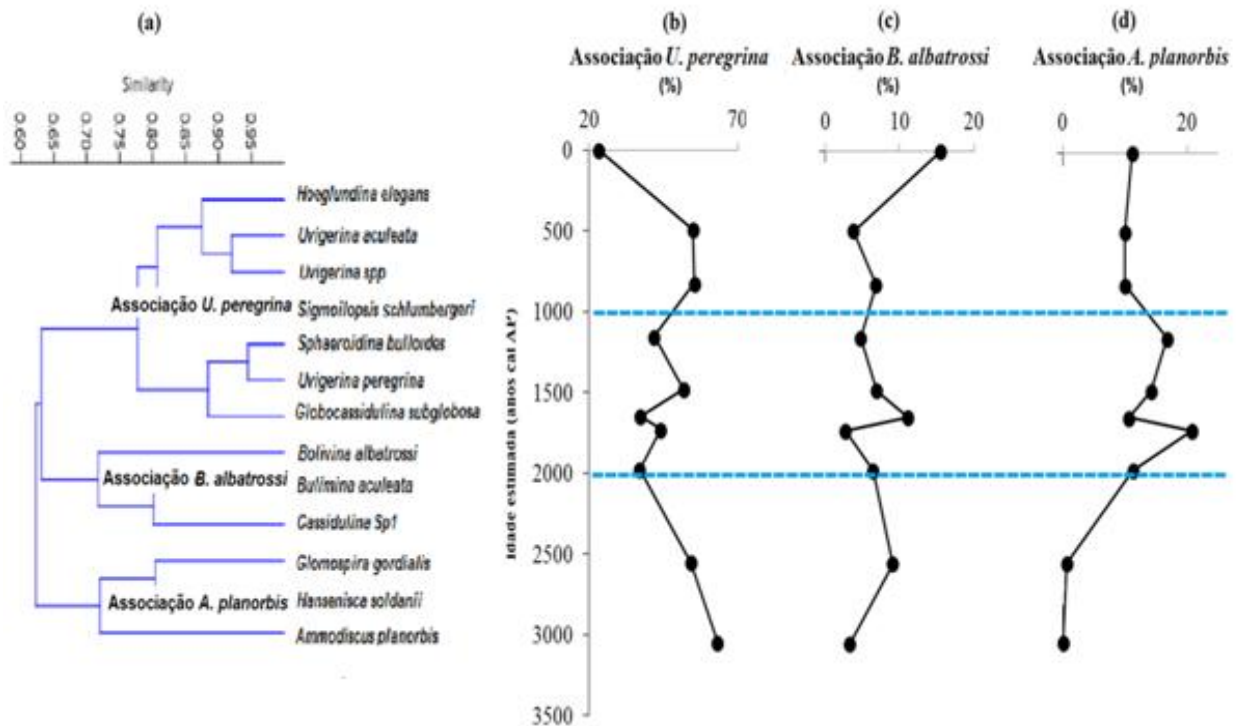
Figura 8. Distribuição dos dados de (a) densidade de foraminíferos bentônicos (testas/10cm³); porcentagem de espécies (b) epifaunais e (c) infaunais; e dos índices de produtividade (d) BFAR (testas.10cm⁻².kano⁻¹) e (e) BFHP (%) ao longo do NAP68-2.



A associação *U. peregrina* representa 48% da comunidade de foraminíferos bentônicos, as espécies desta associação apresentaram tendência de diminuição nos últimos 3000 anos cal AP, com frequência máxima de 63% em 3000 anos cal AP e mínima de 23% no Recente (Figura 9b). A associação *B. albatrossi* representa 7% da comunidade e apresentou tendência de aumento de 3% (3000 anos cal AP) para 15% no Presente (Figura 9c).

A associação *A. planorbis* representa 10% da comunidade e é composta em sua maioria por espécies aglutinantes. As abundâncias relativas das espécies desta associação não apresentaram tendências ao longo Holoceno tardio, não são observadas no período de 3000 a 2500 anos cal AP, apresentaram maiores abundâncias entre aproximadamente 2000 e 700 anos cal AP, e diminuem em abundância atingindo 11% no Presente (Figura 9d).

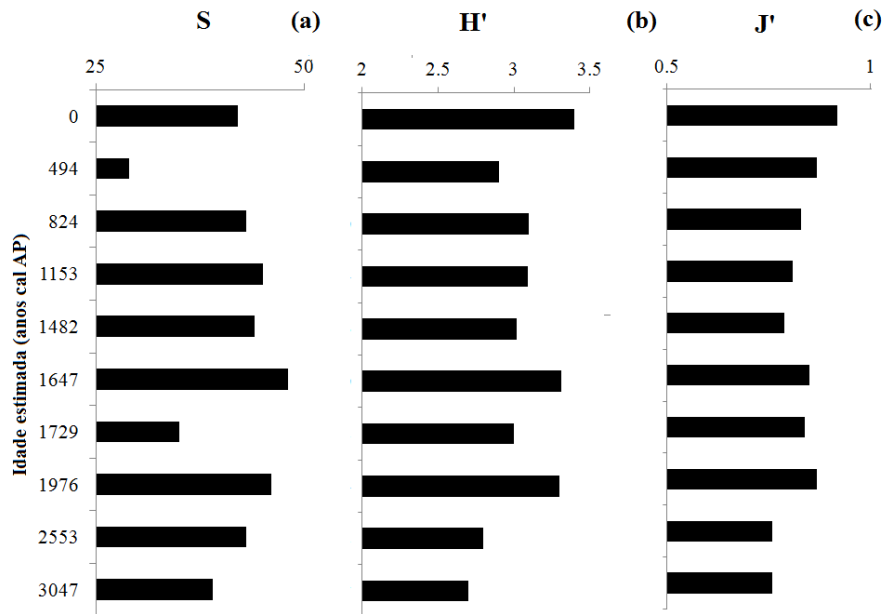
Figura 9. (a) Dendrograma da análise de agrupamento em Modo-R, utilizando o UPGMA e o coeficiente de similaridade de Morisitia com base nas espécies representativas do NAP68-2; e a abundância relativa (%) das associações (b) *U. peregrina*; (c) *B. albatrossi* e (d) *A. planorbis*.



As espécies epifaunais apresentaram frequência máxima de 40% em 1600 anos cal AP e mínima de 17% em 2500 anos cal AP (APENDICE II, Figura 8b). Em todo o testemunho foi encontrada maior quantidade de indivíduos infaunais, com menor frequência no Recente (40%) e a maior em aproximadamente 3000 anos cal AP (64%) (Figura 8c).

O valor mais baixo de S foi encontrado em aproximadamente 500 anos cal AP com um total de 29 espécies; e o valor mais alto foi encontrado em aproximadamente 1700 anos cal AP, com 49 espécies (Figura 10a). Para os índices H' e J' , menores valores foram encontrados em aproximadamente 3000 anos cal AP (2.7 e 0.76, respectivamente) e maiores valores foram observados no topo do testemunho (3.4 e 0.92, respectivamente) (Figura 10b, c).

Figura 10. Distribuição dos índices ecológicos de (a) Riqueza (S), (b) Índice de diversidade de Shannon (H') e (c) Equitatividade de Pielou (J'). Fonte: a autora (2017)



Os índices BFAR e BFHP apresentaram tendência geral de diminuição ao longo dos últimos 3000 anos cal AP (Figura 8d, e). O BFAR apresentou os menores valores entre o período recente e 600 anos cal AP, atingindo valores máximos de 1598 testas/10cm²cano em 800 anos cal AP (Figura 8d). Enquanto o BFHP apresentou valores maiores entre 2500 a 3000 anos cal AP, variando de 36% a 38.5% e menor valor em 800 anos cal AP (14%) (Figura 8e)

6. DISCUSSÃO

Os principais fatores que controlam a distribuição das comunidades de foraminíferos bentônicos são os fluxos vertical e horizontal de matéria orgânica, disponibilidade de oxigênio e condições redox (YAMASHITA *et al.*, 2016). Assim, com base nas associações de foraminíferos bentônicos dos testemunhos NAP63-2 e NAP68-2, foi possível inferir sobre as variações na paleoprodutividade oceânica que ocorreram na margem SE brasileira nos últimos 3000 anos cal AP. Nossos dados sugerem que neste período as variações no aporte de matéria orgânica para o assoalho oceânico estão associadas, principalmente, a mudanças na intensidade da CB.

As espécies de foraminíferos bentônicos encontradas ao longo dos dois testemunhos analisados (NAP63-2 e NAP68-2), habitam os sedimentos do talude superior da margem continental SE brasileira (YAMASHITA *et al.*, 2016; SOUSA *et al.*, 2017). De maneira geral,

as associações encontradas nos testemunhos são compostas por espécies infaunais, detritívoras e que suportam condições de baixa oxigenação (APENDICE IV). No entanto, as diferenças entre os valores de densidade e índices ecológicos encontradas entre os testemunhos sugerem que estes estão submetidos a diferentes condições ambientais. O testemunho NAP63-2 apresentou, de maneira geral, maiores valores de densidade de foraminíferos bentônicos, riqueza e diversidade quando comparado ao NAP68-2.

De fato, apesar da proximidade geográfica destes testemunhos, os mesmos foram coletados em profundidades distintas, sob a influência de diferentes correntes e massas d'água e com fontes significativamente diferentes de matéria orgânica sedimentar (MAHIQUES *et al.*, 2017). O testemunho NAP63-2 (840 m de profundidade), sob o domínio da AIA, massa d'água rica em oxigênio dissolvido, receberia, de acordo com Mahiques *et al.* (2017), maior conteúdo de matéria orgânica lábil do que o NAP68-2 (1300 m de profundidade), sob o domínio da APAN, massa d'água pobre em nutrientes e relativamente mais enriquecida em oxigênio dissolvido. Dessa forma, a diferença na densidade de foraminíferos bentônicos e nos índices ecológicos e de produtividade encontrada entre os dois testemunhos está principalmente relacionada a qualidade da matéria orgânica que chega ao assoalho oceânico, principalmente trazidas pelas correntes (advecção lateral) e não ao conteúdo de oxigênio das águas de fundo. Isso está de acordo com a resposta das associações de foraminíferos bentônicos recentes encontrados no talude continental na margem S/SE brasileira (SOUSA *et al.*, 2017; YAMASHITA *et al.*, 2016).

Ainda, cabe ressaltar que apesar da maioria das espécies encontradas nos testemunhos serem infaunais, habitantes de ambientes subóxicos ou anóxicos, as massas d'água AIA e APAN são ricas em oxigênio e não há registros de alteração dessa condição no Holoceno tardio. Portanto, as variações encontradas, neste período nas associações de foraminíferos bentônicos neste trabalho serão discutidas com relação as variações no fluxo de matéria orgânica para o assoalho oceânico.

A análise de agrupamento modo-R permitiu a identificação de três associações de foraminíferos bentônicos (associações *B. aculeata*, *B. albatrossi* e *U. peregrina*) no testemunho NAP63-2. As espécies que compõem as associações *B. aculeata* e *B. albatrossi* apresentam maiores valores de abundância relativa entre aproximadamente 3000 e 2000 anos cal AP, enquanto as espécies da associação *U. peregrina* apresentam menores abundâncias (Figura 3). A associação *B. aculeata* (*B. aculeata*, *S. bulloides* e *P. quadriloba*) é composta por espécies consideradas infaunais detritívoras, indicadoras de alta produtividade que toleram condições subóxicas (APENDICE IV). Enquanto na associação *B. albatrossi*

(*Uvigerina* spp., *B. albatrossi*, *C. mundula*, *H. elegans*, *H. soldanii* e *Cibicidoides* spp.) ocorrem espécies com *microhabitat* (infaunal e epifaunal) e modos de alimentação (detritívoras e suspensívoras) distintos (APENDICE IV). Assim como a associação *B. aculeata* grande parte das espécies da associação *B. albatrossi* toleram condições de baixa oxigenação indicam alta produtividade e elevado fluxo de matéria orgânica, porém, em pulsos. Entre aproximadamente 2000 e 1000 anos cal AP há um aumento na abundância das espécies da associação *U. peregrina* e uma diminuição das associações *B. aculeata* e *B. albatrossi* (Figura 3). A associação *U. peregrina* é composta por espécies epifaunais (*A. planorbis* e *R. scorpiurus*) e pela infaunal *U. peregrina*, com modo alimentar detritívoro, comuns em ambientes com alto aporte de matéria orgânica e tolerantes a baixas concentrações de oxigênio (APENDICE IV). Após 1000 anos cal AP as espécies da associação *U. peregrina* apresentam maiores valores de abundância relativa, enquanto *B. aculeata* e *B. albatrossi* diminuem (Figura 3).

Para o testemunho NAP68-2 a análise de agrupamento modo-R também resultou em três associações (associações *U. peregrina*, *B. albatrossi* e *A. planorbis*). O período entre aproximadamente 3000 e 2000 anos cal AP, é caracterizado pelas maiores abundâncias relativas das espécies da associação *U. peregrina* e menores valores das associações *B. albatrossi* e *A. planorbis* (Figura 6). A associação *U. peregrina* (*G. subglobosa*, *H. elegans*, *S. schlumbergeri*, *S. bulloides*, *U. aculeata*, *U. peregrina* e *Uvigerina* spp.) é composta em maior parte por espécies infaunais detritívoras que são encontradas em locais com alta produtividade em condições óxicas ou subóxicas e estão relacionadas ao aporte de matéria orgânica lábil (APENDICE IV). Entre 2000 e 1000 anos cal AP, há o aumento na abundância das espécies da associação *B. albatrossi* e *A. planorbis* e diminuição da associação *U. peregrina* (Figura 6). A associação *B. albatrossi* (*B. albatrossi*, *B. aculeata* e *Cassidulina* sp1.) é composta por espécies infaunais detritívoras, indicadoras de alta produtividade, mas dependentes de alto fluxo de matéria orgânica em pulsos, tolerando ambientes com baixa oxigenação (APENDICE IV). Enquanto a associação *A. planorbis* (*A. planorbis*, *G. gordialis* e *H. soldanii*) é composta principalmente por espécies aglutinantes epifaunais detritívoras que podem ser encontradas em ambientes subóxicos ou anóxicos (APENDICE IV). Após 1000 anos cal AP rumo ao Presente há diminuição de *U. peregrina*, *A. planorbis* e o aumento de *B. albatrossi* (Figura 6).

Com base nos dados de associações de foraminíferos bentônicos é possível subdividir o Holoceno tardio em três principais fases, com aumento progressivo da produtividade nos últimos 3000 anos cal AP:

- (i) De 3000 a 2000 anos cal AP – as associações *B. aculeata* e *B. albatrossi* (NAP63-2) e *U. peregrina* (NAP68-2) sugerem que, nesta fase, o assoalho oceânico recebeu aporte episódico de matéria orgânica lábil. Corroboram com isso, maiores porcentagens de espécies infaunais e dos índices BFAR e BFHP;
- (ii) De 2000-1000 anos cal AP – o aumento das associações *U. peregrina* (NAP63-2) e *A. planorbis* (NAP68-2), juntamente com o de espécies epifaunais e aglutinantes, sugere um ambiente bem oxigenado com fluxo variável de matéria orgânica relativamente mais refratária; e
- (iii) De 1000 anos cal AP ao Recente – os maiores valores das associações *U. peregrina* (NAP63-2) e *B. albatrossi* (NAP68-2) sugerem um ambiente com alto aporte e fluxo de matéria orgânica lábil e menores níveis de oxigenação.

É possível que o aporte episódico de matéria orgânica lábil durante as fases (i) e (iii) esteja associado a eventos episódicos de ressurgência de quebra de plataforma. No talude continental, a produção primária marinha exportada a deposição de fitodetritos no assoalho oceânico são principalmente controlados pela ressurgência de quebra de plataforma associada a CB, seus vórtices e meandros (MAHIQUES *et al.*, 2002; 2004). O padrão meandrante da CB, associado a mudança na direção da linha de costa brasileira favorecem o afloramento da ACAS na região de quebra de plataforma, aumentando a produtividade primária e a deposição de matéria orgânica (CAMPOS *et al.*, 2000; MAHIQUES *et al.*, 2002).

No entanto, de acordo com Calado *et al.* (2008), a produção de vórtices e meandros da CB, também está relacionada com a intensidade dessa corrente. Nos últimos 2500 anos cal AP, Lessa *et al.* (2014; 2016) encontraram, na plataforma média e externa ao largo de Cabo Frio, espécies de foraminíferos planctônicos associadas a águas mais frias e produtivas da ACAS. Estes autores relacionam a penetração da ACAS na plataforma com maior intensidade de ventos. Ainda, de acordo com Nagai *et al.* (2009), o processo de ressurgência costeira de Cabo Frio, que ocorre desde 2800 anos cal AP, é resultado tanto de ventos de N/NE e quanto do fluxo da CB mais intenso na região.

Mudanças na intensidade da CB ao longo do Holoceno tardio, foram também reportadas por Chiessi *et al.* (2014), a partir de anomalias positivas na temperatura da superfície do mar do Atlântico Sudoeste. Estes autores observam tendência de aumento na temperatura da superfície do mar nos últimos 3000 anos, indicando que houve intensificação da CB neste período. A intensificação da CB e, conseqüentemente, sua maior instabilidade (CALADO *et al.*, 2008), possivelmente promoveu mais eventos de ressurgência de quebra de

plataforma, aumentando o fluxo de matéria orgânica para as regiões mais profundas do talude da margem S/SE brasileira e, conseqüentemente, favorecendo as comunidades bentônicas da região.

7. CONCLUSÃO

A análise das associações de foraminíferos bentônicos de dois registros sedimentares marinhos coletados no talude continental da margem sudeste brasileira nos permitiram inferir sobre variações na paleoprodutividade da região no Holoceno tardio. A diferença na densidade de foraminíferos bentônicos e nos índices ecológicos entre os testemunhos reflete a complexidade hidrodinâmica regional, principalmente no que se refere as diferentes fontes da matéria orgânica sedimentar aportadas pelas diferentes correntes atuantes através da advecção lateral. No entanto, no Holoceno tardio as associações encontradas em ambos os testemunhos responderam primariamente ao fluxo vertical de matéria orgânica para o assoalho oceânico (produtividade das águas superficiais). Com base nas associações, também foi possível identificar três principais fases de paleoprodutividade de acordo com as características das associações encontradas: (i) de 3000 a 2000 anos cal AP, marcada pelo aporte episódico de matéria orgânica lábil; (ii) 2000-1000 anos cal, caracterizada por fluxo variável de matéria orgânica relativamente menos lábil e condições ambientais mais oxigenadas; e (iii) 1000 anos cal AP ao Recente, com alto aporte e fluxo de matéria orgânica lábil e menores níveis de oxigenação. Os períodos com maior (menor) fluxo de matéria orgânica lábil para os sedimentos do talude, provavelmente estão associadas a maior (menor) intensidade da CB, afetando sua estabilidade, e conseqüentemente, aumentando (diminuindo) a ocorrência de ressurgência de quebra de plataforma, com a maior (menor) formação de meandros e vórtices da CB.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria dos estudos na região se concentram na plataforma continental e nas variações da CB em regiões mais costeiras. Poucos estudos de paleoprodutividade abordam o processo de ressurgência de quebra de plataforma e os processos de exportação de matéria orgânica para o talude continental. A utilização de foraminíferos bentônicos como *proxies* de paleoprodutividade nos permitiu compreender as variações que ocorreram na região do talude continental no Holoceno tardio. A partir dos resultados das análises microfaunísticas foi possível constatar três fases de produtividade que foram identificadas na região de acordo com as características das associações encontradas em registros dos últimos 3000 anos cal AP. A utilização de uma análise *multi-proxy*, com dados abióticos como granulometria, conteúdo de carbonato de cálcio e carbono orgânico total além de outros dados geoquímicos e sedimentológicos permitiria um maior embasamento para compreensão das complexas condições hidrodinâmicas da região de estudo.

9. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. G.; KOWSMANN, R. O. Geomorfologia do talude Continental e do Plato de Sao Paulo na Bacia de Campos. 2015.
- ALMEIDA, F. K. *et al.* The response of deep-water benthic foraminiferal assemblages to changes in paleoproductivity during the Pleistocene (last 769.2kyr), western South Atlantic Ocean. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 440, p. 201–212, 2015.
- ANDRADE, P. C. **Variações de paleoprodutividade na plataforma continental interna ao largo de Itajaí-SC (26°59'16.8''S - 048°04'33.6''W) durante o Holoceno: uma abordagem de multi-indicadores.** 154f. Tese de Doutorado (Oceanografia Química e Geológica). Universidade de São Paulo. 2011.
- BETANCUR, M. A.; MARTÍNEZ, Ignacio. Foraminíferos bentônicos recientes en sedimentos de fondo de la cuenca de Panamá (Pacífico colombiano), como indicadores de productividad y oxigenación. **Bol. Invest. Mar. Cost**, v. 32, p. 3-18. 2003.
- CALADO, L.; GANGOPADHYAY, A.; SILVEIRA, I. C. A. Feature-oriented regional modeling and simulations (FORMS) for the western South Atlantic: Southeastern Brazil region. **Ocean Modelling**, v. 25, n. 1–2, p. 48–64, 2008.
- CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE, D.; SILVEIRA, I. C. A. Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. **Geophysical Research Letters**, v. 27, n. 6, p. 751-754, 2000.
- CASTELÃO, R. M.; CAMPOS, E. J. D.; MILLER, J. L. A Modelling Study of Coastal Upwelling Driven by Wind and Meanders of the Brazil Current. **Journal of Coastal Research**, n. 203, p. 662–671, 2004.
- CASTRO, B. M. *et al.* Estrutura termohalina e circulação na região entre Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: MADUREIRA, L.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. **O Ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil.** São Paulo: EDUSP. 2006.
- CAVALIER-SMITH, T. The phagotrophic origin of eukaryotes and phylogenetic classification of Protozoa. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 52, n. 2002, p. 297–354, 2017.
- CHIESSI, C. M. *et al.* Variability of the Brazil Current during the late Holocene. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 415, p. 28-36, 2014.
- CORLISS, B. H.; CHEN, C. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. **Geology**, v. 16, n. 8, p. 716–719, 1988.
- FISCHER, G.; WEFER, G. **Use of Proxies in Paleoceanography.** Springer-Verlag Berlin Heidelberg., 1999.
- GOODAY, A. J.; SHIRES, R.; JONES, A. R. Large, deep-sea agglutinated foraminifera: Two differing kinds of organization and their possible ecological significance. **Journal of**

Foraminiferal Research, v. 27, n. 4, p. 278–291, 1997.

GYLLENCREUTZ, R. *et al.* Mid- to late-Holocene paleoceanographic changes on the southeastern Brazilian shelf based on grain size records. **The Holocene**, v. 20, n. 6, p. 863–875, 2010.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 9pp. 2001.

HERGUERA, J.; BERGER, W. Paleoproductivity from benthic foraminifera abundance: Glacial to postglacial change in the west-equatorial Pacific. **Geology**. 19 (12), 1173. 1991.

HERGUERA, J. Deep-sea benthic foraminifera and biogenic opal: Glacial to postglacial productivity changes in the western equatorial Pacific. **Marine Micropaleontology**, 19(1-2), 79-98. 1992.

HUANG, B. *et al.* Foraminiferal responses to upwelling variations in the South China Sea over the last 220000 years. **Marine Micropaleontology**, v. 47, n. 1–2, p. 1–15, 2002.

JORISSEN, F. J.; DE STIGTER, H. C.; WIDMARK, J. G. V. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. **Marine Micropaleontology**, v. 26, n. 1–4, p. 3–15, 1995.

JORISSEN, F. J.; FONTANIER, C.; THOMAS, E. Chapter Seven Paleooceanographical Proxies Based on Deep-Sea Benthic Foraminiferal Assemblage Characteristics. **Developments in Marine Geology**, v. 1, p. 263–325, 2007.

KAIHO, K. Benthic foraminifera dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. **Geology**, v. 22, n. July, p. 719–722, 1994.

KUHNT, W. Deep-water agglutinated foraminifera from the Lower Cretaceous (Neocomian) ‘Complex à Aptychus’ Formation (Corridor de Boyar, Betic Cordillera, southern Spain). **Journal of Micropalaeontology**, v. 14, n. 1, p. 37-52, 1995.

LEONHARDT, A.; PIVEL, M. A. G. Paleoprodutividade no Atlântico Sul durante o Quaternário Tardio. **Paleontologia: Cenários de Vida**, n. April, p. 551–560, 2014.

LESSA, D. V. O. *et al.* Planktonic foraminifera in the sediment of a western boundary upwelling system off Cabo Frio, Brazil. **Marine Micropaleontology**, v. 106, p. 55–68, 2014.

LESSA, D. V. O. *et al.* Holocene oscillations of Southwest Atlantic shelf circulation based on planktonic foraminifera from an upwelling system (off Cabo Frio, Southeastern Brazil). **The Holocene**, v. 26, n. 8, p. 1175-1187, 2016.

LUND, D. *et al.* Southwest Atlantic water mass evolution during the last deglaciation. **Paleoceanography**, 30(5), 477-494. 2015.

MAHIQUES, M. M. *et al.* Post-LGM sedimentation on the outer shelf–upper slope of the northernmost part of the São Paulo Bight, southeastern Brazil. **Marine Geology**, v. 181, n. 4, p. 387-400, 2002.

MAHIQUES, M. M. *et al.* Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. **Continental Shelf Research**, 24(15), 1685-1697. 2004.

MAHIQUES, M. M. *et al.* Modern sedimentation in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazilian shelf. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 3, p. 535–548, 2005.

MAHIQUES, M. M. *et al.* A high-resolution Holocene record on the Southern Brazilian shelf: Paleoenvironmental implications. **Quaternary International**, v. 206, n. 1–2, p. 52–61, 2009.

MAHIQUES, M. M. *et al.* Radiocarbon geochronology of the sediments of the São Paulo Bight (southern Brazilian upper margin). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 3, p. 817–834, 2011.

MAHIQUES, M. M. *et al.* Inorganic and organic geochemical fingerprinting of sediment sources and ocean circulation on a complex continental margin. **Ocean Sci.**, p. 209–222, 2017.

MARTINS, V. *et al.* A multiproxy approach of the Holocene evolution of shelf–slope circulation on the NW Iberian Continental Shelf. **Marine Geology**, 239(1-2),. 1-18. 2007.

MONTES, F. M. J. **Fatores que influenciam na produtividade dos oceanos: a importância do fluxo de difusão dos nutrientes para a biomassa do fitoplâncton na região oceânica do Nordeste brasileiro.** 243f. Dissertação de Mestrado(CiênciasGeologia), Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

MOREIRA, F. F. S. Foraminíferos conceitos e aplicações. **Monografia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, 2007.

MURRAY, J. W. **Ecology and distribution of benthic foraminifera.** Biology of Foraminifera. Academic Press, London, p. 221-253, 1991.

NAGAI, R. H. *et al.* Paleoproductivity changes during the Holocene in the inner shelf of Cabo Frio, southeastern Brazilian continental margin: Benthic foraminifera and sedimentological proxies. **Quaternary International**, v. 206, n. 1–2, p. 62–71, 2009.

NAGAI, R. H. Variações de paleoprodutividade na plataforma interna de Cabo Frio, RJ, durante o Holoceno. Tese de Doutorado. **Universidade de São Paulo**. 2009.

NAGAI, R. H *et al.* Paleoproductivity changes during the late Quaternary in the Southeastern Brazilian upper continental margin of the Southwestern Atlantic. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, p. 31–41, 2010.

NAGY, J.; HESS, S.; ALVE, E. Environmental significance of foraminiferal assemblages dominated by small-sized *Ammodiscus* and *Trochammina* in Triassic and Jurassic delta-influenced deposits. **Earth-Science Reviews**, v. 99, n. 1–2, p. 31–49, 2010.

PAYTAN, A. Ocean paleoproductivity. In: **Encyclopedia of paleoclimatology and ancient environments**. Springer Netherlands, p. 644-651. 2006.

PIELOU, E. C. E. C. **Ecological diversity**. John Wiley, New York. 1975.

RASMUSSEN, T. L.; THOMSEN, E. Ecology of deep-sea benthic foraminifera in the North Atlantic during the last glaciation: Food or temperature control. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 472, p. 15–32, 2017.

ROGL, F.; SPEZZAFERRI, S. Foraminiferal paleoecology and biostratigraphy of the Muhlbach section (Gaindorf Formation, Lower Badenian), Lower Austria. **Ann. naturhist. Mus. Wien**, v. 104, n. December 2016, p. 23–75, 2003.

ROSENTHAL, Y. *et al.* Temperature and carbonate ion effects on Mg/Ca and Sr/Ca ratios in benthic foraminifera: Aragonitic species *Hoeglundina elegans*. **Paleoceanography**, v. 21, n. 1, p. 1–14, 2006.

SEN GUPTA, B. K. **Modern foraminifera**. Kluwer Academic Publishers, 1999.

SHANNON, C.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press. 1999.

SILVEIRA, I *et al.* A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 48(2), 171-183. 2000.

SILVEIRA, I. C. A. *et al.* Is the meander growth in the Brazil Current system off Southeast Brazil due to baroclinic instability? **Dynamics of Atmospheres and Oceans**, v. 45, n. 3–4, p. 187–207, 2008.

SOUSA, S. H. M. *et al.* Foraminíferos bentônicos no talude continental, platô de são paulo e cânions da bacia de campos. **Ambiente Bentônico, Vol 3**, p. 111–144, 2017.

SPEZZAFERRI, S. *et al.* Benthic foraminiferal assemblages from cold-water coral ecosystems. **Cushman Foundation Special Publication**, v. No. 44, n. 44, p. 20–48, 2014.

STRAMMA, L.; ENGLAND, M. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical Research**, v. 104, p. 20, 1999.

STUIVER, M., REIMER, P.J., REIMER, R.W., 2017. CALIB Radiocarbon Calibration 7.1. Disponível em: calib.org. Acesso: 15-12-2017.

SZÉKELY, S. F. *et al.* Biostratigraphy and paleoenvironmental reconstruction of the marine lower Miocene Chechiş Formation in the Transylvanian Basin based on foraminiferal assemblages. **Carnets de géologie**, v. 17, n. 2, p. 11–37, 2017.

VICINI, L.; SOUZA, A. M. Análise multivariada da teoria à prática. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005.

WALKER, M. J. C. *et al.* Paper Formal subdivision of the Holocene Series / Epoch : a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core , marine and

terrestrial records) and the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigr. **Journal of Quaternary Science**, v. 27, p. 649–659, 2012.

WANNER, H. *et al.* Structure and origin of Holocene cold events. **Quaternary Science Reviews**, v. 30, n. 21–22, p. 3109–3123, 2011.

WEFER, G., et al. Clues to ocean history: a brief overview of proxies. In Use of proxies in paleoceanography. Springer **Berlin Heidelberg**. pp. 1-68. 1999.

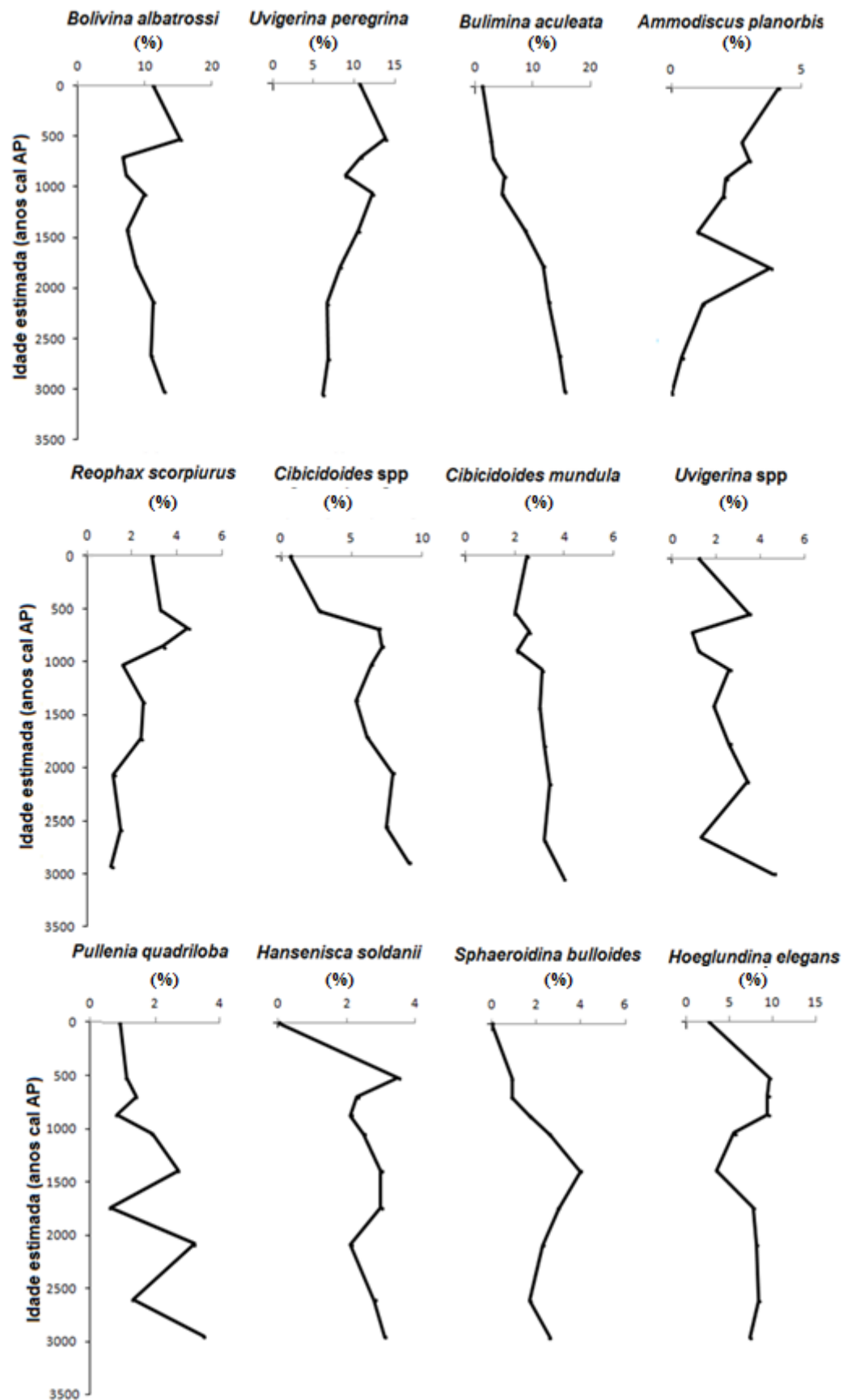
WOLLENBURG, J.; KUHNT, W. The response of benthic foraminifers to carbon flux and primary production in the Arctic Ocean. **Marine Micropaleontology**, 40(3), 189-231. 2000.

WoRMS Editorial Board (2017). **World Register of Marine Species**. Disponível em: <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Acesso em: 22-11-2017.

YAMASHITA, C. *et al.* On the interplay between hydrodynamics, bottom morphology, sedimentary processes and benthic foraminifera assemblages in the São Paulo Bight (Brazil, Sw Atlantic). **Journal of Sedimentary Environments**, v. 1, n. 3, p. 326–347, 2016.

ZERFASS, G. S. A.; ANDRADE, E. D. J. Foraminíferos e Bioestratigrafia: uma abordagem didática. **Terrae Didatica**, v. 3, n. 1, p. 18–35, 2008.

APÊNDICE I – DISTRIBUIÇÃO AO LONGO DOS ÚLTIMOS 3000 ANOS CAL AP
DA ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS ESPÉCIES REPRESENTATIVAS DO
TESTEMUNHO NAP63-2



**APÊNDICE II - TABELA DAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS NO NAP63-2 E NAP68-2
COM O MICROHABITAT E HÁBITOS ALIMENTARES**

Espécie	Microhabitat	Alimentação
<i>Adercotryma glomeratum</i> (Brady, 1878)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Ammobaculites cylindricus</i> (Cushman, 1910)	Infauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Ammodiscus gullmarensis</i> (Höglund, 1948)	Epifauna - Gênero (Kuhnt <i>et al.</i> 1995)	Detritívora - Gênero (Kuhnt <i>et al.</i> 1995)
<i>Ammodiscus planorbis</i> (Höglund, 1947)	Epifauna - Gênero (Kuhnt <i>et al.</i> 1995)	Detritívora - Gênero (Kuhnt <i>et al.</i> 1995)
<i>Ammodiscus sp1</i> (Reuss, 1862)	Epifauna - Gênero (Kuhnt <i>et al.</i> 1995)	Detritívora - Gênero (Kuhnt <i>et al.</i> 1995)
<i>Ammodiscus spp.</i> (Reuss, 1862)	Epifauna - Gênero (Kuhnt <i>et al.</i> 1995)	Detritívora - Gênero (Kuhnt <i>et al.</i> 1995)
<i>Anomalinoidea incrassata</i> (Fichtel & Moll, 1798)		
<i>Archimerismus arenaceus</i> (Cushman, 1927)		
<i>Armorella sphaerica</i> (Heron-Allen & Earland, 1932)		
<i>Bolivina albatrossi</i> (Cushman, 1922)	Infauna /Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Bolivina earlandi</i> (Parr, 1950)	Infauna /epifauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Bulimina aculeata</i> (d'Orbigny, 1826)	Infauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Bulimina marginata</i> (d'Orbigny, 1826)	Infauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Cassidulina sp1</i> (d'Orbigny, 1826)	Infauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Cassidulina spp</i> (d'Orbigny, 1826)	Infauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Cibicides kullenbergi</i> (Parker, 1953)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicides mckannai</i> (Galloway & Wissler, 1927)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicides sp1</i> (Montfort, 1808)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicoides spp</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicoides cicatricosa</i> (Schwager, 1866)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicoides lobatulus</i> (Walker & Jacob, 1878)	Epifauna (Corliss e Chen, 1988)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicoides mundula</i> (Brady, Parker & Jones, 1888)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicoides pachyderma</i> (Rzehak, 1886) <i>Sp1</i>	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicoides pachyderma</i> (Rzehak, 1886) <i>sp2</i>	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicoides robertsoniana</i> (Brady, 1881)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicoides sp1</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicoides sp2</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicoides sp3</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)

APÊNDICE II – Continuação

Espécie	Microhabitat	Alimentação
<i>Cibicidoides sp5</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp7</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp8</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp9</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp10</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp11</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp12</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp13</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp15</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp16</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp17</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp18</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp19</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp20</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp21</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp22</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides sp23</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides spp</i> (Thalman, 1939)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides subhaidingerii</i> (Parr, 1950)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cibicidoides wuellerstorfi</i> (Schwager, 1866)	Epifauna (Corliss e Chen, 1988)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Cribrostomoides quadrata</i> (Uchio, 1960)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Cribrostomoides sp1</i> (Cushman, 1910)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Cribrostomoides subglobosa</i> (Cushman, 1910)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Cylindroclavulina bradyi</i> (Cushman, 1911)		
<i>eggerella bradyi</i> (Cushman, 1911)	Infaua - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Epistominella exigua</i> (Brady, 1884)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Eponides sp1</i> (Montfort, 1808)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Evolutinella rotulata</i> (Brady, 1881)		
<i>Fissurina marginata</i> (Montagu, 1803)	Infaua - Gênero (Corliss e Chen, 1988)	

APÊNDICE II – Continuação

Espécie	Microhabitat	Alimentação
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady, 1881)	Infauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Glomospira gordialis</i> (Jones & Parker, 1860)	Epifauna Gênero (Kuhnt, 1992)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Gyroidina altiformis</i> (Stewart & Stewart, 1930)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Gyroidina laevigata</i> (d'Orbigny, 1826)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Gyroidina sp1</i> (d'Orbigny, 1826)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Gyroidina sp2</i> (d'Orbigny, 1826)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Gyroidina spp</i> (d'Orbigny, 1826)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Hansenisca soldanii</i> (d'Orbigny, 1826)	Epifauna (Murray (2006);	
<i>Haplophragmoides wilberti</i> (Andersen, 1953)	Infauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Heterolepa bradyi</i> (Trauth, 1918)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Suspensívoro (Murray, 1991)
<i>Hoeglundina elegans</i> (d'Orbigny, 1826)	Infauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Hyperammia sp1</i> (Brady, 1878)		
<i>Karrierella bradyi</i> (Cushman, 1911)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Karrerulina conversa</i> (Grzybowski, 1901)		
<i>Karrerulina horrida</i> (Mjatluk, 1970)		
<i>Lagena spp</i> (Walker & Boys, 1798)	Infauna - Gênero (Corliss e Chen, 1988)	
<i>Lagena sp5</i> (Walker & Boys, 1798)	Infauna - Gênero (Corliss e Chen, 1988)	
<i>Lagena sp6</i> (Walker & Boys, 1798)	Infauna - Gênero (Corliss e Chen, 1988)	
<i>Lagena sp7</i> (Walker & Boys, 1798)	Infauna - Gênero (Corliss e Chen, 1988)	
<i>Lagena sp8</i> (Walker & Boys, 1798)	Infauna - Gênero (Corliss e Chen, 1988)	
<i>Lagena sp9</i> (Walker & Boys, 1798)	Infauna - Gênero (Corliss e Chen, 1988)	
<i>Lagena striatiformis</i> (McCulloch, 1981)	Infauna - Gênero (Corliss e Chen, 1988)	
<i>Lenticulina cushmani</i> (Galloway & Wissler, 1927)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Lenticulina sp1</i> (Lamarck, 1804)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Lenticulina sp3</i> (Lamarck, 1804)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Lenticulina sp4</i> (Lamarck, 1804)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Lenticulina sp5</i> (Lamarck, 1804)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Lingulina seminuda</i> (Hantken, 1875)		
<i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu, 1803)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Herbívora - Gênero (Murray, 1991)

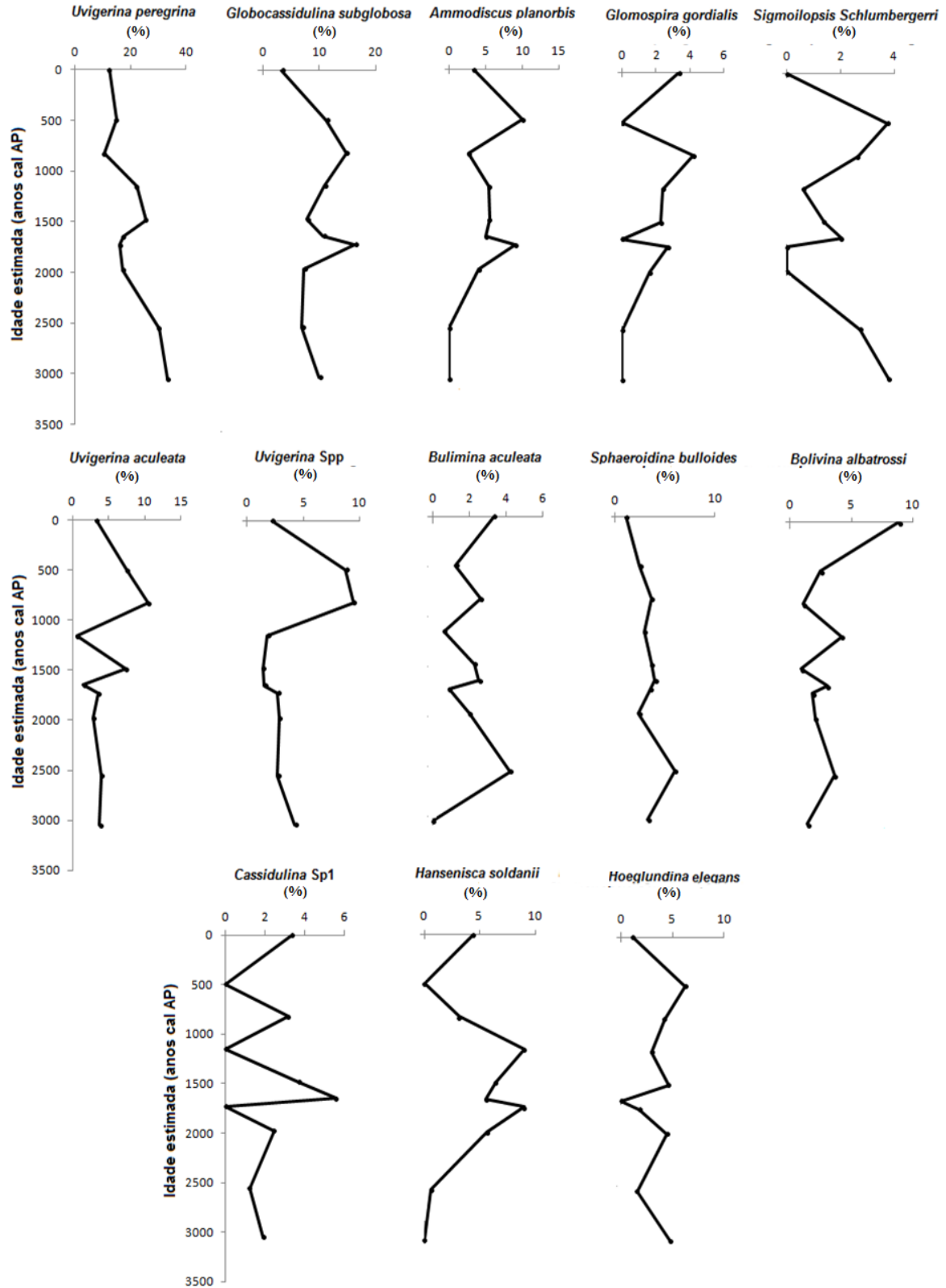
APÊNDICE II – Continuação

Espécie	Microhabitat	Alimentação
<i>Multifidella nodulosa</i> (Cushman, 1922)		
<i>Neolenticulina variabilis</i> (Reuss, 1850)	Epifauna - Gênero (Corliss e Chen, 1988)	
<i>Nodulina dentaliniformis</i> (Brady, 1881)		
<i>Oolina</i> sp1 (d'Orbigny, 1839)		
<i>Oridorsalis umbonatus</i> (Reuss, 1851)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Osangulariella bradyi</i> (Earland, 1934)		
<i>Palliolatella palliolata</i> (Earland, 1934)		
<i>Paratrochammina</i> sp1 (Brönnimann, 1979)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Planctostoma luculenta</i> (Brady, 1884)		
<i>Portatrochammina murrayi</i> (Brönnimann & Zaninetti, 1984)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Prolixoplecta parvula</i> (Cushman, 1922)		
<i>Pseudoclavulina serventyi</i> (Chapman & Parr, 1936)		
<i>Pullenia bulloides</i> (d'Orbigny, 1846)	Inf fauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Pullenia quadriloba</i> (Reuss, 1867)	Inf fauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Pyrgo murrhina</i> (Schwager, 1866)	Epifauna - (Corliss e Chen, 1988)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Pyrgo nasuta</i> (Cushman, 1935)	Epifauna/Inf fauna - Gênero (Murray, 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Pyrgo</i> sp3 (Cushman, 1935)	Epifauna/Inf fauna - Gênero (Murray, 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Pyrgo williamsoni</i> (Silvestri, 1923)	Epifauna - (Corliss e Chen, 1988)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Pyrgoella irregularis</i> (d'Orbigny, 1839)		
<i>Quinqueloculina akneriana</i> (d'Orbigny, 1846)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Herbívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Quinqueloculina</i> sp1 (d'Orbigny, 1826)	Epifauna - Gênero (Murray, 1991)	Herbívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Reophax scorpiurus</i> (Montfort, 1808)	Inf fauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Rhabdammina linearis</i> (Brady, 1879)		
<i>Rhizammina algaeformis</i> (Brady, 1879)	Epifauna (Gooday, 1997)	Detritívora (Gooday, 1997)
<i>Saccammina</i> sp1 (Sars, 1869)	Inf fauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)
<i>Sahulia conica</i> (d'Orbigny, 1839)		
<i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i> (Silvestri, 1904)	Epifauna (Murray, 1991)	
<i>Siphotrochammina</i> sp1 (Saunders, 1957)		
<i>Siphouvigerina proboscidea</i> (Schwager, 1866)		
<i>Sphaeroidina bulloides</i> (d'Orbigny in Deshayes, 1828)		
<i>Trifarina angulosa</i> (Williamson, 1858)	Inf fauna - Gênero (Murray, 1991)	Detritívora - Gênero (Murray, 1991)

APÊNDICE II – Continuação

Espécie	Microhabitat	Alimentação
<i>Triloculina oblonga</i> (Montagu, 1803)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Triloculina trigonula</i> (Lamarck, 1804)	Epifauna - Gênero (Murray,1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina inflata</i> (Montagu, 1808)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina pusilla</i> (Geinitz, 1848)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina sp1</i> (Parker & Jones, 1859)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina sp2</i> (Parker & Jones, 1859)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina sp3</i> (Parker & Jones, 1859)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina sp5</i> (Parker & Jones, 1859)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina sp6</i> (Parker & Jones, 1859)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina sp7</i> (Parker & Jones, 1859)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina sp8</i> (Parker & Jones, 1859)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina sp9</i> (Parker & Jones, 1859)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991))	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina sp10</i> (Parker & Jones, 1859)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Trochammina spp</i> (Parker & Jones, 1859)	Infaua/Epifauna - Gênero (Székely <i>et al</i> 2017; Murray 1991)	Herbívora/Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Uvigerina spp</i> (d'Orbigny, 1826)	Infaua/Epifauna- (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Uvigerina aculeata</i> (d'Orbigny, 1846)	Infaua/Epifauna- (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Uvigerina bradyana</i> (Fornasini, 1900)	Infaua/Epifauna- (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Uvigerina peregrina</i> (Cushman, 1923)	Infaua/Epifauna- (Murray,1991)	Detritívora - Gênero (Murray,1991)
<i>Vaginulina legumen</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Vaginulina sp1</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Valvulineria minuta</i> (Schubert, 1904)		
<i>Veloroninoides scitulus</i> (Brady, 1881)		
<i>Verneuilinoides sp2</i> (Loeblich & Tappan, 1949)		
<i>Verneuilinulla propinqua</i> (Brady, 1884)		

**APÊNDICE III - DISTRIBUIÇÃO AO LONGO DOS ÚLTIMOS 3000 ANOS CAL AP
DA ABUNDÂNCIA DAS ESPÉCIES REPRESENTATIVAS DO TESTEMUNHO
NAP68-2**



APÊNDICE IV – ESPÉCIES REPRESENTATIVAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Espécie	Habitat	Alimentação	Oxigênio	Referências
<i>Ammodiscus planorbis</i>	Epifauna	Detritívora	Encontrada em locais com baixo teor de oxigênio.	Kuhnt et al. (1995); Nagy et al. (2010);
<i>Bolivina albatrossi</i>	Infaua	Detritívora, dependente de alto fluxo de matéria orgânica, aporte alimento elevado e em pulsos.	Tolera baixa oxigenação e pode ser Indicadora de condições de anóxicas.	Kaiho (1994); Spezzaferri et al. (2014); Murray (1991);
<i>Bulimina aculeata</i>	Infaua	Detritívora, é indicadora de alta produtividade, dependente de alto fluxo de matéria orgânica, aporte alimento elevado e em pulsos.	Tolera baixa oxigenação e pode ser um indicador de condições subóxicas;	Murray (1991); Rasmussen e Thomsen (2017); Kaiho, (1994);
<i>Cassidulina sp1</i>	Infaua	Detritívora, responde a entrada de nutrientes no ambiente.	Pode indicar condições subóxicas	Kaiho (1994); Yamashida et al. (2016); Murray (1991);
<i>Cibicidoides mundula</i>	Epifauna	Suspensívora	Encontrada em ambientes bem oxigenados, não tolera níveis baixos de oxigênio, podendo indicar condições óxicas.	Huang et al. (2002); Kaiho (1994);
<i>Cibicidoides spp.</i>	Epifauna	Suspensívora	Encontrada em ambientes bem oxigenados, não tolera níveis baixos de oxigênio, podendo indicar condições óxicas.	Huang et al. (2002); Kaiho, (1994); Murray (1991);
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	Infaua	Detritívora, oportunista, associada a disponibilidade de matéria orgânica lábil e ao fluxo episódico ou inconstante de fitodetrítos.	Encontrada em ambientes bem oxigenados, podendo ser indicadora de condições óxicas.	Kaiho (1994); Spezzaferri et al. (2014); Yamashida et al. (2016); Murray (1991);
<i>Glomospira gordialis</i>	Epifauna	Detritívora.		Kuhnt et al. (1995);
<i>Hansenisca soldanii</i>	Epifauna		Encontrada em ambientes subóxicos e anóxicos.	Murray (1991); Székely (2017);
<i>Hoeglundina elegans</i>	Infaua	Detritívora, cosmopolita, tem preferência por recursos de alta qualidade e pode ser indicadora de deposição episódica de fitodetrítos.	Comum em ambientes oligotróficos, pode ser Indicadora de condições subóxicas.	Rosenthal et al. (2006); Spezzaferri et al. (2014); Kaiho (1994); Yamashida et al. (2016);
<i>Pullenia quadriloba</i>	Infaua	Detritívora, comum em áreas com alta produtividade e que possui fluxo variável de matéria orgânica.	Encontrada em ambientes bem oxigenados e pode ser indicadora de condições subóxicas.	Murray (1991); Kaiho (1994); Corliss e Chen (1988) Gupta e Thomas (1999); Spezzaferri et al. (2014);
<i>Reophax scorpiurus</i>	Infaua	Detritívora, se alimenta de matéria orgânica refratária ou indicar aumento no fluxo de matéria orgânica fresca.		Spezzaferri et al. (2014); Székely (2017); Murray (1991);
<i>Sigmioilopsis schlumbergerri</i>	Epifauna			
<i>Sphaeroidina bulloides</i>		Responde ao aporte sazonal de matéria orgânica e é comum em áreas com alta produtividade.	Ocorre em ambientes bem oxigenados, com tolerância para condições de baixa oxigenação, podendo indicar condições subóxicas.	Spezzaferri et al. (2014); Kaiho (1994);
<i>Uvigerina aculeata</i>	Infaua	Detritívora, encontrada em locais com alta produtividade e matéria orgânica, relacionada ao rápido fluxo de fitodetrítos	Pode ser indicadora de condições subóxicas.	Kaiho (1994); Rögle e Spezzaferri (2003); Spezzaferri et al. (2002); Yamashida et al. (2016); Murray, (1991);
<i>Uvigerina peregrina</i>	Infaua	Detritívora, responde a blooms de fitodetrítos e é comum em ambientes com aporte elevado de matéria orgânica lábil.	Pode indicar condições subóxicas.	Kaiho (1994); Murray, (1991);
<i>Uvigerina spp.</i>	Infaua	Detritívora, encontrada em locais com alta produtividade e matéria orgânica, relacionada ao rápido fluxo de fitodetrítos	Pode ser indicadora de condições subóxicas.	Kaiho (1994); Rögl e Spezzaferri (2003); Spezzaferri et al. (2002); Yamashida et al. (2016); Murray, (1991);

