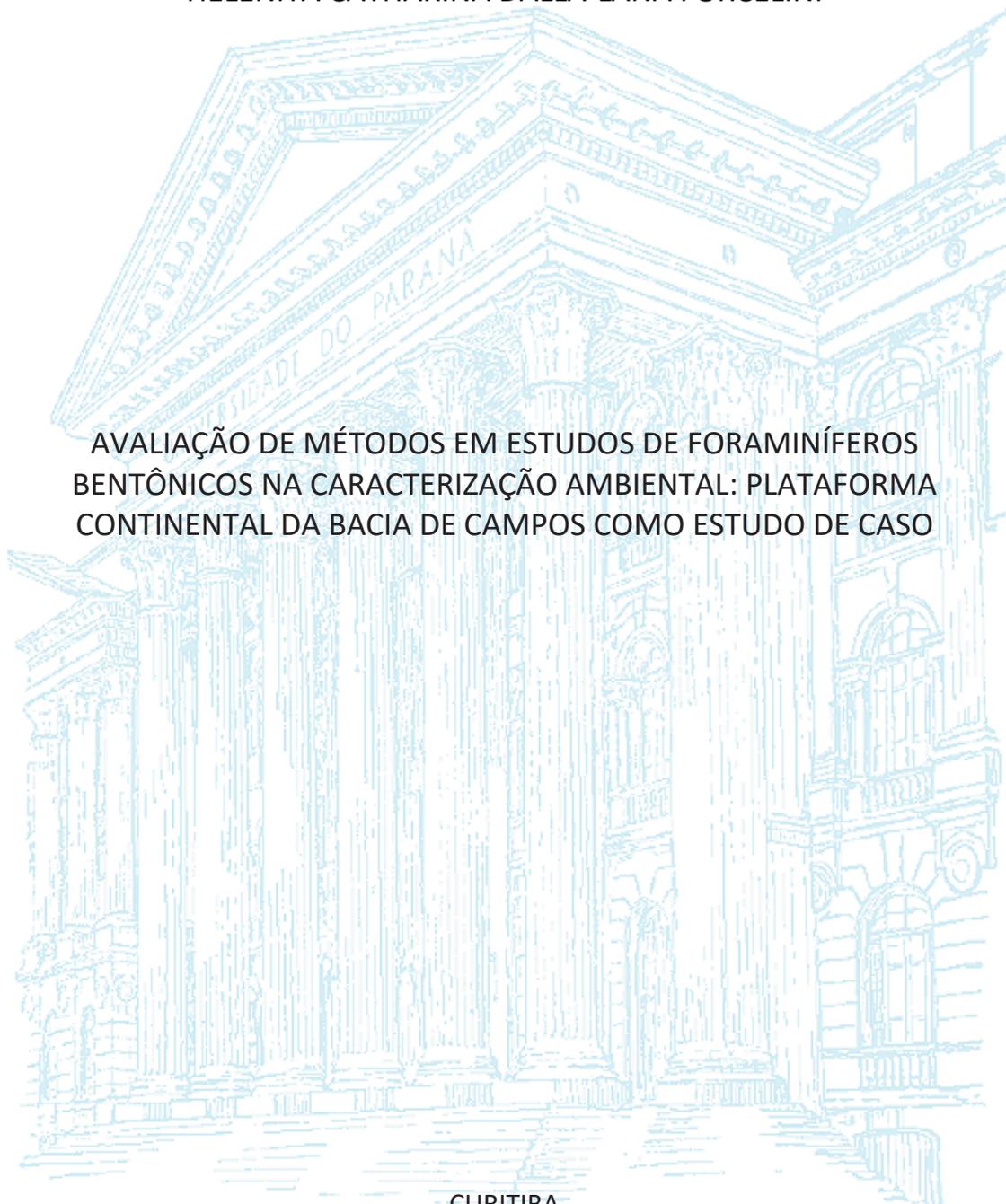


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HELENITA CATHARINA DALLA-LANA FORCELINI

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS EM ESTUDOS DE FORAMINÍFEROS
BENTÔNICOS NA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL: PLATAFORMA
CONTINENTAL DA BACIA DE CAMPOS COMO ESTUDO DE CASO

CURITIBA
2018



HELENITA CATHARINA DALLA-LANA FORCELINI

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS EM ESTUDOS DE FORAMINÍFEROS
BENTÔNICOS NA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL: PLATAFORMA
CONTINENTAL DA BACIA DE CAMPOS COMO ESTUDO DE CASO

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geologia, Área de concentração em Geologia Ambiental, Setor de Ciências Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial a obtenção do título de doutora em Geociências.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Alberto
Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Rodolfo José
Angulo

CURITIBA
2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR
BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

F697a Forcellini, Helenita Catharina Dalla-Lana
Avaliação de métodos em estudos de foraminíferos bentônicos na caracterização ambiental:
plataforma continental da Bacia de Campos como estudo de caso / Helenita Catharina Dalla-Lana
Forcellini. – Curitiba, 2018.
II. color.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Terra, Programa de Pós-Graduação
em Geologia, 2018.

Orientador: Lutz Alberto Fernandes.
Coorientador: Rodolfo José Angulo.

1. Geologia ambiental. 2. Plataforma continental. 3. Fauna. 4. Bacia de Campos (Brasil).
I. Universidade Federal do Paraná. II. Fernandes, Lutz Alberto. III. Angulo, Rodolfo José.
IV. Título.

CDD: 551.46

Bibliotecária: Romilda Santos - CRB-9/1214



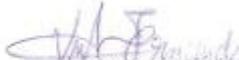
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECTOR CIÊNCIAS DA TERRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GEOLOGIA

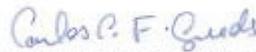
TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a aquisição da tese de Doutorado de HELENITA CATHARINA DALLA LANA FORCELINI intitulada: **AValiação de métodos de estudos de foraminíferos bentônicos na caracterização ambiental: Bacia de Campos como estudo de caso**, após ter realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação em nível de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo Colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 14 de Maio de 2019


LUIZ ALBERTO FERNANDES
Presidente da Banca Examinadora


CARLOS CONFORTI FERREIRA GUEDES
Avaliador Interno


CARLA VAN DER HAAGEN CUSTÓDIO SONETTI
Avaliador Externo


RENATA HANAÉ NAGAI
Avaliador Externo


FERNANDO FARIAS VESELY
Avaliador Interno



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências da Terra
Programa de Pós-Graduação em Geologia



DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que **Helenita Catharina Dalla Lana Forcelini** realizou sua defesa de tese intitulada "*Avaliação de métodos de estudos de foraminíferos bentônicos na caracterização ambiental: bacia de Campos como estudo de caso*" em 14 de maio de 2018, no Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Paraná, área Geologia Ambiental, nível Mestrado, e que por sugestão da banca examinadora, o título foi alterado para "*Avaliação de métodos em estudos de foraminíferos bentônicos na caracterização ambiental: plataforma continental da bacia de Campos como estudo de caso*".

Curitiba, 06 de setembro de 2018

Maria Cristina de Souza
Coordenadora do Programa
Pós-Graduação em Geologia

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de estudos, ao Programa de Pós-Graduação em Geologia – UFPR pela oportunidade em desenvolver esse trabalho e à Petrobrás por dispor as amostras e os dados para a realização dessa pesquisa.

Ao Laboratório de Ciências Ambientais do Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Hidrobiologia do Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que cederam os dados para essa pesquisa. E ao Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal do Paraná pelas fotos de microscopia eletrônica de varredura.

Ao Fernando Sedor pelo espaço de trabalho cedido no Museu de Ciências Naturais, ao Clauber Rocha pela confecção dos mapas e a Ana Tereza Guimarães pelo auxílio com as análises estatísticas.

Ao prof. Dr. Rodolfo José Angulo pela coorientação e conversas elucidativas no início do projeto.

Ao prof. Dr. Luiz Alberto Fernandes pela orientação, revisão de resumos, apresentações e manuscritos, pelos ensinamentos sobre petrologia sedimentar em sala e nos campos divertidos que fizemos, pelas conversas de boteco que se tornaram grandes discussões científicas produtivas e por me fazer acreditar em sacis.

À Dra. Sibelle Trevisan Disaró que também foi minha orientadora na prática, por todo conhecimento repassado, pelas incontáveis horas de lupa na identificação dos foraminíferos, pelas inúmeras revisões de relatórios, resumos e manuscritos, por todo material cedido, pelos puxões de orelha quando precisei e pelas palavras de apoio que recebi. Por ter me recebido de braços abertos na equipe do LaFMA, que acabou sendo o início do caminho desse doutorado.

Aos colegas de laboratório que fizeram ou fazem parte da equipe do LaFMA: Dani, Dona Isabel, Elis, Erika, Joice, Kaline, Lê, Lu, Manu, Silvia, Thaise e Violeta por todos momentos compartilhados, horas e horas de triagens e inúmeras discussões que fizeram parte do meu crescimento profissional.

A todas as pessoas que me acolheram em suas casas quando precisei de pouso em Curitiba: Ramon, Vó, Mari, Lê, tia Eugênia, Maurice, Bertol, Gi e Erika.

À Leticia e Luciana, companheiras de trabalho e da vida, pelo apoio sempre prestado, ajuda nas horas de lupa e nas identificações e pelas conversas intermináveis que não me

deixaram desistir. Pelos cafés, almoços e jantares que compartilhamos e pelas muitas dicas e correções ao longo de toda a pesquisa. Sem vocês eu não teria conseguido!

Às amigas de longa data, Fernanda, Kalina e Viviane (*in memoriam*) pelas experiências pessoais e profissionais trocadas, momentos de lazer compartilhados e por me mostrarem o quanto somos especiais nesse mundo tão complicado.

Ao Ramon, pela ajuda com as planilhas, pelo companheirismo e paciência nos momentos críticos. Pelas palavras de incentivo quando mais precisei.

À toda minha família, em especial aos meus pais Ademar e Carmem, pelos conceitos e valores de vida, exemplos de honestidade, ética e respeito com que conduziram minha educação, pela confiança nas minhas escolhas pessoais e profissionais, por todo apoio psicológico, educacional e financeiro.

RESUMO

Foraminíferos bentônicos atuais foram estudados visando a caracterização ambiental da área submersa onde encontra-se a Bacia de Campos com o objetivo de comparar entre o método de avaliação regional pela fauna viva (FV), já realizado em estudo anterior e o realizado pela avaliação da fauna total (FT), aqui apresentado. As amostras de sedimentos provêm de 45 estações de coleta dispostas em nove transectos (A, B, C, D, E, F, G, H e I) orientados perpendicularmente à costa. Ao longo de cada transecto foram distribuídas cinco estações amostrais, um em cada isóbata (25, 50, 75, 100 e 150 metros de profundidade). Em cada estação amostral foram coletadas 3 réplicas independentes. Estudos anteriores com a FV na Bacia de Campos identificaram três setores principais: plataforma interna, áreas de ressurgência e plataforma média-externa e mostraram pequenas variações sazonais nestes setores, importantes para conhecer a dinâmica anual da região. As análises de agrupamento, ordenação e correlação da FT com parâmetros ambientais também possibilitaram distinguir esses três principais setores, interpretando a plataforma continental da Bacia de Campos de maneira integrada, evidenciando as características predominantes do ambiente, feições batimétricas, sedimentares e tróficas prevaletentes. Uma análise da fauna morta (FM) em algumas estações demonstrou que a médias das réplicas de FM mostrou-se predominantemente concordante com a amostra composta por partes iguais destas mesmas três réplicas. Em um dos casos a similaridade entre as réplicas e a ausência de concordância entre as distribuições destas frequências com as da média da amostra composta aponta que o perfil de diferentes triadores pode interferir nos resultados. Portanto, conclui-se que não havendo possibilidade de avaliar a fauna viva em momentos sazonalmente diferentes e, sendo viável realizar apenas uma campanha, é possível caracterizar uma ampla região com a FT, e a utilização de amostras compostas agiliza este processo, melhorando a representatividade que uma amostra apenas não poderia dar e ampliar o conhecimento sobre a área representada por cada estação e ainda assim diminuir em muito o trabalho e o tempo de laboratório.

Palavras-chave: caracterização ambiental, plataforma continental, fauna total e fauna morta.

ABSTRACT

Modern benthic foraminifera were studied aiming at the environmental characterization of the submerged area where the Campos Basin is located, in order to compare the method of regional evaluation by the living fauna (LF) already carried out in a previous study and the one realized by the evaluation of the total fauna (TF), presented here. The sediment samples come from 45 collection stations arranged in nine transects (A, B, C, D, E, F, G, H and I) oriented perpendicular to the coast. Five sampling stations were distributed along each transect, one in each isobath (25, 50, 75, 100 and 150 meters deep). At each sampling station, 3 replicates were collected. Previous studies with the living fauna in the Campos Basin identified three main sectors: inner shelf, upwelling areas and medium-outer shelf and showed small seasonal variations in these sectors, important to know the annual dynamics of the region. The TF clustering, ordering and correlation analysis with environmental parameters made it possible to distinguish the same three main sectors interpreting the continental shelf of the Campos Basin in an integrated way, evidencing the predominant characteristics of the environment, prevailing bathymetric, sedimentary and trophic features. An analysis of dead fauna (DF) at some stations showed that the mean of DF replicates showed to be predominantly in agreement with the sample composed of equal parts of the same three replicates. In one of the cases, the similarity between the replicates and the absence of agreement between the distributions of these frequencies and those of the mean of the composite sample indicates that the profile of different picking persons may interfere in the results. Thus, it is concluded that, when it is not possible to evaluate the living fauna at different seasonal times and only one campaign is possible to be done, we recommend characterizing a wide region with TF using composite samples which extends the area represented by each sampling station and decreases labor and laboratory time. In this case, 45 composite samples were analyzed instead of 135 samples (three replicates for each station).

Key words: environmental characterization, continental shelf, total fauna and dead fauna.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da área de estudo com a malha amostral utilizada no Projeto Habitats.....	18
Figura 2. Dendograma (Modo Q) da análise de agrupamento das amostras do ponto F1.....	22
Figura 3. Dendograma (Modo Q) da análise de agrupamento das amostras dos pontos A4, D2, D5 e G5.....	23
Figura 4. Curvas de rarefação para as amostras das estações estudadas.....	24
Figura 5. Curva de rarefação para a estação D2 com exclusão de espécies raras.....	25
Figura 6. Mapa de porção da costa brasileira com os limites da Bacia de Campos.....	29
Figura 7. Busca-fundo do tipo van Veen utilizado nas coletas Foraminíferos com carapaças degradadas.....	32
Figura 8. Mapa da área de estudo com indicação dos transectos e das estações de amostragem.....	33
Figura 9(A) Peneira utilizada na lavagem das amostras; (B) amostra composta pelas três réplicas; (C) bandeja quadriculada para triagem; (D) lâmina com foraminíferos triados da FT da amostra composta.....	35
Figura 10: (A) Percentual de foraminíferos vivos e mortos na FT. (B) Percentual de cada um dos três principais grupos de foraminíferos na FT, segundo composição da sua carapaça.....	37
Figura 11 Percentual de indivíduos vivos e mortos na fauna total com diferente composição da carapaça.....	38
Figura 12. Foraminíferos com carapaças degradadas.....	40
Figura 13. Dendograma (Modo Q) da análise de agrupamento com base na fauna total.....	41
Figura 14. Dendograma (Modo Q) da análise de agrupamento com base na fauna viva das duas amostragens somadas.....	42
Figura 15. Mapa com a projeção dos grupos resultantes da análise de agrupamento da fauna total.....	42
Figura 16. Representação das classes granulométricas nos pontos amostrais.....	43
Figura 17: Representação gráfica da CCA.....	44

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Resultado dos testes de Kolmogorov-Smirnov entre as matrizes das médias das réplicas e amostra composta das réplicas de cada estação coletada e distribuição das amostras entre os quatro pesquisadores.....	21
QUADRO 2. Resultado dos testes de Kolmogorov-Smirnov entre as matrizes das réplicas de D2 e distribuição das amostras entre os pesquisadores.....	22
QUADRO 3. Coeficientes de correlação de Pearson para as amostras do ponto F1.....	22
QUADRO 4. Coeficientes de correlação de Pearson para as amostras dos pontos A4, D2, D5 e G5.....	23

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	9
2. INTRODUÇÃO.....	10
2.1 Ambiente sedimentar: Plataforma continental marinha.....	10
2.2 Foraminíferos bentônicos.....	11
2.3 Objetivos.....	13
2.4 Referências.....	14
3. AVALIAÇÃO DE MÉTODOS USADOS PARA ESTUDOS DA FAUNA MORTA DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS: AMOSTRA COMPOSTA <i>versus</i> RÉPLICAS.....	16
3.1 Introdução.....	16
3.2 Materiais e Métodos.....	18
3.3 Resultados e Discussões.....	21
3.4 Conclusões.....	25
3.5 Referências.....	26
4. COMPARAÇÃO ENTRE FAUNAS VIVA E TOTAL DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS PARA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DE CAMPOS.....	27
4.1 Introdução.....	27
4.2 Área de Estudo.....	28
4.2.1 Características gerais.....	28
4.2.2 Características sedimentológicas e geomorfológicas.....	29
4.2.3 Correntes e áreas de ressurgência.....	30
4.3 Materiais e Métodos.....	31
4.3.1 Coletas em campo.....	33
4.3.2 Análises das amostras e métodos em laboratório.....	34
a) Parâmetros físico-químicos.....	34
b) Foraminíferos.....	34
4.3.3 Tratamento de dados.....	36
a) Avaliação da similaridade dos resultados baseados na Fauna Total e Fauna Viva – Concordância entre as matrizes biológicas.....	36
b) Análises de Agrupamento.....	36
c) Análises Fatoriais.....	36
4.4 Resultados e Discussões.....	37
4.5 Conclusões.....	48
4.6 Referências.....	49
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
6. REFERÊNCIAS.....	56
ANEXOS.....	61

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Bacia Sedimentar Marinha de Campos abriga depósitos sedimentares sob uma coluna d'água de até 3.400 m de profundidade. Situa-se na costa sudeste do Brasil, em águas territoriais dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, margem sudoeste do Oceano Atlântico.

A fauna total de foraminíferos bentônicos é muito utilizada para fins de caracterização de ambientes pois reflete suas principais características. A fauna morta é mais aplicada em interpretações paleoambientais, mas também registra fenômenos dominantes que ocorrem em determinada área. Trabalhos com a fauna viva obrigatoriamente devem ser realizados com réplicas com o propósito de conhecer as variâncias das associações faunísticas e necessitam de mais de uma amostragem durante o ano para evitar que apenas um momento, nem sempre típico, seja utilizado para caracterizar a região.

O Projeto Habitats realizado na Bacia de Campos tinha como objetivo caracterizar a área no tempo e no espaço fornecendo subsídios para estudos de modelagem ecológica regional. Foi essa razão que levou Disaró (2013) a estudar a fauna viva. Sabendo do potencial da fauna total para caracterização ambiental, decidiu-se realizar as análises desta fauna e testar as eventuais diferenças entre os métodos.

Este volume está dividido em quatro capítulos. O primeiro faz uma contextualização da obra e os capítulos 3 e 4 são apresentados em formato de artigos científicos a fim de responder as questões propostas nos objetivos da tese. O capítulo 5 contém o fechamento do trabalho com as principais conclusões alcançadas com a pesquisa.

2. INTRODUÇÃO

2.1) Ambiente sedimentar: Plataforma continental marinha

O Brasil é um país com uma das maiores extensões de margem continental do mundo, abrangendo diversos segmentos de bacias sedimentares com características geológicas distintas e diferentes graus de conhecimento do potencial exploratório. As margens continentais situam-se entre os continentes e as bacias oceânicas, perfazendo 10 % da superfície do globo. Correspondem à transição entre a crosta continental e a oceânica, incluindo a plataforma continental. Nelas concentram-se cerca de 90% do potencial econômico marinho no que diz respeito a alimentos, combustíveis fósseis e minerais de valor econômico. São regiões onde espessas seções sedimentares podem ser encontradas, dentre elas, rochas onde o petróleo é gerado e acumulado, com grande potencial de exploração petrolífera (Coutinho, 2000; Milani *et al.*, 2000; Mohriak, 2003).

A plataforma continental constitui a faixa mais rasa que circunda a maioria dos continentes, possui a configuração de terraço, com um aumento acentuado da inclinação denominado “quebra da plataforma”, que marca seu limite externo. Tem configuração aproximadamente plana, suavemente inclinada mar adentro, representando o prolongamento do próprio continente. Esse compartimento pode ser subdividido, levando em consideração a profundidade, em plataforma continental interna (0 a 30m) e plataforma externa (30m a 150m) e, às vezes, uma área intermediária pode ser identificada, a plataforma média (Coutinho, 2000; Suguio, 2003).

Ambientes de plataforma são geralmente caracterizados por uma grande complexidade em relação à sua evolução tectônica, e são influenciados pelo espaço de acomodação e a disponibilidade de sedimentos, como pode ser observado na plataforma de margem passiva brasileira. Além disso os processos transgressivos e regressivos, a ação de ondas, correntes de maré, correntes de deriva litorânea e vórtices de correntes marinhas ajudam a definir a distribuição sedimentar e a configuração das feições de fundo (Figueiredo *et al.*, 2011).

Segundo Campos & Domingues (2010), além da disponibilidade de sedimentos, os processos de sedimentação em ambientes de plataforma também estão relacionados ao regime hidrodinâmico e a eventos de variação do nível do mar. A entrada de sedimentos nas bacias e sua acumulação dependem do equilíbrio entre a taxa de disponibilização de espaço para acumulação e a taxa de sedimentação, na qual três situações são possíveis, segundo Swift & Thorne, 1992:) : **a** - haver equilíbrio entre as taxas; **b** - a taxa de disponibilização de espaço superar a taxa de aporte de sedimentos, e nesse caso ocorre uma transgressão marinha; e **c** - a

taxa de aporte de sedimentos suplantar a taxa de disponibilização de espaço, e nesse caso ocorre uma regressão marinha. Para Nittrouer *et al.* (2007 *apud* Figueiredo *et al.*, 2017), a distribuição dos sedimentos e sua granulação dependem do clima, da proximidade e granulação na fonte e da energia de ondas e correntes que irão moldá-los ao fundo de acordo com os vários processos hidrodinâmicos.

O relevo da plataforma inclui feições negativas como *canyons*, canais e vales submarinos, bacias e depressões lineares e feições positivas são representadas por bancos e cristas, terraços e escarpas de falhas, recifes e bancos costeiros. O microrrelevo da plataforma resulta das condições hidrodinâmicas predominantes do fundo. É comum os substratos arenosos apresentarem ondulações, enquanto nos fundos lamosos as ondulações têm grande comprimento de onda e pequena amplitude. Áreas com sedimentação carbonática apresentam relevo característico, geralmente bastante irregular, com recifes e bancos de algas calcárias (Coutinho, 2000).

Segundo Rebouças (2010) até a década de 70 os pesquisadores mostravam-se indiferentes ao papel da composição dos sedimentos na distribuição sedimentar em plataformas continentais. Estudos sobre plataformas continentais com sedimentação carbonática foram desenvolvidos paralelamente aos estudos sobre a sedimentação siliciclástica, impulsionados pela indústria do petróleo. Sedimentos biogênicos carbonáticos são compostos por mais de 30% de carbonato de cálcio e sílica amorfa, e são formados por organismos (algas calcárias, corais, moluscos e principalmente foraminíferos); seu acúmulo pode gerar importantes depósitos carbonáticos e silicosos em plataformas continentais. A produtividade, os tipos e a abundância são controlados primeiramente pelas condições climáticas, temperatura, salinidade e intensidade fótica, além de outros fatores que também exercem influência significativa, como o comportamento do nível relativo do mar, turbidez da água, natureza do substrato, fluxo de nutrientes e regime hidrodinâmico (Garrison, 2010; Tucker e Wright, 1990).

2.2 Foraminíferos bentônicos

Foraminíferos são organismos unicelulares, eucariontes que possuem carapaça constituída de material de origem orgânica, carbonática (porcelânica ou hialina), silicosa ou podem aglutinar diferentes materiais de origem biológica ou fragmentos oriundos da decomposição de rochas de gênese distinta, unindo-os com um cimento secretado pelo próprio organismo e formando carapaças aglutinantes. As carapaças carbonáticas ou calcárias são as mais conhecidas, sua composição é de 90% de carbonato de cálcio na forma de calcita criptocristalina, secretadas pelos próprios foraminíferos. As carapaças aglutinantes são

formadas pela adesão de bioclastos e/ou litoclastos presentes nos sedimentos, como fragmentos de conchas, carapaças de outros foraminíferos, espículas de esponjas, grãos de quartzo, feldspato, mica e vários outros. Foraminíferos são predominantemente marinhos e bentônicos, podendo viver livres nos sedimentos ou aderidos a diferentes substratos (rochoso ou biogênico), mas também ocorrem espécies planctônicas que vivem na coluna d'água (Boltovskoy, 1965; Lee & Anderson, 1991; Sen Gupta, 2003).

A carapaça geralmente é muito resistente na maioria das espécies e por esta razão se preserva e se acumula, contribuindo significativamente na formação de sedimentos biogênicos. Por esta razão, foraminíferos são bastante utilizados em estudos paleoambientais. Considera-se que os foraminíferos constituem um dos grupos mais diversificados presentes nos oceanos atuais. Somada à sua extensa história geológica, que possibilita que sejam analisados no decorrer do “tempo geológico”, o estudo destes organismos também pode ser aplicado em diferentes áreas da ciência. Eles são considerados importantes constituintes dos depósitos carbonáticos, pois suas carapaças constituem porção significativa destes sedimentos marinhos (Boltovskoy, 1965; Sen Gupta, 2003; Murray, 2006).

A composição das comunidades de foraminíferos bentônicos é determinada pela combinação de parâmetros oceanográficos. Fatores físicos, químicos e biológicos controlam sua distribuição e interferem no tamanho, na espessura e na forma das carapaças e estas características também influenciam sua distribuição vertical nos sedimentos. O estudo de foraminíferos tem se mostrado eficiente na caracterização e avaliação da qualidade ambiental, por serem unicelulares e terem uma estreita relação com o meio em que vivem (sedimentos, características hidrográficas etc.), têm alto potencial de aplicabilidade como ferramenta de monitoramento. São bioindicadores da circulação marinha ou estuarina e a ocorrência ou ausência de espécies de foraminíferos bentônicos permite estimar a batimetria, a temperatura ou detectar a entrada e saída de massas d'água (Schmiedl *et al.*, 1997; Boltovskoy *et al.*, 1991; Hallock & Glenn, 1986; Schnitker, 1974; Debenay & Guilou, 2002).

Em vida os foraminíferos participam ativamente da ciclagem do material orgânico e após a morte, desde que não ocorra dissolução de suas carapaças, passam a formar parte constituinte dos sedimentos marinhos atuando como testemunhas de ambientes antigos (Disaró, 2013). Informações sobre a taxonomia, a distribuição ecológica e a biogeografia dos foraminíferos bentônicos são fundamentais em estudos de interpretação ambiental e paleoambiental (Hayward *et al.*, 2003). Dados sedimentológicos e das espécies de foraminíferos bentônicos de um testemunho utilizados por Nagai *et al.* (2009) permitiram reconhecer quatro fases de produtividade com diferentes hidrodinâmicas e regimes de sedimentação na

plataforma interna do Rio de Janeiro, nas proximidades de Cabo Frio, durante o Holoceno. Os autores evidenciaram influências da flutuação média do nível do mar e mudanças climáticas que ocorreram no sul e sudeste do Brasil. Trabalhos com foraminíferos fósseis têm se mostrado muito eficientes na interpretação de paleoambientes, no entanto, a chave para interpretar os registros fósseis está no conhecimento dos foraminíferos atuais (Licari *et al.*, 2003).

Estudos utilizando foraminíferos para caracterizar uma região podem ser realizados tanto a partir da fauna viva (FV) quanto da fauna total (FT). Alguns estudos que utilizam a fauna total (FT) não diferenciam quais espécimes se encontram vivos no momento da amostragem e quais se encontram mortos, mas a preservação da carapaça após a morte permite que os espécimes mortos também sejam preservados e estudados para caracterização ambiental. Quando se pretende caracterizar paleoambientes é mais comum que se estude apenas a fauna morta (FM).

2.3 Objetivos

O principal objetivo da pesquisa foi caracterizar a área da plataforma continental da Bacia de Campos mediante estudo dos foraminíferos que compõem a fauna total e fauna morta, visando fornecer dados para o refinamento das interpretações paleoambientais desta região.

Os objetivos específicos foram:

- verificar se há diferença significativa na composição e abundância de espécies que compõem a fauna morta representada em amostras compostas por partes iguais das três réplicas com a média das três réplicas destas mesmas estações amostrais;
- reconhecer as diferenças na composição das espécies da fauna viva e fauna total e a sua relação com os parâmetros ambientais;
- identificar mudanças nos padrões de distribuição da fauna viva em relação aos apresentados pela fauna total;
- verificar se há correlações entre os foraminíferos e os contextos deposicionais setorizados da Bacia de Campos.

2.4 Referências

- BOLTOVSKOY, E. **Los Foraminíferos Recientes - Biología, métodos de estudio, aplicación oceanográfica**. Buenos Aires, EUDEBA - Editorial Universitaria de Buenos Aires. 1965.
- BOLTOVSKOY, E.; SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Morphological Variations of Benthic Foraminiferal Tests in Response to Changes in Ecological Parameters: A Review. **Journal of Paleontology**, v. 65 n. 2, p. 175-185, 1991
- CAMPOS, R.H.S.; DOMINGUEZ, J.M.L. Mobility of sediments due to wave action on the continental shelf of the northern coast of the state of Bahia. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, n. 2, p. 57-63, 2010.
- COUTINHO, P. N. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinho do Brasil. **Programa REVIZEE, textos para consulta**. Acesso em: 20 de julho de 2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha/programa-revizee/item/7606>. [200?].
- DEBENAY, J.P., GUILLOU, J.J. Ecological transitions indicated by Foraminiferal assemblages in paralic environment. **Estuaries**, v. 25, p. 1107-1120, 2002
- DISARÓ, S.T. **Caracterização da Plataforma Continental da Bacia de Campos (Brasil – SE) Fundamentada em Foraminíferos Bentônicos Recentes**. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 163p, 2013.
- FIGUEIREDO JR., A.G., PACHECO, C.E.P., VASCONCELOS, S.C., SILVA, F.T. Geomorfologia e sedimentologia da plataforma continental. In: KOWSMANN, R.O., editor. **Geologia e Geomorfologia**. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 1. p. 13-32, 2015.
- FIGUEIREDO JR., A.G.; SILVA, F.T.; PACHECO C.E.P.; VASCONCELOS S.C.; KOWSMANN, R.O. Sedimentologia da plataforma continental da Bacia de Campos. In: XIII **Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA**. 2011.
- GARRISON, T. **Oceanography – A invitation to marine science**. Belmont: Brooks/Cole, 2010.
- HALLOCK, P., GLENN, E. C. Larger Foraminifera: A Tool for Paleoenvironmental Analysis of Cenozoic Carbonate Depositional Facies. **Palaios**, v.1, p. 55-64, 1986.
- HAYWARD, B.W.; GRENFELL, H.R.; SABAA, A.T.; NEIL, H.N.; BUZAS, M.A. Recent New Communities and microhabitats of living benthic foraminifera from the tropical East Atlantic, impact of different productivity regimes. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 33, n. 1, p. 10-31, 2003
- LEE, J. J. & ANDERSON, O. R. **Biology of Foraminifera**. London: Academic Press, 1991.
- LICARI, L.N.; SCHUMACHER, S.; WENZHÖFER, F.; ZABEL, M.; MACKENSEN, A. Zealand deep-water benthic foraminifera: taxonomy, ecologic distribution, biogeography, and use in paleoenvironmental assessment. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 41, n. 2, p. 199, 2003
- MILANI, E. J.; BRANDÃO, J. A. S. L.; ZALÁN, P. V.; GAMBOA, L. A. P. Petróleo na margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 351-396, 2000.

MOHRIAK, W. U. 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**. Brasília: CPRM, p. 87-151, 2003.

MURRAY, J.W. **Ecology and applications of benthic foraminifera**. Cambridge University Press. New York: 426 p, 2006.

NAGAI, R. H.; SOUSA, S.H.M.; BURONE, L.; MAHIQUES, M.M. Paleoproductivity changes during the Holocene in the inner shelf of Cabo Frio, southeastern Brazilian continental margin: Benthic foraminífera and sedimentological proxies. **Quaternary International**, v. 206, p. 62–71, 2009.

NETO, B. J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução à Geologia Marinha**. Ed. Interciência. Rio de Janeiro: 279 p, 2004.

REBOUÇAS, C. R. **Sedimentação holocênica da plataforma continental de Salvador-BA**. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, 89p, 2010.

SCHMIEDL, G., MACKENSEN, A. Late quaternary paleoproductivity and deep water circulation in the eastern South Atlantic Ocean: Evidence from benthic foraminifera. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, v. 130, p. 48-80, 1997.

SCHNITKER, D. Western Atlantic abyssal circulation during the past 12,000 years. **Nature**, v. 248, p. 385-387, 1974.

SEN GUPTA, B.K. **Introduction to modern Foraminifera**. Kluwer Academic Publishers. New York: 371p. 2003.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. Edgard Blucher Ltda. São Paulo: 400p. 2003.

TUCKER, M. E., WRIGHT, V. P. **Sedimentología de Carbonatos**. 1ª traducción: Luis Angel Alonso Matilla. Publicaciones Blackwell Scientific, Oxford: 482p. 1990.

3. AVALIAÇÃO DE MÉTODOS USADOS PARA ESTUDOS DA FAUNA MORTA DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS: AMOSTRA COMPOSTA *versus* RÉPLICAS

3.1 Introdução

Muitos trabalhos da literatura tratam as questões metodológicas sobre o uso de foraminíferos vivos, mortos ou assembleia total (vivos+mortos) em estudos de caracterização. Para estudos de monitoramento ambiental já existe um certo consenso em que seja estudada a fauna viva, com réplicas em cada estação amostral, de forma que a variância na distribuição das espécies seja conhecida. Em relação à caracterização persistem inúmeras controvérsias, alguns pesquisadores (*e.g.* Scott & Medioli, 1980) defendem o uso da fauna total para caracterizar o ambiente uma vez que ela integra pequenas variações sazonais e espaciais que refletem as condições marinhas predominantes, enquanto que a fauna viva é altamente variável decorrente de mudanças climáticas ou microambientais. Para Murray (1982; 2000) o conceito de fauna total no estudo de Scott & Medioli (1980) não é adequado, já que a proporção de foraminíferos vivos e mortos é de 1:4, portanto a fauna total e a fauna morta são muito semelhantes. O pesquisador sugere que os estudos ecológicos só podem ser realizados através da fauna viva já ela estaria em equilíbrio com o ambiente e, quando executados estudos durante um período de tempo mais longo, a assembleia viva pode ser representativa do que aparecerá na fauna morta. Além dessas inferências sobre o uso da fauna viva em estudos ecológicos, o autor diz que a fauna morta é inevitavelmente construída durante um longo período de tempo e que, portanto, a composição da fauna morta é controlada por uma série de fatores que incluem: a produção e mortalidade da assembleia viva; mudanças após a morte como perda ou ganho através do transporte e perdas por fatores biológicos, químicos e físicos.

Outra discussão encontrada na literatura diz respeito aos métodos utilizados para distinguir foraminíferos vivos dos mortos. Inúmeras técnicas são citadas como a coloração com *Sudan Black B*, o uso de ATP (trifosfato de adenosina) como marcador de atividade celular, estudos ultraestruturais do citoplasma com Microscopia Eletrônica de Transmissão ou Microscopia Eletrônica de Alta Voltagem, avaliação da posição de vida, entre outras. Porém o método mais utilizado para evidenciar foraminíferos vivos é o proposto por Walton (1952), onde a coloração do citoplasma é realizada com o corante vital rosa de Bengala.

Diante das inúmeras discussões, um grupo de pesquisadores se reuniu num workshop para tratar do projeto FOraminiferal Blo-MONitoring (FOBIMO), com objetivo de desenvolver e padronizar métodos para estudos de foraminíferos para monitoramento ambiental. As resoluções propostas foram publicadas por Schönfeld *et al.* (2012) que apresenta uma lista de

recomendações a respeito dos dispositivos de amostragem, armazenamento de amostras, tratamento, análises e documentação. Como o objeto principal é o monitoramento ambiental, as diretrizes são voltadas às assembleias vivas de foraminíferos que devem ser coradas com rosa de Bengala, amostradas em três réplicas e analisadas separadamente, pois acredita-se que os organismos têm preferência por determinadas condições que podem variar nos distintos microambientes. Sobre a fauna morta de foraminíferos, a conclusão dos pesquisadores é que ela pode render informações adicionais sobre condições ambientais pré-impacto, mas em nenhum momento são citados quais métodos ou padrões que devem ser utilizados nos estudos da assembleia morta.

De maneira geral, o estudo de assembleias mortas ou total é realizado utilizando-se malha amostral pré-definida e uma única coleta em cada ponto ou por níveis, nos testemunhos. A utilização de amostras compostas por réplicas na avaliação da fauna total de foraminíferos ainda não é um consenso nem se trata de uma recomendação. Alguns acreditam que avaliar uma amostra composta não é o mesmo que avaliar três réplicas procedentes de uma estação amostral separadamente. Como o principal objetivo da caracterização não são as mudanças de curto prazo, a fauna total pode ser uma boa alternativa, além disso, a análise de uma amostra composta por partes iguais de réplicas coletadas no local (estação de coleta) pode representar melhor uma dada região que um único ponto de coleta.

Como ainda não se encontram publicações científicas sobre essa discussão metodológica, a proposta deste estudo é avaliar se há diferenças significativas em analisar uma amostra composta, em comparação com resultado da análise da média de três réplicas. O conceito principal levado em conta é que pequenas variações ambientais e espaciais em uma estação amostral serão observadas melhor quando analisadas réplicas da área, mas podem passar despercebidos quando é analisada apenas uma amostra desta mesma área. Porém, trabalhar com três amostras (réplicas independentes) em cada ponto amostral é muito mais oneroso tanto em tempo como em esforço de triagem, identificação e contagem. Sendo assim, o objetivo dessa pesquisa foi investigar se há diferenças estatísticas na avaliação entre a média de três réplicas analisadas separadamente e o valor de uma única amostra composta por partes iguais de três réplicas da mesma estação de coleta. A hipótese desse trabalho foi que não existem diferenças entre as duas formas de avaliação e, se isso se comprovasse, trabalhar com amostras compostas poderia ser recomendado para estudos de caracterização ambiental que vise tendências de longo prazo.

3.2 Materiais e métodos

As amostras de sedimentos foram coletadas no Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC) realizado pela Petrobrás, entre maio e julho de 2008, equivalente ao período seco. A grade amostral foi composta por 45 estações de coleta e, de cada estação amostral foram retiradas três réplicas utilizando um gabarito delimitador de 10x10 cm de onde se coletaram os 2 cm superiores. Portanto, cada réplica continha um volume de 200 cm³ (equivalente à área de coleta de 10 cm²); desta amostra separaram-se 20 cm³ de sedimentos úmidos para análise da fauna viva. O material extra foi preparado e separado para estudos suplementares. Das amostras estudadas para caracterização da plataforma da Bacia de Campos com foraminíferos vivos (Projeto Habitats), retirou-se posteriormente aproximadamente 300 indivíduos mortos para análise sobre as técnicas de representação das tanatocenoses de foraminíferos. Para esse estudo foram utilizadas apenas as amostras de fauna morta das estações A4, D2, D5, F1 e G5, conforme assinalado no mapa (Figura 1).

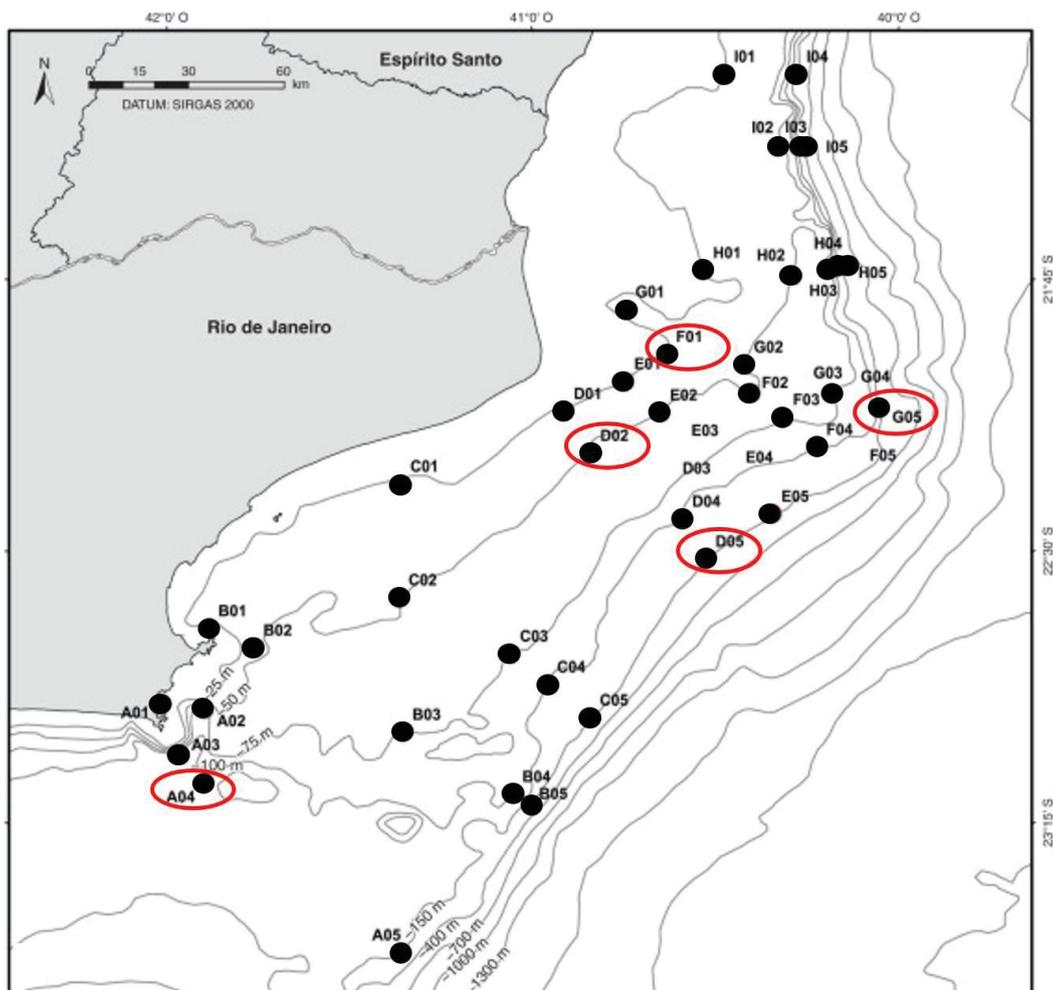
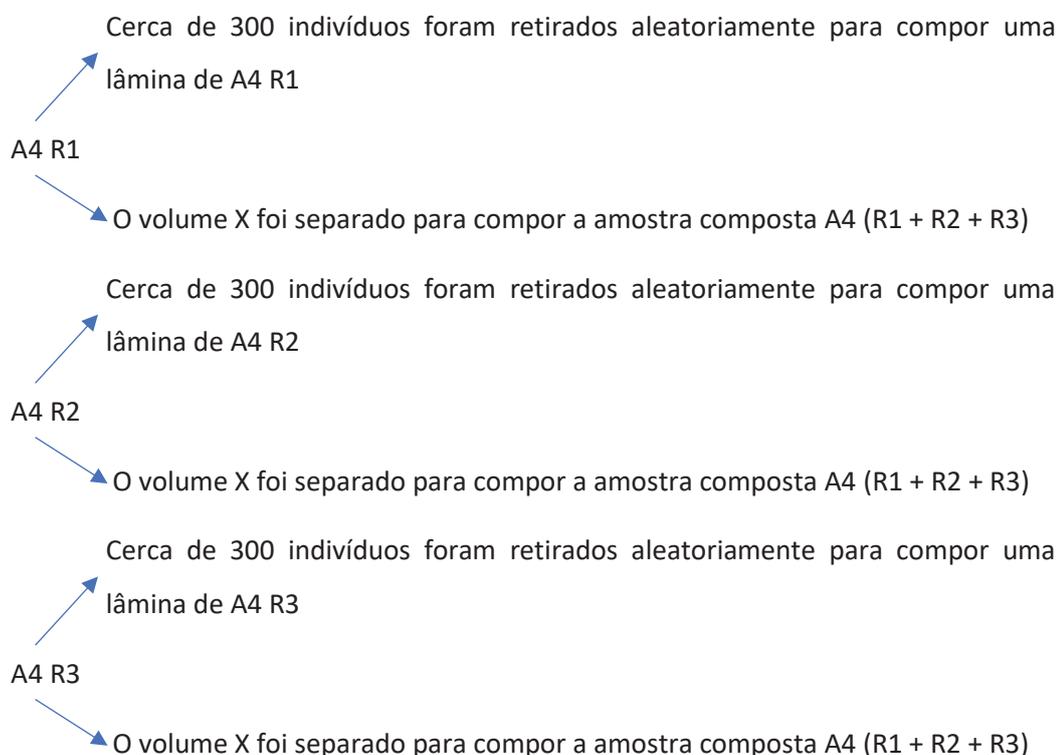


Figura 1. Mapa da área de estudo com a malha amostral utilizada no Projeto Habitats e em vermelho estão marcadas as estações de coleta selecionadas para o estudo da fauna morta.

Posteriormente à separação dos indivíduos vivos, retirou-se uma parcela com volume igual de cada réplica para integrar uma amostra composta de onde foram retirados cerca de 300 indivíduos e, de cada uma das três réplicas de cada estação também foram triados cerca de 300 indivíduos, aleatoriamente. O esquema abaixo mostra um exemplo representativo da separação da amostra A4.



De cada réplica e amostra composta pelas três réplicas foram separados os 300 primeiros indivíduos. Essa etapa foi realizada por uma equipe de cinco pesquisadores do Laboratório de Foraminíferos e Micropaleontologia Ambiental (LaFMA/UFPR). Como não se encontram protocolos ou padrões estabelecidos para estudos com fauna morta na literatura, utilizou-se o método proposto por Phleger (1960) para estudo da fauna total. Foram retirados aleatoriamente 300 indivíduos de quadrículas sorteadas. Cerca de 90% dos indivíduos que compõem a FT são espécimes não corados, portanto mortos. Após a triagem, os foraminíferos foram identificados utilizando consulta às coleções de serviço e de referência, com as lâminas da Bacia de Campos (Projeto Habitats), que são mantidas pelo LaFMA/UFPR e tombadas no Museu de Ciências Naturais-SCB/UFPR.

As análises estatísticas foram feitas com *softwares PAST 3 (Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis)* e R 3.4.1.

A partir da planilha biológica bruta de dados foi calculada a média de cada espécie utilizando-se cada uma das três réplicas de cada estação amostral. Posteriormente a abundância relativa das espécies na média das três réplicas foi comparada à abundância relativa das espécies na amostra composta. Para as análises foram criadas matrizes biológicas de cada estação coletada e todas as análises foram realizadas par a par entre as médias de R1, R2 e R3 e a amostra composta (R1+R2+R3), como segue:

A4_MR – A4_AC	onde:
D2_MR – D2_AC	
D5_MR – D5_AC	MR= Média das Réplicas
F1_MR – F1_AC	AC= Amostra Composta
G5_MR – G5_AC	

Testes de *Kolmogorov-Smirnov* foram realizados para averiguar se o conjunto de dados apresentava distribuições de frequências similares. A hipótese nula acatada foi a similaridade dos dados. O parâmetro de valor de prova (p -valor ou significância) foi considerado como a medida do grau de concordância entre as matrizes. O nível de significância adotado foi de 0,05 e um resultado não significativo ($p > 0,05$, ou seja, aceita a hipótese nula) foi interpretado como concordância entre as matrizes de dados. Quando o resultado não indicou concordância entre as matrizes de médias das réplicas e amostra composta, foi realizado um novo teste somente entre as réplicas de cada estação de coleta com a finalidade de avaliar se havia diferença significativa entre R1, R2 e R3.

Análises de correlação de *Pearson* foram processadas com a matriz de dados brutos entre as réplicas (R1, R2 e R3) e amostra composta (AC) de cada ponto a fim de verificar o coeficiente de correlação entre as amostras. O coeficiente r de *Pearson* varia entre -1 e +1, quando $r=0$ não existe correlação. Quanto maior o r , maior a correlação do conjunto de dados. Para melhor visualizar as similaridades entre as amostras de cada ponto, foi realizado uma análise de agrupamento (modo Q), com algoritmo *UPGMA* e índice de similaridade de *Bray-Curtis*.

Curvas de rarefação foram elaboradas a partir das matrizes biológicas de dados brutos para comparar a riqueza de espécies entre as médias das réplicas e a amostra composta de cada estação de coleta.

3.3 Resultados e discussão

Dezesseis lâminas referentes às réplicas (R1, R2 e R3) e amostras compostas (R1+R2+R3) foram estudadas: A4R1, A4R2, A4R3 e A4R1+R2+R3, D2R1, D2R2, D2R3 e D2R1+R2+R3; D5R1, D5R2, D5R3 e D5R1+R2+R3; F1R1, F1R2, F1R3 e F1R1+R2+R3; G5R1, G5R2, G5R3 e G5R1+R2+R3. Ao todo, foram identificados 5.330 indivíduos, sendo 3.857 das réplicas separadas e 1.473 das amostras compostas.

Nos testes de *Kolmogorov-Smirnov* (K-S) o *p*-valor foi maior que o nível de significância nas matrizes de A4, D5, F1 e G5. As matrizes de G5 foram as que apresentaram as distribuições menos similares, pois o parâmetro de valor de prova ficou muito próximo a 0,05. Apenas os resultados das matrizes de D2 não foram concordantes.

Como a separação dos foraminíferos foi realizada por uma equipe, as amostras foram distribuídas entre cinco pesquisadores (A, B, C, D e E) de maneira aleatória e esse é um fator importante a ser considerado na resposta dos testes. Mesmo realizando-se sorteio das quadrículas da bandeja de triagem para garantir aleatoriedade na escolha das carapaças e treinamento com a finalidade de padronizar os erros, é comum que cada triador possua um perfil de separação próprio, grau de meticulosidade diferente, tendência a observar primeiramente determinados tamanhos e formas de foraminíferos e estas diferenças podem promover padrões de separação um pouco discordantes. As amostras de A4, D5, F1 e G5 foram distribuídas entre dois pesquisadores e apenas as de D2 foram divididas entre três triadores (Quadro 1).

QUADRO 1. Resultado dos testes de *Kolmogorov-Smirnov* entre as matrizes das médias das réplicas e amostra composta das réplicas de cada estação coletada e distribuição das amostras entre os quatro pesquisadores. AC= Amostra Composta e MR= Média das Réplicas

MATRIZES	<i>p</i> -VALOR	TRIADORES
A4_AC - A4_MR	0,66017	B - A+B+A
D2_AC - D2_MR	8,35E-06	D - C+A+A
D5_AC - D5_MR	0,10194	E - B+B+B
F1_AC - F1_MR	0,54806	A - D+A+A
G5_AC - G5_MR	0,077429	A - D+A+A

A análise entre as réplicas de D2 indicou que as matrizes são concordantes, demonstrando que a média entre as réplicas são similares. Portanto, há possibilidade de que o perfil do triador D, que analisou a amostra composta, seja realmente diferente dos perfis dos triadores A e C, que analisaram as réplicas desta amostra (Quadro 2).

QUADRO 2. Resultado dos testes de *Kolmogorov-Smirnov* entre as matrizes das réplicas de D2 e distribuição das amostras entre os pesquisadores.

MATRIZES	p-VALOR	TRIADORES
D2R1 - D2R2	0,7793	C - A
D2R2 - D2R3	0,1408	A - A
D2R1 - D2R3	0,2352	C - A

Os resultados das análises de correlação de *Pearson* mostraram que as réplicas e as amostras compostas possuem correlação positiva em todos os pontos. Callegari-Jacques (2003) faz uma avaliação quantitativa do coeficiente de *Pearson*, como segue:

0,00 < 0,30 – correlação fraca

0,30 ≤ 0,60 – correlação moderada

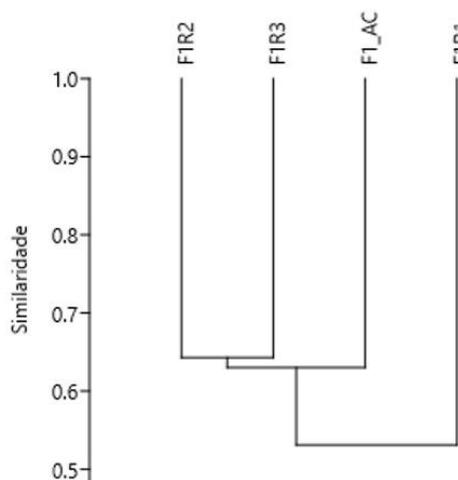
0,60 ≤ 0,90 – correlação forte

0,90 ≤ 1,00 – correlação muito forte

Seguindo a tabela acima, as correlações foram moderadas apenas no ponto F1 entre R1 – R3 e R1 – AC (Quadro 3 e Figura 2).

QUADRO 3. Coeficientes de correlação de *Pearson* para as amostras do ponto F1. Destaque * para as correlações moderadas.

	F1R1	F1R2	F1R3
F1R1			
F1R2	0,7461		
F1R3	0,52881*	0,89503	
F1_AC	0,57416*	0,89537	0,93667



Coeficiente aglomerativo 0,796

Figura 2. Dendrograma (Modo Q) da análise de agrupamento das amostras do ponto F1.

A análise de agrupamento evidenciou que a amostra F1R1 apresenta menor similaridade com o restante das amostras do ponto F1. Já a maior similaridade ocorreu entre as réplicas 2 e 3. Avaliando a lista de triadores desse ponto, F1R1 foi avaliada pelo triador D, enquanto F1R2, F1R3 e F1_AC foram avaliadas pelo triador A.

Nos pontos A4, D2, D5 e G5 as correlações entre as amostras variaram de forte a muito forte (Quadro 4 e Figura 3)

QUADRO 4. Coeficientes de correlação de *Pearson* para as amostras dos pontos A4, D2, D5 e G5.

	A4R1	A4R2	A4R3		D2R1	D2R2	D2R3
A4R1				D2R1			
A4R2	0,93011			D2R2	0,80868		
A4R3	0,92987	0,9535		D2R3	0,77692	0,91422	
A4_AC	0,84937	0,7748	0,87203	D2_AC	0,68611	0,66462	0,60714

	D5R1	D5R2	D5R3		G5R1	G5R2	G5R3
D5R1				G5R1			
D5R2	0,87729			G5R2	0,87211		
D5R3	0,90643	0,93321		G5R3	0,87506	0,87914	
D5_AC	0,90047	0,93975	0,95163	G5_AC	0,77544	0,88224	0,71422

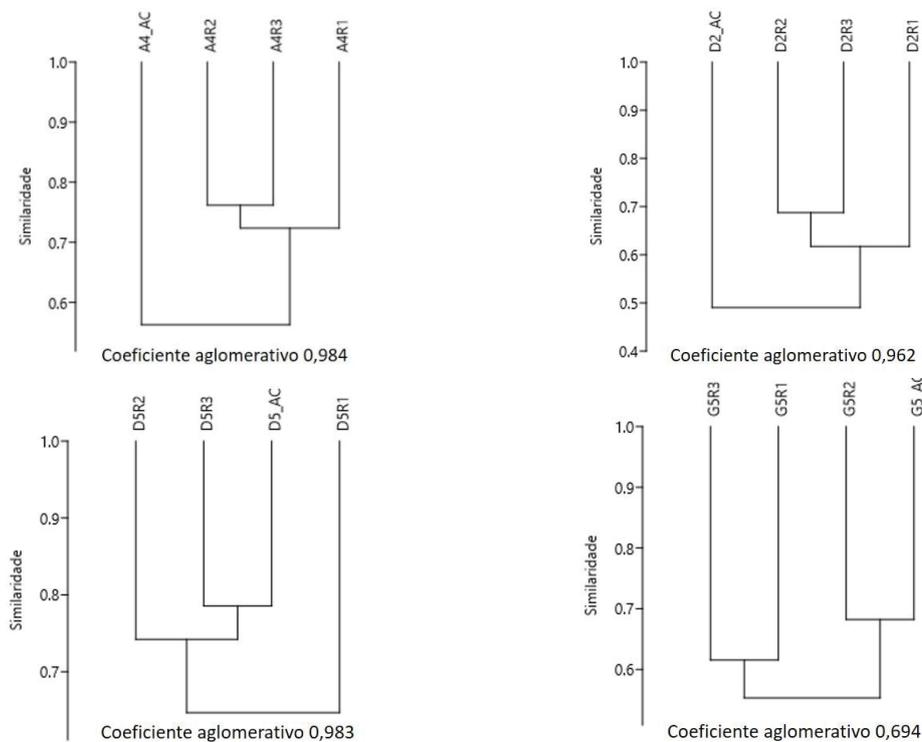


Figura 3. Dendrograma (Modo Q) da análise de agrupamento das amostras dos pontos A4, D2, D5 e G5.

De modo geral, o coeficiente r de *Pearson* indicou boa correlação em todos os pontos, demonstrando que existem similaridades entre réplicas e amostras compostas por 3 réplicas.

As curvas de rarefação (Figura 4) demonstraram que a diversidade de espécies é maior nas médias das réplicas que nas amostras compostas na maioria das estações estudadas. Tal fato já era esperado pois a soma das três réplicas atinge aproximadamente 900 indivíduos, enquanto que a amostra composta totaliza cerca de 300 foraminíferos, portanto, a chance de uma nova espécie aparecer em três amostras é maior que em uma. Com exceção do ponto D2, as amostras compostas tendem a estabilizar a curva antes das médias das réplicas.

Em G5 pode-se observar que a distância entre as curvas é maior que nas outras estações avaliadas, coerente com os resultados do teste K-S, que indicou a menor concordância entre as matrizes.

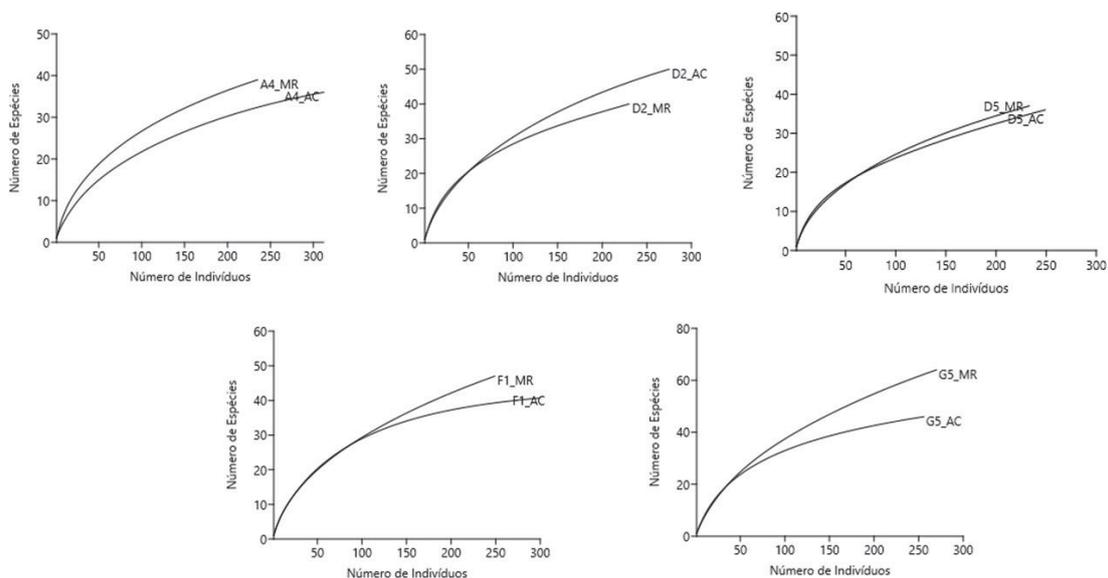


Figura 4. Curvas de rarefação para as amostras das estações estudadas. Convenções: MR= Média das Réplicas e AC= Amostra Composta.

Apesar das curvas indicarem que a diversidade de espécies nas amostras analisadas com a média das réplicas e nas amostras compostas não são iguais, essa diferença não é significativa pois, os testes K-S indicaram distribuições de frequências similares entre as matrizes. Espécies raras, com apenas um indivíduo em uma única réplica, podem ser responsáveis pelo aumento da diversidade nas médias das réplicas. Em A4_MR apareceram 16 espécies raras, D5_MR e F1_MR somaram 19 e em G5_MR ocorreram 25.

Na estação D2, o número de espécies representado nas curvas foi maior na amostra composta e não na média das réplicas. Quando se observa a quantidade de espécies raras que existiram na amostra composta, percebe-se uma tendência à diminuição da diversidade na média das réplicas. Neste caso, considerou-se espécie rara aquelas que continham apenas um indivíduo em toda amostra. Foram identificadas 21 destas em D2_AC. A diversidade total de espécies em toda amostra foi de 50, portanto as raras representam quase 50% da totalidade. No momento em que se faz a exclusão dessas espécies em D2_AC, a curva mostra-se similar às observadas nos outros pontos (Figura 5).

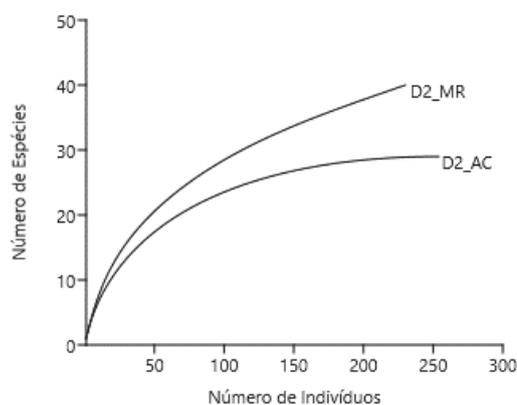


Figura 5. Curva de rarefação para a estação D2 com exclusão de espécies raras. Convenções: MR= Média das Réplicas e AC= Amostra Composta

3.4 Conclusões

A comparação dos resultados das análises das matrizes das médias das réplicas par a par com as matrizes das amostras compostas mostrou concordância em quatro dos cinco pontos avaliados. Os coeficientes r de *Pearson* indicaram boa correlação quando realizados os testes entre cada réplica (separadamente, sem o uso da média) e as amostras compostas dos cinco pontos estudados.

A diversidade de espécies entre as médias das réplicas foi maior que nas amostras compostas nas estações A4, D5, F1 e G5. Em D2 a quantidade de espécies raras fez com que a diversidade fosse excepcionalmente maior na amostra composta.

As análises das amostras compostas em comparação com as réplicas ou as médias das réplicas mostraram-se eficientes, concordando com os pressupostos da pesquisa. Dessa forma,

o uso de amostras compostas por três réplicas poderá ser recomendado desde que o objetivo do estudo não seja específico em ecologia e/ou avaliação de espécies raras.

3.5 Referências

CALLEGARI-JACQUES, S. M. Bioestatística: princípios e aplicações. Porto Alegre: Artemed, 255p. 2003.

MURRAY, J. W. Benthic foraminifera: The validity of living, dead or total assemblages for the interpretation of palaeoecology. **Journal of micropaleontology**, v. 1, p. 137-140. 1982.

MURRAY, J. W. The enigma of the continued use of total assemblages in ecological studies of benthic foraminifera. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 30, no. 3, p. 244–245. 2000.

PHLEGER, F. B. **Ecology and distribution of recent Foraminifera**. The Johns Hopkins Press, 297 p, 1960.

SCHÖNFELD, J.; ALVE, E.; GESLIN, E.; JORISSEN, F. KORSUN, S.; SPEZZAFERRI, S. and members of the FOBIMO group. The FOBIMO (FORaminiferal Blo-MONitoring) initiative - Towards a standardized protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. **Marine Micropaleontology**, v.94-95, p. 1-13. 2012

SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Living vs. Total Foraminiferal Populations: Their Relative Usefulness in Paleoecology. **Journal of Paleontology**, Vol. 54, No. 4, p. 814-831. 1980.

WALTON, W. R. Techniques for recognition of living foraminifera. **Contributions of the Cushman Foundation for Foraminiferal Research**, v.3, p. 56-60. 1952.

4. COMPARAÇÃO ENTRE FAUNAS VIVA E TOTAL DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS PARA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DE CAMPOS

4.1 Introdução

Os estudos pioneiros de ecologia de foraminíferos e o conceito de fauna total foram introduzidos por Phleger (1960) baseado em ensaio realizado na década de 1950. Walton (1952) introduziu o método de coloração por rosa bengala, amplamente utilizado em estudos ecológicos, para distinguir foraminíferos vivos de mortos. Esse corante é incorporado ao protoplasma, evidenciando a presença da célula dentro da carapaça, e assim considera-se que o foraminífero estava vivo no momento em que foi coletado. Phleger (*op.cit.*) tomou amostras de área e volume conhecidos, distinguindo foraminíferos vivos e mortos por técnicas de coloração, em tentativa de quantificar a velocidade relativa da taxa de acumulação de foraminíferos nos sedimentos.

Albani & Jonhson (1975) afirmaram que a composição da fauna viva reflete condições deposicionais vigentes nos períodos de coleta e temporalmente próximos, caracterizando fenômenos sazonais, enquanto a fauna total contém informações sobre as condições gerais em um período de tempo mais longo. De forma similar, Scott & Medioli (1980) atestaram que a fauna total integra as variações sazonais e espaciais de maneira que reflete condições marinhas predominantes, sendo mais confiável para descrever ambientes modernos e mais útil para a maioria dos estudos paleoambientais. Murray (2000) alegou que os estudos ecológicos devem ser sempre baseados em fauna viva e que a fauna morta fornece a composição “faunística” mais próxima ao que deve ser encontrado no registro fóssil e possibilita identificar características do ambiente deposicional por assinaturas físicas (quebra, abrasão) e químicas (dissolução) decorrentes dos processos tafonômicos.

Segundo Shifflet (1961), as comparações entre fauna viva, total e morta são indicadas para estudos ecológicos e avaliações geológicas, principalmente nas mudanças ambientais e em testes de transporte sedimentar. Nesta mesma linha Vance *et al.* (2006) declararam que a análise das associações mortas associada à das vivas permite a caracterização da região quanto ao transporte de material e sedimentação, e que a fauna morta é uma associação construída ao longo do tempo e representa, assim, um intervalo maior que o da fauna viva.

Parte do relatório integrador do Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia Potiguar, realizado por Disaró *et al.* (2006), do Laboratório de Foraminíferos e Micropaleontologia Ambiental – UFPR, mostra que a avaliação da FV com apenas uma campanha amostral no ano não tão foi satisfatória na caracterização da Bacia Potiguar – RN pois revelava um mosaico de interpretação mais complexa, enquanto as análises da FT

representaram melhor as características gerais da área, fornecendo um padrão de distribuição mais nítido das associações.

O índice FORAM proposto por Hallock *et al.* (2003) e utilizado no monitoramento ambiental na Flórida (EUA) baseia-se em três grupos de foraminíferos que são separados após uma triagem da FT. Pupo (2012) propôs uma modificação neste índice, incorporando a fauna viva e dando mais peso para a FV no índice, que mostrou-se mais sensível às modificações anuais. O autor usou a FT composta por três réplicas ao invés de uma única amostra por estação e também incorporou os dados da FV pois seus objetivos eram de monitoramento e não apenas caracterização.

Os estudos tafonômicos e a análise de forma das carapaças de foraminíferos auxiliam no estudo do padrão de circulação de fundo e transporte de partículas (Scott & Medioli, 1980). Segundo Alexandersson (1979), carapaças corroídas, pequenas, frágeis e preenchidas por sulfeto de ferro são indicadoras de ambiente redutor e/ou ambiente subsaturado de carbonato de cálcio. Estas espécies também são comuns em locais com excesso de nutrientes pois chegam rapidamente ao estágio reprodutivo. Testas robustas, limonitizadas e com sinais de abrasão por desgaste mecânico podem indicar ambiente com alta energia hidrodinâmica (Hallock *et al.*, 1986; Yordanova & Hohenegger, 2002).

O objetivo desse capítulo é caracterizar ambientalmente a área de plataforma da região ocupada pela Bacia de Campos através da fauna total e, adicionalmente comparar estas informações levantadas com as derivadas das análises da fauna viva, obtidas na mesma área por Disaró (2013). As análises de fauna total provêm de apenas uma campanha amostral, enquanto o material de fauna viva foi obtido em duas campanhas.

4.2 Área de estudo

4.2.1 Características gerais

A Bacia Sedimentar Marinha de Campos tem, segundo Rangel e colaboradores (1994), aproximadamente 100.000 km², aloja depósitos sedimentares sob uma coluna d'água de até 3.400 m de profundidade. Situa-se na costa sudeste do Brasil, em águas territoriais dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, margem sudoeste do Oceano Atlântico (Figura 6). Ao norte a Bacia de Campos é limitada pelo Alto de Vitória (20.5°S) e ao sul pelo Alto de Cabo Frio (23°S), no limite oeste expõem-se rochas ígneas e metamórficas pertencentes à Faixa Ribeira, e a leste é limitada pela planície abissal oceânica. O registro geológico da bacia iniciou-se no Cretáceo

Inferior, com o início da formação do Oceano Atlântico e a deriva continental que segue até os dias atuais (Rangel *et al.*, 1994; Disaró, 2013).

O Alto de Cabo Frio é um limite estrutural entre as bacias de Campos e Santos e nesta latitude ocorre uma mudança brusca na orientação do litoral (de leste-oeste para nordeste-sudoeste) que influencia as condições oceanográficas, biológicas e sedimentológicas regionais. A plataforma é mais extensa ao sul, com 120 a 140 km de largura, e se estreita na porção norte, com um mínimo de 42 km de largura (Disaró, 2013).

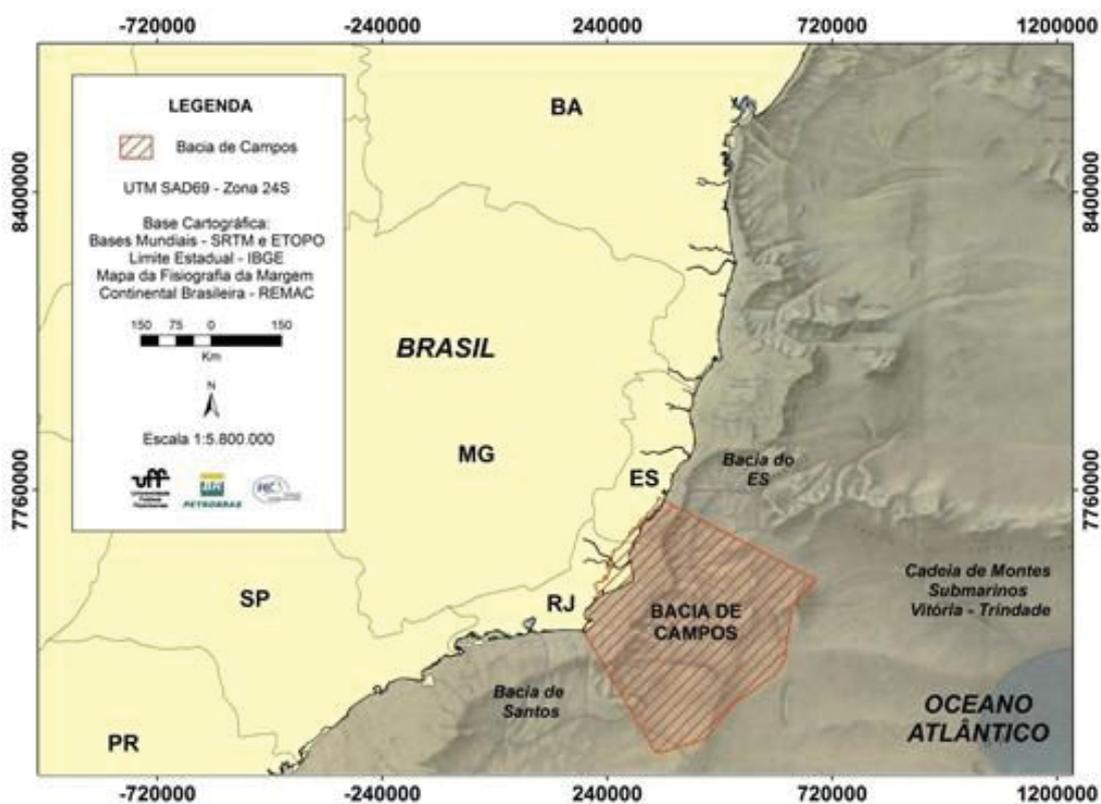


Figura 6. Mapa de porção da costa brasileira com os limites da Bacia de Campos. FONTE: Disaró (2013).

4.2.2 Características sedimentológicas e geomorfológicas

Segundo Knoppers *et al.* (1999) o aporte sedimentar na Bacia de Campos é restrito aos rios Itapemirim, Paraíba do Sul, Macaé e São João e a maioria do material derivado dos rios e da erosão costeira fica retido em domínios de águas costeiras. O que ultrapassa esta região é prontamente levado por correntes oceânicas. As lamas da descarga fluvial do rio Paraíba do Sul se distribuem pela plataforma interna dando origem a grandes acumulações na área adjacente a Búzios e Cabo Frio a 150 km ao sul da desembocadura do rio Paraíba do Sul, onde as correntes têm energia próxima a zero (Viana *et al.*, 1998).

Figueiredo *et al.* (2015) confeccionaram mapas de variação de parâmetros granulométricos e de teor de carbonatos na plataforma continental da Bacia de Campos e concluíram que a fração areia predomina em toda a plataforma continental, principalmente ao sul do rio Itapemirim e a lama tem maior incidência nas imediações de Cabo Frio e na borda da plataforma continental; os cascalhos e os maiores teores de carbonatos ocorrem com maior frequência na plataforma continental externa e na porção norte. Predominam sedimentos litoclásticos, principalmente ao largo do Cabo de São Tomé e de Cabo Frio, enquanto os bioclásticos predominam na plataforma externa da porção sul da área, assim como em toda a porção norte. Segundo os autores a distribuição dos sedimentos litoclásticos coincide com a distribuição de frações de areia e a dos bioclásticos com cascalhos, demonstrando que o cascalho tem composição carbonática.

4.2.3 Correntes e áreas de ressurgência

Grande parte da plataforma continental da Bacia de Campos é banhada pela Corrente do Brasil transportando águas quentes, salinas e oligotróficas, mas eventos de ressurgências podem promover o aumento da produtividade primária nesses ecossistemas. (Disaró, 2013). Dados hidrográficos mostram que a parte mais interna da plataforma continental da Bacia de Campos é ocupada principalmente pela AC (Água Costeira), com baixa salinidade, resultante da mistura da descarga continental de água doce com as águas da plataforma continental. Ao longo dessa banda costeira observa-se a presença de águas com influência da AT (Água Tropical), quente e salina, transportada para o sul-sudoeste na camada superficial da Corrente do Brasil (CB) e da ACAS (Água Central do Atlântico Sul), relativamente fria, transportada para o sul-sudoeste ao longo do talude na camada inferior da CB, próximo à quebra da plataforma continental. Segundo Castro Filho *et al.* (2006) durante o verão a ACAS penetra na camada mais profunda em direção à costa, atingindo a parte mais interna da plataforma continental e durante o inverno essa massa de água afasta-se em direção à quebra da plataforma, aumentando a largura da banda costeira onde a AC é predominante. Geralmente a AT ocorre próxima à superfície e a ACAS próxima ao fundo.

Castro Filho e colaboradores (2015) identificaram duas regiões com características oceanográficas distintas na plataforma continental Bacia de Campos: a Parte Norte (PN-PCBC), localizada ao norte do Cabo de São Tomé, e a Parte Sul (PS-PCBC), compreendida entre o Cabo de São Tomé e o Cabo Frio. A principal diferença oceanográfica entre essas duas regiões é o grau de intrusão em direção à costa das duas massas de água oceânicas AT e ACAS, transportadas pela CB. O volume de ACAS na PS-PCBC é relativamente grande, tanto no verão quanto no inverno, pois essa massa de água ocupa extensas áreas das camadas de fundo, principalmente

no extremo sul, próximo a Cabo Frio. Na PN-PCBC o volume relativo de ACAS é menor do que ao sul, havendo em geral predomínio da AT.

Na região de Cabo Frio a orientação da linha de costa muda de NE-SW para E-W e a plataforma continental é mais estreita. Estas características associadas a ventos mais intensos, predominantes de NE, fazem aflorar com frequência águas de baixa temperatura, anormais para esta latitude geográfica. Essas águas, pertencentes à ACAS, são frias, menos salinas e mais ricas em nutrientes que a AT; em superfície estas águas estimulam a produção primária, e consequentemente a secundárias, num fenômeno conhecido como ressurgência.

Essa ressurgência de Cabo Frio, mesmo não sendo constante, tem forte influência sazonal, ocorrendo com maior frequência no verão (Castro Filho *et al.*, 2006). O processo de ressurgência nas proximidades do Cabo de São Tomé também foi descrito em detalhe por Palóczy *et al.* (2014), e confirmado com associações de foraminíferos por Disaró (2013). Isto indica que o processo é induzido principalmente pelo vento, e caracterizado como menos intenso que as ressurgências que ocorrem em Cabo Frio. Mesmo quando dados físico-químicos não puderam ser registrados, as áreas de ressurgência foram identificadas pelo aumento da densidade de foraminíferos bentônicos indicadores da presença de fitodetritos (Disaró *et al.* 2017).

Nagai *et al.* (2009) associaram variações regionais da produtividade e do hidrodinamismo nas proximidades de Cabo Frio com as variações do nível do mar e do clima durante o Quaternário, e afirmam que desde 3,0 kanos cal A.P. as ressurgências já ocorrem nesta área num padrão similar ao atual, mas que desde 2,5 kanos cal A.P. estes fenômenos se intensificaram.

No verão as porções sul e sudeste da plataforma continental brasileira estão mais sujeitas a ressurgências da ACAS e as taxas de produtividade primária são maiores. Na costa do Rio de Janeiro as taxas de produtividade primária variam de 0,3 a 1,3 gC.m⁻².d⁻¹ (Knoppers & Pollehne, 1991). Estes autores afirmam que além da ressurgência, o material em suspensão de várias fontes e origens é lançado na plataforma, aumentando também o aporte de nutrientes.

4.3 Materiais e métodos

As amostras de sedimentos analisadas foram coletadas no Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC) realizado pela Petrobrás. O material provém de estações de amostragem situadas na área da plataforma continental da bacia e foi obtido com busca-fundo *van Veen* modificado, com funcionamento semelhante ao de um box corer, após três lances independentes e bem-sucedidos, que permitiram a obtenção de três réplicas

independentes. Para amostra ser validada deveria apresentar as seguintes características: total fechamento do equipamento; distribuição homogênea dos sedimentos em toda a área interna do amostrador e sem perturbação evidente da coluna sedimentar, com altura mínima de 10 cm no interior do busca-fundo. O *van Veen* possuía uma janela superior ampla que possibilitou a retirada das amostras da coluna sedimentar (Figura 7). As amostras destinadas à avaliação de parâmetros físico-químicos (granulação, teor de carbonatos e de matéria orgânica, clorofila-*a*, feofitina-*a* e carbono orgânico total) foram coletadas na camada superficial dos sedimentos (0-2 cm); as biológicas para foraminíferos foram retiradas no mesmo estrato, com um gabarito delimitador de 10cm x 10cm. As réplicas para análise de foraminíferos foram fixadas com solução de formol 4% tamponado com tetraborato de sódio e com corante vital Rosa de Bengala, adicionados em campo. O corante foi usado para evidenciar a eventual presença de protoplasma nos indivíduos que estavam vivos no momento da coleta ou que viveram recentemente (Rathburn *et al.* 2003).

Para obtenção de informações *in loco* foi utilizado um perfilador oceanográfico do tipo CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*). Este equipamento foi lançado diretamente em cada estação logo após o término das amostragens. Os parâmetros avaliados *in loco* foram: temperatura e salinidade da água, condutividade e pressão na coluna e massa d'água próxima ao fundo, temperatura dos sedimentos.



Figura 7. Busca-fundo do tipo *van Veen* utilizado nas coletas sobre a plataforma continental da Bacia de Campos. Fotografia de Daniel Vicente Pupo

4.3.1 Coletas em campo

As amostras de sedimentos provêm de 45 estações de coleta dispostas em nove transectos (A, B, C, D, E, F, G, H e I) orientados perpendicularmente à costa. Ao longo de cada transecto foram distribuídas cinco estações amostrais, uma em cada isóbata de 25, 50, 75, 100 e 150 metros de profundidade (Figura 8). Em cada estação amostral foram coletadas 3 réplicas (amostras independentes, ou seja, cada réplica foi retirada de um lançamento do busca-fundo).

O transecto denominado "A" situa-se ao sul e distou 25 km do limite sul da bacia e o transecto denominado "I", situa-se ao norte e distou 60 km do limite norte da Bacia de Campos.

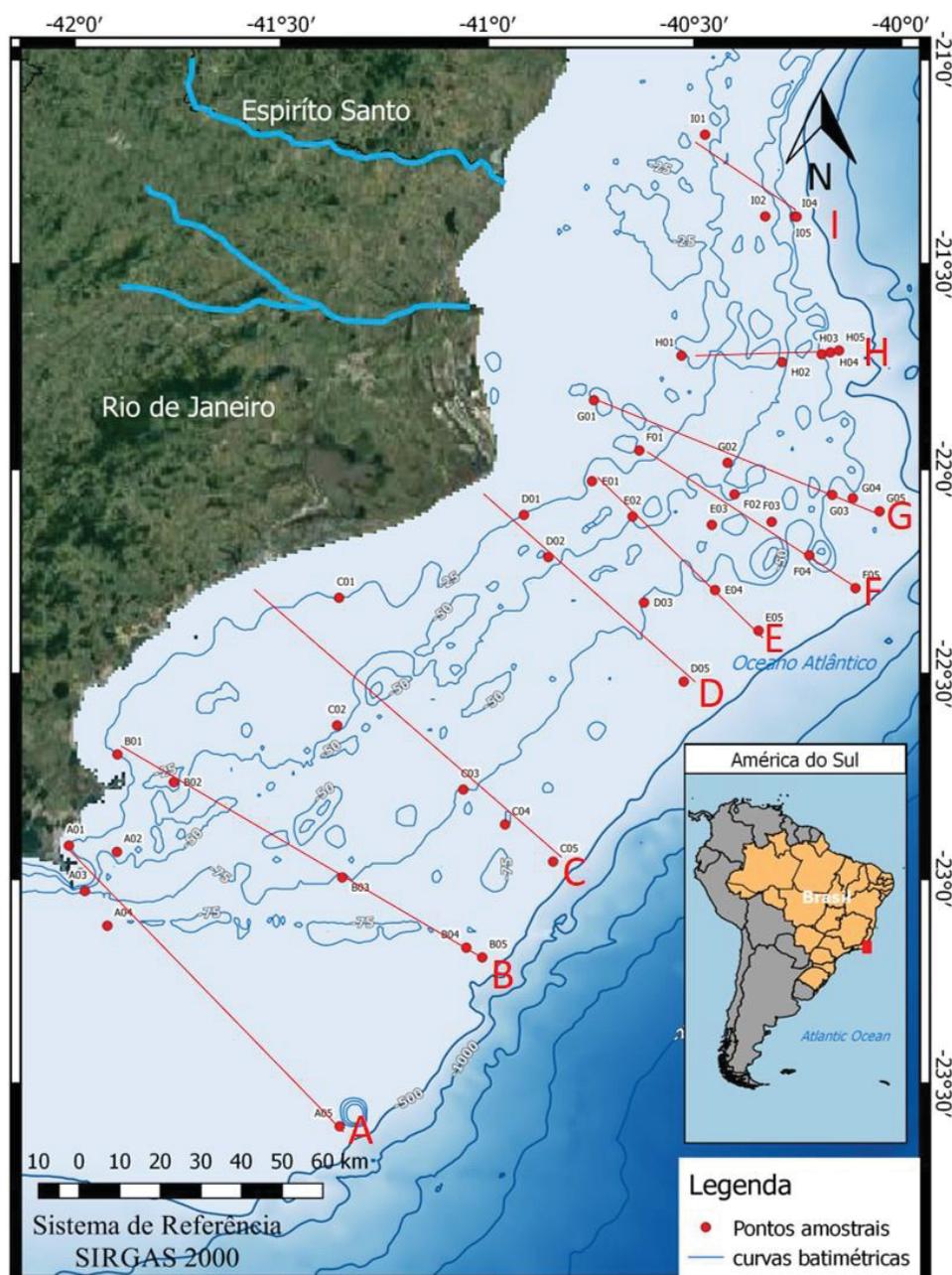


Figura 8. Mapa da área de estudo com indicação dos transectos e das estações de amostragem.

4.3.2 Análises das amostras e métodos em laboratório

a) Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos utilizados foram obtidos por outras equipes que forneceram os resultados de análises para esta pesquisa.

As amostras de sedimentos foram analisadas pelo método do peneiramento para classificação dos tamanhos dos grãos das frações areia. A quantificação das frações de silte e argila foi determinada com analisador de partículas por difração a laser. As amostras foram classificadas pela média e mediana de phi e grau de seleção. A determinação do teor de carbonatos (%) foi realizada por tratamento com ácido utilizando quantias de 1g de sedimentos secos com 20 mL de HCl 1,0M. O teor de carbono orgânico total (%) foi determinado por analisador elementar CHN, após a remoção de carbonato com vapor de HCl. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambientais do Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF).

Para a análise de fitopigmentos (clorofila-*a* e feofitina-*a*) as amostras foram congeladas e, posteriormente, em laboratório retirou-se alíquotas de 1 a 2 g de sedimentos do material descongelado; às alíquotas foram adicionados 10 mL de acetona 100% permanecendo a 4 °C pelo período de 24 horas. As medições foram realizadas no espectrofotômetro UV-Vis Perkin-Elmer® Lambda 20 e no fluorímetro Turner Designs® TD-700, sendo os cálculos baseados nos procedimentos e equações descritas por Parsons *et al.* (1984). A calibração dos aparelhos foi realizada com clorofila *a* pura (Sigma® C-6144) e o limite de detecção do ensaio foi de 0,02 µg.L⁻¹ (Matos, 2001). As análises foram realizadas no Laboratório de Hidrobiologia do Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

b) Foraminíferos

No Laboratório de Foraminíferos e Micropaleontologia Ambiental – LaFMA da Universidade Federal do Paraná (UFPR), um volume de 20 cm³ de sedimentos foi separado de cada réplica. De cada ponto amostral foram obtidas três réplicas para análises de foraminíferos vivos (fauna viva - FV). Do total previsto de 45 pontos amostrais, D4 e I3 não forneceram amostras pela impossibilidade de penetração dos equipamentos nestas localidades ou em suas proximidades. Estes dados foram estudados por Disaró (2013). Amostras excedentes foram arquivadas e posteriormente preparadas para as análises na presente investigação que visou o estudo da fauna total (FT).

A medição do volume deu-se com proveta graduada parcialmente preenchida com água, e por deslocamento da coluna d'água quantificou-se o volume de sedimentos. Para obtenção da

fauna total prepararam-se amostras compostas com 20 cm³ de cada réplica (réplica A + réplica B + réplica C). Do material lavado com jatos d'água em peneira de malha 63µm e seco em estufa a 60°C foram retirados os 300 primeiros indivíduos, seguindo o método descrito por Phleger (1960). Para garantir a aleatoriedade na escolha das carapaças realizou-se um sorteio de quadrículas da bandeja de triagem e cada quadrícula foi totalmente revisada em ordem, até completar os 300 indivíduos necessários ao estudo da fauna total (Figura 9). Tais amostras foram analisadas com microscópio estereoscópico (Olympus Trinocular SZX16, SZX16 binocular e SZX10 binocular, e Zeiss Discovery V8). Na FT quantificou-se tanto exemplares vivos como os mortos de foraminíferos. Estes últimos eram dominantes, mas todos (corados e não corados) foram devidamente identificados e quantificados.

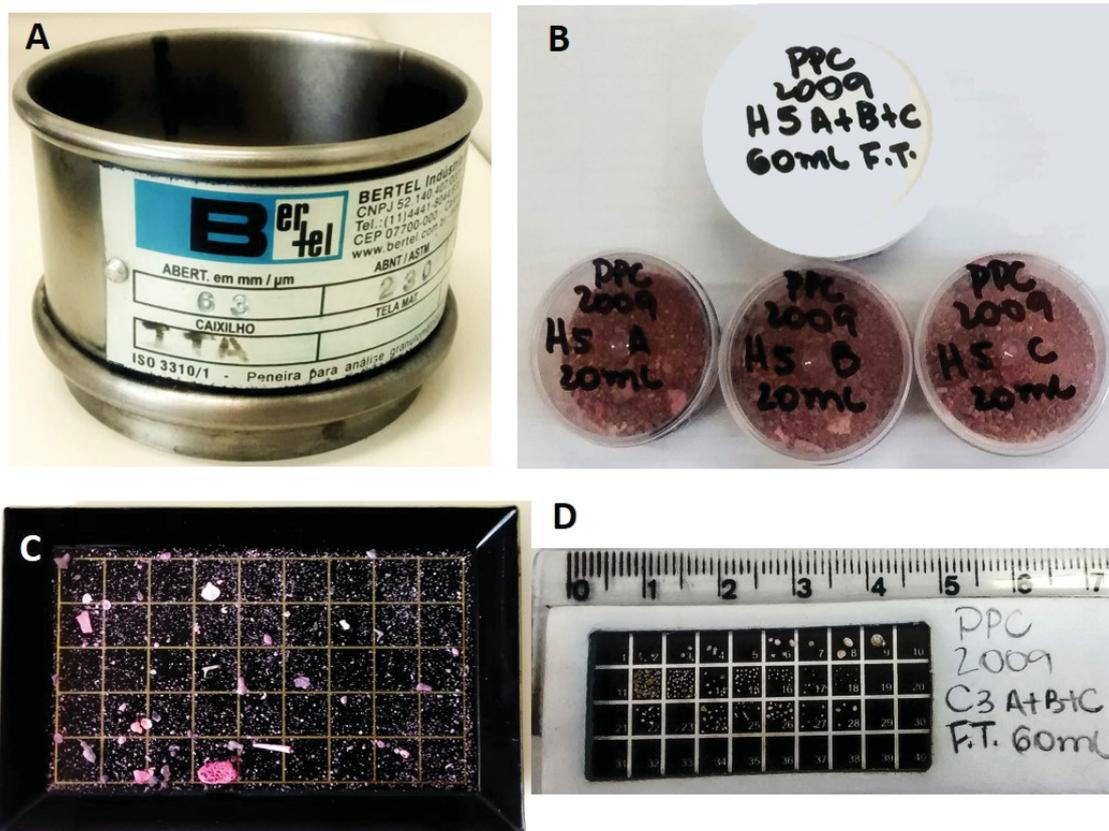


Figura 9. (A) Peneira utilizada na lavagem das amostras; (B) amostra composta pelas três réplicas; (C) bandeja quadriculada para triagem; (D) lâmina com foraminíferos triados da FT da amostra composta.

A identificação de gênero dos foraminíferos foi baseada em Loeblich & Tappan (1988) e outros trabalhos de revisão taxonômica e as espécies foram identificadas através das descrições originais consultadas no catálogo Ellis & Messina (1940-atual) e em consulta às coleções de

serviço, e coleção de referência, com as lâminas da Bacia de Campos (Projeto Habitats), mantidas pelo Laboratório de Foraminíferos e Micropaleontologia Ambiental (LaFMA) e tombadas no Museu de Ciências Naturais-SCB/UFPR.

4.3.3 Tratamento de dados

As análises estatísticas foram realizadas com *softwares* R 3.4.1; *PAST 3 (Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis)*; *Primer 6* e *Statistica Trial*. Em todos os testes foi adotado nível de significância de 0,05 (ou seja, o valor $p < 0,05$).

a) Avaliação da similaridade dos resultados baseados na Fauna Total e Fauna Viva – Concordância entre as matrizes biológicas

Duas matrizes de similaridade foram elaboradas: uma com dados de abundância relativa da fauna viva e outra da fauna total, utilizando-se o índice *Bray-Curtis*. O teste de similaridade entre estas matrizes foi realizado por meio da rotina *RELATE* que calcula o coeficiente de correlação de ranqueamento de *Spearman* (ρ) par a par. Quando $\rho=0$, não há concordância entre as matrizes e, quando $\rho=1$, as matrizes são completamente similares (Clarke & Gorley, 2001).

b) Análises de Agrupamento

A partir da planilha biológica bruta de dados foi calculada a abundância relativa por ponto de amostragem, transformada por raiz quadrada e utilizada para as análises de agrupamento aglomerativo hierárquico, método de Ward e índice de dissimilaridade *Bray-Curtis*. Através do modo-Q essa análise permite identificar similaridades entre as estações de coleta com base na similaridade da composição e frequência de espécies. Após a definição dos agrupamentos, utilizou-se a análise de espécies indicadoras (ISA) de Dufrêne & Legendre (1997) para reconhecer quais espécies eram discriminadoras (indicadoras) de cada grupo.

c) Análises Fatoriais

A identificação das correlações entre a fauna total de foraminíferos e os parâmetros ambientais foi realizada através da análise de correspondência canônica (CCA). A matriz foi construída com dados de abundância relativa da fauna transformados por raiz quadrada e as seguintes variáveis ambientais: percentual de areia, cascalho, diâmetro médio do grão (ϕ médio), assimetria, grau de energia hidrodinâmica (calculado através da razão cascalho+areia/silte+argila proposto por Bigarella *et al.*, 1978), teor de carbonato, clorofila-*a* epipelágica, clorofila-*a* no sedimento, feofitina-*a* no sedimento e carbono orgânico total. O nível de significância das análises foi testado por meio de permutações. A análise não-paramétrica de

correlação de *Spearman* também foi realizada para auxiliar na interpretação das relações monotônicas de foraminíferos e das variáveis ambientais citadas. Para essa análise, também foi utilizada a porcentagem de silte+argila.

4.4 Resultados e discussão

Foram estudados 12.722 exemplares de foraminíferos bentônicos atuais, sendo 474 vivos e 12.248 mortos (Figura 10A). Em estudos na Laguna de Aveiro (Portugal) Martins *et al.* (2015) também encontraram densidade de foraminíferos mortos maior que de vivos, fato comum, pois as carapaças tendem a se preservar por muito tempo após a morte, acumulando-se no substrato. Sousa *et al.* (2006) analisaram 41 amostras da fauna total da Bacia de Campos entre as profundidades de 750 e 1950 m e encontraram abundância muito baixa de espécimes vivos; por esse motivo suas análises estatísticas, e seus índices de diversidade e equidade foram aplicados à fauna total e não à fauna viva, como era a proposta inicial dos autores.

A separação dos foraminíferos segundo a composição da carapaça revelou que espécies calcário-hialinas (9.438 indivíduos) dominaram a fauna total, seguidas pelas calcário-porcelânicas (1.839 indivíduos) e aglutinantes (1.445 indivíduos) (Figura 10B).

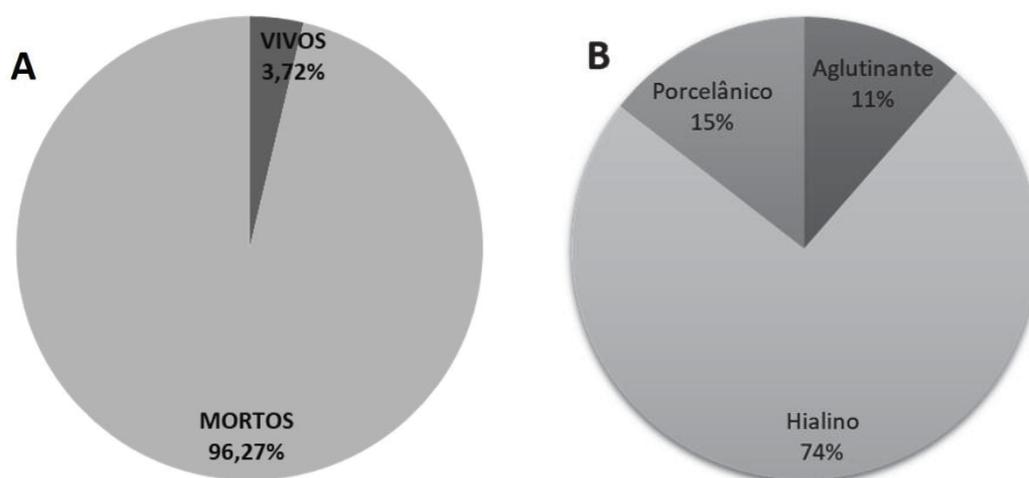


Figura 10. (A) Percentual de foraminíferos vivos e mortos na FT. (B) Percentual de cada um dos três principais grupos de foraminíferos na FT, segundo composição da sua carapaça.

Sousa *et al.* (2006) encontram maior porcentagem de carapaças calcário-hialinas (65%), seguida por aglutinantes (22,5%) e as calcário-porcelânicas, que apresentaram a menor porcentagem (12,5%) no talude da Bacia de Campos. Os autores concluíram que distribuição de foraminíferos bentônicos no talude é determinada principalmente pelo suprimento alimentar, a energia do ambiente (estabilidade) no limite dos compartimentos bentônico/pelágico e o

tamanho do grão do substrato, sendo que esses fatores são controlados pela Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e pela Água Intermediária Antártica (AIA).

A comparação dos resultados uma inversão das porcentagens de carapaças aglutinantes e porcelânicas na fauna total; isto pode ser explicado pelas diferenças de profundidades dos locais de coleta e respectivas condições ambientais nos dois ambientes (plataforma *versus* talude). Regiões mais rasas como a plataforma continental geralmente possuem maior energia hidrodinâmica que as regiões mais profundas, colaborando para destruir algumas carapaças aglutinantes mais frágeis. Em regiões próximas a eventos de ressurgência as testas aglutinantes normalmente são pequenas e mais frágeis que as porcelânicas que, por serem mais robustas, acabam se preservando melhor. O pH destes ambientes também influi, uma vez que frequentemente é menor em regiões muito profundas e isto prejudica seletivamente carapaças calcárias devido à insaturação de carbonato de cálcio.

Considerando apenas o percentual de foraminíferos corados (vivos) na fauna total, o percentual de aglutinantes é maior que o de porcelânicos. Entre os mortos observa-se o acúmulo de carapaças de foraminíferos de parede porcelânica. Daí se pode deduzir que, de maneira generalizada, carapaças calcário-porcelânicas são mais robustas pois quase duplicam sua representatividade em percentual na fauna morta (Figura 11).

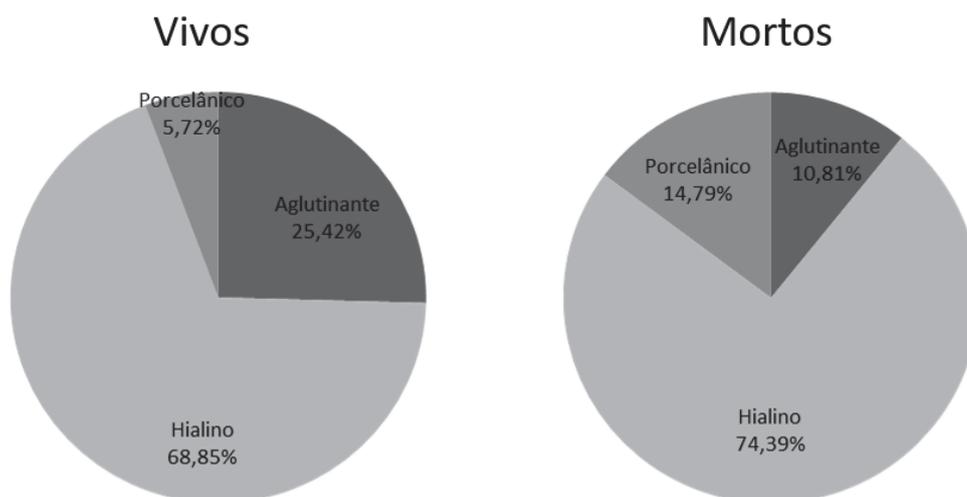


Figura 11. Percentual de indivíduos vivos e mortos na fauna total, considerando-se os três principais grupos de foraminíferos com diferente composição da carapaça.

Disaró (2013) estudou a fauna viva dos foraminíferos bentônicos da plataforma continental da Bacia de Campos entre as profundidades 25 e 150m, em dois períodos (seco/2008 e chuvoso/2009). Em ambos os períodos houve predominância de carapaças calcário-hialinas; as aglutinantes ocorreram em segundo lugar e as porcelânicas em terceiro. A autora observou

que no período chuvoso (campanha de 2009, a mesma estudada na presente pesquisa) houve um pequeno aumento de espécies de carapaça aglutinante (de 23% para 26%) e um decréscimo equivalente no percentual de espécies de carapaça calcáreo-hialina (de 64% para 61%). Concluiu que o aumento de nutrientes e da produtividade primária na área costeira, influenciado pela drenagem continental, assim como as ressurgências - muito mais frequentes no período chuvoso – devem ter colaborado para esta pequena alteração.

Nas imagens de *MEV* da figura 12, estão algumas espécies de foraminíferos encontradas na plataforma continental da Bacia de Campos, mostrando a ação de agentes físicos e químicos que geraram abrasão, dissolução, fragmentação e bioerosão nas carapaças. Em trabalho realizado na Baía de Cleveland – Austrália, Berkeley *et al.* (2009) estudaram os processos de degradação de carapaças de foraminíferos bentônicos e constataram que carapaças calcárias tiveram alterações associadas a processos de fragmentação e dissolução com pequenas evidências de bioerosão e abrasão, sendo que as câmaras mais jovens (as últimas a se formarem) foram as mais vulneráveis à deterioração. Já as carapaças aglutinantes não mostraram padrão de degradação; algumas espécies apresentaram danos estruturais como perda de cimento e outros danos como fragmentação.

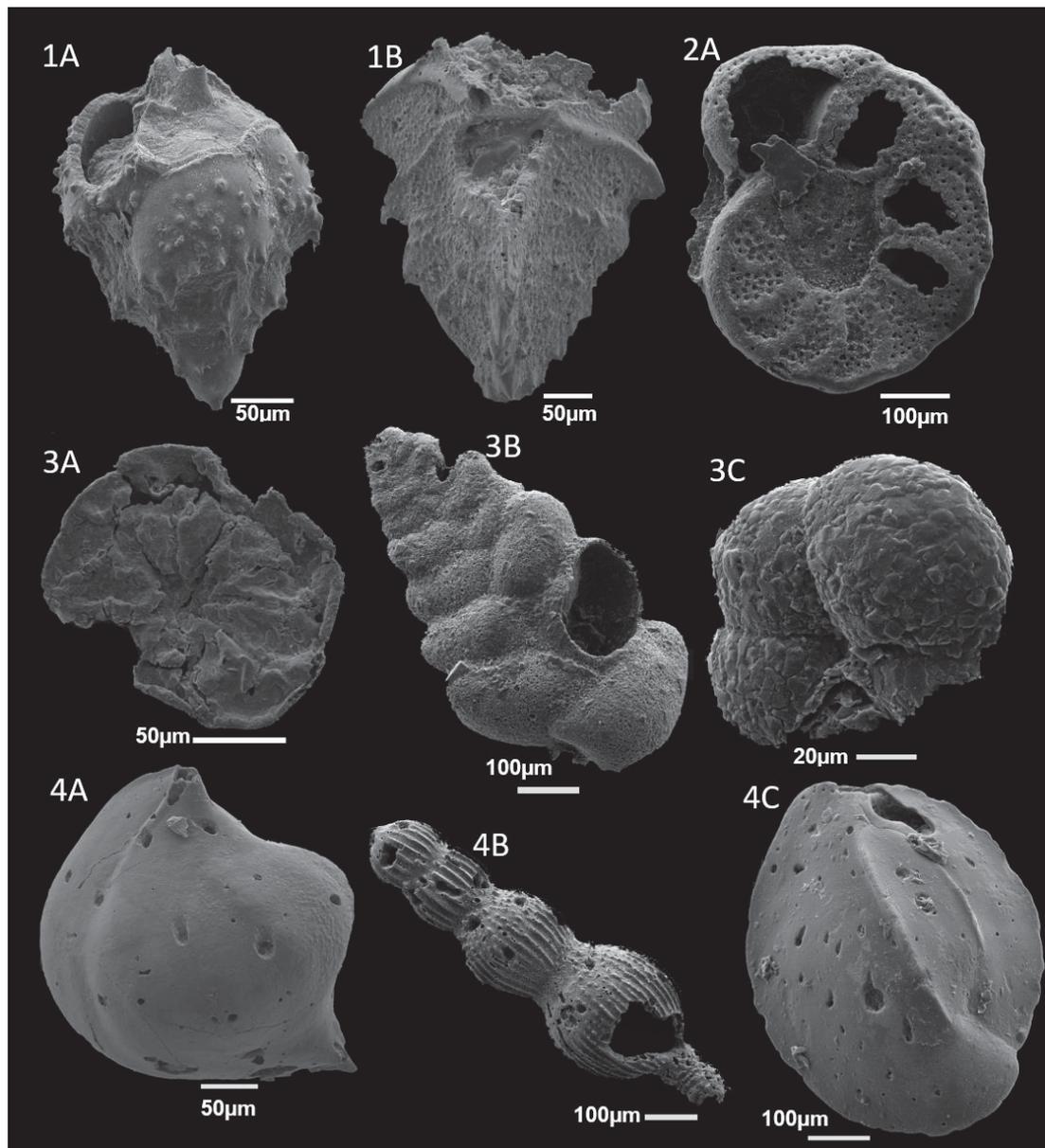


Figura 12. Foraminíferos com carapaças degradadas. Em alguns casos observa-se a ação de mais de um processo de degradação, mas temos preponderância de: 1= Abrasão A) *Bulimina* sp.; B) *Reussella atlantica*. 2= Dissolução A) *Planulina foveolata*. 3= Fragmentação A) *Asterotrochammina camposi*; B) *Karrerotextularia flintii*; C) *Paratrochammina* sp. e 4= Bioerosão A) *Ehrenbergina spinea*; B) *Amphicoryna scalaris*; C) *Quinqueloculina lamarckiana*. Imagens de MEV (emissão de elétrons secundários)

A rotina *RELATE*, aplicada entre as matrizes de similaridade da fauna viva estudada por Disaró (2013) e a fauna total analisada no presente estudo, identificou uma correlação moderada ($Rho = 0,526$ e $p < 0,001$). Esperava-se que as matrizes não fossem idênticas ($Rho = 1$), nem totalmente diferentes ($Rho = 0$), já que Disaró (2013) estudou foraminíferos vivos de duas campanhas amostrais (2008 e 2009) e o atual estudo analisou apenas a fauna total da campanha de 2009. Como a fauna total inclui foraminíferos mortos e vivos, a amostragem de 2009 sem

dúvida inclui carapaças de organismos que estavam vivos no momento da coleta de 2008 e, por esta razão, esperava-se uma similaridade um pouco maior entre as matrizes.

Certamente FT e FV são distintas, mas as tendências gerais convergem e nas figuras 13 e 14 pode-se ver, respectivamente, o resultado da análise de agrupamento com base na fauna total e na fauna viva, realizada por Disaró (2013) com os dois períodos de amostragens integrados. Na figura 15 mostra-se a projeção dos agrupamentos da fauna total sobre a área de estudo. As três grandes áreas identificadas na análise de agrupamento apontam ambientes similares aos registrados por Disaró (2013) no estudo da FV. Um fator a ser considerado nestes resultados que mostram pequenas diferenças de registro da FT e da FV é que a triagem dos foraminíferos da fauna viva foi realizada por um grupo de pessoas onde o único triador, digo, triadora da FT não se encontrava presente. A autora do presente estudo, centrado na análise da FT, não fez parte do grupo de pessoas que estudou a fauna viva. Pequenas diferenças individuais aumentam as diferenças do resultado final, porém as matrizes de dados indicam que as principais características do ambiente permanecem muito evidentes.

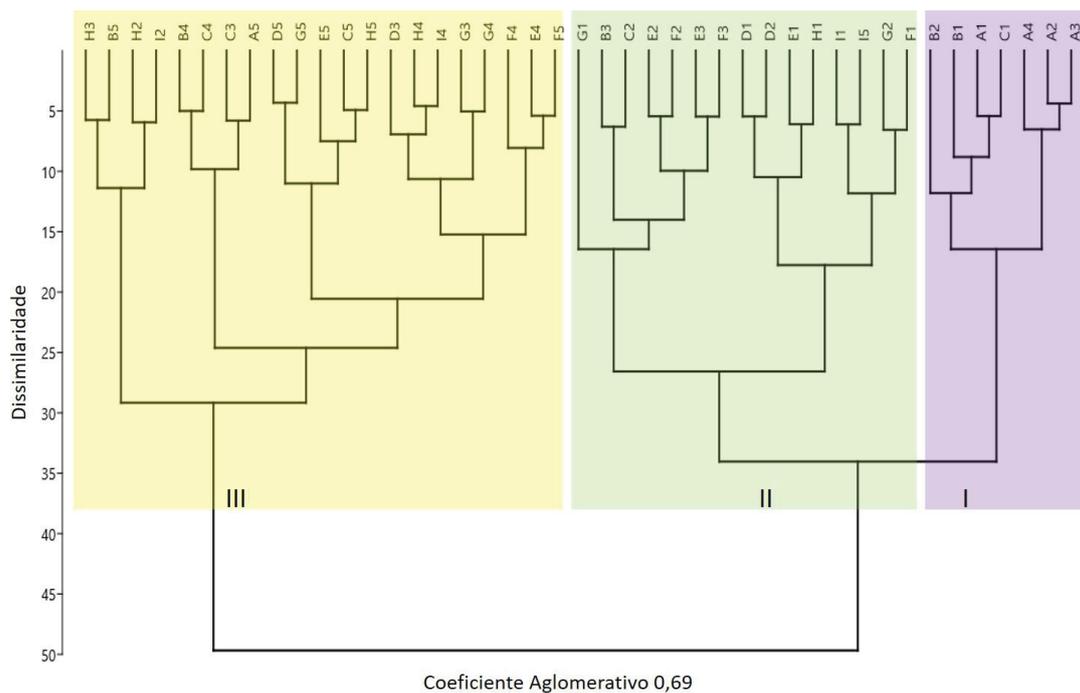


Figura 13. Dendrograma (Modo Q) da análise de agrupamento com base na fauna total.

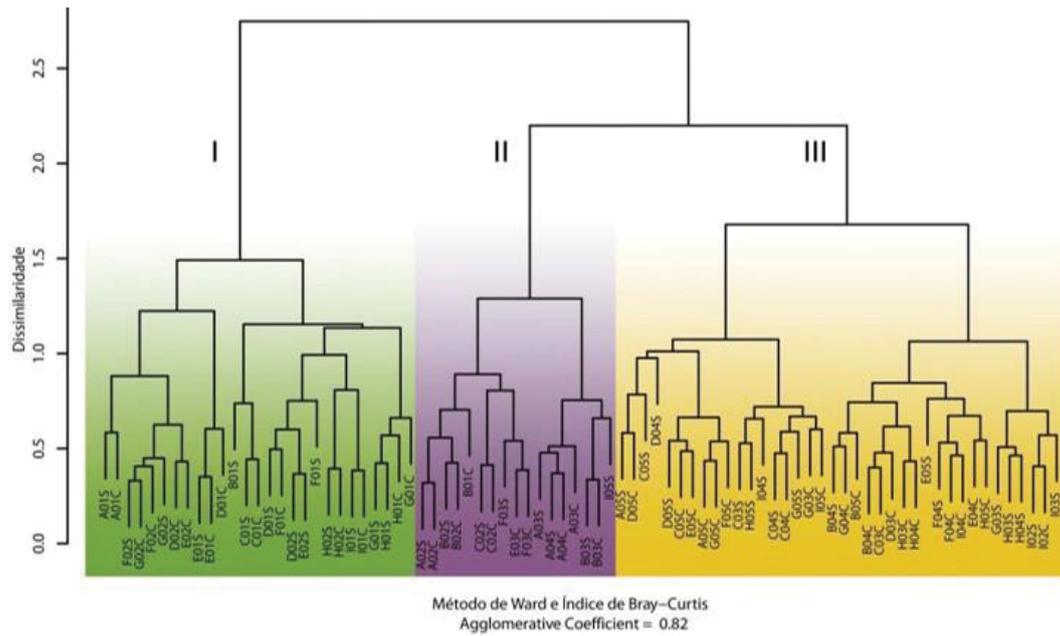


Figura 14. Dendrograma (Modo Q) da análise de agrupamento com base na fauna viva das duas amostragens somadas (2008 e 2009). Fonte: Disaró (2013).

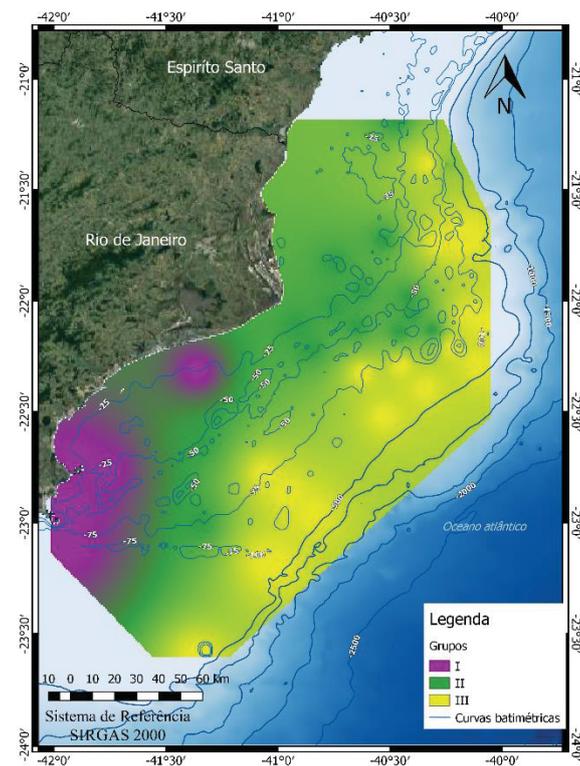


Figura 15. Mapa com a projeção dos grupos resultantes da análise de agrupamento da fauna total. Grupo I em violeta encontra-se nas áreas de ressurgência; grupo II, em verde indica áreas da plataforma interna, entre 25 e 50 metros de profundidade, exceto estações B3, D3, F3 e I5; grupo III em amarelo indica as áreas da plataforma média-externa.

O resultado das análises de classes granulométricas de cada ponto amostrado é apresentado na figura 16. A fração areia predomina em toda plataforma, seguido dos cascalhos que possui maior incidência na plataforma externa e as porções mais finas (silte+argila) aparecem em maior frequência na região de Cabo Frio.

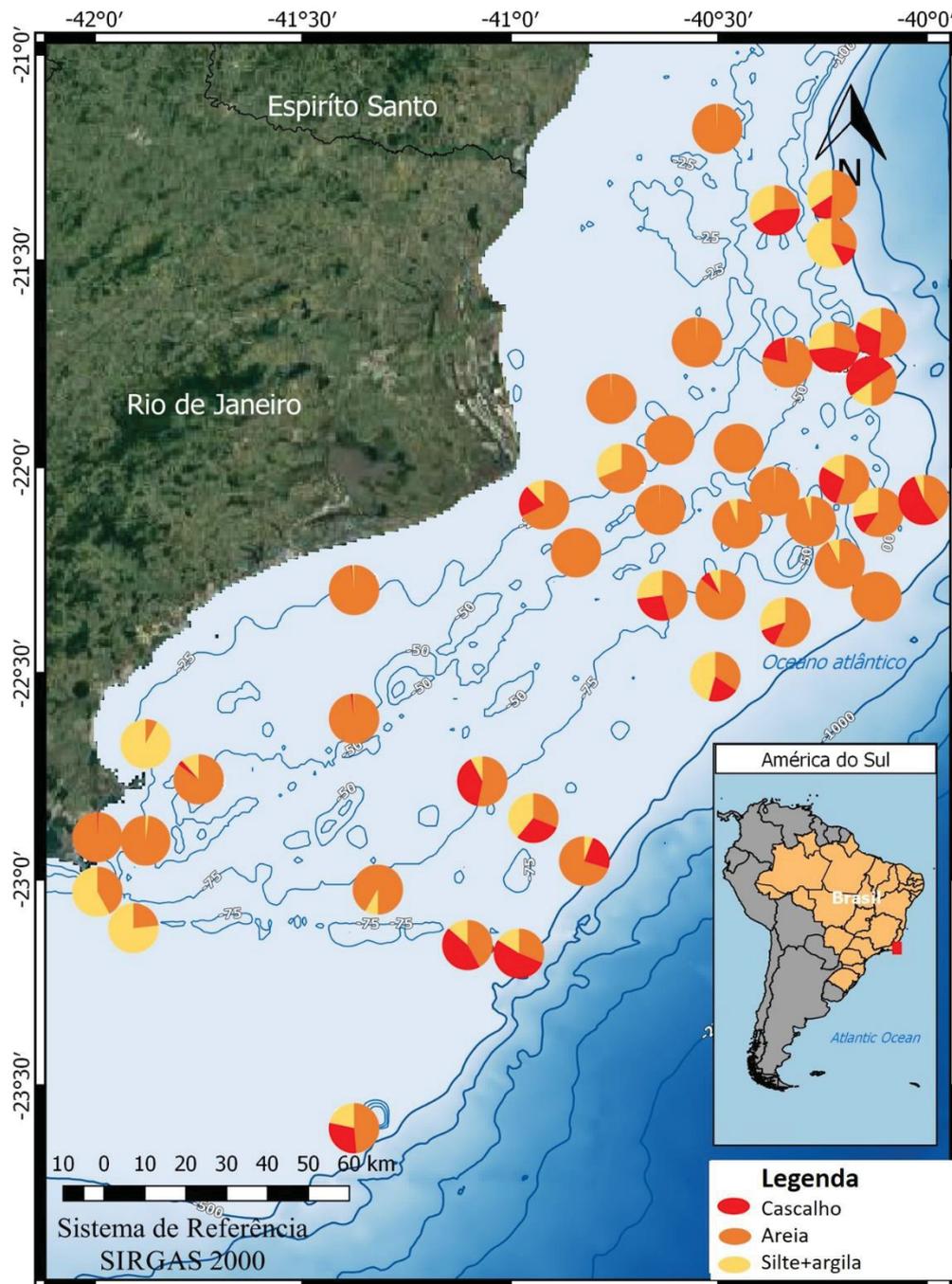


Figura 16. Apresentação da distribuição das classes granulométricas nos pontos amostrais.

O resultado da análise de correspondência canônica é apresentado graficamente na figura 17. As estações mantêm as cores dos grupos da análise de agrupamento da fauna total e os vetores representam os descritores ambientais analisados.

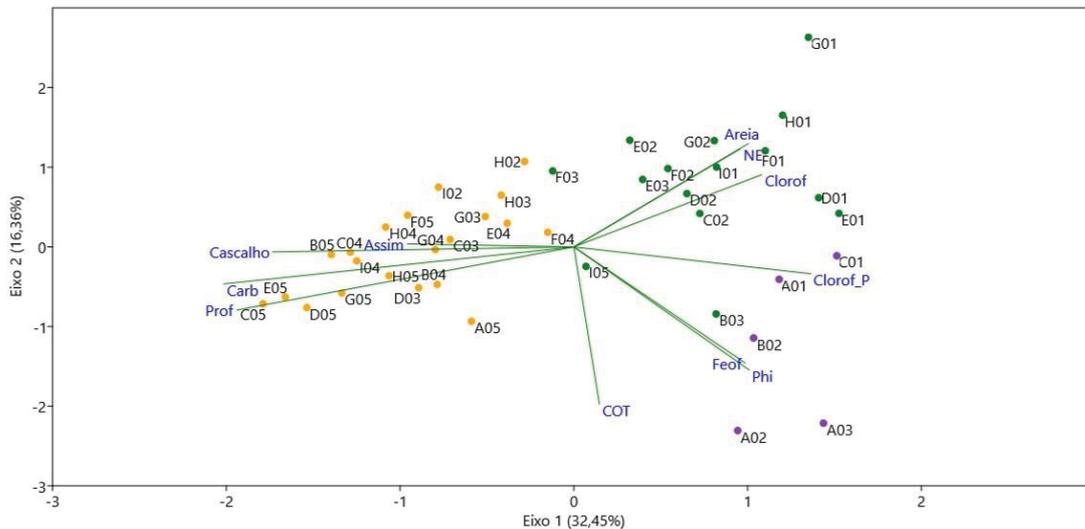


Figura 17. Representação gráfica da CCA ($p=0,001$ e explicação de 48,81% da variabilidade dos dados), onde: **NE** = grau de energia do ambiente; **Areia** = % de areia; **Clorof** = clorofila-*a* nos sedimentos; **Clorof_P** = clorofila-*a* epipelágica; **Feof** = feofitina-*a* nos sedimentos; **Phi** = Phi médio; **COT** = carbono orgânico total; **Prof** = profundidade; **Carb** = % de carbonatos nos sedimentos; **Cascalho** = % de cascalho; **Assim** = assimetria na distribuição das classes granulométricas.

A interpretação das análises de agrupamento juntamente com a CCA e as correlações de *Spearman* permitiram identificar três grupos: Grupo I, em violeta, correspondente às **Áreas de ressurgência**; Grupo II, em verde, à **Plataforma interna**; e Grupo III, em amarelo, à **Plataforma média-externa**.

Áreas de ressurgência: têm profundidades que variam entre 25m e 100m, estão positivamente correlacionadas com as maiores concentrações de clorofila-*a* epipelágica, feofitina-*a* no sedimento e diâmetro médio do grão (Phi). O teor de carbono orgânico total se distanciou um pouco dos pontos desse grupo, porém apresenta correlações positivas com a feofitina, Phi e também com a clorofila-*a* pelágica. O COT associado aos sedimentos de granulação mais fina e à feofitina indica uma produção primária mais elevada na região. A projeção de facies lamosas nas imediações de Cabo Frio, também ocorre em direção à quebra da plataforma (próximo aos pontos do agrupamento aqui citado como plataforma média-externa). Isso ocorre em função das forçantes oceanográficas de nordeste e de sudeste que se alternam ao longo do ano (Figueiredo *et al.*, 2015). Segundo Dornelles *et al.* (2001), essa lama ao sul da plataforma seria oriunda do material em suspensão, aportado pelo rio Paraíba do Sul.

Os táxons indicadores desse grupo, evidenciados pela ISA, são: *Bulimina pagoda*, *Bulimina marginata*, *Buccella peruviana campsi*, *Bulimina patagonica*, *Globocassidulina crassa*, *Nonionoides grateloupii*, *Bolivina lowmmani desinpuclata*, *Discorbis williamsoni*, *Stainforthia complanata*, *Alabaminella weddellensis*, *Globocassidulina rossensis*, *Globocassidulina subglobosa*, *Bolivina fragilis*, *Discorbis translucens*, *Bolivina aff. ordinaria*, *Angulogerina angulosa*, *Fursenkoina pontoni*, *Nonionella spp.*, *Bolivina subspinescens* e *Bolivina albatrossi*.

Os pontos desse agrupamento estão localizados nas proximidades de Cabo Frio, região onde há registros de eventos de ressurgência revelados pela fauna viva no estudo de Disaró (2013) e Disaró *et al.* (2017). Segundo Carreira *et al.* (2010), a ocorrência de sedimentos mais ricos em matéria orgânica e com maior teor de silte e argila pode estar relacionada às taxas mais elevadas de produção primária na coluna d'água na região de Cabo Frio, sustentadas pela advecção para a zona fótica de águas ricas em nutrientes. Além disso, existe um grande aporte de compostos derivados da produção secundária na coluna d'água, sendo pastoreio e produção de pelotas fecais por zooplâncton processos relevantes que contribuem para a deposição da matéria orgânica nesse setor (Carreira *et al.* 2010).

Espécies dos gêneros *Bulimina*, *Bolivina*, *Nonionella*, *Angulogerina*, *Globocassidulina*, *Alabaminella* e *Fursenkoina* são citadas por serem fitodetrívoras e oportunistas à oferta de alimento (Fariduddin *et al.*, 1997; Gooday *et al.*, 2002; Fontainer *et al.*, 2003; Mendes *et al.*, 2004). Algumas espécies da fauna viva positivamente correlacionadas com feofitina, COT, bactérias e clorofila-*a* epipelágica com hábitos fitodetrívoros e preferencialmente infaunais, mas que podem apresentar hábitos epifaunais também foram registradas por Disaró (2013) e ocorreram na fauna total da área de ressurgência de Cabo Frio.

No estudo da fauna viva Disaró (2013) também encontrou sinais de ressurgência na região do Cabo de São Tomé (algumas amostras dos transectos E e F) e nas proximidades do vórtice de Vitória (transecto I, a 150m de profundidade, norte da Bacia Campos). Esses eventos só foram identificados com a análise integrada das duas campanhas amostrais somadas (período seco/2008 e período chuvoso/2009), indicativo de que o sinal existia, porém era fraco. Somente a ressurgência de Cabo Frio e de São Tomé foram detectadas quando analisado o período de 2009 separadamente; neste período o sinal de ressurgência geralmente é mais forte na região. Segundo Carreira *et al.* (2017), elevadas taxas de produção primária também ocorreram nas imediações de Cabo de São Tomé com a influência da descarga do rio Paraíba do Sul, porém o processo é de menor intensidade quando comparado com Cabo Frio. Disaró (2013) conclui que ao integrar os períodos houve um reforço dos sinais e outras áreas de ressurgência menos intensas puderam ser reveladas. A análise da fauna total não indicou todas estas áreas de

ressurgência, mas os resultados mostram que a FT indica, em geral, apenas as características predominantes do ambiente devido ao reforço promovido pelo acúmulo de carapaças de foraminíferos vivos e mortos.

As inferências de Disaró (2013) sobre os dados indicados pela fauna total confirmaram-se parcialmente nesse estudo. Os pontos onde foram detectadas fracas ressurgências em São Tomé e ao norte da Bacia de Campos estão positivamente correlacionados com a maior energia hidrodinâmica do ambiente. As carapaças podem ter sido transportadas depois de mortas para outras regiões da área de estudo e, dessa forma, não se acumularam ou não se preservaram indicando o enriquecimento orgânico nestes pontos. Algumas dessas espécies são frágeis e suas carapaças podem ter se destruído mais facilmente após a morte. Quando a quantidade desses indivíduos é pequena, a chance de preservação é ainda menor e, conseqüentemente, há maior probabilidade de perda do sinal indicativo de ressurgência.

Plataforma interna: Foi caracterizada entre 25m e 50m de profundidade, mas o ponto I5, localizado a 150m e os pontos B3, E3 e D3 foram integrados a este agrupamento. Os demais pontos amostrais desse agrupamento estão positivamente correlacionados ao maior grau de energia hidrodinâmica, maior teor da fração areia, clorofila nos sedimentos e temperaturas mais elevadas. A constituição arenosa dos sedimentos na região do Cabo de São Tomé está relacionada ao material transportado pelo rio Paraíba do Sul que, ao longo de todo o Quaternário foram ali acumulados. Isto também é evidenciado pela extensa planície deltaica formada por esse curso fluvial (Figueiredo *et al.*, 2015).

Os pontos desse agrupamento da plataforma interna apresentam correlação negativa com COT, indicando que não há preservação de matéria orgânica nesses sedimentos, provavelmente em razão da alta energia hidrodinâmica nessa região. A alta energia do ambiente também pode ser notada por ondulações de areia e dunas com orientação oeste-leste, compatíveis com ondas de tempestades vindas de sudoeste durante a passagem de sistemas frontais. Além disso, a maioria dos pontos estão localizados na altura da desembocadura do rio Paraíba do Sul e Itabapoana mais ao norte da bacia (Figueiredo *et al.*, 2015; Machado, 2009). A correlação positiva com a clorofila-*a* segue os padrões de distribuição descritos na literatura, isto é, são maiores na plataforma, especialmente nas regiões mais costeiras (25 e 50 m) e decrescem com o distanciamento da costa em direção ao talude (Gonzalez-Rodriguez *et al.*, 2017). Carreira *et al.* (2017) relataram que a matéria orgânica sedimentar lábil (clorofila-*a*) ocorre somente em baixas profundidades na Bacia de Campos e a sua presença nos sedimentos reflete rápida sedimentação da matéria orgânica produzida na coluna d'água. Disaró *et al.*

(2017) propõe que o alto hidrodinamismo da plataforma interna não favorece o acúmulo da matéria orgânica e, por esta razão, o consumo direto e rápido por consumidores primários é a melhor estratégia de aproveitamento desse material.

Assim como no estudo da fauna viva de Disaró (2013), algumas espécies indicadoras da plataforma interna na fauna total têm hábito incrustante e ocorrem aderidas a litoclastos e bioclastos como *Asterotrochammina camposi* e *Rectocibicides miocenicus*, sendo boas indicadoras de áreas com alta energia hidrodinâmica junto ao fundo. A maioria é adaptada a fortes correntes de fundo, com carapaças finas plano-convexa ou côncavo-convexa, e outras são relativamente grandes e robustas, com maior chance de preservação após a morte como *Hanzawaia concentrica*, *Quinqueloculina polygona*, *Quinqueloculina milletti*, *Quinqueloculina compta*, *Textularia conica corrugata* e *Textularia agglutinans*. Algumas espécies são frágeis como *Wiesnerella auriculata*, *Nonionella atlantica*, *Miliolinella subrotunda* e tem pouca possibilidade de se preservar e se acumular nos registros fósseis. Outros foraminíferos representantes desse grupo são: *Angulogerina jamaicensis*, *Discorbis aff. parkeri* e *Valvulineria minuta*.

Plataforma média-externa: os pontos amostrais que caracterizaram este setor encontram-se entre 50m e 150m de profundidade e apresentam correlação positiva com assimetria, maior teor de carbonatos nos sedimentos, maiores profundidades e maior teor de cascalhos. Porém, a profundidade e o teor de carbonatos possuem correlação positiva com silte e argila, indicando que a região apresenta tamanho de grãos muito variáveis. Como a assimetria retrata remoção ou adição seletiva de classes granulométricas, a mistura de silte + argila e cascalho, explica a correlação positiva da assimetria nessa área.

A ocorrência da lama carbonática (lama hemipelágica) também foi citada por Disaró *et al.* (2017) na região da plataforma externa. Conforme Kowsmann *et al.* (2015), o talude da Bacia de Campos é composto por lama hemipelágica e essas fácies bioclásticas predominam na porção noroeste da bacia e ao longo de toda quebra da plataforma. Segundo Figueiredo *et al.* (2015) os sedimentos bioclásticos (teores de carbonato maiores que 70%) predominam em toda plataforma externa na Bacia de Campos e coincidem com a distribuição dos cascalhos, indicando que esse cascalho é de natureza carbonática. Além disso, os autores destacaram lineamentos carbonáticos nas isóbatas de 120 e 150 m e de 70 e 80 m, ambos com orientações sudoeste-nordeste, sendo indicativos de paleolinhas de praia que resistiram ao processo transgressivo que se desenvolveu após o Último Máximo Glacial.

Essa região possui características mais oligotróficas e baixa produtividade primária. Os táxons indicativos desse agrupamento na fauna total foram: *Amphicoryna scalaris*, *Cassidulina curvata*, *Cibicoides pseudoungeriana*, *Discorbinella obtusa*, *Ehrenbergina spinea*, *Neoeponides antillarum*, *Planulina foveolata*, *Sagrinella lobata*, *Siphonina reticulata*, *Spirotextularia floridana*, *Stomatorbina torrei*, *Uvigerina auberiana* e diversas espécies do gênero *Lenticulina*. Outros foraminíferos representativos dessa área são: *Amphistegina lessonii*, *Amphistegina* sp., *Bigenerina textularioidea*, *Gaudryina quadrangularis* var. *antillana*, *Planulina ariminensis*, *Planulina canimarensis*, *Pyrgo inornata*, *Quinqueloculina* cf. *berthelotiana*, *Reussella atlantica*, *Sphaerogypsina globula*, *Spirotextularia* sp. e *Textulariella barrettii*. De modo geral estas espécies são grandes e robustas e habitam áreas de maior porcentagem de cascalho e teores de carbonato. No estudo da fauna viva Disaró (2013) encontrou correlações positivas de alguns táxons de foraminíferos na plataforma média-externa com COT, feofitina e clorofila indicando que há um pouco de enriquecimento orgânico em algumas áreas restritas.

Nos anexos encontram-se as pranchas com as algumas espécies características de cada grupo: Estampa I – áreas de ressurgência, Estampa II – plataforma interna, Estampa III – plataforma média-externa.

4.5 Conclusões

Os resultados da pesquisa permitiram analisarr a plataforma continental da Bacia de Campos de maneira integrada, e indicaram que a fauna total de foraminíferos bentônicos recentes corresponde às características predominantes do ambiente, possibilitando caracterizar feições batimétricas, sedimentares e tróficas prevalecentes.

Os foraminíferos mortos (96,27%) são muito mais abundantes que os vivos (3,72%) na fauna total, pois se preservam ao longo do tempo e se acumulam no substrato. A separação dos indivíduos pela composição da carapaça mostrou que as espécies calcário-hialinas dominaram a fauna total, seguido pelas calcário-porcelânicas e aglutinantes. Observando apenas os foraminíferos vivos, o percentual de aglutinantes foi maior que o de porcelânicos. Quando se considera apenas foraminíferos mortos, houve relativa perda das carapaças aglutinantes e acréscimo das porcelânicas. Pode-se explicar tais inversões considerando-se que as espécies com carapaças aglutinantes presentes nesta região são predominantemente mais frágeis, enquanto as carapaças porcelânicas são mais robustas e quase duplicam sua representatividade na fauna morta.

As análises de agrupamento, ordenação e correlação da fauna total e parâmetros ambientais propiciaram distinguir os três principais setores da plataforma continental da Bacia de Campos:

- I) Áreas de ressurgência: setor próximo a Cabo Frio com as maiores concentrações de clorofila-*a* epipelágica, feofitina-*a* no sedimento e carbono orgânico total, indicando alta produção primária. Predominaram foraminíferos fitodetrítivos e oportunistas à oferta de alimento, preferencialmente infaunais, podendo apresentar hábitos epifaunais associados.
- II) Plataforma interna: região mais rasa com alto grau de energia e maiores porcentagens e concentrações de areia e clorofila-*a* no sedimento. A presença de foraminíferos incrustantes e aderidos aos clastos, com carapaças plano-convexa ou côncavo-convexa e outros, grandes e robustos com melhor potencial de preservação indica áreas com alta energia hidrodinâmica junto ao fundo.
- III) Plataforma média/externa: zonas mais profundas com características oligotróficas e correlação positiva com assimetria dos sedimentos. De modo geral, dominaram os foraminíferos robustos associados às maiores porcentagens de cascalhos e carbonatos nos sedimentos. Os sedimentos bioclásticos predominam em toda plataforma externa e coincidem com a distribuição dos cascalhos e lamas hemipelágicas, reforçando que ambos são de origem carbonática.

4.6 Referências

ALBANI, A.D., JOHNSON, K.R. Resolution of Foraminiferal biotopes in Broken Bay, N. S. W. **Journal of the Geological Society of Australia**, v. 22, n. 4, p. 435–466, 1975.

ALEXANDERSSON, E. T. Marine maceration of skeletal carbonates in the Skagerrak, North Sea. **Sedimentology**, v. 26, p. 845-852, 1979.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R. D.; MATOS, D. J.; WERNER, A. **A serra do mar e a porção oriental do estado do Paraná... Um problema de segurança ambiental e nacional**. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento do Paraná, 248 p, 1978.

CARREIRA, R.S., ARAÚJO, M.P., COSTA, T.L.F., ANSARI, N.R., PIRES, L.C.M. 2010. **Lipid biomarkers in deep sea sediments from the Campos Basin, SE Brazilian continental margin.** *organic Geochemistry*, 41(9): 879-884.

CARREIRA, R.S., CORDEIRO, L.G.M.S., OLIVEIRA, D.R.P., NUDI, A.H., FARIAS, C.O., SCOFIELD, A.L., MASSONE, C.G., WAGENER, A.L.R. 2017. Origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar usando indicadores geoquímicos. In: Falcão, A.P.C., Wagener, A.L.R., Carreira, R. S.,(Eds). **Química ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico sudoeste.** Habitats, v. 6. p. 179-228.

CASTRO FILHO, B. M. de.; LORENZZETI, J. A.; SILVEIRA, I. C. A. da.; MIRANDA, L. B. Estrutura Termohalina e Circulação na Região entre Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RG) In: **ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; MADUREIRA, L. S. (Eds). O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil.** São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo. 472 p, 2006.

CASTRO FILHO, B.M., PEREIRA, A.F., DE CAROLI, A., FOLONI NETO, H., PASCHOAL, G.C.A., SILVEIRA, I.C.A., AMOR, C.C. Correntes e massas de água na plataforma continental. In: **Martins, R.P., Grossmann-Matheson, G.S. (Eds). Meteorologia e oceanografia: Caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste.** Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 2, p. 189-252. 2015.

CLARKE K.R., GORLEY N. Primer v5. **PRIMER-E.** Plymouth, 2001.

DISARÓ S. T.; WATANABE, S.; TOTAH, V.; BARBOSA, V. P.; KOUTSOUKOS, E. A. M.; ITICE, I.; PUPO, D. V.; CHIAVERINI, A. P.; VEIGA, I. M. Foraminíferos. In: **Márcia de França Rocha (eds.). Relatório Integrador do Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia Potiguar.** IBAMA, Inédito, Rio de Janeiro, cap. 17. 2006.

DISARÓ, S.T. Caracterização da Plataforma Continental da Bacia de Campos (Brasil – SE) Fundamentada em Foraminíferos Bentônicos Recentes. **Tese de Doutorado.** Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 163 p, 2013.

DISARÓ, S.T., ALUIZIO, R., RIBAS, E.R., PUPO, D.V., TELLEZ, I.R., WATANABE, S., TOTAH, V.I., KOUTSOUKOS, E.A.M. Foraminíferos bentônicos na plataforma continental da Bacia de Campos. In: **FALCÃO, A.P.C., LAVRADO, H.P. (Eds). Ambiente Bentônico: Caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste.** Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 3, p. 65-110. 2017.

DORNELLES, L. M. A.; CALACHE, S. C.; DIAS, A. E. S.; MENDONÇA, B. S.; CRISTELLO, K. A.; BARROS, C. L. M. Uso de geoprocessamento no diagnóstico ambiental de ambientes costeiros estudo de caso: Baía de Sepetiba e plataforma continental de Cabo Frio, RJ, Brasil. **Sociedade Brasileira de Computação**, v. 1, p. 103-110. 2001.

DUFRÊNE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species, the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v.67, p.345-366, 1997.

ELLIS, B.F.; MESSINA, A.R. **Catalogue of Foraminifera.** Nova York: American Museum of Natural History. 1940 – atual.

FARIDUDDIN, M.; LOUBERE, P. The surface ocean productivity response of deeper water benthic foraminifera in the Atlantic Ocean. **Marine Micropaleontology**, v. 32, p. 289 -310. 1997.

FIGUEIREDO JR., A.G., PACHECO, C.E.P., VASCONCELOS, S.C., SILVA, F.T. Geomorfologia e sedimentologia da plataforma continental. In: **KOWSMANN, R.O., editor. Geologia e Geomorfologia: Caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste** Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 1, p. 13-32, 2015.

FONTANIER, C.; JORISSEN, F. J.; CHAILLOU, G.; DAVID, C.; ANSCHUTZ, P.; LAFON, V. Seasonal and interannual variability of benthic foraminiferal faunas at 550m depth in the Bay of Biscay. **Deep-Sea Research**. v. 50, p. 457-494. 2003.

GOODAY, A. J.; HUGHES, J. A. Foraminifera associated with phytodetritus deposits at a bathyal site in the northern Rockall Trough (NE Atlantic): seasonal contrasts and a comparison of stained and dead assemblages. **Marine Micropaleontology**. v. 46, p. 83-110. 2002.

HALLOCK, P., GLENN, E. C. Larger Foraminifera: A Tool for Paleoenvironmental Analysis of Cenozoic Carbonate Depositional Facies. **Palaios**, v.1, p. 55-64, 1986.

HALLOCK, P.; LIDZ, B. H.; COCKEY-BURKHARD & DONNELLY, K. B. Foraminifera as bioindicators in coral reef assessment and monitoring: the FORAM INDEX. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 8, p. 221-238. 2003.

KNOPPERS, B., EKAU, W., FIGUEIREDO, A.G. The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport. **Geo-Marine Letters**, v.19, p.171-178, 1999.

KNOPPERS, B.; POLLEHNE, F. The transport of carbon, nitrogen, and heavy metals to the offshore sediments by plankton sedimentation. In: **EKAU, W. (Ed.): JOPS 90/91 Cruise Report**. Bremerhaven, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, p. 25-30, 1991.

KOWSMANN, R. O.; LIMA, A. C.; VICALVI, M. A. Feições indicadoras de instabilidade geológica no talude continental e no Platô de São Paulo. In: **KOWSMANN, R. O., editor. Geologia e Geomorfologia: Caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste** Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v.1, p. 71-98. 2015

LOEBLICH, A. R.; TAPPAN, H. **Foraminiferal genera and their classification**. New York, Van Nostrand Reinhold, v.1, 970 p, 1988.

MACHADO, K. M. Dinâmica sedimentar da planície do Paraíba do Sul. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 61p. 2009.

MARTINS, M. V. A., LAUT, L. L. M., SILVA, F. S., MIRANDA, P., MENDONÇA-FILHO, J. G., FERNANDEZ-FERNANDEZ, S., SOUSA, S. S., RODRIGUES, M. A. C., RODRIGUES, A. R., YAMASHITA, C., FARIA, E. O., OLIVEIRA, R. R., NAGAI, R. H. Associações de Foraminíferos em Resposta a Variações Ambientais da Laguna de Aveiro – Portugal. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 38, n. 2, p. 56-69, 2015.

MATOS, A.G.B. Análise da confiabilidade metrológica na determinação de pigmentos em ambientes marinhos por fluorimetria. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação em Metrologia para Qualidade Industrial, Pontifícia Universidade Católica – RJ, 110p, 2001.

MENDES, I.; GONZALEZ, R.; DIAS, J. M. A.; LOBO, F.; MARTINS, V. Factors influencing recente benthic foraminifera distribution on the Guadiana shelf (Southwestern Iberia). **Marine Micropaleontology**. v. 51, p. 171-192. 2004.

MURRAY, J. W.; BOWSER, S. Mortality, protoplasm decay rate, and reliability of staining techniques to recognize 'living' foraminifera: a review. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 30, n. 1, p. 66–70, 2000

NAGAI, R. H.; SOUSA, S.H.M.; BURONE, L.; MAHIQUES, M.M. 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, p. 62–71, 2009.

OKKUSHI, K.; NATORI, H. Living benthic foraminifera on the Hess Rise and Suiko Seamount, central North Pacific. **Deep-Sea Research**, v. 48, p. 1309-1324. 2001.

PALÓCZY, A.; SILVEIRA, I. C. A.; CASTRO, B. M.; CALADO, L. Coastal upwelling off Cape São Tomé (22°S, Brazil): The supporting role of deep ocean processes. **Continental Shelf Research**, v. 89, p. 38-50. 2014.

PARSONS, T.R.; MAITA, Y. & LALLI, C.M. **A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis**. Pergamon Press, Oxford, 173p.1984.

PHLEGER, F. B. **Ecology and distribution of recent Foraminifera**. The Johns Hopkins Press, 297 p, 1960.

PUPPO, D. V. Foraminíferos como bioindicadores em área sob efeito de água de produção, Rio Grande do Norte (Brasil): Teste metodológico do índice FORAM. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná-PR, 164p, 2012.

RANGEL, H. D., MARTINS, F. A., ESTEVES, F. R., FEIJÓ, F. J. Bacia de Campos. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v.8, n.1, p. 203-207,1994.

RATHBURN, A. E., PÉREZ, M. E., MARTIN, J. B., DAY, S. A., MAHN, C., GIESKES, J., ZIEBIS, W., WILLIAMS, D., BAHLS, A. Relationships between the distribution and stable isotopic composition of living benthic foraminifera and cold methane seep biogeochemistry in Monterey Bay, California. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, v. 4, n. 12, p. 1-28, 2003.

SCOTT, D. B., MEDIOLI, F. S. Living vs. Total Foraminiferal Populations: Their Relative Usefulness in Paleoecology. **Journal of Paleontology**, v. 54, p. 814-831, 1980.

SHIFFLETT, E. Living, dead, and total foraminiferal faunas, Heald Bank, Gulf of Mexico. **Micropaleontology**, v. 7, p. 45-54, 1961.

SOUSA, S. H. M., PASSOS, R. F., FUKUMOTO, M., SILVEIRA, I. C. A., FIGUEIRA, R. C. L., KOUTSOUKOS, E. A. M., MAHIQUES, M. M., REZENDE, C. E. Mid-lower bathyal benthic foraminifera of the Campos Basin, Southeastern Brazilian margin: Biotopes and controlling ecological factors. **Marine Micropaleontology**, v. 61, p. 40-57, 2006.

VANCE, D. J., CULVER, S. J., CORBETT, D. R., BUZAS, M. A. Foraminifera in the Albemarle estuarine system, North Carolina: distribution and recent environmental change. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 36, n.1, p. 15–33, 2006.

VIANA, A. R., FAUGÉRES, J. C., KOWSMANN, R.O., LIMA, J. A. M., CADDAS, L. F. G., RIZZO, J. G. Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. **Sedimentary Geology**, v.115, p.133-157, 1998.

WALTON, W. R. Techniques for recognition of living foraminifera. **Contributions of the Cushman Foundation for Foraminiferal Research**, v.3, p. 56-60. 1952.

YORDANOVA, E. K.; HOHENEGGER, J. Taphonomy of larger foraminifera: Relationships between living individuals and empty tests on flat reef slopes (Sesoko Island, Japan). **Facies**, v. 46, p. 169-203, 2002.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas com a FM entre as matrizes das médias das réplicas e amostra composta indicaram similaridade na maioria dos pontos avaliados. As análises de correlação entre as réplicas R1, R2 e R3 e as amostras compostas de todos os pontos estudados apresentaram um coeficiente r de *Pearson* bastante significativo, também indicando similaridade entre as matrizes.

Apesar de observar perda de diversidade de espécies nas amostras compostas, estas não foram significativas em A4, F1 e G5. Tal fato já era esperado pois, mesmo calculando a média entre as réplicas, a chance de uma nova espécie aparecer em três amostras é maior que em uma.

Uma vez que a fauna total é basicamente constituída por foraminíferos mortos, as verificações de similaridades entre as matrizes de média das réplicas e amostras compostas e das réplicas analisadas separadamente e amostras compostas da FM também podem ser validadas para a FT.

A utilização de amostras compostas por réplicas com a fauna total também deve ser considerada em situações onde não é possível realizar muitas coletas e/ou se o tempo para obtenção dos resultados for exíguo. Trabalhar com esse método é menos oneroso em tempo e financeiramente, pois estudos similares com a fauna viva demandam a análise de mais de uma campanha, especialmente se a região for submetida a fortes variações sazonais. Deve-se tomar especial cuidado com a utilização deste método em estudos que tem por objetivo avaliações ecológicas ou que o foco seja especificamente em espécies raras de foraminíferos.

O estudo da fauna total de foraminíferos mostrou-se eficiente na caracterização da plataforma continental da Bacia de Campos, possibilitando diferenciar três setores principais: Áreas Ressurgência, Plataforma interna e Plataforma média-externa.

A FT corresponde às características predominantes do ambiente e por isso sinais menos intensos de ressurgência na região do Cabo de São Tomé e próximo ao Vórtice de Vitória apontados pela FV, não foram identificados nesse estudo. As áreas onde foram detectadas fracas ressurgências em São Tomé e ao norte da Bacia de Campos estão positivamente correlacionados com a maior energia hidrodinâmica do ambiente. Um sinal de ressurgência ligeiramente deslocado da região do Cabo de São Tomé é visto no mapa de projeção dos setores levemente mais a sudoeste, (Figura 14, ponto violeta mais ao norte de Cabo Frio) coincidindo

com o sentido de transporte das correntes. Além disso, as carapaças podem ter sido transportadas depois de mortas para outras regiões da área de estudo e, dessa forma, não se acumularam ou não se preservaram espécies indicadoras de enriquecimento orgânico nestes pontos. Algumas dessas espécies são frágeis e suas carapaças podem se destruir mais facilmente após a morte.

A separação dos indivíduos pela composição da carapaça mostrou que as espécies calcário-hialinas dominaram a fauna total, seguido pelas calcário-porcelânicas e aglutinantes. Quando se considera apenas foraminíferos mortos, houve relativa perda das carapaças aglutinantes e acréscimo das porcelânicas. Pode-se explicar tais inversões considerando-se que as espécies com carapaças aglutinantes presentes nesta região são predominantemente mais frágeis, enquanto as carapaças porcelânicas são mais robustas e quase duplicam sua representatividade na fauna morta.

Visto que a FT permitiu analisar a plataforma continental da Bacia de Campos de maneira integrada e caracterizar seus principais setores, estudos utilizando esse método podem ser recomendados para caracterização ambiental, principalmente se o objetivo é reconhecer as principais feições. Se o foco for em monitoramento ambiental já existe consenso em que se trabalhe com foraminíferos vivos (FV).

6. REFERÊNCIAS

ALBANI, A.D., JOHNSON, K.R. Resolution of Foraminiferal biotopes in Broken Bay, N. S. W. **Journal of the Geological Society of Australia**, v. 22, n. 4, p. 435–466, 1975.

ALEXANDERSSON, E. T. Marine maceration of skeletal carbonates in the Skagerrak, North Sea. **Sedimentology**, v. 26, p. 845-852, 1979.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R. D.; MATOS, D. J.; WERNER, A. **A serra do mar e a porção oriental do estado do Paraná... Um problema de segurança ambiental e nacional**. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento do Paraná, 248 p, 1978.

BOLTOVSKOY, E. **Los Foraminíferos Recientes - Biología, métodos de estudio, aplicación oceanográfica**. Buenos Aires, EUDEBA - Editorial Universitaria de Buenos Aires. 1965.

BOLTOVSKOY, E.; SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Morphological Variations of Benthic Foraminiferal Tests in Response to Changes in Ecological Parameters: A Review. **Journal of Paleontology**, v. 65 n. 2, p. 175-185, 1991

CAMPOS, R.H.S.; DOMINGUEZ, J.M.L. Mobility of sediments due to wave action on the continental shelf of the northern coast of the state of Bahia. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, n. 2, p. 57-63, 2010.

CARREIRA, R.S., ARAÚJO, M.P., COSTA, T.L.F., ANSARI, N.R., PIRES, L.C.M. **Lipid biomarkers in deep sea sediments from the Campos Basin, SE Brazilian continental margin. organic Geochemistry**, 41(9): 879-884, 2010.

CARREIRA, R.S., CORDEIRO, L.G.M.S., OLIVEIRA, D.R.P., NUDI, A.H., Farias, C.O., Scofield, A.L., MASSONE, C.G., WAGENER, A.L.R. Origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar usando indicadores geoquímicos. In: Falcão, A.P.C., Wagener, A.L.R., Carreira, R. S.,(Eds). **Química ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico sudoeste**. Habitats, v. 6. p. 179-228, 2017.

CASTRO FILHO, B. M. de.; LORENZZETI, J. A.; SILVEIRA, I. C. A. da.; MIRANDA, L. B. Estrutura Termohalina e Circulação na Região entre Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RG) In: **ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; MADUREIRA, L. S. (Eds). O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo. 472 p, 2006.

CASTRO FILHO, B.M., PEREIRA, A.F., DE CAROLI, A., FOLONI NETO, H., PASCHOAL, G.C.A., SILVEIRA, I.C.A., AMOR, C.C. Correntes e massas de água na plataforma continental. In: **Martins, R.P., Grossmann-Matheson, G.S. (Eds). Meteorologia e oceanografia: Caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste**. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 2, p. 189-252. 2015.

CLARKE K.R., GORLEY N. Primer v5. **PRIMER-E**. Plymouth, 2001.

COUTINHO, P. N. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinho do Brasil. **Programa REVIZEE, textos para consulta**. Acesso em: 20 de julho de 2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha/programa-revizee/item/7606>. [200?].

DEBENAY, J.P., GUILLOU, J.J. Ecological transitions indicated by Foraminiferal assemblages in paralic environment. **Estuaries**, v. 25, p. 1107-1120, 2002

DISARÓ S. T.; WATANABE, S.; TOTAH, V.; BARBOSA, V. P.; KOUTSOUKOS, E. A. M.; ITICE, I.; PUPO, D. V.; CHIAVERINI, A. P.; VEIGA, I. M. Foraminíferos. In: **Márcia de França Rocha (eds.). Relatório Integrador do Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia Potiguar**. IBAMA, Inédito, Rio de Janeiro, cap. 17. 2006.

DISARÓ, S.T. Caracterização da Plataforma Continental da Bacia de Campos (Brasil – SE) Fundamentada em Foraminíferos Bentônicos Recentes. **Tese de Doutorado**. Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 163 p, 2013.

DISARÓ, S.T., ALUIZIO, R., RIBAS, E.R., PUPO, D.V., TELLEZ, I.R., WATANABE, S., TOTAH, V.I., KOUTSOUKOS, E.A.M. Foraminíferos bentônicos na plataforma continental da Bacia de Campos. In: **FALCÃO, A.P.C., LAVRADO, H.P. (Eds). Ambiente Bentônico: Caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste**. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 3, p. 65-110. 2017.

DORNELLES, L. M. A.; CALACHE, S. C.; DIAS, A. E. S.; MENDONÇA, B. S.; CRISTELLO, K. A.; BARROS, C. L. M. Uso de geoprocessamento no diagnóstico ambiental de ambientes costeiros estudo de caso: Baía de Sepetiba e plataforma continental de Cabo Frio, RJ, Brasil. **Sociedade Brasileira de Computação**, v. 1, p. 103-110. 2001.

DUFRÊNE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species, the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v.67, p.345-366, 1997.

ELLIS, B.F.; MESSINA, A.R. **Catalogue of Foraminifera**. Nova York: American Museum of Natural History. 1940 – atual.

FARIDUDDIN, M.; LOUBERE, P. The surface ocean productivity response of deeper water benthic foraminifera in the Atlantic Ocean. **Marine Micropaleontology**, v. 32, p. 289 -310. 1997.

FIGUEIREDO JR., A.G.; SILVA, F.T.; PACHECO C.E.P.; VASCONCELOS S.C.; KOWSMANN, R.O. Sedimentologia da plataforma continental da Bacia de Campos. In: XIII **Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA**. 2011.

FIGUEIREDO JR., A.G., PACHECO, C.E.P., VASCONCELOS, S.C., SILVA, F.T. Geomorfologia e sedimentologia da plataforma continental. In: **KOWSMANN, R.O., editor. Geologia e Geomorfologia: Caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste** Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 1, p. 13-32, 2015.

FONTANIER, C.; JORISSEN, F. J.; CHAILLOU, G.; DAVID, C.; ANSCHUTZ, P.; LAFON, V. Seasonal and interannual variability of benthic foraminiferal faunas at 550m depth in the Bay of Biscay. **Deep-Sea Research**. v. 50, p. 457-494. 2003.

GARRISON, T. **Oceanography – A invitation to marine science**. Belmont: Brooks/Cole, 2010.

GOODAY, A. J.; HUGHES, J. A. Foraminifera associated with phytodetritus deposits at a bathyal site in the northern Rockall Trough (NE Atlantic): seasonal contrasts and a comparison of stained and dead assemblages. **Marine Micropaleontology**. v. 46, p. 83-110. 2002.

HALLOCK, P., GLENN, E. C. Larger Foraminifera: A Tool for Paleoenvironmental Analysis of Cenozoic Carbonate Depositional Facies. **Palaios**, v.1, p. 55-64, 1986.

HALLOCK, P.; LIDZ, B. H.; COCKEY-BURKHARD & DONNELLY, K. B. Foraminifera as bioindicators in coral reef assessment and monitoring: the FORAM INDEX. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 8, p. 221-238. 2003.

HAYWARD, B.W.; GRENFELL, H.R.; SABAA, A.T.; NEIL, H.N.; BUZAS, M.A. Recent New Communities and microhabitats of living benthic foraminifera from the tropical East Atlantic, impact of different productivity regimes. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 33, n. 1, p. 10-31, 2003

KNOPPERS, B.; POLLEHNE, F. The transport of carbon, nitrogen, and heavy metals to the offshore sediments by plankton sedimentation. In: **EKAU, W. (Ed.): JOPS 90/91 Cruise Report**. Bremerhaven, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, p. 25-30, 1991

KNOPPERS, B., EKAU, W., FIGUEIREDO, A.G. The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport. **Geo-Marine Letters**, v.19, p.171-178, 1999.

KOWSMANN, R. O.; LIMA, A. C.; VICALVI, M. A. Feições indicadoras de instabilidade geológica no talude continental e no Platô de São Paulo. IN: **KOWSMANN, R. O., editor. Geologia e Geomorfologia: Caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste** Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v.1, p. 71-98. 2015

LEE, J. J. & ANDERSON, O. R. **Biology of Foraminifera**. London: Academic Press, 1991.

LICARI, L.N.; SCHUMACHER, S.; WENZHÖFER, F.; ZABEL, M.; MACKENSEN, A. Zealand deep-water benthic foraminifera: taxonomy, ecologic distribution, biogeography, and use in paleoenvironmental assessment. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 41, n. 2, p. 199, 2003

LOEBLICH, A. R.; TAPPAN, H. **Foraminiferal genera and their classification**. New York, Van Nostrand Reinhold, v.1, 970 p, 1988.

MACHADO, K. M. Dinâmica sedimentar da planície do Paraíba do Sul. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 61p. 2009.

MARTINS, M. V. A., LAUT, L. L. M., SILVA, F. S., MIRANDA, P., MENDONÇA-FILHO, J. G., FERNANDEZ-FERNANDEZ, S., SOUSA, S. S., RODRIGUES, M. A. C., RODRIGUES, A. R., YAMASHITA, C., FARIA, E. O., OLIVEIRA, R. R., NAGAI, R. H. Associações de Foraminíferos em Resposta a Variações Ambientais da Laguna de Aveiro – Portugal. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 38, n. 2, p. 56-69, 2015.

MATOS, A.G.B. Análise da confiabilidade metrológica na determinação de pigmentos em ambientes marinhos por fluorimetria. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação em Metrologia para Qualidade Industrial, Pontifícia Universidade Católica – RJ, 110p, 2001.

MENDES, I.; GONZALEZ, R.; DIAS, J. M. A.; LOBO, F.; MARTINS, V. Factors influencing recente benthic foraminifera distribution on the Guadiana shelf (Southwestern Iberia). **Marine Micropaleontology**. v. 51, p. 171-192. 2004.

MILANI, E. J.; BRANDÃO, J. A. S. L.; ZALÁN, P. V.; GAMBOA, L. A. P. Petróleo na margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 351-396, 2000.

MOHRIAK, W. U. 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**. Brasília: CPRM, p. 87-151, 2003.

MURRAY, J. W.; BOWSER, S. Mortality, protoplasm decay rate, and reliability of staining techniques to recognize 'living' foraminifera: a review. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 30, n. 1, p. 66-70, 2000

MURRAY, J.W. **Ecology and applications of benthic foraminifera**. Cambridge University Press. New York: 426 p, 2006.

NAGAI, R. H.; SOUSA, S.H.M.; BURONE, L.; MAHIQUES, M.M. 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, p. 62-71, 2009.

NETO, B. J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução à Geologia Marinha**. Ed. Interciência. Rio de Janeiro: 279 p, 2004.

OKKUSHI, K.; NATORI, H. Living benthic foraminifera on the Hess Rise and Suiko Seamount, central North Pacific. **Deep-Sea Research**, v. 48, p. 1309-1324. 2001.

PALÓCZY, A.; SILVEIRA, I. C. A.; CASTRO, B. M.; CALADO, L. Coastal upwelling off Cape São Tomé (22°S, Brazil): The supporting role of deep ocean processes. **Continental Shelf Research**, v. 89, p. 38-50. 2014.

PARSONS, T.R.; MAITA, Y. & LALLI, C.M. **A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis**. Pergamon Press, Oxford, 173p.1984.

PHLEGER, F. B. **Ecology and distribution of recent Foraminifera**. The Johns Hopkins Press, 297 p, 1960.

PUPPO, D. V. Foraminíferos como bioindicadores em área sob efeito de água de produção, Rio Grande do Norte (Brasil): Teste metodológico do índice FORAM. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná-PR, 164p, 2012.

RANGEL, H. D., MARTINS, F. A., ESTEVES, F. R., FEIJÓ, F. J. Bacia de Campos. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v.8, n.1, p. 203-207,1994.

RATHBURN, A. E., PÉREZ, M. E., MARTIN, J. B., DAY, S. A., MAHN, C., GIESKES, J., ZIEBIS, W., WILLIAMS, D., BAHLS, A. Relationships between the distribution and stable isotopic composition of living benthic foraminifera and cold methane seep biogeochemistry in Monterey Bay, California. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, v. 4, n. 12, p. 1-28, 2003.

REBOUÇAS, C. R. Sedimentação holocênica da plataforma continental de Salvador-BA. **Tese de Doutorado**. Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, 89p, 2010.

SCHMIEDL, G., MACKENSEN, A. Late quaternary paleoproductivity and deep water circulation in the eastern South Atlantic Ocean: Evidence from benthic foraminifera. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, v. 130, p. 48-80, 1997.

SCHNITKER, D. Western Atlantic abyssal circulation during the past 12,000 years. **Nature**, v. 248, p. 385-387, 1974.

SCOTT, D. B., MEDIOLI, F. S. Living vs. Total Foraminiferal Populations: Their Relative Usefulness in Paleoecology. **Journal of Paleontology**, v. 54, p. 814-831, 1980.

SEN GUPTA, B.K. **Introduction to modern Foraminifera**. Kluwer Academic Publishers. New York: 371p. 2003.

SHIFFLETT, E. Living, dead, and total foraminiferal faunas, Heald Bank, Gulf of Mexico. **Micropaleontology**, v. 7, p. 45-54, 1961.

SOUSA, S. H. M., PASSOS, R. F., FUKUMOTO, M., SILVEIRA, I. C. A., FIGUEIRA, R. C. L., KOUTSOUKOS, E. A. M., MAHIQUES, M. M., REZENDE, C. E. Mid-lower bathyal benthic foraminifera of the Campos Basin, Southeastern Brazilian margin: Biotopes and controlling ecological factors. **Marine Micropaleontology**, v. 61, p. 40-57, 2006.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. Edgard Blucher Ltda. São Paulo: 400p. 2003.

TUCKER, M. E., WRIGHT, V. P. **Sedimentología de Carbonatos**. 1ª traducción: Luis Angel Alonso Matilla. Publicaciones Blackwell Scientific, Oxford: 482p. 1990.

VANCE, D. J., CULVER, S. J., CORBETT, D. R., BUZAS, M. A. Foraminifera in the albemarle estuarine system, North Carolina: distribution and recent environmental change. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 36, n.1, p. 15-33, 2006.

VIANA, A. R., FAUGÉRES, J. C., KOWSMANN, R.O., LIMA, J. A. M., CADDAH, L. F. G., RIZZO, J. G. Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. **Sedimentary Geology**, v.115, p.133-157, 1998.

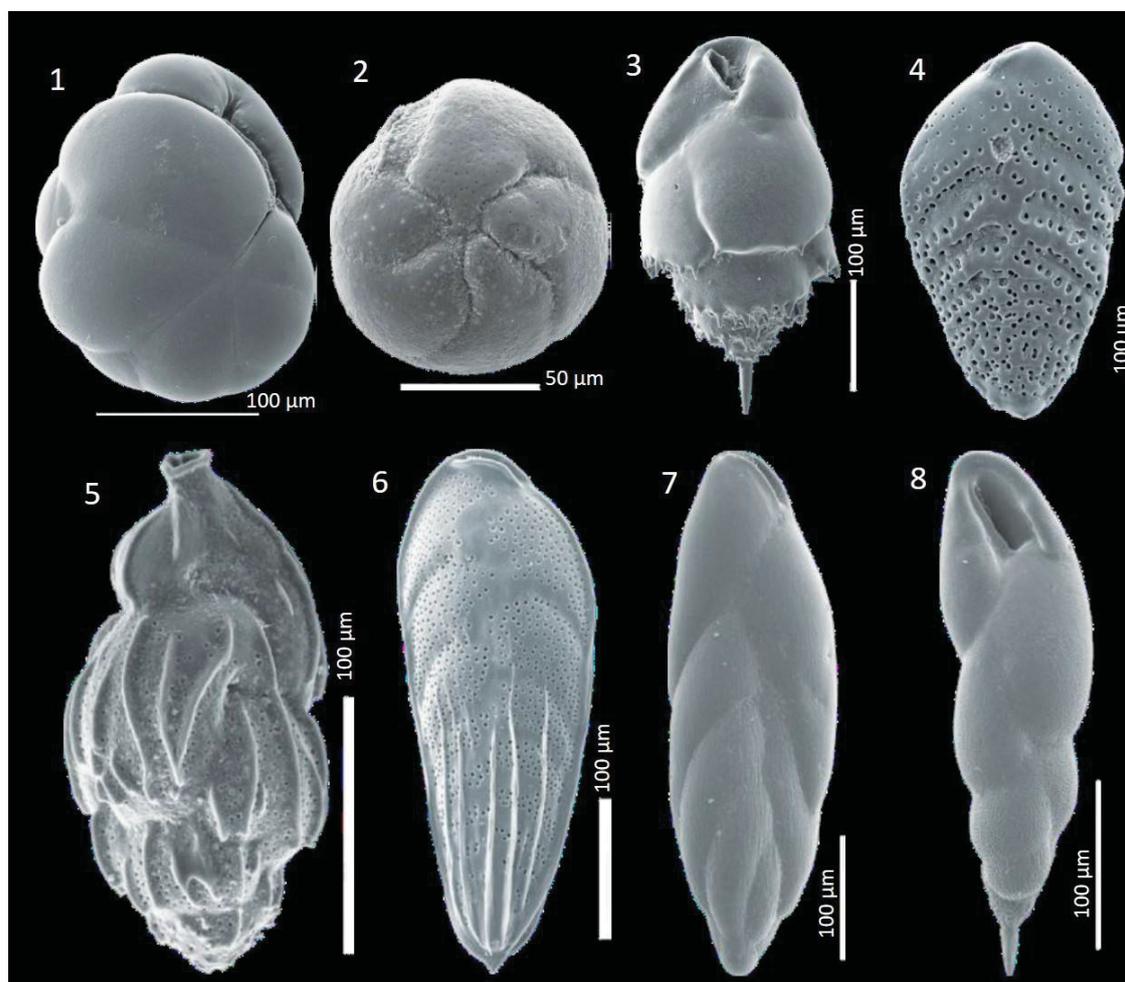
WALTON, W. R. Techniques for recognition of living foraminifera. **Contributions of the Cushman Foundation for Foraminiferal Research**, v.3, p. 56-60. 1952.

YORDANOVA, E. K.; HOHENEGGER, J. Taphonomy of larger foraminifera: Relationships between living individuals and empty tests on flat reef slopes (Sesoko Island, Japan). **Facies**, v. 46, p. 169-203, 2002.

ANEXOS

ESTAMPA I – Áreas de Ressurgência

1. *Globocassidulina rossensis*
2. *Alabaminella weddellensis*
3. *Bulimina marginata*
4. *Bolivina ordinaria*
5. *Angulogerina angulosa*
6. *Bolivina fragilis*
7. *Fursenkoina pontoni*
8. *Stainforthia complanata*



ESTAMPA II – Plataforma Interna

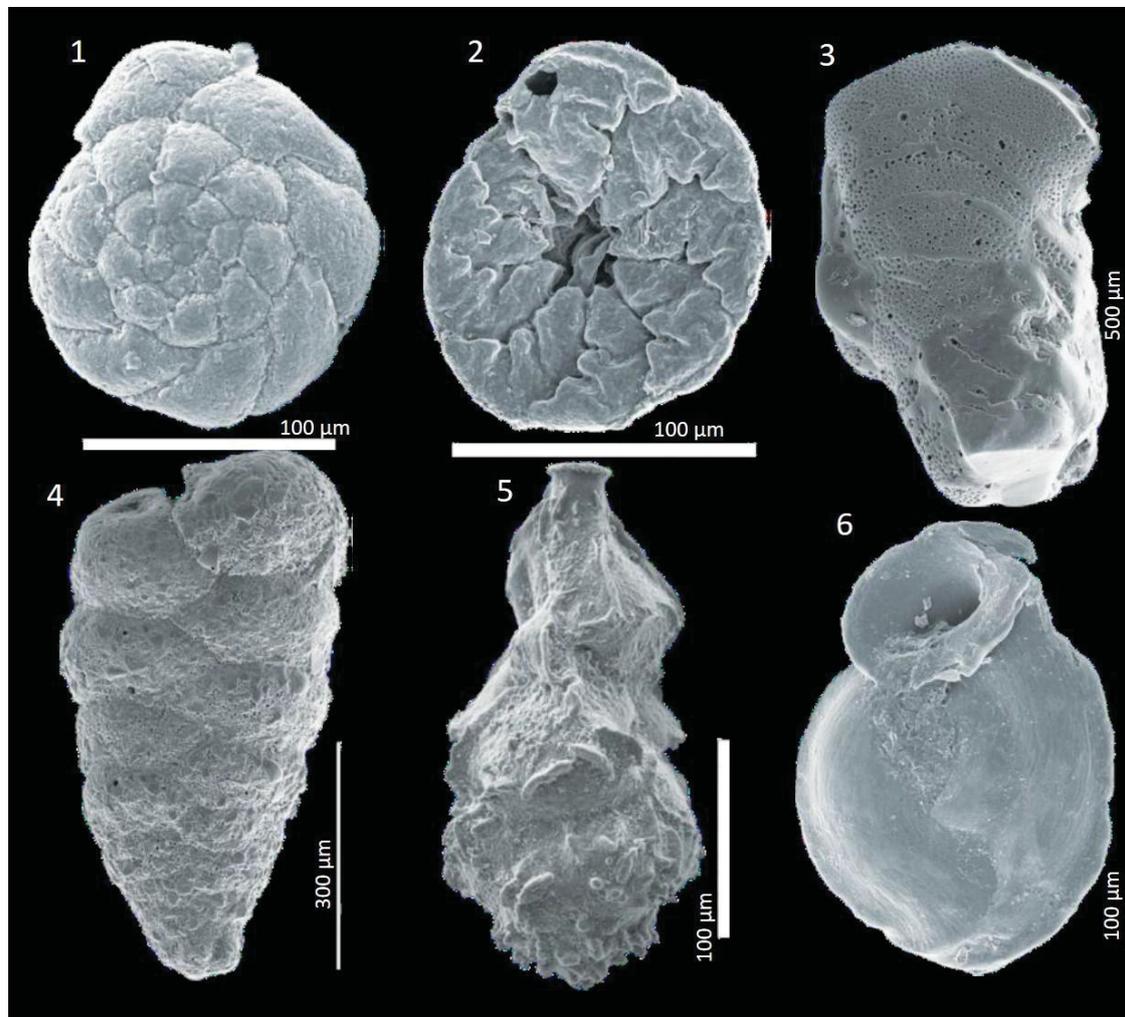
1 e 2. *Asterotrochammina camposi*

3. *Rectocibicides miocenicus*

4. *Textularia agglutinans*

5. *Angulogerina jamaicensis*

6. *Wiesnerella auriculata*



ESTAMPA III – Plataforma Média-Externa

1. *Neoeponides antillarum*
2. *Ehrenbergina spinea*
3. *Amphicoryna scalaris*
4. *Planulina foveolata*
5. *Bigenerina textularioidea*
6. *Uvigerina auberiana*

