

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS EDUARDO SILVA

**ASSOCIAÇÕES DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS
RECENTES DA COSTA SETENTRIONAL DO RIO GRANDE
DO NORTE (BRASIL) E SUAS CORRELAÇÕES COM OS
PARÂMETROS AMBIENTAIS**

UFPR - Centro de Estudos do Mar
BIBLIOTECA

PONTAL DO PARANÁ

2008

M 593.12
5385-
1208
21 04

M 2008-08

CARLOS EDUARDO SILVA

**ASSOCIAÇÕES DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS
RECENTES DA COSTA SETENTRIONAL DO RIO GRANDE
DO NORTE (BRASIL) E SUAS CORRELAÇÕES COM OS
PARÂMETROS AMBIENTAIS**

Monografia apresentada à disciplina de
Estágio Supervisionado I como requisito
parcial à conclusão do Curso de
Oceanografia com Habilitação em
Pesquisa Oceanográfica, Setor de
Ciências da Terra, Universidade Federal
do Paraná.

Orientadora: Prof^ª. MSc. Sibelle Trevisan
Disaró

PONTAL DO PARANÁ

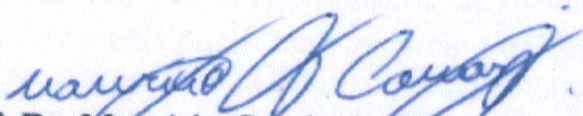
2008

TERMO DE APROVAÇÃO

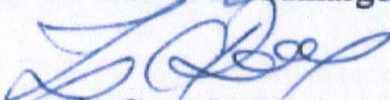
Carlos Eduardo Silva

"ASSOCIAÇÕES DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS RECENTES DA COSTA SETENTRIONAL DO RIO GRANDE DO NORTE (BRASIL) E SUAS CORRELAÇÕES COM OS PARÂMETROS AMBIENTAIS"

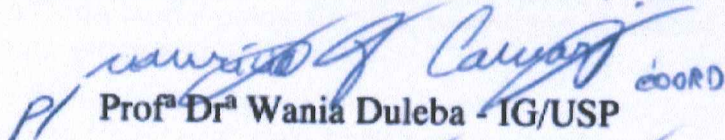
Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela
Comissão formada pelos professores:



Prof. Dr. Maurício Garcia de Camargo - UFPR/CEM



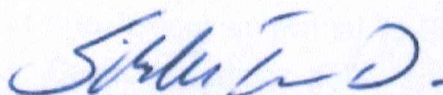
MSc. Leonardo Cruz da Rosa - UFPR/CEM

 COORD.

Profª Drª Wania Duleba - IG/USP

 COORD.

Drª Carla van der Haagen Custódio Bonetti - UFSC



MSc. Sibelle Trevisan Disaró
Presidente

Pontal do Paraná, 03 de dezembro de 2008

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a minha família. Todos, sem exceção, me apoiaram muito e são os culpados por eu ter chegado até aqui.

Aos meus filhos Matheus, Evellin e Giuliana, que são a razão de eu ter buscado melhorar, porque tudo que almejo é sempre pensando neles e essa conquista é deles também.

À minha mãe Marli, muito obrigado por me apoiar desde o começo e mesmo de longe sempre estar ao meu lado e sempre se preocupar comigo.

Ao meu pai Hélio, sei que não acreditava que eu passaria no vestibular, mas depois me apoiou muito e sua ajuda, confiança e compreensão foram de extrema importância nessa minha jornada.

Às minhas irmãs Claudia, Adriana e Luciane e ao meu irmão Wagner, por acreditar e me incentivar sempre e pelo apoio incondicional nas horas em que eu mais precisava de um ombro. Muito obrigado mesmo... Eu amo vocês!!!!

À MSc. Sibelle Trevisan Disaró, por ter sido muito mais que uma orientadora. Por ter me acolhido em seu laboratório e por ter sido acima de tudo uma amiga e ter me dado muito mais do que a oportunidade de aprender. Agradeço a você, Sibelle, pela confiança, pela convivência e pela paciência.

A todos do Laboratório de Micropaleontologia do CEM/UFPR:

ao MSc. Rodrigo Aluizio pela paciência e enorme e essencial ajuda que me prestou nas análises estatísticas, pela longa leitura da minha monografia e sugestões;

à MSc. Ana Paula Chiaverini pela confecção das pranchas e pelas conversas no laboratório;

à MSc. Elis Regina Ribas pela confecção da lista de espécies, pelas ajudas às consultas bibliográficas e também pelas conversas no laboratório;

ao Daniel, Ingrid e Dona Isabel pelos auxílios, conversas, músicas que descontraíam e ajudavam a relaxar e cafezinhos.

Às pesquisadoras Silvia Watanabe e Violeta Totah do Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" pelo trabalho de identificação, revisão taxonômica e pelas fotos das espécies utilizadas nas pranchas.

Agradeço à minha família chamada CDM2004. Esses anos foram muito especiais e essa turma não poderia ser melhor. Valeu piada...

Aos meus amigos do coração: Cristina, Felipe, Mylene, Sâmia, Taiana, Livia, Michele, Breno, Vader... obrigado por tudo pessoal.

Aos muitos amigos e colegas que fiz aqui em Pontal do Sul.

Ao Prof. Dr. César de Castro Martins pela ajuda na discussão sobre hidrocarbonetos.

Aos professores e funcionários do CEM.

A todos aqueles que me ajudaram nessa jornada e aos que não atrapalharam.

À PETROBRAS, pela bolsa e permissão do uso desses dados para a realização do presente trabalho.

RESUMO

Cento e trinta e cinco amostras pertencentes às plataformas interna, média, externa e ao talude continental da costa setentrional do estado do Rio Grande do Norte foram analisadas com o objetivo de se conhecer a distribuição e características das associações de foraminíferos bentônicos vivos (corados com Rosa de Bengala), assim como tentar correlacionar a ocorrência desses organismos com os parâmetros ambientais. Foram analisadas duas áreas: uma mais ampla com 43 estações, referida como área de caracterização (estações BP), que inclui a região da plataforma interna até a quebra do talude continental; e uma área menor, com 26 estações, referida como área dos emissários (estações E), mais rasa e sujeita à influência direta dos emissários da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do Pólo Petroquímico de Guamaré. A heterogeneidade do fundo na área de estudo influenciou na distribuição das associações de foraminíferos. Foram registradas 292 espécies de foraminíferos pertencentes a 100 gêneros. As distintas associações de foraminíferos tendem a distribuir-se paralelamente à linha de costa e essa tendência parece estar alterada em algumas áreas costeiras, principalmente próximas às bocas de estuários e nas áreas adjacentes às saídas dos difusores dos emissários submarinos da ETE de Guamaré. A salinidade, composição e textura do sedimento, profundidade, concentração de nutrientes e de material particulado em suspensão parecem influenciar diretamente na distribuição e composição das associações de foraminíferos. Os maiores valores de diversidade, densidade, equitabilidade e riqueza foram encontrados na área de caracterização, devido à maior heterogeneidade espacial da área amostrada. Na área dos emissários ocorreram os maiores valores de dominância; *Ammonia tepida* e *A. parkinsoniana* foram as principais espécies responsáveis por esses valores. Essas espécies foram dominantes em algumas estações costeiras, principalmente nas proximidades das bocas de estuários e adjacências das saídas dos emissários submarinos. A baixa salinidade dos efluentes lançados pela ETE de Guamaré parece estar influenciando a composição e estrutura das comunidades de foraminíferos dessa área, assim como a descarga dos estuários de Galinhos-Guamaré e do Rio Açu, onde se desenvolvem várias atividades como maricultura, extração de sal, dentre outras. As estações do talude apresentaram composição faunística distinta das associações da plataforma continental adjacente. Nas áreas costeiras, com predomínio de sedimentos siliciclásticos finos, ocorrem associações compostas principalmente por espécies tolerantes a variações de salinidade e aporte de nutrientes. Nas áreas afastadas da costa predominaram sedimentos grossos de origem carbonática e espécies de macroforaminíferos com algas endossimbiontes, confirmando o caráter oligotrófico desta área. A proximidade da área dos emissários com a costa dificulta a distinção entre a influência dos tensores naturais e os predominantemente antrópicos na estrutura das comunidades de foraminíferos. Uma ampliação da malha amostral que contemple mais pontos nessa área e um programa de monitoramento certamente auxiliarão no entendimento das respostas dessas associações às mudanças ambientais.

Palavras-chave: Rio Grande do Norte. Guamaré. Monitoramento ambiental. Foraminíferos bentônicos. Bioindicadores. Espécies oportunistas.

ABSTRACT

Living (Bengal Rose stained) benthic foraminiferal associations of the inner, medium and outer shelves and continental slope of the northern coast of Rio Grande do Norte state were studied. Their distribution and correlation with environmental parameters were analysed. Two sampling grids were analyzed: one with 43 stations (BP) which comprises a wide region from the inner shelf down to the continental slope; and a smaller one with 26 stations (E), located on the shallow area subject to the direct influence of the outfall pipes from the Guamaré petrochemical complex. A total of 135 samples were analyzed and 192 living species belonging to 100 genera were registered. Large bottom heterogeneities influenced the distribution of the benthic foraminiferal assemblages. The foraminiferal associations are distributed parallel to the coast line but this trend seems to change in some coastal areas, mainly those near estuarine mouths or close to the outfall pipes. Salinity, sediment composition and texture, depth, nutrients and concentrations of suspended matter seem to direct influence the distribution and composition of the foraminiferal associations. The widest grid has higher diversity, density, evenness and richness, while near the outfall pipes influenced area (smaller grid) occur the largest dominance, being *Ammonia tepida* and *A. parkinsoniana* the dominant species. These species were also dominant in some coastal stations, mainly those near estuarine mouths (Açú River and Guamaré-Galinhos Estuary). On the upper slope faunal composition differs from the foraminiferal associations of the adjacent continental shelf. Carbonate sediments with algal reef communities, and simbiotic bearing foraminiferal species, which are common on oligotrophic shelves, dominate at the medium and outer shelf. In the coastal areas, where fine siliciclastic sediments predominate, the associations are composed mainly by heterotrophic forams with many stress tolerant species which are adapted to salinity variations and nutrients inputs. The low salinity of the production water effluents thrown through the pipes seems to influence the foraminiferal communities' composition and structure. In the same way, areas under the influence of the estuaries, which are associated to several human activities, present almost the same faunal response. The proximity of the outfall pipes with the coast hinders the distinction between natural and predominantly anthropogenic influence upon the fauna. Additional sampling and intensive monitoring certainly would provide better information for the best knowledge of foraminiferal fauna within this area.

Keywords: Rio Grande do Norte. Guamaré. Environmental monitoring. Benthic foraminifera. Bioindicators. Opportunistic species.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA POTIGUAR	18
FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO COM OS PONTOS AMOSTRAIS.....	21
FIGURA 4 – DETALHE DA ÁREA DOS EMISSÁRIOS COM A DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS	22
FIGURA 5 - COMPOSIÇÃO DA FAUNA VIVA (FV) DE FORAMINÍFEROS DA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	30
FIGURA 6 - COMPOSIÇÃO DA FAUNA VIVA (FV) DE FORAMINÍFEROS DA ÁREA DOS EMISSÁRIOS.	32
FIGURA 7 – VARIAÇÃO ESPACIAL DA DENSIDADE MÉDIA DE FORAMINÍFEROS VIVOS NA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO.....	33
FIGURA 8 – VARIAÇÃO ESPACIAL DA DENSIDADE MÉDIA DE FORAMINÍFEROS VIVOS NA ÁREA DOS EMISSÁRIOS	35
FIGURA 9 - DENDROGRAMA DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (MODO Q) COM BASE NA COMPOSIÇÃO E FREQUÊNCIA DE FORAMINÍFEROS NA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO	39
FIGURA 10 – BIOFÁCIES DE FORAMINÍFEROS NA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO COM BASE NA FAUNA VIVA	41
FIGURA 11 - DENDROGRAMA DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (MODO Q) COM BASE NA COMPOSIÇÃO E FREQUÊNCIA DE FORAMINÍFEROS NA ÁREA DOS EMISSÁRIOS	43
FIGURA 12 - BIOFÁCIES DE FORAMINÍFEROS NA ÁREA DOS EMISSÁRIOS COM BASE NA FAUNA VIVA.....	44
FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CAP REALIZADA PARA A ÁREA DE ESTUDO COM OS PARÂMETROS AMBIENTAIS E AS ESPÉCIES.....	45
FIGURA 14 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CAP REALIZADA PARA A ÁREA DE ESTUDO COM OS PARÂMETROS AMBIENTAIS E OS PONTOS AMOSTRAIS.....	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RIQUEZA ESPECÍFICA (S), DENSIDADE (N), EQUITABILIDADE (J), DOMINÂNCIA (D), ALFA DE FISHER (α) E ÍNDICE DE SHANNON (H') DA FAUNA VIVA NA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO	34
TABELA 2 - RIQUEZA ESPECÍFICA (S), DENSIDADE (N), EQUITABILIDADE (J), DOMINÂNCIA (D), ALFA DE FISHER (α) E ÍNDICE DE SHANNON (H') DA FAUNA VIVA NA ÁREA DOS EMISSÁRIOS	36
TABELA 3 - TESTE-t PARA AMOSTRAS INDEPENDENTES COM TODAS AS ESTAÇÕES DA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO E DA ÁREA DOS EMISSÁRIOS	37
TABELA 4 - TESTE-t PARA AMOSTRAS INDEPENDENTES COM TODAS AS ESTAÇÕES DA ÁREA DOS EMISSÁRIOS E AS ESTAÇÕES DA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO LOCALIZADAS EM FAIXAS BATIMÉTRICAS SEMELHANTES À ÁREA DOS EMISSÁRIOS	38
TABELA 5 - RESULTADOS DO CAP DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS X ESPÉCIES PARA A ÁREA DE ESTUDO	47
TABELA 6 - LISTA DAS ESPÉCIES CONSIDERADAS OPORTUNISTAS OU TOLERANTES AO ESTRESSE	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivos	16
1.2. Justificativa	17
2. ÁREA DE ESTUDO	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1. Metodologia em campo	22
3.2. Metodologia em laboratório	23
3.3. Tratamento dos dados	24
3.4. Caracterização hidroquímica e sedimentológica da área de estudo	26
4. RESULTADOS	29
4.1. Composição específica	29
4.1.1. Área de caracterização ambiental	29
4.1.2. Área dos emissários	31
4.2. Análises da estrutura da comunidade de foraminíferos	32
4.2.1. Densidade, riqueza, equitabilidade, diversidade e dominância	32
4.2.1.1. Área de caracterização ambiental	32
4.2.1.2. Área dos emissários	35
4.2.1.3. Comparação entre a área de caracterização e a área dos emissários	37
4.2.2. Análises de Agrupamento	38
4.2.2.1. Área de caracterização	38
4.2.2.2. Área dos emissários	41
4.3. Interações entre a fauna viva e os parâmetros ambientais	44
5. DISCUSSÃO	49
5.1. Oceanografia física	49
5.2. Oceanografia química	50
5.2.1. Nutrientes	51
5.2.2. Hidrocarbonetos	53
5.2.3. Metais pesados	55
5.3. Oceanografia geológica	57
5.4. Fauna	58
5.5. Análises da estrutura das associações de foraminíferos	67
5.5.1. Análises de agrupamento	69
5.6. Interações entre a fauna viva e os parâmetros ambientais	72
6. CONCLUSÕES	75
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	78
APÊNDICES	90

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento populacional nas zonas costeiras e as atividades que o homem exerce nessas regiões têm causado importantes modificações nos habitats marinhos marginais em todo o mundo, afetando fortemente seus ecossistemas. Entre os diversos fatores que definem o grau da importância sócio-econômica de uma região costeira destacam-se: a densidade demográfica, o potencial turístico, a presença de indústrias e a presença de reservas de recursos naturais renováveis e/ou não renováveis.

Nas últimas décadas o esforço empregado no conhecimento dos ambientes marinhos costeiros, na detecção de problemas decorrentes das atividades antrópicas, na avaliação da saúde ambiental dessas áreas e na implantação de programas de monitoramento vem aumentando substancialmente em toda a esfera global. A multidisciplinaridade é um fator muito importante na abordagem desses temas, devido às estreitas inter-relações existentes entre os fatores bióticos e abióticos inerentes ao ambiente marinho (Bonetti, 2000).

A importância de se conhecer a composição e o padrão de distribuição das associações faunísticas de uma região reside na possibilidade de utilizá-las na detecção de alterações ambientais. Anteriormente à execução de um programa de monitoramento em uma determinada área é necessário que seja feita a avaliação da qualidade ambiental, ou seja, um levantamento com o máximo de informações possível sobre o meio, visando um diagnóstico atualizado e preciso do ecossistema (Bonetti, 2000).

Além das variações naturais que ocorrem nos ambientes marinhos costeiros, como oscilações na salinidade, na temperatura, na turbidez, no aporte de nutrientes, etc., as perturbações motivadas pelas atividades humanas podem causar profundas alterações nas características naturais do meio.

A distribuição, abundância e riqueza de espécies bentônicas apresentam padrões extremamente variáveis temporal e espacialmente. Além dos fatores inerentes às comunidades, essa variabilidade é causada também por forçantes externas, particularmente pelas propriedades físico-químicas do ambiente. Entretanto a poluição e outros impactos antrópicos afetam a estabilidade das comunidades e isso pode ser detectado através de mudanças na estrutura das associações.

A fauna bentônica é bastante diversa e os vários grupos que a compõe respondem de forma singular às diferentes condições ambientais. Em ambientes sob estresse pode ocorrer redução na diversidade de espécies, como resultado da diminuição da riqueza taxonômica e aumento da dominância por poucas espécies tolerantes às novas condições ambientais (Samir; El-Din, 2001; Armynot du Châtelet *et al.*, 2004; Ferraro *et al.*, 2006).

Coull e Chandler (1992), em seu estudo sobre a resposta da meiofauna à poluição, salientam que os organismos que habitam o meiobentos têm sido popularmente utilizados como bioindicadores dos efeitos de perturbações antrópicas em ambientes aquáticos. Segundo Kennedy e Jacoby (1999), muitas pesquisas têm sido conduzidas para avaliar a resposta da meiofauna à poluição e perturbação antrópica.

Foraminíferos são organismos unicelulares, na maioria microscópicos, dotados de uma carapaça composta de uma ou mais câmaras, que envolve o protoplasma. Suas câmaras são interligadas por pequenos orifícios (forâmens) permitindo que seu citoplasma ocupe todo o interior, ou parte, da carapaça. Suas carapaças, ou tecas, são de natureza calcária, orgânica ou formadas por partículas disponíveis no ambiente que são aglutinadas por um cimento secretado pelo próprio organismo. Podem viver livres na coluna d'água (planctônicos) ou associados a diferentes tipos de substrato (bentônicos); a grande maioria dos foraminíferos atuais é bentônica, podendo ter hábito epifaunal e/ou infaunal. Existem apenas cerca de 40 a 50 espécies planctônicas (Sen Gupta, 1999a).

Os foraminíferos bentônicos, presentes na Terra há cerca de 550 milhões de anos (Langer, 1999), sofreram radiação adaptativa em todas as zonas climáticas e em todos os ambientes marinhos (Debenay *et al.*, 1996). Habitam desde áreas transicionais como estuários e lagunas até fossas abissais e toleram águas praticamente doces até hipersalinas. Suas carapaças, quando não sofrem dissolução, permanecem preservadas no sedimento mesmo após a morte do organismo, podendo ser utilizadas para estimar taxas de sedimentação (e. g. Uchio, 1960; Serandrei-Barbero, *et al.* 2006) e para reconstituição de paleoambientes (e. g. Uehara *et al.*, 2007; Canales; Henriques, 2008).

Fatores que variam de alguma forma com a profundidade, como temperatura, salinidade, pH, incidência da luz, concentração de oxigênio, tipo de substrato, concentração de carbono orgânico, disponibilidade de nutrientes e outros fatores abióticos parecem ser determinantes na distribuição desses organismos. Annin (2001) realizou um trabalho com foraminíferos como indicadores ambientais no Mar do Japão e afirmou que os principais fatores que controlam a distribuição de foraminíferos bentônicos são os parâmetros hidrológicos influenciados pela profundidade, como temperatura, salinidade, concentração de oxigênio no sedimento e conteúdo de carbono orgânico.

Foraminíferos bentônicos são particularmente sensíveis a alterações ambientais e se tornaram ferramentas muito úteis como indicadores de qualidade ambiental em vários ecossistemas marinhos (Ohkushi; Natori, 2001; Szarek, 2007). Em seu conjunto de dados biogeográficos das Américas do Norte e Central, Buzas e Culver (1991) concluíram que a diversidade de espécies de foraminíferos foi mais alta na região do Caribe e mais baixa no Ártico, apresentando valores intermediários nas médias latitudes. Ou seja, como a maioria dos organismos, esse grupo apresenta um gradiente latitudinal de diversidade com valores mais altos nas baixas latitudes.

Foraminíferos têm sido amplamente utilizados em estudos de caracterização (Disaró, 1997; Duleba *et al.*, 2004; Diz; Francés, 2008; Pascual *et al.*, 2008) e

monitoramento ambiental (Rodrigues *et al.*, 2003; Armynot du Châtelet *et al.*, 2004), efeitos de metais pesados (Alve, 1991b; Vilela *et al.*, 2004; Bergin *et al.*, 2006; Le Cadre; Debenay, 2006; Ferraro *et al.*, 2006; Frontalini; Coccioni, 2008), diversos tipos e fontes de poluição (Samir, 2000; Burone *et al.*, 2006; Jayaraju *et al.*, 2007), poluição por hidrocarbonetos (Sen Gupta *et al.*, 1997; Morvan *et al.*, 2004; Panieri, 2005), entre outros. Alve (1995) fez uma revisão de trabalhos utilizando foraminíferos como indicadores de poluição, principalmente em ambientes estuarinos e outras áreas costeiras.

Resig (1960) e Watkins (1961) foram os pioneiros em estudos sobre os efeitos da poluição em foraminíferos e a possível utilização desses organismos como indicadores. Porém, os possíveis efeitos da poluição em foraminíferos já haviam sido mencionados anteriormente (e.g. Zalesny, 1959).

Há muitas vantagens na utilização de foraminíferos bentônicos para estudos dos efeitos da poluição e monitoramento ambiental em ambientes marinhos. São organismos que apresentam uma elevada diversidade taxonômica, ampla distribuição geográfica e batimétrica e grande abundância, permitindo análises estatísticas expressivas com pouco volume de material coletado. Apresentam ciclo de vida e reprodutivo curtos e vivem em íntima relação com o sedimento, de forma que respondem rapidamente a pequenas alterações ambientais. Possuem vida relativamente sésil e são facilmente coletados e identificados. A presença de espécies oportunistas, geralmente tolerantes a fatores como o aporte de nutrientes, hipoxia e ao aporte de contaminantes e/ou a ausência de espécies sensíveis a alterações ambientais torna esses organismos uma ferramenta extremamente útil para o monitoramento ambiental de áreas sob estresse.

Alve (1991a e 1991b) acompanhou mudanças na fauna de foraminíferos associadas à poluição. A sensibilidade de algumas espécies às mudanças ambientais tem levado alguns autores a considerá-los eficientes bioindicadores, assim como as alterações na estrutura de suas comunidades também mostram que eles podem ser úteis para monitorar o ambiente (Yanko *et al.*, 1994; Annin, 2001;

Armynot du Châtelet *et al.*, 2004; Vilela *et al.*, 2004; Albani *et al.*, 2007; Bergin *et al.*, 2006). Alterações fisiológicas como deformações nas carapaças foram citadas por Yanko *et al.* (1998); Samir e El-Din (2001); Geslin *et al.* (2002); Le Cadre *et al.* (2003); Le Cadre e Debenay (2006), entre outros.

Devido às características e necessidades particulares de cada espécie, ou grupo de espécies, o emprego de foraminíferos como indicadores ambientais pode ser feito de várias formas. Muitos *taxa* suportam grandes variações de salinidade e temperatura vivendo em ambientes marinhos marginais como estuários e lagunas. Podem ocupar diferentes áreas dentro de estuários formando associações características destes locais, por isso, são amplamente utilizados na classificação desses ambientes (Disaró, 1995). Espécies que toleram salinidades extremamente baixas podem ser utilizadas para determinar a influência de águas continentais nos estuários e plataforma adjacente. Outras espécies são tipicamente marinhas e vivem somente em oceano aberto onde há pouca variação de temperatura e salinidade, podendo ser utilizadas para determinar influência oceânica em ambientes costeiros. Espécies conhecidas como tolerantes a baixas concentrações de oxigênio podem aparecer em alta abundância e dominar a fauna de foraminíferos em áreas que estejam sofrendo algum processo de hipoxia, comuns em locais eutrofizados (*e. g.* Kaminski *et al.*, 1995). Ou seja, através da análise da composição específica de uma ou mais associações podem ser feitas inferências a respeito de certas características do ambiente em questão.

Muitas espécies podem se beneficiar de certos tipos de contaminação, diretamente através do aumento na oferta nutricional (substâncias orgânicas, nutrientes, fitoplâncton, bactérias, etc.) ou indiretamente, através da redução na competição e predação (Alve, 1995). Algumas espécies podem se beneficiar direta e/ou indiretamente do aumento no aporte de matéria orgânica terrígena em ambientes marinhos marginais, através da assimilação direta dos nutrientes disponíveis nesse material ou consumindo microalgas que se proliferaram após a maior oferta de nutrientes. Espécies que realizam simbiose com microalgas são

indicadoras de ambientes oligotróficos e também podem ser utilizadas como indicadoras da saúde de ambientes recifais (Hallock, 2003).

Geralmente a diversidade de espécies é mais baixa em ambientes sob constante estresse como estuários, e maior em ambientes mais estáveis como mares profundos, enquanto a equitabilidade tende a ser maior em áreas de diversidade mais alta (Murray, 2002).

Devido à possibilidade das carapaças permanecerem preservadas no sedimento após a morte do organismo, os estudos que utilizam foraminíferos podem se basear na fauna total, sem separação de espécimes vivos e mortos, e na fauna viva, quando apenas os exemplares vivos são estudados. A importância de trabalhos de caracterização e monitoramento ambiental envolvendo a biocenose reside na possibilidade da detecção de variações sazonais ou impactos agudos no ambiente, pois esses dados representam as condições ambientais no momento amostral. Correlações entre os parâmetros ambientais e a fauna viva permitem, por exemplo, detectar a influência do aporte de nutrientes num sistema, sejam eles oriundos de processos naturais ou de atividades antrópicas, analisar a influência da profundidade, salinidade e hidrodinâmica na distribuição das associações de foraminíferos num ambiente assim como avaliar o papel da composição e granulometria dos sedimentos no comportamento desses organismos.

A plataforma continental brasileira adjacente ao Estado do Rio Grande do Norte é uma das áreas menos conhecidas no Brasil. Esta escassez de dados muito provavelmente está relacionada a pouca profundidade e à presença de obstáculos proeminentes (recifes) que dificultam a navegação (Vital *et al.*, 2005a).

Devido ao considerável aumento das atividades exploratórias de petróleo realizadas pela PETROBRAS nas últimas duas décadas, a Bacia Potiguar é atualmente a maior produtora de óleo e gás da região nordeste e a segunda maior do Brasil (em volume de óleo equivalente por dia), atrás somente da Bacia de Campos. Destaca-se por ser a maior produtora de óleo em terra do país. Essa expansão das atividades de extração e beneficiamento de óleo levou a um aumento

nas instalações e infra-estrutura de exploração, com mais poços e, conseqüentemente, mais dutos de transporte de óleo e gás, instalação de lagoas de tratamento e locais de descarte de efluentes, estações de bombeamento e de tratamento (Costa *et al.*, 2006).

As atividades de exploração de óleo e gás (perfuração, prospecção e escoamento) realizadas “*offshore*” podem representar fontes potenciais de impactos ambientais (Lacerda; Marins, 2006). Além do risco de acidentes, essas atividades podem ser fontes pontuais de hidrocarbonetos e metais pesados presentes nos fluidos de perfuração e no petróleo e de partículas em suspensão de origem pirolítica, contendo metais pesados e hidrocarbonetos (Pozebon *et al.*, 2005), principalmente os HPAs (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos). Desde 2002 a PETROBRAS vem desenvolvendo uma série de estudos para conhecer melhor a biodiversidade da região da Bacia Potiguar e para monitorar e detectar possíveis alterações decorrentes das atividades de exploração.

Este estudo está inserido no projeto “Caracterização microbiofaciológica e relações ecológicas de associações de foraminíferos em áreas de exploração e produção – plataforma continental e litoral adjacente da Bacia Potiguar”, financiado pela PETROBRAS.

1.1. Objetivos

- Complementar os estudos de levantamento das espécies de foraminíferos que ocorrem na área de estudo;
- Identificar os ambientes através da distribuição das associações de foraminíferos bentônicos vivos;
- Investigar se ocorrem espécies consideradas oportunistas e tentar identificar os fatores ambientais responsáveis pela presença e/ou aumento de suas densidades na área de estudo;
- Investigar as correlações entre a composição e estrutura das associações de foraminíferos com os parâmetros ambientais.

1.2. Justificativa

Esse estudo é parte de um projeto amplo de caracterização ambiental da Bacia Potiguar e o conhecimento da distribuição da fauna viva acompanhado de outras campanhas periódicas de amostragem deve permitir uma maior compreensão das características ambientais regionais.

A área onde se encontram os emissários submarinos da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do Pólo Petroquímico de Guamaré tem forte influência continental e em uma etapa inicial desse projeto, realizada pelo Laboratório de Micropaleontologia do Centro de Estudos do Mar - UFPR, foi difícil diferenciar os efeitos naturais da proximidade dos estuários e aqueles que por ventura pudessem ser atribuídos às atividades antrópicas resultantes da operação da ETE de Guamaré sobre a composição e distribuição dos foraminíferos. Com a inclusão de pontos mais próximos à costa e afastados da área sob influência dos emissários é possível que se possa reconhecer o limite destas influências.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar, a qual se situa no extremo leste da margem continental brasileira (Figuras 1 e 2). A Bacia Potiguar compreende uma porção emersa de 21.500 km² e outra imersa de 26.500 km², totalizando uma área de 48.000 km². Distribui-se por toda a costa do Estado do Rio Grande do Norte e em uma parte do Estado do Ceará. Ao norte a bacia estende-se até a isóbata de 2.000 metros, a leste/sudeste é limitada pela Bacia Pernambuco-Paraíba e a Bacia do Ceará define seu limite oeste/noroeste (Mohriak, 2003).

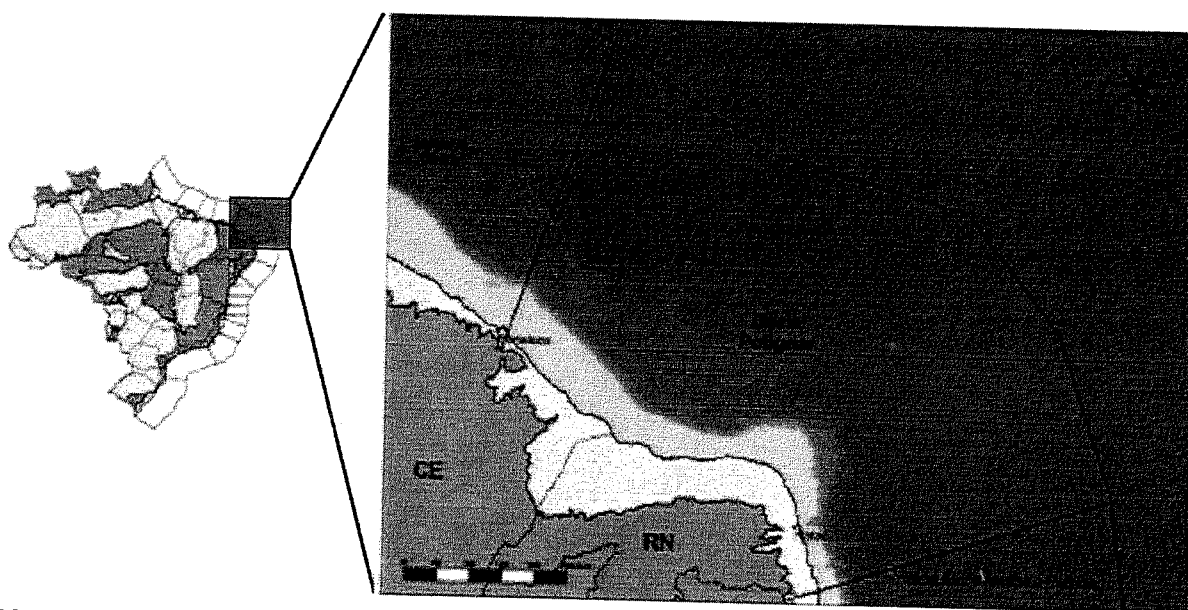


FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA POTIGUAR. FONTE:
[HTTP://WWW.ANP.GOV.BR/BRND/ROUND5/ROUND5/APRES_SEMTEC/R5_POTIGUAR.PDF](http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/apres_semtec/r5_potiguar.pdf). ACESSO EM 01/07/2008

O litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte é caracterizado pela forte insolação durante o ano todo com temperaturas elevadas que pouco variam. A temperatura média anual é de 26,8°C, com um valor mínimo de 25°C no fim do período chuvoso (junho-julho) e máximo de 28,6°C em fevereiro. De junho a janeiro ocorre um longo período seco, e de fevereiro a maio ocorre um curto período de

chuvas (Caldas *et al.*, 2006). A precipitação pluviométrica anual é inferior a 750 mm. Segundo a classificação de Köppen, o clima dessa região é classificado como seco, muito quente e semi-árido de estepe, do tipo BSw'h, fortemente influenciado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) nos meses de verão e outono. A direção preferencial do vento na região é de leste, governado principalmente pelos ventos alísios de nordeste e de sudeste que convergem na ZCIT. Próximo à costa correntes de maré e de deriva de leste predominam no sistema de correntes marítimas e as regiões mais afastadas da costa estão sob maior influência da Corrente Norte do Brasil.

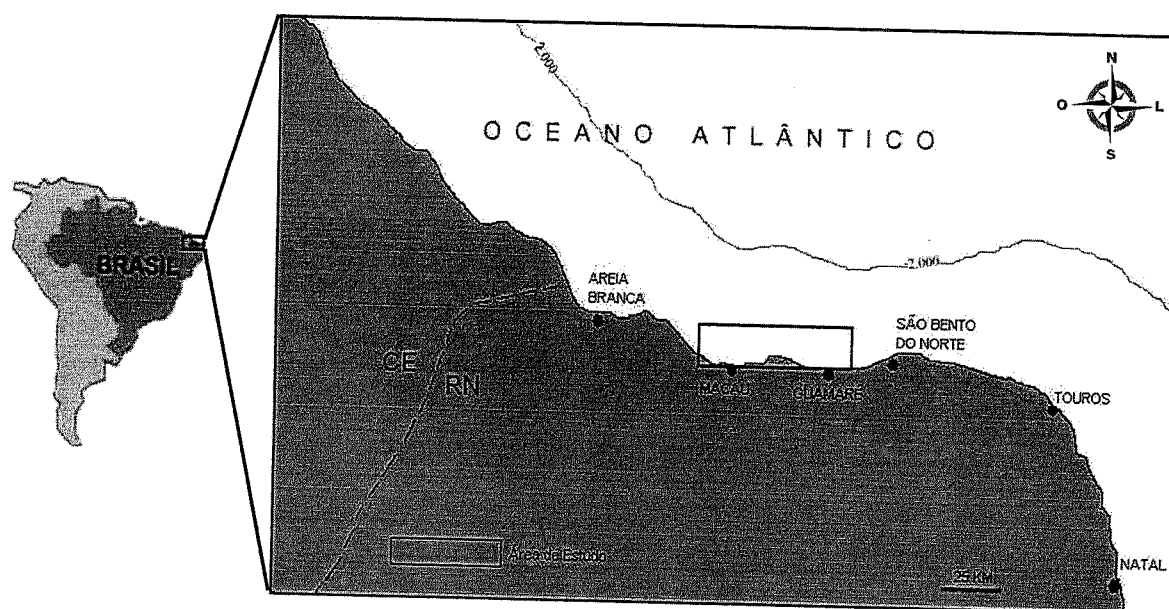


FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A plataforma da Bacia Potiguar apresenta sedimentação mista, com sistemas deposicionais siliciclásticos dominantes na porção proximal da bacia e sistemas deposicionais carbonáticos na porção distal ou borda da plataforma (Pessoa-Neto, 2003). De acordo com Vital *et al.* (2005a e 2005b) a sedimentação na plataforma continental nordeste do Brasil reflete a área fonte, clima, drenagem continental e ambiente tectônico. Devido ao clima tropical e sedimentação terrígena desprezível, essa plataforma estreita e rasa, com média de 63 km de largura e 40 m de profundidade é uma das poucas áreas do mundo onde uma plataforma estável e

aberta apresenta-se quase inteiramente coberta por sedimentos carbonáticos biogênicos, compostos principalmente por algas coralíneas recentes e os sedimentos terrígenos são relíquias na sua grande maioria. A presença de corais é inexpressiva, contrastando com outras plataformas tropicais.

A análise da morfologia e da distribuição dos diversos tipos de sedimentos da plataforma continental do nordeste mostra, segundo Coutinho¹ (1976, *apud* Vital *et al.* 2005b), uma plataforma interna limitada pela isóbata de 20 m, com relevo suave e presença de recifes, canais e ondulações que causam algumas irregularidades no fundo. Ela é pobre em carbonato de cálcio, com componentes bióticos muito retrabalhados e predomínio de areias terrígenas. A plataforma média (20 a 40 m) é formada por sedimentos grossos de origem biogênica, constituídos principalmente de talos de algas coralíneas. O teor de carbonato de cálcio é superior a 90% e os sedimentos carbonáticos não apresentam sinais de retrabalhamento. A plataforma externa apresenta um teor de carbonato de cálcio superior a 75% com sedimentos carbonáticos muito retrabalhados onde predominam as algas calcárias dos gêneros *Halimeda* e *Lithothamnium*; inicia-se a 40 m de profundidade e o fundo é coberto com areias biodetríticas, cascalhos de algas e lamas cinza-azuladas.

¹ COUTINHO, P. N., 1976. Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe. Recife. 119p. **Tese (Livre Docência)** – Universidade Federal de Pernambuco.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A malha amostral situa-se entre as coordenadas 690000-820000 e 9420000-9530000 de projeção UTM, compreendendo ao todo 69 estações distribuídas na costa setentrional do Rio Grande do Norte. Quarenta e três estações (BP01 a BP43) compõem a malha de caracterização e estão distribuídas em uma ampla área que abrange as plataformas interna, média e externa além do talude continental (Figura 3).

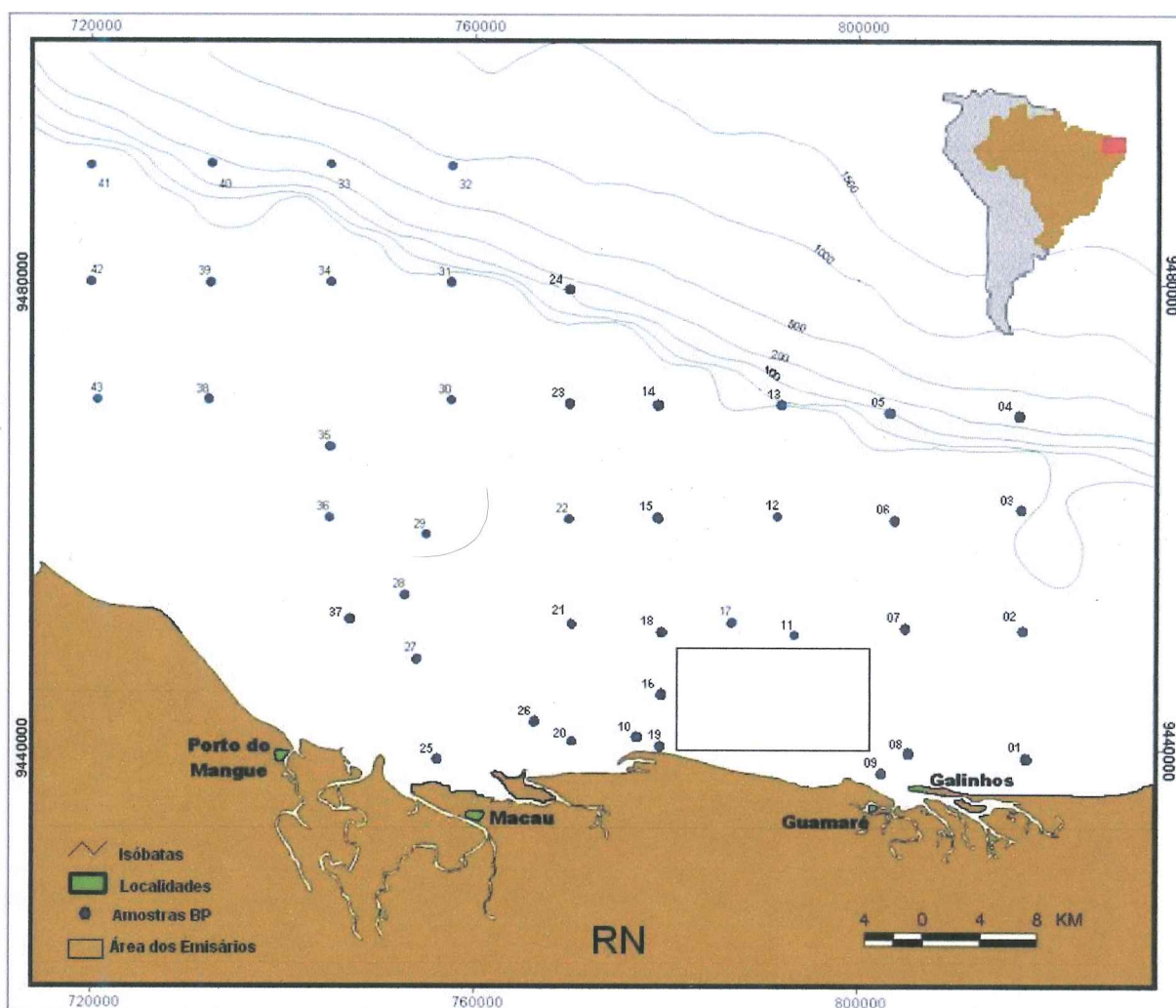


FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO COM OS PONTOS AMOSTRAIS

Vinte e seis estações (E01 a E26) completam a malha amostral distribuídas de forma mais concentrada, junto e ao redor dos difusores dos emissários submarinos de descarte de efluentes do pólo petroquímico de Guamaré (Figura 4), para o qual converge todo o óleo e gás produzido na plataforma continental do Rio Grande do Norte e grande parte da produção terrestre.

Para cada ponto foram obtidas duas réplicas, porém as amostras dos pontos E03, BP03 e BP05 são únicas e as amostras BP36a e BP37a são estéreis com relação a foraminíferos, sendo assim, para as análises biológicas desse estudo foram utilizadas 133 amostras.

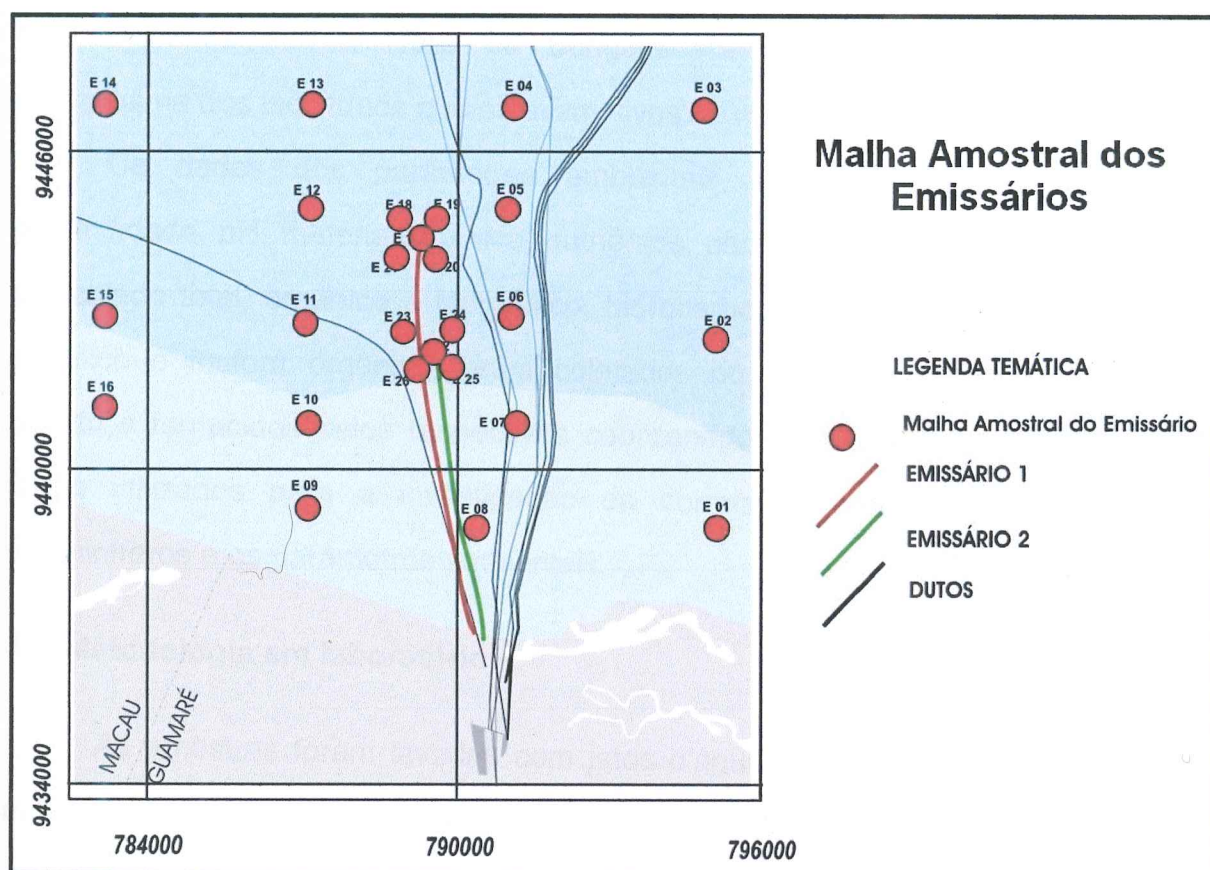


FIGURA 4 – DETALHE DA ÁREA DOS EMISSÁRIOS COM A DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS

3.1. Metodologia em campo

As coletas foram realizadas entre 12 e 30 de maio de 2003. Devido à heterogeneidade do substrato marinho na área de estudo, as amostras foram

coletadas com diferentes equipamentos. Em locais onde o substrato dificultava a penetração do pegador de fundo e as profundidades permitiam o mergulho autônomo, as amostras foram obtidas manualmente com auxílio de mergulhadores. A camada superficial do sedimento (0 - 2 cm) era retirada com auxílio de um recipiente plástico onde o material era acondicionado. Nos pontos com substrato inconsolidado e/ou em profundidades maiores que não permitiam o mergulho autônomo, o material foi coletado com pegadores do tipo "van Veen" e "box corer". Para a obtenção de material para a análise de foraminíferos utilizou-se a camada superficial do sedimento (0 - 2 cm) que era acondicionada em recipientes plásticos devidamente etiquetados e fixada com solução de formaldeído 4% neutralizado com bórax. Em seguida o Rosa de Bengala era adicionado para coloração do protoplasma dos indivíduos que estavam vivos no momento da coleta.

Os dados dos parâmetros ambientais, como salinidade, temperatura, profundidade, pH, matéria orgânica, nutrientes, carbonatos, granulometria, material particulado total, orgânico e inorgânico, hidrocarbonetos, metais pesados, carbono orgânico e fósforo orgânico foram coletados por outras equipes envolvidas no projeto e fornecidos pelos respectivos coordenadores de cada área. Esses dados foram utilizados para a investigação da correlação entre as associações de foraminíferos e os parâmetros ambientais.

3.2. Metodologia em laboratório

As amostras foram lavadas com jatos d'água em peneiras com abertura de malha de 63 μm e colocadas para secar em estufa a 60°C. De cada amostra foram retirados 20cm³ de sedimento seco para estudo dos foraminíferos. Para agilizar os trabalhos, amostras com muitas carapaças foram quarteadas (quarteador Otto Microsplit) e o total de organismos extrapolado para o volume de 20cm³.

Amostras com predomínio de sedimentos siliciclásticos foram submetidas à flotação em tricloroetileno para auxiliar na separação das carapaças. O material

flotado e todo o resíduo foram analisados sob microscópio estereoscópico. Os foraminíferos corados foram separados em lâmina para identificação e contagem.

A identificação de gêneros baseou-se em Loeblich e Tappan (1988) e para a identificação de espécies foi utilizada bibliografia específica e consulta à coleção de referência de foraminíferos do *Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia* (Buenos Aires, Argentina). A identificação a nível específico foi realizada pelas pesquisadoras Silvia Watanabe² e Violeta Totah³.

3.3. Tratamento dos dados

Para a caracterização ambiental da região foi realizado um levantamento das espécies de foraminíferos bentônicos vivos (corados com Rosa de Bengala). Para a caracterização da estrutura das associações de foraminíferos foram estimadas a densidade, diversidade, dominância e equitabilidade que foram processadas através do programa Primer versão 6.1.6. A diversidade foi expressa através da riqueza (abundância numérica), dos índices α de Fisher e "H" de Shannon.

O índice α de Fisher é freqüentemente utilizado por micropaleontólogos nos estudos de foraminíferos (e.g. Murray, 1973) e permite comparações entre amostras de tamanhos diferentes, pois se baseia no pressuposto da relação logarítmica entre o número de espécies e o número de indivíduos na amostra (Fisher *et al.*, 1943). O índice de diversidade "H" de Shannon, mais utilizado por ecólogos e zoólogos tem seu valor máximo alcançado quando todas as espécies têm iguais freqüências.

Os espécimes indeterminados foram incluídos no n amostral para cálculos de densidade. Os valores de densidade (n), diversidade (riqueza (S), alfa de Fisher (α) e "H" de Shannon (H')), dominância (D) e equitabilidade (J) das áreas de caracterização e dos emissários foram comparados entre si através do teste-t para amostras independentes no programa STATISTICA 7.0 (StatSoft, Inc. 2004).

2, 3 Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" - CONICET, Buenos Aires, Argentina

A identificação dos agrupamentos foi realizada através da análise de agrupamento (modo Q), método de Ward e distância 1 – R de Pearson, no programa STATISTICA 7.0., com base na composição e frequência absoluta das espécies. Espécies que ocorreram em apenas um ponto amostral e indeterminadas foram excluídas dessas análises. Através dos grupos identificados na análise de agrupamento foram confeccionados mapas de biofácies da área de estudo no programa Surfer 8.01 (Golden Software, Inc 2002).

Para avaliar a contribuição das espécies de foraminíferos consideradas oportunistas foi realizado um levantamento bibliográfico de trabalhos relacionados ao assunto e uma análise das correlações das espécies com os parâmetros ambientais na região. As correlações dos fatores abióticos com a ocorrência das espécies de foraminíferos vivos foram investigadas a partir da CAP (Constrained Analysis of Principal Coordinates) no programa R versão 2.8.0 (R, 2008). Segundo Anderson e Willis (2003), Legendre e Anderson (1999) e McArdle e Anderson (2001) esta análise é considerada mais apropriada para analisar a interação entre dados bióticos e ambientais, e a distância de Bray-Curtis é considerada mais adequada para matrizes biológicas que contêm muitos zeros (Legendre; Legendre, 1998).

A matriz de dados bióticos utilizada contém as espécies identificadas que ocorreram em pelo menos três amostras e frequência relativa superior a 1,5% e foi transformada por $\log(x+1)$. Essa transformação aproxima os dados da distribuição normal e minimiza a importância das espécies mais abundantes. A CAP foi realizada com os dados abióticos padronizados devido às diferentes escalas de suas variáveis e matriz de similaridade de Bray-Curtis. Para testar sua significância foi realizado um teste de permutação com o máximo de 999 permutações. Para verificar se havia colinearidade entre os parâmetros ambientais foi realizada uma análise de correlação entre essas variáveis no programa STATISTICA 7.0.

3.4. Caracterização hidroquímica e sedimentológica da área de estudo

Os dados dos parâmetros físicos foram gerados e fornecidos pelo Laboratório de Oceanografia Física Estuarina e Costeira (LOFEC) do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco. Na área de caracterização ambiental a profundidade variou de 2 metros no ponto BP20 a 907 metros no ponto BP32. Próximo ao fundo a salinidade média foi de 36,04; a mais baixa foi no ponto BP32 (33,9) e no ponto BP25 apresentou o valor mais alto (36,88). A temperatura de fundo apresentou uma média de 26,48 °C com valor mínimo na estação BP32 (5,2 °C) e máximo na estação BP03 (28,8 °C).

Na área dos emissários a profundidade mínima e máxima foram 3 metros (E08) e 9,8 metros (E20) respectivamente. A salinidade próxima ao fundo apresentou-se bem homogênea, com máxima de 37,0 no ponto E09, média de 36,43 e mínima de 36,12 no ponto E03. A temperatura média de fundo foi de 27,43°C com máxima de 27,61°C nas estações E03 e E05 e mínima de 27,21°C na estação E16.

A profundidade do disco de Secchi (D_{Secchi}) indicou menor penetração de radiação solar nos pontos próximos à costa, com valor mínimo de 1,6m na estação BP25. Na maioria das estações a profundidade da camada eufótica (Z_{euf}) calculada a partir dos valores de D_{Secchi} foram superiores à profundidade local. Assim, nesses pontos considerou-se a profundidade da camada eufótica igual à profundidade da lâmina d'água local (Z_{euf} = D).

Os dados dos parâmetros químicos foram fornecidos pelo Laboratório de Oceanografia Química do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (DOCEAN/UFPE). No apêndice 1 encontra-se a tabela com os valores mínimos, máximos e as médias de pH, das concentrações de oxigênio dissolvido (OD), material particulado total (MPT), material particulado orgânico (MPO), material particulado inorgânico (MPI), clorofila-a, carbono orgânico (C_{org}), fósforo orgânico (P_{org}), amônia (NH₄), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), silicato (SiO₄) e ortofosfato (PO₄).

A tabela com os valores mínimos, máximos e as médias dos n-alcanos, alifáticos totais resolvidos, mistura complexa não resolvida (MCNR), alifáticos totais e 16 HPAs encontra-se no apêndice 2. Esses dados foram gerados e fornecidos pelo Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais (LABMAM) do Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e pelo Laboratório de Geoquímica Orgânica Marinha (LaGOM) da Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

A tabela com as concentrações, mínimas, máximas e médias dos metais pesados analisados encontra-se no apêndice 3. Esses dados foram gerados e fornecidos pelo Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará.

Os dados dos parâmetros geológicos foram gerados e fornecidos pelo Laboratório de Estudos Ambientais do Museu Câmara Cascudo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental do DG/PPGG/UFRN.

Na área de caracterização predominam sedimentos bioclásticos compostos principalmente por algas calcárias. Nas estações mais profundas os foraminíferos planctônicos são importantes constituintes do sedimento. Predominam areias siliciclásticas e siliciobioclásticas na plataforma interna, e próximo à costa dominam as areias siliciclásticas, principalmente na isóbata dos 10 metros. Na plataforma média e externa predominam areias bioclásticas e algumas estações apresentam areias biolitoclásticas.

Na área dos emissários predominam as areias siliciclásticas finas nas estações próximas à costa e areias siliciclásticas médias em alguns pontos mais externos. Nas estações próximas e ao redor dos difusores dos emissários submarinos do Pólo Petroquímico de Guamaré predominam areias siliciobioclásticas médias e com grânulos. O teor de carbonato foi, em média, inferior a 30%, as maiores concentrações de carbonato ocorrem na porção central externa dessa área e os mais baixos valores foram encontrados nas estações próximas à costa. Há

predomínio de areias finas próximo à linha de costa, com areias médias na plataforma e as areias grossas e muito grossas distribuem-se preferencialmente na parte central dessa área.

4. RESULTADOS

4.1. Composição específica

Foram encontradas 292 espécies de foraminíferos vivos pertencentes a 100 gêneros (Apêndice 5). Dos 25.842 indivíduos analisados, foram determinadas 277 espécies e 15 ficaram identificadas em nível de gênero. As espécies identificadas encontram-se listadas no apêndice 5. Não foram encontradas muitas carapaças com deformações nos foraminíferos vivos analisados.

4.1.1. Área de caracterização ambiental

Na área de caracterização foram encontrados 18.718 foraminíferos vivos durante o período amostral, pertencentes a 100 gêneros e 289 espécies. A figura 5 mostra as espécies mais abundantes dessa área.

Duas espécies calcário-hialinas, *Ammonia tepida* e *Ammonia parkinsoniana*, apresentaram as frequências mais altas (15,47% e 12,58% respectivamente), representando mais de 28% do total de foraminíferos vivos, ocorrendo em 58,14% e 69,77% dos pontos amostrais, respectivamente. Dentre as dezenove espécies mais abundantes, quatorze pertencem à subordem Rotaliina, três à Miliolina e duas à Textulariina.

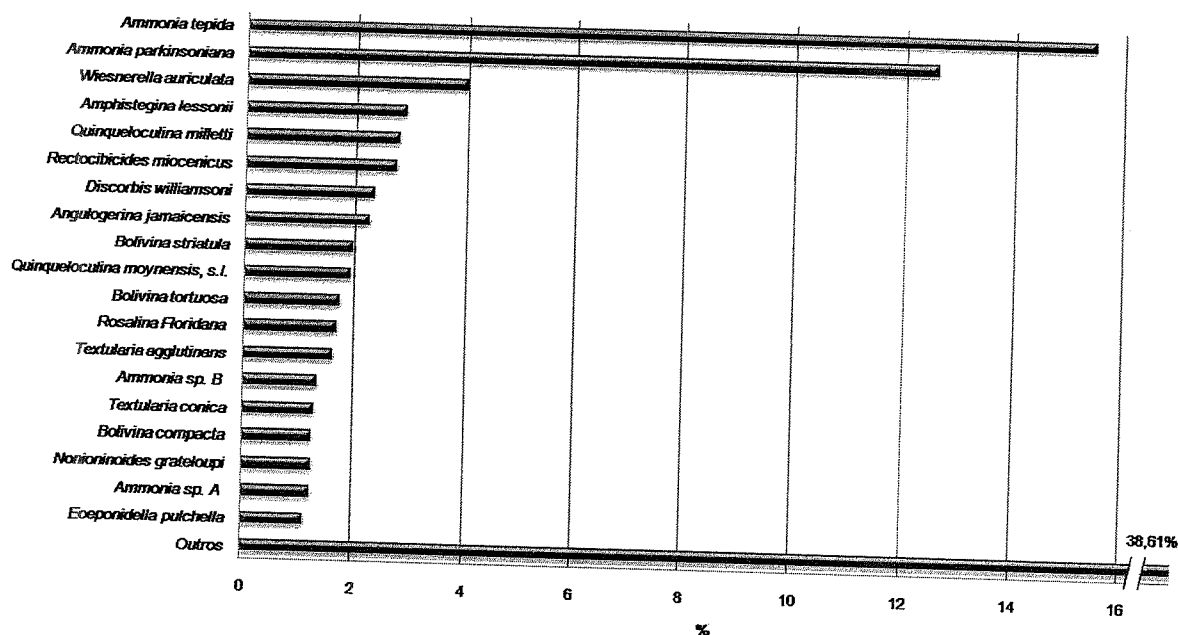


FIGURA 5 - COMPOSIÇÃO DA FAUNA VIVA (FV) DE FORAMINÍFEROS DA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL. ESTÃO REPRESENTADAS ESPÉCIES QUE APRESENTARAM FREQUÊNCIA RELATIVA SUPERIOR A 1%, AS DEMAIS ESPÉCIES ESTÃO AGRUPADAS COMO "OUTROS"

Entre as espécies agrupadas como "outros", os gêneros mais abundantes foram *Quinqueloculina* (exceto *Q. milletti* e *Q. moynensis, s.l.*) com 4,76%, *Discorbis* (exceto *D. williamsoni*) com 3,96% e *Trochammina* com 3,15%, entre outros. *Buliminella*, *Laevipeneroplis*, *Textularia* (exceto *T. conica* e *T. agglutinans*) e *Triloculina* representaram entre 1% e 2% do total da biocenose de foraminíferos.

A área da plataforma interna e região costeira, sob influência siliciclástica, apresentam as menores profundidades, maiores concentrações de material em suspensão, maior aporte continental de nutrientes e maiores flutuações na salinidade. Caracterizam-se por associações compostas principalmente por pequenos rotalídeos (*Ammonia*, *Bolivina*, *Buliminella* e *Discorbis*), miliolídeos (*Quinqueloculina* e *Wiesnerella*) e textularídeos (*Trochammina*). A presença de macroforaminíferos é inexpressiva nesta área.

Na área da plataforma média e externa há um ambiente de transição siliciclasto-carbonático com influência continental e marinha na porção média, e características de ambientes oligotróficos com maior transparência da água e

sedimentos tipicamente carbonáticos na porção externa. Os rotalídeos mais freqüentes na porção média foram *Ammonia*, *Amphistegina*, *Rectocibicides* e *Discorbis*, assim como os textularídeos *Textularia* e *Trochammina*.

Na porção externa da plataforma as associações de foraminíferos foram compostas predominantemente por gêneros de macroforaminíferos que realizam simbiose com algas como *Amphistegina*, assim como textularídeos do gênero *Textularia*. A presença de *Ammonia* é inexpressiva e *Amphistegina lessoni* e *Angulogerina jamaicensis* são as espécies mais freqüentes. *Bolivina tortuosa*, *Discorbis williamsoni*, *Laevipeneroplis proteus*, *Loxostomum limbatum*, *Nonionella auricula*, *Quinqueloculina auberiana*, *Textularia candeiana* e *Textularia conica* também apresentaram altas freqüências.

4.1.2. Área dos emissários

Foram encontrados 7.124 foraminíferos vivos pertencentes a 131 espécies e 40 gêneros. As espécies mais abundantes dessa área encontram-se na figura 6.

As duas espécies mais abundantes, *Ammonia parkinsoniana* com 29,58% e *A. tepida* com 24,47%, representaram juntas mais de 54% da biocenose de foraminíferos, ocorrendo em 92,31% e 88,46% dos pontos amostrais, respectivamente. Dentre as onze espécies mais abundantes, oito pertencem à subordem Rotaliina, uma à subordem Miliolina e duas à subordem Textulariina.

Entre as espécies agrupadas como "outros" os gêneros mais abundantes foram *Discorbis* (exceto *D. williamsoni*), representando 3,32% do total de foraminíferos vivos, *Quinqueloculina* (exceto *Q. moynensis*, s.l.) com 3,26%, *Trochammina* com 1,73% e *Bolivina* com 1,29%, dentre outros.

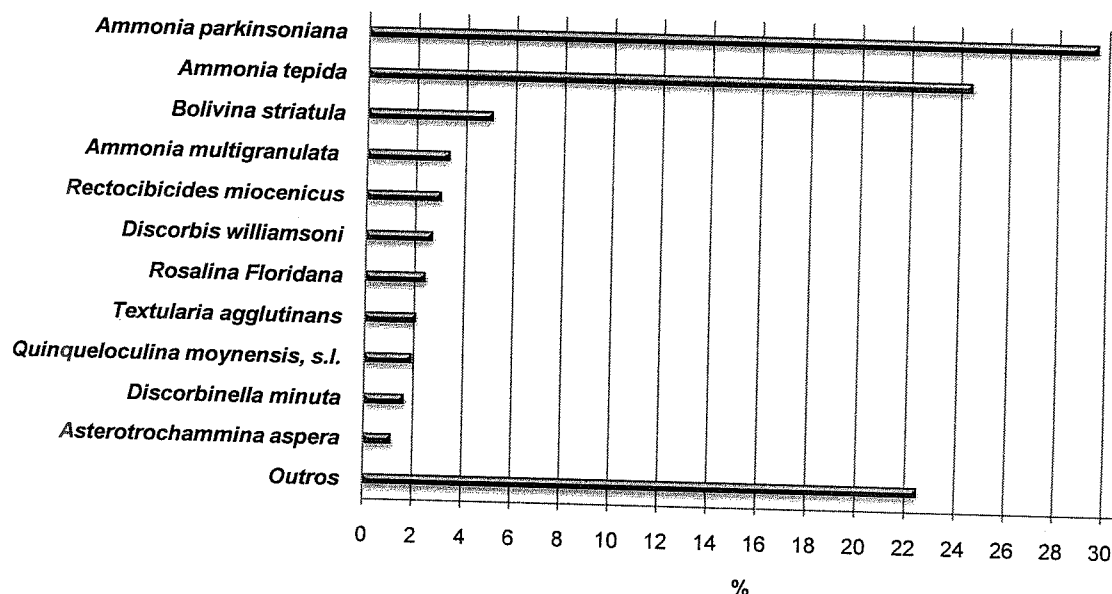


FIGURA 6 - COMPOSIÇÃO DA FAUNA VIVA (FV) DE FORAMINÍFEROS DA ÁREA DOS EMISSÁRIOS. ESTÃO REPRESENTADAS ESPÉCIES QUE APRESENTARAM FREQUÊNCIA RELATIVA SUPERIOR A 1%, AS DEMAIS ESPÉCIES ESTÃO AGRUPADAS COMO "OUTROS"

As estações E17 e E19 próximas à saída do emissário 1 e as estações E22 e E26 próximas ao emissário 2 apresentaram altas densidades, principalmente de *Ammonia parkinsoniana* e *A. tepida*.

4.2. Análises da estrutura da comunidade de Foraminíferos

4.2.1. Densidade, riqueza, equitabilidade, diversidade e dominância

4.2.1.1. Área de caracterização ambiental

A dominância variou de 0,04 (BP03a) a 0,50 (BP21a) e a equitabilidade de 0,35 (BP8a) a 0,98 (BP16a e BP37c). A riqueza variou de 2 (BP34c) a 74 espécies (BP14c), o índice α de Fisher variou de 1,75 (BP25a) a 34,58 (BP16a) e o índice de Shannon de 0,64 (BP34c) a 3,71 (BP03a). Todos os valores, por réplicas, encontram-se na tabela 1. A figura 7 mostra a variação espacial da densidade na área de caracterização ambiental.



FIGURA 7 – VARIAÇÃO ESPACIAL DA DENSIDADE MÉDIA DE FORAMINÍFEROS VIVOS NA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO

TABELA 1 - RIQUEZA ESPECÍFICA (S), DENSIDADE (N), EQUITABILIDADE (J), DOMINÂNCIA (D), ALFA DE FISHER (α) E ÍNDICE DE SHANNON (H') DA FAUNA VIVA NA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO

Amostra	S	n	J	D	α	H'
BP01A	19	48	0,78	0,18	11,62	2,29
BP01C	20	38	0,97	0,06	-	2,90
BP02A	42	230	0,76	0,10	15,05	2,83
BP02B	44	314	0,76	0,10	13,93	2,89
BP03A	68	497	0,88	0,04	21,30	3,71
BP04A	17	136	0,91	0,10	5,13	2,59
BP04B	12	92	0,90	0,13	3,68	2,24
BP05A	21	46	0,89	0,10	14,93	2,70
BP06A	24	127	0,82	0,13	8,77	2,61
BP06B	14	55	0,89	0,12	6,09	2,34
BP07A	43	154	0,87	0,06	19,75	3,28
BP07B	40	215	0,79	0,10	14,48	2,92
BP08A	26	3686	0,35	0,42	3,78	1,13
BP08B	23	226	0,50	0,37	6,40	1,57
BP09A	25	301	0,68	0,17	6,48	2,18
BP09B	43	596	0,70	0,12	10,63	2,62
BP10A	32	282	0,67	0,17	9,29	2,33
BP10C	13	208	0,65	0,28	3,07	1,67
BP11B	17	47	0,91	0,10	9,57	2,56
BP11C	20	34	0,91	0,09	-	2,73
BP12B	16	36	0,90	0,11	-	2,49
BP12C	30	116	0,93	0,05	13,09	3,17
BP13A	25	90	0,95	0,05	11,51	3,06
BP13B	46	413	0,80	0,08	13,25	3,06
BP14B	40	153	0,88	0,06	17,63	3,25
BP14C	74	825	0,77	0,07	19,69	3,30
BP15B	27	86	0,93	0,06	13,50	3,05
BP15C	37	279	0,72	0,18	11,44	2,60
BP16A	21	29	0,98	0,06	-	2,97
BP16C	29	77	0,85	0,09	16,92	2,86
BP17B	16	64	0,92	0,09	6,85	2,54
BP17C	28	61	0,91	0,07	20,04	3,04
BP18A	37	192	0,79	0,12	13,64	2,84
BP18C	28	93	0,84	0,11	13,60	2,79
BP19B	27	114	0,75	0,16	11,19	2,48
BP19C	17	218	0,90	0,10	4,31	2,54
BP20A	23	188	0,67	0,21	6,88	2,11
BP20B	20	212	0,82	0,12	5,42	2,46
BP21A	7	65	0,59	0,50	1,99	1,15
BP21B	23	164	0,74	0,22	7,28	2,31

continuação TABELA 1

Amostra	S	n	J	D	α	H
BP22B	22	61	0,87	0,10	12,35	2,68
BP22C	25	48	0,92	0,07	-	2,97
BP23A	30	156	0,81	0,14	11,06	2,74
BP23C	40	240	0,87	0,06	13,71	3,21
BP24B	34	173	0,83	0,10	12,65	2,92
BP24C	39	149	0,80	0,10	17,19	2,94
BP25A	5	29	0,88	0,28	-	1,42
BP25B	33	170	0,81	0,10	12,21	2,84
BP26B	21	100	0,74	0,21	8,11	2,24
BP26C	20	99	0,79	0,14	7,56	2,38
BP27B	25	320	0,93	0,07	6,35	3,00
BP27C	21	1888	0,89	0,09	3,31	2,71
BP28B	16	1344	0,86	0,13	2,55	2,39
BP28C	28	1016	0,93	0,06	5,33	3,10
BP29B	27	86	0,91	0,07	13,53	2,99
BP29C	20	56	0,93	0,08	11,13	2,77
BP30B	7	9	0,97	0,16	-	1,89
BP30C	17	33	0,95	0,08	-	2,70
BP31B	40	188	0,85	0,06	15,55	3,15
BP31C	29	68	0,94	0,05	19,12	3,18
BP32B	22	140	0,95	0,06	7,33	2,94
BP32C	29	188	0,94	0,05	9,58	3,17
BP33B	7	33	0,46	0,63	-	0,89
BP33C	18	26	0,94	0,08	-	2,72
BP34B	10	13	0,96	0,12	-	2,21
BP34C	2	3	0,92	0,56	-	0,64
BP35B	30	86	0,88	0,07	16,36	3,00
BP35C	16	21	0,96	0,08	-	2,65
BP36C	22	63	0,82	0,13	12,01	2,52
BP37C	7	8	0,98	0,16	-	1,91
BP38B	29	102	0,85	0,10	13,52	2,86
BP38C	15	24	0,85	0,17	-	2,30
BP39A	10	12	0,98	0,11	-	2,25
BP39C	47	240	0,81	0,08	17,47	3,13
BP40B	26	85	0,84	0,09	12,78	2,74
BP40C	24	123	0,83	0,10	8,90	2,64
BP41B	42	103	0,87	0,07	26,45	3,26
BP41C	15	184	0,95	0,09	3,86	2,57
BP42A	12	28	0,90	0,14	-	2,22
BP42C	14	30	0,91	0,12	-	2,41
BP43B	19	28	0,95	0,07	-	2,80
BP43C	35	139	0,87	0,06	15,05	3,11

NOTA - não foi calculado α de Fisher para amostras com n menor que 40.

4.2.1.2. Área dos emissários

A figura 8 mostra a variação espacial da densidade na área dos emissários. A dominância variou de 0,06 (E11b) a 0,71 (E04c) e a eqüitabilidade de 0,36 (E04c) a 0,97 (E10c). A riqueza variou de 3 espécies (E2b) a 50 (E17c), o índice α de Fisher variou de 2,1 (E04c) a 22,62 (E11b) e o índice se Shannon de 0,71 (E04c) a 3,04 (E11b). Todos os valores, por réplicas, encontram-se na tabela 2.

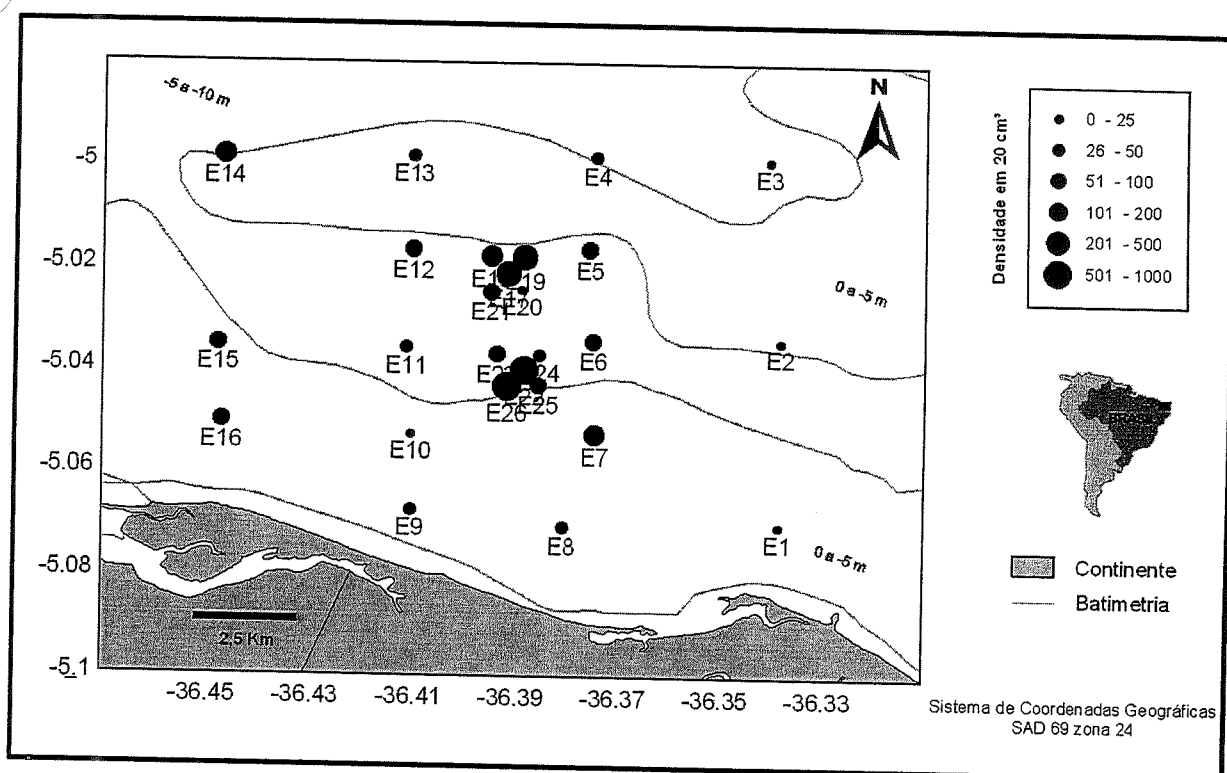


FIGURA 8 – VARIAÇÃO ESPACIAL DA DENSIDADE MÉDIA DE FORAMINÍFEROS VIVOS NA ÁREA DOS EMISSÁRIOS

TABELA 2 - RIQUEZA ESPECÍFICA (S), DENSIDADE (N), EQUITABILIDADE (J), DOMINÂNCIA (D), ALFA DE FISHER (α) E ÍNDICE DE SHANNON (H') DA FAUNA VIVA NA ÁREA DOS EMISSÁRIOS

Amostra	S	n	J	D	α	H'
E01B	5	11	0,94	0,24	-	1,52
E01C	13	35	0,79	0,21	-	2,03
E02B	3	5	0,87	0,44	-	0,95
E02C	4	7	0,83	0,39	-	1,15
E03C	5	11	0,86	0,29	-	1,39
E04B	8	38	0,58	0,48	-	1,21
E04C	7	57	0,36	0,71	2,10	0,71
E05B	20	125	0,84	0,11	6,72	2,53
E05C	21	68	0,88	0,09	10,39	2,67
E06B	20	76	0,81	0,15	8,85	2,43
E06C	17	35	0,88	0,12	-	2,49
E07B	16	47	0,85	0,14	8,55	2,35
E07C	37	221	0,68	0,18	12,71	2,44
E08B	7	22	0,80	0,26	-	1,57
E08C	14	63	0,87	0,13	5,58	2,28
E09B	7	32	0,65	0,43	-	1,26
E09C	20	68	0,76	0,17	9,55	2,27
E10B	9	34	0,74	0,26	-	1,63
E10C	5	6	0,97	0,22	-	1,56
E11B	27	52	0,92	0,06	22,62	3,04
E11C	13	28	0,90	0,13	-	2,31
E12B	15	52	0,86	0,13	7,06	2,32
E12C	22	105	0,78	0,15	8,48	2,40
E13B	16	24	0,96	0,08	-	2,65
E13C	17	34	0,85	0,14	-	2,41

continuação TABELA 2

Amostra	S	n	J	D	α	H
E14B	28	141	0,81	0,10	10,48	2,72
E14C	27	110	0,81	0,11	11,42	2,67
E15B	20	94	0,64	0,26	7,78	1,92
E15C	20	72	0,79	0,15	9,17	2,38
E16B	24	109	0,74	0,16	9,52	2,34
E16C	15	54	0,72	0,23	6,88	1,95
E17B	34	190	0,77	0,11	12,06	2,73
E17C	50	445	0,80	0,07	14,46	3,13
E18B	33	162	0,79	0,11	12,53	2,75
E18C	21	211	0,56	0,26	5,80	1,71
E19B	14	52	0,69	0,26	6,29	1,82
E19C	29	563	0,52	0,31	6,48	1,77
E20B	11	24	0,85	0,17	-	2,05
E20C	9	14	0,96	0,13	-	2,11
E21B	27	135	0,71	0,18	10,15	2,34
E21C	17	55	0,81	0,15	8,42	2,30
E22B	39	918	0,54	0,26	8,26	1,96
E22C	39	932	0,53	0,26	8,23	1,93
E23B	20	59	0,82	0,14	10,65	2,46
E23C	27	134	0,80	0,12	10,19	2,65
E24B	17	35	0,92	0,09	-	2,62
E24C	17	39	0,91	0,09	-	2,58
E25B	14	97	0,57	0,40	4,49	1,49
E25C	20	86	0,65	0,25	8,19	1,94
E26A	30	685	0,49	0,29	6,41	1,68
E26B	39	452	0,49	0,31	10,24	1,81

NOTA - não foi calculado α de Fisher para amostras com n menor que 40.

4.2.1.3. Comparação entre a área de caracterização e a área dos emissários

De acordo com o teste-t, apenas a densidade não foi significativamente diferente entre as duas áreas ($p > 0,05$) (Tabela 3).

TABELA 3 - TESTE-t PARA AMOSTRAS INDEPENDENTES COM TODAS AS ESTAÇÕES DA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO E DA ÁREA DOS EMISSÁRIOS

Comparação (BP x E)	Média BP	Média E	t	GL	p	N de BP	N de E	SD BP	SD E
Dominância (D)	0,130007	0,209342	-3,88570	131	0,000161*	82	51	0,107578	0,124875
Equitabilidade (J)	0,842482	0,763245	3,492869	131	0,000652*	82	51	0,117444	0,141601
Diversidade Alfa (α)	12,60530	8,935083	3,329647	125	0,001143*	79	48	6,924895	4,111275
Shannon (H)	2,600451	2,104694	5,042455	131	0,000001*	82	51	0,557963	0,540350
Riqueza específica (S)	25,41463	19,39216	2,823223	131	0,005497*	82	51	12,73466	10,59071
Densidade (n)	228,2655	139,6863	1,243591	131	0,215871	82	51	479,7822	212,2686

*Variâncias significativas ($p < 0,05$)

GL = Grau de Liberdade; SD = Desvio-Padrão; N = Número de Amostras da Análise
BP (área de caracterização); E (área dos emissários)

Os índices de equitabilidade, diversidade (α de Fisher, H' de Shannon), riqueza específica e a densidade foram significativamente maiores na área de caracterização. A dominância foi maior na área dos emissários submarinos devido principalmente à presença de espécies calcário-hialinas como *Ammonia parkinsoniana*, *A. tepida*, outros pequenos rotalídeos e pequenos miliolídeos.

Foi realizado um teste-t entre as estações da área dos emissários e as estações da área de caracterização localizadas em faixas batimétricas semelhantes à área dos emissários (Tabela 4). As estações do cânion do Rio Açu foram excluídas dessa análise, pois localizam-se em faixas batimétricas mais profundas e possuem características sedimentológicas diferentes daquelas das regiões adjacentes.

Nesse teste, a riqueza específica e os índices de diversidade α de Fisher e H' de Shannon foram significativamente diferentes entre as duas áreas. Dominância, equitabilidade e densidade não apresentaram diferenças significativas. Mesmo com a exclusão das estações da plataforma externa e do talude, a área de caracterização apresentou maior diversidade devido, provavelmente, a maior área amostrada, contemplando diferentes ambientes.

TABELA 4 – TESTE-t PARA AMOSTRAS INDEPENDENTES COM TODAS AS ESTAÇÕES DA ÁREA DOS EMISSÁRIOS E AS ESTAÇÕES DA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO LOCALIZADAS EM FAIXAS BATIMÉTRICAS SEMELHANTES À ÁREA DOS EMISSÁRIOS

Comparação (BP x E)	Média BP	Média E	t	GL	p	N de BP	N de E	SD BP	SD E
Dominância (D)	0,161873	0,209342	-1,75544	80	0,083012	31	51	0,107730	0,124875
Equitabilidade (J)	0,781842	0,763245	0,578685	80	0,564427	31	51	0,140286	0,141601
Diversidade Alfa (α)	11,63235	8,935083	2,198725	80	0,030786*	31	51	7,384536	4,111275
Shannon (H)	2,411581	2,104694	2,469055	80	0,015677*	31	51	0,554674	0,540350
Riqueza específica (S)	24,80645	19,39216	2,240557	80	0,027828*	31	51	10,64399	10,59071
Densidade (n)	266,5161	139,6863	1,296204	80	0,198632	31	51	645,8717	212,2686

* Variâncias significativas ($p < 0,05$)

GL = Grau de Liberdade; SD = Desvio-Padrão; N = Número de Amostras da Análise

BP (área de caracterização); E (área dos emissários)

Estações BP nessa análise: BP01, BP02, BP07, BP08, BP09, BP10, BP11, BP16, BP17, BP18, BP19, BP20, BP21, BP25, BP26 e BP37

4.2.2. Análises de Agrupamento

Para o conhecimento dos principais grupos da fauna viva de foraminíferos que caracterizam a área de estudo foram feitas as análises de agrupamento e gerados dendrogramas com base na composição específica e na frequência das espécies da área de caracterização e da área dos emissários.

4.2.2.1. Área de Caracterização

Na área de caracterização a análise de agrupamento mostra a formação de sete agrupamentos no nível de corte 1,4 (Figura 11).

Agrupamento I - Carbonático/Recifal. Reúne estações entre 16,4 e 65,8m de profundidade, com sedimentos predominantemente de fração grossa e cascalhos, principalmente de origem bioclástica. *Amphistegina lessonii* ocorre em todas as estações representando 12,4% da fauna viva de foraminíferos desse agrupamento. Os rotalídeos, representados principalmente pelos gêneros *Amphistegina*, *Angulogerina*, *Bolivina*, *Cibicides*, *Discorbis* e *Elphidium* somaram mais de 56% da biocenose. *Pyrgo*, *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Textularia* e *Trochammina*, também são importantes constituintes desse agrupamento.

Agrupamento II – Cânion/Costeiro. Reúne as estações do paleocânion do Rio Açu, duas estações da plataforma média e estações costeiras sob forte

influência continental localizadas nas saídas de estuários. A estação BP08 foi a que apresentou a maior densidade em toda a área de estudo. *Ammonia parkinsoniana* e *A. tepida* ocorrem em todas as estações, são espécies infaunais características de ambientes costeiros e somaram mais de 52% da fauna viva. Mais de 75% da biocenose de foraminíferos desse agrupamento é composta por espécies calcáreo-hialinas. *Bolivina*, *Buliminella*, *Discorbis* e *Quinqueloculina*, são gêneros importantes nesse agrupamento, assim como *Wiesnerella auriculata*.

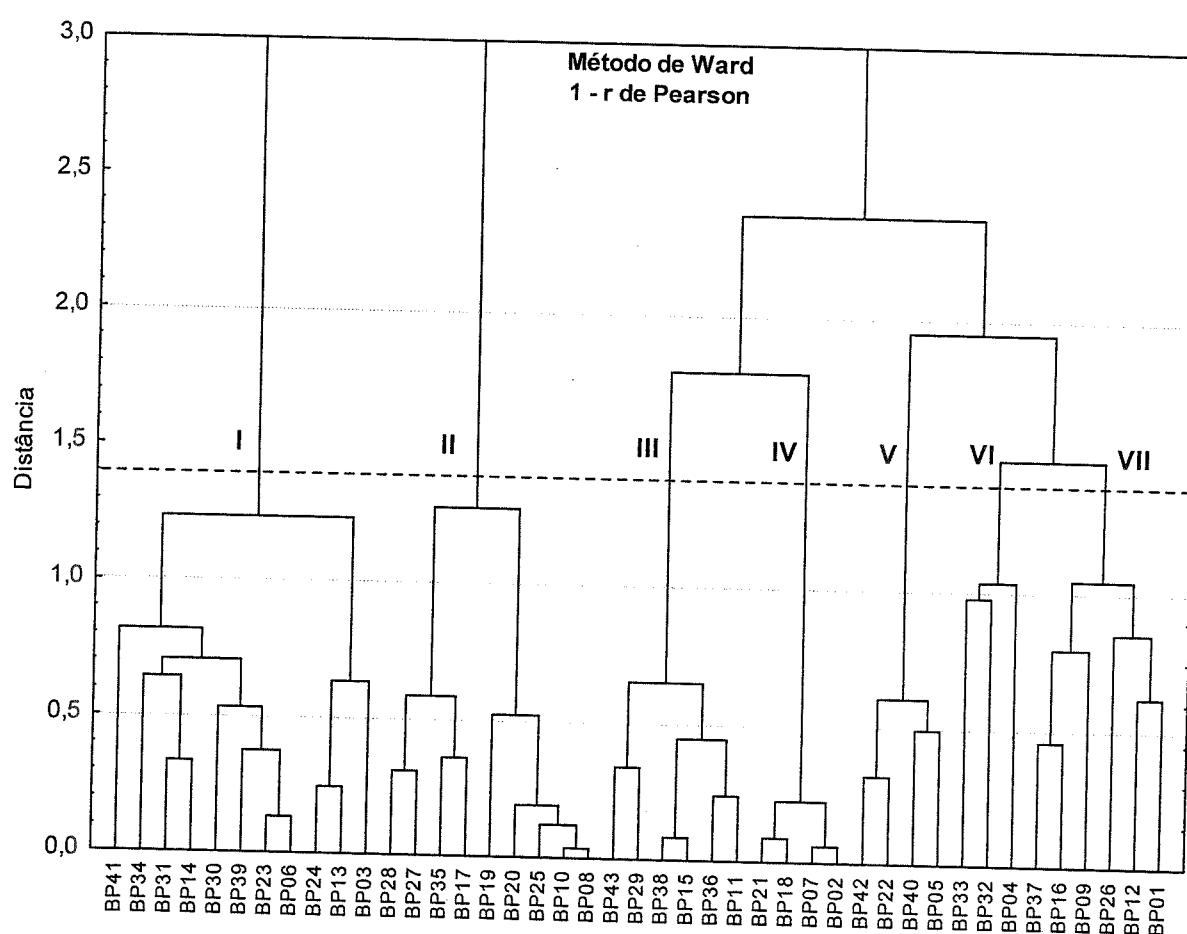


FIGURA 9 - DENDROGRAMA DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (MODO Q) COM BASE NA COMPOSIÇÃO E FREQUÊNCIA DE FORAMINÍFEROS NA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO

Agrupamento III – Transicional/Carbonático. Agrupamento com estações da plataforma média localizadas entre 5 e 10m, sob influência continental e carbonática com predomínio de sedimentos grossos de origem litobioclástica e biolitoclástica. Rotalídeos somam mais de 53% da fauna viva desse agrupamento, porém a espécie

Textularia agglutinans representa 22%. Além dessa, *Rosalina floridana*, *D. williamsoni*, *Quinqueloculina moynensis*, s.l. e *Rectocibicides miocenicus* ocorrem em todas as estações.

Agrupamento IV – Transicional. Mais de 70% da fauna viva é composta por espécies calcário-hialinas. *R. miocenicus* representa 29,27% e ocorre em todos os pontos assim como *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *Rosalina floridana*, *D. williamsoni*, *Quinqueloculina alabamensis*, s.l., *Rotaliammina siphonata*, *Asterotrochammina aspera* e *Wiesnerella auriculata*. Nesse agrupamento estão estações localizadas na isóbata dos 10m, sob influência do ambiente carbonático e costeiro.

Agrupamento V – Plataforma carbonática. Reúne estações localizadas na plataforma média e externa, com profundidades de 10,9 a 81,7m. Predominam sedimentos bioclásticos e também aparecem sedimentos siliciclásticos. *Nonioninoides grateloupii* ocorreu em todos os pontos representando 18,75% da fauna viva total desse agrupamento, *Angulogerina jamaicensis* também ocorre em todos os pontos.

Agrupamento VI – Talude. Agrupamento que reúne as três estações do talude continental, com profundidades entre 307 e 907m. Predominam sedimentos muito finos com areias biolitoclásticas compostas principalmente por foraminíferos plantônicos. Apenas *Planulina ariminensis* ocorreu em todas as estações, porém em baixa densidade. Das 75 espécies que compõe esse agrupamento, 85,33% ocorrem vivas em apenas uma estação.

Agrupamento VII – Costeiro/Transicional. Reúne estações próximas à costa com muito material em suspensão e grande influência continental; algumas localizadas na área transicional siliclasto/carbonática. Dominam sedimentos com frações finas e areias siliciclásticas. Apenas *Ammonia parkinsoniana* ocorre em todos os pontos. Rotalídeos e textularídeos constituem os mais importantes grupos, somando respectivamente 49,64 e 33,65%. *Eoeponidella pulchella* e *Trochammina* spp. ocorrem em alta densidade representando, respectivamente, 10,82 e 9,1% da fauna viva..

Com base nos agrupamentos resultantes do dendrograma foi gerado o mapa de biofácies da área de caracterização ambiental (Figura 12).

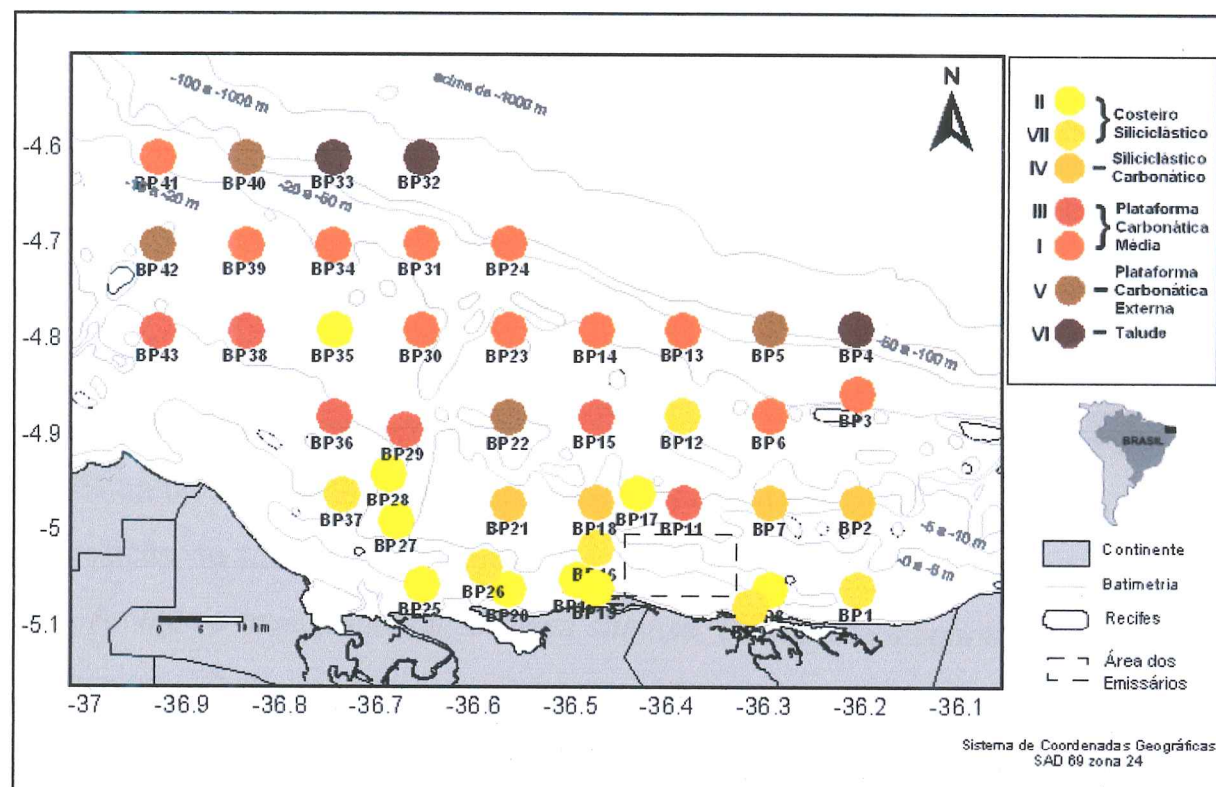


FIGURA 10 – BIOFÁCIES DE FORAMINÍFEROS NA ÁREA DE CARACTERIZAÇÃO COM BASE NA FAUNA VIVA

4.2.2.2. Área dos emissários

Na área dos emissários a análise de agrupamento permite a visualização de cinco agrupamentos no nível de corte 0,9 (Figura 13).

Agrupamento I – Transicional 1. Reúne três estações da parte externa da área dos emissários, afastadas do continente e sob maior influência oceânica. *Textularia agglutinans* ocorre em todas as estações sendo responsável por 22,62% da biocenose de foraminíferos. *Ammonia parkinsoniana* também ocorre em todas as amostras, mas tem baixa densidade. *Quinqueloculina moynensis* e *Rectocibicides miocenicus* também são espécies importantes desse agrupamento, somando respectivamente 12,67 e 8,14% da fauna viva.

Agrupamento II – Transicional 2. Reúne duas estações externas com características semelhantes ao agrupamento I. Apenas 14 espécies compõem esse agrupamento; *Rectocibicides miocenicus* representou mais de 72% da fauna viva dessa associação.

Agrupamento III – Costeiro e Emissários. Agrupamento com o maior número de estações e espécies, reúne todas as estações ao redor do emissário 1, algumas do emissário 2 e algumas da região costeira. A profundidade variou de 3,4 a 9,8m e as estações mais próximas à costa apresentaram elevadas concentrações de material em suspensão. *Ammonia parkinsoniana* e *A. tepida*, duas espécies típicas de ambientes costeiros ocorreram em todas as estações, representando 34,2% e 30,0% da biocenose desse agrupamento, respectivamente. Rotalídeos dominaram a associação de foraminíferos desse agrupamento somando mais de 89% da fauna viva. *Ammonia multigranulata*, *Bolivina striatula*, *Buliminella elegantissima*, *Discorbis williamsoni*, *Quinqueloculina moynensis* e *R. miocenicus* também apresentaram densidades e freqüências altas. Muitas espécies de macroforaminíferos ocorrem nesse agrupamento, porém em baixa densidade.

Agrupamento IV – Intermediário e externo. Nesse agrupamento estão estações da parte intermediária da área dos emissários e alguns pontos mais externos. Rotalídeos dominaram esse agrupamento, somando mais de 75% da fauna viva. *A. parkinsoniana* e *A. tepida* ocorreram em todas as estações, *Cibicides pseudoungerianus*, *Discorbis* sp. C, *Rosalina floridana*, *D. williamsoni*, *Quinqueloculina milletti* e *R. miocenicus* ocorrem em freqüências altas.

Agrupamento V - Costeiro. Nesse agrupamento estão dois pontos costeiros que apresentaram altas concentrações de material em suspensão. Essa área sofre forte influência continental e algumas espécies consideradas oportunistas dominaram a associação de foraminíferos. Apenas 26 espécies fazem parte dessa associação, *A. multigranulata*, *A. parkinsoniana* e *A. tepida* ocorreram nas duas estações, representando mais de 38% da fauna viva. Duas espécies aglutinantes,

Trochammina sp. A e *Asterotrochammina aspera*, representaram juntas mais de 30% da biocenose.

Com base nos agrupamentos resultantes do dendrograma foi gerado o mapa de biofácies da área de caracterização ambiental (Figura 14).

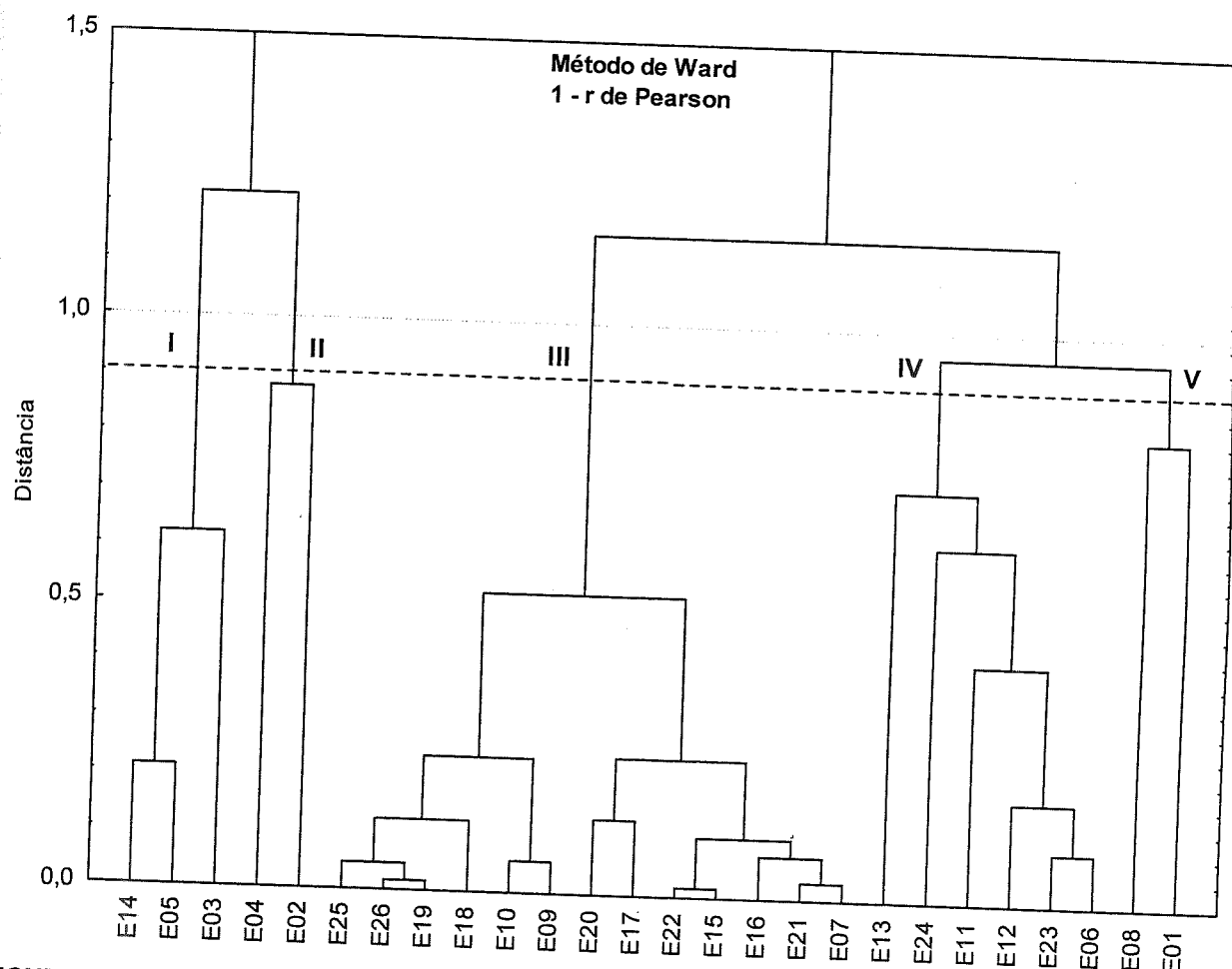


FIGURA 11 - DENDROGRAMA DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (MODO Q) COM BASE NA COMPOSIÇÃO E FREQUÊNCIA DE FORAMINÍFEROS NA ÁREA DOS EMISSÁRIOS

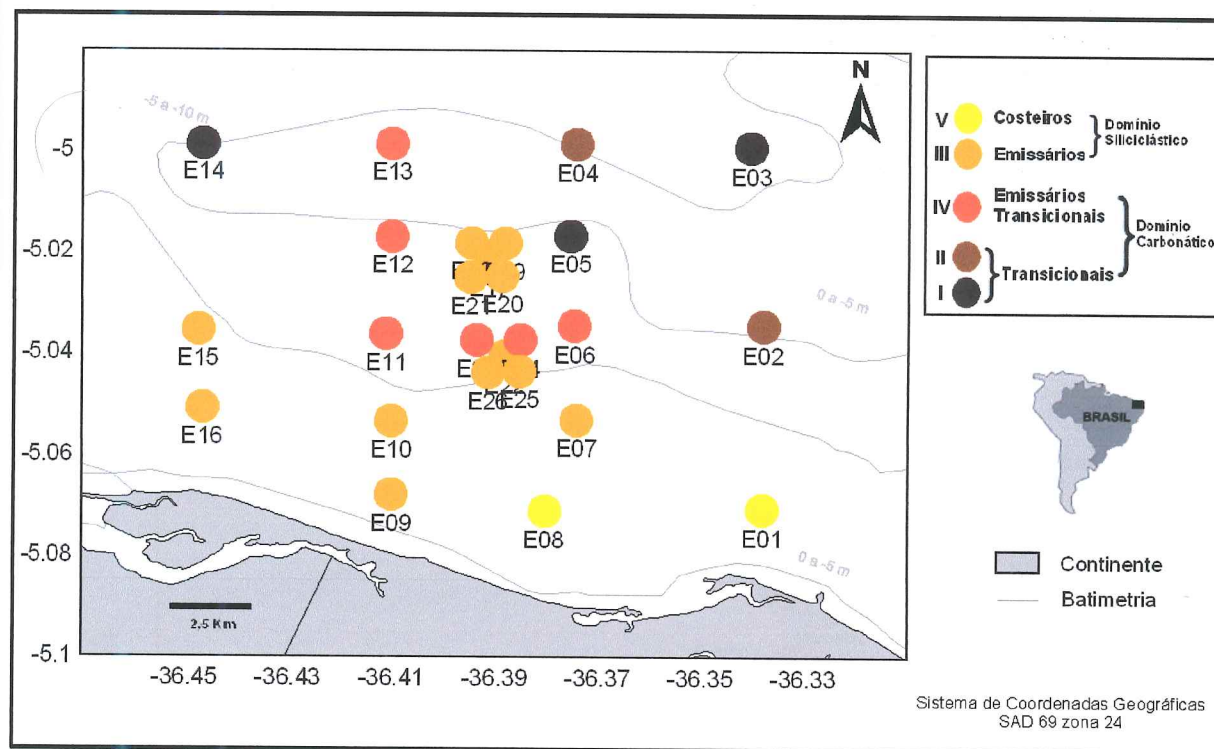


FIGURA 12 - BIOFÁCIES DE FORAMINÍFEROS NA ÁREA DOS EMISSÁRIOS COM BASE NA FAUNA VIVA

4.3. Interações entre a fauna viva e os parâmetros ambientais

Para facilitar a visualização das informações apenas as espécies que apresentaram comportamento oportunista e as espécies que apresentaram altas correlações com as variáveis ambientais estão representadas no gráfico da CAP (Figura 15). A lista com as espécies e respectivas abreviações encontra-se no apêndice 4. Na figura 16 está a representação gráfica da CAP realizada com os parâmetros ambientais e os pontos amostrais. A análise foi significativa ($p < 0,05$), com percentual de explicação da variância total dos dados de 57,91 % (Tabela 5).

Com base na literatura existente sobre o assunto foi feito um levantamento das espécies que, em algum momento, são citadas como tendo comportamento oportunista ou que são referenciadas como sendo tolerantes a perturbações ambientais (Tabela 6). Quase todas as espécies de *Ammonia* e *Bolivina* e algumas do gênero *Elphidium* são consideradas oportunistas, entretanto Hallock *et al.* (2003) consideraram oportunistas os gêneros *Ammonia* e *Elphidium*.

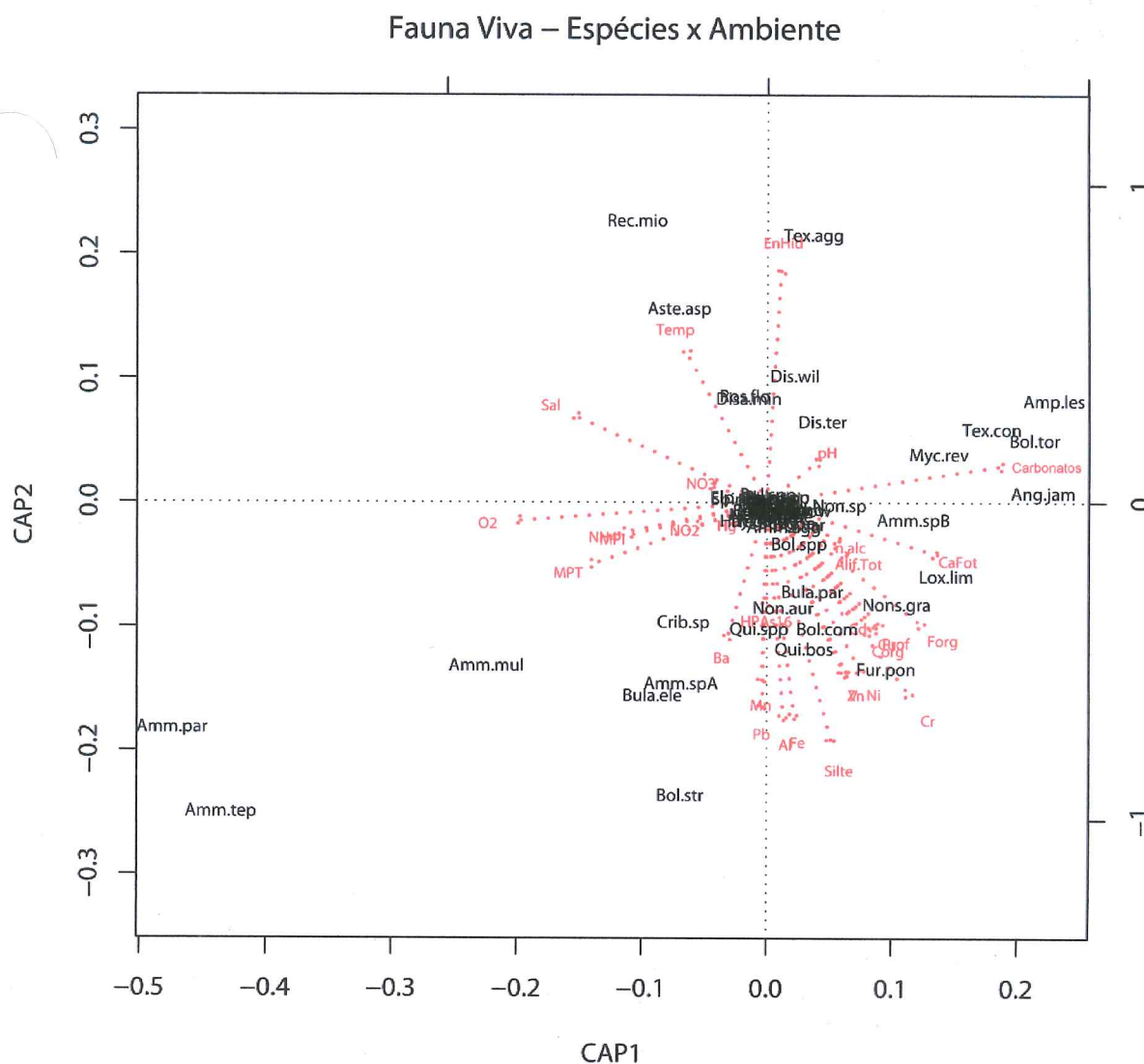


FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CAP REALIZADA PARA A ÁREA DE ESTUDO COM OS PARÂMETROS AMBIENTAIS E AS ESPÉCIES

Os parâmetros areia muito fina, argila e material particulado total (MPT) foram retirados dessa análise, os dois primeiros por apresentarem forte colinearidade com silte e o último com material particulado orgânico (MPO). As classes granulométricas cascalho, areia muito grossa, areia grossa, areia média e areia fina também foram excluídas das análises, permanecendo apenas a classe silte.

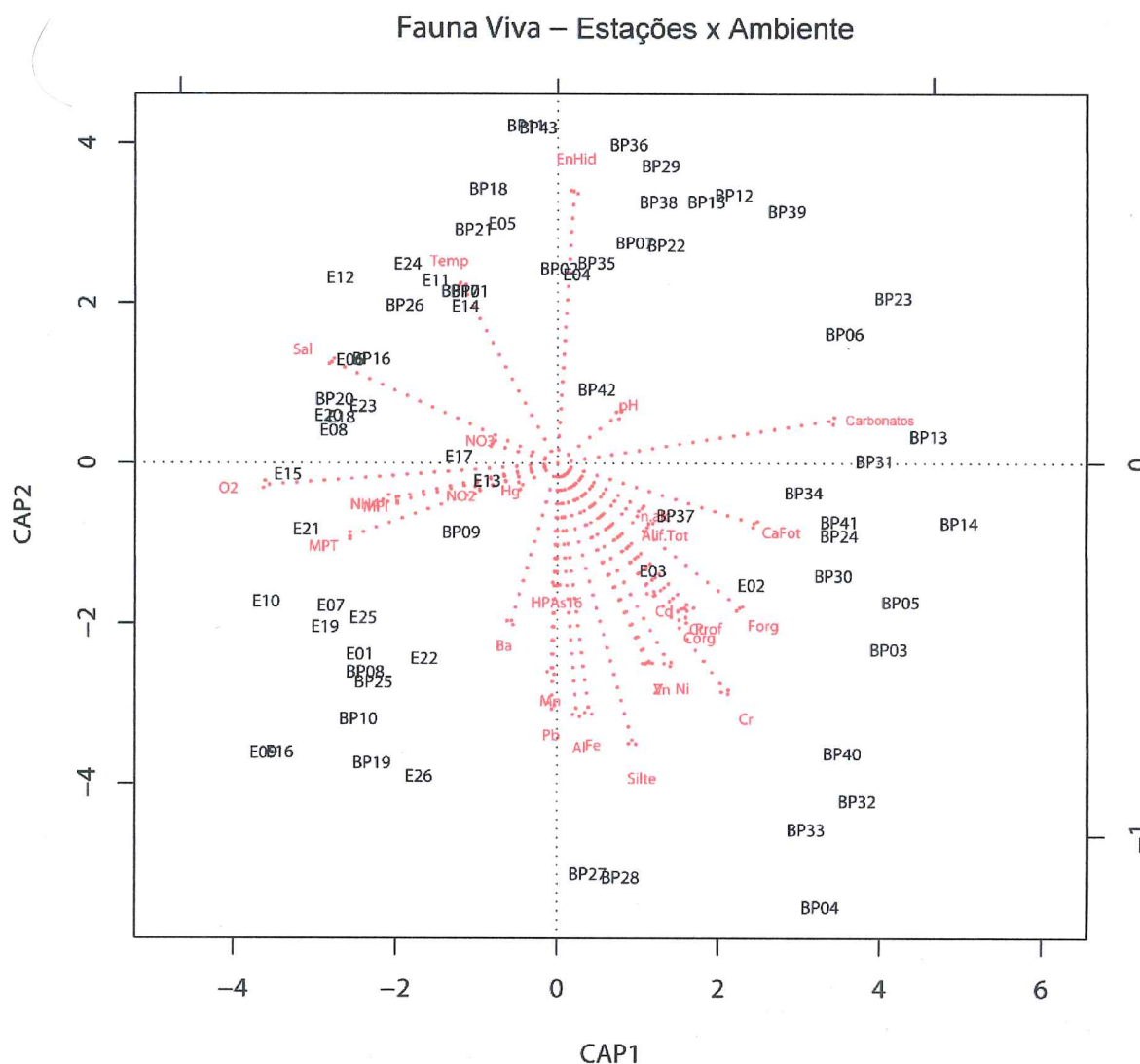


Figura 14 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CAP REALIZADA PARA A ÁREA DE ESTUDO COM AS ESTAÇÕES E OS PARÂMETROS AMBIENTAIS

A correlação entre os parâmetros ambientais e os dados faunais é medida pelo comprimento de cada vetor, sendo que quanto mais longo o vetor mais forte é a correlação. No gráfico pode-se observar no eixo 1 a transição entre o ambiente costeiro e o carbonático e no eixo 2 o ambiente deposicional, visível pela oposição entre energia hidrodinâmica e silte.

TABELA 5 – RESULTADOS DO CAP DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS X ESPÉCIES PARA A ÁREA DE ESTUDO

	Inércia	Rank
Total	2297,4	0,096
Constrained	1330,5	31
Unconstrained	27,9	37

p = 0,005; Explicação = 57,91 %

TABELA 6 – LISTA DAS ESPÉCIES CONSIDERADAS OPORTUNISTAS OU TOLERANTES AO ESTRESSE

Espécies/Gêneros/Famílias	Poluentes/perturbações	Referências
<i>Ammonia beccarii</i>	Metais pesados	Yanko <i>et al.</i> , 1999;
<i>Ammonia parkinsoniana</i> *	Variações ambientais	Presente estudo
<i>Ammonia tepida</i>	Metais pesados, hidrocarbonetos, poluição química e térmica, fertilizantes	Culver; Buzas, 1995; Alve, 1995; Yanko <i>et al.</i> , 1999; Armynot du Châtelet, 2004; Bergin <i>et al.</i> , 2006; Burone <i>et al.</i> , 2006; Presente estudo
<i>Ammonia</i>	S. i.	Carnahan, 2005; Hallock, 2003
<i>Bolivina lowani</i>	Disoxia	Yanko <i>et al.</i> , 1994;
<i>Bolivina</i> spp.	Disoxia	Mojtahid <i>et al.</i> , 2006
Boliviniidae	S. i.	Hallock, 2003
<i>Brizalina</i>	Disoxia	Carnahan, 2005
<i>Bulimina marginata</i>	Esgoto doméstico, hidrocarbonetos, metais pesados, disoxia	Seiglie, 1968; Bandy <i>et al.</i> 1965; Debenay; Redois, 1997; Yanko <i>et al.</i> , 1999; Mojtahid, <i>et al.</i> , 2006
<i>Bulimina</i> spp.	Hidrocarbonetos, metais pesados, disoxia	Seiglie, 1968; Mojtahid <i>et al.</i> , 2006
<i>Buliminella elegantissima</i>	Esgoto doméstico, disoxia	Bandy <i>et al.</i> 1965; Yanko <i>et al.</i> , 1999; Bonetti, 2000; Burone, <i>et al.</i> , 2006
<i>Buliminella</i> spp.	Disoxia	Seiglie, 1968;
Buliminidae	S. i.	Hallock, 2003
<i>Cibicides advenum</i>	Metais Pesados (Cr)	Yanko <i>et al.</i> , 1999
<i>Elphidium articulatum</i>	S. i.	Yanko <i>et al.</i> , 1999
<i>Elphidium excavatum</i>	Metais pesados	Debenay, <i>et al.</i> , 1996, Yanko <i>et al.</i> , 1999; Armynot du Châtelet, 2004
<i>Elphidium</i>	S. i.	Carnahan, 2005; Hallock, 2003
<i>Fursenkoina pontoni</i>	Esgoto doméstico, disoxia	Seiglie, 1968; Yanko <i>et al.</i> , 1999
<i>Haynesina germanica</i>	Metais pesados, esgoto doméstico, hidrocarbonetos	Yanko <i>et al.</i> , 1999; Armynot du Châtelet, 2004; Luciani, 2007
Lituolidae	S. i.	Hallock, 2003

continuação TABELA 6

Espécies/Gêneros/Famílias	Poluentes/perturbações	Referências
<i>Miliolinella subrotunda</i>	S. i.	Yanko <i>et al.</i> , 1999
<i>Nonion</i>	S. i.	Carnahan, 2005
<i>Nonionella turgida</i>	Hidrocarbonetos, metais pesados, disoxia	Barmawidjaja, <i>et al.</i> , 1995; Bernhard; Sen Gupta, 1999; Platon <i>et al.</i> , 2005; Mojtahid <i>et al.</i> , 2006; Frontalini; Coccioni, 2008
<i>Nonionella</i> spp.	Esgoto doméstico,	Seiglie, 1968; Carnahan, 2005
<i>Nonionoides</i>	S. i.	Carnahan, 2005
<i>Spiroplectammia biformis</i>	S. i.	Yanko <i>et al.</i> , 1999
<i>Trochammia inflata</i>	S. i.	Yanko <i>et al.</i> , 1999
Trochamminidae	S. i.	Hallock, 2003

*Espécie considerada sensível à poluição, porém abundante em muitos ambientes costeiros. Foi dominante na maioria das estações costeiras.

S. i. – Sem informação

5. DISCUSSÃO

5.1. Oceanografia Física

As estações mais profundas, principalmente as localizadas na região da quebra da plataforma e talude apresentaram, próximo ao fundo, os mais baixos valores de temperatura e salinidade. De acordo com o relatório apresentado pelo LOFEC, nas estações mais profundas, abaixo dos 70 metros, está presente a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) caracterizada por ser mais fria, menos salina e mais densa que a Água Tropical Superficial (AT) presente nas camadas superiores da coluna d'água.

Além da água de produção de poços situados "offshore", a água de produção procedente dos poços de extração de óleo e gás situados no continente também é tratada no Pólo Petroquímico de Guamaré e parte desses efluentes é descartada pelos emissários submarinos. De acordo com Márcia da França Rocha⁴ (com. pess.) os efluentes descartados por esses emissários apresentam baixíssima salinidade. Segundo Fernandes Junior *et al.* (2006), a água de produção na entrada do separador de água e óleo (SAO) da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de Guamaré apresenta salinidade de $1.200 \text{ mg NaCl.L}^{-1}$. Entretanto, devido à alta energia hidrodinâmica no local onde os efluentes são descartados pode estar ocorrendo uma rápida mistura desses efluentes na coluna d'água e, por isso, essa variação na salinidade não foi detectada pelos aparelhos utilizados nas medições.

As estações próximas à costa apresentaram os menores valores de penetração de radiação solar, devido à maior concentração de material particulado em suspensão (MPS). Apesar das concentrações de MPS terem sido maiores nas áreas costeiras, devido às características oligotróficas da região e ao pequeno

⁴ Bióloga - PETROBRAS/UN-RNCE - Gerência de Segurança, Meio Ambiente e Saúde

aporte continental, esses valores são extremamente baixos, compatíveis com outros ambientes oligotróficos (Flores Montes, 2003).

Muitas estações apresentaram a profundidade da camada fótica igual à profundidade da lâmina d'água e nesses pontos, nos quais os raios solares atingem o fundo, as concentrações de nutrientes foram as mais baixas próximo ao fundo e em muitos casos ficaram abaixo do limite de detecção. Possivelmente isso ocorra porque a luz atingindo o fundo permite um maior consumo de nutrientes pelos produtores primários até as camadas mais profundas, baixando consideravelmente suas concentrações ou até mesmo exaurindo-os.

5.2. Oceanografia Química

O pH na área de estudo apresentou-se estável em quase todas as estações, com valores mais alcalinos (acima de 8,0), característicos de águas oceânicas. Apesar de nenhuma alteração significativa ter sido diagnosticada nesse estudo, análises físico-químicas realizadas por Barros Júnior *et al.* (2001) na água de produção coletada dos emissários submarinos de Guamaré, mostraram valores baixos de pH (7,42) e valores mais altos de Cd. Nas estações do talude os valores de pH foram abaixo de 8,0. Os sedimentos nesses pontos são predominantemente finos, com maiores teores de compostos orgânicos (nitrato, fosfato e silicato). Nessas profundidades normalmente não ocorre produção e os organismos que degradam a matéria orgânica liberam dióxido de carbono (CO_2). De acordo com Soares-Gomes e Figueiredo (2002), a solubilidade do dióxido de carbono na água do mar é maior sob baixas temperaturas e elevadas pressões e esse gás reage com a água do mar formando ácido carbônico (H_2CO_3) e íons H^+ . O ácido carbônico também se dissocia, formando bicarbonato (HCO_3^-) e liberando mais íons H^+ . Posteriormente o bicarbonato também pode se dissociar em outros íons H^+ e carbonato (CO_3^{2-}). Esses processos podem estar contribuindo para os baixos valores de pH na água.

5.2.1. Nutrientes

As estações do cânion do Rio Açu e do talude apresentaram as mais altas concentrações de carbono orgânico, o que provavelmente influenciou a composição faunística desses locais. Algumas espécies de foraminíferos consideradas oportunistas/tolerantes aumentam suas densidades em ambientes que apresentam enriquecimento orgânico e conseqüente hipoxia, ou disoxia. As concentrações de clorofila-a e sedimento em suspensão foram maiores nas estações próximas à região costeira, também contribuindo para o aumento da turbidez que é mais um fator seletivo importante no estabelecimento das associações de foraminíferos. Lima *et al.* 2007 registraram as mais altas concentrações de clorofila-a (aproximadamente $7,3 \text{ mg.m}^{-3}$) nas desembocaduras dos rios Açu e Apodi, concentrações inferiores a 3 mg.m^{-3} foram registradas numa faixa de aproximadamente 15 km da costa e concentrações inferiores a $0,2 \text{ mg.m}^{-3}$ ocorreram a partir da isóbata de 30 metros.

As concentrações de fosfato próximo ao fundo foram baixas em toda a área de estudo. Estima-se que a concentração média de fósforo na água do mar seja de $2 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Flores Montes, 2003), porém em águas oligotróficas os níveis na camada fótica são geralmente muito baixos. Em nenhuma estação a concentração de fosfato foi abaixo do limite de detecção e as maiores concentrações foram registradas nas estações do talude, com a máxima de $1,82 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação BP32, com 907 metros de profundidade. As concentrações de fosfato registradas na área de estudo são características de ambientes oligotróficos, baixas na camada fótica, devido à rápida assimilação pelos produtores primários e bactérias e altas na camada afótica, devido à baixa demanda biológica e degradação da matéria orgânica que devolve para a coluna d'água o fosfato na sua forma dissolvida.

Segundo Flores Montes (2003), o fósforo em sua forma orgânica pode ser carregado para as camadas mais profundas da coluna d'água através da adsorção a sólidos em suspensão, seguida de sedimentação, ou mesmo através da formação de compostos particulados como ortofosfato de ferro.

O nitrito é um composto nitrogenado muito instável, intermediário entre o amônio e o nitrato, é um dos primeiros produtos da mineralização da matéria orgânica e sofre oxidação muito rápida (Flores Montes, 2003). Por esses motivos suas concentrações, em comparação às concentrações de nitrato, são mais baixas e na maioria das estações ficaram abaixo do limite de detecção. O amônio apresentou comportamento semelhante, com baixas concentrações em toda a área de estudo. As maiores concentrações foram registradas nas estações próximas à costa, sugerindo aporte continental desse nutriente para as regiões costeiras.

As maiores concentrações de nitrato foram registradas nas estações do talude. Esse nutriente é o produto final da oxidação e a forma mais estável dos compostos nitrogenados na água do mar, por isso é encontrado em maiores concentrações que o nitrito e amônio.

O silicato foi o nutriente que apresentou as maiores concentrações em todas as estações. A utilização de silicato pelos organismos é baixa em comparação aos outros nutrientes. Apenas alguns organismos, como diatomáceas e radiolários, utilizam esse nutriente na constituição de suas frústulas e carapaças, além disso, a degradação de silicato é mais lenta. Nas estações próximas à costa as maiores concentrações desse nutriente são resultado do maior aporte continental. Nas estações do talude, provavelmente as águas com pH mais baixo estejam causando a dissolução das frústulas de diatomáceas, carapaças de radiolários e espículas de espongiários da coluna d'água e acumulados no sedimento. Esse fenômeno e a baixa demanda biológica podem contribuir para as maiores concentrações de silicato nos pontos mais profundos.

Em mares oligotróficos a pouca quantidade de nutrientes que chega ao ambiente marinho é rapidamente assimilada na camada fótica pelos produtores primários. O pouco aporte e a rápida assimilação fazem com que as concentrações de nutrientes sejam extremamente baixas nas camadas superiores da coluna d'água. Na camada afótica, a desprezível demanda biológica por nutrientes dissolvidos (Flores Montes, 2003) e a degradação da matéria orgânica provocam um

aumento nas concentrações de nutrientes, principalmente nitrato, fosfato e silicato, que são as formas mais estáveis.

O litoral norte brasileiro é banhado pela Corrente Norte do Brasil (CNB), que tem sua origem na bifurcação da Corrente Sul Equatorial a qual se desloca no Oceano Atlântico de leste para oeste. As águas trazidas pela CNB são quentes e pobres em nutrientes dando o caráter oligotrófico para a maioria dos ambientes da plataforma continental norte/nordeste brasileira. A área de estudo apresentou características típicas de regiões tropicais oligotróficas, com salinidades altas, sem grandes aportes de nutrientes dissolvidos, temperaturas elevadas e pequeno gradiente térmico.

5.2.2. Hidrocarbonetos

Em geral os hidrocarbonetos apresentaram baixas concentrações na área de estudo. Os n-alcenos representam os hidrocarbonetos alifáticos saturados e podem indicar sua origem devido à especificidade com as suas fontes. Esses marcadores podem fornecer informações sobre o aporte biogênico (continental ou marinho) e antrópico de matéria orgânica nos sedimentos marinhos (Martins, 2005). Concentrações acima de 16 ppm são indicadoras de poluição, mas a baixa concentração desses compostos no sedimento, em toda a área de estudo, não indica poluição por hidrocarbonetos, sugerindo origem natural.

A mistura complexa não resolvida (MCNR) representa um conjunto de hidrocarbonetos que não puderam ser separados através das técnicas cromatográficas atuais. A presença de MCNR no sedimento pode estar relacionada a resíduos de óleo bruto intemperizados e/ou biodegradados e tem sido amplamente utilizada como critério para se determinar a contaminação de sedimentos marinhos por petróleo (Volkman *et al.*, 1992; Martins *et al.*, 2007). Somente a presença desses compostos não é suficiente para determinar a fonte da poluição e a presença de MCNR juntamente com altas concentrações de hidrocarbonetos alifáticos totais (>100 ppm) são associadas à introdução de petróleo. A incidência de MCNR foi

elevada, porém, suas concentrações foram baixas em toda a área de estudo, não caracterizando aporte petrogênico (Carrera, R. S.⁵; Wagener, A.⁶, 2006).

As concentrações dos hidrocarbonetos alifáticos resolvidos foram baixas em toda a área de estudo, assim como dos hidrocarbonetos alifáticos totais, que representam a soma dos compostos não resolvidos e resolvidos. Na área de estudo a maior concentração média foi na estação BP32 (6,5 ppm) e a média de toda a área foi de 1,8 ppm. Concentrações de alifáticos totais acima de 100 ppm em sedimentos ricos em matéria orgânica são indicadoras de poluição e sedimentos de estuários não poluídos apresentam concentrações inferiores a 10 ppm (Volkman *et al.*, 1992).

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são introduzidos no ambiente principalmente através das atividades antrópicas, como derramamentos de óleo, descarte de efluentes domésticos e industriais e queima parcial de combustíveis fósseis e florestas. Os hidrocarbonetos presentes no ambiente marinho podem ter origem natural ou antrópica e a distribuição e composição desses compostos podem indicar as suas fontes.

Os 16 HPAs são os HPAs mais tóxicos e apresentam maior possibilidade de exposição ao ser humano. Por isso, são considerados como prioritários pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA) por apresentar maior risco à saúde humana. A resolução do CONAMA nº 344/2004 determina, em sedimentos marinhos dragados, uma concentração limite de 3 ppm para a soma dos 13 HPAs avaliados. Na área de estudo foram encontradas concentrações extremamente baixas em relação à resolução do CONAMA e à de outros trabalhos realizados em ambientes marinhos no mundo (Garcia, 2004). Segundo o NOAA (*National Oceanic Atmospheric Administration*) (Buchman, 1999) a concentração limite de HPAs total a partir da qual pode haver efeitos deletérios para uma pequena parte da biota é de

⁵ LaGOM/UERJ. Dados fornecidos durante Workshop da Bacia Potiguar – PETROBRAS, Recife, 2006.

⁶ LABMAM/PUC-RJ. Dados fornecidos durante Workshop da Bacia Potiguar – PETROBRAS, Recife, 2006.

1,7 ppm e as concentrações médias nas áreas de caracterização e dos emissários foram 1,24 ppm e 1,20 ppm, respectivamente.

5.2.3. Metais Pesados

No geral as concentrações de metais pesados foram baixas em toda a área de estudo. De acordo com os valores mínimos permitidos estabelecidos na Resolução CONAMA nº 344/2004 e no NOAA (Buchman, 1999), nenhuma estação apresentou concentrações de metais acima dos limites que indicariam poluição, exceto as estações BP05 e BP33 que apresentaram concentrações médias de cádmio acima de 1,2 ppm. Ferro e alumínio são elementos abundantes na crosta terrestre e normalmente aparecem em altas concentrações. A barita, ou hidróxido de bário, é usada em fluídos para perfuração de poços de petróleo e as concentrações de bário em toda a área de estudo foram baixas. O vanádio é encontrado em alguns tipos de petróleo cru e suas concentrações também foram baixas na área de estudo.

Alguns trabalhos realizados na plataforma de Campos durante operações de perfuração mostraram alterações nas concentrações de alguns metais pesados nos sedimentos. Rezende *et al.* (2002) e Pozebon *et al.* (2005) detectaram aumentos significativos nas concentrações de Cr, As, Cu, Cd e sobretudo Ba em sedimentos sob influência das atividades de perfuração. Porém, com exceção do Ba, as concentrações dos metais pesados analisados retornaram às suas concentrações naturais um ano após o encerramento dessas atividades. Nessa região, segundo Rezende *et al.* (2002), predominam areias finas com baixo teor de silte e argila (<6,5%).

Comparando com um trabalho realizado na Bacia Potiguar por Lacerda *et al.* (2005), as concentrações encontradas no presente estudo foram mais baixas para todos os metais, exceto níquel e cádmio. Em todas as estações que apresentaram as mais altas concentrações de metais pesados predominaram areias finas e muito finas, com alto teor de silte a argila, confirmando o alto grau de acumulação desses elementos em sedimentos finos.

Segundo Lacerda e Marins (2006) os metais pesados apresentam baixa solubilidade em água do mar o que, aliado à diluição, resulta em concentrações baixas mesmo próximo a fontes pontuais. Porém, alguns fatores como a alta capacidade de acumulação de metais em sedimentos finos, característicos da plataforma continental, a pouca mobilidade da fauna bentônica e a elevada capacidade de bioacumulação dessas substâncias nesses organismos podem maximizar o efeito desses contaminantes liberados no ambiente pelas atividades petrolíferas na plataforma continental (Kennicutt⁷, 1995 *apud* Lacerda e Marins, 2006).

Apesar das baixas concentrações de metais pesados encontradas nos sedimentos, diversos organismos têm a capacidade de acumular altas concentrações desses elementos em seus tecidos. Segundo Lacerda e Marins, (2006), metais pesados podem afetar diretamente a biota oceânica que se encontra, de um modo geral, submetida a concentrações de "*background*" muito baixas.

Rainbow (1995) afirma que somente a fração biodisponível de metais traços no ambiente é ecologicamente relevante e a biodisponibilidade desses elementos aos organismos marinhos depende da forma física e química do metal no ambiente (Riba⁸ *et al.*, 2003 *apud* Carnahan, 2005). Segundo Rainbow (*op. cit.*), os biomonitores fornecem medidas mais acuradas sobre o verdadeiro estado do ambiente em relação à poluição por metais do que apenas as medidas obtidas na coluna d'água ou no sedimento. Porém cada organismo responde de modo diferente às diversas formas e fontes de metais biodisponíveis no ambiente (Rainbow, *op. cit.*), sendo necessário o uso de um conjunto de biomonitores capaz de fornecer informações mais reais sobre a biodisponibilidade desses elementos.

⁷ KENNICUTT, M. G., 1995. Gulf of Mexico offshore operation monitoring experiment. Final Report. Phase I. Sub-lethal responses to contaminant exposure. Unpublished manuscript.

⁸ RIBA, I., GARCIA-LUQUE, E., BLASCO, J., DELVALLS, T. A., 2003. Bioavailability of heavy metals bound to estuarine sediments as a function of pH and salinity values. **Chemical Speciation and Bioavailability** 15(4): 101-114.

Muitos trabalhos têm demonstrado a importância da utilização de biomonitores na avaliação de contaminação por metais nos ambientes marinhos marginais. Em trabalhos realizados na costa do Rio Grande do Norte, Silva *et al.* (2001; 2003) avaliaram as concentrações de metais em ostras *Crassostrea rhizophorae* em estuários, praias costeiras e rios sob influência de várias atividades antrópicas, como carcinicultura, extração de sal e produção e escoamento de petróleo. Esses autores concluíram que em algumas ostras analisadas as concentrações de determinados metais pesados, como Zi, Cu e Pb, estavam acima dos limites recomendados pela saúde pública.

5.3. Oceanografia Geológica

Coutinho⁹ (1976, *apud* Vital *et al.*, 2005b) fez uma divisão da plataforma continental do nordeste com base na morfologia e distribuição dos diversos tipos de sedimentos dividindo a plataforma em interna, média e externa, de acordo com a origem e composição do sedimento e no teor de carbonato de cálcio.

De acordo com a composição e granulometria dos sedimentos da área de estudo é possível o reconhecimento de alguns setores distintos que, no geral, se distribuem paralelamente à linha de costa. Na região costeira predominam sedimentos siliciclásticos com areias quartzosas de granulometria fina. No cânion do Rio Açu e na região do talude continental também predominam sedimentos finos, porém de composição bioclástica. Esse material biodetrítico mais fino é provavelmente resultado da desintegração de algas calcárias por processos de quebra e dissolução. Esses ambientes mais profundos apresentam baixa energia, permitindo a deposição desse material de fração mais fina. Próximo à isóbata dos 10 metros encontra-se uma área de transição siliciocarbonática, pobre em carbonato de cálcio onde dominam sedimentos de granulometria fina e média, compostos de areias quartzosas e carbonáticas. Em algumas estações pôde-se observar a

⁹ COUTINHO, P. N., 1976. Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe. Recife. 119p. **Tese (Livro Docência)** – Universidade Federal de Pernambuco.

presença de bioclastos de algas calcárias. A partir da isóbata de 20 metros o sedimento é composto predominantemente por areias bioclásticas de granulometria média e grossa com grânulos, como rodolitos e outros restos de algas calcárias (*Halimeda* e *Lithothamnium*). A região mais afastada da costa até a quebra do talude continental caracteriza-se pela presença de areias biolitoclásticas finas e médias e teor de carbonato de cálcio em torno de 75%.

A distribuição dos sedimentos na plataforma continental é controlada pela interação entre a sedimentação terrígena e carbonática, sendo possível a distinção entre o aporte alóctone e autóctone do material que compõe os sedimentos. Quanto maior a influência continental, menor o teor de carbonatos nos sedimentos da plataforma (Knoppers *et al.*, 1999).

5.4. Fauna

Anomalias em carapaças de foraminíferos podem ter causas naturais como variações nos parâmetros ambientais (salinidade, temperatura, pH, concentração de oxigênio, hidrodinâmica, etc.) ou podem ser uma resposta ao estresse causado por atividades humanas (poluição por metais pesados, petróleo, esgoto, etc.). O aumento na proporção de carapaças com anomalias morfológicas têm sido amplamente utilizado como indicador de poluição (*e.g.*, Yanko *et al.*, 1994; Alve, 1995; Samir, 2000), uma vez que a ocorrência de carapaças deformadas é significativamente grande em áreas poluídas. No entanto é difícil distinguir a diferença entre a influência dos tensores naturais e antrópicos nas anomalias causadas nas testas de foraminíferos. No presente estudo não foi registrado um número significativo de carapaças com deformações.

A alta diversidade de foraminíferos encontrada nesse estudo, em comparação a outros trabalhos realizados em áreas semelhantes, deve-se provavelmente à heterogeneidade espacial da área estudada. As amostras foram coletadas entre 3 e 907 metros de profundidade, abrangendo a plataforma interna, média e externa e o talude continental. Além do ambiente tipicamente carbonático, muitas amostras

pertencem a áreas costeiras próximas a saídas de estuários, a ambientes transicionais siliclasto-carbonáticos, ao paleocânion do Rio Açu e à quebra do talude. A diversidade específica pode ser vista como uma medida do estresse ambiental sobre comunidades de foraminíferos bentônicos, sendo que baixa diversidade é normalmente característica de ambientes poluídos (Schafer *et al.*, 1991; Yanko *et al.*, 1998).

A área da plataforma interna (região costeira e distal) é uma região sob forte influência continental, com sedimentos predominantemente siliciclásticos de granulometria fina e maiores concentrações de matéria orgânica favorecendo a presença de espécies infaunais. Na análise de agrupamento da área de caracterização estas estações estão reunidas nos agrupamentos II e VII (Figura 11). A elevada densidade de foraminíferos no ponto BP08 provavelmente é um reflexo da forte influência continental. A proximidade com a saída do estuário Galinhos-Guamaré deve estar influenciando na composição faunística nesse ponto; *Ammonia parkinsoniana* e *A. tepida*, que são espécies típicas de regiões costeiras e estuarinas, adaptadas a ambientes com grandes variações de salinidade, apresentaram densidades extremamente altas.

As estações BP27 e BP28, localizadas no paleocânion do Rio Açu, apresentaram alta densidade de foraminíferos, principalmente de pequenas formas calcário-hialinas consideradas oportunistas/tolerantes. O sedimento fino, a proximidade com a costa e a elevada concentração de matéria orgânica no sedimento em relação aos outros pontos costeiros da área de estudo, podem ter favorecido a abundância de espécies como *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *Bolivina compacta*, *B. striatula*, *Buliminella elegantissima*, *B. parallela*, *Fursenkoina pontoni*, *Quinqueloculina milletti* e *Wiesnerella auriculata*.

Bandy *et al.* (1965) encontraram populações de *Buliminella elegantissima* associadas a saídas de esgoto em Hyperion na Califórnia. Seiglie (1968) encontrou *Bulimina*, *Buliminella*, *Florilus* (= *Nonionoides*), *Nonionella* e *Fursenkoina* em locais com alto teor de matéria orgânica próximos a saídas de esgoto na Venezuela,

relacionando espécies pertencentes a esses gêneros, quando abundantes, a altas concentrações de carbono orgânico no sedimento. Bonetti (2000) considerou um grupo formado por *Bolivina*, *Brizalina*, *Bulimina* e *Buliminella* como restrito a ambientes marinhos e indicador de enriquecimento orgânico.

Buliminella elegantissima é uma espécie característica de áreas com alto teor de matéria orgânica, de origem natural ou não, resistente a baixas taxas de oxigênio dissolvido (Culver; Buzas, 1995; Bonetti, 2000). Apesar disso, segundo Figueira *et al.* (2007), não pode ser indicadora de influência antrópica. Segundo Eichler *et al.* (2003) as famílias de bolivinídeos e buliminídeos são muito tolerantes a baixas concentrações de oxigênio.

Por outro lado, *Quinqueloculina milletti* e *Wiesnerella auriculata* apresentaram alta densidade nas estações do cânion. Miliolídeos geralmente preferem altas concentrações de oxigênio em águas plataformais (Sen Gupta, 1999b) e segundo Samir e El-Din (2001) são muito sensíveis à poluição.

Apesar dos dados de oxigênio dissolvido na área de estudo não indicarem sinais de disoxia, os sedimentos finos presentes em alguns locais próximos à costa, no cânion e no talude estão associados a altas concentrações de matéria orgânica; processos de degradação dessa matéria podem criar condições de deficiência de oxigênio, favorecendo o estabelecimento de algumas espécies de foraminíferos tolerantes a tais condições. As medições de oxigênio dissolvido foram realizadas na coluna d'água, em alguns casos vários metros acima da interface sedimento-água. Dessa forma, não foi possível o conhecimento das reais concentrações desse gás nas águas intersticiais.

A bacia do Rio Açu recebe grandes quantidades de efluentes urbanos, agrícolas e provenientes da pecuária e carcinicultura. Essa atividade vem crescendo substancialmente no nordeste do Brasil, e o estado do Rio Grande do Norte tornou-se o principal produtor de camarão do país (Rocha, 2003, Revista Rural, 2004). Estuários e bacias hidrográficas inferiores são os locais preferenciais para instalação de tanques de criação de camarão e os impactos ambientais causados por essa

atividade, como alteração da paisagem, emissão de resíduos sólidos e metais pesados podem comprometer a qualidade da água e causar danos aos ecossistemas locais. As estações localizadas no paleocânion do Rio Açu apresentaram associações de foraminíferos compostas predominantemente por espécies infaunais, consideradas oportunistas e tolerantes a baixas concentrações de oxigênio. Além da presença de sedimentos finos que pode estar influenciando no estabelecimento dessas espécies, as alterações na composição faunística das comunidades de foraminíferos dessa área podem ser um reflexo dos impactos causados pelas atividades humanas realizadas ao longo da bacia do Rio Açu.

Na área transicional siliclasto/carbonática da plataforma média/externa a alta frequência de *Ammonia* pode indicar influência continental em algumas estações, principalmente na isóbata dos 10 metros. A presença de *Amphistegina lessonii*, uma espécie de macroforaminífero que realiza simbiose com microalgas, principalmente nas estações BP02, BP06, BP07 e BP12, pode estar indicando que esses locais, mais afastados da costa, já apresentam características mais oligotróficas e menor influência continental, com maior transparência da água e menores concentrações de nutrientes.

Rectocibicides miocenicus foi abundante nas estações BP02, BP07, BP18 e BP21 e também na estação E04 da malha dos emissários. Provavelmente essa espécie tenha causado o agrupamento desses pontos na análise de agrupamento (grupo IV da figura 11). Esses pontos localizam-se próximos à isóbata dos 10 metros, em locais com areias predominantemente médias e grossas. *Discorbis williamsoni* e *Asterotrochammina aspera* também apresentaram alta frequência e densidade nesses pontos. Estas espécies apresentam hábito incrustante e a alta densidade delas pode estar indicando que esses pontos encontram-se em locais de alta energia hidrodinâmica, ou pelo menos alta o suficiente que transforme numa vantagem adaptativa este hábito. Aderidas a grãos de sedimentos maiores essas espécies não são transportadas pelas correntes e conseguem permanecer nesses locais.

Na plataforma média/externa estão as estações cujas associações são características de ambientes tropicais carbonáticos, compostas por gêneros de macroforaminíferos que realizam simbiose com algas (mixotróficos), como *Amphistegina* e *Laevipeneroplis proteus*, assim como textularídeos do gênero *Textularia*. *Angulogerina jamaicensis*, *Bolivina tortuosa* e *Discorbis williamsoni* também foram importantes constituintes dessas associações. Os agrupamentos I e V da análise de agrupamento (Figura 11) reúnem essas estações.

Sanches *et al.* (1995) registraram a presença de exemplares vivos de *B. tortuosa*, *L. proteus* (= *Peneroplis proteus*) e *D. williamsoni* entre outras, em amostras coletadas no Arquipélago de Abrolhos, sul da Bahia. No presente estudo, essas espécies apresentaram altas frequências na plataforma média e externa.

A zona de quebra da plataforma e talude, bem mais profunda, tem uma ampla camada afótica e apresentou composição faunística extremamente diferente das associações do restante da plataforma continental. As estações do talude estão reunidas no agrupamento VI da análise de agrupamento (Figura 11). Há poucos pontos coletados nessa área, sendo necessária uma ampliação da malha amostral para um melhor conhecimento das respostas dessas associações às mudanças ambientais.

Na área dos emissários predominam areias médias com uma pequena faixa de areia fina paralela à costa. As estações localizadas ao redor dos difusores dos emissários apresentaram as maiores densidades de foraminíferos vivos, particularmente as estações E17 e E19 próximas ao emissário 1, e as estações E22 e E26 próximas ao emissário 2. Algumas espécies consideradas oportunistas/tolerantes como *Ammonia tepida* e *Bolivina striatula* aparecem com alta frequência e dominam algumas associações dessa área, no entanto *Ammonia parkinsoniana*, que é uma espécie considerada por Frontalini e Coccioni (2008) como característica de ambientes relativamente limpos, também aparece com elevada frequência e domina as associações da maioria das estações próximas aos

difusores. *A. tepida* e *A. parkinsoniana* foram as espécies mais abundantes em toda a área de estudo e dominantes na maioria das estações costeiras.

Segundo Armynot du Châtelet *et al.* (2004), Vilela *et al.* (2004), Bergin *et al.* (2006) e Ferraro *et al.* (2006) *A. tepida* é uma espécie tipicamente costeira, considerada oportunista, normalmente dominante em ambientes sob estresse causado por poluição. É considerada uma espécie tolerante, capaz de resistir em ambientes contaminados por esgoto doméstico, efluentes químicos e térmicos, fertilizantes, metais pesados e hidrocarbonetos (Alve, 1995; Debenay *et al.*, 2001; Ferraro *et al.*, 2006). Armynot du Châtelet *et al.* (2004) encontraram correlação positiva entre essa espécie e metais pesados em estuários moderadamente poluídos da costa oeste da França. Segundo Yanko *et al.* (1994) *A. tepida* foi dominante em estações poluídas por metais pesados na costa de Israel e pode ser utilizada como bioindicador de poluição por esses elementos. Burone *et al.* (2006) notou uma correlação positiva entre a abundância de *A. tepida* e o aumento da poluição orgânica devido ao despejo de efluentes de esgoto doméstico na Baía de Montevideú, Uruguai.

Frontalini e Coccioni (2008), em um trabalho no Mar Adriático, costa leste da Itália, notaram que *A. parkinsoniana* era dominante em ambientes sem poluição e sua abundância diminuiu com o aumento das concentrações de metais pesados, sugerindo que essa espécie prefere ambientes limpos a pouco poluídos, sendo altamente sensível e não tolerante, mesmo a baixas concentrações desses elementos. Seiglie (1975) também considerou *A. parkinsoniana* uma espécie típica de ambientes relativamente limpos, e segundo o autor, sua ausência pode ser usada como indicadora de poluição. Porém, a ausência de uma espécie como fator indicativo de perturbação deve ser vista com cautela.

A. parkinsoniana e *A. tepida* são espécies características de áreas sob influência continental, e toleram variações na salinidade, temperatura, aporte de nutrientes, etc., comuns nos estuários e outros ambientes costeiros. *A. tepida*, como discutido anteriormente, é uma espécie extremamente adaptável a ambientes sob

estresse, consegue resistir mesmo em locais onde as demais espécies desaparecem e por isso é amplamente utilizada como indicadora de ambientes alterados por vários tipos de poluição.

A proximidade da área dos emissários com a costa dificulta a distinção entre a influência dos emissários e a influência costeira sobre as associações de foraminíferos. Mesmo assim, é possível perceber alterações na estrutura das comunidades de foraminíferos, principalmente na densidade e dominância, nos pontos próximos às saídas dos emissários. A baixa salinidade dos efluentes lançados pelos emissários submarinos do Pólo Petroquímico de Guamaré parece ser a principal causa da alta densidade de *A. parkinsoniana* e *A. tepida*, principalmente próximo a boca dos emissários (pontos E17, E19, E22 e E26). Essas duas espécies respondem de forma similar às variações de salinidade e os emissários submarinos parecem funcionar como saídas de pequenos estuários dentro da plataforma interna, atuando como canais fornecedores de água menos salina alterando, por sua vez, as condições físico-químicas das águas adjacentes aos difusores.

A maioria das 292 espécies registradas vivas nesse trabalho já foi citada por outros autores em trabalhos realizados na costa nordeste brasileira e outras áreas semelhantes.

No Atol das Rocas, entre as coordenadas 3°51' S e 33°49' W, Machado e Souza (1994) registraram 68 espécies de foraminíferos bentônicos analisando a fauna total. Esses autores consideraram o índice de diversidade elevado (α variou de 2,1 a 10,5), com as espécies de macroforaminíferos *Amphistegina lessonii*, *Archaias angulatus* e *Sorites marginalis* dominantes. Essas espécies são típicas de ambientes marinhos tropicais, com águas de salinidade normal a hipersalinas e elevada transparência. São espécies que realizam simbiose com microalgas e portanto necessitam de condições especiais típicas de ambientes tropicais oligotróficos para seu desenvolvimento. Miliolídeos e Rotalídeos dominaram as associações nesse estudo.

A fauna total envolve a biocenose e a tanatocenose, portanto considera os organismos que estavam vivos no momento da coleta e as carapaças dos organismos mortos acumuladas no sedimento. Espécies de foraminíferos com carapaças mais frágeis como *Ammonia* spp., *Elphidium* spp. e *Discorbis* spp. são subestimadas enquanto espécies que possuem carapaças espessas, como grandes miliolídeos e macroforaminíferos, se preservam melhor e tendem a se acumular no sedimento. Por essa razão são melhor representadas na fauna total se comparadas às espécies frágeis.

Levy *et al.* (1995) encontraram 155 espécies de foraminíferos entre 2 e 30 metros de profundidade no arquipélago de Fernando de Noronha. Esses autores também analisaram a fauna total que foi dominada por miliolídeos (entre 40 e 60% do total de espécies). As espécies de macroforaminíferos *Amphistegina gibbosa*, *Peneroplis pertusus*, *Archaias angulatus*, *Borelis pulchra*, *Sorites orbiculus* e *Heterostegina depressa* foram as mais abundantes, assim como *Pyrgo subsphaerica*, *Textularia candeiana*, *T. agglutinans* e *Discorbis mira*. Segundo os autores a maioria das espécies registradas é comum nas áreas tropicais do Caribe.

No arquipélago de Abrolhos, litoral da Bahia, Sanches *et al.* (1995) registraram 91 espécies de foraminíferos analisando a fauna total. Segundo os autores a composição faunal encontrada é típica de plataformas carbonáticas tropicais. Os gêneros *Amphistegina*, *Archaias*, *Pyrgo*, *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Elphidium* e *Textularia*, entre outros, foram os mais comuns. Os autores não quantificaram as espécies que ocorreram vivas, apenas assinalando-as em seu trabalho. As espécies que representaram a biocenose neste trabalho e que tiveram frequência relativa maior que 10% no presente estudo foram: *Bolivina ordinaria*, *B. tortuosa*, *Discorbis mira*, *D. peruvianus*, *D. williamsoni*, *Fursenkoina pontoni*, *Nonionella atlantica*, *Laevipeneroplis proteus* (= *Peneroplis proteus*), *Pyrgo subsphaerica*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Triloculina oblonga*, *T. reticulata*, *T. trigonula*, *Trochammina ochraea* (= *Lepidodeuterammia ochracea*), *Uvigerina peregrina* e *Wiesnerella auriculata*.

Andrade *et al.* (1997) encontraram 213 espécies de foraminíferos analisando a fauna total na Praia do Forte, litoral norte da Bahia. Entre as espécies mais abundantes destacaram-se *Amphistegina gibbosa*, *Archaias angulatus*, *Peneroplis bradyi*, *Textularia agglutinans* e *Hanzawaia concentrica*. Esses autores afirmaram que a distribuição das espécies na área analisada é fortemente influenciada pela textura e composição do sedimento.

Moraes e Machado (2003) registraram 78 espécies de foraminíferos bentônicos em dois recifes costeiros no litoral norte da Bahia. Os gêneros *Amphistegina* e *Quinqueloculina* foram dominantes na fauna total. Apenas sete espécies foram registradas vivas: *Amphistegina lessonii*, *Bolivina compacta*, *Eponides repandus*, *Discorbis mira*, *Discorbis obtusa*, *Hanzawaia bertheloti* e *Siphonina pulchra*. As quatro primeiras tiveram frequências relativas superiores a 20% no presente estudo.

No litoral norte da Bahia (37°30'W e 38°30'W e 12°S) Araújo e Machado (2005) identificaram 312 espécies de foraminíferos na fauna total coletadas na plataforma interna, média e externa além do talude superior, em profundidades que variaram de 0 a 300 metros. Miliolídeos e rotalídeos dominaram as associações. Macroforaminíferos dos gêneros *Peneroplis*, *Archaias* e *Amphistegina* foram dominantes nas amostras superficiais em toda a área de estudo, além de *Hanzawaia* e *Textularia*. Segundo os autores, a composição faunística encontrada é característica de ambientes de plataformas tropicais, sendo a que mais se assemelha ao conjunto específico registrado no presente estudo. Em outro estudo realizado no litoral norte da Bahia Machado *et al.* (2006) registraram 246 espécies de foraminíferos bentônicos na fauna total. *Archaias angulatus*, *Amphistegina gibbosa*, *A. lessonii*, *Quinqueloculina bicornis* e *Homotrema rubrum* foram as espécies dominantes e, segundo os autores, as características do substrato e energia física do ambiente influenciaram fortemente a distribuição das associações de foraminíferos.

Araújo e Machado (2008) analisaram 38 amostras de sedimento superficial pertencentes a áreas recifais localizadas entre a linha de costa e a isóbata de 30 metros no litoral sul da Bahia. Segundo os autores a composição faunística encontrada é típica de plataformas carbonáticas tropicais e as associações de foraminíferos apresentaram forte correlação com a textura do sedimento. *Amphistegina lessonii* e *Peneroplis carinatus* foram abundantes em sedimentos carbonáticos enquanto *Ammonia beccarii*, *Elphidium poeyanum*, *Pyrgo subsphaerica*, *Quinqueloculina disparilis curta* e *Q. lamarckiana* forma abundantes em sedimentos lamosos e mistos siliciclásticos-carbonáticos.

5.5. Análises da estrutura das associações de foraminíferos

O teste-t comparando as variâncias dos índices de diversidade, dominância, equitabilidade, densidade e riqueza específica (Tabela 7) mostrou que apenas a dominância foi maior na área dos emissários. A maior área amostrada, contemplando diferentes ambientes e uma maior heterogeneidade espacial, além da maior variação de profundidade são fatores que influenciaram nos maiores valores de diversidade, riqueza, densidade e equitabilidade na área de caracterização. A alta densidade de *Ammonia tepida* e *A. parkinsoniana* em algumas estações da área dos emissários, principalmente nas estações costeiras e próximas às saídas dos difusores dos emissários submarinos, resultou nos maiores valores de dominância nessa área em relação à área de caracterização.

A. parkinsoniana e *A. tepida* apresentaram comportamentos semelhantes, com altas densidades em locais de maiores concentrações de matéria orgânica, sedimentos finos e maiores flutuações de salinidade. Nesse estudo, segundo os dados apresentados pelos diferentes grupos de pesquisa, não foram registrados sinais de poluição por metais pesados, hidrocarbonetos e outros tipos de alterações significativas na área de estudo. No entanto, essas duas espécies apresentaram características de espécies oportunistas, dominando a maioria das associações e

respondendo positivamente às variações de salinidade nas áreas costeiras e dos emissários.

Na área de caracterização ambiental as maiores densidades também ocorreram nas estações costeiras, principalmente próximas às saídas de estuários e nas estações do cânion do Rio Açu. As maiores concentrações de clorofila-*a*, C_{org} e P_{org} , o aporte continental de nutrientes e os sedimentos predominantemente finos parecem estar influenciando fortemente na distribuição e estrutura das comunidades de foraminíferos bentônicos nas áreas próximas à costa. Esses fatores beneficiam o estabelecimento de associações compostas predominantemente por espécies infaunais, principalmente tolerantes a flutuações na salinidade, maior oferta de nutrientes e condições de hipoxia. Essas espécies normalmente respondem ao maior aporte nutricional com crescimento populacional rápido e predomínio de indivíduos de tamanho pequeno. Na região costeira o aporte continental, a remobilização do fundo nas áreas mais rasas e as atividades humanas podem estar influenciando no aporte de nutrientes para essas áreas.

Os índices de diversidade foram mais altos nas estações mais afastadas do continente. Esses ambientes são menos susceptíveis às variações que ocorrem junto à costa. De acordo com Murray (1973), ambientes como plataformas continentais e lagoas marinhas com salinidade normal geralmente apresentam alta diversidade ($\alpha > 5$), e ambientes hiper ou hiposalinos como marismas e mares plataformais com baixas salinidades apresentam baixa diversidade ($\alpha < 5$). Ou seja, ambientes marinhos marginais instáveis, sujeitos a maiores flutuações na salinidade normalmente apresentam menores valores de α , enquanto ambientes marinhos normais, mais estáveis geralmente apresentam valores de α mais altos. Menos de 10% das amostras apresentaram $\alpha < 5$ na área de caracterização (Tabela 5) e os menores valores de α ocorreram nas estações costeiras e no cânion do Rio Açu. A heterogeneidade espacial e a estabilidade ambiental nas áreas afastadas da costa parecem favorecer o estabelecimento de associações com elevada diversidade de espécies.

Na malha dos emissários as estações próximas aos difusores dos emissários submarinos apresentaram, em geral, os maiores valores de densidade e riqueza específica. Os índices de dominância, diversidade de Shannon (H') e α de Fisher também foram maiores nas estações próximas aos difusores e nas estações mais afastadas da costa, localizadas na plataforma interna (tabela 2).

5.5.1. Análises de agrupamento

A partir da análise dos agrupamentos é possível a visualização de grupos que tendem a se distribuir paralelamente à linha de costa. Tal distribuição parece ser influenciada pela salinidade, profundidade, transparência da água, textura e composição do sedimento. Esta tendência parece estar alterada nas áreas próximas aos emissários e em alguns locais costeiros, principalmente nas proximidades das bocas de estuários. Em alguns pontos da malha de caracterização localizados na plataforma interna, a energia hidrodinâmica parece estar influenciando diretamente na composição faunística de foraminíferos.

Na malha de caracterização ambiental as áreas costeiras e do cânion do Rio Açu são bem caracterizadas pela alta densidade de espécies calcário-hialinas (agrupamentos II e VII da figura 11). *Ammonia*, *Bolivina*, *Buliminella* e *Discorbis* compõem o principal grupo de foraminíferos. Miliolídeos também são importantes constituintes dessas associações e a presença de macroforaminíferos simbiontes é inexpressiva. Nessas áreas a composição dos sedimentos é predominantemente de areias siliciclástica finas e as concentrações de material em suspensão são relativamente altas devido à influência continental e aos processos de remobilização do fundo. Embora a área de estudo seja classificada como uma região semi-árida, a campanha de coleta do material utilizado nesse estudo foi realizada no período chuvoso e a descarga do Rio Açu parece contribuir consideravelmente com o aporte de material particulado (orgânico e inorgânico) e nutrientes para a região próxima a sua desembocadura.

Na área transicional siliclasto-carbonática a alta frequência e densidade de espécies incrustantes, como *Rectocibicides miocenicus*, várias espécies de trochaminídeos (*Lepidodeuterammina* e *Asterotrochammina*) e o predomínio de sedimentos com frações médias e grossas (agrupamento IV da figura 11) podem estar indicando que essa região está sob influência de forte energia hidrodinâmica. Os pontos reunidos nesse agrupamento estão distribuídos paralelamente à costa, próximos à isóbata dos 10 metros. Nos agrupamentos III e VII é expressiva a presença de textularídeos, incluindo espécies incrustantes.

A área da plataforma externa é caracterizada pelo aporte autóctone do material que compõe os sedimentos. A biocenose de foraminíferos das estações que pertencem a esses agrupamentos (I e V da Figura 11) é constituída principalmente por macroforaminíferos. No agrupamento I *Amphistegina lessonii* tem altas frequências e ocorre em todos os pontos, assim como *Nonioninoides grateloupi* no agrupamento V.

A área do talude continental apresentou uma composição faunística singular, com espécies adaptadas a ambientes mais profundos e com pouco material em suspensão (agrupamento VI da figura 15). *Astrorhizoides cornutus*, *Marsipella elongata*, *Reophax arayaensis* e *Saccorhiza ramosa* são abundantes na estação BP04, *Cibicides mundulus*, *Dendronina arborescens*, *Glomospira gordialis* e *Reophax agglutinatus* na estação BP32 e *Cornuspira planorbis* na estação BP33.

Sellier de Civrieux (1970) encontrou forte correlação entre a composição das biofácies, a profundidade e natureza do substrato na plataforma continental de Cumaná, Venezuela. Sellier de Civrieux e Ruíz (1971) concluíram que as variações das biofácies de foraminíferos se correlacionavam com os parâmetros físico-químicos do fundo, como profundidade, oxigênio dissolvido, concentração de carbono e nitrogênio orgânico e granulometria.

Na malha amostral dos emissários o agrupamento III (Figura 13) apresentou a maior diversidade dessa área, reúne a maioria dos pontos da área dos emissários submarinos e alguns da região costeira. Embora não tenham sido registrados

valores baixos de salinidade no presente estudo, as informações de Márcia da França Rocha (Petrobras) mencionam que a salinidade dos efluentes lançados pelos emissários (água de produção tratada) é muito baixa e esta baixa salinidade deve estar influenciando diretamente na composição das associações de foraminíferos. As espécies de *Ammonia*, adaptadas a ambientes com flutuações de salinidade, ocorrem em abundância, principalmente nos pontos ao redor dos difusores. Também ocorrem espécies de *Bolivina* e *Discorbis*. Este agrupamento reúne estações localizadas nas saídas dos emissários e estações a oeste deles. Estas estações parecem estar sendo influenciadas pelos efluentes devido ao fato de estarem na direção preferencial das correntes de deriva que podem estar carregando parte dos efluentes lançados.

Este trabalho foi desenvolvido na tentativa de uma melhor compreensão da distribuição e características da fauna viva de foraminíferos, sendo parte de um projeto mais amplo no qual foi estudada também a fauna total de foraminíferos.

Existem muitas opiniões contraditórias a respeito do uso da fauna total ou da fauna viva em estudos envolvendo foraminíferos. A fauna viva fornece informações sobre as condições ambientais da área estudada no momento ou o período amostral, e uma amostragem apenas, ou até mesmo amostragens sazonais podem não ser satisfatórias para fornecer uma real imagem das condições vigentes (Morvan *et al.*, 2006). Além disso, altas densidades de indivíduos vivos podem ocorrer logo após processos reprodutivos assexuados ou, por exemplo, eventos de maior oferta de alimento como *blooms* de microalgas. O padrão de distribuição desses organismos em manchas pode fornecer resultados imprecisos a respeito das reais condições ambientais da área estudada.

Por outro lado, a fauna total pode fornecer informações sobre o ambiente em escalas temporal e espacial mais amplas. Porém, a composição da fauna total pode ser resultado dos processos *post mortem* sofridos pelas testas vazias, como transporte e dissolução. Em áreas tropicais, por exemplo, carapaças calcárias que cresceram durante a estação seca podem ser dissolvidas pela água mais ácida da

estação chuvosa (e. g. Debenay *et al.*, 2004). Além disso, a proporção de indivíduos vivos e mortos depende de muitos fatores, como taxa de sedimentação, variações temporais na abundância da fauna viva e espessura da amostra (Murray, 2000).

Sendo assim, os melhores resultados geralmente são atingidos com o estudo em paralelo da fauna viva e total.

5.6. Interações entre a Fauna viva e os Parâmetros Ambientais

Os metais pesados, exceto o mercúrio, as maiores concentrações de C_{org} e P_{org} e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (16-HPAs) se mostraram associados aos sedimentos finos. Alumínio e ferro são abundantes na crosta terrestre e apresentaram-se positivamente correlacionados com Ba, Pb, Cr, Fe, Mn, Ni, V e Zn, sugerindo aporte continental desses elementos. Carbono e fósforo orgânicos também apresentaram correlação positiva com esses metais, exceto com chumbo. Lacerda *et al.*, (2005) encontraram correlação positiva entre Al, Ba, Fe, e Cd em sedimentos da plataforma continental do Rio Grande do Norte, indicando que esses elementos têm origem continental. Lacerda *et al.*, (2004) encontraram correlação positiva entre todos os metais analisados, carbono orgânico e as frações finas de sedimento na plataforma interna da Bacia de Campos, sugerindo aporte continental desses elementos para a região costeira.

A energia hidrodinâmica parece ser um fator importante na distribuição de algumas espécies incrustantes, como *Rectocibicides miocenicus*, *Asterotrochammina aspera*, e algumas espécies de *Discorbis*, como pode ser observado no gráfico da CAP realizado com as espécies e os parâmetros ambientais (Figura 15). *Amphistegina lessonii*, *Textularia conica* e *Angulogerina jamaicensis* ocorreram em maior abundância nas estações da plataforma com predomínio de sedimentos carbonáticos e, no gráfico da CAP, são espécies que mostraram forte correlação positiva com as mais altas concentrações de carbonatos.

Ammonia tepida, *A. parkinsoniana*, *A. multigranulata* e alguns bolivinídeos e buliminídeos ocorreram em abundância em algumas estações costeiras, do cânion e

em algumas próximas às saídas dos emissários. Algumas dessas estações apresentaram os maiores teores de matéria orgânica, nutrientes e material particulado em suspensão e esses fatores parecem estar influenciando na distribuição dessas espécies. Porém, a forte correlação dessas espécies com os maiores valores de oxigênio, como mostrada na CAP (Figura 13), sugere também que a proximidade com a costa é um fator que pode estar influenciando na composição faunística dessas áreas.

Hallock *et al.* (2003) cita que vários gêneros da família Trochamminidae são considerados oportunistas, porém nesse estudo nenhuma espécie dessa família apresentou tal comportamento, nem mesmo outros gêneros pertencentes à superfamília Trochamminacea.

Nas áreas próximas às saídas dos estuários é possível que as atividades antrópicas realizadas na costa estejam alterando as condições ambientais e isto esteja se refletindo na composição das associações de foraminíferos e na abundância de algumas espécies. O adensamento populacional nas áreas adjacentes ao estuário de Galinhos-Guamaré e as atividades humanas realizadas na bacia do Rio Açu, como extração de sal, carcinicultura e agropecuária, aumentam a oferta de nutrientes e poluentes para essas áreas e as alterações nas associações de foraminíferos, como altas densidades de espécies consideradas oportunistas/tolerantes, parecem ser um reflexo dessa influência humana.

A figura 16 mostra uma clara distinção entre o ambiente costeiro e o carbonático. Dois grandes grupos identificados pelas análises de agrupamento (agrupamentos II da figura 11 e III da figura 13) também são observados na CAP. As estações costeiras e algumas da área dos emissários com predomínio siliciclástico e as estações localizadas nos ambientes transicionais siliciclasto/carbonático mostram correlações positivas com oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão e nutrientes, e correlação negativa com os carbonatos e a camada fótica. Por outro lado, as estações localizadas na plataforma média e externa apresentaram correlação positiva com carbonatos, pH e energia hidrodinâmica.

Nas estações do cânion do Rio Açu e do talude predominam sedimentos muito finos, silte a argila e os metais pesados e hidrocarbonetos mostraram forte correlação positiva com essas frações do sedimento. As estações que apresentaram altas abundâncias de espécies incrustantes (agrupamento IV da figura 17), assim como outras estações localizadas próximas à isóbata dos 10 metros (agrupamento III da figura 15) mostraram forte correlação positiva com a energia hidrodinâmica, como mostrado pelo gráfico da CAP. Várias estações costeiras e da área dos emissários apresentaram correlação positiva com a temperatura e salinidade, provavelmente devido a pouca profundidade, maior evaporação e baixo aporte hídrico continental.

Na CAP também é possível notar que as estações que apresentaram maiores densidades de foraminíferos aparecem reunidas e as estações do talude e outras adjacentes, mais profundas, apresentaram correlação positiva com a profundidade e silte.

6. CONCLUSÕES

Através das análises das associações de foraminíferos na área de estudo foi possível a compreensão de alguns fatores ambientais que governam a distribuição e características da fauna local, mostrando que estes organismos podem ser utilizados como indicadores ambientais.

Regiões costeiras são áreas instáveis do ponto de vista ambiental que apresentam grandes flutuações de salinidade, temperatura, aporte nutricional, etc. Essas características favorecem o estabelecimento de poucas espécies de foraminíferos adaptadas a tais condições que conseguem viver e obter sucesso reprodutivo.

As distintas associações de foraminíferos distribuem-se principalmente de acordo com a salinidade, composição e textura do sedimento, profundidade, concentração de nutrientes e de material particulado em suspensão. No ambiente predominantemente siliciclástico, com menores profundidades e menor transparência da água as associações de foraminíferos são predominantemente compostas por espécies infaunais que toleram as variações ambientais causadas pela instabilidade da área.

Embora muitas espécies sejam indicadas por diversos autores como oportunistas, na área de estudo apenas *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, alguns buliminideos e bolivinideos apresentaram tal comportamento, mostrando-se associadas com sedimentos finos, material particulado em suspensão, salinidade mais baixa e maiores concentrações de nutrientes. Muito cuidado deve ser tomado com relações espúrias e amostragens periódicas podem apontar de forma mais precisa quais são os fatores que realmente influenciam a distribuição e composição das associações de foraminíferos.

Nos ambientes transicionais da área estudada, as associações de foraminíferos são compostas por uma mistura de espécies características de

ambientes predominantemente siliciclásticos com espécies de ambiente carbonático. É possível perceber um ambiente de maior energia hidrodinâmica próximo à isóbata dos 10 metros pela presença de espécies adaptadas a tais condições.

A plataforma média/externa tem características eminentemente carbonáticas, com águas oligotróficas e coluna d'água mais transparente. Apresenta uma fauna composta predominantemente por espécies de macroforaminíferos que realizam simbiose com microalgas, adaptadas a baixas concentrações de nutrientes e pouca variação de temperatura, salinidade e pH.

A zona de quebra da plataforma e o talude são bem mais profundos, têm uma camada afótica maior e apresentam composição faunística distinta das associações da plataforma continental propriamente dita. Poucos pontos contemplam essa área e uma ampliação da malha amostral poderia auxiliar para um melhor conhecimento das respostas dessas associações às mudanças ambientais.

As diferentes associações de foraminíferos tendem se distribuir paralelamente à linha de costa e essa tendência parece alterada em algumas áreas costeiras, principalmente próximas às bocas de estuários e nas áreas adjacentes às saídas dos difusores. Os altos valores de densidade e dominância em algumas estações parecem refletir condições ambientais alteradas. Embora os dados fornecidos pela oceanografia física não mostrem a baixa salinidade dos efluentes lançados pelos emissários submarinos de Guamaré, este fator parece estar influenciando na composição e estrutura das comunidades de foraminíferos dessa área, da mesma forma que as atividades humanas influenciam as águas provindas do estuário de Galinhos-Guamaré e da bacia do Rio Açu.

Como discutido anteriormente, a fauna viva de foraminíferos pode fornecer informações sobre variações sazonais ou impactos agudos no ambiente, mas apesar da significativa diferença na estrutura das associações de foraminíferos entre a área de caracterização e dos emissários, é difícil distinguir entre quais fatores causam maior influência nessas comunidades. O papel dos tensores ambientais e

antrópicos sobre a fauna de foraminíferos deve ser melhor compreendido com a intensificação dos estudos na área.

Outras campanhas de amostragem que foram e estão sendo realizadas permitirão uma maior compreensão das características ambientais da área.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALBANI, A.; BARBERO, R. S.; DONNICI, S., 2007. Foraminífera as ecological indicators in the Lagoon of Venice, Italy. **Ecological Indicators**, v. 7, n. 2, p. 239-253.
- ALVE, E., 1991a. Foraminifera climatic changes and pollution: a study of late Holocene sediments in Drammensfjord, southeast Norway. **The Holocene**, v. 1, n. 3, p. 234-261.
- ALVE, E., 1991b. Benthic Foraminifera in sediments corers reflecting heavy metal pollution in Sør fjord, Western Norway. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 21, n. 1, p. 1-19.
- ALVE, E., 1995. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 25, n. 3, p. 190-203.
- ANDERSON, M. J.; WILLIS, T. J., 2003. Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. **Ecology**, v. 84, n. 2, p. 511-525.
- ANDRADE, E. J.; KIKUCHI, R. K. O.; MACHADO, A. J.; LEÃO, Z. M.N., 1997. Correlação entre fácies sedimentares e distribuição de Foraminíferos recentes na transição carbonatos-siliciclastos do litoral norte do Estado da Bahia. In: VI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e Reunião sobre o Quaternário da América do Sul, Curitiba-Pr. **Resumos expandidos**: 297-300.
- ANNIN, V. K., 2001. Benthic foraminifera assemblages as bottom environmental indicators, Posiet Bay, Sea of Japan. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 20, n. 1, p. 9-19.
- ARAÚJO, H. A. B.; MACHADO, A. J., 2008. Benthic foraminifera associated with the south Bahia coral reefs, Brazil. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 38, n. 1, p. 23-38.
- ARAÚJO, T. M.; MACHADO, A. J., 2005. Levantamento e frequência de foraminíferos encontrados na plataforma continental e no talude superior do norte da Bahia. In: X Congresso da Associação Brasileira do Estudo do Quaternário – ABEQUA, Guarapari (ES) **Resumos**. pdf.

- ARMYNOT du CHÂTELET, E.; DEBENAY, J. P.; SOULARD, R., 2004. Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors. **Environmental Pollution**, v. 127, n. 1, p. 27-40.
- BANDY, O. L.; INGLE, J. C.; RESIG, J. M., 1965. Foraminiferal trends, Hyperion outfall, California. **Limnology and oceanography**, v. 10, p. 314-332.
- BARMAWIDJAJA, D. M.; van der ZWANN, G. J.; JORISSEN, F. J.; PUSKARIC, S., 1995. 150 years of eutrophication in the northern Adriatic from a benthic foraminiferal Record Sea: Evidence from a benthic foraminiferal record. **Marine Geology**, v. 122, n. 4, p. 367-384.
- BARROS JUNIOR, L. M., 2001. **Biosorção de metais pesados presentes em águas de produção da indústria de petróleo**. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- BERGIN, F.; KUCUKSEZGIN, F.; ULUTURHAN, E.; BARUT, I.F.; MERIC, E.; AVSAR, N.; NAZIK, A., 2006. The response of benthic foraminifera and ostracoda to heavy metal pollution in Gulf of Izmir (Eastern Aegean Sea). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 66, n. 3, p. 368-386.
- BERNARD, J. M.; SEN GUPTA, B. K., 1999. Foraminifera of oxygen depleted environments. In: Sen Gupta, B. K. (Ed.). **Modern Foraminifera**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 201– 216.
- BONETTI, C. van der H. C., 2000. **Foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos. Estudo aplicado ao Sistema Estuarino de Santos – São Vicente (SP, Brasil)**. 229 f. + anexos. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo/Université d'Angers. São Paulo/Angers.
- BUCHMAN, M. F., 1999. NOAA Screening quick reference tables. NOAA HAZMAT Report 99-1, Seattle WA, **Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration**. p. 12.
- BURONE, L.; VENTURINI, N.; SPRECHMANN, P.; VALENTE, P.; MUNIZ, P., 2006. Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, n. 1, p. 61-73.
- BUZAS, M. A.; CULVER, S. J., 1991. Species diversity and dispersal of benthic foraminifera. **BioScience**, v. 41, n. 7, p.483-489.

- CALDAS, L. H. O.; OLIVEIRA JUNIOR, J. G.; MEDEIROS, W. E.; STATTEGGER, K; VITAL, H., 2006. Geometry and evolution of Holocene transgressive and regressive barriers on the semi-arid coast of NE Brazil. **Geo-Marine Letters**, v. 26, n. 5, p. 249-263.
- CANALES, M. L.; HENRIQUES, M. H., 2008. Foraminifera from the Aalenian and the Bajocian GSSP (Middle Jurassic) of Murtinheira section (Cabo Mondego, West Portugal): Biostratigraphy and paleoenvironmental implications. **Marine Micropaleontology**, v. 67, n. 1, p. 155-179.
- CARNAHAN, E. A., 2005. **Foraminiferal assemblages as bioindicators of potentially toxic elements in Biscayne Bay, Florida**. 97 f. + apêndices. MSc. Thesis, College of Marine Science, University of South Florida. Florida.
- CONAMA, 2004. Conselho Nacional do Meio Ambiente, MMA, Resolução CONAMA nº. 344, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res04/res34404.xml>. Acesso em: 22/10/2008.
- COSTA, F. H. S.; PETTA, R. A.; LIMA, R. F. S.; MEDEIROS, C. N., 2006. Determinação da vulnerabilidade ambiental na Bacia Potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 2, p. 119-127.
- COULL, B. C.; CHANDLER, G. T., 1992. Pollution and Meiofauna: Field, Laboratory and Mesocosm Studies. In: BARNES, M.; ANSELL, A. D. and GIBSON, R. N. (Eds.) **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, v. 30, n. 32, p. 191-271. UCL Press.
- CULVER, J. S. J.; BUZAS, M. A. 1995. The effects of anthropogenic habitat disturbance, habitat destruction, and global warming on shallow marine benthic foraminifera. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 25, n. 3, p. 204-211.
- DEBENAY, J. -P.; PAWLOWSKI, J.; DECROUEZ, D., 1996. **Les foraminifères actuels**. Paris: Masson.
- DEBENAY, J. -P.; REDOIS, F., 1997. Recent foraminifera of the northern continental shelf of Senegal. **Revue de Micropaléontologie**, v. 40, n. 1, p. 15-38.
- DEBENAY, J. -P.; TSAKIRIDIS, E.; SOULARD, R.; GROSSEL, H., 2001. Factors determining the distribution of foraminiferal assemblages in Port Joinville Harbor (Ile d'Yeu, France): the influence of pollution. **Marine Micropaleontology**, v. 43, n. 1/2, p. 75-118.

- DEBENAY, J. -P.; GUIRAL, D.; PARRA, M., 2004. Behaviour and taphonomic loss in foraminiferal assemblages of mangrove swamps of French Guiana. **Marine Geology**, v. 208, n. 2/4, p. 295-314.
- DISARÓ, S. T., 1995. **Associações de foraminíferos da Baía das Laranjeiras, Complexo Estuarino Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil**. 76 f. + anexos. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- DISARÓ, S. T., 1997. Spatial distribution of benthic foraminiferal assemblages in Laranjeiras Bay, Paraná (Southeast Brazil). *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE APPLICATION OF MICROPALAEONTOLOGY IN ENVIRONMENTAL SCIENCES, 1, Tel Aviv, **Tel Aviv Abstracts**: p. 50.
- DIZ, P.; FRANCÉS, G., 2008. Distribution of live benthic foraminifera in the Ría de Vigo (NW Spain). **Marine Micropaleontology**, v. 66, n. 3/4, p. 165-191.
- DULEBA, W.; DEBENAY J.-P.; SOUSA S. H. M., 2004. Caracterização ambiental dos estuários dos rios Guaraú e Una, a partir de análises sedimentológicas e das associações de foraminíferos e tecamebas. *In*: MARQUES, O. A. V. & DULEBA, W. (Eds.). **Estação Ecológica Juréia-Itatins: Ambiente Físico, Flora e Fauna**. São Paulo: Holos Editora. p 68-85.
- EICHLER, P. P. B.; EICHLER, B. B.; MIRANDA, L. B.; PEREIRA, E. R. M.; KFOURI, P. B. P.; PIMENTA, F. M.; BÉRGAMO, A. L.; VILELA, C. G., 2003. Benthic Foraminiferal Response to Variations in Temperature, Salinity, Dissolved Oxygen and Organic Carbon, in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 26, n. 1, p. 36-51.
- FERNANDES JUNIOR, W. E.; PAULO, J. B. A.; MORAES, N. A.; LIMA, A. F.; LACERDA, G. M., 2006. Tratamento de águas produzidas por meio de nova tecnologia (MDIF): aplicação para águas contendo baixas concentrações em óleo. **Boletim Técnico da Petrobras**, v. 49, n. 1/3, p. 73-87.
- FERRARO, L. ; SPROVIERI, M.; ALBERICO, I.; LIRER, F.; PREVEDELLO, L.; MARSELLA, E., 2006. Benthic foraminifera and heavy metals distribution: A case study from the Naples Harbour (Tyrrhenian Sea, Southern Italy). **Environmental Pollution**, v. 142, n. 2, p. 274-287.
- FIGUEIRA, B. O.; VILELA, C. G.; BAPTISTA NETO, J. A., 2007. Avaliação da Poluição Antrópica Usando Padrão de Distribuição de Espécies de Foraminíferos Provenientes de Testemunhos da Baía de Guanabara, RJ. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 30, n. 1, p. 145-157.

- FISHER, R. A.; CORBET, A. S.; WILLIAMS, C.B., 1943. The Relation Between the Number of Species and the Number of Individuals in a Random Sample of an Animal Population. **The Journal of Animal Ecology**, v. 12, n. 1, p. 42-58
- FLORES MONTES, M. J., 2003. **Fatores que influenciam na produtividade dos oceanos: a importância do fluxo de difusão dos nutrientes para a biomassa do fitoplâncton na região oceânica do nordeste brasileiro**. 166 f. + anexos. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- FRONTALINI, F.; COCCIONI, R., 2008. Benthic foraminifera for heavy metal pollution monitoring: A case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76, n. 2, p. 404-417.
- GARCIA, M. R. D., 2004. **Contribuição de efluentes urbano-industriais na contaminação por HPAs dos sedimentos estuarinos da lagoa dos patos (Rio Grande, RS)**. 71 f. + anexos. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Química) – Departamento de Geociências, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- GESLIN, E.; DEBENAY, J.-P.; DULEBA, W.; BONETTI, C., 2002. Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environment: comparison between polluted and non-polluted areas. **Marine Micropaleontology**, v. 45, n. 2, p. 151-168.
- HALLOCK, P.; LIDZ, B. H.; COCKEY-BURKHARD, E. M.; DONNELLY, K. B., 2003. Foraminifera as bioindicators in coral reef assessment and monitoring: The FORAM Index. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 81, n. 1/3, p. 221-238.
- JAYARAJU, N; SUNDARA RAJA REDDY, B. C.; REDDY, K. R., 2007. The response of benthic foraminifera to various pollution sources: A study from Nellore Coast, East Coast of India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 143, n. 1/3, p.319-323.
- KAMINSKI, M. A., BOERSMA, A., TYSZKA, J.; HOLBOURN, A. E. L., 1995. Response of deep-water agglutinated foraminifera to dysoxic conditions in the California Borderland basins. In: KAMINSKI, M. A. GEROCH, S., & GASINSKI, M. A. (Eds.). **Proceedings of the Fourth International Workshop on Agglutinated Foraminifera**. Kraków Poland: Grzybowski Foundation Special Publication. p. 131-140.
- KENNEDY, A. D.; JACOBY, C. A., 1999. Biological indicators of marine environmental health: Meiofauna - a neglected benthic component? **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 54, n. 1, p. 47-68.

- KNOPPERS, B.; EKAU, W.; FIGUEIREDO, A. G., 1999. The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport. **Geo-Marine Letters**, v. 19, n. 3, p. 171-178.
- LACERDA, L. D.; REZENDE, C. E.; OVALLE, Á. R. C.; CARVALHO, C. E. V., 2004. Mercury distribution in continental shelf sediments from two offshore oil fields from southeastern Brazil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 72, n. 1, p. 178-185.
- LACERDA, L. D.; SANTELLI, R. E.; CAMPOS, R. C., 2005. Metais em sedimentos. In: II WORKSHOP DO PROJETO DE CARACTERIZAÇÃO E MONITORAMENTO AMBIENTAL DA BACIA POTIGUAR, Natal. **PETROBRAS**. 15 p. 1 CD ROM.
- LACERDA, L. D.; MARINS, R. V., 2006. Geoquímica de sedimentos e o monitoramento de metais na plataforma continental nordeste oriental do Brasil. **Geochemica Brasiliensis**, v. 20, n. 1, p. 123-135.
- LANGER, M., 1999. Origin of foraminifera: conflicting molecular and paleontological data? **Marine Micropaleontology**, v. 38, n.1, p. 1-5.
- LE CADRE, V.; DEBENAY, J.-P., LESOURD, M., 2003. Low pH effects on *Ammonia baccarii* test deformation: implications for using test deformations as a pollution indicator. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 33, n. 1, p. 1-9.
- LE CADRE, V.; DEBENAY, J.-P., 2006. Morphological and cytological responses of *Ammonia* (foraminifera) to copper contamination: Implication for the use of foraminifera as bioindicators of pollution. **Environmental Pollution**, v. 143, n. 2, p. 304-317.
- LEGENDRE, P.; ANDERSON, M. J., 1999. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. **Ecological Monographs**, v. 69, n. 1, p. 1-24.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L., 1998. **Numerical ecology**. Second English edition. Amsterdam: Elsevier Science BV.
- LEVY, A.; MATHIEU, R.; POIGNANT, A.; ROSSET-MOULINIER, M.; AMBROISE, D., 1995. Benthic foraminifera from the Fernando de Noronha Archipelago (northern Brazil). **Marine micropaleontology**, v. 26, n. 1/4, p. 89-97.
- LIMA, F. B.; AMARO, V. E.; KAMPEL, M., 2007. Monitoramento ambiental da plataforma setentrional do RN com base em imagens MODIS e dados *in situ*. In: XIII

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis. **Anais**. p. 4619-4621.

LOEBLICH Jr. A. R.; TAPPAN, H., 1988. **Foraminiferal genera and their classification**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1-2.

LUCIANI, V. 2007. Test abnormalities in benthic foraminifera and heavy metal pollution at the Goro lagoon (Italy): a multi-year history. **Geophysical Research Abstracts**, v. 9, 09765.

MACHADO, A. J.; SOUZA, F. B. C., 1994. Principais espécies de foraminíferos e briozoários do Atol das Rocas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 4, p. 247-261.

MACHADO, A. J.; ANDRADE, E. J.; ARAÚJO, H. A. B., 2006. Fauna de foraminíferos do litoral norte do estado da Bahia. **Revista de Geologia**, v. 19, n. 2, p. 147-154.

MARTINS, C. C., 2005. **Marcadores Orgânicos Geoquímicos em testemunhos de sedimento do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, SP: um registro histórico da introdução de hidrocarbonetos no ambiente marinho**. 210 f. + anexos. Tese (Doutorado em Ciências, área de Oceanografia Química e Geológica) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTINS, C. C.; MAHIQUES, M. M.; BÍCEGO, M. C.; FUKUMOTO, M. M.; MONTONE, R. C., 2007. Comparison between anthropogenic hydrocarbons and magnetic susceptibility in sediment cores from the Santos Estuary, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, n. 2, p. 240-246.

MCARDLE, B. H.; ANDERSON, M. J., 2001. Fitting multivariate models to community data: A comment on distance-based redundancy analysis. **Ecology**, v. 82, n. 1, p. 290-297.

MOJTAHID, M.; JORISSEN, F.; DURRIEU, J.; GALGANI, F.; HOWA, H.; REDOIS, F.; CAMPS, R., 2006. Benthic foraminifera as bio-indicators of drill cutting disposal in tropical east Atlantic outer shelf environments. **Marine Micropaleontology**, v. 61, n. 1/3, p. 58-75.

MORAES, S. S.; MACHADO, A. J., 2003. Avaliação das condições hidrodinâmicas de dois recifes costeiros do litoral norte do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 201-210.

MORVAN, J.; LE CADRE, V.; JORISSEN, F.J.; DEBENAY, J.P., 2004. Foraminifera as potential bio-indicators of the "Erika" oil spill in the Bay of Bourgneuf : Field and experimental studies. **Aquatic Living Resources**, v. 17, n. 3, p. 317-322.

- MORVAN, J.; DEBENAY, J. -P.; JORISSEN, F. J.; REDOIS, F.; BÉNÉTEAU, E.; DELPLANCKE, M.; AMATO, A. -S., 2006. Patchiness and life cycle of intertidal foraminifera: Implication for environmental and paleoenvironmental interpretation. **Marine Micropaleontology**, v. 61, n. 1/3, p. 131–154
- MOHRIAK, W. U., 2003. Bacias sedimentares da margem continental brasileira. In: Bizzi, L. A., Schobbenhaus, C., Vidotti R. M. & Gonçalves J. H. (Eds.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. CPRM, Brasília. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/capIII-a.pdf>. Acesso em 27/06/2008.
- MURRAY, J. W., 1973. **Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids**. London: Heinemann Educational Books Ltda.
- MURRAY, J. W., 2000. The enigma of the continued use of total assemblages in ecological studies of benthic foraminifera. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 30, n. 3, p. 244–245.
- MURRAY, J. W., 2002. Introduction to benthic foraminifera. In: Haslett, S.K. (Ed) **Quaternary environmental micropalaeontology**. Arnold, London: 5–13.
- OHKUSHI, K.; NATORI, H., 2001. Living benthic foraminifera of the Hess Rise and Suiko Seamount, central North Pacific. **Deep Sea Research I**, v. 48, n. 5, p. 1309–1324.
- PANIERI, G., 2005. Benthic foraminifera associated with a hydrocarbon seep in the Rockall Trough (NE Atlantic). **Geobios**, v. 38, n. 2, p. 247–255.
- PASCUAL, A., RODRIGUEZ-LAZARO, J., MARTÍN-RUBIO, M., JOUANNEAU, J. M., WEBER, O., 2008. A survey of the benthic microfauna (foraminifera, Ostracoda) on the Basque shelf, southern Bay of Biscay. **Journal of Marine Systems**, v. 72, n. 1/4, p. 35–63
- PESSOA-NETO, O. C., 2003. Estratigrafia de seqüências da plataforma mista neogênica na Bacia Potiguar, margem equatorial brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 3, p. 263–278.
- PLATON, E.; SEN GUPTA, B. K.; RABALAIS, N. N.; TURNER, R. E., 2005. Effect of seasonal hypoxia on the benthic foraminiferal community of the Louisiana inner continental shelf: The 20th century Record. **Marine Micropaleontology**, v. 54, n. 3/4, p. 263–283.

- POZEBON, D.; LIMA, E. C.; MAIA, S. M.; FACHEL, J. M. G., 2005. Heavy metals contribution of non-aqueous fluids used in offshore oil drilling. **Fuel**, v. 84, n. 1, p. 53-61.
- RAINBOW, P. S., 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 31, n. 4/12, p. 183-192.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>.
- REZENDE, C. E.; LACERDA, L. D.; OVALLE, A. R. C.; SOUZA, C. M. M.; GOBO, A. A. R.; SANTOS, D. O., 2002. The effect of an oil drilling operation on the trace metal concentrations in offshore bottom sediments of the Campos Basin oil Field, SE Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, n. 7, p. 680-684.
- RESING, J. M., 1960. Foraminiferal ecology around ocean outfalls off southern California. In: PERSON, E. (Ed.). **Disposal in the Marine Environment**. London: Pergamon Press. p. 104-121.
- REVISTA RURAL. Camarão – Negócio de Futuro. Revista Rural, São Paulo, v. 82, novembro de 2004. Disponível em: www.revistarural.com.br/edicoes/2004/artigos/rev82_camarao.htm. Acesso em: 20/10/2008.
- ROCHA, I. P., 2003. A indústria brasileira do camarão cultivado. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE A INDÚSTRIA DO CAMARÃO CULTIVADO, WAS'2003, Salvador. **Palestra**. Disponível em <http://www.mcraquacultura.com.br/arquivos/A%20Industria%20Brasileira%20Camarao%20Cultivado.pdf>. Acesso em: 20/10/2008.
- RODRIGUES, A. R.; EICHLER, P. P. B.; EICHLER, B. B., 2003. Utilização de foraminíferos no monitoramento do canal de Bertioga (SP, BRASIL). **Atlântica, Rio Grande**, v. 25, n. 1, p. 35-51.
- SAMIR, A. M., 2000. The response of benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: a study from two lagoons in Egypt. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 30, n. 2, p. 83-98.
- SAMIR, A. M.; EL-DIN, A. B., 2001. Benthic foraminiferal assemblages and morphological abnormalities as pollution proxies in two Egyptian bays. **Marine Micropaleontology**, v. 41, n. 3/4, p. 193-227.

- SANCHES, T. M.; KIKUCHI, R. K. P.; EICHLER, B. B., 1995. Ocorrência de foraminíferos recentes em Abrolhos, Bahia. **Publicação Especial Instituto de Oceanográfico**, v. 11, p. 37-47.
- SEIGLIE, G. A. 1968. Foraminiferal assemblages as indicators of high organic content in sediments and of polluted waters. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 52, n. 11, p.2231-2241.
- SEIGLIE, G. A., 1975. Foraminifers of Guayanilla Bay and their use as environmental indicators. **Revista Española de Micropaleontología**, v. 7, n. 3, p. 453-487.
- SELLIER de CIVRIEUX, J. M., 1970. Biofacies bentônicas de foraminíferos em La plataforma continental de Cumaná – Venezuela. **Boletim do Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente**, v. 9, n. 1/2, p. 21-70.
- SELLIER de CIVRIEUX, J. M.; RUÍZ, J. B., 1971. La influencia de los parámetros físico-químicos del fondo em las facies de foraminíferos bentónicos. **Boletim do Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente**, v. 10, n. 2, p. 15-34.
- SEN GUPTA, B. K.; PLATON, E.; BERNHARD, J. M.; AHARON, P., 1997. Foraminiferal colonization of hydrocarbon-seep bacterial mats and underlying sediment, Gulf of Mexico slope. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 27, n. 4, p. 292-300.
- SEN GUPTA, B. K., 1999a. Introduction to modern Foraminifera. *In*: SEN GUPTA, B. K. (Ed.). **Modern Foraminifera**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 3-6.
- SEN GUPTA, B. K., 1999b. Foraminifera in marginal marine environments. *In*: SEN GUPTA, B. K. (Ed.). **Modern Foraminifera**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 141-159.
- SERANDREI-BARBERO, R.; ALBANI, A.; DONNICI, S.; RIZZETTO, F., 2006. Past and recent sedimentation rates in the Lagoon of Venice (Northern Italy). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 69, n. 1/2, p. 255-269.
- SCHAFER, C. T.; COLLINS, E. S.; SMITH, J. N., 1991. Relationship of foraminifera and thecamoebian distributions to sediments contaminated by pulp mill effluent: Saguenay fiord, Quebec, Canada. **Marine Micropaleontology**, v. 17, n. 3/4, p. 255-283.
- SILVA, C. A. R., RAINBOW, P. S., SMITH, B. D.; SANTOS, Z. L., 2001. Biomonitoring of trace metal contamination in the Potengi estuary, Natal (Brazil),

using the oyster *Crassostrea rhizophorae*, a local food source. **Water Research**, v. 35, n. 17, p. 4072-4078.

SILVA, C. A. R.; RAINBOW, P. S.; SMITH, B. D., 2003. Biomonitoring of trace metal contamination in mangrove-lined Brazilian coastal systems using the oyster *Crassostrea rhizophorae*: comparative study of regions affected by oil, salt pond and shrimp farming activities. **Hydrobiology**, v. 501, n. 1/3, p. 199-206.

SOARES-GOMES, A.; FIGUEIREDO, A. G., 2002. O ambiente marinho. In: PEREIRA, R. C & SOARES-GOMES, A (Eds.). **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro. Editora Interciência. p. 1-33.

STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 6. <www.statsoft.com>.

SZAREK, R.; NOMAKI, H.; KITAZATO, H., 2007. Living deep-sea benthic foraminifera from the warm and oxygen-depleted environment of the Sulu Sea. **Deep Sea Research II**, v. 54, n. 1/2, p. 145-176.

UCHIO, T. 1960. Ecology of living benthonic foraminifera from the San Diego, California area. **Cushman Foundation for Foraminiferal Research Special Publication**, v. 5, p. 1-72.

UEHARA, R. S.; DULEBA, W.; PETRI, S.; MAHIQUES, M. M.; RODRIGUES, M., 2007. Micropaleontologia e sedimentologia aplicadas à análise paleoambiental: um estudo de caso em Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 10, n. 3, p. 137-150.

VILELA, C. G.; BATISTA, D. S.; BAPTISTA-NETO, J. A.; CRAPEZ, M.; MCALLISTER, J. J., 2004. Benthic foraminifera distribution in high polluted sediments from Niterói Harbor (Guanabara Bay), Rio de Janeiro, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 76, n. 1, p. 161-171.

VITAL, H.; SILVEIRA, I. M.; AMARO, V. E., 2005a. Carta sedimentológica da plataforma continental brasileira: área Guamaré a Macau (NE Brasil), utilizando integração de dados geológicos e sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 3, p. 233-241.

VITAL, H.; ESTEVES, L.; ARAÚJO, T. C. M.; PATCHINEELAM, S. 2005b. Oceanografia geológica e geofísica da plataforma continental brasileira. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; DE OLIVEIRA, P. E. (Eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora. p. 153-175.

- VOLKMAN, J. K.; HOLDSWORTH, D. G.; NEILL, G. P.; BAVOR JR, H. J., 1992. Identification of natural, anthrogene and petroleum hydrocarbons in aquatic sediments. **Science Total Environment**, v. 112, n. 2/3, p. 203-219.
- WATKINS, J.G., 1961. Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewage outfall. **Micropaleontology**, v. 7, n. 2, p. 199-206.
- YANKO, V.; KRONFELD, J.; FLEXER, A. 1994. Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 24, n. 1, p. 1-17.
- YANKO, V.; AHMAD, M.; KAMINSKI, M., 1998. Morphological deformities of benthic foraminiferal tests in response to pollution by heavy metals: implication for pollution monitoring. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 28, n. 3, p. 177-200.
- YANKO, V.; ARNOLD, A. J.; PARKER, W. C., 1999. Effects of marine pollution on benthic foraminifera. In: Sen Gupta, B. K. (Ed.). **Modern Foraminifera**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 217-235.
- ZALESNY, E. R., 1959. Foraminiferal ecology of Santa Monica Bay, California. **Micropaleontology**, v. 5, n. 1, p. 101-26.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS E MÉDIOS DOS PARÂMETROS QUÍMICOS

	Área de caracterização			Área dos emissários		
	Estação/Máximo	Estação/Mínimo	Média	Estação/Máximo	Estação/Mínimo	Média
OD (mg L ⁻¹)	BP20 5,43	BP34 4,36	4,71	E11 5,34	E14 4,83	5,1
pH	BP13 8,27	BP32 7,77	8,17	E11 8,24	E17 8,04	8,19
MPT (mg L ⁻¹)	BP09 11,13	BP40 0,15	1,68	E08 8,2	E24 0,26	2,55
MPO (mg L ⁻¹)	BP09 9,63	BP18 0	1,27	E08 6,4	E12/21/24 0,13	1,93
MPI (mg L ⁻¹)	BP25 1,8	BP22/27/40 0	0,42	E07 2,6	E02/E05 0	0,62
Clorofila a (mg m ⁻³)	BP20 2,47	BP02 0,18	0,64	** **	** **	** **
C _{org} (mg g ⁻¹)	BP35 13,82	BP05 0,25	2,13	E16 1,13	E03 0,38	0,59
P _{org} (mg g ⁻¹)	BP32 148,88	BP09 5,15	49,1	E05 39,94	E20 9,47	18,81
Amônia (μM)*	BP25 0,32	BP37 0,01	0,08	E23 0,21	E14 0,01	0,08
Nitrito (μM)*	BP05 0,31	BP08 0,01	0,08	E16 0,16	E15 0,01	0,05
Nitrato (μM)	BP32 24,35	BP12 0,17	1,93	E04 1,52	E21 0,16	0,64
Silicato (μM)	BP09 27,71	BP42 1,27	9,11	E17 98,03	E07 3,36	14,80
Ortofosfato (μM)	BP32 1,82	BP28 0,05	0,21	E09 0,30	E26 0,04	0,15

FONTE: Workshop da Bacia Potiguar – PETROBRAS, Recife, 2006.

* Várias estações com valores abaixo do limite de detecção

** Sem informação

APÊNDICE 2 – VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS E MÉDIOS DOS HIDROCARBONETOS

	Área de caracterização					Área dos emissários				
	Estação/Máximo		Estação/Mínimo		Média	Estação/Máximo		Estação/Mínimo		Média
n-alcanos	BP28	1513	BP20	135,5	547,3	E11	1043	E24	148	396
Resolvidos	BP30	2815	BP05	336	1034	E11	1421	E14	234	639
MCNR	BP33	6465	BP06	311	1924	E11	4074	E04	597	1625
Alif. Totais	BP33	9,67	*	0,1	1,23	E05	5,4	**	0,1	1,06
16 HPAs	BP27	4636	BP13	56	1243	E16	2694	E04	293	1209

FORTE: Workshop da Bacia Potiguar – PETROBRAS, Recife, 2006.

*Estações – BP03, BP05, BP22, BP25, BP26, BP30, BP36, BP37, BP38 e BP41

**Estações – E02, E04, E21, E24 e E25

Todos os elementos estão em ng.g^{-1} (ppb)

APÊNDICE 3 – VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS E MÉDIOS DOS METAIS PESADOS

Área de caracterização						Área dos emissários				
	Estação/Máximo		Estação/Mínimo		Média	Estação/Máximo		Estação/Mínimo		Média
Al	BP27	15307,18	BP29	78,12	2480,5	E16	6536,15	E14	193,43	1298,74
Ba	BP25	332,26	BP14	5,9	63,3	E09	186,68	E04	7,56	45,21
Cd	BP05	5,2	BP14	0,002	0,34	E16	0,32	E02	0	0,09
Pb	BP32	7,66	*	0	1,39	E16	4,7	E05/25	0	0,84
Cu	BP05	6,6	*	0	0,61	E04	0,37	*	0	0,08
Cr	BP27	23,49	BP37	2,4	7,92	E16	8,19	E08	1,29	3,53
Fe	BP33	7136,34	BP31	122,10	1321,2	E16	1909	E02	294,23	791,51
Mn	BP32	148,02	BP11	4,6	26,04	E07	38,1	E03	1,86	18,77
Ni	BP32	7,04	BP41/42	0	0,88	E16	0,85	E01	0,05	0,32
V	BP33	40,43	BP42	2,12	7,6	E16	8,3	E03	1,38	4,56
Zn	BP29	14,69	*	0	1,77	E20	2,52	*	0	0,42
Hg	BP30	0,018	*	0	0,005	E07	0,66	E26	0	0,004

FONTE: Workshop da Bacia Potiguar – PETROBRAS, Recife, 2006.

* Várias estações apresentaram valor mínimo igual a zero ou abaixo do limite de detecção
 Todos os elementos estão em mg.Kg⁻¹ (ppm), exceto Hg que está em µg.Kg⁻¹ (ppb)

**APÊNDICE 4 – LISTA DE ESPÉCIES
UTILIZADAS NA CAP E RESPECTIVAS
ABREVIATURAS**

Espécies	Abreviatura
Ammobaculites agglutinans	Amm.agg
Ammonia multigranulata	Amm.mul
Ammonia parkinsoniana	Amm.par
Ammonia sp. A	Amm.spA
Ammonia sp. B	Amm.spB
Ammonia tepida	Amm.tep
Amphistegina gibbosa	Amp.gib
Amphistegina lessonii	Amp.les
Angulogerina jamaicensis	Ang.jam
Archaias angulatus	Arc.ang
Asterotrochammina aspera	Aste.asp
Bdeloidina sp.	Bde.sp
Bolivina albatrossi	Bol.alb
Bolivina cf. B. limonensis	Bol.lim
Bolivina compacta	Bol.com
Bolivina doniezi	Bol.don
Bolivina goesii	Bol.goe
Bolivina interjuncta	Bol.int
Bolivina lowmani	Bol.low
Bolivina malovenssis	Bol.mal
Bolivina ordinaria	Bol.ord
Bolivina pseudoplicata	Bol.pse
Bolivina rhomboidalis	Bol.rho
Bolivina spp.	Bol.spp
Bolivina striatula	Bol.str
Bolivina tortuosa	Bol.tor
Bolivina translucens	Bol.tra
Bolivina variabilis	Bol.var
Bulimina inflata	Bul.inf
Bulimina marginata	Bul.mar
Bulimina spp.	Bul.spp
Buliminella elegantissima	Bulla.ele
Buliminella parallela	Bulla.par
Buliminella spp.	Bulla.spp
Cibicides advenum	Cib.adv
Criboelphidium sp.	Crib.sp
Discorbis concinna	Dis.con

continuação **APÊNDICE 4**

Espécies	Abreviatura
Discorbinella minuta	Disa.min
Discorbis sp. (aro)	Dis.sp.aro
Discorbis terquemi	Dis.ter
Discorbis williamsoni	Dis.wil
Elphidium advenum	Elp.adv
Elphidium articulatum	Elp.art
Elphidium discoidale	Elp.dis
Elphidium excavatum	Elp.exc
Elphidium morenoi morenoi	Elp.mor.mor
Elphidium sagrum	Elp.sag
Elphidium spp.	Elp.spp
Fursenkoina pontoni	Fur.pon
Haynesina germanica	Hay.ger
Loxostomum limbatum	Lox.lim
Miliolinella subrotunda	Mil.subro
Mychostomina revertens	Myc.rev
Nonionella atlantica	Non.atl
Nonionella auricula	Non.aur
Nonionella sp.	Non.sp
Nonionella spp.	Non.spp
Nonioninoides grateloupi	Nons.gra
Quinqueloculina agglutinans	Qui.agg
Quinqueloculina auberiana	Qui.aub
Quinqueloculina bosciana	Qui.bos
Quinqueloculina milletti	Qui.mil
Quinqueloculina moynensis, s.l.	Qui.moy
Quinqueloculina poeyana	Qui.poe
Quinqueloculina spp.	Qui.spp
Rectocibicides miocenicus	Rec.mio
Rosalina floridana	Ros.flo
Spiroplectammina biformis	Spirop.bif
Textularia agglutinans	Tex.agg
Textularia candeiana	Tex.can
Textularia conica	Tex.con
Textularia earlandi	Tex.ear
Trochammina inflata	Tro.inf

APÊNDICE 5 – LISTA DE FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS VIVOS REGISTRADOS NESSE ESTUDO

Reino PROTISTA

Sub-reino PROTOZOA

Filo SARCOMASTIGOPHORA

Subfilo SARCODINA

Superclasse RHIZOPODA

Classe GRANULORETICULOSA

Ordem FORAMINIFERIDA Eichwald, 1830

Subordem ALLOGROMIINA Loeblich and Tappan, 1961

Família ALLOGROMIIDAE Rhumbler, 1904

Subfamília ALLOGROMIINAE Rhumbler, 1904

Gênero *Allogromia* Rhumbler, 1904

Allogromia flexibilis (Wiesner, 1931)

Subfamília ARGILLOTUBINAE Avnimelech, 1952

Gênero *Resigella* Loeblich and Tappan, 1984

Resigella moniliformis (Resig, 1982)

Subordem TEXTULARIINA Delage and Hérouard, 1896

Superfamília ASTRORHIZACEA Brady, 1881

Família ASTRORHIZIDAE Brady, 1881

Subfamília ASTRORHIZINAE Brady, 1881

Gênero *Astrorhizoides* Shchedrina, 1969

Astrorhizoides cornutus Brady, 1879

Família RHABDAMMINIDAE Brady, 1884

Subfamília RHABDAMMININAE Brady, 1884

Gênero *Marsipella* Norman, 1878

Marsipella elongata Norman, 1878

Subfamília HALYPHYSEMINAE Loeblich and Tappan, 1984

Gênero *Dendronina* Heron-Allen and Earland, 1922

Dendronina arborescens Heron-Allen and Earland, 1922

Dendronina sp. A

Dendronina? sp. B

Dendronina? sp. C

Família SCHIZAMMINIDAE Nørvang, 1961

Gênero *Schizammina* Heron-Allen and Earland, 1929

Schizammina sp.

Família PSAMMOSPHAERIDAE Haeckel, 1894

Subfamília PSAMMOSPHAERINAE Haeckel, 1894

Gênero *Psammosphaera* Schulze, 1875

Psammosphaera fusca Schulze, 1875

Psammosphaera scalena Haman, 1983

Gênero *Spiculosiphon* Christiansen, 1964

Spiculosiphon radiata Christiansen, 1964

Família SACCAMMINIDAE Brady, 1884

- Subfamília SACCAMMININAE Brady, 1884
 Gênero *Technitella* Norman, 1878
 Technitella bradyi Earland, 1934
 Technitella legumen Norman, 1878
- Superfamília HIPPOCREPINACEA Rhumbler, 1895
 Família HIPPOCREPINIDAE Rhumbler, 1895
 Subfamília HYPERAMMININAE Eimer and Fickert, 1899
 Gênero *Saccorhiza* Eimer and Fickert, 1899
 Saccorhiza ramosa (Brady, 1879)
- Superfamília AMMODISCACEA Reuss, 1862
 Família AMMODISCIDAE Reuss, 1862
 Subfamília AMMOVERTELLININAE Saidova, 1981
 Gênero *Glomospira* Rzehak, 1885
 Glomospira charoides (Jones and Parker, 1860)
 Glomospira gordialis (Jones and Parker, 1860)
- Superfamília HORMOSINACEA Haeckel, 1894
 Família HORMOSINIDAE Haeckel, 1894
 Subfamília REOPHACINAE Cushman, 1910
 Gênero *Hormosinella* Shchedrina, 1969
 Hormosinella sp.
 Gênero *Reophax* de Montfort, 1808
 Reophax agglutinator Cushman, 1913
 Reophax arayaensis Bermudez and Seiglie, 1963
 Reophax scorpiurus de Montfort, 1808
- Superfamília LITUOLACEA de Blainville, 1827
 Família HAPLOPHRAGMOIDIDAE Maync, 1952
 Gênero *Cribrostomoides* Cushman, 1910
 Cribrostomoides jeffreysii (Williamson, 1858)
 Cribrostomoides weddellensis (Earland, 1936)
 Gênero *Haplophragmoides* Cushman, 1910
 Haplophragmoides wilberti Andersen, 1953
- Família DISCAMMINIDAE Mikhalevich, 1980
 Gênero *Ammoscalaria* Höglund, 1947
 Ammoscalaria tenuimargo (Brady, 1882)
- Família LITUOLIDAE de Blainville, 1827
 Subfamília AMMOMARGINULININAE Podobina, 1978
 Gênero *Ammobaculites* Cushman, 1910
 Ammobaculites agglutinans (d'Orbigny, 1846)
- Família PLACOPSILINIDAE Rhumbler, 1913
 Subfamília PLACOPSILININAE Rhumbler, 1913
 Gênero *Placopsilina* d'Orbigny, 1850
 Placopsilina cenomana d'Orbigny, 1850

- Superfamília COSCINOPHRAGMATACEA Thalmann, 1951
 Família COSCINOPHRAGMATIDAE Thalmann, 1951
 Gênero *Bdelloidina* Carter, 1877
Bdelloidina sp.
- Superfamília LOFTUSIACEA Brady, 1884
 Família CYCLAMMINIDAE Marie, 1941
 Subfamília ALVEOLOPHRAGMIINAE Saidova, 1981
 Gênero *Alveolophragmium* Shchedrina, 1936
Alveolophragmium nitidum (Goes, 1896)
- Superfamília SPIROPLECTAMMINACEA Cushman, 1927
 Família SPIROPLECTAMMINIDAE Cushman, 1927
 Subfamília SPIROPLECTAMMININAE Cushman, 1927
 Gênero *Spiroplectammina* Cushman, 1927
Spiroplectammina biformis (Parker and Jones, 1865)
- Superfamília TROCHAMMINACEA Schwager, 1877
 Família TROCHAMMINIDAE Schwager, 1877
 Subfamília TROCHAMMININAE Schwager, 1877
 Gênero *Trochammina* Parker and Jones, 1859
Trochammina advena Cushman, 1922
Trochammina discorbis Earland, 1934
Trochammina inflata (Montagu, 1808)
Trochammina sp. A
Trochammina spp.
- Subfamília ROTALIAMMININAE Saidova, 1981
 Gênero *Rotaliammina* Cushman, 1924
Rotaliammina siphonata (Seiglie, 1965)
- Subfamília POLYSTOMAMMININAE Brönnimann and Beurlen, 1977
 Gênero *Deuterammina* Brönnimann, 1976
Deuterammina rotaliformis (Heron-Allen and Earland, 1911)
 Gênero *Lepidodeuterammina* Brönnimann and Whittaker, 1983
Lepidodeuterammina ochracea (Williamson, 1858)
- Família REMANEICIDAE Loeblich and Tappan, 1964
 Subfamília ASTEROTROCHAMMININAE Brönnimann, Zaninetti and Whittaker, 1983
 Gênero *Asterotrochammina* Bermúdez and Seiglie, 1963
Asterotrochammina aspera Brönnimann and Zaninetti, 1984
- Superfamília TEXTULARIACEA Ehrenberg, 1838
 Família TEXTULARIIDAE Ehrenberg, 1838
 Subfamília TEXTULARIINAE Ehrenberg, 1838
 Gênero *Bigenerina* d'Orbigny, 1826
Bigenerina agglutinans d'Orbigny, 1846
 Gênero *Textularia* Defrance, 1824
Textularia agglutinans d'Orbigny, 1839
Textularia candeiana d'Orbigny, 1839
Textularia conica d'Orbigny, 1839
Textularia cuneiformis d'Orbigny, 1839
Textularia earlandi Parker, 1952
Textularia goesii Cushman, 1911
Textularia gramen d'Orbigny, 1846

- Textularia sagittula* Defrance, 1824
Textularia spp.
- Família VALVULINIDAE Berthelin, 1880
 Subfamília VALVULININAE Berthelin, 1880
 Gênero *Clavulina* d'Orbigny, 1826
Clavulina tricarinata d'Orbigny, 1839
- Subordem SPIRILLININA Hohenegger and Piller, 1975
 Família SPIRILLINIDAE Reuss and Fritsch, 1861
 Gênero *Mychostomina* Berthelin, 1881
Mychostomina revertens (Rhumbler, 1906)
 Gênero *Spirillina* Ehrenberg, 1843
Spirillina cf. *S. sigillata* McCulloch, 1977
Spirillina denticulogranulata Chapman, 1907
- Família PATELLINIDAE Rhumbler, 1906
 Subfamília PATELLININAE Rhumbler, 1906
 Gênero *Patellina* Williamson, 1858
Patellina corrugata Williamson, 1858
- Subordem CARTERININA Loeblich and Tappan, 1981
 Família CARTERINIDAE Loeblich and Tappan, 1955
 Gênero *Carterina* Brady, 1884
Carterina spiculotesta (Carter, 1877)
- Subordem MILIOLINA Delage and Hérouard, 1896
 Superfamília CORNUSPIRACEA Schultze, 1854
 Família CORNUSPIRIDAE Schultze, 1854
 Subfamília CORNUSPIRINAE Schultze, 1854
 Gênero *Cornuspira* Schultze 1854
Cornuspira involvens (Reuss, 1850)
Cornuspira planorbis Schultze, 1854
- Família FISCHERINIDAE Millett, 1898
 Subfamília NODOBACULARIELLINAE Bogdanovich, 1981
 Gênero *Wiesnerella* Cushman, 1933
Wiesnerella auriculata (Egger, 1893)
- Família NUBECULARIIDAE Jones, 1875
 Subfamília NUBECULINELLINAE Avnimelech and Reiss, 1954
 Gênero *Cornuspiramia* Cushman, 1928
Cornuspiramia antillarum (Cushman, 1922)
- Superfamília MILIOLACEA Ehrenberg, 1839
 Família SPIROLOCULINIDAE Wiesner, 1920
 Gênero *Spiroloculina* d'Orbigny, 1826
Spiroloculina antillarum d'Orbigny, 1839
Spiroloculina caduca Cushman, 1922
Spiroloculina mosesi Tinoco, 1958
Spiroloculina profunda Cushman and Todd, 1944
Spiroloculina spp.
- Família HAUERINIDAE Schwager, 1876
 Subfamília HAUERININAE Schwager, 1876

Gênero *Hauerina* d'Orbigny, 1839

Hauerina atlantica Cushman, 1946

Hauerina ornatissima (Karrer, 1868)

Hauerina pacifica Cushman, 1917

Gênero *Massilina* Schlumberger, 1893

Massilina inaequalis Cushman, 1921

Massilina pernambucensis Tinoco, 1958

Gênero *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826

Quinqueloculina aff. *Q. stalker* Loeblich and Tappan, 1953

Quinqueloculina agglutinans d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina akneriana d'Orbigny, 1846

Quinqueloculina angulata Williamson, 1858

Quinqueloculina antillarum d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina atlantica Boltovskoy, 1957

Quinqueloculina auberiana d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina bicarinata d'Orbigny, 1878

Quinqueloculina bicostata d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina bosciana d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina boueana d'Orbigny, 1846

Quinqueloculina bradyana Cushman, 1917

Quinqueloculina candeiana d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina cf. *Q. frigida* Parker, 1952

Quinqueloculina cf. *Q. implexa* Terquem and Terquem, 1886

Quinqueloculina derbyi Tinoco, 1958

Quinqueloculina elongata Natland, 1938

Quinqueloculina exsculpta (Heron-Allen and Earland, 1915)

Quinqueloculina goësi Todd and Bronnimann, 1957

Quinqueloculina granulosa Natland, 1938

Quinqueloculina kerimbatica (Heron-Allen and Earland, 1915)

Quinqueloculina laevigata d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina lamarckiana d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina microcostata Natland, 1938

Quinqueloculina milletti (Wiesner, 1912)

Quinqueloculina moynensis, s.l. Collins, 1953

Quinqueloculina parkeri (Brady, 1881)

Quinqueloculina patagonica d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina philippinensis Cushman, 1921

Quinqueloculina poeyana d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina polygona d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina quinquecarinata Collins, 1958

Quinqueloculina seminulum (Linné, 1758)

Quinqueloculina sp. B

Quinqueloculina spp.

Quinqueloculina subpolygona Parr, 1945

Quinqueloculina transversistriata van Soest, 1942

Quinqueloculina vulgaris d'Orbigny, 1826

Subfamília MILIOLINELLINAE Vella, 1957

Gênero *Miliolinella* Wiesner, 1931

Miliolinella californica Rhumbler, 1936

Miliolinella circularis (Bornemann, 1855)

Miliolinella lutea (d'Orbigny, 1839)

Miliolinella spp.

Miliolinella suborbicularis (d'Orbigny, 1839)

Miliolinella subrotunda (Montagu, 1803)

Gênero *Pyrgo* Defrance, 1824

Pyrgo carinata (d'Orbigny, 1839)

Pyrgo comata (Brady, 1881)

Pyrgo elongata (d'Orbigny, 1826)

Pyrgo murrhina (Schwager, 1866)

Pyrgo ringens (Lamarck, 1804)

Pyrgo subsphaerica (d'Orbigny, 1839)

Gênero *Triloculina* d'Orbigny, 1826

Triloculina asymmetrica Said, 1949

Triloculina baldai Bermúdez and Seiglie, 1963

Triloculina brongnartii, s.l. d'Orbigny, 1826

Triloculina cultrata (Brady, 1881)

Triloculina cylindrica d'Orbigny, 1852

Triloculina eburnea d'Orbigny, 1839

Triloculina insignis (Brady, 1881)

Triloculina laevigata d'Orbigny, 1878

Triloculina linneiana d'Orbigny, 1839

Triloculina oblonga (Montagu, 1803)

Triloculina planciana d'Orbigny, 1839

Triloculina reticulata d'Orbigny, 1826

Triloculina rotunda d'Orbigny, 1893

Triloculina schreiberiana d'Orbigny, 1839

Triloculina sommeri Tinoco, 1955

Triloculina spp.

Triloculina terquemiana (Brady, 1884)

Triloculina tricarinata d'Orbigny, 1826

Triloculina trigonula (Lamarck, 1804)

Subfamília SIGMOILINITINAE Luczkowska, 1974

Gênero *Anchihauerina* McCulloch, 1977

Anchihauerina delicatissima McCulloch, 1977

Gênero *Sigmoilina* Schlumberger, 1887

Sigmoilina sigmoidea (Brady, 1884)

Gênero *Subedentostomina* McCulloch, 1981

Subedentostomina lavelaensis McCulloch, 1981

Subfamília SIGMOILOPSINAE Vella, 1957

Gênero *Sigmoilopsis* Finlay, 1947

Sigmoilopsis schlumbergeri (Silvestri, 1904)

Subfamília TUBINELLINAE Rhumbler, 1906

Gênero *Articulina* d'Orbigny, 1826

Articulina atlantica Cushman, 1947

Articulina mucronata (d'Orbigny, 1839)

Articulina spp.

Superfamília ALVEOLINACEA Ehrenberg, 1839

Família ALVEOLINIDAE Ehrenberg, 1839

Gênero *Borelis* de Montfort, 1808

Borelis pulchra (d'Orbigny, 1839)

Superfamília SORITACEA Ehrenberg, 1839

Família PENEROPLIDAE Schultze, 1854

- Gênero *Peneroplis* de Montfort, 1808
Peneroplis pertusus (Forskål, 1775)
- Gênero *Laevipeneroplis* Sulc, 1936
Laevipeneroplis bradyi (Cushman, 1930)
Laevineroplis discoideus (Flint, 1899)
Laevipeneroplis proteus (d'Orbigny, 1839)
- Família SORITIDAE Ehrenber, 1839
- Subfamília ARCHAIASINAE Cushman, 1927
- Gênero *Archaias* de Montfort, 1808
Archaias angulatus (Fichtel and Moll, 1798)
- Subfamília SORITINAE Ehrenberg, 1839
- Gênero *Sorites* Ehrenberg, 1839
Sorites orbiculus (Forskål, 1775)
- Subordem LAGENINA Delage and Hérourard, 1896
- Superfamília NODOSARIACEA Ehrenberg, 1838
- Família VAGINULINIDAE Reuss, 1860
- Subfamília LENTICULININAE Chapman, Parr and Collins, 1934
- Gênero *Lenticulina* Lamarck, 1804
Lenticulina limbosus (Reuss, 1863)
Lenticulina orbicularis (d'Orbigny, 1826)
Lenticulina rotulatus (Lamarck, 1804)
- Família POLYMORPHINIDAE d'Orbigny, 1839
- Subfamília POLYMORPHININAE d'Orbigny, 1839
- Gênero *Polymorphina* d'Orbigny, 1826
Polymorphina lactea concava (Williamson, 1858)
- Família ELLIPSOLAGENIDAE Silvestri, 1923
- Subfamília ELLIPSOLAGENINAE Silvestri, 1923
- Gênero *Fissurina* Reuss, 1850
Fissurina perforata LeRoy, 1964
Fissurina spp.
- Família GLANDULINIDAE Reuss, 1860
- Subfamília GLANDULININAE Reuss, 1860
- Gênero *Glandulina* d'Orbigny, 1839
Glandulina sp.
- Subordem ROBERTININA Loeblich and Tappan, 1984
- Superfamília CERATOBULIMINACEA Cushman, 1927
- Família EPISTOMINIDAE Wedekind, 1937
- Subfamília EPISTOMININAE Wedekind, 1937
- Gênero *Hoeglundina* Brotzen, 1948
Hoeglundina elegans (d'Orbigny, 1826)
- Superfamília ROBERTINACEA Reuss, 1850
- Família ROBERTINIDAE Reuss, 1850
- Subfamília ALLIATININAE McGowran, 1966
- Gênero *Cushmanella* Palmer and Bermúdez, 1936
Cushmanella brownii (d'Orbigny, 1839)
- Subordem ROTALIINA Delage and Hérourard, 1896
- Superfamília BOLIVINACEA Glaessner, 1937
- Família BOLIVINIDAE Glaessner, 1937
- Gênero *Bolivina* d'Orbigny, 1839

- Bolivina albatrossi* Cushman, 1922
Bolivina compacta (Sidebottom, 1905)
Bolivina doniezi Cushman and Wickenden, 1929
Bolivina goesii Cushman, 1922
Bolivina interjuncta Cushman, 1926
Bolivina lowmani Phleger and Parker, 1951
Bolivina malovensensis Heron-Allen and Earland, 1932
Bolivina ordinaria Phleger and Parker, 1952
Bolivina pseudoplicata Heron-Allen and Earland, 1930
Bolivina rhomboidalis (Millett, 1899)
Bolivina spp.
Bolivina striatula Cushman, 1922
Bolivina tortuosa Brady, 1881
Bolivina translucens Phleger and Parker, 1951
Bolivina variabilis (Williamson, 1858)
- Superfamília LOXOSTOMATACEA Loeblich and Tappan, 1962
- Família LOXOSTOMATIDAE Loeblich and Tappan, 1962
- Gênero *Loxostomum* Ehrenberg, 1854
- Loxostomum limbatum* (Brady, 1881)
- Superfamília CASSIDULINACEA d'Orbigny, 1839
- Família CASSIDULINIDAE d'Orbigny, 1839
- Subfamília CASSIDULININAE d'Orbigny, 1839
- Gênero *Cassidulina* d'Orbigny, 1826
- Cassidulina carapitana* Hedberg, 1937
Cassidulina crassa d'Orbigny, 1839
Cassidulina curvata Phleger and Parker, 1951
Cassidulina inflata Le Roy, 1944
Cassidulina laevigata d'Orbigny, 1826
Cassidulina minuta Cushman, 1933
- Gênero *Globocassidulina* Voloshinova, 1960
- Globocassidulina* sp.
Globocassidulina subglobosa (Brady, 1881)
- Superfamília TURRILINACEA Cushman, 1927
- Família TOSAIIDAE Saidova, 1981
- Gênero *Tosaia* Takayanagi, 1953
- Tosaia* sp.
- Superfamília BULIMINACEA Jones, 1875
- Família SIPHOGENERINOIDIDAE Saidova, 1981
- Subfamília SIPHOGENERINOIDINAE Saidova, 1981
- Gênero *Parabrizalina* Zweig-Strykowski and Reiss, 1976
- Parabrizalina gelbi* (Andersen, 1961)
- Subfamília TUBULOGENERININAE Saidova, 1981
- Gênero *Sagrina* d'Orbigny, 1839
- Sagrina pulchella* d'Orbigny, 1839
- Gênero *Siphogenerina* Schlumberger, 1882
- Siphogenerina raphanus* (Parker and Jones)
Siphogenerina roxoi Tinoco, 1958
- Família BULIMINIDAE Jones, 1875
- Gênero *Bulimina* d'Orbigny, 1826
- Bulimina inflata* Seguenza, 1862

- Bulimina marginata* d'Orbigny, 1826
Bulimina spp.
- Família BULIMINELLIDAE Hofker, 1951
 Gênero *Buliminella* Cushman, 1911
Buliminella elegantissima (d'Orbigny, 1839)
Buliminella parallela Cushman and Parker, 1931
Buliminella spp.
- Família UVIGERINIDAE Haeckel, 1894
 Subfamília UVIGERININAE Haeckel, 1894
 Gênero *Uvigerina* d'Orbigny, 1826
Uvigerina peregrina Cushman, 1923
 Subfamília ANGULOGERININAE Galloway, 1933
 Gênero *Angulogerina* Cushman, 1927
Angulogerina jamaicensis Cushman and Todd, 1945
Angulogerina occidentalis (Cushman, 1923)
 Gênero *Trifarina* Cushman, 1923
Trifarina bradyi Cushman, 1923
- Família REUSSELLIDAE Cushman, 1933
 Gênero *Reussella* Galloway, 1933
Reussella spinulosa (Reuss, 1850)
- Superfamília FURSENKOINACEA Loeblich and Tappan, 1961
 Família FURSENKOINIDAE Loeblich and Tappan, 1961
 Gênero *Fursenkoina* Loeblich and Tappan, 1961
Fursenkoina pontoni (Cushman, 1932)
Fursenkoina schreibersiana Czjzek, 1848
- Superfamília DISCORBACEA Ehrenberg, 1838
 Família BAGGINIDAE Cushman, 1927
 Subfamília BAGGININAE Cushman, 1927
 Gênero *Baggina* Cushman, 1926
Baggina sp.
 Gênero *Cancris* de Montfort, 1808
Cancris oblonga Thiele, 1905
Cancris sagra (d'Orbigny, 1839)
Cancris sp.
 Gênero *Valvulineria* Cushman, 1926
Valvulineria laevigata Phleger and Parker, 1951
- Família EPONIDIDAE Hofker, 1951
 Subfamília EPONIDINAE Hofker, 1951
 Gênero *Eponides* de Montfort, 1808
Eponides antillarum (d'Orbigny, 1839)
Eponides repandus (Fichtel and Moll, 1798)
- Família DISCORBIDAE Ehrenberg, 1838
 Gênero *Discorbis* Lamarck, 1804
Discorbis cf. *D. merecuanai* (Seiglie, 1965)
Discorbis concinna (Brady, 1884)
Discorbis floridensis (Cushman, 1930)
Discorbis malovens Heron-allen and Earland, 1932
Discorbis micens Cushman, 1933
Discorbis mira Cushman, 1922

- Discorbis parkeri* Natland, 1950
Discorbis peruvianus (d'Orbigny, 1839)
Discorbis sp. A
Discorbis sp. B
Discorbis sp. D
Discorbis sp. E
Discorbis sp. F
Discorbis spp.
Discorbis stachi (Asano, 1951)
Discorbis terquemi (Rzehak, 1888)
Discorbis translucens Earland, 1934
Discorbis valvulatus (d'Orbigny, 1826)
Discorbis williamsoni Chapman and Parr, 1932
- Gênero *Rosalina*
Rosalina floridana (Cushman, 1922)
- Gênero *Discorbitina* Sellier de Civrieux, 1977
Discorbitina pustulata (Heron Allen and Earland, 1913)
- Família SPHAERODINIDAE Cushman, 1927
 Gênero *Sphaeroidina* d'Orbigny, 1826
Sphaeroidina bulloides d'Orbigny, 1826
- Superfamília GLABRATELLACEA Loeblich and Tappan, 1964
 Família GLABRATELLIDAE Loeblich and Tappan, 1964
 Gênero *Angulodiscorbis* Uchio, 1953
Angulodiscorbis testigoensis (Seiglie and Bermúdez, 1965)
- Gênero *Glabratella* Dorreen, 1948
Glabratella carinata Seiglie and Bermúdez, 1965
Glabratella mirabilis panamensis Seiglie and Bermúdez, 1965
Glabratella globigeriniformis (Heron-Allen and Earland, 1924)
Glabratella sp.
- Gênero *Glabratellina* Seiglie and Bermúdez, 1965
Glabratellina brasiliensis (Boltovskoy, 1959)
- Superfamília SIPHONINACEA Cushman, 1927
 Família SIPHONINIDAE Cushman, 1927
 Subfamília SIPHONININAE Cushman, 1927
 Gênero *Siphonina* Reuss, 1850
Siphonina reticulata (Csjssek, 1848)
- Superfamília DISCORBINELLACEA Sigal, 1952
 Família PSEUDOPARRELLIDAE Voloshinova, 1952
 Subfamília PSEUDOPARRELLINAE Voloshinova, 1952
 Gênero *Epistominella* Husezima and Maruhasi, 1944
Epistominella exigua (Brady, 1884)
- Subfamília STETSONIINAE Saidova, 1981
 Gênero *Stetsonia* Parker, 1954
Stetsonia minuta Parker, 1954
- Família DISCORBINELLIDAE Sigal, 1952
 Subfamília DISCORBINELLINAE Sigal, 1952
 Gênero *Discorbinella*
Discorbinella minuta (Buzas, Smith and Beem, 1977)
- Gênero *Laticarinina* Galloway and Wissler, 1927

- Laticarinina pauperata* (Parker and Jones, 1865)
 Superfamília PLANORBULINACEA Schwager, 1877
 Família PLANULINIDAE Bermúdez, 1952
 Gênero *Planulina* d'Orbigny, 1826
 Planulina ariminensis d'Orbigny, 1826
 Planulina sp.
 Família CIBICIDIDAE Cushman, 1927
 Subfamília CIBICIDINAE Cuahman, 1927
 Gênero *Cibicides* de Montfort, 1808
 Cibicides advenum (d'Orbigny, 1839)
 Cibicides aknerianus (d'Orbigny, 1846)
 Cibicides bradyi (Trauth, 1918)
 Cibicides dispars (d'Orbigny, 1839)
 Cibicides kullenbergi Parker, 1953
 Cibicides lobatulus (Walker and Jacob, 1798)
 Cibicides mundulus (Brady, Parker and Jones, 1888)
 Cibicides pseudoungerianus (Cushman, 1922)
 Cibicides refulgens Montfort, 1808
 Cibicides spp.
 Subfamília STICHOCIBICIDINAE Saidova, 1981
 Gênero *Rectocibicides* Cushman and Ponton, 1932
 Rectocibicides miocenicus Cushman and Ponton, 1932
 Família PLANORBULINIDAE Schwager, 1877
 Subfamília PLANORBULININAE Schwager, 1877
 Gênero *Planorbulina* d'Orbigny, 1826
 Planorbulina acervalis Brady, 1884
 Planorbulina larvata Parker and Jones, 1865
 Planorbulina mediterraneensis d'Orbigny, 1826
 Família CYMBALOPORIDAE Cushman, 1927
 Subfamília CYMBALOPORINAE Cushman, 1927
 Gênero *Cymbaloporeta* Cushman, 1928
 Cymbaloporeta sp.
 Superfamília ACERVULINACEA Schultze, 1854
 Família ACERVULINIDAE Schultze, 1854
 Gênero *Gypsina* Carter, 1877
 Gypsina globulus (Reuss, 1848)
 Superfamília ASTERIGERINACEA d'Orbigny, 1839
 Família ASTERIGERINATIDAE Reiss, 1963
 Gênero *Eoeponidella* Wickenden, 1949
 Eoeponidella delicatula Seiglie, 1965
 Eoeponidella pulchella (Parker, 1952)
 Eoeponidella sp.
 Família AMPHISTEGINIDAE Cushman, 1927
 Gênero *Amphistegina* d'Orbigny, 1826
 Amphistegina gibbosa Orbigny, 1839
 Amphistegina lessonii d'Orbigny, 1826
 Amphistegina radiata, s.l. (Fitchel and Moll, 1798)
 Superfamília NONIONACEA Schultze, 1854
 Família NONIONIDAE Schultze, 1854

- Subfamília NONIONINAE Schulze, 1854
- Gênero *Haynesina* Banner and Culver, 1978
Haynesina germanica (Ehrenberg, 1840)
Haynesina spp.
- Gênero *Nonionella* Cushman, 1926
Nonionella atlantica Cushman, 1947
Nonionella auricula Heron-Allen and Earland, 1930
Nonionella sp.
Nonionella spp.
- Gênero *Nonionoides* Saidova, 1975
Nonionoides grateloupii (d'Orbigny, 1826)
- Subfamília ASTRONIONINAE Saidova, 1981
- Gênero *Astrononion* Cushman and Edwards, 1937
Astrononion pusillum Hornibrook, 1961
Astrononion umbilicatum Uchio, 1952
- Subfamília PULLENIINAE Schwager, 1877
- Gênero *Pullenia* Parker and Jones, 1862
Pullenia bulloides (d'Orbigny, 1846)
- Superfamília CHILOSTOMELLACEA Brady, 1881
- Família ORIDORSALIDAE Loeblich and Tappan, 1984
- Gênero *Oridorsalis* Andersen, 1961
Oridorsalis umbonatus (Reuss, 1851)
- Família GAVELINELLIDAE Hofker, 1956
- Subfamília GAVELINELLINAE Hofker, 1956
- Gênero *Gyroidina* d'Orbigny, 1826
Gyroidina lamarckiana (d'Orbigny, 1839)
- Gênero *Hanzawaia* Asano, 1944
Hanzawaia concentrica (Cushman, 1918)
- Superfamília ROTALIACEA Ehrenberg, 1839
- Família ROTALIIDAE Ehrenberg, 1839
- Subfamília AMMONIINAE Saidova, 1981
- Gênero *Ammonia* Brünnich, 1772
Ammonia multigranulata Brant Ribeiro, 1970
Ammonia parkinsoniana (d'Orbigny, 1839)
Ammonia sp. A
Ammonia sp. B
Ammonia tepida (Cushman, 1926)
- Família ELPHIDIIDAE Galloway, 1933
- Subfamília ELPHIDIINAE Galloway, 1933
- Gênero *Criboelphidium* Cushman and Bronnimann, 1948
Criboelphidium sp.
- Gênero *Elphidium* de Montfort, 1808
Elphidium advenum (Cushman, 1922)
Elphidium articulatum (d'Orbigny, 1839)
Elphidium discoidale (d'Orbigny, 1839)
Elphidium excavatum (Terquem, 1875)
Elphidium selseyense (Heron-Allen and Earland, 1911)
Elphidium spp.
- Superfamília NUMMULITACEA de Blainville, 1827

Família NUMMULITIDAE de Blainville, 1827

Gênero *Heterostegina* d'Orbigny, 1826

Heterostegina antillarum d'Orbigny, 1839

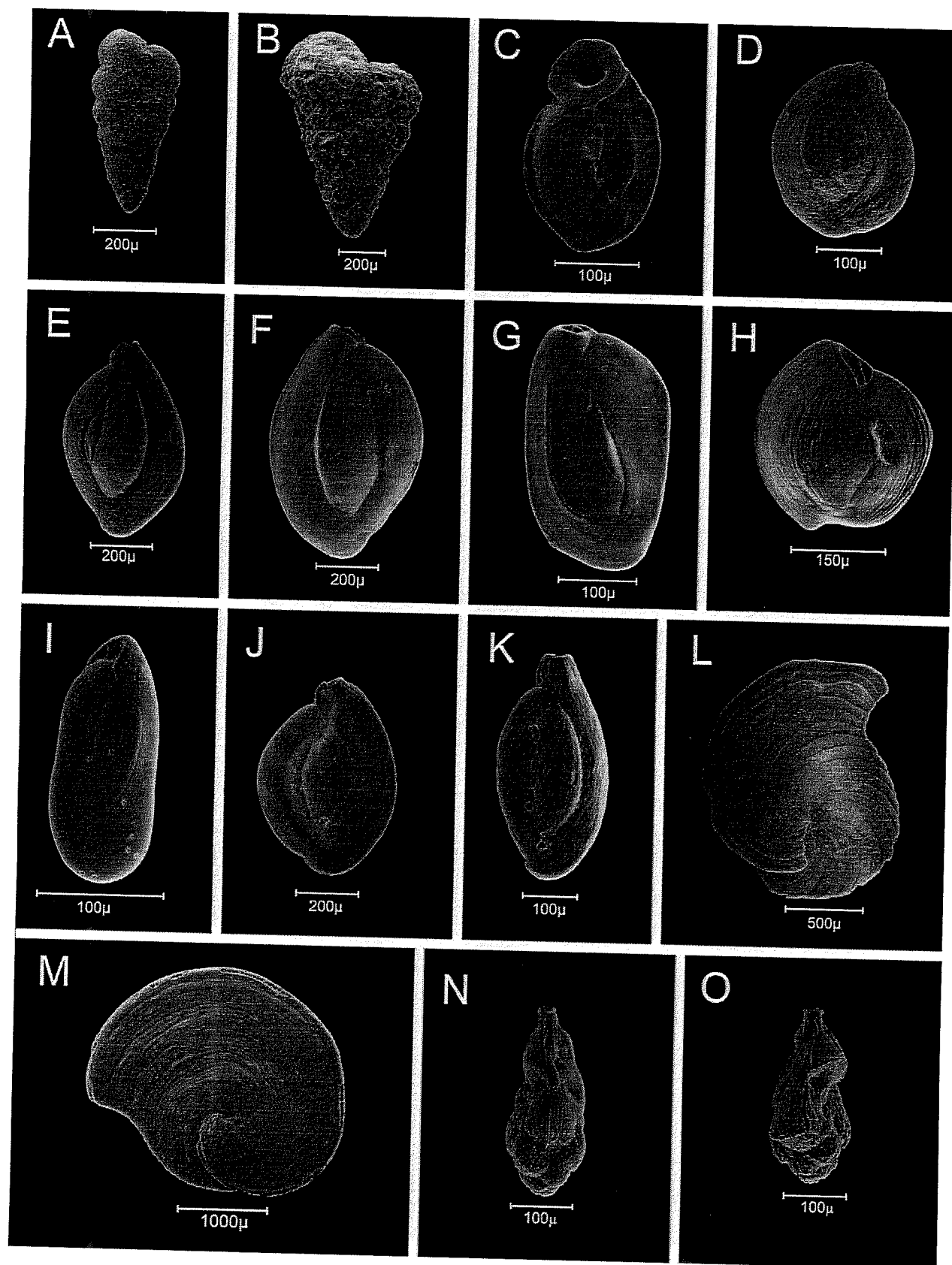
PRANCHAS

**APÊNDICE 6 – PRANCHAS COM FOTOGRAFIAS DE EXEMPLARES DE
FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS VIVOS ENCONTRADOS NA ÁREA DE ESTUDO**

PRANCHA 6.1.

- A) *Textularia agglutinans*;
- B) *Textularia candeiana*;
- C) *Wiesnerella auriculata*;
- D) *Hauerina pacifica*;
- E) *Quinqueloculina candeiana*;
- F) *Quinqueloculina lamarckiana*;
- G) *Quinqueloculina moynensis*;
- H) *Quinqueloculina auberiana*;
- I) *Quinqueloculina milletti*;
- J) *Triloculina sommeri*;
- K) *Triloculina brongnartii*;
- L) *Laevipeneroplis proteus*;
- M) *Archaias angulatus*;
- N) *Angulogerina jamaicensis*;
- O) *Angulogerina jamaicensis*;

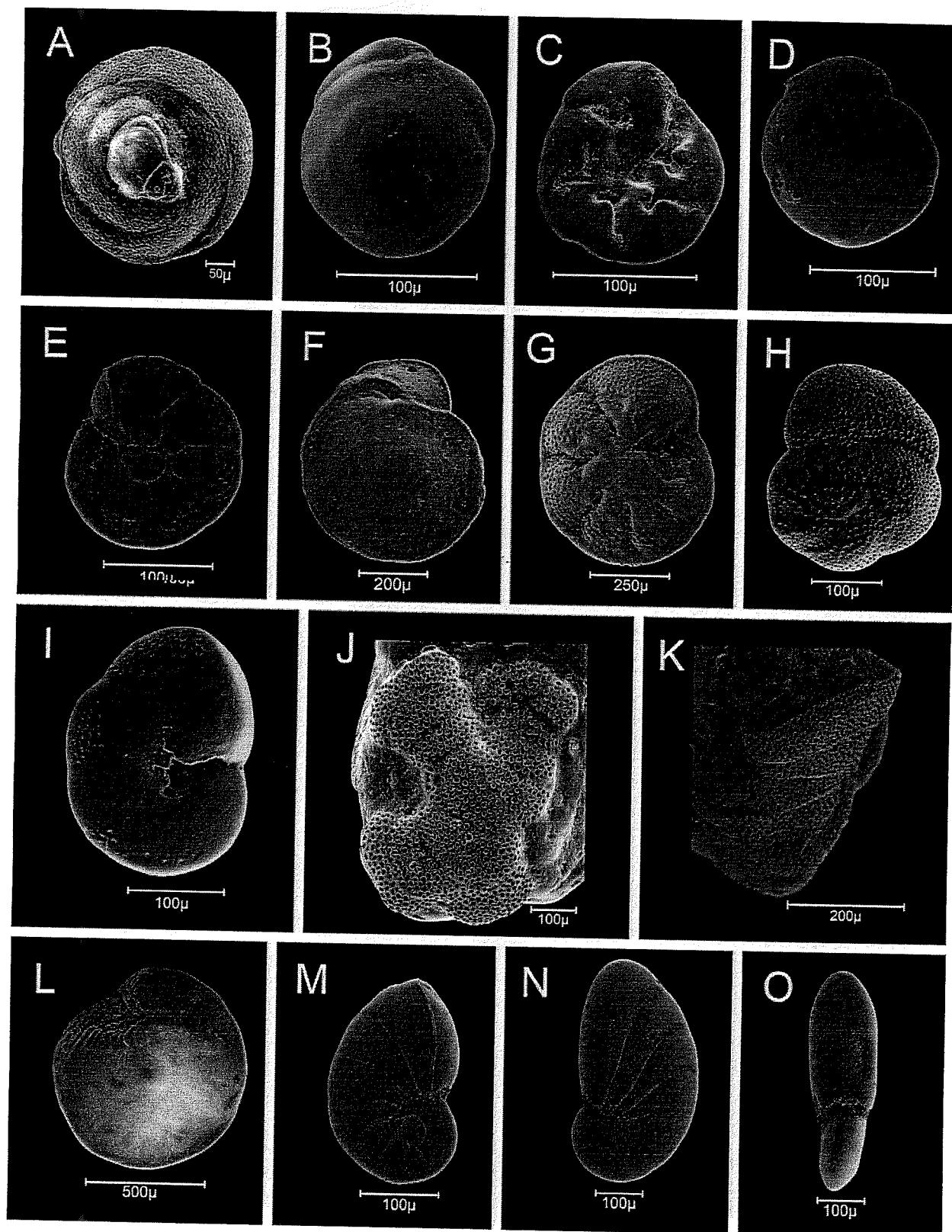
PRANCHA 6.1.



PRANCHA 6.2.

- A)** *Discorbis terquemi*;
- B)** *Discorbis translucens*, vista espiral;
- C)** *Discorbis translucens*, vista umbilical;
- D)** *Discorbis williamsoni*, vista espiral;
- E)** *Discorbis williamsoni*, vista umbilical;
- F)** *Discorbis mira*, vista espiral;
- G)** *Discorbis mira*, vista umbilical;
- H)** *Rosalina floridana*, vista espiral;
- I)** *Rosalina floridana*, vista umbilical;
- J)** *Rectocibicides miocenicus*;
- K)** *Rectocibicides miocenicus*, abertura;
- L)** *Amphistegina lessonii*, vista umbilical;
- M)** *Nonionella auricula*, vista espiral;
- N)** *Nonionoides grateloupji*, vista espiral;
- O)** *Nonionoides grateloupji*, abertura.

PRANCHA 6.2.



PRANCHA 6.3.

- A) *Ammonia multigranulata*, vista espiral;
- B) *Ammonia multigranulata*, vista umbilical;
- C) *Ammonia parkinsoniana*, vista umbilical;
- D) *Ammonia tepida*, vista umbilical;
- E) *Cribroelphidium* sp.;
- F) *Cribroelphidium* sp., abertura;
- G) *Elphidium incertum*;
- H) *Elphidium incertum*, abertura;
- I) *Elphidium discoideale*;
- J) *Elphidium sagrum*;
- K) *Hanzawaia bertheloti*, vista espiral;
- L) *Hanzawaia bertheloti*, vista umbilical;
- M) *Bolivina compacta*;
- N) *Bolivina striatula*;
- O) *Bolivina tortuosa*.

PRANCHA 6.3.

