

**Universidade Federal Fluminense
Centro de Estudos Gerais
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia – LAGEMAR
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha**

LAZARO LUIZ MATTOS LAUT

**FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS COMO INDICADORES
AMBIENTAIS EM ESTUÁRIOS TROPICAIS – BRASIL**

Niterói
2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LAZARO LUIZ MATTOS LAUT

FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS COMO INDICADORES AMBIENTAIS
EM ESTUÁRIOS TROPICAIS – BRASIL

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutor em Ciências. Área de concentração: Geologia e Geofísica Marinha

Orientador: Dr. Alberto Garcia de Figueiredo Jr.
Co-Orientadora: Dr. Carla Bonetti

Niterói
2007

LAZARO LUIZ MATTOS LAUT

**FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS COM INDICADORES AMBIENTAIS EM
ESTUÁRIOS TROPICAIS – BRASIL**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação
em Geologia e Geofísica Marinha como requisito
parcial para a obtenção do grau de Doutor em
Ciências. Área de Concentração: Geologia e
Geofísica Marinha

Aprovado em 27 de agosto de 2007.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alberto Garcia de Figueiredo Jr (Orientador)
Universidade Federal Fluminense – UFF

Dr.^a Carla van der Haagen Custódio Bonetti (Co-orientadora)
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Prof. Dr.^a Claudia Gutterres Vilela
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Prof. Dr.^a Mirian Araújo Carlos Crapez
Universidade Federal Fluminense – UFF

Prof.^a Dr. Maria Antonieta da Conceição Rodrigues
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Prof. Dr. Eduardo Apóstolos Machado Koutsoukos
CENPES/PETROBRAS

Dr. Mauro Bevilaqua de Toledo
Universidade Federal Fluminense – UFF

Niterói, 2007

- L389 Laut, Lazaro Luiz Mattos
 Foraminíferos e tecamebas como indicadores ambientais em estuários tropicais – Brasil / Lazaro Luiz Mattos Laut. – Niterói : [s.n.], 2007.
 322 f.
 Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) – Universidade Federal Fluminense, 2007.
- 1.Foraminíferos. 2.Tecamebas. 3.Indicador ambiental. 4.Diagnóstico ambiental. 5.Estuários tropicais. I.Título.

CDD 593.12

À minha sobrinha Beatriz Laut que participou de toda a etapa de escrita desta tese dentro da barriga da minha irmã e nasceu duas semanas depois da defesa.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Geologia – LAGEMAR – UFF por me aceitar no programa de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha e por ter oferecido a infra-estrutura necessária à realização deste estudo.

Ao Prof. Dr. Alberto Figueiredo Jr. por aceitar ser meu orientador mesmo sendo numa área da qual não é especialista e por ter me ensinado lições não só a respeito de ciência como também da vida dentro e fora da universidade.

A Prof.^a Dr. Carla Bonetti por ter sido minha co-orientadora e possibilitado o intercâmbio com o Laboratório de Oceanografia Costeira – LOC – UFSC, onde grandes e produtivas discussões a respeito do estudo de foraminíferos aconteceram.

Ao programa de bolsas da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de doutorado sem a qual seria muito mais árduo termina esta tese.

À minha mãe por toda ajuda e conselhos dados ao longo dos quatro anos de tese.

As secretárias Jenny, Eneida e Cléia pela amizade e eficiência no trabalho que proporciona o bom funcionamento do Departamento de Geologia – LAGEMAR.

À Cezira e toda a equipe da biblioteca que foram extremamente prestativos e eficientes no atendimento na biblioteca do Instituto de Geociências.

Aos laboratoristas do LAGEMAR Fernando e Mário por toda a ajuda com as análises granulométricas.

À Prof.^a Dr. Odete Silveira e ao Centro de Pesquisas Tecnológicas e Científicas do Estado do Amapá – IEPA pela infra-estrutura e ajuda durante a etapa de campo no rio Araguari – Amapá.

À Prof.^a Dr. Helenice Vital, ao aluno de doutorado Eugênio Frazão e ao Departamento de Geologia da UFRN pela infra-estrutura e ajuda durante a etapa de campo no rio Potengi – Rio Grande do Norte.

Ao Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho e ao Laboratório de Oceanografia Costeira – LOC – UFSC pela infra-estrutura e ajuda durante a etapa de campo no rio Itacorubí – Santa Catarina.

À aluna de doutorado do Departamento de Oceanografia – UFPA Susane Souza e ao prof. Dr. Pedro Walfir por fornecerem as amostras de sedimento do rio Caeté – Pará, que enriqueceram muito este trabalho.

Ao Dr. Frederico Sobrinho por ter sido meu amigo e fiel escudeiro nas etapas de campo ao longo de todo o litoral do Brasil.

À Dr. Valdenira Santos pela amizade, ajuda nas coletas do rio Araguari e Paraíba do Sul e pelas excelentes discussões sobre ciência na sala 304 do Instituto de Geociências.

Às minhas alunas de iniciação científica Priscila Tavares e Vanessa Marcondes pela amizade e ajuda na identificação dos foraminíferos.

Ao Dr. Mauro Toledo pelas discussões sobre estatística que foram essenciais para chegar as conclusões deste trabalho.

À prof.^a Dr. Miriam Crapez pelo esclarecimento e inserção no mundo das bactérias.

Ao amigo Francisco Budal por me ajudar a manter o equilíbrio e me dar guarida para finalizar o este trabalho.

Aos amigos Priscila Moreira, Luiz Fontana, Valterlene Oliveira, Daniele Esteves, Vanessa Laut, Joana Noronha e a todos que freqüentaram a sala de doutorado ao longo de quatro anos propiciando momentos de descontração, apoio moral e lanches maravilhosamente engordativos.

"É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar; é melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder. Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver ..."

Martin Luther King

RESUMO

A distribuição de foraminíferos bentônicos tem sido bem documentada em diversas regiões costeiras e estuarinas do mundo. Contudo, cada estuário apresenta características particulares que são o resultado das condições locais de maré, ondas, ventos, geomorfologia da bacia, morfologia da plataforma adjacente e etc, que vão refletir diretamente na composição das assembléias de foraminíferos e tecamebas. Desta maneira, cada estuário pode possuir uma assembléia típica que deve ser estudada para que seja possível estabelecer modelos ambientais que possam ser usados em reconstituições paleoambientais e em estudos de caracterização e monitoramento ambiental. Com base neste princípio, este estudo teve como objetivo a classificação de sete estuários do litoral do Brasil distribuídos deste o Cabo Norte até a ilha de Santa Catarina (Araguari – AP, Caeté – PA, Potengi – RN, Mataripe – BA; Paraíba do Sul – RJ, Suruí – RJ e Itacorubí – SC), usando como ferramenta assembléias de foraminíferos e tecamebas, associados aos parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e microbiológicos. Também foi alvo deste estudo a comparação da distribuição latitudinal das espécies e assembléias e a sua relação com as características que classificam setores no litoral tropical do Brasil. Foram identificados ao longo dos estuários oitenta e três táxons de foraminíferos e vinte dois táxons de tecamebas. O estuário que apresentou o maior número de táxons de foraminíferos foi o do rio Potengi – RN (43 espécies), e de tecamebas foi o do rio Suruí (18 espécies). As espécies de foraminíferos mais constantes ao longo dos estuários foram *Arenoparrella mexicana* e *Haplophragmoides wilberti*. Já *Diffflugia* spp., *Pontigulassia compressa*, *Cucurbitella corana* e *Cyclopyxis* spp. foram as espécies de tecamebas mais abundantes. Não foi possível identificar restrição latitudinal (1° N a 28° S) das espécies ao longo dos estuários da costa brasileira. A ausência de uma determinada espécie num estuário esteve relacionada a condições ambientais locais. Em todos os estuários estudados a atividade microbiológica mostrou grande influência na distribuição dos organismos. Nos estuários do litoral do nordeste, dominados por espécies de foraminíferos calcários, os índices de diversidade e de riqueza reduziram progressivamente em relação à biomassa bacteriana. No litoral oriental e sudeste, dominados por espécies de foraminíferos aglutinantes e por tecamebas, estes índices aumentaram progressivamente. Isto pode ser o resultado de diferentes composições de assembléias. As espécies de foraminíferos calcários mostraram correlação negativa com bactérias sulfato-redutoras, enquanto as espécies de foraminíferos aglutinantes e tecamebas tiveram correlação positiva com este tipo de atividade metabólica. A composição das assembléias mostrou-se como um reflexo das características apresentadas por cada segmento da costa. No Litoral Norte puderam ser identificados dois sistemas de macromaré diferenciados. O rio Araguari, localizado no Macrocompartimento do Litoral do Amapá, que é caracterizado como um litoral erosivo com uma grande carga de sedimentos em suspensão do rio Amazonas, foi classificado como Estuário de Macromaré Estratificado. Ele apresenta heterogeneidade na distribuição dos parâmetros físico-químicos, gradiente de turbidez e grande diversidade de espécies de tecamebas no estuário superior, que se reduz gradativamente em direção ao estuário inferior, sendo substituídas por espécies de foraminíferos aglutinantes. O estuário do rio Caeté localizado no Macrocompartimento das Reentrâncias Pará-Maranhão foi classificado como Estuário de Macromaré não Estratificado por apresentar homogeneidade na distribuição dos parâmetros físico-químicos e nas assembléias de foraminíferos e tecamebas. No Litoral Nordeste os dois sistemas estudados apresentaram semelhanças tanto na distribuição das espécies quanto nos parâmetros físico-químicos. Ambos foram classificados como Estuário de Mesomaré Estratificado por apresentaram uma grande diversidade de espécies de foraminíferos calcários, que são

substituídos gradativamente por espécies de foraminíferos aglutinantes em direção ao estuário superior. O rio Paraíba do Sul, localizado no Macrocompartimento da Bacia de Campos, foi classificado como Estuário de Micromaré não Estratificado por apresentar uma grande diversidade de espécies de tecamebas distribuídas ao longo de todo o estuário. As espécies de foraminíferos aglutinantes são encontradas somente próximas à foz. A presença de uma plataforma continental larga com muito material em suspensão desfavorece as espécies calcárias. No Litoral Sudeste foi possível identificar dois sistemas diferentes: o rio Suruí, localizado no Macrocompartimento dos Cordões Arenosos, não apresentou gradiente estuarino, sendo classificado como Estuário de Micromaré não Estratificado; O estuário do rio Itacorubí, localizado no Macrocompartimento das Planícies Litorâneas de Santa Catarina, foi classificado como Estuário de Micromaré Estratificado por apresentar sucessão de espécies do estuário inferior para o estuário superior. A zonação de espécies é propiciada pela presença de uma plataforma continental estreita que possibilita a proximidade da costa de espécies marinhas somados a uma bacia de drenagem pequena. A metodologia aplicada mostrou-se eficiente para a compartimentação e classificação dos sistemas estuarinos da costa brasileira e poderá servir de base para estudos ambientais e paleoambientais.

ABSTRACT

Benthic foraminifera distribution has been well reported in several coastal and estuarine regions in the world. Although each estuary shows individual characteristics that are the local result of tides, waves, winds, basin geomorphology, shelf morphology and other conditions that directly reflect in the foraminifera and thecamoebians assemblages composition. So, each estuary may have a particular assemblage that must be studied to make it possible to establish environmental models that can be used in paleoenvironmental reconstructions, and studies of environmental characterization and monitoring. Based on this principle, the aim of this study was the classification of seven estuaries from the Brazilian Coast, from North Cape to Santa Catarina Island (Araguari – AP, Caeté – PA, Potengi – RN, Mataripe – BA; Paraíba do Sul – RJ, Suruí – RJ e Itacorubí – SC), using foraminifera and thecamoebians assemblages, associated to physical-chemical, sedimentological and microbiological parameters. Another goal pursued in this study, was the comparison of latitudinal distribution of species and assemblages, and their relationship with the characteristics used in the classification of sectors of the Brazilian tropical coast. Eighty-three foraminifera and twenty-three thecamoebians taxa were identified throughout the estuaries. The Potengi (RN) Estuary showed the largest number of foraminifera taxa (43 species), and the Suruí presented the most thecamoebians (18 species). The most common foraminifera species throughout the estuaries were *Arenoparrella mexicana* and *Haplophragmoides wilberti*. On the other hand, *Diffugia* spp., *Pontigulassia compressa*, *Cucurbitella corana* and *Cyclopyxis* spp. were the most abundant thecamoebian species. It was not possible to identify a latitudinal restriction (1° N to 28° S) of species along the estuaries from the Brazilian coast. The absence of a given species in the estuary was related to local environmental conditions. In all of the studied estuaries the microbial activity showed a great influence on the organisms distribution. In the Northeastern estuaries, dominated by calcareous foraminifera, the diversity and richness indices decreased progressively related to bacterial biomass. In the Oriental and Southeastern Coasts, dominated by agglutinant foraminifera and thecamoebians, these indices increased gradually. This could be the result of different assemblages' composition. The calcareous foraminifera showed negative correlation with sulphate-reduction bacteria. While the agglutinant foraminifera and thecamoebians had a positive correlation with this type of bacterial activity. The assemblages' composition reflected the characteristics of each coastal segment. In the Northern coast two distinct macrotidal systems could be identified. The Araguari River, located in the macrocompartment from Amapá coast, which is characterized as an erosive coast that receives a large load of suspended sediments from the Amazon River, was classified as a stratified estuary. It shows heterogeneity in the distribution of physical-chemical parameters, turbidity gradient and high diversity of thecamoebian species in the upper estuary, which decreases progressively towards the lower estuary, when they are replaced by agglutinant foraminifera. The Caeté River, located in the Macrocompartment of "Reentrâncias" Pará-Maranhão, was classified as Non-Stratified Macrotidal Estuary because it showed a homogeneous distribution of physical-chemical parameters, and foraminifera and thecamoebian assemblages. In the Northeast Coast, the two studied systems presented similarities in the species distribution and in the physical-chemical parameters. They were both classified as Stratified Mesotidal estuaries because of their high species diversity of calcareous foraminifera, that are replaced gradually by agglutinant foraminifera towards the upper estuary. The Paraíba do Sul River, located in the Macrocompartment of Campos Basin, was classified as a Non-Stratified Microtidal Estuary for presenting a high thecamoebians species diversity throughout the system. The species of agglutinant foraminifera were found

only next the river mouth. The presence of a large continental shelf with tons of suspended sediments inhibits the presence of calcareous species. In the Southeast coast it was possible to identify two different systems: the Suruí River, located in the Macrocompartment of Sandy “Cordões”, did not show an estuarine gradient, being classified as a Non-Stratified Microtidal Estuary; the Itacorubí Estuary is located in the Macrocompartment of Coastal Plains from Santa Catarina, and was classified as Stratified Microtidal Estuary for presenting a species succession from lower estuary to upper estuary. The species zonation was a result of a narrow continental shelf that allows the arrival of truly marine species plus a small drainage basin. The methodology applied was efficient in the compartmentation and classification of estuarine systems from the Brazilian coast, and may be used as a foundation for environmental and paleoenvironmental studies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Áreas tropicais do mundo.....	1
Figura 2 – Exemplo de foraminíferos de águas rasas pertencentes à ordem Textulariida.....	14
Figura 3 – Compartimentação do litoral do Brasil.....	23
Figura 4 – Etapas da amostragem nos estuários.....	24
Figura 5 – Diagrama triangular das classes texturais de Flemming.....	26
Figura 6 – Meios de cultura para atividade respiratória bacteriana.....	28
Figura 7 – Resultado do processo respiratório de desnitrificação.....	28
Figura 8 – Resultados do processo respiratório de sulfato-redução.....	28
Figura 9 – Resultado do processo respiratório de fermentação.....	29
Figura 10 – Etapas do processamento das amostras de foraminíferos e tecamebas.....	31
Figura 11 – Compartimentação do litoral Norte.....	40
Figura 12 – Localização do estuário do rio Araguari – AP.....	41
Figura 13 – Contato entre a vegetação de campos com o manguezal.....	46
Figura 14 – Campo de <i>Rhizophora</i> sp.....	47
Figura 15 – Floresta de várzea.....	47
Figura 16 – Seqüência da chegada da onda da pororoca.....	50
Figura 17 – Estações amostrais alo ao longo do estuário do rio Araguari.....	51
Figura 18 – Resultado das análises granulométricas e de matéria orgânica total do estuário do rio Araguari.....	54
Figura 19 – Correlação entre as análises de agrupamento do Araguari.....	56
Figura 20 – Análise multivariada em CCA do estuário do rio Araguari.....	58
Figura 21 - Análise multivariada em DCA do estuário do rio Araguari.....	59
Figura 22 – Pluma de sedimento no rio Araguari.....	61
Figura 23 – Compartimentação do estuário do rio Araguari.....	66
Figura 24 – Localização do estuário do rio Caeté – PA.....	68
Figura 25 – Manguezal do rio Caeté.....	71
Figura 26 – Estações amostrais ao longo do estuário do rio Caeté.....	74
Figura 27 - Resultado das análises granulométricas e de matéria orgânica total do estuário do rio Caeté.....	76
Figura 28 - Correlação entre as análises de agrupamento do Caeté.....	81

Figura 29 - Análise multivariada em CCA do estuário do rio Caeté.....	83
Figura 30 - Análise multivariada em DCA do estuário do rio Araguari.....	84
Figura 31 - Compartimentação do estuário do rio Caeté.....	90
Figura 32 – Compartimentação do Litoral Nordeste.....	92
Figura 33 – Localização do estuário do rio Potengi – RN.....	93
Figura 34 – Manguezal do estuário do rio Potengi.....	98
Figura 35 - Estações amostrais ao longo do estuário do rio Potengi.....	100
Figura 36 - Resultado das análises granulométricas e de matéria orgânica total do estuário do rio Potengi.....	101
Figura 37 - Correlação entre as análises de agrupamento do Potengi.....	105
Figura 38 - Análise multivariada em CCA do estuário do rio Potengi.....	106
Figura 39 - Análise multivariada em DCA do estuário do rio Potengi.....	107
Figura 40 - Compartimentação do estuário do rio Potengi.....	114
Figura 41 – Localização da enseada de Mataripe – BA.....	115
Figura 42 - Manguezal do estuário da enseada de Mataripe.....	118
Figura 43 – Estações amostras ao longo da enseada de Mataripe.....	120
Figura 44 - Resultado das análises granulométricas e de matéria orgânica total da enseada de Mataripe.....	122
Figura 45 - Correlação entre as análises de agrupamento do Mataripe.....	126
Figura 46 - Análise multivariada em CCA da enseada de Mataripe.....	127
Figura 47 - Análise multivariada em DCA da enseada de Mataripe.....	128
Figura 48 - Compartimentação do estuário da enseada de Mataripe.....	133
Figura 49 - Compartimentação do Litoral Oriental.....	136
Figura 50 – Localização do delta do rio Paraíba do Sul - RJ.....	137
Figura 51 – Manguezal do delta do rio Paraíba do Sul.....	141
Figura 52 – Estações amostrais ao longo do delta do rio Paraíba do Sul.....	145
Figura 53 - Resultado das análises granulométricas e de matéria orgânica total do delta do rio Paraíba do Sul.....	147
Figura 54 – Correlação entre as análises de agrupamento do Paraíba do Sul.....	153
Figura 55 - Análise multivariada em CCA do delta do rio Paraíba do Sul.....	155
Figura 56 - Análise multivariada em DCA do delta do rio Paraíba do Sul.....	155
Figura 57 – Compartimentação do delta do rio Paraíba do Sul.....	162
Figura 58 – Compartimentação do Litoral Sudeste.....	164

Figura 59 – Localização do estuário do rio Suruí - RJ.....	165
Figura 60 – Manguezal do estuário do rio Suruí.....	167
Figura 61 – Estações amostrais ao longo do rio Suruí.....	168
Figura 62 - Resultado das análises granulométricas e de matéria orgânica total do estuário do rio Suruí.....	170
Figura 63 - Correlação entre as análises de agrupamento do Suruí.....	174
Figura 64 - Análise multivariada em CCA do estuário do rio Suruí.....	176
Figura 65 - Análise multivariada em DCA do estuário do rio Suruí.....	177
Figura 66 – Compartimentação do estuário do rio Suruí.....	183
Figura 67 – Localização do estuário do rio Itacorubí – SC.....	184
Figura 68 – Manguezal do estuário do rio Itacorubí.....	187
Figura 69 – Estações amostrais ao longo do estuário do rio Itacorubí.....	189
Figura 70 - Resultado das análises granulométricas e de matéria orgânica total do estuário do rio Itacorubí.....	191
Figura 71 - Correlação entre as análises de agrupamento do Itacorubí.....	195
Figura 72 - Análise multivariada em CCA do estuário do rio Itacorubí.....	196
Figura 73 - Análise multivariada em DCA do estuário do rio Itacorubí.....	197
Figura 74 – Compartimentação do estuário do rio Itacorubí.....	204
Figura 75 – Importância fisiológica dos grupos de procariontes.....	206
Figura 76 – Modelo de fluxo de energia na cadeia alimentar marinha.....	210
Figura 77 – Índice diversidade e riqueza X carbono bacteriano.....	213
Figura 78 – Total de espécies (50 ml) e tipos de testas identificadas ao longo da costa.....	219
Figura 79 – Ocorrência mundial das espécies de foraminíferos estuárinos.....	225
Figura 80 – Distribuição latitudinal das espécies de foraminíferos mais constantes nos estuários do litoral do Brasil.....	226
Figura 81 – Análise em DCA das assembléias de foraminíferos e tecamebas dos estuários do Litoral Tropical do Brasil.....	228
Figura 82 – Características do estuário do Araguari – AP.....	230
Figura 83 – Características do estuário do Caeté – PA.....	233
Figura 84 – Características do estuário do Potengi – RN.....	235
Figura 85 - Características do estuário do Delta do Paraíba do Sul – RJ.....	238
Figura 86 - Características do estuário do Suruí – RJ.....	240
Figura 87 - Características do estuário do Itacorubí – SC.....	242

Figura 88 – Estampa I.....	271
Figura 89 – Estampa II.....	273
Figura 90 – Estampa III.....	275

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Códigos e descrição terminológicas das classes texturais.....	26
Tabela 02 – Parâmetros físico-químicos do estuário do rio Araguari.....	53
Tabela 03 – Frequência relativa das espécies de foraminíferos e tecamebas do estuário do rio Araguari.....	55
Tabela 04 – Parâmetros físico-químicos do estuário do rio Caeté.....	75
Tabela 05 - Frequência relativa das espécies de foraminíferos e tecamebas do estuário do rio Caeté.....	78
Tabela 06 - Parâmetros físico-químicos do estuário do rio Potengi.....	100
Tabela 07 – Resultado da atividade microbiológica no estuário do Potengi.....	102
Tabela 08 - Frequência relativa das espécies de foraminíferos do estuário do rio Potengi	103
Tabela 09 - Parâmetros físico-químicos da enseada de Mataripe.....	121
Tabela 10 - Resultado da atividade microbiológica da enseada de Mataripe.....	123
Tabela 11 - Frequência relativa das espécies de foraminíferos da enseada de Mataripe	124
Tabela 12 – Parâmetros físico-químicos do delta do rio Paraíba do Sul.....	146
Tabela 13 – Resultado da atividade microbiológica no delta do Paraíba do Sul.....	148
Tabela 14 – Frequência relativa das espécies de foraminíferos e tecamebas do delta do rio Paraíba do Sul.....	150
Tabela 15 - Parâmetros físico-químicos do estuário do rio Suruí.....	169
Tabela 16 - Resultado da atividade microbiológica do Suruí.....	171
Tabela 17 - Frequência relativa das espécies de foraminíferos e tecamebas do estuário do rio Suruí.....	173
Tabela 18 - Parâmetros físico-químicos do estuário do rio Itacorubí.....	190
Tabela 19 - Resultado da atividade microbiológica do Itacorubí.....	192
Tabela 20 - Frequência relativa das espécies de foraminíferos e tecamebas do estuário do rio Itacorubí.....	193
Tabela 21 – Análise de correlação entre foraminíferos, tecamebas e bactérias.....	216
Tabela 22 - Valores de riqueza de espécies de foraminíferos ao longo do globo.....	218
Tabela 23 - Classes de constância das espécies de foraminíferos bentônicos e tecamebas dos sete estuários estudados ao longo do litoral do Brasil.....	221

SUMÁRIO

I – FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS DOS AMBIENTES COSTEIROS DO BRASIL.....	7
1 - Importância Ecológica dos Foraminíferos e sua aplicação como bioindicadores.....	7
1.1 – Foraminíferos.....	7
1.2 – Tecamebas.....	9
1.3 – Posição trófica dos foraminíferos e tecamebas.....	11
1.4 – Características adaptativas de Espécies de Regiões Estuarinas.....	12
2 – Foraminíferos e Tecamebas como Bioindicadores em Regiões Estuarinas.....	16
3 – Estudos Realizados no Brasil.....	20
II – MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
1 – Metodologia de Coleta.....	22
2 – Metodologia de Laboratório.....	24
2.1 – Análise Granulométrica.....	25
2.2 – Matéria Orgânica.....	25
2.3 – Respiração Bacteriana.....	27
2.5 – Carbono Bacteriano.....	29
2.6 – Processamento das Amostras de Foraminíferos e Tecamebas.....	30
2.7 – Microscopia Eletrônica.....	30
3 – Tratamento Estatístico.....	31
3.1 - Índices biológicos Ecológicos.....	31
3.2. – Análises multivariadas.....	34
3.2.1 – Análises de agrupamentos.....	35
3.2.2 – CCA (<i>Canonical Correspondence Analysis</i>).....	35
3.2.3 – DCA (<i>Detrended Correspondence Analysis</i>).....	36
3.2.4 – Análise de Correlação.....	37
III – LITORAL NORTE.....	39
1 – Caracterização do Litoral Norte.....	39

2. - Estuário do Rio Araguari – Amapá.....	40
2.1. – Localização.....	40
2.2 – Caracterização da área de Estudo.....	41
2.3 – Agentes impactantes.....	48
2.4 – Amostragem no Estuário do Araguari.....	50
2.5 – Resultados.....	51
2.5.1 – Abióticos.....	51
2.5.2 – Bióticos.....	52
2.6 – Discussão.....	59
3 - Estuário do Caeté – Pará.....	67
3.1 – Localização.....	67
3.2 – Caracterização da área de Estudo.....	67
3.3 – Agentes impactantes.....	70
3.4 – Amostragem no estuário do Caeté.....	73
3.5 – Resultados.....	73
3.5.1 – Abióticos.....	73
3.5.2 – Bióticos.....	75
3.6 – Discussão.....	84
IV – LITORAL NORDESTE.....	91
1 – Caracterização do Litoral Nordeste.....	91
2. - Estuário do Potengi – Rio Grande do Norte.....	93
2.1 – Localização.....	93
2.2 – Caracterização da área de Estudo.....	94
2.3 – Agentes impactantes.....	98
2.4 – Amostragem no estuário do Potengi.....	99
2.5 – Resultados.....	99
2.5.1 – Abióticos.....	99
2.5.2 – Bióticos.....	102
2.6 – Discussão.....	108
3 – Enseada do Mataripe – Bahia.....	114
3.1 – Localização.....	114
3.2 – Caracterização da área de Estudo.....	115

3.3 – Agentes impactantes.....	117
3.4 – Amostragem na Enseada do Mataripe.....	119
3.5 – Resultados.....	120
3.5.1 – Abióticos.....	120
3.5.2 – Bióticos.....	121
3.6 – Discussão.....	128
V – LITORAL ORIENTAL.....	135
1 – Caracterização do Litoral Oriental.....	135
2 - Delta do Paraíba do Sul – Rio de Janeiro.....	135
2.1 – Localização.....	135
2.2 – Caracterização da área de Estudo.....	138
2.3 – Agentes impactantes.....	141
2.4 – Amostragem no Delta do Paraíba do Sul.....	144
2.5 – Resultados.....	145
2.5.1 – Abióticos.....	145
2.5.2 – Bióticos.....	148
2.6 – Discussão.....	156
VI – LITORAL SUDESTE.....	163
1- Caracterização do Litoral Sudeste.....	163
2 - Estuário do Suruí – Rio de Janeiro.....	164
2.1 – Localização.....	164
2.2 – Caracterização da área de Estudo.....	165
2.3 – Agentes impactantes.....	167
2.4 – Amostragem no estuário do Suruí.....	168
2.5 – Resultados.....	169
2.5.1 – Abióticos.....	169
2.5.2 – Bióticos.....	170
2.6 – Discussão.....	177
3 - Estuário do Itacorubi - Santa Catarina.....	183
3.1 – Localização.....	183
3.2 – Caracterização da área de Estudo.....	183

3.3 – Agentes impactantes.....	186
3.4 – Amostragem no estuário do Itacorubí.....	189
3.5 – Resultados.....	190
3.5.1 – Abióticos.....	190
3.5.2 – Bióticos.....	190
3.6 – Discussão.....	198
VII – FORAMINÍFEROS, TECAMEBAS E BACTÉRIAS.....	205
1- Importância dos procarintes nos processos geoquímicos e geológicos.....	205
2 – Interação entre bactérias e foraminíferos.....	208
3 – Foraminíferos, tecamebas e bactérias nos estuários do Brasil.....	212
VIII – FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS DE REGIÕES ESTUARINAS DO BRASIL.....	217
1 – Foraminíferos e Tecamebas dos Estuários Tropicais do Brasil.....	217
2 – Assembléias de Foraminíferos e Tecamebas nos Macrocompartimentos do Litoral.....	225
2.1 Litoral Norte – Estuário Tropical de Macromaré Estratificado.....	228
2.2 Litoral Norte – Estuário Tropical de Macromaré não Estratificado.....	231
2.3 Litoral Nordeste – Estuário Tropical de Mesomaré Estratificado.....	232
2.4 Litoral Oriental – Delta Tropical de Micromaré não Estratificado.....	236
2.5 Litoral Sudeste – Estuário Tropical de Micromaré não Estratificado.....	239
2.6 Litoral Sudeste – Estuário Tropical de Micromaré Estratificado.....	240
IX – CONCLUSÃO.....	243
ANEXO I – Sistemática.....	248
REFERÊNCIAS.....	276

INTRODUÇÃO

As regiões tropicais estão geograficamente compreendidas entre os trópicos de Câncer ($23^{\circ}27'N$) e Capricórnio ($23^{\circ}27'S$). Estas regiões do globo recebem radiação solar em grande angulação o que resulta climaticamente em invernos amenos (Fig. 1). Segundo Latrubesse *et al.* (2005) a energia solar influencia os ciclos hidrológicos mais diretamente nos trópicos do que em outras regiões do planeta. O regime de chuvas é o fator que determina as estações, e conseqüentemente, a quantidade e distribuição de chuvas é um importante critério para distinguir zonas subclimáticas como: úmidas (> 1800 mm), úmido-seco (700-1800 mm) e seco (< 700 mm).

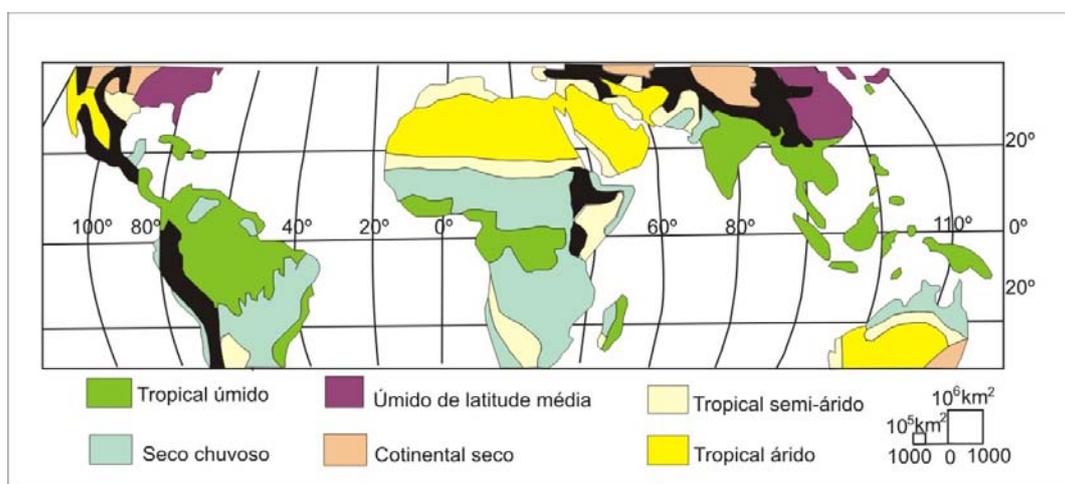


Fig. 1 – Zonas climáticas nos trópicos (Latrubesse *et al.* 2005).

Provavelmente o mais variável dos elementos do clima tropical sejam as chuvas (Mc Gregor & Nieuwolt, 1998). Três tipos de chuvas são identificados nos trópicos: convectiva, ciclônicas e orográficas. O clima tropical úmido é caracterizado por temperaturas entre 24 e $30^{\circ}C$ com uma oscilação anual de $3^{\circ}C$. No geral, a

flutuação total de chuvas do ano nas planícies tropicais são relativamente pequenas comparadas com as regiões de monções.

Os grandes rios tropicais em diferentes partes do mundo têm atraído uma atenção particular e uma grande variedade de assuntos têm sido pesquisados incluindo a geomorfologia, sedimentologia, hidrologia, inundações e paleoinundações e processos tectônicos associados. Muitos destes grandes rios estão localizados em áreas tropicais junto com as maiores áreas de sedimentação aluvial em sistemas de grandes leques como Orinoco, Amazonas e Congo, que são os maiores rios do mundo. Os rios e os sistemas tributários associados precisam ser analisados individualmente por possuírem uma grande variedade de ambientes de sedimentação caracterizados por processos sedimentares diferenciados e ainda pouco conhecidos. Segundo Miall (1996) o entendimento e analogia de modelos fluviais atuais são essenciais para o entendimento de seqüências sedimentares pobres e incompletas e por isso estudos mais detalhados destes ambientes são necessários. E os processos ocorridos em ambientes tropicais podem ser muito distintos dos que operam em regiões polares e temperadas (Nittrouer *et al.* 1995).

Foi estimado que, globalmente 35% do suprimento de matéria orgânica transportadas pelos rios é oxidada dentro dos estuários ou nos ambientes costeiros adjacentes. Apenas uma pequena fração é soterrada dentro dos estuários e deltas. Contudo, a magnitude destes processos pode ser marcada pela dependência de um grande número de fatores, incluindo o clima, intensidade do fluxo fluvial e tectônica (Eisma *et al.* 1985).

Grandes populações em desenvolvimento econômico, crescimento caótico de áreas urbanas e um acentuado aumento na demanda de água e energia são os problemas comuns a todos os países tropicais. Os recursos disponíveis e estratégias de

avaliação adotadas para lidar com os problemas dos rios, contudo, podem ser inteiramente diferentes de lugar para lugar.

A interferência humana com os sistemas fluviais tem afetado as condições naturais do fluxo dos rios tropicais de várias formas. A construção de represas e barragens em grandes rios muda o suprimento de nutrientes e sedimento para as áreas adjacentes.

Além disso, o aumento da população e a ocupação sem planejamento das áreas estuarinas têm conduzido à destruição de muitas florestas de manguezais nos últimos anos, e este tem resultado no aumento dos processos erosivos na zona costeira (Nittrouer *et al.* 1995).

Um estuário é considerado como a porção mais próxima ao mar de uma bacia de drenagem, na qual recebe sedimentos tanto de origem fluvial quanto de origem marinha, e no qual fácies sedimentares são influenciadas pelas marés, ondas e pelos processos fluviais. O estuário se estende desde a região mais continental limite da maré até a região onde se formam fácies marinhas na foz dos rios (Dalrymple *et al.* 1992).

Existem diversos elementos que podem ser utilizados para caracterizar um estuário, incluindo a morfologia, a circulação e a biota (Kennish, 1992).

Foraminíferos bentônicos têm sido largamente empregados como ferramenta para reconstrução de ambientes marinhos e costeiros do Cambriano ao Recente. Eles estão presentes em todos os ambientes marinhos desde águas salobras até as regiões mais profundas dos oceanos. Tanto as testas calcárias quanto as aglutinantes possuem um bom potencial de fossilização, que somados à sua abundância, fazem com que este grupo seja uma ferramenta muito utilizada pela indústria de exploração de hidrocarbonetos (Schöder-Adams, 2006).

A composição de uma assembléia de foraminíferos é diretamente correlacionada a condições de temperatura, salinidade e profundidade de uma bacia deposicional (Van der Zwaan *et al.* 1999). Assim como, as tecamebas estão relacionadas às propriedades físico-químicas e de hidrodinâmica da água fluvial.

A utilização de assembléias de foraminíferos e tecamebas também tem se mostrado como um método extremamente eficiente em análises ecológicas, paleoecológicas, de hidrodinâmica e de monitoramento ambiental porque estes organismos apresentam uma grande sensibilidade a mudanças de fatores físico-químicos que podem refletir diretamente na composição da população ou na ornamentação das testas.

Padrões a respeito da distribuição de foraminíferos bentônicos têm sido bem documentados em ambientes estuáricos e costeiros em diversas regiões do mundo. Contudo, cada estuário apresenta características particulares que é o resultado das condições locais de maré, ondas, ventos, geomorfologia da bacia, morfologia da plataforma adjacente e etc, que vão refletir diretamente na composição das assembléias de foraminíferos e tecamebas. Desta maneira, cada estuário pode possuir uma assembléia típica que deve ser estudada para que seja possível encontrar semelhanças e diferenças entre as diversas regiões no mundo e estabelecer modelos que possam ser usados em reconstituições paleoambientais e em estudos de caracterização e monitoramento desses ecossistemas.

Na região costeira do Brasil existe uma grande concentração de estudos realizados com foraminíferos e tecamebas estuarinos na região sudeste e sul, poucos na região nordeste e nenhum na região norte. Este fato dificulta estudos comparativos entre os diferentes sistemas e não sendo também possível estabelecer padrões de distribuição latitudinal das espécies.

HIPÓTESES

A variação latitudinal, assim como, as características do litoral do Brasil apontadas por Silveria (1969) e por Muehe (1998) podem ser determinantes para algumas espécies de foraminíferos, assim como para a composição das assembléias dos estuários associados à vegetação de manguezal.

Dentre os parâmetros físico-químicos peculiares a cada estuário, a biomassa de bactérias metabolicamente ativas e o tipo de metabolismo dominante desempenham o papel mais importante na distribuição das espécies de foraminíferos e tecamebas.

OBJETIVOS GERAIS

Este estudo teve como objetivo a classificação de sete estuários do litoral do Brasil distribuídos deste o Cabo Norte até a ilha de Santa Catarina, usando como ferramenta assembléias de foraminíferos e tecamebas, associados aos parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e microbiológicos.

Também foi alvo deste estudo a comparação latitudinal das espécies e assembléias e a sua relação com as características que classificam setores no litoral tropical do Brasil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificação sistemática de espécies de foraminíferos e tecamebas de sete estuários distribuídos ao longo da costa tropical do Brasil;
- Determinação das assembléias indicadoras dos compartimentos estuarinos (estuário superior, intermediário e inferior) através de análises de agrupamento;

- Identificação dos agentes físico-químicos e biológicos condicionantes da distribuição das assembléias usando técnicas de análises multivariadas;
- Estabelecimento da relação desenvolvida em nível de espécies e de população em relação à atividade bacteriana no sedimento;
- Desenvolvimento de modelo microfaunístico e sedimentológico do litoral estudado e sua correlação como os compartimentos já estabelecidos por outros autores.

CAPÍTULO I

FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS DOS AMBIENTES COSTEIROS DO BRASIL

1 - IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DOS FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS E SUA APLICAÇÃO COMO BIOINDICADORES

1.1 - Foraminíferos

Foraminíferos são organismos heterotróficos, pertencentes ao Reino Protista e ao Filo Granuloreticulosa (Margulis, *et al.* 1999). Eles se caracterizam por apresentar um corpo celular formado por um citoplasma que engloba um ou mais núcleos e por ser destituído de uma verdadeira membrana protoplasmática. Seu citoplasma elabora uma proteína especial, a tectina, que reveste o corpo celular e que pode ser mineralizada por sílica, calcita ou servir como base de fixação de material do substrato. Esta carapaça ou concha é denominada de testa ou teca que comumente são de pequeno porte, em média entre 0.2mm a 1.5mm (Tinoco, 1989).

Estas testas podem ser divididas de acordo com sua constituição basicamente em:

- Orgânicas – são formadas por uma proteína semelhante à quitina denominada de tectina. As paredes são muito finas e semitransparentes de cor acastanhadas.

- Aglutinadas ou arenáceas - são constituídas por uma película de tectina, interna, e uma cobertura de material do substrato aglutinado por um cimento. Algumas espécies mostram seletividade, tanto para o tamanho dos grãos como para o tipo de material utilizado para confecção das testas;

- Calcárias (calcita ou aragonita) - De acordo com o arranjo cristalino podem ser divididas em: porcelanóides (as paredes são opacas e não-perfuradas), hialinas (semitransparentes com aspecto vítreo e paredes finamente perfuradas) e granulosas (opacas e perfuradas).

- Silicosas - são raramente encontradas e se restringem aos foraminíferos que habitam os mares frios e nas grandes profundidades, em condições peculiares com disponibilidade de sílica;

Após o Cambriano, os representantes da Classe Foraminifera, constituíram-se em um dos mais importantes protistas da paleontologia, principalmente no Paleozóico Superior e no Cretáceo Superior. Essa importância decorre do fato dos foraminíferos serem abundantes nos depósitos marinhos e em águas salobras e por terem alto potencial de preservação, além de apresentar uma rápida evolução, permitindo, desse modo, sua utilização como fóssil guia bioestratigráfico e como indicadores ambientais. Uma única ordem, Allogromiina, sem grande representação fóssil, pode se desenvolver em águas doces. As formas marinhas podem ser planctônicas ou bentônicas, sendo, estas últimas as que apresentam a maior diversidade (Tinoco, 1989).

Tanto qualitativamente como quantitativamente, os foraminíferos mostram limitações na sua distribuição, motivadas principalmente por temperatura e salinidade, relacionado com a profundidade e pressão (Madeira-Falceta, 1977). Assim eles podem ser utilizados na determinação de mudanças ambientais, principalmente no monitoramento de áreas que sofrem degradação antrópica.

Estudos sobre a hidrodinâmica usando foraminíferos também são eficientes porque ao morrerem suas testas são adicionadas ao sedimento, tornando-se parte integrante destes, comportando-se como grãos sedimentares que podem ser transportados ou erodidos, permitindo desse modo o registro de condições e eventos que ocorrem nos oceanos.

Nos últimos 40/50 anos, a utilização de biofácies de foraminíferos bentônicos tem se mostrado como um método extremamente eficiente em análises ecológicas e paleológicas porque estes organismos apresentam uma grande sensibilidade a mudanças de fatores físico-químicos, que podem refletir diretamente na composição da população ou na ornamentação das testas (Samir & El Din, 2001).

1.2 - Tecamebas

Tecamebas ou amebas testáceas é um termo informal usado para caracterizar um grupo de protozoários bentônicos pertencentes ao Subfilo Granoreticulosa. São encontradas em todos os corpos de água doce como também em ambientes úmidos como musgos e solos hidromórficos e raramente ocorrem em águas salobras.

A característica comum a todas tecamebas é a presença de uma testa (carapaça ou concha) muito simples, em geral com uma única câmara, em forma de saco ou boina, normalmente com uma abertura para extrusão dos pseudópodes (Oliveira, 1999).

A parede das testas pode ser:

- a) Secretada pelo próprio organismo (denominada de teca autogênica) ou;
- b) Construída pela aglutinação de partículas diversas, tais como grãos de quartzo e frústulas de diatomáceas (denominada xenogênica).

As tecamebas ou amebas testáceas possuem uma série de vantagens que as tornam interessantes nas investigações ecológicas. Conforme Chardez & Lambert (1981) este grupo de organismos possui grande poder de adaptação ao meio. Para Oliveira (1999), as tecamebas podem ser consideradas indicadoras de condições limnológicas em sedimentos pelo fato de que, freqüentemente, são encontradas em grande quantidade em pequenas amostras de sedimentos. Patterson *et al.* (1996) evidenciaram o potencial que esse grupo tem como indicadores de poluição.

Os fatores ambientais que são considerados como os controladores da distribuição das tecamebas no meio são principalmente a temperatura da água doce e a quantidade de oxigênio dissolvido e tipo de substrato (Patterson *et al.*, 1985, Medioli *et al.*, 1990, Collins *et al.*, 1990, McCarthy *et al.*, 1995). Todavia, Eichler & Bonetti (1995) e Duleba & Debenay (2003) consideram salinidade e temperatura os principais fatores controladores nos padrões de distribuição desses organismos nos estuários.

Alguns estudos destacam a importância de investigar as diferentes tendências das espécies arcellaceas para a caracterização de ambientes distintos. Asioli *et al.* (1996) e Reinhardt *et al.* (1998) observaram variações morfológicas dentro de muitas espécies de arcellaceas (tecamebas). Tais linhagens têm desenvolvido respostas diferentes aos ambientes que podem estar estressados e/ou com presença de poluentes químicos no substrato e corpo d'água.

1.3 – Posição trófica dos foraminíferos e tecamebas

Foraminíferos e tecamebas estão incluídos dentro do grupo dos protozoobentos ou protozooplâncton e apresentam um papel ecológico fundamental devido a sua posição basal na teia alimentar associada à alça microbiana. Eles permitem que o carbono bacteriano chegue a níveis mais elevados da cadeia, sendo então o elo entre a cadeia clássica e a alça microbiana. Isso é muito importante, pois as bactérias são responsáveis por parte da produção primária realizada no meio marinho (Kirchman, 2000).

Também são importantes dentro do ecossistema oceânico global porque eles estocam dentro de suas câmaras numerosas substâncias de reserva (lipídios, amidos e etc), constituem uma acumulação considerável de biomassa e, por conseguinte de recursos tróficos, numerosos em ecossistemas marinhos (Bonetti, 2000).

Numerosos animais, desde protistas a animais vertebrados são conhecidos por consumirem foraminíferos. Embora testas sejam encontradas no tubo digestivo de peixes ou até mesmo de alguns pássaros, os principais predadores são invertebrados que pertencem aos grupos dos poliquetos, crustáceos, anelídios, gastrópodes, equinodermos e nemátodos (Debenay *et al.* 1996).

À exceção de alguns casos específicos, o nível trófico dos foraminíferos continua a ser mal conhecido porque é freqüentemente difícil dizer se a ingestão por predadores se fez acidentalmente ao mesmo tempo em que outra fonte de alimento, ou se foi seletiva. Além disso, os grandes foraminíferos que constituem, no entanto, um recurso potencial considerável são pouco consumidos. A causa desta pouca consumação pode ser devida à secreção de substâncias tóxicas dos simbiontes, em especial peridiniuns, ou tão simplesmente pela fraca produção de matéria orgânica, que faz com que o alimento seja particularmente pouco nutritivo.

Os predadores seletivos de foraminíferos são de pequeno porte em geral, o que segundo Lipps (1982) *apud* Debenay *et al.* (1996) teria relação com a fraca quantidade de energia fornecida por cada foraminífero consumido. Certos predadores como *Dentalium* consomem seletivamente os foraminíferos adultos, enquanto que outros se alimentam de foraminíferos jovens ou de pequeno tamanho mudando de regime alimentar durante seu crescimento. É o caso do gastrópode *Olivella biplicata* no qual o tubo digestivo dos indivíduos jovens pode conter até 60% de foraminíferos com uma concentração até 1.000 vezes superior à do sedimento (Debenay *et al.* 1996).

O comportamento dos predadores é muito variado. Alguns parecem efetuar uma triagem entre os diferentes espécimes, enquanto que, por exemplo, *Dioprata*, pliqueto que vive em zonas de fortes correntes preda, designadamente foraminíferos bentônicos postos em suspensão pela agitação da água (Debenay *et al.* 1996).

Desta maneira, qualquer alteração no meio físico vai refletir na população de foraminíferos direta ou indiretamente e, por conseguinte em toda a teia trófica. Ambientes instáveis podem gerar mudanças na dieta alimentar, extinção de algumas espécies, alteração na forma de reprodução e no tamanho dos organismos, em deformações nas carapaças e etc. Em diversos casos esse estresse ambiental pode ser originado pela atividade antrópica no litoral que gera uma série de poluentes que chegam ao meio marinho muitas vezes de forma direta.

1.4 – Características adaptativas de Espécies de Regiões Estuarinas

Nas áreas costeiras a ação das marés gera gradientes de salinidade, assim como de outras propriedades (pH, temperatura, nutrientes e etc) que podem ser de grandes escalas em períodos de tempo muito curto. Trocas gasosas e térmicas entre a

atmosfera e a coluna d'água rasa torna estes ambientes totalmente vulneráveis as variações climáticas. Sendo assim, poucas espécies são capazes de suportar a grande heterogeneidade ambiental destes ambientes. Os organismos que sobrevivem nestes ambientes precisam possuir adaptações tanto morfológicas como fisiológicas para que consigam não só sobreviver como também se reproduzir (Bonetti, 1995).

Em geral protozoários que vivem em ambientes estáveis apresentam reprodução assexuada, pois este tipo de reprodução permite uma grande geração de indivíduos adaptados ao meio. Já em ambientes instáveis a tendência é o desenvolvimento da reprodução sexuada, pois aumenta a variabilidade genética, aumentando as chances de a população colonizar vários ambientes (Murray, 1991).

Estes ambientes apresentam um reduzido número de espécies, que são principalmente endêmicas, fato que se explica pela “curta duração” em termos geológicos destes ambientes (Suguo & Martin, 1978). Estuários e manguezais são instáveis perante as oscilações do nível relativo do mar. A maioria dos manguezais e estuários do litoral do Brasil começou a se estabelecer por volta de 2.500 anos A.P. Este período é muito curto para que um grande número de espécies, originalmente marinhas, pudesse ter divergido para populações geneticamente adaptadas às condições mixohalinas (Mclusk, 1989).

Segundo Debenay *et al.* (1998) os foraminíferos bentônicos que vivem nestes ambientes podem ser bem adaptados à instabilidade e são geralmente eurialalinos e euriérmicos. Caso suas testas sejam preservadas após sua morte o resultado da tanotocenose corresponde a uma assembléia média, isto dependendo das características médias do ambiente, mesmo que esses organismos tenham um ciclo de vida sazonal.

Em condições hipohalinas há dominância quanto à população de foraminíferos é de indivíduos pertencentes à ordem Textulariida. Este grupo caracteriza-se principalmente pela composição da carapaça constituída a partir de materiais disponíveis no sedimento que são aglutinados ao protoplasma do organismo com o auxílio de uma secreção, que pode ser de origem orgânica (constituída de mucosubstâncias contendo ácidos mucopolissacarídios) como também calcária que é menos comum (Loeblich Jr. & Tappan, 1989 *apud* Bonetti, 1995).

Estes textularídeos de águas rasas, no entanto, são compostos de gêneros com arranjo de câmaras simples, em geral em forma trocospiral, planoespiral, tubular ou alongado (Fig. 2), como por exemplo, *Ammobaculites* e *Saccamina* (Bandy & Arnal, 1960 *apud* Bonetti, 1995).

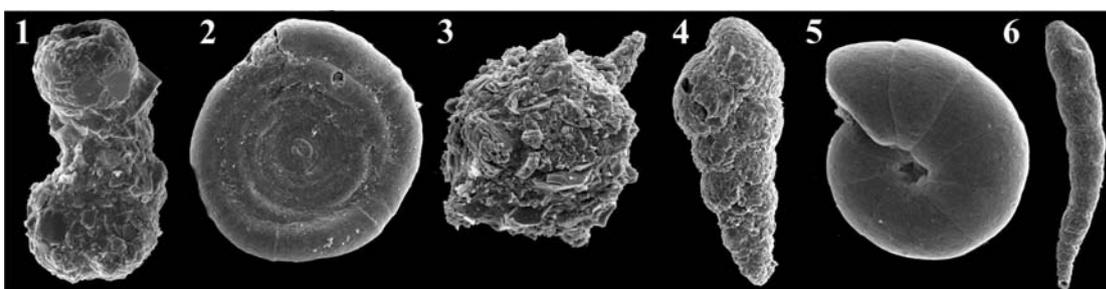


Fig. 2 – Exemplos de foraminíferos de águas rasas pertencentes à ordem Textulariida, que se caracterizam por apresentarem um teca formada a partir da aglutinação de partículas do meio (1 – *Ammobaculites exiguus*, 2 – *Ammodiscus* sp., *Saccamina sphaerica*, 4 – *Textularia paranaguaensis*, 5 – *Haplophragmoides wilberti* e 6 – *Warrenita palustris*).

A ordem Miliolida é a mais sensível à salinidade, sendo os integrantes deste grupo, salvo algumas exceções, completamente estenohalinos, o que explica sua ausência nos estuários e nos manguezais. Segundo Murray (1968) *apud* Bonetti (1995), as mudanças na salinidade provocam alterações osmóticas no protoplasma das espécies pertencentes a esse grupo, fazendo com que a atividade dos pseudópodos

seja prejudicada. Brönnimann *et al.* (1981a) concluíram que a maioria dos miliolídeos desenvolvem-se apenas sob a ação conjunta dos seguintes fatores: águas de salinidade marinha normal, altas concentrações de carbonato de cálcio, boa disponibilidade de nutrientes, boa oxigenação e reduzida turbidez.

Em regiões costeiras confinadas, o número de espécies é função da complexa associação de fatores abióticos (Setty, 1979 *apud* Bonetti, 1995), dentre os quais a salinidade tem sido considerada como a propriedade mais influente no estabelecimento de associações de foraminíferos bentônicos (Murray, 1991). Para Laut (2003), além da salinidade, a turbidez é um fator que condiciona a presença de algumas espécies que são endêmicas a estuários como, por exemplo, *Miliammina fusca*.

As poucas espécies calcárias que habitam esse ecossistema possuem testas mais finas e achatadas do que seus ecofenótipos de áreas costeiras adjacentes sujeitas à salinidade normal, não possuem ornamentação e, em geral, apresentam maior número de poros (Boltovskoy *et al.*, 1991).

Fatores como a concentração de oxigênio de fundo também interfere na zonação das espécies de foraminíferos. Geralmente sob estas condições predominam as formas calcárias achatadas, com paredes finas, transparentes, sem ornamentação e com grande número de poros, enquanto que em locais bem oxigenados encontram-se altas porcentagens de formas esféricas, lenticular e biumbilicada. Já para as formas aglutinadas a questão da forma da testa parece ser mais importante do que a quantidade de poros. Ambientes com menores taxas de oxigênio tendem a ter maior concentração de formas planas que arredondadas (Boltovskoy, 1965).

Condições físicas e de hidrografia, que são únicas a cada ambiente, podem produzir diferentes e complexas formas de adaptação que criam dificuldades para se

separar a fauna natural dos efeitos da poluição, especialmente num contexto temporal. Conseqüentemente, os efeitos da poluição na biota em estuários podem ser melhor avaliados por comparação com a natural, ou seja, as assembléias pré-poluição com a atual (Alve, 1995).

2 – FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS COMO BIOINDICADORES EM REGIÕES ESTUARINAS

Um marcador de manejo ambiental tem que conseguir resumir as características gerais do ambiente sem levar em conta as variações de períodos curtos, tais como ciclos de maré. Os trabalhos atuais procuram definir os bioindicadores que melhor se adaptam aos ambientes e as formas de poluição em estudo. Eles devem possibilitar uma avaliação rápida e pouco onerosa do impacto dos poluentes e do risco ecotoxicológico.

Segundo Biadin (1986) *apud* Eichler & Debenay (1996), um bioindicador é um organismo ou um conjunto de organismos que permite caracterizar o estado de um ecossistema e evidenciar tão precocemente quanto possível as modificações naturais ou provocadas. Tal indicador deve:

- Ser facilmente identificado;
- Poder ser amostrado facilmente;
- Distribuir-se de forma ampla;
- Possuir características ecológicas e biológicas bem definidas;
- Apresentar baixa variabilidade específica;
- Desenvolver-se facilmente em laboratório e;
- Acumular poluentes.

Existem duas categorias de bioindicadores: 1) os indicadores de bioacumulação que fixam os poluentes e 2) os indicadores de efeitos. Estes últimos podem ser usados em diferentes níveis: bioquímico, fisiológico ou ecológico. Os indicadores ecológicos podem ser negativos (regredem com a poluição) ou positivos (desenvolvem em meio poluído).

No meio ambiente parálico, os foraminíferos constituem bioindicadores de grande interesse, que atendem bem às quatro primeiras características enunciadas em Biandin (1986) *apud* Eichler & Debenay (1996). Pequenos e abundantes, eles podem ser coletados em grandes quantidades em pequenos volumes de sedimento, o que reduz o custo das coletas. O grande número de testas permite um estudo estatístico confiável dos povoamentos. Além do mais, são sensíveis à qualidade da água na qual vivem.

A utilização de biofácies de foraminíferos e tecamebas bentônicos têm se mostrado como um método extremamente eficiente em análises ecológicas e paleoecológicas, porque estes organismos apresentam uma grande sensibilidade a mudanças de fatores físico-químicos que podem refletir diretamente na composição da população ou na ornamentação das testas.

Segundo Yanko *et al.* (1994) o uso de foraminíferos bentônicos de água rasa parece ser um atrativo como ferramenta no monitoramento ecológico que é favorecido por: (1) os foraminíferos são conspícuos em ambientes marinhos; (2) eles vivem sobre a camada superficial do sedimento próximo à interface água/sedimento e dentro deste; (3) possuem uma larga diversidade taxonômica; (4) possuem uma carapaça dura que se preserva; (5) são pequenos e encontrados em “grandes quantidades”; e (6) possuem um curto ciclo reprodutivo.

As três maiores vantagens no uso de foraminíferos e tecamebas segundo Scott *et al.* (2002), são: (1) a sua presença das testas na qual é preservada no sedimento que gera registro, (2) sua ocorrência em grandes números em pequenas amostras e; (3) foraminíferos e tecamebas também possuem um curto ciclo de vida (meses), o que significa que respondem rapidamente às condições ambientais.

Estudos dos efeitos da poluição em foraminíferos e a possibilidade do uso destes organismos como bioindicadoras foi iniciado por Resing (1960) e Watkins (1961), ambos *apud* Châtelet *et al.* (2004). Contudo, segundo Debenay *et al.* (2002) os foraminíferos devem ser empregados como parte integrada de programas de monitoramento da poluição, incluindo análises químicas de contaminantes. Seu uso deve incluir um programa de monitoramento em longo prazo, estimando o risco da descarga em específicas áreas, e o monitoramento do efeito de ações remediadoras.

Deformações nas testas de determinadas espécies de foraminíferos encontradas em regiões onde havia alta concentração de Pb, Cd e Zn também já foram observadas e usadas como parâmetros para se medir o grau de poluição (Samir & El Din, 2001).

Elberling *et al.* (2003) constataram que em regiões onde havia um fluxo constante de metais pesados, a população de foraminíferos se extinguiu e que, ao cessar a poluição, houve uma recolonização rápida. Porém, a população era a mesma e apresentava deformações nas testas que reduziam a cada geração.

No Golfo do México também foi observado que, em regiões onde há escape de hidrocarbonetos, a população de foraminíferos é alterada e a percentagem de formas teratomórficas é maior (Sen Gupta *et al.* 1997).

Segundo Elberling *et al.* (2003), além de serem excelentes bioindicadores da degradação ambiental, o custo das análises é baixo em relação a outros grupos.

Debenay *et al.* (2003) propõem que em estuários de meso e macro maré, onde as condições ambientais mudam drasticamente durante os ciclos sazonais ou diurnos os bioindicadores devem ser usados para gerar informações sobre as condições físico-químicas médias que influenciam a distribuição da biota. Vários organismos são usados com esse propósito, porém de forma independente, sem equiparar os resultados obtidos por cada um deles. Desta forma os autores propõem que se utilizem os foraminíferos associados com outros organismos tais como ostracodes, dinoflagelados, algas, grãos de polens etc.

As tecamebas constituem um grupo muito menos estudado no âmbito ambiental das regiões costeiras, sendo associadas a estudos de foraminíferos. Contudo são consideradas bons indicadores ambientais pelo fato de terem um bom potencial de preservação em ambientes com pH menos alcalino. As testas de tectina possuem uma melhor preservação em meio ácido do que os organismos de carapaça calcária. As tecamebas têm sido usadas em estudos ambientais relacionados a aporte fluvial (Eichler-Coelho, 1996), em estudos da variação do nível relativo do mar (Lloyd, 2000), em estudos paleoambientais (Medioli & Scott, 1988; Asioli *et al.* 1996; Kliza & Schröder-Adams, 1999; Patterson & Kumar, 2000, Charman, 2001), e na identificação de ambientes impactados (Asioli *et al.* 1996; Patterson *et al.* 1996; Reinhardt *et al.* 1998; e Patterson & Kumar, 2000).

Resumidamente pode-se selecionar dez vantagens da utilização de assembléias de foraminíferos e tecamebas nas análises ambientais em regiões costeiras (Eichler & Debenay, 1996; Yanko *et al.* 1994; Châtelet *et al.* 2004; Debenay, *et al.* 2002; Elberling *et al.* 2003):

1) Os foraminíferos são presentes em todos os ambientes marinhos desde os estuários até as regiões mais profundas;

- 2) As tecamebas estão presentes em todos os ambientes de água doce até a região estuarina
- 3) Numerosas formas vivem sobre a camada superficial do sedimento;
- 4) Possuem grande diversidade taxonômica;
- 5) Sua carapaça pode ser preservada por milhões de anos;
- 6) São pequenos e facilmente coletados;
- 7) São encontrados em grande quantidade;
- 8) Possuem um curto ciclo reprodutivo;
- 9) Ocupam os primeiros níveis tróficos;
- 10) Podem se deformar em contato com certos tipos de poluição e;
- 11) Custo das análises é baixo em relação a outras metodologias.

3 – ESTUDOS REALIZADOS NO BRASIL

Segundo Velho *et al.* (1996), os primeiros registros de estudos com tecamebas no Brasil foram feitos por Ehremberg (1841), Prowazek (1910) e Cunha (1913). Contudo trabalhos integrando associações de tecamebas e foraminíferos na região costeira só iniciaram na década de 60.

Grande parte dos estudos sobre foraminíferos e tecamebas se concentra na região sul e sudeste com uns poucos trabalhos realizados no litoral nordestino e nenhum no litoral norte.

Os trabalhos de Closs (1962 e 1964) dividiram a lagoa dos Patos em seis compartimentos, estabelecidos pela variação da fauna de foraminíferos e da salinidade: zonas pré-marinha, submarinha, pré-mixohalina, mixohalina, pré-límnica e límnica. Outros trabalhos realizados no sul do Brasil seguiram os mesmos critérios

para a divisão de ambientes confinados e semiconfinados (Closs & Madeira, 1962, 1967, 1968, 1971; Closs & Medeiros, 1965,1967).

Na região sudeste uma série de estudos foram realizado no sistema estuarino - lagunar de Cananéia-Iguape localizado no estado de São Paulo. Estes estudos tiveram caráter de integração entre parâmetros oceanográficos, processos físico-químicos, geológicos e oceanográficos (Bonetti, 1995; Eichler *et al.* 1995; Eichler-Coelho, 1996; Duleba, 1997; Debenay *et al.* 1998b).

No complexo Guaratiba/Sepetiba foram realizados alguns trabalhos com foraminíferos, de grande importância taxonômica aplicados na caracterização dos ambientes sedimentares (Tinoco,1965; Zaninetti *et al.* (1976 e 1977; Suguio *et al.*, 1979; Brönnimann, 1984; Zaninetti, 1979; Brönnimann & Zaninetti, 1984; Brönniman *et al.* 1981 a,b e c; Beurlen & Hiltermann, 1983).

Atualmente, o estudo de foraminíferos de águas mixoalinas na zona tropical e intertropical do Brasil tem sido enriquecido com diversos trabalhos, tanto a nível de distribuição horizontal (Zucon, 1989; Zucon & Loyola e Silva,1992; Disaró, 1995; Sousa *et al.*, 1999; Disaró *et al.*, 1999; Carvalho *et al.*, 1999; Duleba *et al.*, 1999; Oliveira, 1999; Figueirêdo, 2000; Laut, 2000; e Bravim *et al.*, 2002), quanto no diagnóstico ambiental (BONETTI *et al.*, 1999; FIGUEIREDO & MACHADO, 1999; VILELA *et al.*,1999; BONETTI *et al.*, 2000; LAUT *et al.*, 2002; Duleba, 1993, Burone, 1996 e 2002 ;Duleba *et al.* 1999a e 1999b; Eichler, 2001; Rodrigues, 2003; Oliveira, 1999; Bonetti, 2000; Semensatto Jr. 2006).

CAPÍTULO II

MATERIAIS E MÉTODOS

1 - Metodologia de Coleta

As áreas de estudo foram selecionadas baseando-se na compartimentação do litoral brasileiro (Silveira, 1964) com o objetivo de abranger uma variação latitudinal representativa dos sistemas estuarinos associados a manguezais (Fig. 3). Esta compartimentação foi elaborada por método dedutivo a partir de características físico-químicas, geológicas, geomorfológicas, oceanográficas e climáticas da franja costeira incluindo a plataforma continental interna.

Foram selecionados para estudo sete estuários ao longo da costa brasileira com ampla distribuição latitudinal, que apresentam aspectos físico-químicos e oceanográficos diferenciados. Todos os estuários localizaram-se dentro da faixa de ocorrência dos manguezais que no Brasil ocorrem de 4°30'N a 28°30'S (Fig. 3).

As amostras para esta pesquisa foram coletadas ao longo do canal principal dos estuários com um barco de pequeno calado (variável em cada região), durante a maré baixa na zona de inframaré, com o objetivo de não amostrar áreas onde houvesse exposição aérea.

As amostras foram coletadas com um amostrador do tipo *van Veen* nas áreas onde o sedimento era mais arenoso e com um amostrador tipo *Ekman* onde o sedimento era mais lamoso.

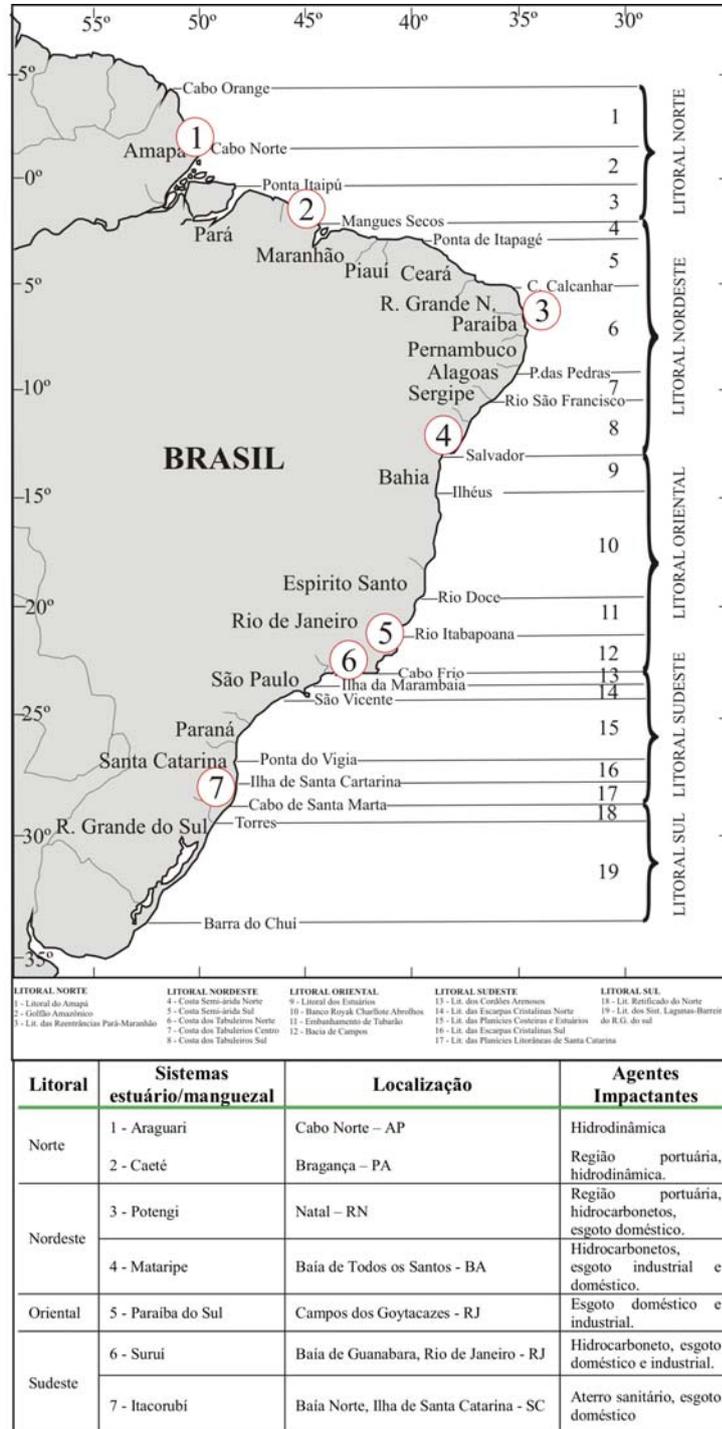


Fig. 3 – Compartimentação do litoral de Silveira (1964) adaptada por Muehe (1999) destacando-se os sistemas estuarinos selecionados para amostragem.

Do material recuperado, cerca de 100 g de amostra foi separado e destinado à análise de granulometria e matéria orgânica e 10 ml para a análise de atividade respiratória bacteriana, que foram acondicionadas em sacos plásticos. Ainda foram separados 50 ml para as análises de foraminíferos e tecamebas que foram acondicionados em potes plásticos com tampa. Após a separação do sedimento foi adicionada aos potes uma solução de corante Rosa de Bengala com formol a 4% para que houvesse a preservação e a identificação dos espécimes que estivessem vivos no momento da coleta (Fig. 4).

Ainda em campo foram tomadas as medidas de salinidade (refratômetro modelo 10419, American Optical), temperatura, pH; Eh, oxigênio (pH-METER G 837, Schott Gerate), e material em suspensão (ORIBA)



Fig. 4 - Etapas da amostragem nos estuários. Pode-se observar o lançamento e recuperação da draga tipo *van Veen* com sedimento e a subamostragem em potes plásticos com formol a 4% e corante Rosa de Bengala para a análise de microorganismos (Fotos: Santo, 2005).

2 - Metodologia de Laboratório

As análises de granulometria, matéria orgânica, foraminíferos e tecamebas foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia e Geofísica Marinha (LAGEMAR), da Universidade Federal Fluminense - UFF.

O material destinado às análises da atividade respiratória bacteriana foi processado no Laboratório de Microbiologia Marinha, do Departamento de Biologia – UFF, em colaboração com a Dr^a Mirian Araujo Carlos Crapez.

2.1 - Análise Granulométrica

Primeiramente as amostras foram lavadas em água destilada para a eliminação de sais solúveis e secas em estufa com temperatura de 50°C. Após esta fase foram atacadas com peróxido de oxigênio a 30% em ambiente natural para eliminação da matéria orgânica.

As frações arenosas (>0,062 mm) foram peneiradas, usando-se peneiras com intervalo de 0,5 phi. Para classificação foi utilizada a escala de Wentworth. As frações lamosas (<0,062 mm) foram analisadas utilizando-se o método de pipetagem (Sugiuo, 1973).

A classificação granulométrica adotada foi à proposta por Flemming (2000), que é restrita a sedimentos < 2 mm. Nesta classificação é adotado o diagrama triangular também usado por outras classificações (Shepard, 1954 e Folk, 1958), porém como mais subdivisões (Fig. 5). Este esquema de classificação é prático e fácil de ser empregado em regiões estuarinas onde os sedimentos finos são dominantes (Tab 2).

2.2 - Matéria Orgânica

Para a determinação do teor de matéria orgânica usou-se o método de Byers *et al.* (1978). Inicialmente pesou-se 50g de amostra que foi seca em estufa por 24 horas a uma temperatura de 60°C. Após esse período o sedimento foi calcinado em mufla a 500°C, de modo que toda a matéria orgânica existente na amostra fosse queimada. Depois de 3h este material foi retirado e pesado. A matéria orgânica total foi determinada pela diferença do peso inicial para o peso final.

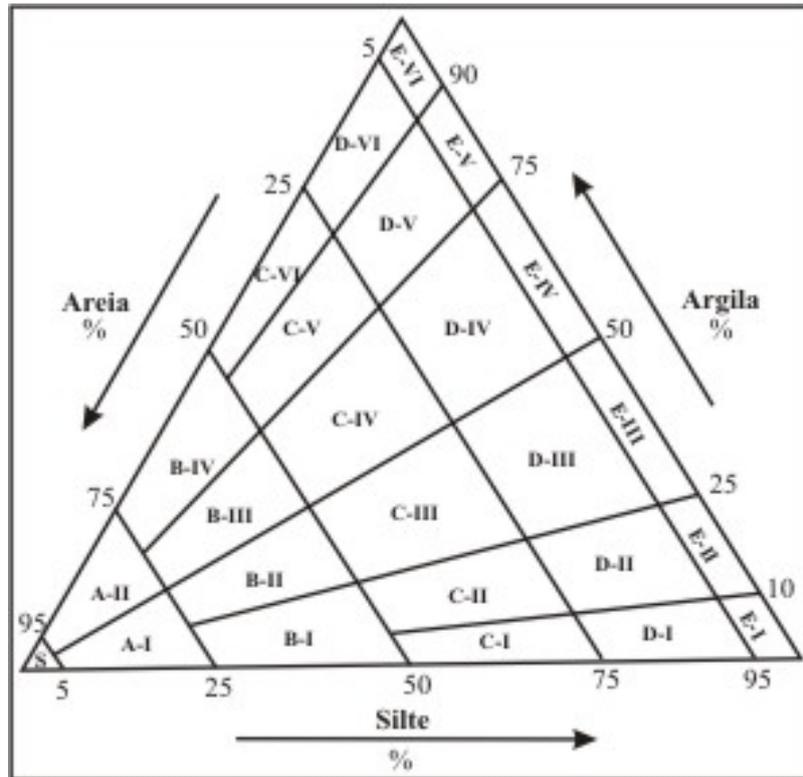


Fig. 5 – Diagrama triangular das classes texturais de Flemming (2000). As subdivisões baseam-se nas porcentagens de areia/silte/argila

Tab . 01 - Códigos e descrição terminológica das 25 classes texturais com base na porcentagem de areia/silte/argila (Flemming, 2000).

Código	Classe Textural	Código	Classe Textural
S	areia	D – I	lama extremamente siltosa e levemente arenosa
A - I	areia levemente siltosa	D – II	lama muito siltosa e levemente arenosa
A - II	areia levemente lamosa	D - III	lama siltosa levemente arenosa
B - I	areia muito siltosa	D - IV	lama argilosa levemente arenosa
B - II	areia siltosa	D – V	lama muito argilosa levemente arenosa
B - III	areia lamosa	D - IV	lama extremamente argilosa e levemente arenosa
B - IV	areia muito lamosa	E – I	silte
C - I	lama extremamente arenosa-siltosa	E – II	silte levemente argiloso
C - II	lama mutio arenosa-arenosa	E - III	silte argiloso
C - III	lama arenosa-siltosa	E - IV	argila siltosa
C - IV	lama arenosa-argilosa	E – V	argila levemente siltosa
C - V	lama muito arenosa-lamosa	E - VI	argila
C - VI	lama extremamente arenosa-lamosa		

2.4 – Respiração Bacteriana

Com o intuito de saber as condições que o sedimento coletado se encontrava, foram realizados testes para qualificar a respiração bacteriana, podendo-se assim analisar o quão impactado o ambiente se encontrava. Os ensaios foram feitos em duplicata para cada estação de coleta, segundo a metodologia descrita em Alef & Nannipieri (1995).

Para verificar a produção de N_2 , foi utilizado meio de cultura contendo 0,687 g/L de $NaNO_2$ e 2 g/L de bactopectona em água do mar a 75%. Foi posto 5 ml de meio por tubo de ensaio rosqueados, com tubo de Durhan (Fig. 6).

Para detectar o processo de fermentação foi utilizado meio de cultura contendo 2 g/L de bactopectona; 15 g/L de Agar em água do mar a 75% e 0,5 mL de azul de metileno (solução saturada 1g/25mL água). Foi colocado 5 mL de meio por tubo de ensaio rosqueado (Fig. 6).

Para verificar a sulfato-redução, foi utilizado meio de cultura contendo 4 g/L de lactato de sódio, 0,1 g/L de ácido ascórbico, 0,2g/L de sulfato de magnésio, 0,01 g/L de fosfato dipotássico, 0,2 g/L de sulfato ferroso amoniacal, 10g/L de cloreto de sódio, 0,001 g/L de resarzurina sódica e 0,4906 g/L de cisteína para 1L de água (Fig. 6).

Nos meios líquidos, para a análise de desnitrificação e sulfato-redução, foi adicionado ao meio de cultura 1 ml de sedimento e este era homogeneizado, e no meio sólido, contendo agar, o sedimento foi inoculado com o uso da alça de platina por todo o tubo de ensaio.

A leitura dos resultados foi feita após 96h, e observava-se se houve crescimento bacteriano através das mudanças do meio. Quando ocorre a desnitrificação há produção de gás dentro do tubo de Durhan; a mudança observada no meio para fermentação é o consumo do corante azul de metileno (Fig. 7) enquanto que no meio de sulfato-redução ocorre uma mudança na coloração do meio e precipitação de ferro e enxofre (Fig. 8).

A desnitrificação é uma das formas de respiração que as bactérias realizam quando o ambiente se encontra em anoxia, sendo um tipo de respiração anaeróbia assim como a sulfato-redução. A fermentação ocorre na interface da aerobiose (presença de O_2) e anaerobiose (ausência de O_2). Se o crescimento foi na superfície do meio as bactérias são aeróbicas, caso o crescimento seja ao longo do tubo a significa que as bactérias realizaram fermentação em anaerobiose (Fig. 9).



Fig.6 – Meios de cultura em tubo de ensaio rosqueado. Da esquerda para a direita pode se observar o meio preparado para desnitrificação, o meio para sulfato - redução e o meio para fermentação.



Fig.7 - Resultado em meio de cultura para o processo de desnitrificação e produção de N_2 , a atividade pode ser verificada pela presença de bolhas dentro do tudo de Durhan.



Fig. 8 - Resultado em meio de cultura para o processo de sulfato redução, onde há precipitação do sulfato de magnésio e sulfato ferroso, observando também mudança na coloração do meio.



Fig. 9 - Resultado em meio de cultura para o processo de fermentação onde se tem o consumo do corante Azul de Metileno e a produção de ácidos orgânicos, como NH₄.

2.5 – Carbono Bacteriano

O carbono bacteriano foi estimado baseado em Carlucci *et al.* (1986) e Kepner & Pratt (1994) Para a análise de carbono bacteriano foram pesados 1 g de sedimento que foram colocados em frascos Erlenmeyer (250 ml), tratados com 9 ml de água deionizada e encubados em shaker rotatório por 30 minutos.

Deste material uma alíquota de 0,5 ml foi retirado e novamente diluída 8x para uma nova reamostragem de 0,5 ml e diluição em 1,45 de água deionizada com 75 µl de laranja de acridina.

Deste material uma alíquota de 2 ml é filtrada em membrana nuclepore preta. Sobre esta lâmina pinga-se 2 gotas de óleo mineral que é levada ao microscópio de epifluorescência. As células são contadas e a biomassa estimada usando-se a fórmula:

$$\text{Células em cm}^{-3} = X.A.d.1/a.1/n.1/V$$

Onde:

X - o número total de células contadas,

A - a área do filtro de policarbonato

d - a diluição

a - área do campo

n – número de campos contados

V – volume da amostra filtrada

2.6 - Processamento das Amostras de Foraminíferos e Tecamebas

O total de 50 ml do material amostrado foi passado a úmido pelas peneiras de 0,500mm e 0,062mm, descartando-se as granulações acima e abaixo destes intervalos. O material orgânico grosso, bem como, os organismos maiores ficaram retidos na peneira de 0,500 mm enquanto os microorganismos passaram para a peneira de 0,062mm. Entre a lavagem de uma amostra e outra, as peneiras foram mergulhadas em corante Azul de Metileno para a coloração de organismos que, por ventura, após ficarem retidos na malha da peneira, poderiam vir a contaminar as amostras subsequentes. Todas as amostras foram secas em estufa sob a temperatura de 50°C e os microorganismos separadas do material por flotação em tricloroetileno (C₂HCl₃).

As amostras foram examinadas sob microscópio estereoscópico com o aumento de 80x onde as espécies de foraminíferos e tecamebas foram identificadas sistematicamente e contados em placas de plástico preto quadriculado (Fig.10).

2.7 - Microscopia

As espécies identificadas foram fotografadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV) após a mineralização com ouro paládio, a fim de torná-las condutoras. As fotomicrografias foram realizadas na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC e estão expostas na seção de estampas. O microscópio utilizado foi um ZEISS DMS 960 (Fig. 10).

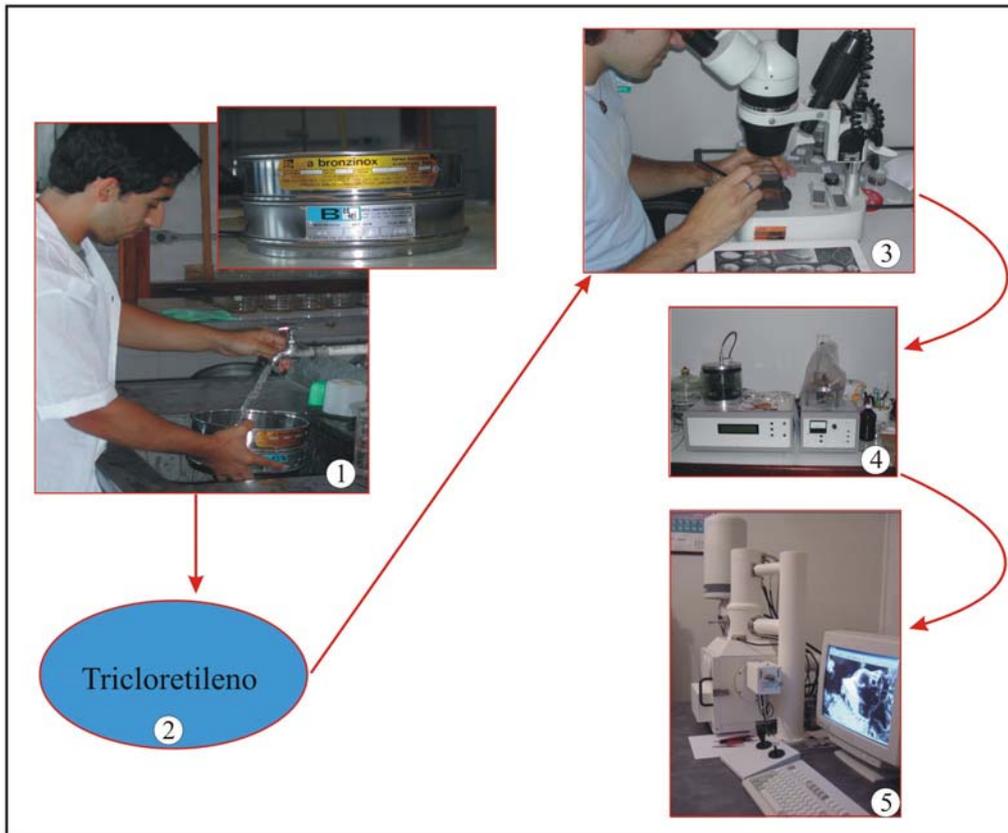


Fig. 10 – Etapas do processamento das amostras de foraminíferos e tecamebas. 1 – lavagem do material entre as peneiras de 0,500 e 0,062 mm; 2 – separação das testas do material arenosos por flotação em tricloretileno; 3 – Triagem, identificação e contagem das espécies sob microscópio estereoscópico; 4 – mineralização dos espécimes selecionados; e 5 – fotografia em microscópio de varredura.

3 – Tratamento Estatístico dos Dados

3.1 – Índices Ecológicos

A utilização de vários índices sobre um mesmo conjunto de amostras justifica-se pelas características inerentes a cada método, que permite a obtenção de um número maior de relações entre as características faunísticas (Buzas, 1979 *apud* Bonetti, 2000). No caso de foraminíferos, por ser um grupo tipicamente marinho, é esperado que um número maior de espécies seja encontrado em águas de salinidade oceânicas, existindo uma natural redução nos valores destes descritores biológicos e também uma substituição faunística em direção aos ambientes salobros. As tecamebas

que são tipicamente dulcícolas, têm o comportamento oposto às espécies de foraminíferos, ou seja, os índices aumentam em direção ao ambiente de água doce.

Como descritores ecológicos das espécies de foraminíferos e tecamebas identificadas foram usados:

- População total – representa a quantidade de testas de foraminíferos e de tecamebas contidos na amostra (vivos + mortos). Nas amostras cuja população foi superior a 300 indivíduos foi aplicado o quarteamento em um microquarteador de aço inox. A população total foi estimada multiplicando-se pela quantidade de vezes que foi necessário fazer o quarteamento.
- Frequência relativa – expressa a relação quantitativa entre um dos componentes bióticos e o todo. Desta forma, a frequência é a porcentagem com um indivíduo de uma determinada espécie ocorre na população total de uma amostra.
- Número de vivos – quantidade de carapaças coradas pelo corante rosa de Bengala no momento da amostragem. Estas testas foram identificadas sob microscópio estereoscópico durante a triagem e identificação das espécies. As interpretações ecológicas foram baseadas na população total devido uma série de problemas apontados na literatura a respeito do corante rosa de Bengala nas testas de foraminíferos (Bonetti, 2000). O número de testas vivas serviu de argumento secundário para possíveis sazonalidades e relações ecológicas na população amostradas
- Número de más formações – número total de testas que apresentaram anomalias tais como: câmaras de tamanho e forma irregular, mudanças no enrolamento e testas gêmeas.

- Número de espécies (Riqueza) – número total de espécies numa amostra.
- Constância – expressa a relação em porcentagem entre as espécies e a amostragem. É calculada segundo a fórmula: $C=p.100/P$, onde p é o número de amostras contendo a espécie considerada e, P é o número total de amostras. As espécies são consideradas constantes quando presentes em mais de 60% das amostras; são acessórias ou pouco constantes as que apresentam uma ocorrência entre 25 a 59%; e são consideradas acidentais ou raras as que ocorrem em menos de 25% das amostras (Tinoco, 1989).
- Diversidade (H') – Este índice foi proposto por Shanon (1948), e possui uma vantagem em relação aos índices de Margalef, Gleason e Menhinick, pois é apropriado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade ou sub-comunidade de interesse, e é estimado através da seguinte equação: $H'=\sum p_i \ln p_i$, onde p_i representa a porção da i -ésima espécie na amostra e \ln é o logaritmo natural (base e). Para o cálculo do índice de diversidade (H') foi utilizado o *Software* MVSP 3.1.
- Equitabilidade (J) - se refere à distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo proporcional à diversidade e inversamente proporcional a dominância. A medida de Equitabilidade ou Equidade compara à diversidade de *Shanon-Wiener* com a distribuição das espécies observadas que maximiza a diversidade. Este índice é obtido através da equação: $J'=H'/\ln(S)$, onde S é a riqueza de espécie H' é o índice de diversidade de *Shannon-Wiener* e \ln é o logaritmo natural (base e) usando-se o *Software* MVSP 3.1.
- Dominância - este índice foi proposto por Simpson (1949), e possui uma vantagem em relação a outros índices, pois não somente considera o

número de espécies (s) e o total de números de indivíduos (N), mas também a proporção do total de ocorrência de cada espécie. É estimada através da seguinte equação: $\sum ni(ni-1)/N(N-1)$ usando-se o Software MVSP 3.1.

3.2 – Análises multivariadas

Estudos ambientais têm como resultado um grande número de matrizes que registram a presença e ausência e a abundância das espécies em um dado local ou ambiente. Como essas matrizes podem facilmente ultrapassar várias dezenas de espécies e algumas dezenas de locais, a visualização dos padrões de ocorrência e co-ocorrência das espécies pelos ambientes ou locais é uma tarefa difícil. Em muitas ocasiões se dispõem ainda de variáveis ambientais para que se possa correlacionar também as distribuições das espécies com as características do meio (Prado *et al.* 2002).

Para explorar estes padrões de uma maneira analítica e quantitativa, na ecologia foi criada uma série de procedimentos estatísticos exploratórios, conhecidos em seu conjunto como análises multivariadas. Seu objetivo é reduzir um grande número de variáveis a poucas dimensões com o mínimo de perda de informação, permitindo a detecção dos principais padrões de similaridade, associação e correlação entre as variáveis.

Objetivando-se compreender as relações de inter-dependência que existem entre as múltiplas variáveis ambientais analisadas e sua influência em relação ecologia e a distribuição das espécies de foraminíferos e tecamebas, foram testadas duas técnicas de análise de agrupamento e duas de ordenação (CCA e DCA).

3.2.1 – Análises de Agrupamento

Este tipo de análise estatística define o agrupamento de casos ou variáveis baseado na medida de similaridade de seus valores descritores. A similaridade pode ser definida através de coeficientes de distância ou de relação (Bonetti, 2000).

Para avaliar a similaridade entre as estações amostradas e identificar sub-ambientes semelhantes do ponto de vista da distribuição faunística foi aplicado uma análise de agrupamento em modo – Q no *Software* Pcord4. A matriz de distância foi gerada usando os valores de frequência relativa (abundância) de todas as espécies identificadas, elevadas a potência de 0,5, com o objetivo de amenizar a diferença entre as espécies dominantes em relação às que apresentaram frequências muito baixas. Como medida de comparação entre as estações empregou-se o Coeficiente de Distância Euclidiana e como estratégia de agrupamento foi utilizado o Método de Ward (variância mínima).

A associação entre as espécies foi obtida usando-se a mesma matriz de frequência relativa das espécies transformadas potência de 0,5, aplicando-se o coeficiente de correlação linear r-Pearson (modo-R). Como estratégia de agrupamento foi utilizado o Método de Ward (variância mínima) no *Software* Pcord4. Este método quantifica a dependência linear entre os elementos, determinando a matriz de correlação e identificando a relação entre os microorganismos.

3.3.2 – CCA (*Canonical Correspondence Analysis*)

O CCA que é a mais popular técnica de ordenação na comunidade ecológica. É um método que obriga a ordenação de matriz por regressão linear múltipla com variações em uma segunda matriz. Em uma comunidade ecológica, sua forma usual é

a ordenação de unidades de amostra no espaço ambiental. A matriz de unidades por amostra *versus* espécies é comparada com a matriz de unidades por amostras *versus* variáveis ambientais (McCune & Grace, 2002).

O CCA ignora estruturas de comunidades que não são correlatas com as variáveis ambientais. Em contraste, efetuar uma ordenação com só os dados de uma comunidade e então secundariamente relacionar a ordenação as variáveis ambientais, permite uma expressão clara de inclinação das comunidades, seguida por uma determinação independente da importância da mensuração das variáveis ambientais (Okland 1996) *apud* McCune & Grace (2002).

Neste trabalho para a realização das análises multivariadas em CCA foi utilizado o *Software* PCord4 nas seguintes configurações: pontos em linhas e colunas padronizados por: centragem e normalização; escala de ordenação dos pontos, linhas otimizadas; pontos para descrição do gráfico, pontos das amostras são combinações lineares das espécies e correlação listada para segunda matriz.

Para o cálculo da porcentagem de variância foi utilizada a Distância Euclidiana Relativa, que é a recomendada para medir a ordenação em espaços.

3.3.3 – DCA (*Detrended Correspondence Analysis*)

O DCA é uma técnica de ordenação baseada na média recíproca. É gerado para banco de dados ecológicos e a terminologia é baseada em amostras e espécies. Caso se tenha outro tipo de dados, o DCA pode não ser eficiente. Caso se deseje usar ele para outros tipos de dados é necessário traduzir a terminologia na saída na confecção para combinar com os bancos de dados particulares (McCune & Grace, 2002).

Ambos RA e DC fazem a ordenação de amostras e espécies. Contudo, o arco que é inevitável como mais de uma dimensão no RA é achatado como o DCA. Isto é possível por dividir o primeiro eixo em segmentos, nesse cenário a media de pontos no Segundo eixo dentro do segmento zero. A tendência a comprimir o eixo final relativo ao meio, que também é outra falha do RA, é também corrigida pelo DCA. Isto é finalizado pela re-escala do eixo para equalizar assim que possível a variância dentro da amostra dos pontos das espécies ao longo do eixo de ordenação das amostras (McCune & Grace, 2002).

O DCA implica usar uma distância equi-quadrada da distância medida. Contudo, o DCA e o CA não requerem um cálculo explícito da uma matriz de distância equi-quadradas, pode ser mostrado que o RA é equivalente a uma *eigenanalysis* da distância num espaço definido pela distância métrica equi-quadrada (McCune & Grace, 2002).

Para elaboração das análises multivariadas em DCA foi utilizado o Software PCord 4 sendo necessário a elevação da frequência relativa das espécies a potência de 0,5 e minimização da importância das espécies raras.

3.3.4 – Análise de Correlação

A análise de correlação permite avaliar se existe relação entre o comportamento de duas ou mais variáveis e em que medida se dá tal interação. Esta relação entre variáveis pode ser analisada através de um gráfico de dispersão. A reta de tendência plotada a partir da distribuição dos pares x, y pode indicar correlação linear positiva, negativa ou inexistência de correlação.

Uma análise de correlação usando o coeficiente não paramétrico de *Spearman* foi realizada objetivando saber como os resultados da atividade respiratória

bacteriana, carbono bacteriano, foraminíferos e tecamebas estavam se correlacionando. Este tipo de ordenação foi empregado porque os dados de respiração bacteriana não são métricos, sendo assim não seria possível usar valores métricos como médias e desvio padrão para as correlações. Este tipo de coeficiente também pode ser usado a descritores métricos após a transformação dos dados em “postos”. A eficiência deste método está no fato de possuir a capacidade de detectar facilmente uma relação entre os descritores e de rejeitar a hipótese nula de independência.

É importante lembrar que o conceito de correlação refere-se a uma associação numérica entre duas variáveis, não implicando necessariamente numa relação de causa-efeito. Portanto, e mesmo que duas variáveis apresentem-se matematicamente relacionadas, não significa que deva existir uma relação explicativa entre elas.

CAPITULO III

LITORAL NORTE

1 – LITORAL NORTE

Segundo Muehe (1998), a região norte é caracterizada por uma plataforma continental extremamente larga e em grande parte recoberta por sedimentos lamosos, fortemente influenciada pela descarga do rio Amazonas e, portanto, com significativo aporte de água doce. Ainda segundo o autor, o litoral norte pode ser compartimentado em três regiões que possuem limites coincidentes entre vários outros autores (Fig. 11).

Na litoral norte, denominado de costa Amazônica por Mendes (2005), podem ser identificados dois macrocenários geomorfológicos e sedimentológicos que são determinantes na formação dos manguezais (costa amapaense e reentrâncias Pará-Maranhão). Estes dois cenários são separados pelo Golfão Marajoara, que envolve a foz do Amazonas e a Ilha Marajó.

Schaffer-Novelli *et al.* (1990) apontam que o segmento do litoral que se estende à direita do banco do rio Oiapoque até o sul do Cabo Norte se caracteriza por ser uma costa aluvial, levemente plana que é alagada durante a estação chuvosa. Outro tensor importante é a pluma do rio Amazonas que influencia toda a região costeira e a plataforma. Já o segmento entre a Ponta Curuçá (00°36'S) e a Ponta dos Mangues Secos (02°15'S) é uma

região dissecada por vasta quantidade de estuários que adentram a costa muitos quilômetros.

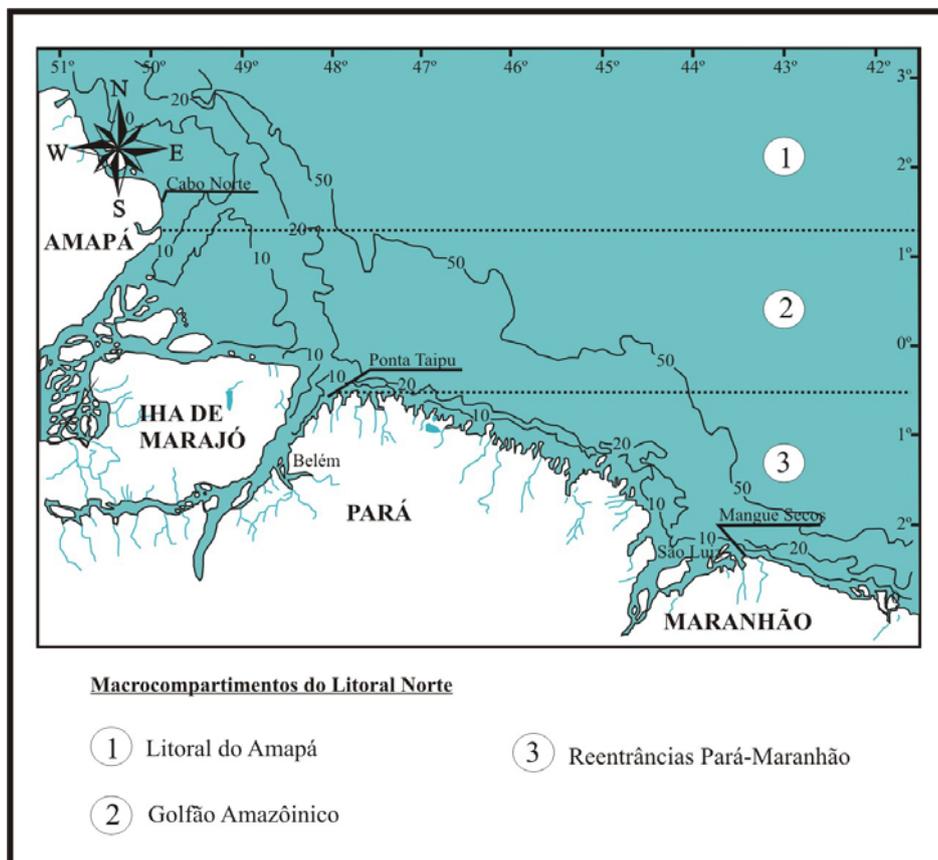


Fig. 11 – Compartimentação do litoral Norte (modificado de Muehe, 1998).

2 - ESTUÁRIO DO RIO ARAGUARI - AMAPÁ

2.1 – Localização

O rio Araguari nasce na porção NNW-SSE, desviando-se para NE-SE na sua confluência com o rio Amapari. Possui forma meandrante com formas anômalas em arcos e cotovelos e tem como afluentes principais os rios Muraré, Mutum, Falsino e Amapari, todos localizados no alto curso (Santos, 1994). Próximo à foz o rio alcança sua largura

máxima (3,75 km) sendo, depois do rio Amazonas, o segundo maior rio em largura ao norte da linha do Equador (Fig. 12).

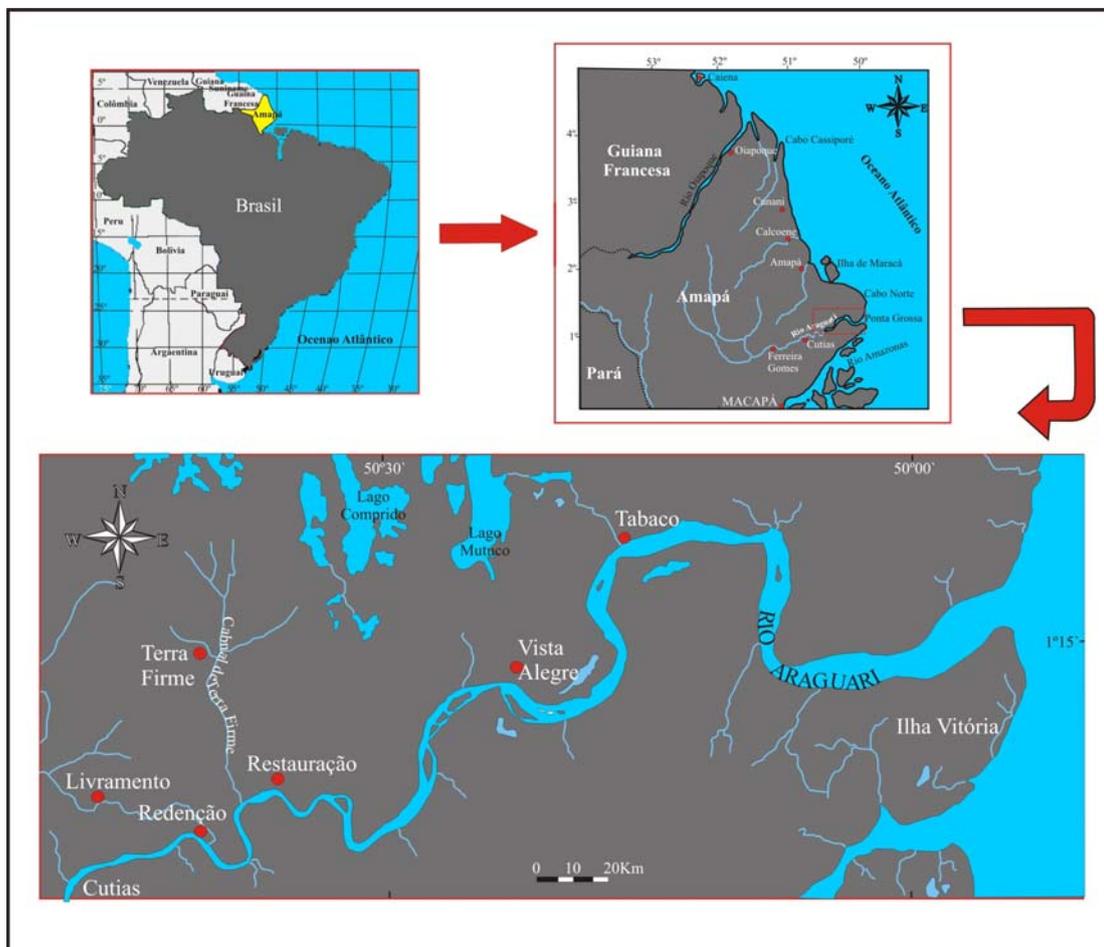


Fig. 12 – Localização do estuário do rio Araguari – AP.

2.2 – Caracterização da Área de Estudo

Os depósitos sedimentares da foz do rio Araguari estão inseridos no contexto geológico da Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas, localizada na porção noroeste da margem continental equatorial brasileira, cobrindo uma área de cerca de 360.000 km² que inclui a plataforma continental, talude e bacia oceânica até a isóbata de 3.000 m (Silva *et al.* 1990 *apud* Silveira, 1998).

O rio Araguari percorre uma extensa área recoberta pela Formação Barreiras, caracterizada na região por sedimentos areno-argilosos, argilo-siltosos e conglomeráticos, em sistema de leques aluviais ou lacustres (Lima *et al.* 1991).

Os depósitos Holocênicos no estado do Amapá distribuem-se ao longo de uma ampla faixa que se estende desde a cidade de Macapá até o “delta” do rio Amazonas, elaborando a unidade morfológica denominada de Planície Costeira (Lima *et al.* 1974). Esta planície tem uma forma de cúspide, sendo mais delgada nas extremidades norte e sul e mais larga na região central onde se localiza o rio Araguari.

A classe textural predominante no baixo curso do Araguari é silte lamoso ou areno-lamoso. As areias próximas à foz do rio tendem a ser de finas a muito finas e no médio curso são de finas a grossas. Em geral os grãos são moderadamente a bem selecionados (Santos, 1994).

Segundo Bezerra *et al.* (1990), devido a seus elevados, índices térmicos, a costa do Amapá como um todo apresenta um clima Megatérmico, caracterizado por temperaturas elevadas o ano todo, com médias entre 26° e 28°C. As médias anuais das máximas oscilam entre 30° e 33°C e as mínimas entre 21° e 25°C.

Peres *et al.* (1974) correlacionam o clima da região litorânea do estado do Amapá como Amw' na classificação de Köppen, que significa que o clima é quente e úmido, com temperatura média do mês mais frio superiores a 18°C, de característica monçônico predominantemente úmido, com chuvas concentradas no verão e no outono.

Os índices pluviométricos também são bem elevados, variando de 1500-3500 mm/ano (Bezerra *et al.* 1990), e este regime de chuvas é bem variável ao longo do ano. Existe um período bem chuvoso que concentra 70% do total anual, que vai do mês de janeiro até julho, e é marcado pela cheia dos rios e ampla inundação das planícies. A estação seca é mais curta, ela começa no mês de agosto e se estende até dezembro.

Segundo Schaffer-Novelli & Molero (1988), as condições meteorológicas mais severas são observadas nos meses de novembro a março, quando a zona de convergência intertropical se move sobre a região costeira, em direção ao sul, sob a ação dos ventos do quadrante nordeste, propiciando chuvas e trovoadas.

A costa do Amapá como, um todo, é submetida a um regime de macromarés (amplitude > 4 m), tornando-se mesomaré em direção à Guiana Francesa. Schaeffer-Novelli & Mollero (1998) citam que na região da foz do Araguari as marés podem atingir 5,2 m e na região da Ilha de Maracá, no igarapé do Inferno, a maré de sizígia pode alcançar 12 m. Mendes (1994) considera o litoral do Amapá como o que apresenta as maiores amplitudes de maré do Brasil.

As marés no Amapá são semidiurnas e ocorrem quase que sincronicamente com as da Guiana Francesa, Suriname, com menos de 1 hora de diferença (Rine 1980).

As correntes na Plataforma do Amazonas são dominadas por dois componentes principais: um fluxo de maré semidiurno, orientado aproximadamente perpendicular à costa; e um fluxo *subtidal* longitudinal, direcionado para NW, ao longo da plataforma. Medidas de correntes de maré semidiurnas mostram valores máximos de 2 m/s na plataforma interna, durante a maré enchente, e somente 0,7 m/s durante a maré vazante (Geyer *et al.* 1991).

Ocorrem dois tipos de circulação sazonais na Plataforma do Amazonas:

- 1) Dezembro a maio – época do ano que há um avanço para sul da Zona de Convergência Intertropical; neste período as correntes fluem para NW com velocidades de 0,76 m/s (Castro Filho *et al.* 1990).
- 2) A partir de junho – neste período a Corrente das Guianas perde intensidade e transporta menor quantidade de material argiloso em direção às Guianas.

Segundo Colin (1990), no mês de maio as correntes são mais fortes na costa e na plataforma; em junho são mais intensas na plataforma interna e externa; e em julho são fracas e os ventos exibem tendência para comportamento ciclônico. Este sistema é controlado pelo deslocamento da Zona de Convergência Intertropical, que em maio e junho desloca-se para Norte, potencializando os ventos de SE. Uma situação contrária ocorre em julho quando o deslocamento é para Sul, tornando os ventos mais fracos e variáveis.

Em relação aos parâmetros físico-químicos da água (temperatura, salinidade e concentração de material em suspensão), pode se dizer que estes são fortemente controlados pelos diferentes estágios de descarga hídrica e sedimentar do rio Amazonas (Mendes, 1994).

Segundo Costa (1996), toda a costa do Amapá, Guiana, Suriname e leste da Venezuela, recebem grande influência da descarga do rio Amazonas, tanto de caráter hídrico (80.000 a 25.000m³/s) quanto sedimentar (1,1-1,3 10⁹ ton/ano). Tal descarga produz uma pluma de baixa salinidade e alta turbidez que é direcionada para noroeste ao longo da plataforma externa do Amapá até a isóbata de 30 m, em torno de 700 km paralelamente à costa.

A salinidade sempre é baixa na região costeira do Amapá. Durante os meses de maio e junho, período de maior descarga, a salinidade atinge valores de 12, aumentando para 36 em direção a plataforma externa. Já no período de menor descarga (novembro) a salinidade na costa aumenta para 24 (Limeburner *et al.* 1992).

De acordo com Sternberg & Kineke (1990), durante os meses em que a descarga do rio Amazonas diminui, as concentrações de material em suspensão variam de 150 mg/l a 800 mg/l e nos meses de descarga máxima esse valores sobem, ficando acima de 10 g/l, formando uma camada de lama fluida de 4 m de espessura.

Leite *et al.* (1974) definiram para a região costeira do estado do Amapá uma vegetação onde dominam as Formações Pioreiras, que são formações vegetais que ainda se encontram em fases de sucessão, com ecossistemas associados a fatores ecológicos instáveis e uma Região Ecológica de Floresta Densa. Dentro da região do rio Araguari destacam-se duas sub-regiões das Formações Pioneiras (Fig. 13): Campos da Planície do Amapá e Manguezais; e uma dentro da Região Ecológica de Floresta Densa, onde se destaca a sub-região Aluvional do Amapá (Floresta de Várzea).

- Campos da Planície do Amapá

Este ecossistema se estende por todos os terrenos aluviais sem influência marinha. Constitui-se pela abundância de gramínea, ciperáceas e melatomatáceas (Fig. 14). Nos locais mais baixos e mais alagados a vegetação tem maior porte e é composta por aninga (*Montrichardia arborescens*), tiriricão (*Scleria* sp.), buriti (*Murilia flexuosa*), piri (*Cyperus giganteus*) e mururé (*Eichornia* sp.).

A vegetação das partes mais altas é composta por gramíneas, dentre as quais destacam-se canaranas (*Echinoa* sp.), capim rabo-de-rato (*Himenachne* sp.), capim serra-perna (*Laercia* sp.) e capim arroz (*Oriza perennis*).

- Manguezal

No Amapá, os manguezais ocupam uma faixa de aproximadamente 2.300 km² (Leite *et al.*, 1974), representando um ambiente bastante peculiar; em muitas áreas este ecossistema não tem uma conexão direta com os sistemas de baías e estuários, como ocorre em outras regiões da costa amazônica.

Segundo Schaeffer-Novelli *et al.* (1990), o setor compreendido entre o Cabo Orange (04°30'N) e o Cabo Norte (01°40'N) é caracterizado por bosques homogêneos dominados por *Avicennia*. Já entre o Cabo Norte, região da foz do Araguari e a Ponta do

Curuçá (00°36'S), os manguezais são mais influenciados pela descarga do rio Amazonas, compondo-se de bosques mistos de *Avicennia* e *Rhizophora*.



Fig. 13 – Contato entre o ecossistema de Campos do Amapá com floresta de mangue no Cabo Norte-AP (foto: Arcevo IBAMA, 2005).

Segundo Schaeffer-Novelli & Molero (1988), em alguns trechos da costa amapaense há o desenvolvimento de estratos de *Spartina*, que permanecem submersos a cada preamar, vindo em seguida os bosques de “mangal”, constituídos por *Annona*, *Avicennia* e *Rhizophora* (*R. mangle*, *R. harrisoni* e *R. racemosa*), e por último, *Avicennia germinans*, as espécies mais emergentes dos bosques de mangue.

Na margem sul do rio Araguari, os Siriubais (*Avicennia*) são dominantes, consorciados com espécies de várzea e muitas palmeiras e na margem norte também há o domínio de *Avicennia*, porém sem a existência de palmeiras (Prost & Rabelo, 1996). Segundo os autores, as populações de *Rhizophora* spp. prosperam entre o lago Piratuba e o Cabo norte; porém em observações de campo este gênero pode ser identificado em uma situação protegida pela mata de várzea (Fig. 14).



Fig.14 – Campo de *Rhizophora* spp. protegido pela floresta de várzea na margem norte do rio Araguari (Foto: Figueiredo Jr., 2005).

- Floresta de Várzea

Está associada às áreas aluviais dos principais rios da região. Caracteriza-se por espécies florestais adaptadas aos períodos de inundação. Nos locais bem drenados ocorrem comunidades florestais de terra firme, e nos inundados periodicamente, as florestas de várzea (Fig. 15). São florestas de estrutura complexas normalmente ricas em palmeiras como a a  (*Euterpe* sp.), além de sama mas (*Ceiba pentandra*), ucu bas (*Virola* spp.), andirobas (*Carapa guianensis*), tachis (*Tachygalia* sp.), taquaras (*Guadua* sp.) e outras.



Fig. 15 – Floresta de várzea no Igarapé das Piranhas, Rio Araguari (Foto: Laut, 2005).

2.3 – Agentes Impactantes

O estuário do Araguari nos últimos cinquenta anos vem sofrendo ação antropogênica com a criação de búfalos que modifica a paisagem e aumenta a carga de sedimento em suspensão. Todavia esta atividade tem impacto bem menor sobre as espécies aquáticas de estuários do que os fatores naturais oriundos da descarga do Amazonas e a amplitude de maré (Santos, 2006).

Segundo Costa e Silveira (1998), no rio Araguari a amplitude de maré é de 5 m e alcança uma distância de 115 km em direção a montante. Esta maré focalizada cria, segundo Mendes (1994), condições altamente energéticas na foz de alguns estuários como no Araguari, onde há o desenvolvimento do fenômeno da pororoca.

O fenômeno da pororoca existe em 67 estuários segundo Kjerfve & Ferreira (1993) e consiste em uma onda de translação, também chamada de onda de compressão ou resalto de translação (Chanson, 2005). A onda da pororoca se comporta como uma onda solitária sendo sua origem relacionada à presença de macromarés, morfologia e declives suaves do fundo do estuário, podendo em muitos casos ter sua magnitude influenciada pelo regime de ventos local (Lynch, 1982).

Segundo Lynch (1982) as maiores alturas são encontradas na foz do Amazonas, aonde chegam a alcançar 7 m, porém segundo Santos *et al.* (2005) esses valores nunca foram confirmados em campo.

Este fenômeno é extremamente importante por ter grande poder de remobilização, deposição e erosão de camadas sedimentares (Santos *et al.*, 2005). Tem como característica sua formação ainda no oceano, o que constitui um processo raro, ocorrendo de forma semelhante somente na baía do Monte Sant-Michel, na França (Hirsh, 2004).

Lynch (1982) foi o primeiro a citar a ocorrência do fenômeno da pororoca no estuário do Araguari. Porém somente em Santos *et al.* (2005) a pororoca no estuário do Araguari foi estudada de forma associada aos processos sedimentares.

Segundo Santos *et al.* (2005) no estuário do rio Araguari, a pororoca ocorre com amplitude de 1 a 2 m. O tipo da onda é ondular quando está nas porções mais fundas do estuário, e possui formato de macaréu (*breaking*) nas porções mais rasas. A onda chega a adentrar mais de 45 km no estuário a uma velocidade de 2,8 a 5 m/s (10 a 18 km/h) estendendo-se de uma margem a outra. Dentro do estuário a onda pode se dividir entre os bancos e ilhas, diminuir de tamanho quase desaparecendo e reaparecendo várias vezes, de acordo com a morfologia das áreas por onde passa e da dissipação da energia da onda. A massa d'água da onda é capaz de encher grande parte do estuário em poucos minutos (Fig. 16).

Este fenômeno constitui-se num dos principais mecanismos de modificação no estuário em função da magnitude dos processos sedimentares (Santos *et al.* 2003). Os efeitos podem ser vistos na turbidez da água, que antes da passagem da onda são de 274 g/l e durante a passagem da onda sobem para 8.108 g/l. Em determinados períodos de maré está concentração pode chegar a 15,614 g/l (Santos *et al.* 2005). Em função desta quantidade de material em suspensão há o aumento da viscosidade e conseqüentemente o aumento do poder de erosão. Segundo Santos *et al.* (2005) até 3 cm de sedimento argiloso consolidado podem ser remobilizados pela onda e a deposição atinge cerca de 1 cm durante 8 ciclos de maré.

Os processos de erosão também atuam através da quebra e queda por gravidade de blocos de dimensões métricas retirados dos terraços marginais para o canal do estuário. Na porção superior desses terraços, blocos com dimensões menores são jogados terraço acima,

em decorrência do embate da onda principal e das ondas secundárias sobre as margens do baixo estuário (Fig. 16).



Fig. 16 - Sequência da chegada da onda da pororoca na margem norte do Estuário do Araguari onde pode ser observada a ação erosiva. 1- margem durante a maré baixa; 2 - mesma margem com a chegada da primeira onda de preamar. 3 - a segunda onda arrebatando contra a margem e 4 - onda passando sobre a margem do rio (Fotos: Laut, 2005).

2.4 – AMOSTRAGEM NO ESTUÁRIO DO ARAGUARI

As coletas de sedimento foram realizadas entre os meses de março e abril de 2005 no baixo curso do rio Araguari usando como base o Barco São Miguel e uma lancha tipo voadeira de apoio para as coletas.

Foram amostradas 16 estações desde a zona mais interna do rio até a região mais externa. A distância longitudinal entre as estações foi de aproximadamente 7 km e lateralmente variou de acordo com a largura do rio e a influência das marés (Fig. 17).

Foram coletadas amostras destinadas às análises de foraminíferos, tecamebas, granulometria e matéria orgânica total. Ainda em campo foram medidos os parâmetros físico-químicos: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e turbidez usando como equipamento um HORIBA.

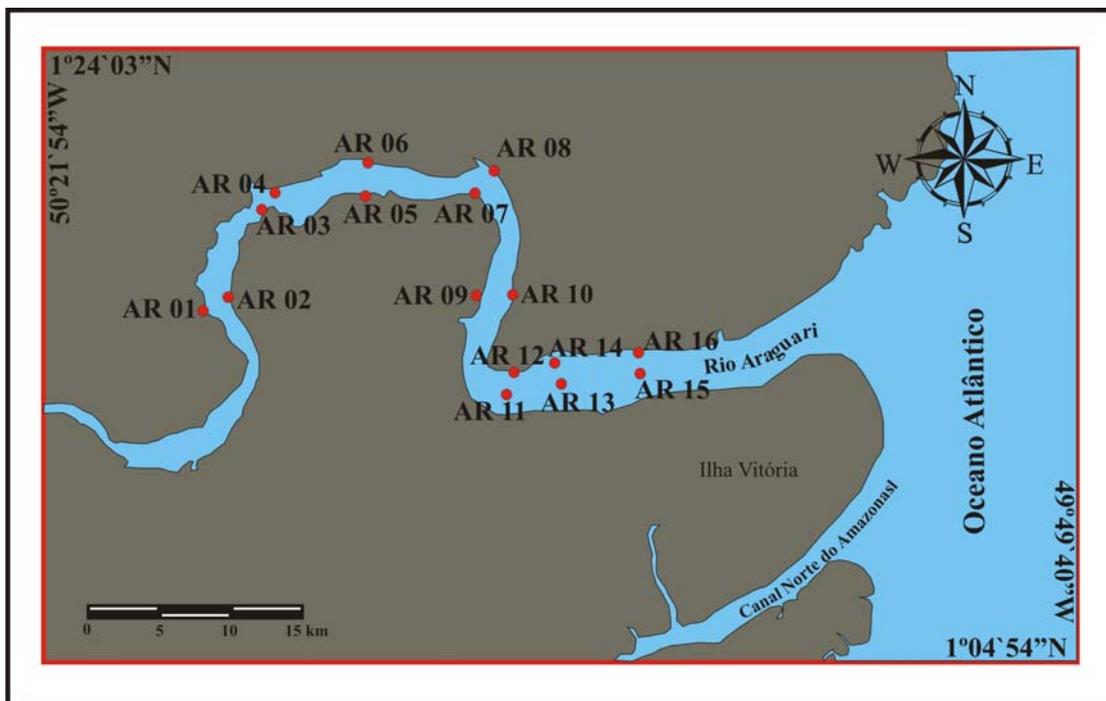


Fig. 17 – Estações amostrais ao longo do estuário do rio Araguari – AP.

2.5 – RESULTADOS

2.5.1. – Abióticos

Os parâmetros abióticos foram bem variáveis ao longo do estuário. A salinidade se manteve em zero ao longo de todo estuário.

Os valores de oxigênio dissolvido apresentaram uma variação não apenas longitudinal como também grandes variações de uma margem a outra. Estas variações podem ser principalmente observadas na margem esquerda onde foram registrados os menores valores (Tab. 2).

A turbidez no estuário foi gradativamente crescente em direção à foz, onde os valores oscilaram de 14 a 990 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). A única estação da foz que apresentou valores baixos de turbidez foi AR 14 (Tab.3).

A média de temperatura no estuário foi de 28,7°C, contudo também apresentou a tendência a menores temperaturas próximos à foz (Tab. 2).

O pH não teve grandes variações ao longo das estações amostradas, sendo básico na estação AR 07 (7,02) e mais ácido na estação AR 16 (5,29)(Tab. 2).

As análises granulométricas demonstraram que o sedimento ao longo do estuário variou de pobremente selecionado nas estações mais internas para muito bem selecionado na estação AR 15 com dominância da fração silte. A classe textural dominante foi silte levemente argiloso (Fig. 18).

Em relação às porcentagens de matéria orgânica no sedimento os valores foram mais altos nas estações mais internas decrescendo em direção a parte mais intermediária e novamente aumentando em direção a foz (Fig. 18).

2.5.2 – Bióticos

Das 16 estações amostradas somente em 8 foram identificados exemplares de foraminíferos ou tecamebas (AR 01, 03, 05, 07, 10, 11, 15, 16). Foram identificadas 19 taxons de foraminíferos e 10 de tecamebas distribuídas de forma bem irregular no estuário (Tab. 3). Poucos exemplares de foraminíferos estavam corados, ao contrário dos de tecamebas.

Somente 5 espécies de foraminíferos calcários foram identificadas, e todos na estação AR 16: *Ammonia beccari*, *Bolivina* sp. A., *Bolivina* sp. B. e *Miliolinella subrotunda*.

Nas estações AR 05 e Ar 07 a maior parte dos foraminíferos estavam quebrados e as estações AR 16, 15 e 11 foram as que apresentaram os espécimes maiores e em melhor estado de preservação. Estes espécimes eram pequenos, porém bem preservados.

Tab. 2 – Parâmetros físico-químicos das águas de fundo amostradas no estuário do rio Araguari.

Estações	T (°C)	Salinidade	pH	Turbidez (NTU)	O ² (mg/l)
AR 01	28,9	0	5,3	14	5,5
AR 02	29	0	5,42	37	4,77
AR 03	30,4	0	5,86	180	6,78
AR 04	29,9	0	5,65	180	0,46
AR 05	30,2	0	6,82	300	8,1
AR 06	32	0	6,34	360	2,9
AR 07	28,9	0	7,13	250	7,02
AR 08	29	0	5,36	300	1,35
AR 09	27,9	0	5,47	590	6,12
AR 10	28,1	0	5,89	410	2,41
AR 11	27,3	0	6,36	990	4,16
AR 12	28,2	0	6,59	990	5,07
AR 13	27	0	6,61	990	5,71
AR 14	26,8	0	6,09	10	2,64
AR 15	27,9	0	6,11	990	4,07
AR 16	27,8	0	5,29	990	4,45

A maioria das espécies de tecamebas ocorreu nas estações mais a montante (AR 01, 03, 05), exceto *Centropyxis constricta* que foi dominante em AR 10 e *Plagiopyxis* sp. que apresentou 3% de frequência na estação Ar 16 (Tab. 3).

Não houve nenhuma espécie de tecameba dominante ao longo do estuário. A dominância variou muito de uma estação para outra.

Ao contrário das espécies de tecamebas, os foraminíferos foram dominantes nas estações mais próximas à foz (AR 11, 15, 16), com dominância de *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *Jadammina polystoma* e *Trochammina salsa* (Tab. 3).

Em relação aos índices ecológicos pode-se identificar a maior diversidade (H') nas estações AR 05, 07, 11 e 16 (1.39-2.09). A equitatividade (J') foi maior nas estações AR

05 e 07 (0,91-1,0) e menor nas estações AR 01 e 10 (0,41). O índice de dominância foi mais alto na estação AR16 (0,84) e mais baixo em AR 03 (0,23).

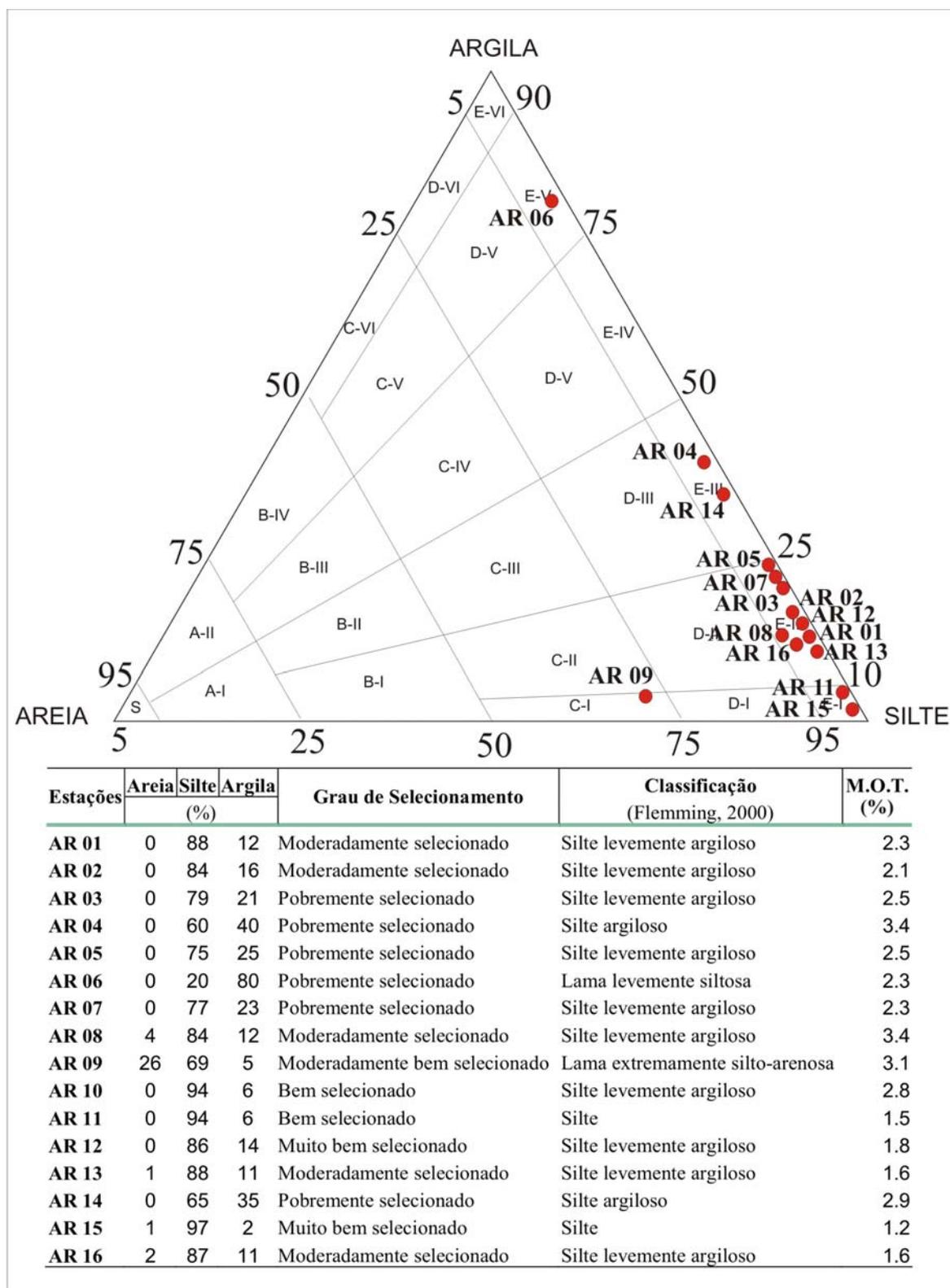


Fig. 18 – Resultado das análises granulométricas e de matéria orgânica total no estuário do rio Araguari.

Tab. 3 – Frequência relativa (%) das espécies de foraminíferos e tecamebas do estuário do rio Araguari.

Espécies/Estações	AR 01	AR 03	AR 05	AR 07	AR 10	AR 11	AR 13	AR 15	AR 16
Numero de espécimes	145	8	9	35	27	20	20	19	63
Número de espécies	6	2	5	4	4	8	3	6	15
Diversidade de Shannon (H')	0,73	0,37	1,47	1,39	0,57	1,84	0,95	1,53	2,09
Equitatividade (J')	0,41	0,56	0,91	1,00	0,41	0,89	0,87	0,86	0,77
Dominância	0,32	0,23	0,75	0,75	0,27	0,83	0,57	0,74	0,84
Numero de corados	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Testas mal formadas	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>tepida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Ammotium salsum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	-	-	25	-	20	-	16	16
<i>Astrammmina sphaerica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Bolivina</i> sp. A	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Bolivina translucens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	-	-	-	-	-	15	-	-	-
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	-	-	-	-	8	20	60	21	28
<i>Jadammina polystoma</i>	-	-	12	-	-	10	20	42	8
<i>Miliamina fusca</i>	-	-	-	-	4	-	-	-	-
<i>Miliolinella subrotunda</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Polysaccammina ipohalina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Relphax nana</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Siphotrochammina lobata</i>	-	-	-	25	-	-	-	6	-
<i>Textularia paranaguaensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	-	-	5	-	-	1
<i>Trochammina squamata</i>	-	-	-	25	-	-	-	-	-
<i>Trochamminata irregularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Trochamminita salsa</i>	-	-	-	25	-	24	20	10	21
<i>Centropyxis constricta</i>	5	-	-	-	85	-	-	-	-
<i>Cucubitella corona</i>	1	-	-	-	3	-	-	-	-
<i>Diffflugia crapelota</i>	7	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diffflugia globulus</i>	82	13	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diffflugia protaeiformis</i>	-	-	33	-	-	-	-	-	-
<i>Diffflugia urceolata</i>	-	-	-	-	-	5	-	-	-
<i>Diffflugia viscidula</i>	-	-	33	-	-	-	-	5	-
<i>Diffflugia oblonga</i>	2	87	11	-	-	-	-	-	-
<i>Lagenodiffflugia vas</i>	-	-	11	-	-	-	-	-	-
<i>Plagiopyxis spp.</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	3

Cinco assembléias de microorganismos foram definidas pela análise de agrupamento em modo-R ao longo do estuário do Araguari, usando nível de corte de 70% (Fig. 19):

- Assembléia A – *A. beccarii* f. *tepida*, *A. salsum*, *Bolivina* sp. A., *B. translucens*, *M. subrotunda*, *P. ipohalina*, *A. sphaerica*, *T. paranaguaensis*, *T. irregularis*;
- Assembléia B – *A. mexicana*, *T. salsa*, *S. lobata*, *T. squamata*;
- Assembléia C – *H. manilaensis*, *R. nana*, *D. urceolata*, *T. inflata*, *H. wilberti*, *J. polystoma*;
- Assembléia D – *M. fusca*, *C. constricta*, *C. corona*, *D. crapreolata*, *D. globulus*, *Plagiopyxis* spp.;
- Assembléia E – *D. protaeirformis*, *L. vas*, *D. viscidula*, *D. oblonga*.

A análise de agrupamento em modo – Q usando o nível de similaridade de 55% apresentou três grupos de estações: Grupo I – estações AR 01 e 02; Grupo II – estações AR 05, 07, 11, 13, 15 e 16; e Grupo III – estação AR 10.

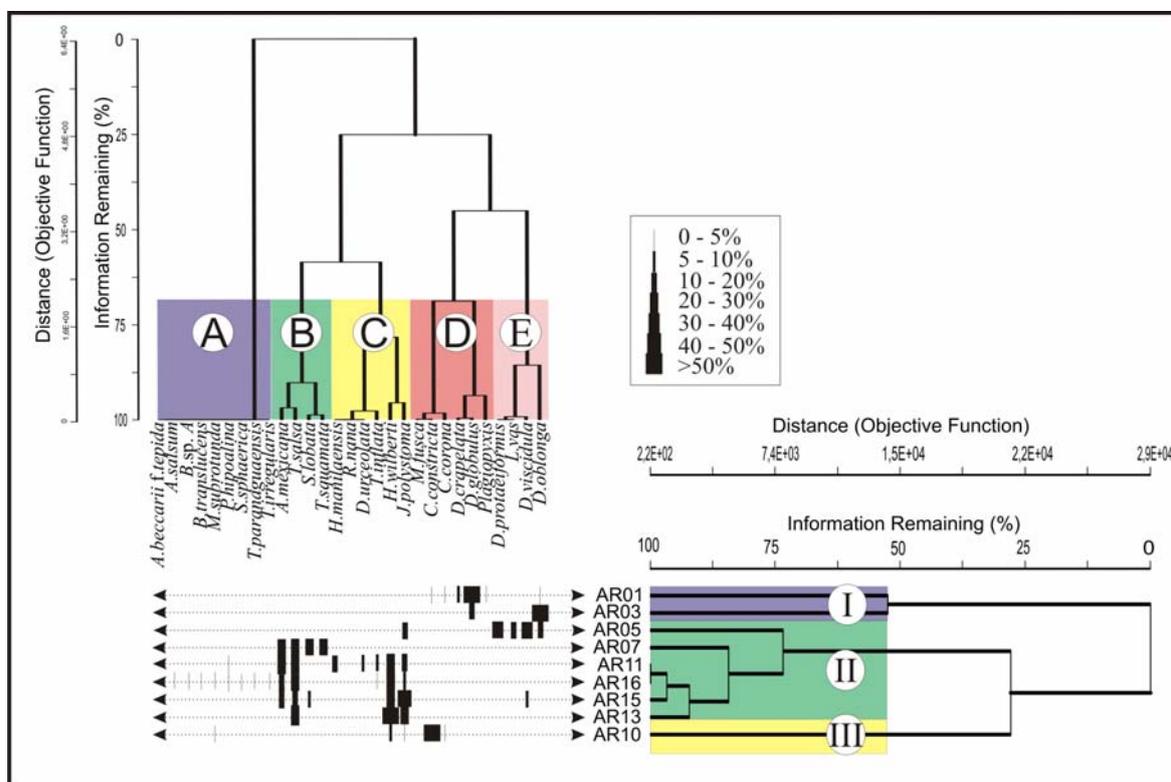


Fig. 19 – Correlação entre as análises de agrupamento em Modo – Q e R ao longo do estuário do rio Araguari.

A correlação entre as análises mostrou que: o Grupo I foi composto pelas assembléias D e E; o Grupo II foi composto pelas Assembléias A, B, C e E; e o Grupo III foi composto pela B e D (Fig. 19).

A análise em CCA usando as variáveis ambientais turbidez (Turb), pH, oxigênio dissolvido (O), finos (silte+argila) e matéria orgânica total (MOT) apresentou o coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias de 37% para o eixo 1 e de 29% para o eixo 2 (Fig. 20).

No eixo 1, a variável ambiental que teve o maior vetor e a menor angulação foi a matéria orgânica total seguida pela turbidez e pela porcentagem de finos. As estações AR 07, 11, 13, 15 e 16 foram influenciadas pela maior turbidez e menor quantidade de matéria orgânica total e sedimentos de granulometria arenosa. As estações AR 01, 03, 05 e 10 tiveram sua distribuição condicionada pela maior concentração de matéria orgânica total, sedimentos finos e menor turbidez.

As espécies de foraminíferos e a espécie de tecameba *D. urceolata* tiveram sua ocorrência favorecida pela maior turbidez, menor concentração de matéria orgânica e sedimento mais arenoso. As outras espécies de tecamebas e a espécie de foraminíferos *M. fusca* demonstram uma resposta contrária, sendo condicionadas por menor turbidez, maior concentração de matéria orgânica total e de sedimentos finos.

Em relação ao eixo 2, o oxigênio foi a variável ambiental que apresentou a maior influência. As estações AR 01 e 03 foram as que responderam mais positivamente a esta variável enquanto que a estação AR 10 foi a que respondeu mais negativamente.

As espécies de tecamebas *D. viscidula*, *D. oblonga*, *L. vas* e *D. protaeiformis* foram as que tiveram sua distribuição mais influenciada pelos teores de oxigênio dissolvido, enquanto que o foraminífero *M. fusca* e as tecamebas *C. constricta* e *C. corona* foram as

espécies que estiveram mais condicionadas pelas baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

A análise multivariada em DCA usando as variáveis ambientais turbidez (Turb), pH, oxigênio dissolvido (O), finos (silte+argila) e matéria orgânica total (MOT) apresentou o coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias e a ordenação de 46% para o eixo 1 e de 25% para o eixo 2 (Fig. 21).

A variável ambiental que apresentou o maior vetor com menor angulação foi a turbidez seguida pela concentração de matéria orgânica total e de sedimentos finos (Fig.21).

As estações AR 07, 11, 13, 15 e 16 foram as estações que tiveram sua distribuição mais influenciada pela alta turbidez e pelas baixas concentrações de matéria orgânica e de sedimentos finos. Ao contrário as estações Ar 01, 03, 05 e 10 tiveram sua distribuição influenciada pelas menores valores de material em suspensão, maior concentração de matéria orgânica e de sedimentos finos (Fig. 21).

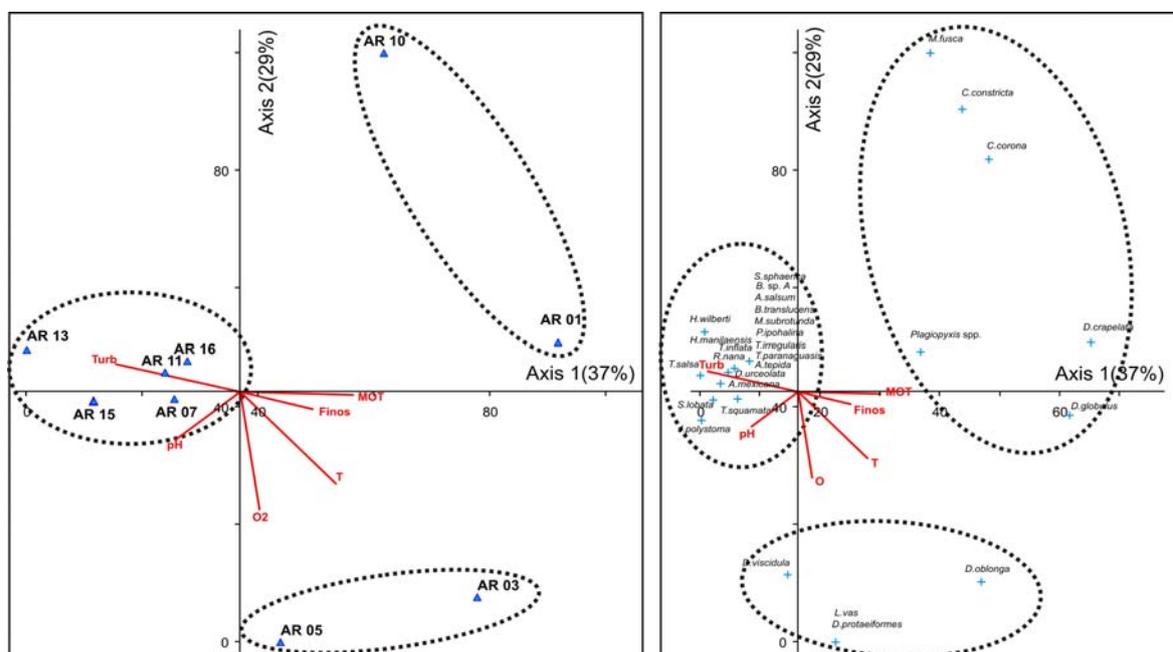


Fig. 20 – Análise multivariada em CCA das estações e das espécies do estuário do rio Araguari.

As espécies de tecamebas e a espécie de foraminíferos *M. fusca* foram as espécies que tiveram sua distribuição influenciada pela maior concentração de sedimentos finos e pela maior concentração de matéria orgânica total. As demais espécies de foraminíferos e a tecameba *D. capreolata* foram mais influenciadas pelas maiores valores de turbidez (Fig. 21).

Em relação ao eixo 2, a variável ambiental que apresentou o maior vetor foi o oxigênio dissolvido. As estações AR 03 e 05 foram as que foram mais influenciadas e AR 10 foi a que respondeu de forma mais negativa a esta variável (Fig. 21)

As espécies de *L.vas protaeiformis* e *D. viscidula* foram as que responderam positivamente ao teor de oxigênio e as espécies *M. fusca*, *C. constricta* e *C. corona* foram as que responderam mais negativamente (Fig. 21).

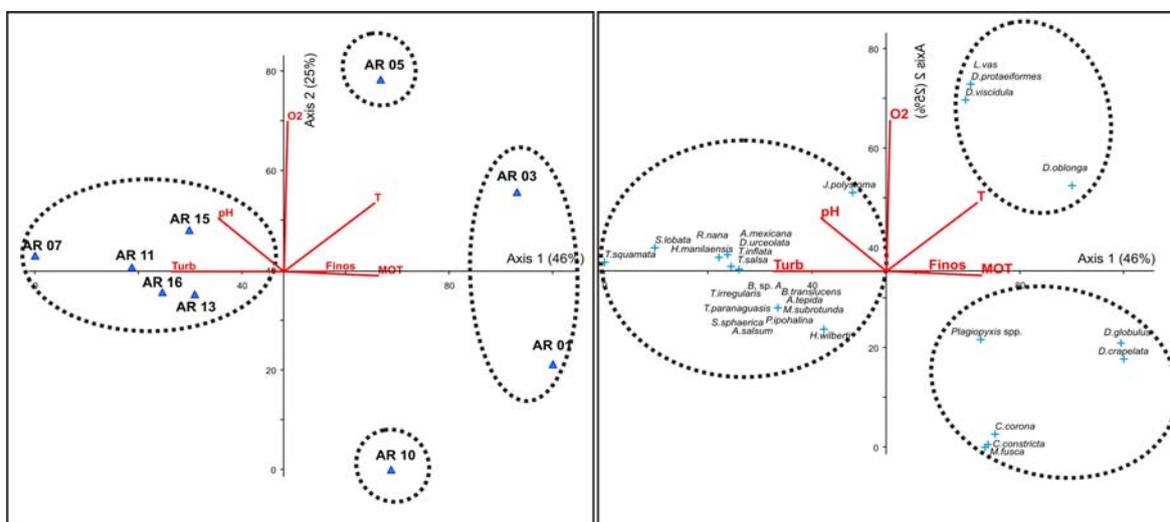


Fig. 21 – Análise multivariada em DCA das estações e das espécies do estuário do rio Araguari.

2.6 – Discussão

As coletas foram realizadas entre os meses de março e abril, época de maior precipitação na bacia amazônica (janeiro à junho), porém não foram observadas as

inundações descritas como típicas para essa estação na região do Araguari. Contudo se levarmos em conta que nesta época do ano chove 70% do total anual (Bezerra *et al.* 1990), isto poderia explicar o fato da salinidade ter se mantido zero ao longo de todo o estuário. Mesmo durante a maré enchente a água que deve entrar no estuário não deve ter uma salinidade superior a 12, segundo os dados de Limeburner *et al.* (1992). Tal fato é consequência da proximidade com a foz do rio Amazonas. Em campo pode ser observada a presença de cracas nas raízes das árvores, que é um claro indicativo da entrada de água salgada no estuário.

Os valores de oxigênio dissolvido e pH variam muito, provavelmente em função da proximidade com a entrada dos igarapés e da vegetação da margem. Nos pontos de amostragem mais internos as margens eram vegetadas e nas externas as coletas foram realizadas sobre os bancos de lama um pouco afastados das margens. Porém os valores destes parâmetros registrados são comuns em ambientes fluviais.

A temperatura é muito influenciada pela insolação, sendo assim, as estações mais internas apresentaram valores mais altos do que as externas que recebem água vinda de fora do estuário.

A turbidez seguiu o padrão esperado, aumentando em direção a foz devido à dinâmica dos processos erosivos e deposicionais provocados principalmente pela ação da pororoca. Segundo Santos *et al.* (2003) o material em suspensão com a passagem da onda sobe de 274 g/l para 8.108 g/l. Este padrão pode ser inclusive visto por imagens de satélite (Fig. 22).

Existe a possibilidade de que os valores máximos de turbidez registrados na foz sejam muito superiores. O equipamento utilizado para se medir os parâmetros físico-químicos, HORIBA, foi desenvolvido para ser usado em ambiente lacustre onde as concentrações de material em suspensão não ultrapassam 990 NTU. A estação AR 14

apresentou os valores muito baixos em relação às áreas adjacentes. É possível, portanto, que tenha havido um erro na leitura do equipamento.

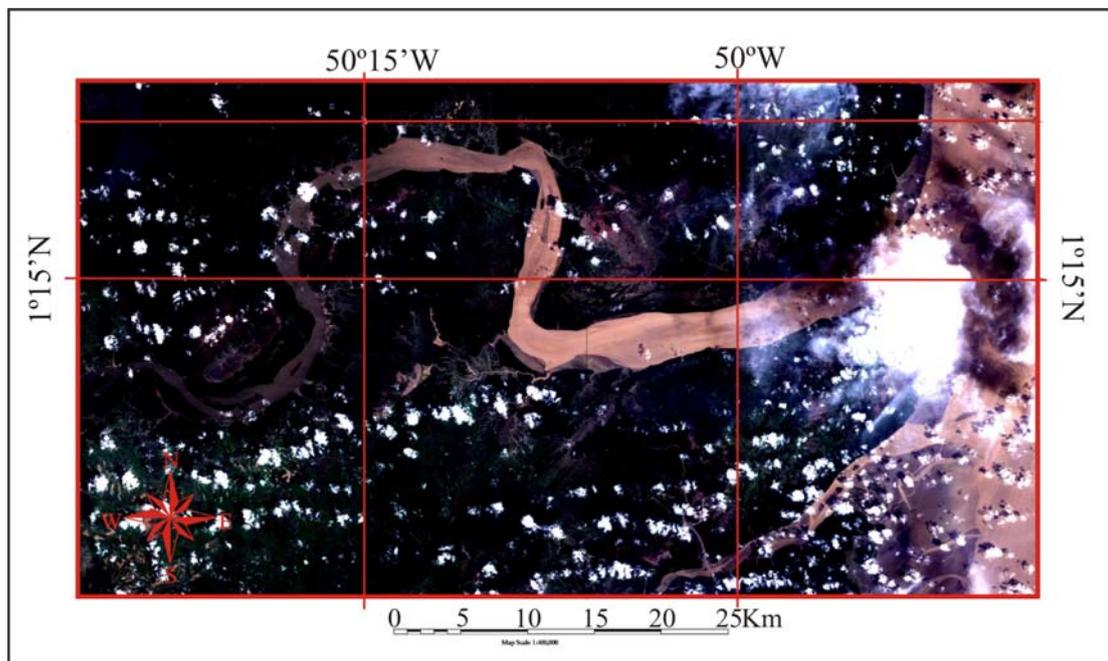


Fig. 22 - Pluma de sedimentos registrada por satélite no estuário do rio Araguari. Imagem LANDSAT ETM+7, novembro de 2000, banda 1R2G3B, University of Maryland.

O rio Araguari ao contrário de outros rios não apresenta grandes concentrações de areias. A classe textural dominante foi silte levemente argiloso. Isso provavelmente é decorrente de uma pequena disponibilidade de áreas fontes de areia. Santos (1994) sugere ainda que por causa do regime de maré associado a pluma do Amazonas, uma boa porcentagem de argilas seriam trazidas para dentro do estuário.

O teor de matéria orgânica foi muito baixo para um estuário da região amazônica. Laut *et al.* (2005) acharam resultados muito elevados (11%) na região mais interna do estuário. Porém o padrão de matéria orgânica mais alta a montante do que a jusante, também já tinha sido identificado. Este padrão possivelmente é decorrente da diminuição da dinâmica da foz para as áreas mais internas.

Uma grande variedade de morfotipos de tecamebas é comum em ecossistemas amazônicos (Walker e Lages, 1980). O gênero de tecameba *Centropyxis* dominante na estação AR 10 a montante é considerado o mais oportunista (Paterson *et al.* 1985), estando associados sempre a baixos teores de matéria orgânica e a águas com maior salinidade (Bonetti, 1995). Segundo Oliveira (1999) é comum encontrar esse gênero dominando as regiões mais a jusante dos estuários, como no caso do Araguari (AR 10 e 16).

Já o gênero *Diffugia* esteve sempre associado à parte mais interna do rio como também aos maiores teores de matéria orgânica. Segundo Kliza & Schröder-Adams (1999) este padrão é comumente apresentado principalmente por *D. oblonga*.

O estuário do rio Araguari tanto nos padrões de distribuição quanto na riqueza de espécies é bem diferente de outros estuários de macromaré. Geralmente em estuários, segundo Reddy & Rao (1994), ocorre um grande número de espécies de foraminíferos na parte intermediária, moderadamente na parte mais externa e baixo número no estuário superior. Este padrão não foi seguido no Araguari, pois o maior número de foraminíferos foi encontrado na estação AR 16 mais a jusante. Somente 18 espécies foram identificadas nas estações amostradas indicando baixa fertilidade no estuário na estação chuvosa. Além disso, as espécies identificadas são típicas de manguezais ou de regiões muito confinadas em diversas latitudes (Murray, 1971). Levando-se em consideração estes fatos, a estação AR 16 representaria uma região intermediária de um estuário padrão e não a foz como no caso do Araguari.

A salinidade da água é considerada o fator ecológico mais importante na distribuição de foraminíferos e tecamebas num estuário (Reddy & Rao, 1984), porém a presença de espécies vivos em condições de baixa salinidade, como no Araguari cuja salinidade da água no momento da coleta foi zero, pode indicar a existência de salinidade

intersticial ou que a presença destes organismos tenha sido favorecida pela abundância de matéria orgânica e de nutrientes ou transporte de testas do manguezal adjacente.

A presença de espécies típicas de águas com baixa salinidade indica que a vazão do rio Amazonas na estação chuvosa reduz a salinidade na costa do Amapá a ponto de não permitir a sobrevivência das espécies tipicamente estuarinas.

As espécies calcárias identificadas (*A. beccarii* e *Bolivina* sp. A, *Bolivina* sp. B e *Miliolinella subrotunda*.) foram muito pequenas, bem preservadas e restritas à estação AR 16. Este padrão segundo Wang & Murray (1983) indica que estas testas foram transportadas em suspensão da plataforma para dentro do estuário. Segundo Santos (1994) outros tipos de material biogênico de plataforma tais como espículas de esponja e briozoários também são encontradas dentro do estuário.

Gêneros de foraminíferos típicos de regiões costeiras tais como *Ammonia*, *Brizalina*, *Quiqueloculina*, *Pseudononion* já foram identificados somente na plataforma continental da foz do Amazonas em profundidades superiores a 30 m (Vilela & Koutsoukos, 1995).

A distribuição dos microorganismos ao longo do estuário no qual há a diminuição no número de tecamebas da estação AR 01 para estação ARr 16 e o aumento no número de foraminíferos indica que há entrada de água salobra, mesmo que de maneira bem precária no estuário.

O padrão apresentado pela espécie de foraminífero *Jadammina polystoma*, identificada na estação AR 05, mais a montante e de forma isolada, já foi observada por outros autores em outros estuários (Botovskoy & Wright, 1976; Boltovskoy & Martinez, 1983; Oliveira, 1999).

Os resultados apresentados pelos índices ecológicos nos quais os valores mais altos foram encontrados na foz e nas estações que marcariam o limite interno do estuário médio

indicaram que estas foram às regiões mais favoráveis à colonização por estes microorganismos.

A análise de agrupamento em modo – R mostrou que os organismos se agruparam de acordo com suas necessidades ecológicas, o que indica condições ambientais diferenciadas dentro do estuário.

- Assembléia A, que foi formada por foraminíferos calcários que provavelmente foram transportados e por espécies aglutinantes típicas de franja de mangue, indica um ambiente de maior influência marinha.
- Assembléia B representou um ambiente oligohalino composto somente por foraminíferos típicos de regiões confinadas com baixa salinidade.
- Assembléia C teve um perfil ecológico muito parecido com a anterior, contudo, apresentou uma espécie de tecameba (*C. constricta*) o que indica o início da influência fluvial.
- Assembléia D representou o extremo ecológico para os foraminíferos, pois a única espécie agrupada foi *M. fusca*. Segundo Laut (2003), esta espécie é a mais tolerante a baixa salinidade, contudo não suporta grandes concentrações de material em suspensão.
- Assembléia D composta somente por espécies de tecamebas indicou o início do ambiente fluvial.

Analisando a correlação entre os dendrogramas pode-se constatar que há uma compartimentação do estuário do Araguari, onde:

- Grupo I (estações AR 01 e 03) – composto somente pelas assembléias D e E representa o estuário superior.

- Grupo II e III (Ar 10, 11, 13, 15, 16)- estariam ambos associados às Assembléias de organismos A, B e C, representando um ambiente transitório dentro do estuário com mistura de espécies de foraminíferos e tecamebas.

É possível subdividir o Grupo II em dois: Grupo IIa que foi representado pelas estações AR 13, 15 e 16 que estão mais associados às Assembléias A e B, e assim representariam a porção equivalente ao estuário inferior; e o Grupo IIb, que foi mais representado pelas Assembléias B e C e representaria o estuário médio.

As análises multivariadas em CCA confirmaram os padrões ecológicos demonstrados que as espécies de foraminíferos e tecamebas do Araguari responderam as variáveis ambientais analisadas.

Houve uma separação das estações em relação aos parâmetros analisados. As estações AR 01, 03, 10 são estações que respondem positivamente à concentração de matéria orgânica; já às estações Ar 07, 11, 15 e 16, respondem positivamente à turbidez da água. A estação a AR 05 não demonstrou ser muito influenciada por estes parâmetros.

Em relação às espécies pode-se perceber que as espécies de tecamebas e de *M. fusca* respondem negativamente à turbidez e positivamente à matéria orgânica. Desta forma podemos sugerir que os foraminíferos do estuário do Araguari são espécies adaptadas a grandes concentrações de material em suspensão e pouca disponibilidade de matéria orgânica.

A análise multivariada em DCA também demonstrou que as variáveis ambientais mais influentes na distribuição dos organismos no estuário do Araguari foram à matéria orgânica total, a turbidez e concentração de sedimentos finos. As espécies de foraminíferos foram mais tolerantes ao material em suspensão e a menor concentração de matéria orgânica, enquanto que as tecamebas junto com *M. fusca* foram relacionadas a um sedimento mais rico em matéria orgânica e a águas mais transparentes.

Secundariamente (eixo 2) o teor de oxigênio dissolvido mostrou uma influência na distribuição principalmente entre as tecamebas e de *M. fusca*. As espécies de *L. vas*, *D. protaeiformis* e *D. viscidula* demonstram estar mais relacionadas aos maiores valores de oxigênio, enquanto que *M. fusca*, *C. corona* e *C. constricta* às condições mais disóxicas.

Uma compartimentação do estuário do Araguari foi muito evidente baseada nas assembléias de foraminíferos, tecamebas, parâmetros físico-químicos e sedimentológicos (Fig. 23):

1 - Estuário superior - foi marcado pela maior concentração de matéria orgânica, menor turbidez e composta exclusivamente por espécies de tecamebas;

2 - Estuário intermediário - foi marcado pela zona mistura de espécies de foraminíferos e tecamebas, por possuir muito material transportado marcando a zona de deposição do material trazido pela ação da pororoca;

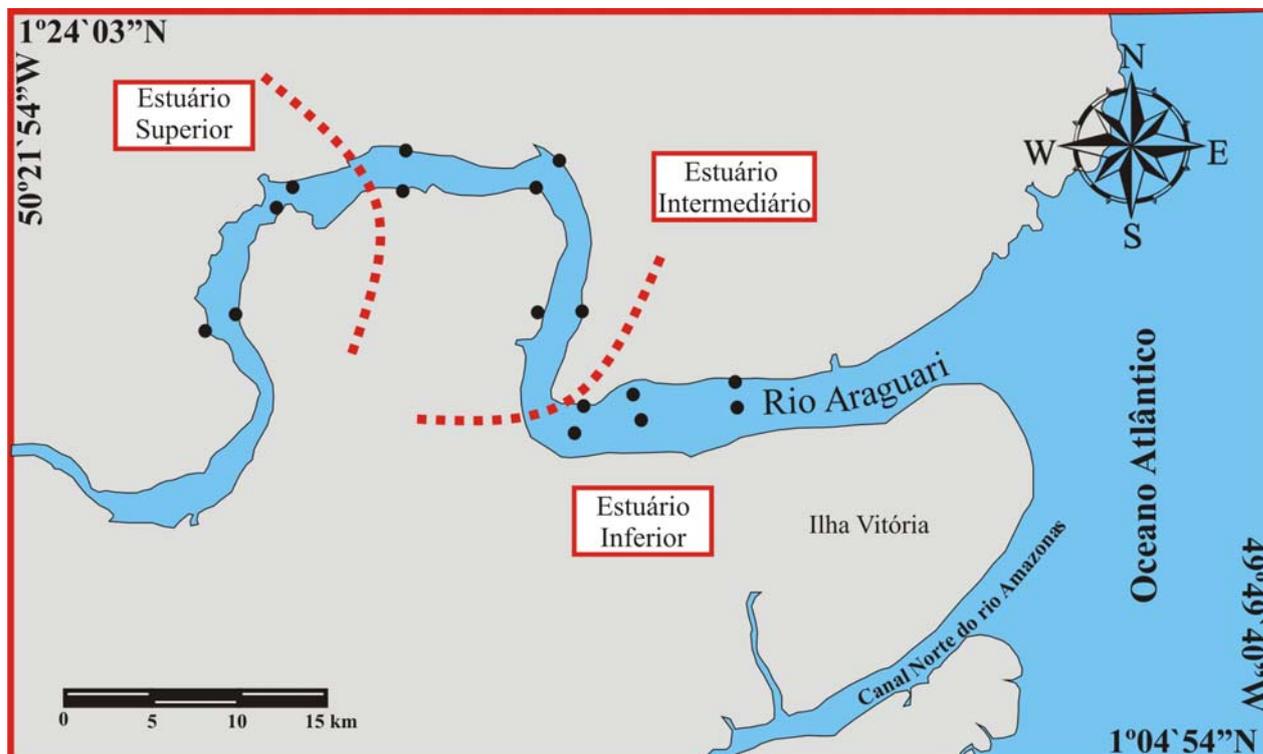


Fig. 23 – Compartimentação do estuário do rio Araguari tendo como base as análises das assembléias de foraminíferos e tecamebas associados a parâmetros físico-químicos e sedimentológicos.

3 - Estuário inferior - foi marcado pela presença de espécies de foraminíferos típicas de manguezal e de espécies marinhas trazidas em suspensão, e por isso apresenta os maiores valores de diversidade como também se caracteriza por compreender uma região de maior atuação da pororoca.

3 – ESTUÁRIO DO CAETÉ - PARÁ

3.1 – Localização

O estuário do Caeté está localizado a aproximadamente 320 km da foz do rio Amazonas e é parte da segunda maior área contínua de manguezais do mundo (Kjerfve & Lacerda, 1993). A região está localizada a noroeste do estado do Pará na península de Bragança, a aproximadamente 0°50'S - 46°30'W e 1°00'S - 46°47'W (Fig. 24).

A planície costeira de Bragança é uma região relativamente plana fortemente dissecada por manguezais e canais (Behling *et al.* 2001). De acordo com os critérios de Lugo & Snedaker (1974) e Woodroffe (1992) este sistema pode ser descrito como estuário com manguezal em franja influenciado por efeito de marés e por fluxos bi-direcionais.

O estuário do Caeté é raso e plano. Na foz a lâmina d'água na maré alta tem uma média de 10 m. Tais características classificam o estuário como bem misturado (Burton & Liss, 1976; Olausson & Cato, 1980).

3.1.2 – Caracterização da Área de Estudo

Geologicamente a área está concentrada na bacia costeira de Bragança-Viseu que se formou no Cretáceo e apresenta uma evolução principalmente controlada por falhas normais. A tectônica e o arcabouço estrutural da bacia são os responsáveis pela submergência da zona costeira (Souza Filho, 2000). Esta costa submergente junto com descida do nível relativo do mar, durante o Holoceno e o suprimento de sedimento fluvial

permitiram a progradação da planície lamosa e o desenvolvimento do mais extenso sistema de manguezais do mundo (Kjerfve & Lacerda, 1993).

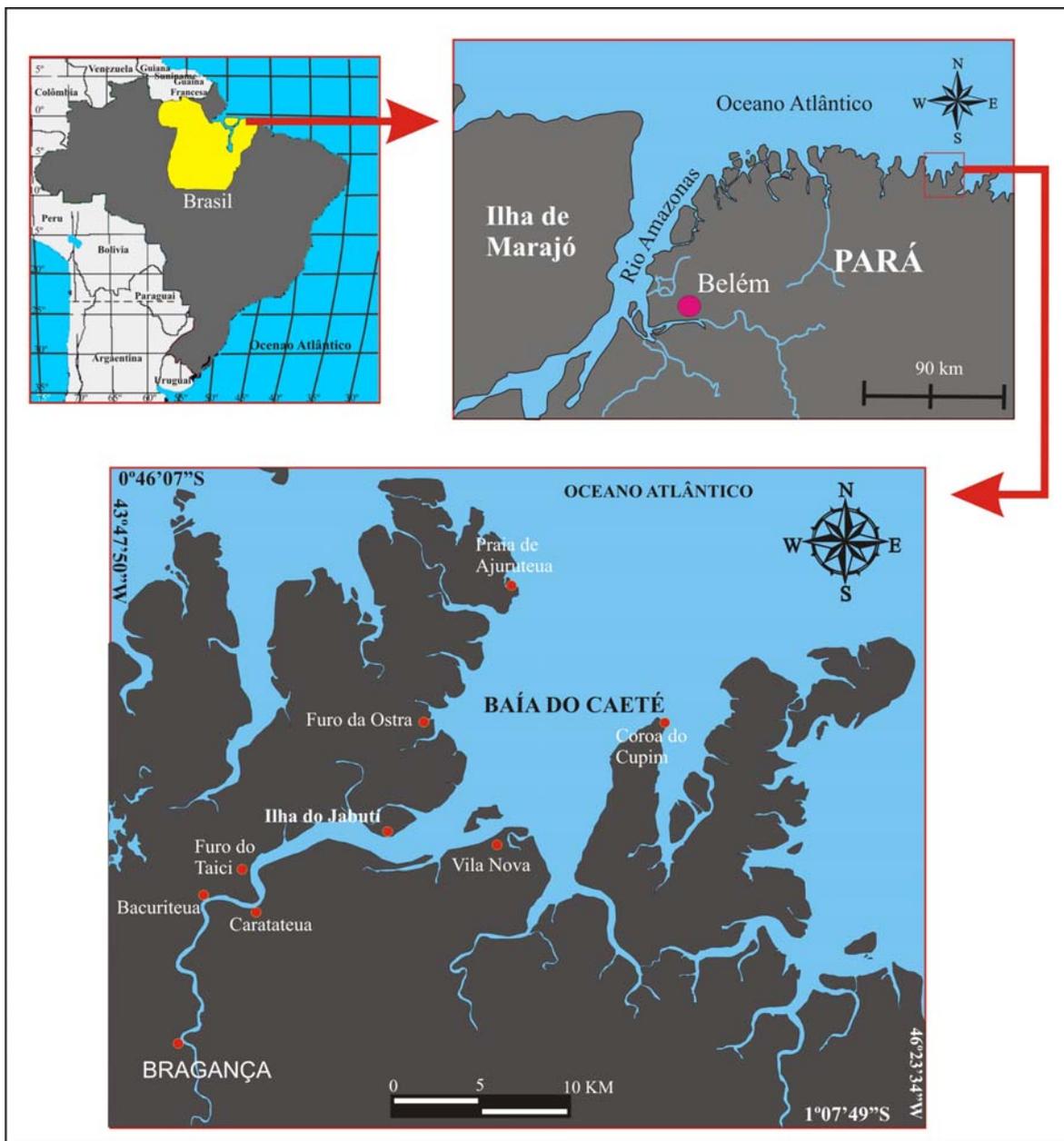


Fig. 24 – Localização do estuário do rio Caeté – PA.

O embasamento da planície costeira de Bragança é formado por sedimentos do Paleogeno (Grupo Barreiras) que constituem o tabuleiro costeiro. Estes tabuleiros possuem superfície plana ou suavemente ondulada e fortemente dissecada, com cotas de 50 a 60 m,

que diminuem gradativamente em direção ao norte onde faz contato com a planície costeira. Este contato é marcado por uma mudança na litologia na qual os sedimentos argilo-arenosos do Grupo Barreiras são substituídos por lamas da planície costeira (Souza Filho & El-Robrini 1996).

A planície costeira se estende em direção ao norte da costa dos platôs com mais de 20 km onde se encontram um grande sistema de planícies de maré lamosas, marismas, planícies de maré arenosas, *cheniers*, dunas arenosas, ilhas barreiras e deltas de maré vazante.

A região tem clima quente úmido típico da região equatorial (Amw na classificação de Köppen), com a estação úmida de dezembro a março e a seca de junho a novembro apresentando uma precipitação anual de 2.5000 mm. A umidade relativa do ar fica entre 80 a 91% e a temperatura entre 24°-28°C ao longo de todo ano (Diele & Smith, 2006). A região é submetida a um regime de ventos de nordeste ao longo de todo ano, que são mais intensos durante a estação seca (Souza Filho, 2000).

A amplitude média de maré é de 5 m num ciclo semi-diurno, e durante as marés de sizígia as amplitudes são localmente acima de 6 m. Deste modo, durante as marés de sizígia as áreas baixas são alagadas como o resultado tanto das marés como do escoamento superficial e das chuvas (Kjerfve & Lacerda 1993).

Fortes correntes de maré e ondas são responsáveis pela erosão dos manguezais ao longo da costa, estuário e baías, onde as linhas de árvores caídas marcam os locais de erosão. Estas correntes são mais fortes durante as marés de sizígia onde podem alcançar velocidades de 1,5 m/s⁻¹ (Cohen *et al.*, 1999).

Por outro lado, novas franjas de mangue se formam em direção ao mar em resposta à sedimentação das lamas (Souza Filho & El-Robrini, 1998).

Os parâmetros físico-químicos da água no estuário do Caeté são bem variáveis. Segundo Magalhães *et al.* (2003), a salinidade no estuário varia de 1,41 a 35,25 e o oxigênio de 0,86 a 17,69 mg/l. A temperatura da água segundo Diele & Simith (2006) oscila entre 27°-30°C.

Os manguezais do estado do Pará em geral são bem preservados, relativamente bem protegidos por restingas e abrigados no interior dos estuários, apresentando maior permanência de condições de desenvolvimento no tempo e no espaço (Mendes, 2005).

A diversidade de espécies é baixa, com o predomínio das três espécies principais: *R. mangle*, *A. germinans* e *L. racemosa* (Proidy *et al.* 2003). Segundo Luz *et al.* (2000) também pode ser identificado a espécie *A. schaeerianna* (Fig. 25).

A declividade do terreno na região proporciona um gradiente na frequência das inundações o que gera três zonas distintas no manguezal. A Zona I, menos inundada e conseqüentemente mais salina, é composta somente por *A. germinans*. As Zonas II e III são regiões mais baixas, frequentemente inundadas, com salinidade intersticial mais baixa, apresentam as três espécies típicas de mangue. Estas duas zonas só se diferenciam quanto a produção de serapilheira (Batista *et al.* 2003).

3.1.3 – Agentes Impactantes

No estuário do Caeté podem ser identificados dois tipos de agentes impactantes: origem natural e de origem antrópica (Souza Filho, 2000).

As condições de macromaré associados às ondas de até 2 m que atingem a região criam condições ambientais de muita dinâmica onde atuam processos erosivos. Como exemplo, podemos citar a Praia dos Pescadores na qual, eventos erosivos sucessivos vêm afetando constantemente a vida dos moradores locais. Nos últimos cinco anos, cerca de 500 m da Vila dos Pescadores voltada para o canal estuarino foram erodidos.

Na Praia de Ajuruteua, o setor NW vem sendo submetido a um forte processo erosivo devido a sua posição às margens de um canal de maré. O ângulo de incidência de ondas é em torno de 7° com a linha de costa, e a alturas das ondas são em torno de 2 m e a amplitude de maré variando de 4 a 6,5 m durante os meses de março e abril. Tais condições propiciaram o recuo de 22 m da linha de costa no último ano de 1999 (Souza-Filho, 2000).

Enquanto a maioria das praias vem sendo submetida à erosão, um pequeno setor da linha de costa, com cerca de 1,5 km de extensão, acresce, devido seu posicionamento as margens de um canal de maré, onde ocorre um amplo delta de maré vazante funciona como uma barreira hídrica e sedimentar, propiciando a progradação da praia em direção ao mar.



Fig. 25 - Manguezal do estuário do rio Caeté (Foto: Souza-Vieira, 2006)

Com a ação dos fortes processos hidrodinâmicos na zona litorânea, o efeito na vegetação costeira tem sido significativo. Mediante a ação de processos deposicionais associados à migração de bancos de areia sobre os depósitos de manguezais, observa-se à destruição da floresta de mangues que, mesmo morta por asfixia de suas raízes, permanece em posição de vida; Os mangues formam bosques de paliteiros com até 10 m de altura, que em seguida são derrubados pela ação energética de ondas e correntes de maré, propiciando assim o recuo da linha de costa.

O impacto de origem antrópica se intensificou no início da década de 80, com a construção da estrada que liga a Cidade de Bragança a Praia de Ajuruteua. Esta estrada foi construída sobre extensos depósitos da planície de intermaré lamosa, densamente colonizada por mangue, seccionando deste modo, 25 km de manguezais.

Ao longo dessa estrada, observam-se áreas cuja vegetação de mangue já foi completamente removida, estando o solo lamoso exposto à incidência direta dos raios solares, que provocam a formação de gretas de contração, além de desencadear modificações das condições físico-químicas do solo, que geram certamente prejuízos à atividade biológica.

Outro problema observado está relacionado à desestruturação de parte da rede de drenagem, uma vez que diversos canais de maré, responsáveis pela circulação dos nutrientes no ambiente de manguezal, foram cortados pela estrada, que em alguns trechos funciona como barragem ao fluxo das marés gerando enormes áreas com água represada.

O volume de lixo sólido depositado no ambiente costeiro também constitui, hoje em dia, uma séria ameaça ao ambiente praial e manguezal da Planície Costeira Bragantina.

O grande depósito e a lenta degradação de plásticos (400 anos), vidros (200 anos), borracha (100 anos), metais ferrosos (2 anos) e alumínio (não degrada) proporcionam a acumulação dos resíduos sólidos nos estuários e praias, que são posteriormente

retrabalhados e depositados juntamente com os sedimentos, formando camadas de lixo intercaladas a camadas sedimentares recentes, marcando períodos de grande acumulação de resíduos.

3.2 – Amostragem no Estuário do Caeté

As amostragens no estuário do Caeté foram realizadas em agosto de 2006 em uma embarcação de pequeno calado usando uma draga do tipo *van Veen*.

Foram coletadas 22 amostras de sedimento desde a zona mais interna do estuário nas proximidades da cidade de Bragança até a foz na baía do Caeté, objetivando obter um gradiente de confinamento ou de estresse ambiental (Fig. 26).

Foram coletadas amostras destinadas as análises de foraminíferos, tecamebas, granulometria e matéria orgânica total.

Ainda em campo foram também medidos os parâmetros físico-químicos salinidade, temperatura e pH.

3.3 – RESULTADOS

3.3.1. – Abióticos

A temperatura variou no estuário de 26,6°C na estação CA 01 a 30,6°C na estação CA 06 (Tab. 4).

A salinidade variou de 0,1 na estação CA 04 a 21,9 na estação CA 17, localizada na foz do rio (Tab. 4).

Os valores de pH foram constantes ao longo de todo estuário (6,02 – 6,97). A única variação medida foi na estação CA 07 onde o pH foi de 8,0 (Tab. 4).

As análises granulométricas demonstraram que a dominância no estuário foi das frações arenosas, exceto na estação CA 15 (Fig. 27). O grau de selecionamento variou de

moderadamente selecionado a pobremente selecionado. Somente as estações CA 03 e 04 apresentaram sedimentos bem selecionados. Na classificação granulométrica de Flemming (2000) o sedimento variou de areia (estações CA 03, 04, 19, 20, 21 e 22) a lama levemente siltosa (estação CA 15).

As porcentagens de matéria orgânica total variaram de 5,84% na estação CA08 a 0% na estação CA 11 (Fig. 27)

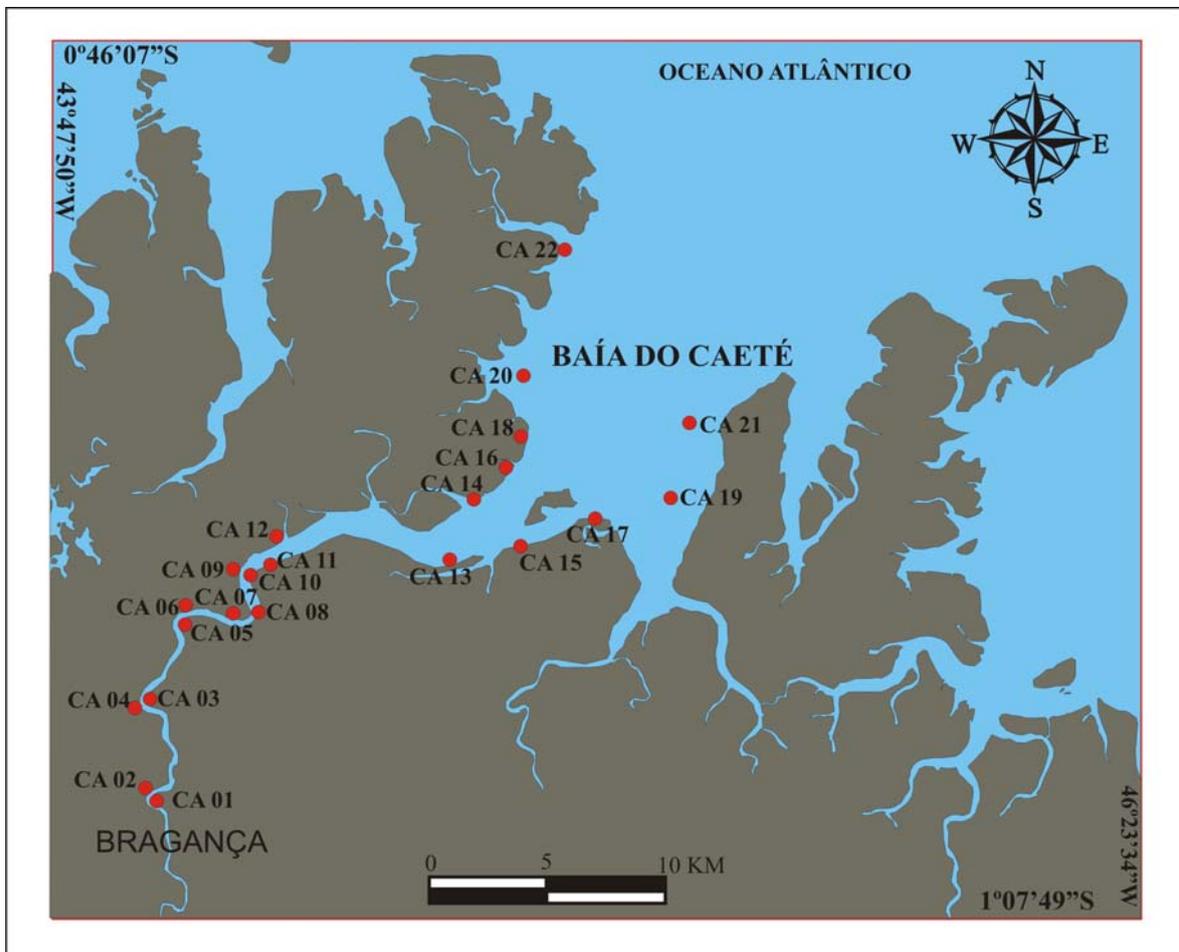


Fig. 26 – Estações amostrais ao longo do rio estuário do Caeté - PA

Tab. 4 – Parâmetros físico-químicos das águas de fundo amostradas no estuário do Caeté.

Estações	T (°C)	SAL	pH
CA 01	26,6	0,4	6,06
CA 02	28,4	0,7	6,54
CA 03	27,1	0,2	6,09
CA 04	28,3	0,1	6,04
CA 05	28,7	7,6	6,7
CA 06	30,6	8,2	6,2
CA 07	29,6	6,8	8,0
CA 08	30,6	8,9	6,45
CA 09	31	10,7	6,15
CA 10	30,5	9,3	6,02
CA 11	29,3	7,3	6,16
CA 12	28,7	8,1	6,17
CA 13	28,8	17,6	6,42
CA 14	29,1	18	6,69
CA 15	29,8	18,7	6,73
CA 16	29,9	20	6,56
CA 17	28,3	21,9	6,97
CA 18	29,8	19,4	6,41
CA 19	28,7	18	6,59
CA 20	28,1	19	6,45
CA 21	29,2	18	6,09
CA 22	29,5	17	6,79

3.3.2 – Bióticos

Nas 22 estações amostradas foram identificados 29 táxons de foraminíferos e 11 de tecamebas (Tab. 5). Somente nas estações CA 20 e 21 não foram identificadas testas.

A dominância ao longo de todo o estuário foi de foraminíferos aglutinantes. Somente 4 espécies de foraminíferos calcários foram identificadas: *A. beccarii* f. *tepida*, *B. translucens*, *E. excavatum* e *Q. seminula*. Destas espécies somente *A. beccarii* f. *tepida* foi identificada em mais de uma estação (CA 11, 12 e 16).

As espécies de tecamebas estiveram distribuídas de forma irregular ao longo do estuário, sempre ocorrendo com frequências muito baixas (0,3 – 3,8%). O maior número de espécies foi identificado na região mais interna do estuário e nas estações localizadas próximo à foz, onde foram identificadas somente 4 espécies: *D. urceolata*, *D. viscidula*, *L. vas* e *Plagiopyxis* spp.

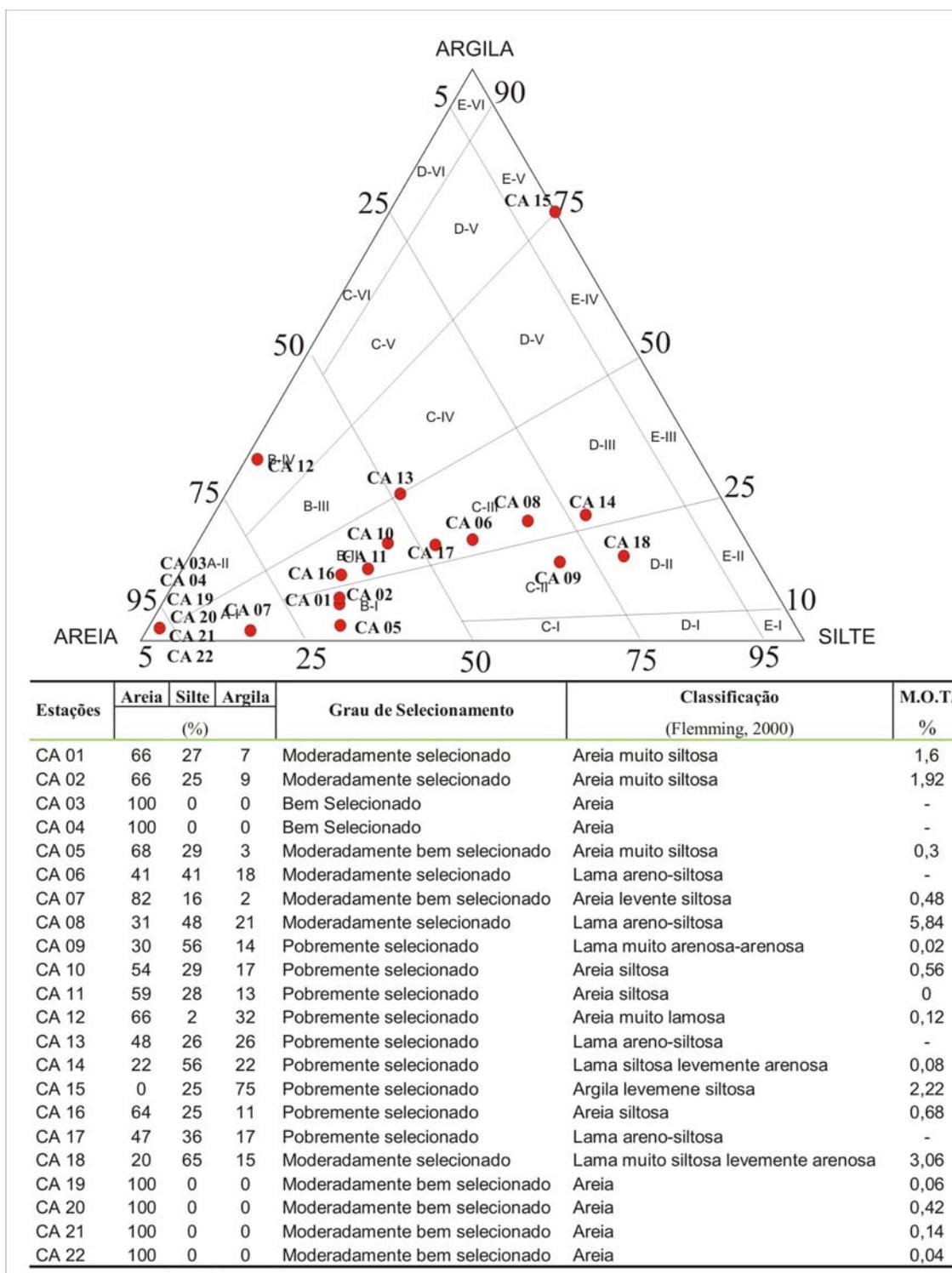


Fig. 27 – Resultado das análises granulométricas e de matéria orgânica total no estuário do rio Caeté.

Das treze espécies de tecamebas identificadas a mais constante foi *D. urceolata* identificada em 8 estações (Tab. 5).

Em oposição às tecamebas, as espécies de foraminíferos ocorreram em todas as estações. As espécies mais constantes e que apresentaram os maiores valores de frequência foram: *A. mexicana* (46,5 – 89%), *H. wilberti* (2,2 – 20%), *J. polystoma* (0,5 -18,8%) e *M. fusca* (1,4 - 87,3%).

Algumas espécies de foraminíferos como *W. palustris*, *T. inflata*, *T. macrescens*, *T. earlandi* e *S. lobata* tiveram uma ampla distribuição ao longo do estuário, contudo apresentaram valores de frequência muito baixos (Tab. 5).

O maior número de testas identificadas foi na estação CA 14 (1.133 testas) e o menor foi na estação CA 13 (25 testas). Já o maior número de espécies foi identificado na estação CA 10 (27 espécies) e o menor na estação CA 13 (4 espécies).

Testas coradas foram identificadas em 11 estações, sendo que o maior número foi identificado em CA 10 e 16, ambas apresentando 7 testas coradas (Tab. 5).

As testas mal formadas foram identificadas ao longo de todas as estações do estuário do Caeté. A estação CA 15 (32 testas) seguida por CA 10 (22 testas) foram as que apresentaram a maior quantidade de testas mal formadas, principalmente de exemplares de *A. mexicana* e *M. fusca* (Tab. 5).

O índice de diversidade H' foi pouco variável ao longo do estuário. O valor mais alto 1,9 foi encontrado na estação CA 18 e o mais baixo, 0,5 foi encontrado em CA 03.

Os índices de equitabilidade e dominância também apresentaram pequena variação ao longo do estuário. Ambos variaram de 0,2 a 0,7.

Tab. 5 – Frequência relativa (%) das espécies de foraminíferos e tecamebas do estuário do rio Caeté.

Espécies/Estações	CA01	CA02	CA03	CA04	CA05	CA06	CA07	CA08	CA09	CA10	CA11	CA12	CA13	CA14	CA15	CA16	CA17	CA18	CA19	CA22
Numero de espécimes	87	188	46	206	261	128	80	327	30	918	601	145	25	1133	501	378	72	281	41	210
Número de espécies	16	20	6	10	16	13	14	18	5	27	22	12	4	18	10	21	10	19	5	9
Diversidade de Shannon (H')	1,6	1,7	0,5	1,1	1,3	1,4	1,6	1,5	0,9	1,6	1,4	1,1	0,9	1,5	0,6	1,4	1,3	1,9	0,7	0,6
Equitatividade (J')	0,6	0,6	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,7	0,5	0,2	0,5	0,5	0,7	0,5	0,3
Dominância	0,6	0,7	0,2	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,2	0,5	0,6	0,7	0,4	0,3
Número de corados	0	2	0	2	0	1	0	0	1	7	3	1	0	0	3	7	0	6	0	1
Testas mal formadas	1	7	0	12	11	2	3	13	2	22	10	4	1	15	32	11	1	5	3	3
<i>Ammoastuta inepta</i>	-	-	2,2	3,9	2,3	1,6	-	3,7	-	2,0	2,5	3,4	-	2,3	0,5	2,4	2,8	2,1	2,4	1,9
<i>Ammoastuta salsa</i>	-	-	-	2,4	0,4	-	-	1,2	-	0,5	1,5	0,7	-	0,7	-	-	-	-	-	1,0
<i>Ammobaculites dilatatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	10,0	-	-
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>tepida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,7	-	-	-	-	-	1,1	-	-
<i>Ammotium cassis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	1,0	-	-	-	-	-	-	-	5,0	-	-
<i>Ammotium pseudocassis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-
<i>Ammotium salsum</i>	1,1	-	-	-	-	1,6	-	1,5	-	1,0	0,3	-	-	0,3	0,5	0,8	-	0,7	-	1,9
<i>Arenoparrella mexicana</i>	57,5	53,2	89,1	67,5	67,4	59,4	57,5	60,2	73,3	59,7	65,6	73,8	68,0	46,5	6,0	70,2	63,9	47,3	78,0	86,2
<i>Bolivina translucens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-
<i>Elphidium excavatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	-	1,1	-	-	-	1,6	1,3	-	-	0,5	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	16,1	19,1	2,2	16,0	10,3	7,0	10,0	10,1	3,3	14,4	15,0	8,3	20,0	9,0	3,7	6,1	18,1	9,3	14,6	5,2
<i>Jadammina polystoma</i>	-	4,8	-	2,9	6,1	18,8	11,3	0,6	-	4,5	0,5	0,7	-	4,3	1,0	2,4	4,2	1,1	2,4	-
<i>Miliamina fusca</i>	4,6	5,3	2,2	4,9	2,7	-	5,0	14,1	10,0	8,0	4,3	7,6	-	6,0	87,3	5,3	1,4	4,6	-	-
<i>Paratrochammina clossi</i>	-	2,7	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,2	-	-	0,3	-	-	1,4	-	-	-
<i>Polisaccammina ipohalina</i>	-	1,1	2,2	-	0,8	0,8	-	0,3	-	0,7	0,5	-	-	0,3	0,2	0,4	-	-	-	1,9
<i>Pseudothuramina limnetis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quinqueloculina seminula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-
<i>Reophax nana</i>	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,4	-	-	-	-
<i>Siphotrochammina lobata</i>	1,1	0,5	-	0,5	-	-	1,3	2,1	-	0,4	0,2	-	-	0,7	-	2,0	2,8	0,4	-	1,0
<i>Textularia earlandi</i>	2,3	-	-	-	-	0,8	-	0,9	-	0,4	0,3	1,4	-	0,3	-	0,4	2,8	3,2	-	-
<i>Textularia paranaguaensis</i>	-	0,5	-	-	-	-	1,3	-	-	0,1	-	-	-	-	-	0,4	-	1,1	-	-

Espécies/Estações	CA01	CA02	CA03	CA04	CA05	CA06	CA07	CA08	CA09	CA10	CA11	CA12	CA13	CA14	CA15	CA16	CA17	CA18	CA19	CA22
<i>Tiphotrocha comprimata</i>	1,1	0,5	-	0,5	-	2,3	-	-	-	1,0	0,8	-	-	-	0,2	-	1,4	-	-	-
<i>Trochammina inflata</i>	1,1	1,1	-	-	1,9	1,6	1,3	-	6,7	0,4	0,8	1,4	4,0	1,7	0,2	1,6	-	0,4	2,4	0,5
<i>Trochammina macrescens</i>	3,4	4,3	-	1,0	3,4	1,6	-	1,2	-	1,0	2,3	-	8,0	1,3	-	1,2	-	2,5	-	0,5
<i>Trochammina squamata</i>	1,1	0,5	-	-	-	1,6	1,3	-	-	0,4	0,5	-	-	1,3	-	-	-	0,4	-	-
<i>Trochamminata irregularis</i>	-	-	-	-	-	-	1,3	0,3	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochamminita salsa</i>	1,1	1,1	2,2	0,5	0,4	-	1,3	0,3	-	0,3	1,0	1,4	-	-	-	0,8	-	0,7	-	-
<i>Warrenita palustris</i>	2,3	1,1	-	-	1,5	1,6	1,3	0,9	-	1,0	2,0	0,7	-	0,3	0,2	0,8	-	8,5	-	-
<i>Centropyxis constricta</i>	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclopyxis impressa</i>	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclopyxis spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diffugia capreolata</i>	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diffugia globulus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diffugia urceolata</i>	1,1	0,5	-	-	-	-	3,8	0,9	-	0,4	-	0,7	-	-	-	0,4	1,4	-	-	-
<i>Diffugia viscidula</i>	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,4	-	-
<i>Diffugia oblonga</i>	1,1	0,5	-	-	0,8	-	2,5	0,6	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lagenodiffugia vas</i>	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>Pontigulasia compressa</i>	3,4	0,5	-	-	0,4	-	-	0,6	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Plagiopyxis spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-

A análise de agrupamento em modo – R definiu a existência de sete assembléias de organismos ao longo do estuário do Caeté utilizando um nível de corte de 48% (Fig. 28).

Foram elas:

- Assembléia A – composta somente por espécies de foraminíferos onde as maiores freqüência foram de *A. mexicana* seguida por *P. ipohalina*, *T. salsa* e *A. inepta*. As outras espécies que foram agrupadas nesta assembléia foram *A. salsa* e *P. limnetis*.
- Assembléia B – composta principalmente pelas espécies de foraminíferos *M. fusca* *T. inflata* e *A. cassis* e pelas espécies de tecamebas *C. constricta* e *Cyclopyxis* spp. que aparecem com freqüências abaixo de 5%.
- Assembléia C – foi composta somente por espécies que apresentaram freqüências abaixo de 5% (*A. salsum*, *S. lobata*, *E. excavatum*, *R. nana*, *D. viscidula* e *P. compressa*). Destas espécies somente *S. lobata* e *A. salsum* tiveram uma ampla distribuição ao longo das estações.
- Assembléia D – composta predominantemente por *H. wilberti* seguido por *T. macrescens*. As outras espécies que foram agrupadas foram *P. clossi* e *D. capreolata*.
- Assembléia E – esta assembléia foi composta somente por espécies de foraminíferos onde se destacam como as espécies dominantes *J. polystoma* *T. comprimata* e *T. squamata*. *H. manilaensis* aparece disperso entre as estações com freqüências inferiores a 5%.
- Assembléia F – nesta assembléia foram agrupadas espécies de foraminíferos e de tecamebas que apresentaram freqüências baixas e foram identificadas dispersa ao longo das estações. São elas: *T. paranaguaensis*, *T. irregularis*, *D. urceolata*, e *D. oblonga*.

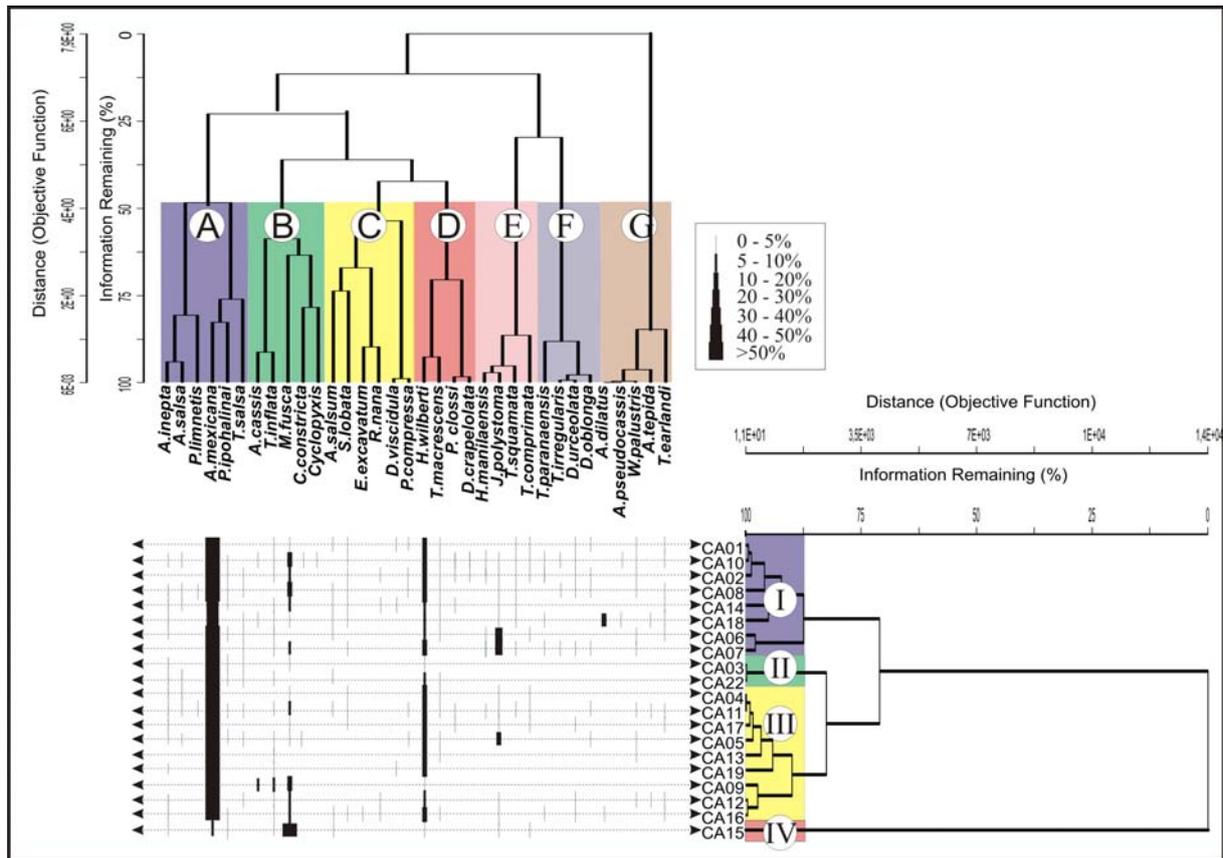


Fig. 28 – Correlação entre as análises de agrupamento em modo- R e Q ao longo do estuário do rio Caeté.

- Assembléia G – nesta assembléia composta somente foraminíferos as espécies que foram mais ocorrentes ao longo estuário foram *W. palustris* e *T. earlandi*. Secundariamente as espécies *A. pseudocassis* e *A. beccarii f. tepida* também compõem esta assembléia.

A análise de agrupamento em modo - Q gerou quatro grupos de amostras usando o nível de similaridade de 87%. O Grupo I foi composto pelas estações CA 01, 02, 06, 07, 08, 10, 14 e 18; O Grupo II foi formado pelas estações CA 03e 22; O Grupo III reuniu as estações CA 04, 05, 09, 12, 13, 16, 17 e 19; e o Grupo IV – foi composto somente pela estação CA 15 (Fig. 28).

A correlação entre os dois modos de agrupamento demonstrou que: o Grupo I foi composto pelos organismos de todas as assembléias; o Grupo II foi composto somente pela

assembléia A; o Grupo III foi composto pelas espécies das assembléias A, B, D e G; e o Grupo IV foi composto pelas assembléias A e B (Fig. 28).

Na elaboração da matriz para as análises multivariadas foi excluída a estação CA 15 pelo fato desta apresentar valores muito altos de frequência da espécie *M. fusca* (89,9%), como também em relação à porcentagem de finos (100%). Em testes realizados, os gráficos apenas ressaltavam a diferença entre a estação CA 15 e todas as outras.

A análise multivariada em CCA usando as variáveis ambientais pH, temperatura (T), salinidade (Sal), matéria orgânica total (MOT) e porcentagem de finos (silte+argila) apresentou coeficiente de variância de 13% para o eixo 1 e de 8% para o eixo 2 (Fig.29).

A variável ambiental que apresentou o maior vetor e a menor angulação em relação ao eixo 1 nesta análise foi à salinidade. As estações CA 14, 16, 18, 19 e 22 foram as que responderam positivamente à salinidade enquanto que as estações CA 01, 02 e 07 foram as que responderam negativamente. Todas as outras estações localizaram-se muito próximas ao encontro dos eixos (Fig. 29).

Em relação às espécies, o gráfico demonstrou que *A. dilatatus*, *Plagiopyxis* spp., *Q. seminula* e *B. translucens* foram as que tiveram a resposta mais positiva à salinidade, enquanto que *T. irregularis*, *H. manilaensis*, *D. urceolata* e *D.oblonga* foram as mais negativas (Fig. 29).

No eixo 2, a variável ambiental mais influente foi a porcentagem de matéria orgânica total. A estação CA 01 foi a que respondeu mais positivamente e CA 19 e 22, mais negativa (Fig. 29).

Em relação às espécies, *D. viscidula* demonstrou-se mais positiva em relação à matéria orgânica total enquanto que *Plagiopyxis* spp., *Q. seminula*, *E. excavatum* e *B. translucens* foram as que responderam negativamente (Fig. 29).

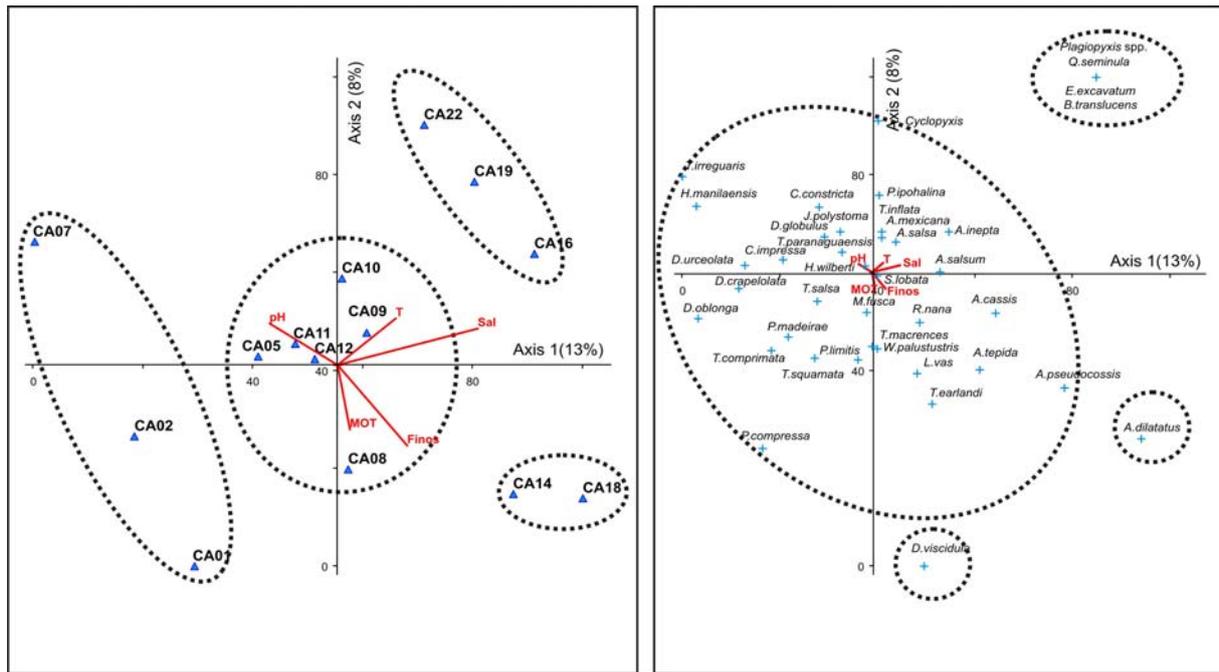


Fig. 29 – Análise multivariada em CCA das amostras e das espécies do estuário do rio Caeté.

A análise multivariada em DCA usando as variáveis ambientais pH, temperatura (T), salinidade (Sal), porcentagens de matéria orgânica total (MOT) e porcentagem de sedimentos finos (silte + argila) apresentou coeficiente de variância de 49% para o eixo 1 e de 23% para o eixo 2 (Fig. 30).

Nesta análise a variável ambiental, finos seguida pelo pH foram as que demonstraram os maiores vetores com menor angulação em relação ao eixo 1. A estação CA 18 foi a que respondeu positivamente à concentração de finos e negativamente ao pH. Em oposição estão as estações CA 02 e 07 que responderam positivamente ao pH e negativamente à concentração de finos. As outras estações ficaram agrupadas muito próximas à interseção entre os eixos (Fig. 30).

Em relação às espécies, somente *A. dilatatus*, *A. beccarii* f. *tepida* e *A. cassis* responderam positivamente à concentração de finos e negativamente ao pH. A espécie *T.*

irregularis, em oposição, se mostrou favorecida pelo pH mais básico e pelo sedimento mais arenoso (Fig. 30).

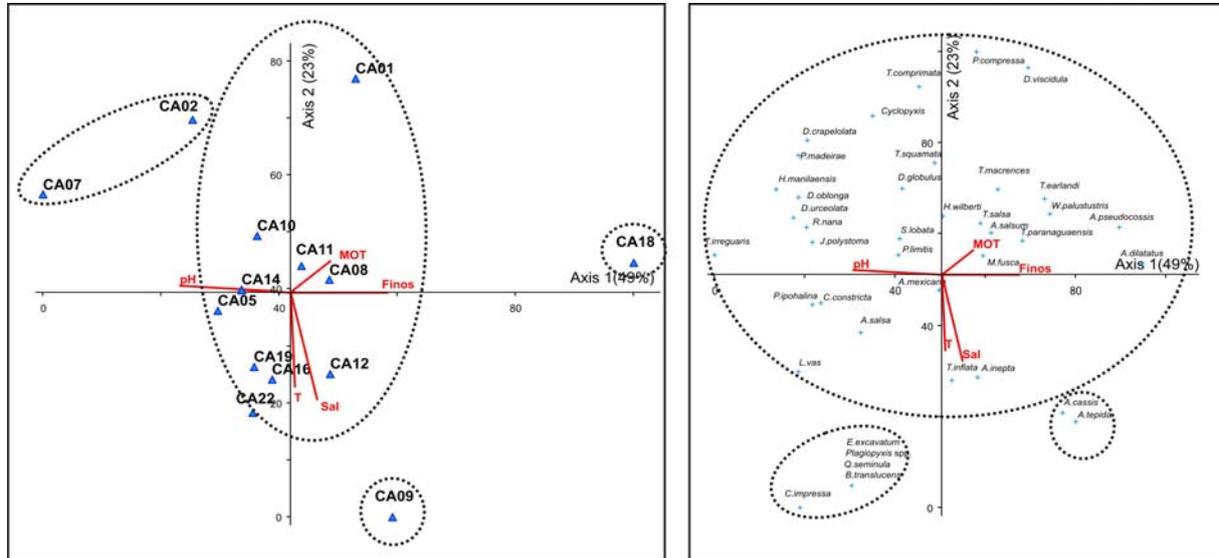


Fig. 30 – Análise multivariada em DCA das amostras e das espécies do estuário do rio Caeté.

No eixo 2 os vetores mais influentes foram temperatura e salinidade (Fig. 30). A mostra que respondeu positivamente a essas variáveis foi CA 09 e negativamente foram CA 01 e 02. Em relação às espécies, *E. excavatum*, *Plagiopyxis* spp., *Q. seminula*, *B. translucens* e *C. compressa* foram as que responderam mais positivamente, e *Cyclopyxis* spp., *T. comprimata*, *P. compressa* e *D. viscidula* foram as que responderam mais negativamente.

3.6 - Discussão

Os parâmetros físico-químicos medidos ao longo do estuário do Caeté foram bem variados entre as estações, não apresentado um gradiente em direção ao oceano. Este fato, provavelmente é decorrente das diferentes horas do dia em que as coletas foram realizadas principalmente em relação à salinidade. A variação irregular da salinidade além de estar

relacionada com a entrada de maré também pode ser influenciada pela proximidade dos igarapés.

Mesmo apresentado uma variação aleatória estes parâmetros estão dentro das médias apontadas por Magalhães (2003).

O pH foi o parâmetro menos variado sempre tendendo a ácido. Possivelmente isto é o resultado da influência exercida pela densa floresta de mangue que margeia todo o estuário produzindo ácidos orgânicos pelos processos de decomposição.

O estuário como um todo se apresentou como bem arenoso, principalmente nas estações localizadas na baía do Caeté (CA 19, 20, 21 e 22) e nas estações mais internas (CA 01, 02, 03 e 04). Nestas estações o sedimento apresentou grau de seleção variando de moderadamente selecionado a bem selecionado. Isto demonstra que tanto as regiões mais internas do estuário quanto a mais externa apresentam condições de alta hidrodinâmica que são constantes por um determinado período. Na região intermediária do estuário a hidrodinâmica é mais variada e possibilita a deposição das frações finas. É possível que o Caeté apresente uma sazonalidade quanto à deposição de lamas. A amostragem foi realizada no período de menor precipitação (Diele & Smith, 2006), fato esse que deve diminuir o aporte de finos transportados para dentro do estuário.

A dominância de sedimentos arenosos indica maior hidrodinâmica e conseqüentemente maior oxigenação do sedimento, e assim, justifica as baixas concentrações de matéria orgânica identificada ao longo de todo o estuário.

Uma grande riqueza de espécies de tecamebas foi identificada no estuário do Caeté. Segundo Walker & Lages (1980) é comum se encontrar uma grande diversidade de morfotipos de tecamebas em ambientes amazônicos.

O gênero *Difflugia* que foi dominante ao longo de todo o estuário é comumente encontrado na região do estuário superior (Klisa & Schöder-Andams, 1999). A dispersão

desta espécie pelo estuário pode indicar uma uniformidade na distribuição de água doce ou o potencial de transporte em direção a foz, como observado por Bonetti & Eichler (1997) na foz do estuário do rio Itapitangui – SP.

Quanto à distribuição das espécies de foraminíferos em estuários de macromaré, Wang & Murray (1983) descrevem nos estuários de Qiagtan (China), Humber e Severn (Inglaterra) que é encontrado um grande número de espécies exóticas de tamanho pequeno que são responsáveis por elevarem os índices de diversidade. Lê Xuan (1996), estudando os ambientes parálicos na parte sul do delta do Mekong (Vietnam), também encontrou uma dominância de assembléias marinhas na foz que são substituídas por *A. beccarii* em direção ao estuário superior. No estuário do Loire (França) este padrão também pode ser identificado por Debenay & Guilou (2002).

O estuário do Caeté por sua vez, não se enquadrou nestes padrões. Não foram identificadas espécies exóticas e *A. beccarii* foi identificada somente em três estações com frequências muito baixas. A dominância foi de foraminíferos aglutinantes típicos de manguezais (Bolvskey, 1965). Estas espécies já foram identificadas como dominantes em outros estuários no Brasil como os de Guaratiba – RJ (Brönimann *et al.* 1981 e Laut, 2003) e em Acupe – BA (Zaninnette *et al.* 1979).

A pouca ocorrência de espécies calcárias pode ser o resultado das bruscas mudanças de salinidade que são típicas de estuários de macromaré (Debenay & Guilou, 2002), ou também do pH ácido identificado ao longo de todo o estuário que causaria a dissolução das testas calcárias.

Laut (2003) sugere que em estuários de micromaré onde as variáveis ambientais não mudam drasticamente e salinidade tende a ser sempre inferior à marinha, a espécie *A. mexicana* é dominante. No estuário do Caeté *A. mexicana* foi a espécie dominante em quase

todas as estações, o que demonstra que esta possui o caráter oportunista independente da amplitude de maré.

A ocorrência de espécimes com testas mal formadas ao longo de todo o estuário é o reflexo das bruscas variações ambientais em ambiente de macromaré. Comumente, muitos autores associam as deformações à concentração de poluente como metais pesados e hidrocarbonetos (Yanko *et al.* 1994 e 1998; Sharifi *et al.* 1991; Elison *et al.* 1986), mas não é o caso do Caeté. Geslin *et al.* (2002) concluem que o estresse ambiental causado por períodos de anoxia, mudanças de salinidade e hidrodinâmica podem ser os condicionantes para a mal formação de testas.

O maior número de testas coradas (vivos) foi encontrado na região intermediária do estuário (Tab. 5). Se somarmos a isto, o fato de que nesta região possivelmente existe menor hidrodinâmica pela maior concentração de lamas e de matéria orgânica, nos induz a concluir que esta região é a mais favorável para as espécies. Contudo, sabe-se da ineficiência do corante rosa de Bengala em corar testas de foraminíferos aglutinantes e que o choque osmótico provocado pela diferença da salinidade do sedimento e da solução colocada em campo pode fazer com que a membrana citoplasmática rompa (Bonetti, 2000). Desta forma, as assembléias vivas servem somente superficialmente para noção da dinâmica populacional.

O índice de diversidade maior também na região intermediária do estuário indica que esta região é mais favorável às espécies. Os índices de equitabilidade e dominância baixos ao longo do estuário demonstram o desequilíbrio provocado pela alta frequência de *A. mexicana* e pela espécie *M. fusca* na estação CA 15.

A análise de agrupamento em modo – R onde o nível similaridade estabelecido foi de 37% demonstrou que há uma homogeneidade na comunidade, ou seja, as espécies identificadas possuem necessidades ecológicas muito semelhantes. As assembléias A e B são assembléias típicas de estuário médio a superior; as assembléias D e E são comuns em

manguezais onde podemos encontrar espécies herbívoras; e as assembléias C e G são típicas das franjas de mangue.

Ao contrário da análise de agrupamento em modo – R, a análise em modo – Q apresentou maior informação, pois o nível de similaridade (87%). Contudo, a distribuição não segue uma ordem contínua que represente um gradiente de confinamento ou estresse ambiental (Fig. 28).

Os grupos formados representaram pequenas diferenças em relação à variação do aporte de água doce e influência do manguezal:

- Grupo I - representa o estuário como um todo, pois é composto por todas as espécies que ocorrem em todas as estações.
- Grupo II e III - são muito parecidos quanto às assembléias que os compõe. A diferença maior parece ser quanto à presença das assembléias típicas de mangue (Assembléia D e G) no Grupo III. As estações do Grupo II possivelmente recebem mais aporte de água doce.
- Grupo IV - aparece de forma isolada, pois foi o único grupo dominado por *M. fusca*. Assembléias compostas por *M. fusca* e tecamebas são comuns na região mais internas de vários estuários de micromaré (Madeira-Falcetta, 1974; Eichler-Coelho, *et al.* 1997; Bonetti & Eichler, 1997), mas este padrão não pode ser constatado no estuário do Caeté. A estação CA 15 localiza-se na foz do estuário, sendo assim, em estuários de macromaré algum fator ambiental desfavorece a dominância de *M. fusca*.

O coeficiente de variância apresentado pela análise multivariada em CCA foi muito baixo. Indica que os parâmetros ambientais analisados (pH, temperatura, salinidade, matéria orgânica total e finos) não são os condicionantes para a distribuição das espécies e também não permitiram uma compartimentação do estuário. Por outro lado, esta análise mostrou que

dentre os parâmetros analisados a salinidade foi a variável mais influente para o eixo 1, onde as estações se separam formando um gradiente estuarino. As que tiveram a salinidade maior foram as estações localizadas na foz (CA 22, 19, 16, 14 e 18), e as estações mais internas (CA 01 e 02) foram as que tiveram a salinidade mais baixa. A estação CA 07 por algum motivo não regional apresentou uma salinidade muito baixa, não respeitando o gradiente apontado pelas outras. Em relação às espécies, as únicas que tiveram posição destacada de forma positiva no gráfico em relação ao eixo 1 foram *Plagiopyxis* spp., *Q. seminula*, *E. excavatum*, *A. dilatatus* e *B. translucens*. As espécies que responderam de forma mais negativa à salinidade foram *D. oblonga* e *D. urceolata*.

A análise multivariada em DCA, mesmo tendo apresentado um coeficiente de variância superior ao CCA, não apresentou nenhuma compartimentação do estuário. A análise apenas separou as estações pela maior concentração de finos apontando a estação CA 18 como a mais lamosa e as estações CA 02 e 07 como as mais arenosas. Todas as outras estações se encontraram próximas à interseção entre os eixos não mostrando assim numa resposta as variáveis. Em relação ao posicionamento das espécies no gráfico pode-se observar que as espécies de *A. dilatatus*, *A. beccarii* f. *tepida* e *A. cassis* tiveram sua ocorrência favorecida pela maior contração de lamas, enquanto que as espécies de *Plagiopyxis* spp., *Q. seminula*, *E. excavatum*, *C. impressa* e *B. translucens* pelo sedimento arenoso.

Esta distribuição uniforme das espécies de foraminíferos, tecamebas e de variáveis ambientais ao longo do estuário indica que o estuário do Caeté é um estuário bem misturado e por isso torna difícil estabelecer um zoneamento (Fig. 31). Pode-se apenas sugerir baseando-se nas análises de foraminíferos, tecamebas, sedimentológicas e de parâmetros físico-químicos que:

1 – Estuário Superior – Localizado nas proximidades da cidade de Bragança. Caracterizou-se por apresentar assembléias compostas de foraminíferos e tecamebas com

baixos índices de diversidade. Nesta região a sedimentação foi composta por areias siltosas moderadamente selecionadas com baixa concentração de matéria orgânica.

2 – Estuário Intermediário – composto por espécies de foraminíferos e tecamebas apresentando os maiores valores de diversidade, maior número de espécimes vivos e de testas mal formadas. Nesta região prevaleceu o sedimento areno-siltoso com maior concentração de matéria orgânica;

3 – Estuário Inferior – região que compreende a foz do rio Caeté e toda a baía adjacente. Esta região foi composta por espécies de foraminíferos aglutinantes, tecamebas e por foraminíferos calcários. A sedimentação dominante foi arenosa com baixas concentrações de matéria orgânica.

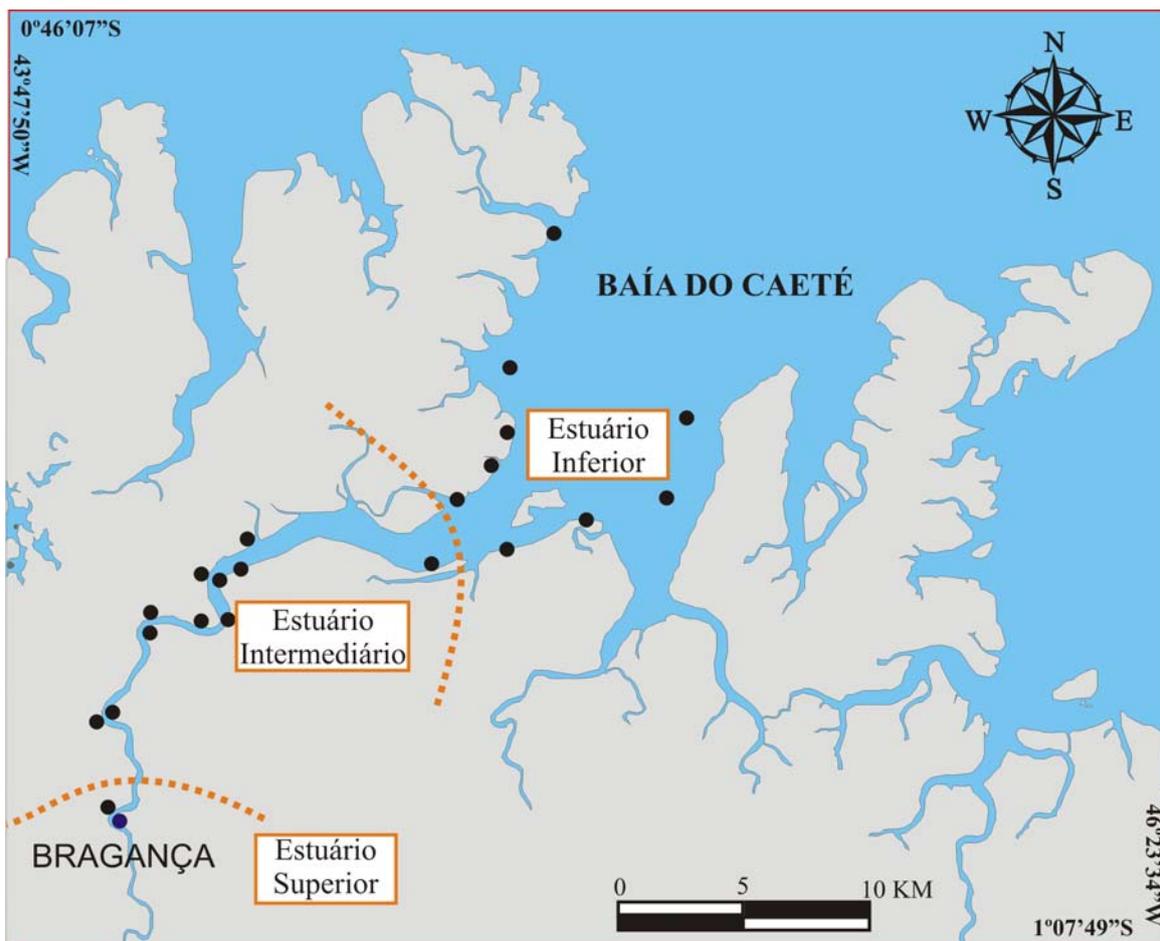


Fig. 31 – Compartimentação do estuário do rio Caeté tendo como base as análises das assembléias de foraminíferos e tecamebas associados a parâmetros físico-químicos e sedimentológicos.

CAPITULO IV

LITORAL NORDESTE

1 – CARACTERIZAÇÃO DO LITORAL NORDESTE

Dentro da divisão do litoral brasileiro, vários autores limitam o Litoral Nordeste desde a Baía de São Marcos, no estado do Maranhão, até a baía de Todos os Santos no estado da Bahia. Silveira (1964) dividiu este compartimento do litoral brasileiro em dois setores: costa semi-árida localizada à nordeste do Cabo Calcanhar e costa nordeste oriental localizada entre o Cabo Calcanhar (RN) e a Baía de Todos os Santos (BA). Tal setorização foi baseada na presença do Grupo Barreiras na costa ao sul do Cabo Calcanhar.

Após esta primeira divisão do Litoral Nordeste outros autores propuseram novas compartimentações (Fig. 32) baseadas no clima de ondas, morfometria da linha de costa (Xavier da Silva, 1973), geomorfologia da plataforma continental (Palma, 1979 e França, 1979), e na ocorrência de manguezais (Schaeffer-Novelli *et al.* 1990).

França (1979) definiu quatro compartimentos no litoral nordeste a partir do Cabo Calcanhar, estendendo-se até a foz do rio São Francisco. Segundo o autor a plataforma continental neste trecho é caracterizada por um reduzido aporte de sedimentos terrígenos, devido ao pequeno aporte fluvial, que permite a formação de bioconstruções, principalmente na plataforma continental média e externa.

A escolha da foz do rio São Francisco como limite para este compartimento parece adequada tanto sob o ponto de vista da estabilidade costeira, quanto sob o ponto de vista

oceanográfico (Muehe, 1998). Ao norte do São Francisco predominam as falésias do Grupo Barreiras, enquanto que ao sul o litoral apresenta extensas planícies costeiras (Dominguez, 1995). Já do ponto de vista oceanográfico, a redução na transparência da água pela pluma de sedimentos em suspensão, oriunda do rio e dirigida para sul, inibe a construção de recifes (Silveira, 1964).

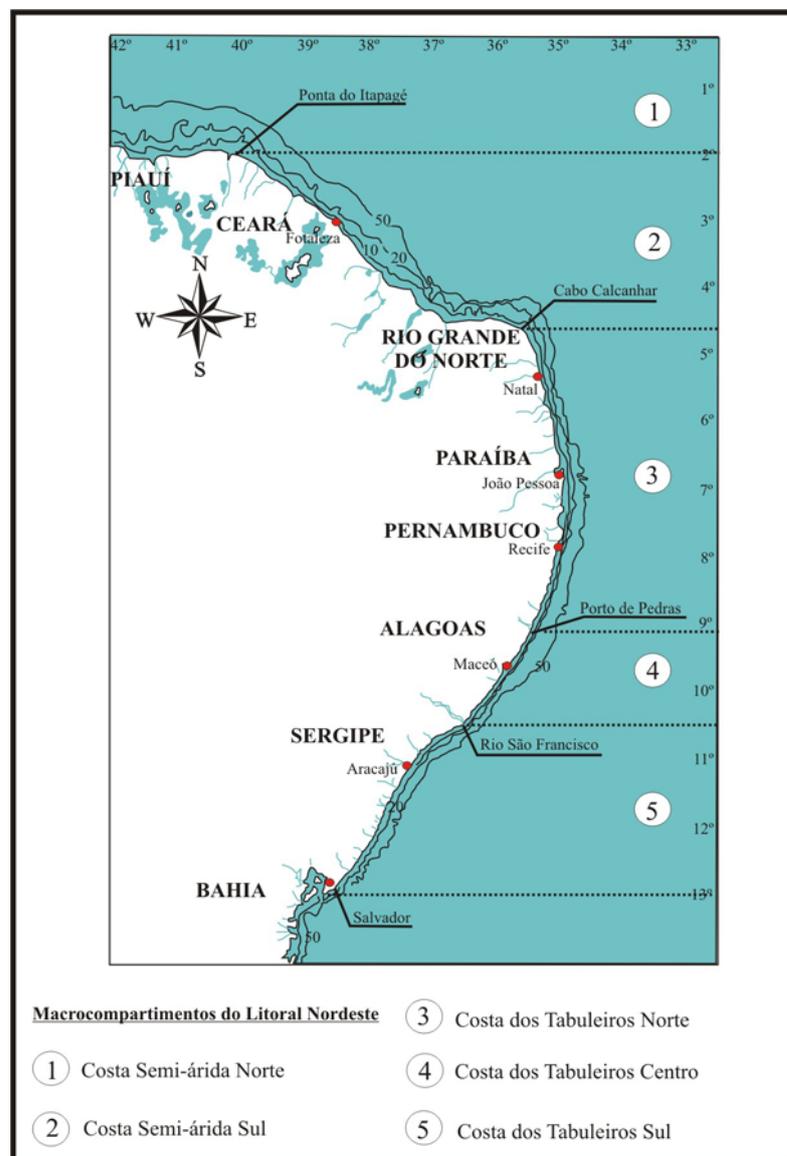


Fig. 32 - Compartimentação do litoral nordeste (modificado de Muehe, 1998)

2 - ESTUÁRIO DO RIO POTENGI

2.1 - Localização

O estuário do rio Potengi está localizado no litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte, entre os paralelos de 5°40'S e 5°55'S e os meridianos de 35°05'W e 35°25'W, apresentando-se como um braço de mar que adentra ao continente por cerca de 20 km, margeado pelos municípios de Macaíba, São Gonçalo do Amarante e Natal. (Fig. 33)

O rio Potengi percorre cerca de 180 km ao longo de três zonas distintas do estado do Rio Grande do Norte. Nasce na região da Serra da Santana, com altitudes de aproximadamente 500 m, correndo em direção à cidade de São Tomé até se transformar em estuário na cidade de Natal (Oliveira, 1985).

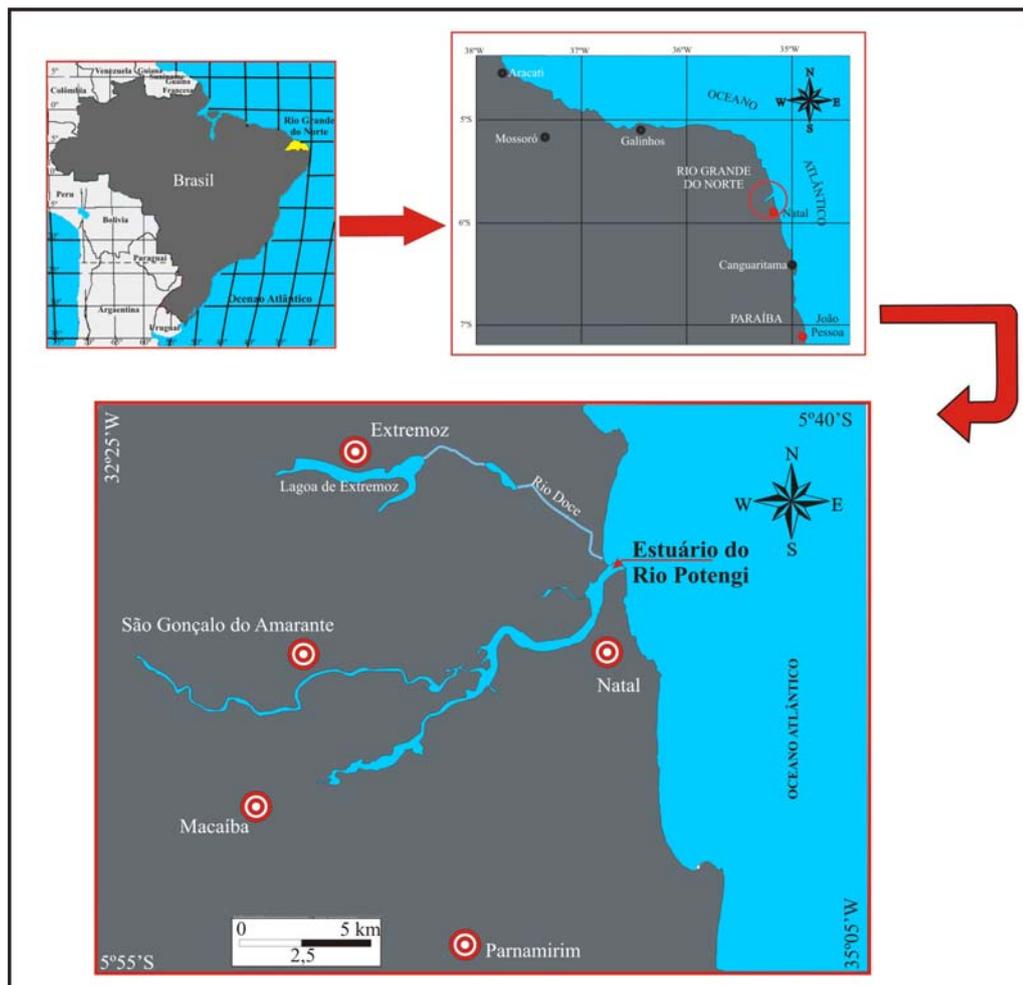


Fig. 33 – Localização do estuário do rio Potengi – RN.

2.2 – Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está inserida na Bacia Sedimentar Costeira Paraíba-Pernambuco-Rio Grande do Norte, que data do Cretáceo. Segundo Mabessone (1996), em sua porção emersa a bacia ocupa uma faixa estreita de 9000 km², estendendo-se por 24000 km² da plataforma continental.

São encontrados ainda uma seqüência “terciária” (Formação Barreiras) e sedimentos quaternários recentes como dunas, aluviões, terraços fluviais e planícies de maré (Frasão, 2003).

A Formação Barreiras apresenta sedimentos pouco ou não consolidados, com cores variadas, variando de argilas a conglomerados com estratificações diversas. Na região estudada estes depósitos se apresentam sob a forma de tabuleiros e falésias (Frasão 2003).

Caapeando a Formação Barreiras é comum a presença de dois cordões de arenitos de praia (*beachrocks*). Segundo Oliveira *et al.* (1990) o cordão mais interno teria idade de 6.500 anos e o externo, 4.700 anos.

Outra feição “quaternária” que recobre quase toda a região são as dunas, constituídas por areias quartzosas, bem selecionadas e com grãos arredondados (Gomes *et al.* 1981). Estas dunas são preferencialmente do tipo parabólicas direcionadas para SE-NW (Fig. 5).

A fácies sedimentar predominante no estuário é arenosa (Frasão *et. al.* 2003). Nas áreas mais profundas do canal estuarino ocorrem sedimentos de granulometria maior como seixos e cascalhos, juntamente com fragmentos de conchas calcárias. Bancos conchíferos, constituídos de areias com cascalhos são observados ao longo do canal de navegação. Estes bancos, segundo Salim & Coutinho (1973), têm em torno de 3 m de espessura.

Em termos gerais, o leito do estuário do Potengi é caracterizado por dunas pequenas e grandes com comprimento de onda na razão de 2,87 - 95,12 m, alturas de até 4,3 m e com variada sinuosidade e sobreposição (Frasão, 2003). Estas dunas são indicativas da dominância

de correntes de enchente e vazante da maré. A assimetria das formas de leito ao longo do canal estuarino é um forte indicativo da influência marinha no estuário, sendo assim o principal controlador da sedimentação ao longo deste ambiente dominado por maré.

Na classificação de Köppen (1928), a região do estuário do rio Potengi está situada na zona de transição entre o clima As (quente e úmido), e BSh (árido e quente), com predominância do clima tipo As. Nesta região têm-se duas estações bem marcadas: verão (outubro a dezembro), caracterizada como estação seca, e inverno (abril a junho), estação chuvosa.

A temperatura média é de 26,8°C com mínima raramente inferior a 24,3°. A umidade relativa do ar é geralmente estável, estando em torno de 80%, e as médias pluviométricas estão entre 1.300 mm/ano e 2.000 mm/ano, sendo considerados os mais altos índices do Rio Grande do Norte (Souza *et al.* 2003).

Segundo os dados meteorológicos obtidos por Frasnão (2003), na Estação Climatológica Principal – UFRN, os ventos predominantes são provenientes do quadrante E, e os de menor frequência são provenientes do ESE.

A velocidade dos ventos varia bastante, sendo os mais intensos no período de junho a setembro, chegando a atingir velocidades de 5,4 m/s. Nos períodos de seca a predominância de ventos na região é da brisa marítima de direção E-W, que vai se intensificando ao longo do dia, atingindo velocidades máximas do meio para o fim da tarde (Frasnão, 2003).

A maré apresenta características semi-diurnas, ou seja, apresenta duas marés altas e duas baixas durante um dia lunar com períodos de 12h e 25 min. Sua influência é sentida no interior do estuário do rio Potengi até a cidade de Macaíba, distante cerca de 18 km da cidade de Natal. A amplitude média das marés de sizígia é de cerca de 2,8 m e das marés de quadratura de 0,85 m (Frasnão, 2003).

O rio Potengi é intermitente em sua cabeceira tornando-se perene em seu baixo curso, devido à influência da maré e às restrições subterrâneas (Barros, 1984). As correntes de maré vazante são mais fortes no inverno por ser a estação chuvosa, quando alcançam até 4,5 nós (Frasão, 2003). As correntes de maré enchente geram correntes de 1,5 nós em direção ao interior do rio (PETROBRAS, 1979).

As ondas que se aproximam das porções mais internas da costa do Rio Grande do Norte, entre a praia de Ponta Negra e a foz do rio Ceará-Mirim, possuem a mesma direção dos ventos predominantes (Alísios de SE). Apesar da forte ação das marés, as ondas geradas através dos ventos no estuário do Potengi, proporcionam a mistura das águas e a ressuspensão constante dos sedimentos de fundo e das margens, provocando muitas vezes processos erosivos. Estas ondas na área do estuário podem atingir períodos de 13 s e 80 cm de altura (Frasão, 2003).

Este estuário pode ser classificado quanto ao modo de formação de bacia como do tipo planície costeira (classificação de Fairbridge, 1980). Este tipo de estuário é típico de planícies costeiras que se formaram durante a última transgressão holocênica, inundando os vales fluviais.

Na classificação de Dalrymple *et al.* (1992), que se baseia nos processos físicos dominantes, este estuário é considerado como dominado por marés. Nesta região as marés podem ter amplitude de 2,8 m (região de mesomaré), desempenhando um papel fundamental na dinâmica estuarina.

Em relação ao padrão de circulação proposto por Pritchard & Carter (1971) o estuário do rio Potengi classifica-se como estuário parcialmente a totalmente misturado, pelo fato de ocorrer uma mistura parcial ou total entre os corpos de água fluvial e marinha pela turbulência causada pela maré, dificultando a formação de uma cunha salina. Segundo Frasso (2003), nos

períodos de cheia a descarga fluvial pode ser grande o suficiente, predominando sobre a maré e permitindo a formação de cunha salina.

A salinidade no estuário está na faixa de 37,43 a 32,57, com temperaturas máximas da água registradas de 28,39°C e as mínimas de 27,74°C. Os valores de temperatura estão diretamente relacionados com a temperatura do ar, ou seja, apresentam um comportamento influenciado pelos fatores atmosféricos. Desta maneira, as temperaturas máximas registradas no estuário são quando a baixa mar coincide com os horários de maior temperatura do ar, que geralmente são entre 12 e 15 horas (Frasão, 2003).

A estratificação térmica do estuário está estabelecida numa faixa de no máximo 0,8°C, podendo variar conforme a hora do dia e a profundidade do local.

Segundo Schaeffer-Novelli *et al.* (1990), por causa da alta energia de ondas na costa do litoral do nordeste entre as latitudes de 05°08'S e 13°00'S, os manguezais que se desenvolvem nesta região são em áreas protegidas sempre associadas a estuários e lagunas costeiras.

O manguezal do estuário do rio Potengi segue a mesma composição florística dos demais manguezais do estado do Rio Grande do Norte. O estuário do rio Potengi possui 1530 ha de floresta de mangues, aonde as árvores chegam a atingir 10 m de altura (Fig. 34). O tipo fisiográfico predominante é o bosque ribeirinho, tendo como espécie dominante a *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), e na parte superior do estuário até seu interior geralmente ocorrem as espécies de *A. schaueriana* e *A. germinans* (mangue preto), *Laguncularia racemosa* (mangue branco) e *Conocarpus erecta* (mangue botão). Ainda encontram-se nos altos topográficos com sedimento arenoso, vegetação herbácea composta pelos gêneros *Sesuvium*, *Batis*, *Salicornia*, *Sporobolus* e *Spartina* (Souza *et al.* 2003).

Algumas áreas de manguezais do estuário do rio Potengi encontram-se em bom estado de conservação, apesar de muitas delas terem sofrido descaracterização ao longo das últimas décadas.



Fig. 34 - Manguezal do estuário do rio Potengi (Foto: Laut, 2004).

2.3 – Agentes Impactantes

Segundo o IDEC/RN (1996), entre as principais causas de sua degradação, estão o crescimento desordenado da cidade de Natal e o lançamento de esgotos industriais e domésticos sem tratamento. Uma média de 15.000m³ de esgotos é lançada por dia no estuário, sendo que destes apenas 25% são tratados.

Outra causa de sua degradação tem sido a destruição das florestas de mangue recuperadas naturalmente, em áreas que antes tinham sido ocupadas por salinas, para serem utilizadas por fazendas marinhas e lagoas de estabilização de esgotos domésticos (ECO-Natal, 1994).

Não menos importante, as populações ribeirinhas de baixa renda, sem ocupação definida e de condições de vida precárias, retiram parte de seu sustento da floresta de

manguezal através da extração vegetal para lenha e construção de casas, captura de caranguejos, coleta de ostras, e a pesca de peixes e camarão.

2.4 – AMOSTRAGEM NO ESTUÁRIO DO POTENGI

As coletas no estuário do rio Potengi foram realizadas em abril de 2004 com o auxílio de uma embarcação de pequeno porte (voadeira) com motor de popa. Todas as estações de amostragem foram planejadas previamente para que se obtivesse um gradiente de confinamento e/ou de estresse ambiental. Foram coletadas seis estações desde a região mais interna do estuário até sua foz (Fig. 35). A estação PT 01 localizou-se no canal que recebe os dejetos da atividade de carcinicultura; a estação PT02 às margens de um terminal de óleo; a estação PT03 na saída do canal do Baldo que recebe o esgoto sem tratamento da cidade de natal; e as estações PT04, 05 e 06 localizaram-se às margens do bosque de mangue.

Foram coletadas amostras destinadas às análises de foraminíferos, tecamebas, atividade respiratória bacteriana, carbono bacteriano, granulometria e matéria orgânica total.

Ainda em campo foram medidos os parâmetros físico-químicos de temperatura, salinidade, pH, EH e oxigênio dissolvido.

2.5 – RESULTADOS

2.5.1. – Abióticos

A maioria dos parâmetros físico-químicos no estuário do Potengi não apresentou grandes variações durante as coleta de sedimento. As temperaturas variaram de 25,6 a 26,9°C, o pH entre 6,75 e 6,84 e o Eh entre -0,5 e 0,78. O oxigênio dissolvido (2,8 – 3,2 mg/l) e a salinidade (30 - 37) foram os parâmetros que apresentaram maiores variações ao longo do estuário (Tab. 6).

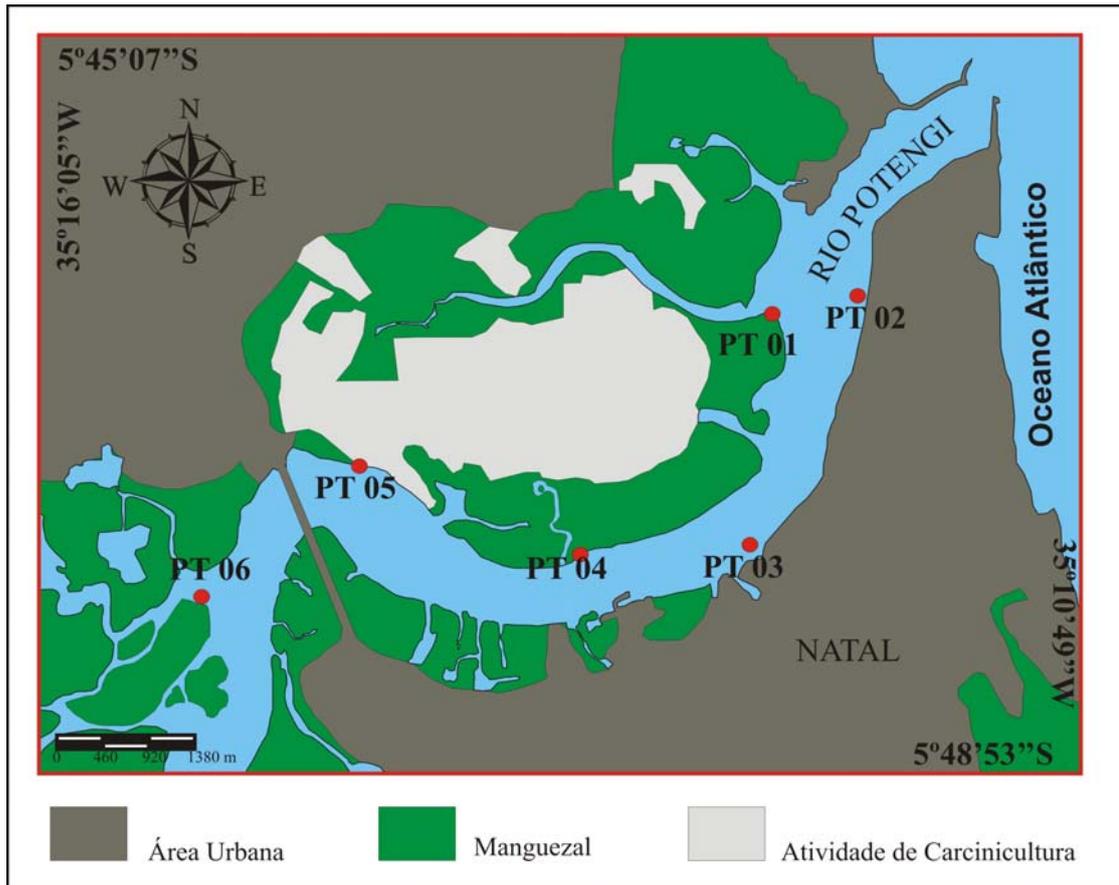


Fig. 35 – Estações amostrais ao longo do estuário do rio Potengi.

Tab. 6 – Parâmetros físico-químicos das águas de fundo amostradas no estuário do Potengi.

Estações	T (°C)	Salinidade	pH	Eh	O ₂ (mg/l)
PT 01	26,9	35	6,84	-0,55	3,2
PT 02	26,7	35	6,75	-0,5	3,1
PT 03	26,2	34	6,82	-0,54	2,68
PT 04	26,4	37	6,83	-0,78	2,8
PT 05	25,6	32	6,78	-0,52	2,8
PT 06	25,7	30	6,78	-0,52	2,9

As análises granulométricas mostram que o sedimento é pobremente selecionado, exceto em PT 05 onde foi moderadamente selecionado. O estuário possui uma grande deposição de areias exceto nas estações PT 02, 04 e 03, próxima à saída do Canal do Baldo. A classe textural variou entre lama muito argilosa levemente arenosa e areia muito siltosa (Fig.

36). As porcentagens de matéria orgânica também não foram altas, variando entre 0,5% na estação PT 05 e 3,6% na estação PT 03 (Fig. 36).

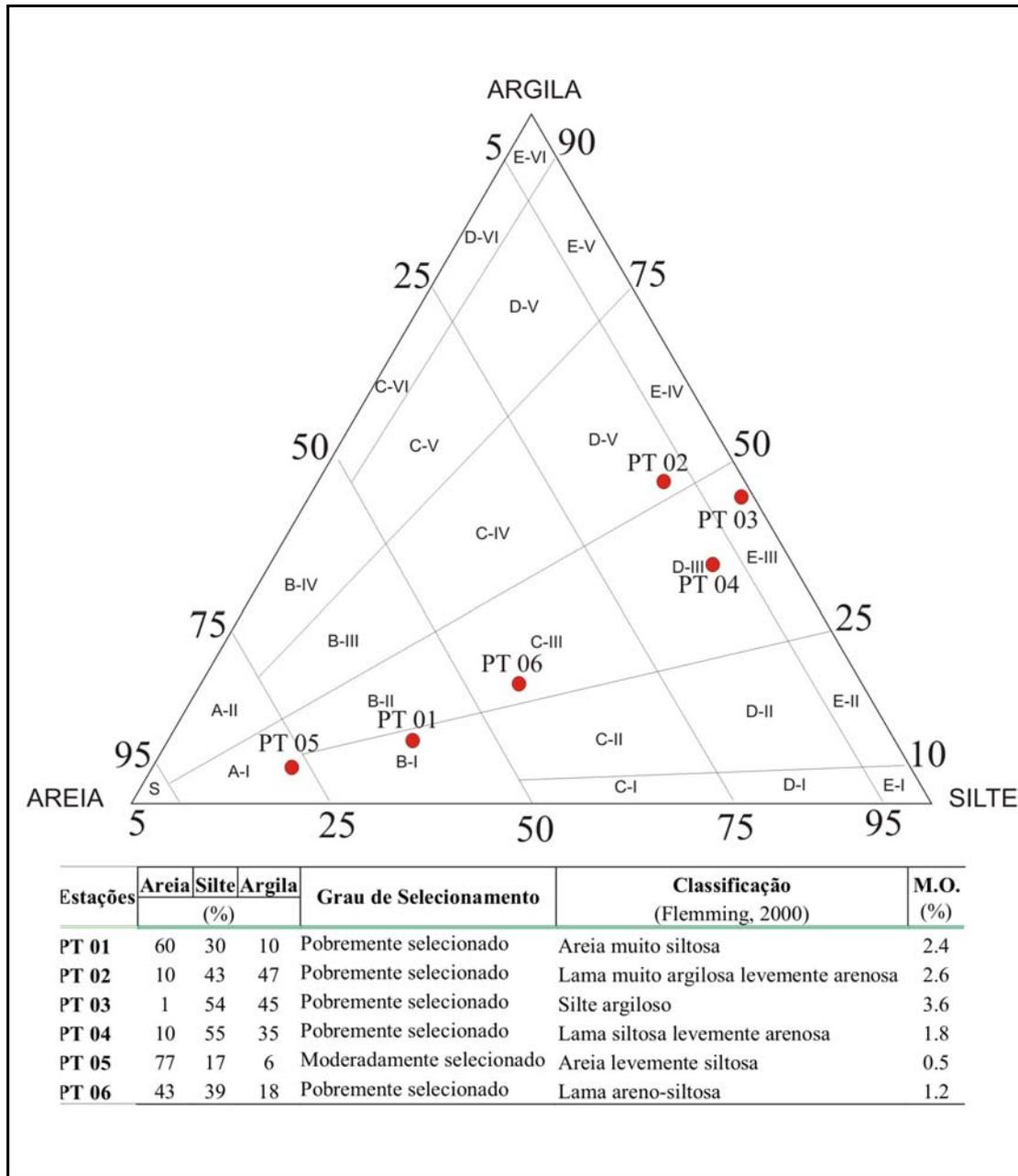


Fig. 36 - Resultado das análises granulométricas do estuário do Potengi.

2.5.2 – Bióticos

Em relação à atividade respiratória bacteriana, nas cinco estações o sedimento encontrou-se em anaerobiose com presença de fermentação. Na estação PT 01 a desnitrificação começou a ocorrer e a sulfato redução foi presente nas estações PT 02, 04, e 05 (Tab. 7).

Na estação PT 06 não foram feitas análises de atividade respiratória bacteriana.

Os valores mais altos de carbono bacteriano foram encontrados nas estações PT 01 e PT 03 e o menor na estação PT 02 (Tab. 7)

Tab. 7 – Resultado da Atividade respiratória bacteriana e do carbono bacteriano no estuário do Potengi (P - presença de crescimento; N - ausência de crescimento; V - crescimento variável).

Estações	Aerobiose	Fermentação	Desnitrificação	Sulfatoredução	Carbono Bacteriano ($\mu\text{g C.g}^{-1}$)
PT 01	N	P	P	V	0,382716
PT 02	N	P	V	P	0,007014
PT 03	N	P	V	V	0,38179
PT 04	N	P	V	P	0,010637
PT 05	N	P	V	P	0,006813
PT 06	-	-	-	-	-

Foram identificados 42 táxons de foraminíferos com dominância de *Ammonia beccarri* f. *tepida* nas amostras PT 02, 03 e 04, e *Arenoparella mexicana* nas amostras PT 05 e 06. Na estação PT 01 não foram identificadas testas e a estação PT 02 possuiu a maior riqueza com 24 espécies (Tab. 8). Nenhuma espécie de tecamebas foi identificada ao longo do estuário do Potengi.

O maior número de carapaças coradas (90 e 94 testas) e a maior densidade populacional (304 e 485 testas) foram identificados entre as estações PT 02 e PT 04.

Já o número de testas malformadas foi maior na estação PT 04 (47 testas), enquanto na estação PT 05 não foram identificadas malformações. Quase todos os espécimes que apresentaram testas anômalas foram de *A. beccarii* f. *tepida* (Tab. 8).

O índice de diversidade mais alto foi de 1,8 e 1,3 nas estações próximas à foz (PT 02 e 03) e na estação mais interna (PT 06), onde o valor foi de 1,6. Os índices de equitatividade e dominância seguiram o mesmo padrão apresentado pela diversidade, ou seja, mais altos na foz e a montante.

Tab. 8 – Frequência relativa (%) das espécies de foraminíferos do estuário do Potengi.

Espécies	PT02	PT03	PT04	PT05	PT06
Número de espécimes	304	116	485	49	57
Número de espécies	24	13	15	3	10
Diversidade de Shannon (H')	1,8	1,3	0,8	0,4	1,6
Equitatividade (J')	0,6	0,5	0,3	0,3	0,8
Dominância	0,7	0,5	0,3	0,2	0,7
Número de corados	90	18	94	2	10
Testas mal formadas	45	14	47	0	4
<i>Ammobaculites dilatatus</i>	-	-	-	8,2	6,9
<i>Ammobaculites exiguus</i>	-	-	-	-	3,4
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>tepida</i>	52,9	68	83,1	-	3,4
<i>Ammotium cassis</i>	-	-	0,4	-	-
<i>Ammotium salsum</i>	-	-	-	-	3,4
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	-	-	89,8	55,2
<i>Bolivina</i> cf. <i>doniezi</i>	-	-	1,4	-	-
<i>Bolivina</i> cf. <i>inflata</i>	0,6	-	-	-	-
<i>Bolivina compacta</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Bolivina spatulata</i>	-	-	0,2	-	-
<i>Bolivina</i> spp.	-	3,4	1,4	-	-
<i>Bolivina translucens</i>	1	-	1,0	-	-
<i>Buliminella elegantissima</i>	-	3,4	0,2	-	-
<i>Cornuspira incerta</i>	0,6	-	-	-	-
<i>Cornuspira planorbis</i>	1,6	-	-	-	-
<i>Discorbis williamsonii</i>	-	0,9	-	-	-
<i>Elphidium discoidale</i>	3	4,3	0,2	-	-
<i>Elphidium excavatum</i>	5	8,5	8,7	-	-
<i>Fissurina lucida</i>	0,3	0,9	-	-	-
<i>Fursenkoina pontoni</i>	1,3	0,9	-	-	-
<i>Haynesina germanica</i>	-	-	0,4	-	-
<i>Lagena laevis</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Lagena perlucida</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Lagena spiralis</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Lagena striata</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Miliolinella subrotunda</i>	20	2,6	-	-	-
<i>Nonionella opima</i>	0,3	-	-	-	-

<i>Oolina vilardeboana</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Pseudononion atlanticum</i>	2,3	-	-	-	-
<i>Quinqueloculina cf. tenagus</i>	-	0,9	-	-	-
<i>Quinqueloculina laevigata</i>	3,2	1,7	0,2	-	-
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	2,2	-	-	-	-
<i>Quinqueloculina seminula</i>	1,3	-	1,0	-	-
<i>Quinqueloculina spp.</i>	-	-	0,2	-	-
<i>Rosalina bradyi</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Rutherfordoides sp.</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Siphotrochammina lobata</i>	-	-	-	2,0	-
<i>Spiroculina sp.</i>	-	3,4	-	-	-
<i>Textularia earlandi</i>	0,3	-	0,2	-	5,2
<i>Trochammina macrescens</i>	1	-	1,2	-	15,5
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	-	1,7
<i>Trochamminita salsa</i>	-	-	-	-	3,4
<i>Uvigerina peregrina</i>	-	0,9	-	-	1,7
<i>Wiesnerella aviculata</i>	1	-	-	-	-

A análise de agrupamento em modo-R definiu três assembléias de foraminíferos ao longo do estuário do Pontengi usando o nível de similaridade de 67% (Fig. 37):

- Assembléia A – *Arenoparrella mexicana* apresenta-se com frequências superiores a 50% seguido por *Ammobaculites dilatatus*. As outras espécies agrupadas nesta assembléia foram: *S. lobata*, *A. exiguus*, *A. salsum*, *T. inflata*, *T. earlandi*, *T. macrescens* e *U. peregrina*.
- Assembléia B – *Ammonia beccarii* f. *tepida* foi a espécie dominante nesta assembléia apresentando frequências superiores a 50% seguido por *Elphidium excavatum*. As outras espécies que foram agrupadas foram: *B. translucens*, *Q. seminula*, *A. cassis*, *B. doniezi*, *B. sphaulata*, *H. germanica*, *Quinqueloculina spp.*, *Bolivina spp.*, *B. elegantissima*, *D. williamsonii*, *Q. cf. tenagus* e *Spiroculina sp.*
- Assembléia C – Esta foi a maior assembléia definida, com a dominância de *Miliolinella subrotunda* que teve frequência superior a 20%. Muitas das outras espécies agrupadas apresentaram frequências muito baixas (< 1%). Foram elas: *B. inflata*, *B. compacta*, *C. incerta*, *C. planorbis*, *L.laevius*, *L.spiralis*, *N.opima*,

O. vilardeboana, *P. atlanticum*, *Q. lamarckiana*, *Rutherfordides* sp., *F. lucida*,
F. pontoni e *Q. laevigata*.

O agrupamento em modo-Q definiu três grupos de estações usando o percentual de similaridade 87% (Fig. 37): Grupo I – estação PT 02; Grupo II – estações PT 03 e 04; e Grupo III – estações PT 05 e 06.

A correlação entre os dois modos de agrupamento demonstrou que: o Grupo I englobou toda a Assembléia C e algumas espécies da Assembléia A e B; o Grupo II foi predominantemente composto pela Assembléia B, apresentando algumas espécies das Assembléias A e C.; e o Grupo III foi representado pela Assembléia A com algumas espécies de B.

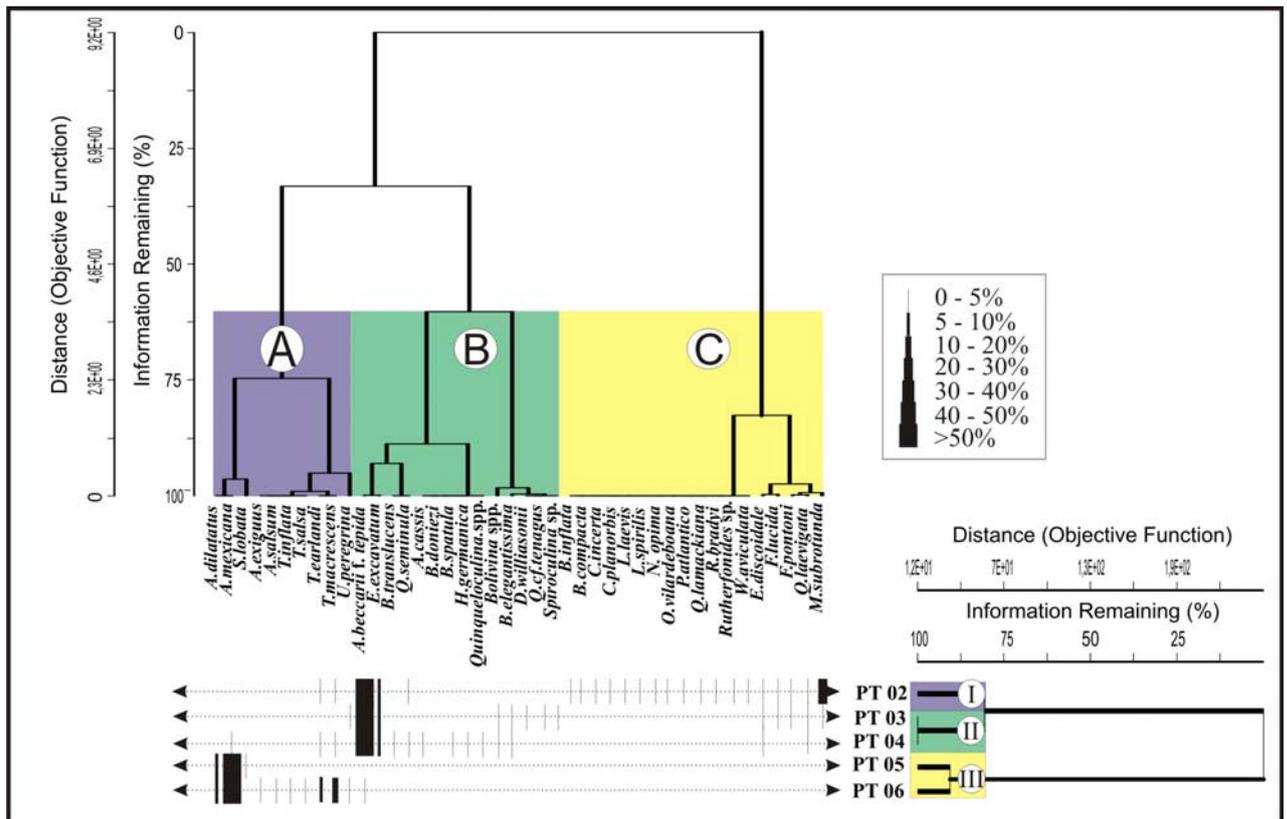


Fig. 37 – Correlação entre as análises de agrupamento em modo-R e Q ao longo do estuário do rio Potengi.

Foram realizados vários testes para a construção da matriz da análise multivariada em CCA, pois o método tem a restrição de não permitir o uso de maior número de variáveis do que amostras. Em todos os testes em CCA, as variáveis que apresentaram os maiores vetores foram: salinidade, matéria orgânica total e o carbono bacteriano. O coeficiente de determinação das correlações foi de 98,1% (Fig. 38.).

A variável ambiental que apresentou o maior vetor e a menor angulação em relação ao eixo 1 foi a matéria orgânica total (MOT), seguido pela salinidade. O carbono bacteriano apresentou um vetor grande, porém em ângulo de 45°.

As estações PT02, 03 e 04 foram condicionadas pelas maiores porcentagens de matéria orgânica total e pelos maiores valores de salinidade.

A estação PT05 se localizou em situação oposta às demais, respondendo negativamente aos dois vetores principais.

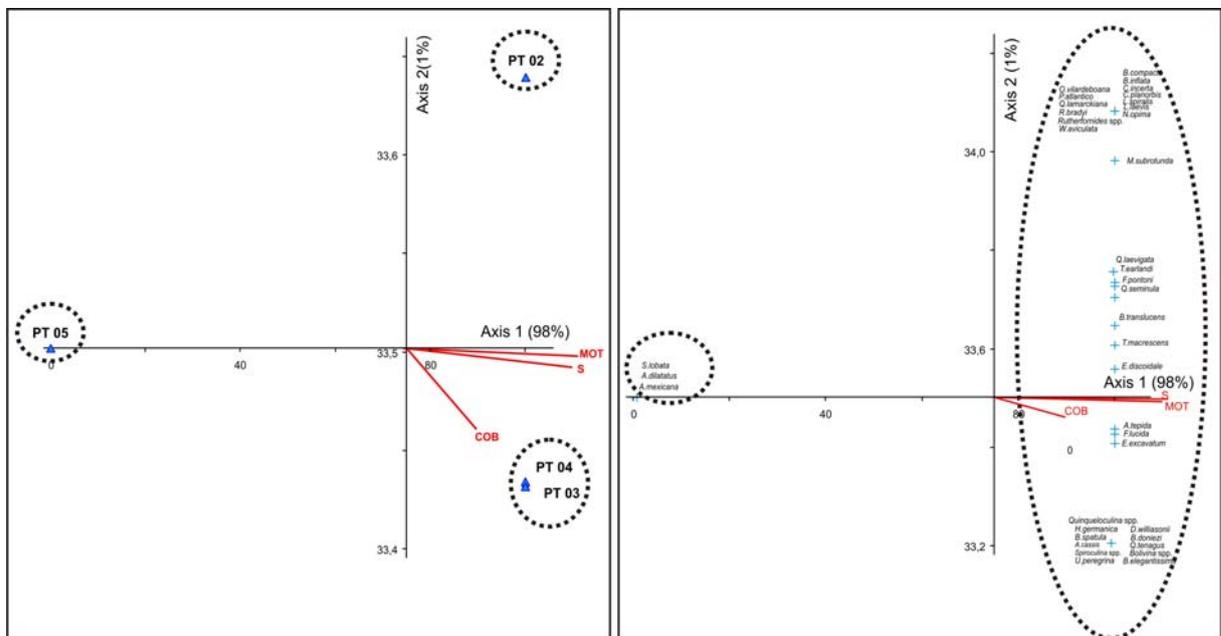


Fig. 38 – Análise multivariada em CCA das estações e espécies do estuário do rio Potengi.

As espécies de *A. mexicana*, *S. lobata* e *A. dilatatus* foram as que tiveram sua distribuição condicionada pelas menores salinidade e concentrações de matéria orgânica total.

As outras espécies todas estiveram condicionadas positivamente por estes parâmetros (Fig. 38).

A análise multivariada em DCA usando os parâmetros temperatura, oxigênio dissolvido, porcentagem de finos (silte+argila), matéria orgânica total, carbono bacteriano e pH apresentou o coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias e a ordenação de 98% para o eixo 1 e 1% para o eixo 2 (Fig. 39).

A variável ambiental que apresentou o maior eixo e a menor angulação em relação o eixo 1 foi a temperatura. As estações PT 02, 03 e 04 foram condicionadas pelos valores mais altos de temperatura e a estação PT 05 pelos valores mais baixos (Fig. 39).

Em relação às espécies identificadas no estuário do Potengi, *A. mexicana*, *A. dilatatus* e *S. lobata* apresentaram sua distribuição condicionada pelas menores temperaturas (Fig. 38).

Em relação ao eixo 2 o pH seguido pelo COB foram os parâmetros condicionadores das estações. As estações PB 03 e 04 foram as estações condicionadas pelos maiores valores de COB e pH, ao contrário da estação PB 05, que respondeu negativamente a esses parâmetros (Fig. 39).

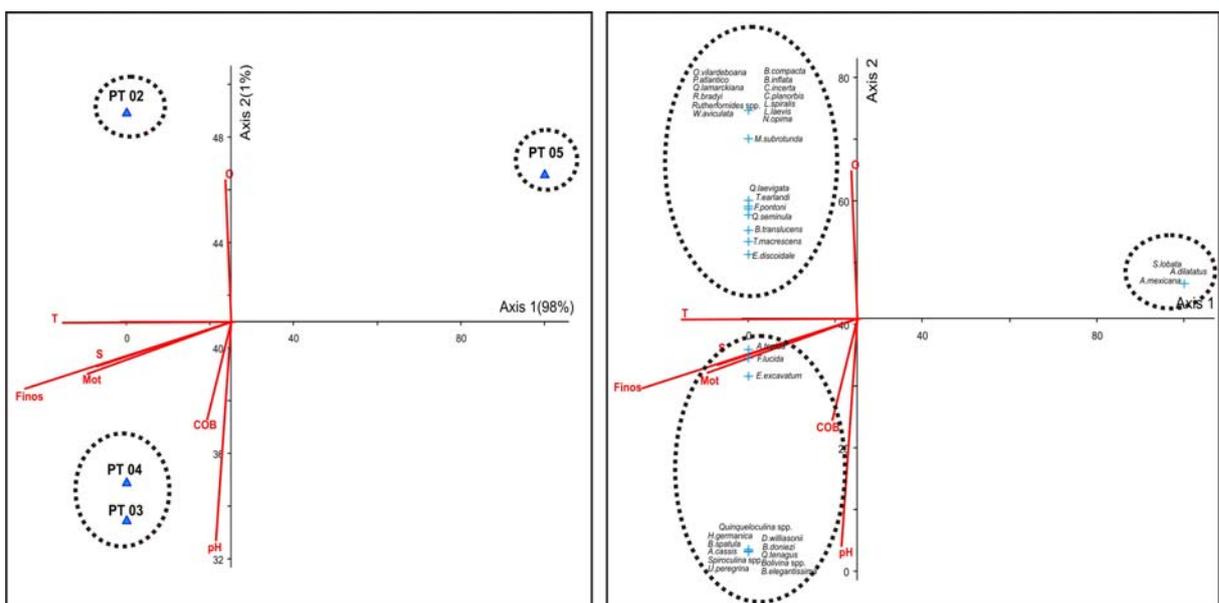


Fig. 39 – Análise multivariada em DCA das estações e das espécies de foraminíferos do estuário do Pontengi.

As espécies *Quinqueloculina* spp., *H. germanica*, *B. spatula*, *A. cassis*, *Spiroculina* spp., *U. peregrina*, *D. williamsonii*, *Q. tenagus*, *B. elegantissima* e *Bolivina* spp. foram as que tiveram sua distribuição condicionada pelos maiores valores de pH e COB. As espécies *O. vilardeboana*, *P. atlântico*, *Q. lamarkiana*, *R. brandyi*, *Rutherfordonides* spp., *W. aviculata*, *B. compacta*, *B. inflata*, *C. planorbis*, *L. spiralis*, *L. lavis* e *N. opima*, responderam negativamente aos parâmetros pH e COB (Fig. 39).

2.6 – Discussão

A pequena variação dos parâmetros físico-químicos ao longo da zona estuarina do rio Potengi demonstrou que a circulação dentro do canal principal é eficiente homogeneizando o ambiente em concordância com os resultados de Frasnão (2003) que relatou fluxo turbulento na foz do rio Potengi.

Os parâmetros salinidade (30 – 37) e temperatura (25,6 - 28,9) da água apresentaram os valores mínimos inferiores as descritos no Potengi por Frasnão (2003), 32 para salinidade e de 27° para a temperatura da água. Este quadro pode ser o resultado das condições atmosféricas do dia em que foram realizadas as coletas.

Os valores de pH (6,75-6,84) foram praticamente constantes ao longo das estações, com valores dentro dos padrões normais para o ambiente estuarino. A acidez da água é o resultado da produção de ácidos fúlvicos e húmicos pela vegetação de mangue que margeia todo o estuário.

O Eh (-0,5 e -0,78) indicou que as condições redutoras dominam o sedimento ao longo de todo o estuário, sendo maior as margens do manguezal na estação PT04.

Os valores de oxigênio (2,68-3,1mg/l) dissolvido seguiram o gradiente do estuário apresentando os valores mais altos próximos à foz e mais baixos, em direção ao estuário

superior. A estação PT 03 apresentou o valor mais baixo provavelmente em decorrência do grande aporte de material orgânico oriundo do canal do Baldo.

As estações localizadas no estuário superior (PT 05 e 06) e a estação localizada mais próxima à foz (PT 01), foram as que apresentaram o sedimento mais arenoso, que segundo Frasnão *et al.* (2003) é a fácies sedimentar dominante no sistema.

Por outro lado o estuário intermediário apresentou maior concentração de sedimentos finos e de matéria orgânica. A estação PT 03 em função da descarga do canal do Baldo foi a que apresentou as maiores porcentagens de matéria orgânica total. A estação PT 04 também apresentou uma grande concentração de sedimentos finos que possivelmente se deve a proximidade com a floresta de mangue.

Apesar da homogeneização dos parâmetros físico-químicos da água, a ausência da atividade respiratória bacteriana em aerobiose no sedimento indica processo de eutrofização ao longo de todo o estuário. A atividade dominante no sistema foram os processos fermentativos em anaerobiose e os sulfatoredutores que podem estar sendo favorecidos pela saída de esgoto do canal do Baldo e atividade portuária, somados à proximidade da floresta de mangue, onde ambos contribuem com material orgânico em decomposição. O domínio de processos anaeróbios ao longo do estuário implica em perda de nitrogênio para a atmosfera e produção de sulfetos.

Os valores de carbono bacteriano indicaram que a maior densidade populacional de bactérias está concentrada nas duas saídas de efluentes, ou seja, em PT 01 que recebe os dejetos da atividade de carcinicultura e em PT 03 que recebe esgoto sem tratamento. O processo de sulfatoredução foi dominante nas estações mais próximas ao manguezal (PT 04 e 05) e ao terminal de óleo. Processo de sulfatoredução onde as bactérias transformam sulfato em sulfetos é comum em manguezais (Baumgarthner *et al.* 2006). A estação PT 02

provavelmente sofre um desequilíbrio em função da atividade industrial favorece a atividade metabólica de bactérias sulfatoredutoras.

A ausência de testas de foraminíferos na estação PT 01 pode ser uma resposta ao impacto gerado pela atividade de cultivo de camarão.

O sedimento impactado por matéria orgânica e nutrientes favorece o crescimento de espécies oportunistas como a *A. beccarii* f. *tepida* que está presente em quatro das cinco amostradas, e de *Arenoparrella mexicana*, dominante nas estações PT 05 e 06 (Bonetti, 2000; Laut *et al.* 2006)

Na estação 02, próxima à foz do estuário, foram encontradas espécies típicas de plataforma continental, tais como: *W. aviculata*, *U. peregrina*, *Ruterfonides* ssp., *R. bradyi*, *O. vilardebona*, *L. laevis*, *L. spirialis* (Cushman, 1969). Segundo Wang e Murray (1983), a presença de espécies “exóticas” introduzidas em suspensão em estuários de mesomare é um fenômeno comum que eleva os índices de diversidade da população total (mortos + vivos) na foz dos rios. Este padrão foi observado na foz pelos índices ecológicos de riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância. O que significa que a foz do rio Potengi possui uma diversidade alta induzida por espécies que possuem frequências muito baixas, provavelmente transportadas em suspensão, e dominância alta causada pela *Ammonia beccarii* f. *tepida*. Tais características indicam estresse ou desequilíbrio ambiental na foz do Potengi. Esta mesma situação pode ser constatada nas estações mais internas do estuário PT 05 e 06, que apresentaram os índices ecológicos altos, sendo a dominância elevada em função da frequência de *A. mexicana*.

Esse estresse ambiental demonstrado pelos altos índices ecológicos também pode ser constatado na estação mais interna PT06, onde a espécie dominante foi *A. mexicana*.

Testas malformadas também pode ser o resultado de impactos ambientais e devem ser usadas com muito cuidado uma vez que em regiões muito impactadas, pode haver inibição na formação de novas testas ou novas câmaras, e por isso pode haver poucas ou nenhuma deformidades (Le Cadre & Debenay, 2005); Formas anômalas de testa em foraminíferos bentônicos podem também ocorrer mesmo sob condições normais em todos os ambientes (Alve, 1991). Contudo, taxas de deformidades normalmente são baixas em relação a ambientes poluídos (Geslin *et al.*, 2002). Taxas de deformidades altas pode ser o resultado de condições anormais no ambiente tais como baixa de oxigênio e de alimento (Langezaal *et al.*; 2004) e poluição (Le Cadre & Debenay, 2005). O maior número de testas mal formadas localizou-se nas estações localizadas na região de menor hidrodinâmica, ou seja, nas áreas onde houve as maiores porcentagens de sedimento fino e de matéria orgânica total. Coincidentemente, esta região é margeada por toda a região portuária do município de Natal o que pode estar indicando que sedimento armazena os poluentes e estes afetam metabolicamente os foraminíferos.

A análise de agrupamento em modo – R indicou três associações de foraminíferos distintas que representam três ambientes dentro do estuário do Potengi:

- Assembléia A – foi composta por espécies típicas de estuário superior exceto *U. peregrina* que provavelmente foi carregada em suspensão (Laut, 2003).
- Assembléia B – foi composta por espécies tipicamente estuarinas encontradas em outros estuários e baías abertos ao longo da costa brasileira (Bonetti, 2000; Oliveira-Silva, 2003; Laut *et al.* 2006).
- Assembléia C – foi composta por espécies típicas de plataforma continental interna (Cushman, 1969).

A análise de agrupamento em modo – Q sugeriu uma compartimentação do estuário do Potengi na qual:

- Grupo I (estação PT 02) – localizada na foz do estuário sendo composta pelas assembléias estuarinas (Assembléia B) e marinhas (Assembléia C).
- Grupo II (estações PT 03, 04) – este grupo de estações localizou-se ao longo da região portuária até a saída do canal do Baldo. Esta região foi composta por espécies de foraminíferos calcários típicos de regiões estuarinas (Assembléia B)
- Grupo III (estações PT 05 e 06) – localizou-se na região mais interna do estuário, composta por espécies de foraminíferos oligohalinas (Assembléia A). É importante ressaltar que nas espécies que formaram o Grupo III não foram identificadas nenhuma espécie de tecamebas que marcam a transição para o ambiente fluvial. Desta forma, o Grupo III demarca o início do ambiente de estuário superior, podendo este se alongar por quilômetros rio acima até que o ambiente seja predominantemente fluvial.

A análise multivariada em CCA apontou como a variável ambiental mais influente na distribuição dos organismos a matéria orgânica total seguida pela salinidade.

Para muitos autores (Closs, 1962 e 1964; Boltovskoy e Wright, 1976; Barbosa, 1991) estas variáveis são as que mais influenciam a distribuição das espécies de foraminíferos. A análise foi satisfatória, pois individualizou os três compartimentos do estuário.

Espécies destacadas como opostas a todas as outras em relação aos parâmetros analisados foram *A. mexicana*, *S. lobata* e *A. dilatatus*. Estas são comuns em regiões estuarinas e de manguezais, suportando condições que são limítrofes para a população de foraminíferos (Laut, 2003).

Já a análise multivariada em DCA apontou a temperatura no eixo 1 e o oxigênio para o eixo 2. A distribuição gráfica das estações e das espécies foi muito similar ao CCA. Contudo, a presença de mais variáveis mascarou a importância da matéria orgânica total e salinidade

para as espécies. A temperatura da água num estuário é muito variável, sendo assim, este parâmetro ambiental não deve possuir grande influência na distribuição das assembléias. O gradiente de salinidade e o estoque de alimento parecem ser mais determinantes para a população de foraminíferos. O carbono orgânico total, junto com o oxigênio dissolvido aparecem como variáveis influentes no eixo 2, contudo este apresentou um percentual de informação muito baixo para ser levado em consideração. Possivelmente, o grau de importância destas variáveis seria maior caso a temperatura fosse eliminasse da análise.

As análises permitiram uma compartimentação do estuário do Pontegi onde pode se observar um gradiente de confinamento e/ou estresse ambiental como também classificar-lo como parcialmente misturado (Fig. 40):

1 - Estuário superior: marcado pela dominância de *A. mexicana* associadas a outras espécies de manguezal, onde os índices de diversidade, equitabilidade e dominância foram altos, o sedimento foi arenoso com baixas porcentagens de matéria orgânica total, baixa biomassa bacteriana predominantemente de metabolismo fermentativo em anaerobiose e sulfato-redutora.

2 - Estuário intermediário: marcado pela dominância de *A. beccarii* f. *tepida* associada a *E. excavatum*, índices ecológicos baixos, sedimento lamoso rico em matéria orgânica, alta biomassa bacteriana predominantemente anóxidas fermentativas.

3 - Estuário inferior: marcado pela dominância de *A. beccarii* f. *tepida* associadas a espécies marinhas provavelmente transportadas da plataforma, alta atividade bacteriana de metabolismo bacteriano fermentativo em anaerobiose na margem esquerda, que recebe efluentes das fazendas de camarão e alto teor de lama na margem direita na região portuária, onde foram encontradas muitas testas mal formadas.

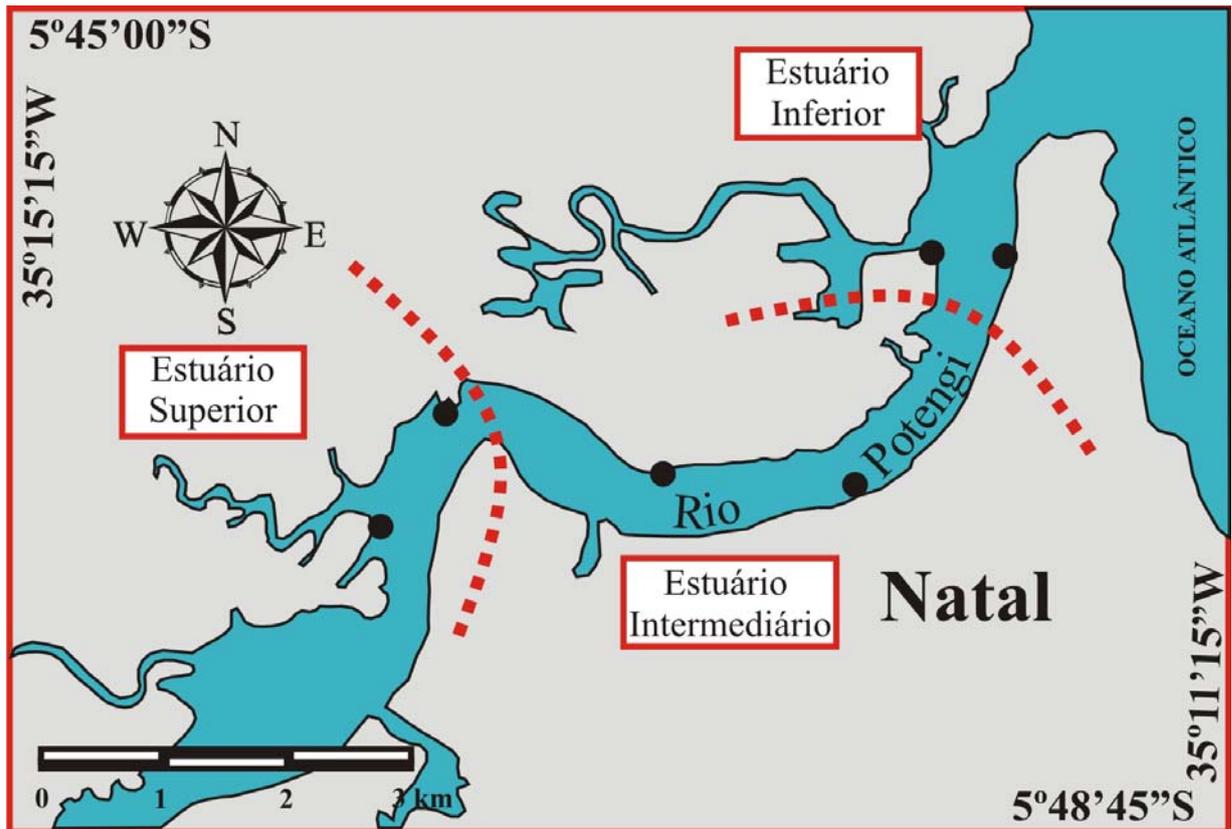


Fig. 40 - Compartimentação do estuário do rio Potengi com base nas análises das assembléias de foraminíferos associados a parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e microbiológicos.

3 – ENSEADA DE MATARIPE

3.1 - Localização

A enseada de Mataripe está localizada a nordeste da baía de Todos os Santos, entre as coordenadas de 12°41'' e 12°45''S e 38°37'25'' e 38°30'30''W no município de São Francisco do Conde – BA (Fig. 41).

Esta região dentro da baía de Todos os Santos é limitada à oeste pela ilha Madre de Deus e a leste pela Ponta do Pasé, e concentra três pequenas drenagens: rio Caípe (4 km), rio Mataripe (4 km) e rio São Francisco (5 km). Destas, a que apresenta características mais típicas de ambiente estuarino é o rio São Francisco.

3.2 – Caracterização da Área de Estudo

A Baía de Todos os Santos como um todo está localizada em um *graben* encaixado em rochas pré-cambrianas, preenchido por rochas sedimentares jurássicas e cretáceas da Bacia do Recôncavo (Medeiros & Pontes 1981).

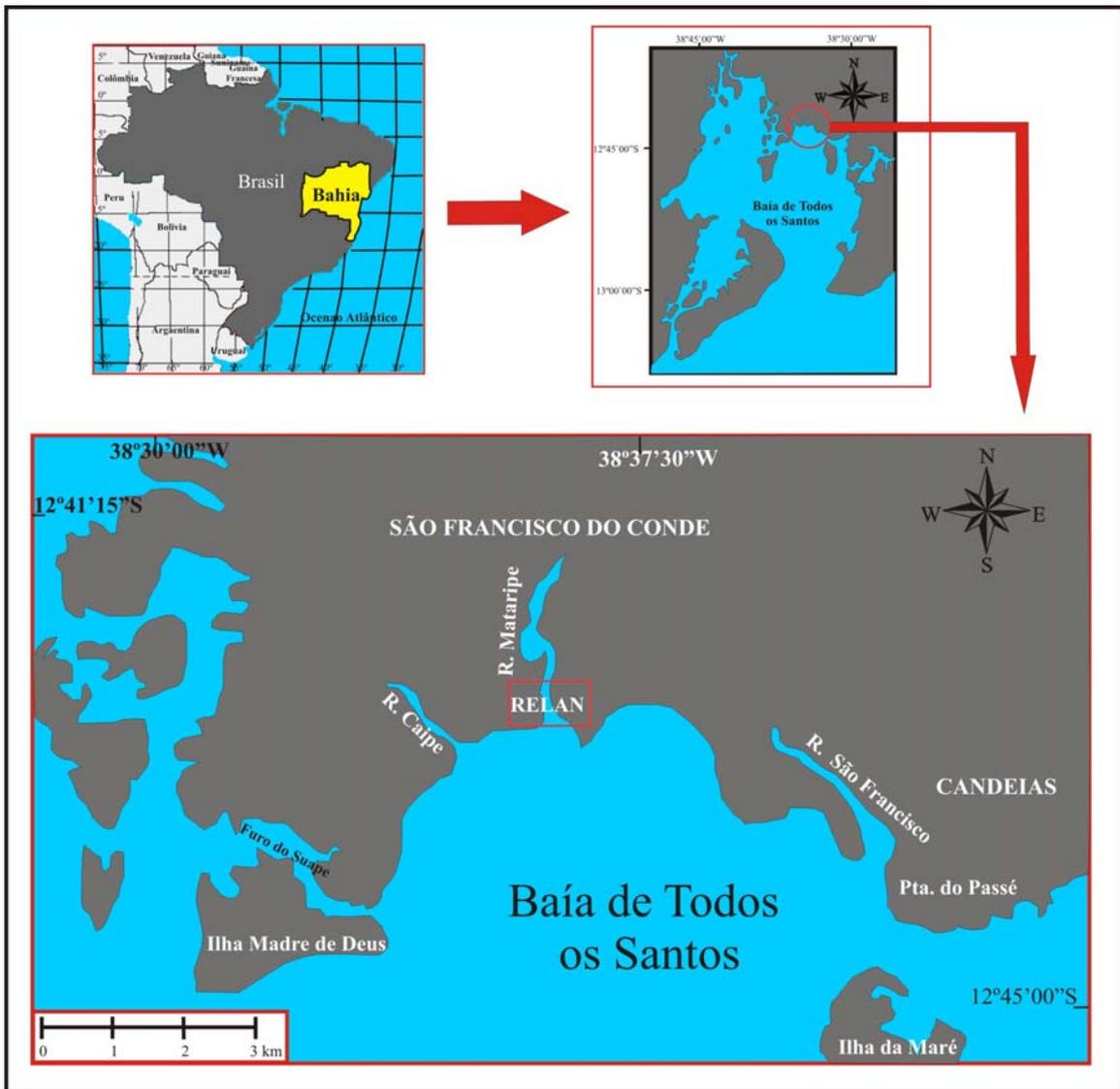


Fig. 41 – Mapa de localização da Enseada de Mataripe – BA.

A geomorfologia da baía, com muitas ilhas e bordas recortadas, sugere uma história geológica recente, em conexão com uma rápida invasão do mar. Suas águas possuem

profundidades que não excedem a 50 m, e desta maneira, toda a área foi exposta durante a última idade glacial, quando o nível do mar estava 120 m abaixo do nível atual (Guilcher, 1969 *apud* Bittencourt *et al.*, 1976).

A origem da baía está relacionada a reativações neotectônicas de antigas linhas de fratura do Cretáceo durante o Quaternário, que promoveram o afundamento de vários blocos com direção geral NE-SW. Tais reativações parecem se estender até o Recente e a ocorrência de abalos sísmicos em escala histórica corrobora o acentuado grau de atividade tectônica que a região vem sendo submetida (Lessa *et al.* 2000).

A textura dos sedimentos superficiais de fundo da baía de Todos os Santos varia de argila a areia muito grossa. Areias médias a muito grossas são encontradas nas duas entradas da Baía, na foz do Rio Paraguaçu (na Baía de Iguape), ao longo da margem oeste do Canal de Itaparica e junto à Ilha de Maré, bem como em zonas esparsas na parte central. Areias finas a muito finas ocorrem principalmente ao longo do Canal de Itaparica, como um cinturão contínuo através da parte central e, continuamente, ao longo da margem oeste, adentrando pelo Canal do Paraguaçu. Os sedimentos lamosos caracterizam a maior parte da metade norte da baía e são também bem evidentes dentro do Canal do Paraguaçu, na Baía de Aratu e na parte voltada para o mar da Baía de Iguape (Lessa *et al.* 2000).

O clima na região da baía de Todos os Santos, segundo a classificação de Köppen (Andrea, 1962) é do tipo Af, quente e úmido, com pluviosidade média anual de 1500 mm, e precipitações maiores entre os meses de abril e agosto. A temperatura média do ar é de 25,3°C (Lessa *et al.* 2000).

Segundo DHN (1970), no interior da baía os ventos são geralmente de nordeste no verão e sudeste no inverno. Agosto é o mês dos temporais do sul, soprando algumas vezes dois ou três dias seguidamente com velocidades que oscilam entre 3 e 5 m/s.

Segundo Penteado (1964), a amplitude máxima das marés é de 3,60 m. Durante a maior parte do ano, a Corrente do Brasil flui paralelamente à costa, no sentido sudoeste, penetrando na baía nos meses de junho e julho com uma velocidade média superficial de 0,6 nós (DHN, 1974). Medidas de correntes efetuadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação nos portos de Madre de Deus e de Salvador indicam, em ambos os casos, velocidades médias de 1,5 nós (DHN, 1963 e 1970). A presença de correntes defronte a Caixa-Pregos, puxando geralmente para a entrada do Canal de Itaparica (Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1970) é atestada pela existência, em Caixa-Pregos, de um esporão (*cusate spit*) voltado para norte.

Segundo Wolgemuth *et al.* (1981), a região é dominada por condições francamente marinhas (salinidades entre 36,7 e 33), encontrando-se condições estuarinas apenas ao longo do rio Paraguaçu, onde se estabelece um forte gradiente de salinidade. Foi observada também a ocorrência de água fluvial a cerca de 3 km ao norte da baía de Iguape.

A vegetação dominante nas margens da baía de Todos os Santos são bosques de mangue do tipo franja (Freitas *et al.* 2002) que apresentam como espécie pioneira *Spartina* e dominância de *Laguncularia*. *Rhizophora mangle* é encontrada somente nas margens, formando uma pequena franja (Schaeffer-Novelli *et al.* 1990).

Especificamente os manguezais da região da enseada de Mataripe possuem menor biomassa em relação às outras áreas da baía. Guedes (1996) *apud* Orge *et al.* (2000), atribuiu essa menor biomassa à presença de muitas árvores jovens com 2,5 m de altura (Fig. 42).

3.3 – Agentes Impactantes

A industrialização da região em torno da baía de Todos os Santos nos anos 50 se consolidou com a implantação da Refinaria Landulpho Alves – RLAM, do Centro Industrial de Aratu, do Complexo Petroquímico de Camaçari – COPEC, com o pólo automotivo da FORD S.A. e com a química fina e a metalurgia de cobre (Santos, 2005).



Fig. 42 – Manguezal da enseada de Mataripe – BA. Franja com espécimes jovens de *Rhizophora mangle* nas margens do rio São Francisco (Foto: Laut, abril de 2004).

Cerca de 80% dos esgotos urbanos também são lançados diretamente na baía sem qualquer tratamento, assim como resíduos sólidos e industriais (Da Silva, 1996).

A posição geográfica da refinaria (RLAM) localizada na região de domínio de mangue não levou em conta as peculiaridades do meio ambiente local. Desta forma, a refinaria constitui-se como uma fonte potencial de poluição, principalmente pelo vazamento constante de óleo (observações de campo).

O manguezal da região do Mataripe sofreu com inúmeros acidentes envolvendo derrames de óleo na segunda metade do século XX. Depois de mais de cinquenta anos de convívio com derrames de óleo e derivados, a região norte da baía de Todos os Santos é apontada por vários autores como uma área contaminada por hidrocarbonetos, metais pesados e matéria orgânica (Tavares, 1996; Machado, 1996; Martins, 2001; Silva, 2002).

Venturini (2003) aponta que os sedimentos da enseada de Mataripe possuem tanto hidrocarbonetos derivados de restos vegetais, que são trazidos pelos três canais de drenagem, com também por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Estas concentrações reduzem a quantidade de oxigênio na água e no sedimento e conseqüentemente têm um efeito negativo sobre a fauna e a flora marinha.

Santiago *et al.* (2005) analisando os metais Pb e Cd, demonstraram que estes são os que apresentam maior fator de contaminação no fundo da baía, com valores mais altos na desembocadura dos rios Mataripe e Subaé, que ficam a oeste da enseada. Segundo os autores, os valores estão associados a maior concentração de matéria orgânica.

Para Garcia *et al.* (2005a) os metais com valores mais significantes quanto a toxicidade na enseada foram o Ni e o V. Embora presentes, outros elementos não apresentaram concentrações acima dos estipulados pelo *Probable Effects Level* (PEL), sendo assim, os autores acreditaram que não ofereciam risco a biota. Contudo, concentrações de K, Mn e Ni em folhas de *Avicennia* foram identificadas nas adjacências da Refinaria tendo uma forte correlação com as encontradas no sedimento (Garcia *et al.* 2005b).

3.4 – AMOSTRAGEM NA ENSEADA DE MATARIPE

As coletas foram realizadas em abril de 2004, com o auxílio de uma embarcação de pequeno calado e usando como amostrador de fundo uma draga *Ekman* (Fig.43). A presença de bancos lamosos e de bóias para contenção de óleo impediu a aproximação da costa nas adjacências da refinaria RLAM. Foram coletadas quatro amostras na desembocadura dos canais de maré (MT 01, 02, 03) e duas localizadas no rio São Paulo (MT 05 e 06).

Foram coletadas amostras destinadas as análises de foraminíferos, tecamebas, atividade respiratória bacteriana, carbono bacteriano, granulometria e matéria orgânica total.

Ainda em campo foram medidos os parâmetros físico-químicos temperatura, salinidade, pH, Eh e oxigênio dissolvido.

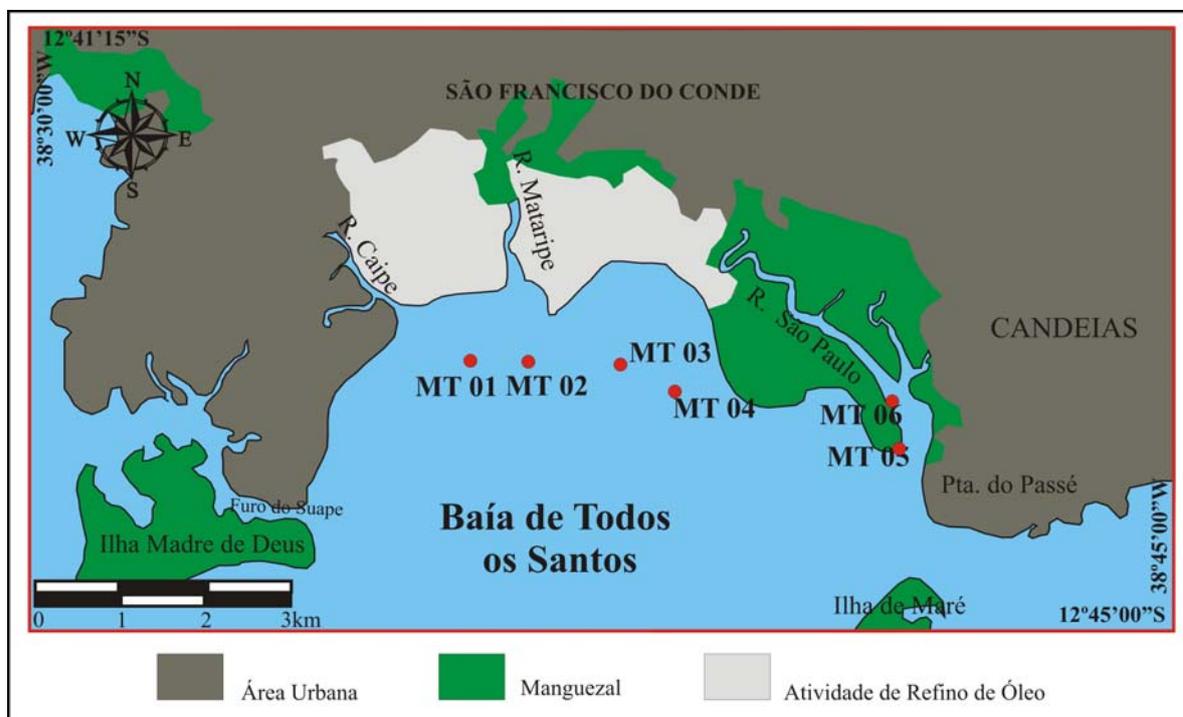


Fig. 43 – Estações amostrais ao longo da enseada de Mataripe – BA.

3.5 – RESULTADOS

3.5.1. – Abióticos

A temperatura na enseada de Mataripe foi um parâmetro que não teve grandes oscilações (Tab. 9), na estação MT 02 apresentou o menor valor (27,5°C) e a estação MT 03 o maior valor (30,7°C).

Os menores valores de salinidade (31) foram registrados dentro no estuário do rio São Paulo (MT 05 e 06), enquanto que as outras estações dentro da enseada apresentaram salinidade praticamente sem variação (entre 34-35) (Tab. 9).

O pH das amostras foi praticamente neutro, variando de 6,83 a 7,0 (Tab. 9). As estações com pH ligeiramente mais ácido foram as MT 05 e 06.

Os maiores valores de Eh (Tab. 9) foram registrados dentro do estuário do rio São Paulo (MT 05 e 06) e o menor valor foi em frente ao manguezal do Mataripe (MT 03).

O oxigênio dissolvido foi o parâmetro que teve variações mais significativas (entre 0,11-5,39 mg/l). A estação que teve a menor quantidade de oxigênio foi a MT 04 na Ponta do Coqueiro e o maior valor foi medido na MT 03, em frente ao manguezal do Mataripe (Tab. 9).

Tab. 9 – Parâmetros físico-químicos das águas de fundo amostradas na enseada de Mataripe.

Estações	T (°C)	Salinidade	pH	Eh	O ₂ (mg/l)
MT 01	28	35	6,97	-0.55	3,24
MT 02	27,5	35	6,89	-0.49	3,38
MT 03	30,7	34	7,0	-0.7	5,39
MT 04	27,7	35	6,87	-0.46	0,11
MT 05	28,4	31	6,83	-0.4	3,59
MT 06	28,4	31	6,83	-0.4	3,59

Em todas as estações, o sedimento foi classificado como pobremente selecionado, encontrando-se as maiores porcentagens de areia nas estações dentro do rio São Paulo (MT 05 e 06). A estação que apresentou maior participação de argilas foi à estação MT 04 (Fig. 44). A classe textural variou de lama muito argilosa (MT 04) a areia lamosa (MT 05 e 06). Já o teor de matéria orgânica não variou muito ao longo das estações (1,1 – 1,7%).

3.5.2 – Bióticos

Em relação à atividade respiratória bacteriana foram identificados em todas as estações processos de fermentação, desnitrificação e sulfato-redução. Atividades respiratórias em aerobiose só foram identificadas nas estações MT 01 e 02 (Tab. 10).

O carbono bacteriano foi mais alto na estação MT 03 (0,020729 $\mu\text{g C.g}^{-1}$) e mais baixo na foz do rio São Paulo MT 05 (0,00919 $\mu\text{g C.g}^{-1}$).

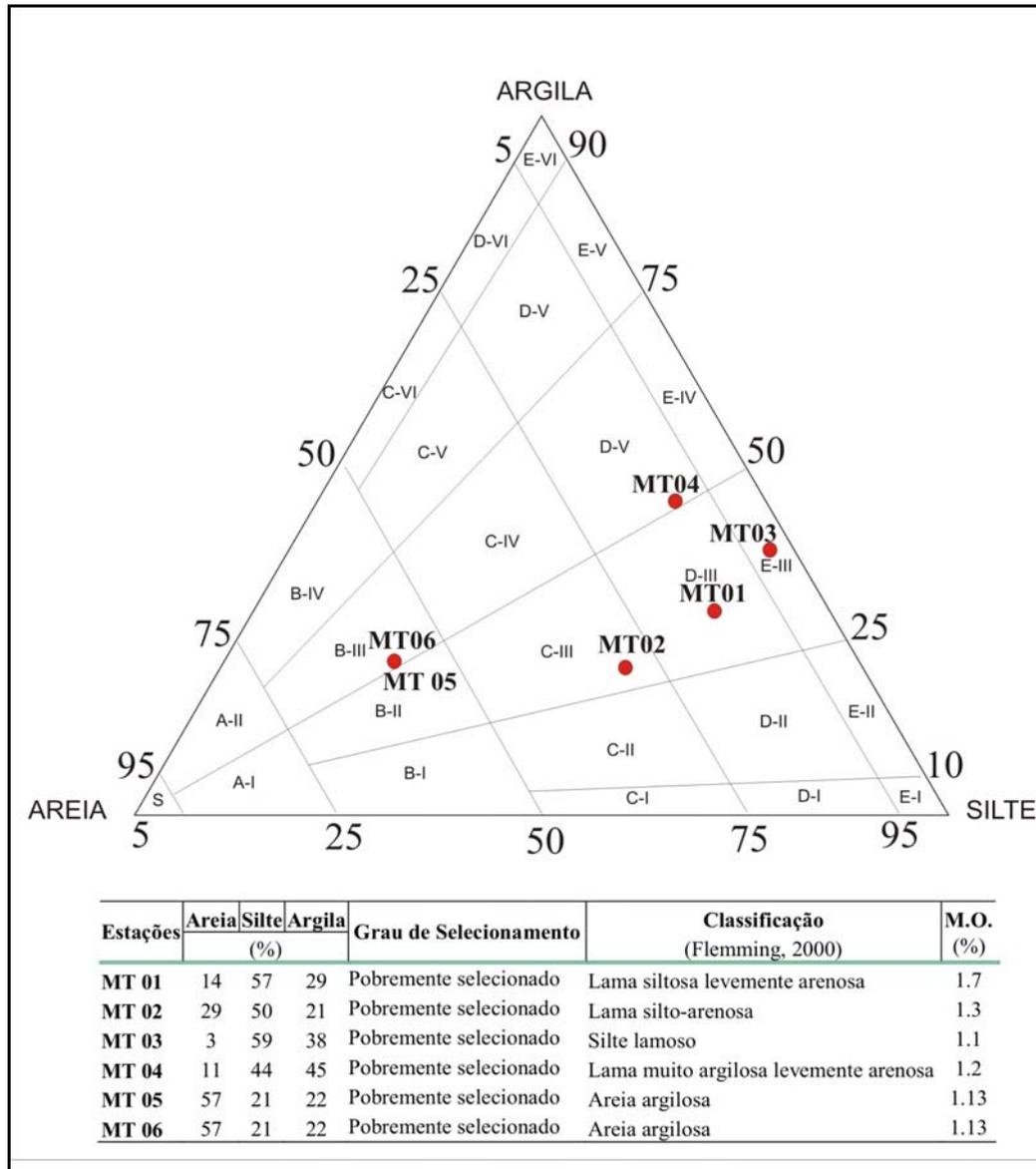


Fig. 44 - Resultado das análises granulométricas com a classificação de Flemming (2000) e matéria orgânica na enseada de Mataripe.

Uma grande população de foraminíferos foi identificada na enseada (aproximadamente 12.321 testas) taxonomicamente distribuída em 19 gêneros e 37 espécies (Tab. 11). A estação MT 03 foi a que apresentou o menor número de testas (1.559 testas) e a estação MT 02 foi a que apresentou o maior número de foraminíferos (2.400 testas). O total de testas coradas representou cerca de 23% das identificadas. A estação MT 04 foi a que

apresentou o maior número de testas malformadas (81 testas). Não foram identificadas espécies de tecamebas na enseada de Mataripe.

Tab. 10 – Resultado da Atividade respiratória bacteriana e do carbono bacteriano na enseada de Mataripe (P - presença de crescimento; N - ausência de crescimento; V - crescimento variável).

Estações	Aerobiose	Fermentação	Desnitrificação	Sulfato-redução	Carbono Bacteriano ($\mu\text{g C.g}^{-1}$)
MT 01	P	P	P	P	0,01853
MT 02	P	P	P	P	0,017743
MT 03	N	P	P	P	0,020729
MT 04	N	P	P	P	0,015313
MT 05	N	P	P	P	0,00919
MT 06	N	P	P	P	-

Nas estações MT 01, 02, 03 e 04 a dominância foi de foraminíferos calcários, principalmente *Ammonia beccarii* f. *tepida* e *Elphidium excavatum*. Já nas estações MT 05 e 06, dentro na foz do rio São Paulo, as espécies aglutinantes de *Ammobaculites dilatatus* e *Arenoparrella mexicana* foram dominantes.

Em todas as estações, exceto a MT 05, foram identificadas testas malformadas (Tab. 11). *Elphidium* e *A. beccarii* foram os taxa que apresentaram o maior número de indivíduos com testas malformadas, seguidos por *A. mexicana* e *G. exilis* (Tab. 11).

O índice de diversidade de Shannon (H') foi maior na estação MT 04 (2,0) e menor na estação MT 06 (0,4) dentro do rio São Paulo. A equitatividade (J') foi um parâmetro ecológico com pouca variação dentro da enseada, o valor mais baixo foi registrado na estação MT 06. A dominância foi igual para todas as estações dentro da enseada e menor apenas em MT 06.

A análise de agrupamento em modo-R definiu quatro assembléias de foraminíferos ao longo da enseada de Mataripe usando um índice de similaridade de 75% (Fig. 45):

- Assembléia A – Composta somente por foraminíferos aglutinantes, onde *Ammobaculites dilatatus* apresenta a maior frequência seguido por *Arenoparrella mexicana* e *Ammotium salsum*. As outras espécies agrupadas nesta assembléia foram: *T. inflata*, *R. nana*, *T. paranaguaensis*, *A. exiguus*, *Ammobaculites* spp., *S. lobata*, *T. earlandi*, *T. irregularis* e *T. salsa*.

Tab. 11 – Frequência relativa (%) das espécies de foraminíferos na enseada de Mataripe.

Espécies/Estações	MT 01	MT 02	MT 03	MT 04	MT 05	MT 06
Número de espécimes	2100	2400	1559	1962	2000	2300
Número de espécies	15	19	9	17	14	7
Diversidade de Shannon (H')	1,5	1,7	1,3	2	1,7	0,9
Equitatividade (J')	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4
Dominância	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4
Número de corados	735	840	140	215	360	690
Testas mal formadas	15	18	21	81	0	15
<i>Ammobaculites dilatatus</i>	2,4	12,8	10,8	-	44,6	76,8
<i>Ammobaculites exiguus</i>	-	2,4	1,4	-	4,1	0,3
<i>Ammobaculites</i> spp.	-	-	-	-	28	-
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>parkisoniana</i>	1,4	3,12	-	-	-	-
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>tepida</i>	52	46,8	49,3	45,7	-	-
<i>Ammotium salsum</i>	0,3	-	-	-	4,8	6,7
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	0,3	-	-	3	10,1
<i>Bolivina cf doniezi</i>	-	-	-	1,2	-	-
<i>Bolivina inflata</i>	-	-	-	3,5	-	-
<i>Bolivina striatula</i>	4,5	2,1	-	7,8	-	-
<i>Bolivina</i> sp. A	0,3	-	-	-	-	-
<i>Bolivina</i> sp. B	0,3	-	-	-	-	-
<i>Buliminella elegantissima</i>	1,7	0,3	-	1,2	-	-
<i>Cibicides</i> spp.	-	-	-	0,4	-	-
<i>Discorbis</i> spp.	0,7	-	-	-	-	-
<i>Elphidium advenum</i>	-	-	-	0,8	-	-
<i>Elphidium bartletti</i>	-	-	-	1,2	-	-
<i>Elphidium discoideale</i>	0,3	1,4	0,7	0,4	-	-
<i>Elphidium excavatum</i>	23,5	8,7	5,1	12,4	-	-
<i>Elphidium cf. fimbriatulum</i>	-	1,0	-	1,9	-	-
<i>Elphidium galvestonensis</i>	0,7	-	-	-	-	-
<i>Elphidium gunteri</i>	-	2,4	2,0	0,8-	-	-
<i>Elphidium translucens</i>	-	0,3	-	-	-	-
<i>Elphidium cf poeyanum</i>	-	0,6	-	5,8-	-	-
<i>Elphidium</i> spp.	-	0,3	-	-	-	-
<i>Elphidium</i> sp. A	-	0,3	-	-	-	-
<i>Fursenkoina pontoni</i>	-	-	0,3	0,4	-	-
<i>Gaudryina exilis</i>	8,3	14,58	29,6	0,4	0,4	-
<i>Nonionella auris</i>	0,4	-	-	-	-	-
<i>Nonionella opima</i>	0,4	-	-	1,5	-	-
<i>Pseudonion atlanticum</i>	1,9	-	-	7	0,4	-
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	0,3	-	-	-	-	-
<i>Reophax nana</i>	-	-	0,7	-	5,2	2
<i>Reophax</i> sp. A	-	0,34	-	-	-	-
<i>Siphotrocammina lobata</i>	-	-	-	-	0,7	-
<i>Textularia earlandi</i>	-	-	-	-	0,7	-
<i>Textularia paranaguaensis</i>	-	-	-	1,9	1,1	3,7
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	-	0,4	0,3
<i>Trochamminita irregularis</i>	-	-	-	-	1,5	-
<i>Trochamminita salsa</i>	-	-	-	-	5,2	-

- Assembléia B – *Ammonia beccarii* f. *tepida* foi a espécie dominante nesta assembléia apresentando freqüências superiores a 40%, seguido por *Elphidium excavatum*, *Gaudrina exilis* e *Elphidium discoidale*. As outras espécies que foram agrupadas foram: *A. beccarii* f. *parkinsoniana*, *E. translucens*, *E. poeyanum*, *Elphidium* spp., *Elphidium* sp. A e *Reophax* sp. A.
- Assembléia C – Esta assembléia foi definida somente com espécies que apresentaram freqüências entre 0-5%, todas identificadas na estação MT 01. Foram elas: *Bolivina* sp. A, *Bolivina* sp. B., *Discorbis* sp., *E. galvestonensis*, *N. auris* e *Q. seminulum*.
- Assembléia D – Nesta assembléia as espécies que apresentaram maiores freqüências foram *Elphidium gunteri* e *Buliminella elegantissima* (ambas entre 5 e 10%). As outras espécies apresentaram freqüências entre 0-5%.

O agrupamento em modo-Q definiu três grupos de estações usando um índice de similaridade de 80% (Fig. 45): Grupo I – estações MT 01, 02 e 03; Grupo II – estação MT 04; e Grupo III – estações MT 05 e 06.

A correlação entre os dois modos de agrupamento demonstrou que: o Grupo I englobou toda a Assembléia B e C e algumas espécies da Assembléia D; O Grupo II foi composto pela Assembléia D, apresentando somente uma espécie da Assembléia B (*G. exilis*); e o Grupo III foi representado somente pela Assembléia A.

Para a realização da análise em CCA das amostras da enseada de Mataripe foram feitos testes assim como no estuário do Potengi, em função das limitações do método. Foram usadas as variáveis que apresentaram os maiores vetores nos testes em CCA: carbono bacteriano (COB), oxigênio dissolvido (O), porcentagem de finos (silte+argila) e salinidade. O coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias e a ordenação apresentado por esta análise foi de 97,9% para o eixo 1 e de 10% para o eixo 2 (Fig.46).

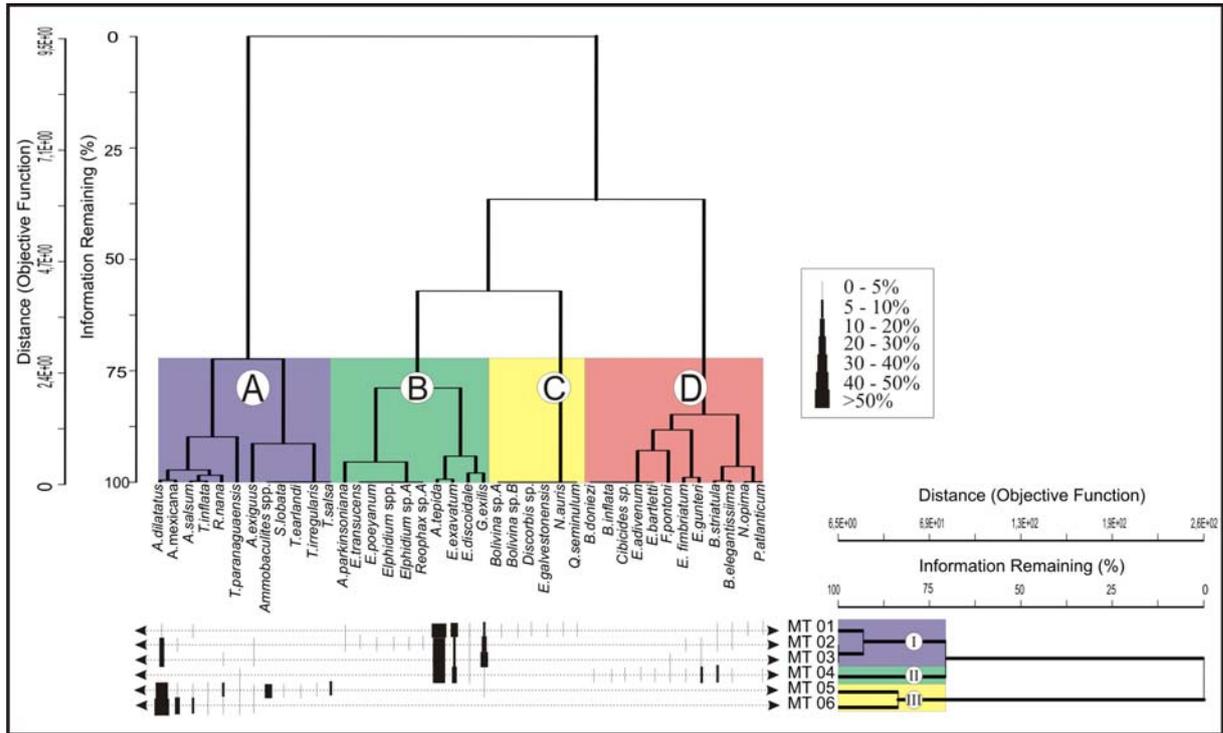


Fig. 45 – Correlação entre as análises de agrupamento em modo-R e Q ao longo da enseada de Mataripe.

Os maiores vetores com menor angulação em relação ao eixo 1 foram salinidade seguida pela porcentagem de finos. A estação MT 05 foi a única que respondeu negativamente a esses parâmetros (Fig.46).

Em relação as espécies de foraminíferos *A. exiguus*, *A. dilatatus*, *R. nana*, *A. mexicana*, *T. inflata*, *A. salsum*, *T. salsa*, *T. irregularis*, *T. earlandi*, *S. lobata* e *Ammobaculites spp.*, responderam negativamente à salinidade e a porcentagem de finos (Fig. 45). A espécie *T. paranaguaensis* teve uma posição praticamente neutra em relação ao eixo 1 e todas as outras espécies responderam positivamente aos parâmetros salinidade e teor de finos (Fig. 46).

A análise multivariada em DCA das espécies, usando as variáveis ambientais salinidade (S), finos (silte+argila), carbono bacteriano (COB), pH, e oxigênio dissolvido (O),

apresentou o coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias e a ordenação no espaço n -dimensional original de 98% para o eixo 1 e de 3% para o eixo 2 (Fig. 47).

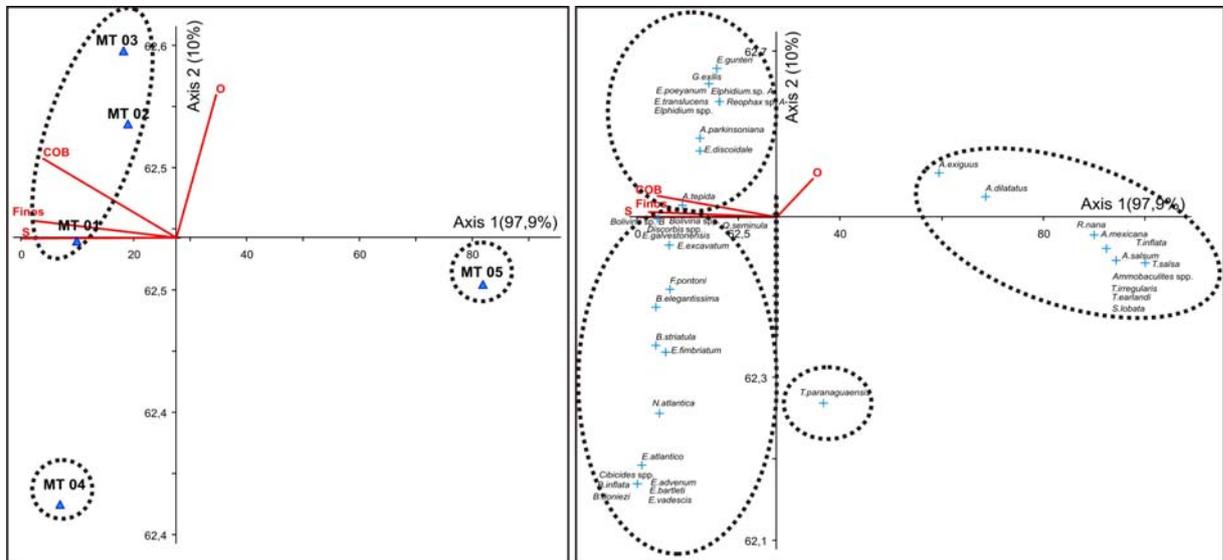


Fig. 46 – Análise multivariada em CCA das estações e das espécies da enseada de Mataripe.

A variável salinidade seguida pela porcentagem de finos apresentaram os maiores vetores com menor angulação em relação ao eixo 1. As estações MT 01, 02, 03 e 04 responderam positivamente a essas variáveis, enquanto a MT 05 respondeu negativamente (Fig. 47).

As espécies *A. exiguus*, *A. dilatatus*, *R. nana*, *A. mexicana*, *T. inflata*, *A. salsum*, *T. salsa*, *T. irregularis*, *T. earlandi*, *S. lobata* e *Ammobaculites spp.* foram as que tiveram sua distribuição condicionada negativamente pelas variáveis salinidade e finos. As espécies *B. inflata*, *E. vadensis*, *Cibicides spp.*, *E. atlanticum*, *N. atlântica*, *B. striatula*, *F. pontoni* responderam mais positivamente a esses parâmetros.

Em relação ao eixo 2, a variável temperatura aparece com menor angulação, contudo a variável oxigênio dissolvido apresentou o maior vetor. As estações MT 01, 02 e 03

apresentaram sua distribuição influenciada positivamente por essas variáveis enquanto as estações MT 04 e 05 responderam negativamente (Fig. 47).

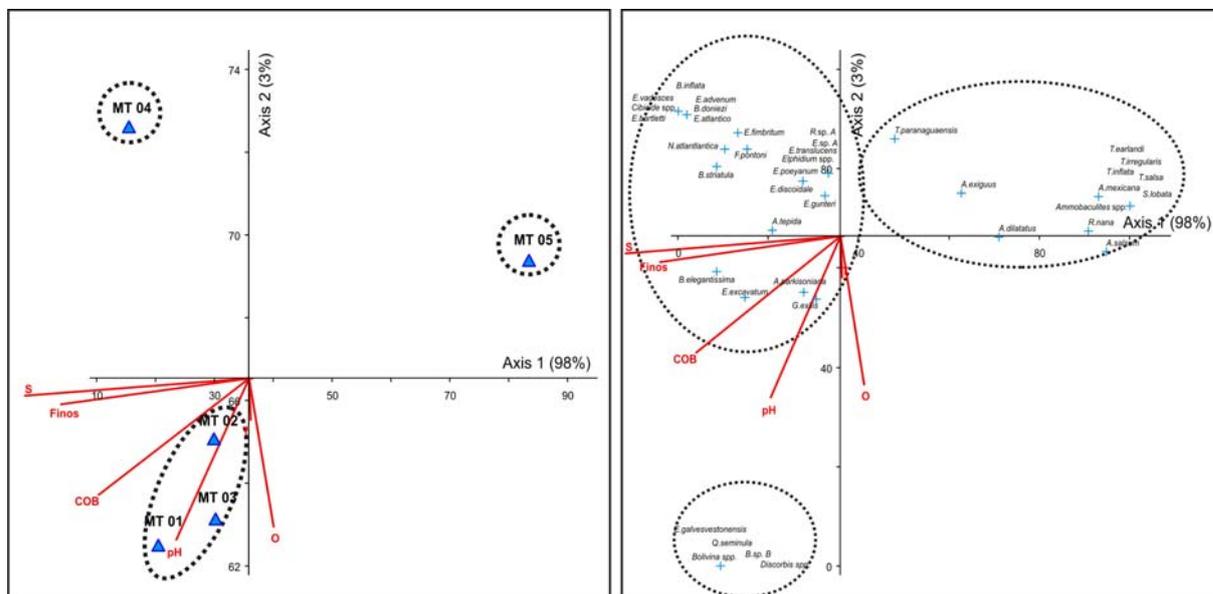


Fig. 47 – Análise multivariada em DCA das estações e das espécies da enseada de Mataripe.

As espécies *B. galvestonensis*, *Q. seminula*, *Bolivina* spp., *Bolivina* sp. A, *Bolivina* sp. B e *Discobis* spp. tiveram sua distribuição relacionada às maiores temperaturas e aos maiores valores de oxigênio dissolvido, enquanto que as espécies *B. inflata*, *E. vadensis*, *Cibicides* spp., *E. atlanticum*, *N. atlantica*, *B. striatula*, *F. pontoni* e *T. paranaguaensis* tiveram sua distribuição relacionada aos menores valores de temperatura e oxigênio dissolvido (Fig.46).

3.6 – Discussão

A salinidade medida nas estações na enseada de Mataripe foi muito próxima ou igual à marinha, destacando-se as estações localizadas dentro do rio São Francisco e a MT 01 que apresentaram uma pequena redução em função do fluxo de água doce. Mesmo assim, esta pequena redução da salinidade não foi o suficiente para possibilitar a ocorrência de espécies de tecamebas que são tipicamente de água doce.

Os resultados obtidos de pH, oxigênio dissolvido e Eh apontam a enseada de Mataripe como um ambiente eutrofizado. As porcentagens de matéria orgânica não foram muito elevadas, mas as concentrações de oxigênio foram inferiores ao já encontrado na região (Figuêredo, 2000), que somados ao Eh negativo caracterizam um ambiente redutor (Santos, 2005).

Os resultados da granulometria apontam que a região tem uma grande concentração de lamas que possivelmente é resultado da ação da vegetação de mangue que retém sedimento fino, porém o sedimento é pobremente selecionado o que indica que a região possui uma alta hidrodinâmica, sobretudo nas estações localizadas no rio São Francisco onde o sedimento encontrado foi areia argilosa.

Os resultados da atividade respiratória bacteriana obtidos ao longo da enseada condizem com os de Eh, pois segundo Murphy *et al.* (1999), o direcionamento da capacidade metabólica de um microorganismo dependerá, entre outros fatores, do potencial de óxi-redução do ambiente. A dominância dos processos anaeróbios (fermentativos e sulfato-redutores) é condizente como os valores de Eh encontrados. Somente as estações MT 01 e 02 apresentam atividades aeróbicas indicando que esta região está submetida à maior influência da corrente do que as outras. Tais condições remetem a uma situação de estresse ambiental, pois segundo Bispo (2005) para que os ciclos de carbono e nitrogênio aconteçam em todas as suas etapas é necessário a presença de substâncias oxidada e reduzidas no meio, que são geradas a partir do metabolismo bacteriano aeróbio, seguido pelos processos fermentativos e sulfatoredutores.

Uma grande população de foraminíferos foi encontrada na região de estudo, quando comparado com os resultados obtidos por Figueirêdo & Machado (1999). Foraminíferos presentes em ambientes poluídos apresentam, de um modo geral, decréscimo no número de espécies, porém o acréscimo de matéria orgânica, em determinados níveis, favorece o

aumento de determinadas espécies, o que parece ocorrer na enseada. Laut (2003) relaciona a altos valores de riqueza (+ de 40 espécies) a estabilidade ambiental.

A abundância de *Ammonia beccarii* f. *tepida* na região do fundo da baía de Todos os Santos também já foi apontada por Figuerêdo (2000). A dominância desta espécie associada à *Buliminella elegantissima*, *B. striatula* e *Fursenkonia pontoni*, é típica de regiões com grande aporte de matéria orgânica (Burone *et al.*, 1996). Este caráter oportunista destas espécies também é apontado por Vilela (2003 e 2004) na baía de Guanabara.

Diversas espécies de *Elphidium* foram identificadas, algumas delas apresentando deformações. De acordo com Boltovskoy & Lena (1966) quando estas espécies estão associadas a *A. beccarii* são indicativas de ambientes poluídos.

Ammobaculites dilatatus foi a espécie mais constante nas amostras com dominância nas estações localizadas na foz do rio São Francisco. Esta espécie é comumente encontrada em estuários e baías (Madeira-Falcetta, 1974).

Os miliolídios, em sua maioria, são sensíveis a mudanças ambientais, sendo a maioria das espécies estenohalinas, o que resulta em baixa ocorrência destes organismos em estuários e manguezais (Murray, 1968). Segundo Brönnimann *et al.* (1981a), os miliolídios se desenvolvem sob a ação conjunta de salinidade marinha, altas concentrações de carbonato de cálcio, grande disponibilidade de nutrientes, boa oxigenação e reduzida turbidez. Provavelmente o fator limitante na enseada de Mataripe para os miliolídios foi oxigênio. Os resultados da atividade respiratória bactéria indicam anoxia no sedimento exceto na estação MT 01 e 02. *Quinqueloculina seminula* foi identificada somente em MT01, indicando maior renovação da água e condições aeróbicas neste ponto da enseada.

O número de testas mal formadas foi bem elevado, sobretudo em MT 04, o que pode ser uma resposta às concentrações de metais pesados e hidrocarbonetos no sedimento como na baía de Guanabara (Vilela, 2004). Altas concentrações de poluente já foram apontadas por

diversos autores para região (Da Silva, 1996; Santiago *et al.* 2005; Tavares, 1996; Machado, 1996; Martins, 2001; Silva, 2002, Garcia *et al.* 2005 a e b), contudo estudos mais detalhados seriam necessários para afirmar que tais deformações são diretamente relacionadas a tais poluentes.

O índice de diversidade sozinho indica a estação MT 04 como a mais favorável as espécies de foraminíferos. Por outro lado, os índices de equitabilidade e dominância apontam a estação MT 01 como a mais favorável. Na estação MT 01 a equitabilidade é baixa e a dominância é mais baixa, isto porque muitas espécies marinhas foram identificadas, algumas apresentando frequências significativas.

A análise de agrupamento em modo – R individualizou quatro assembleias de organismos que possuem preferências ecológicas semelhantes:

- Assembleia A: reuniu organismos tipicamente de estuário intermediário e franja de mangue (Laut, 2003);
- Assembleia B: composta por organismos tipicamente de estuário inferior (Laut, 2003; Bonetti, 1995);
- Assembleias C e D: compostas por organismos tipicamente marinhos que podem ser encontrados em grandes sistemas estuarinos e baías (Figuêiredo, 2000).

As assembleias apresentadas pelo modo-R nos levam a concluir em relação ao agrupamento obtido no modo-Q que: o grupo I, composto por espécies tipicamente estuarinas (Assembleia B) e marinhas (Assembleia C), mostrando que esta região sofre a maior influencia marinha; o Grupo II, composto pelas espécies estuarinas (Assembleia B), apresentando, contudo uma grande quantidade espécies que são tipicamente de marinhas ou de baías (Assembleia D), que possivelmente são transportadas em suspensão para esta região;

e o Grupo III, composto somente pelas espécies típicas da franja de mangue (Assembléia A) mostrando a forte relação do manguezal com o canal fluvial.

A análise multivariada em CCA também mostrou claramente essa individualidade entre as estações, onde os agentes condicionantes deste agrupamento foram a salinidade e a concentração de sedimento fino. A salinidade é um parâmetro ambiental apontado por diversos autores como fundamental para a composição das populações de foraminíferos. Por exemplo, Closs (1962 e 1964) compartimentou a lagoa dos Patos (RS) em seis assembléias de foraminíferos que corresponderiam às variações na salinidade. Phleguer (1960) e Suguio *et al.* (1979) relatam que o sedimento é um fator de grande importância para foraminíferos bentônicos. Por outro lado, Debenay (1990), diz que o fator mais influente na distribuição das espécies é a renovação dos oligoelementos. Foi possível observar que nas estações mais lamosas a riqueza e densidade populacional foram maiores. Para Buzas (1989) o tamanho do grão é mais importante do que a composição do sedimento.

O eixo 2 do gráfico em CCA não apresentou grande importância na análise, pois apresentou coeficiente de variância muito baixo em relação ao eixo 1. A variável ambiental apontada foi o oxigênio dissolvido, que isolou a estação MT 04 como previsto, apresentando o menor valor medido.

Em relação às espécies pode-se dizer que as formas aglutinantes responderam positivamente aos sedimentos mais arenosos e não apresentaram resposta significativa em relação ao oxigênio. Em contrapartida, as espécies calcárias responderam positivamente a concentração de lamas. Um fato a considerar no gráfico é que muitas espécies de habitat marinho como *N. altantica*, *B. striatula*, *F. pontoni*, *B. elegantiissima* e *B. doniezi* responderam positivamente a anoxia. Este fato demonstra, a pouca informação contida na explicação fornecida pelo eixo 2.

O gráfico obtido pela análise em DCA apresentou os mesmos resultados apontados pela análise em CCA. Desta maneira pode-se afirmar que ambas as análises tiveram aplicabilidade para a região.

Um gradiente de confinamento pode ser identificado na enseada do Mataripe, provavelmente relacionado com a direção da corrente (Fig. 48):

1 – Baía I – caracterizado por espécies de foraminíferos típicas de estuário inferior e por algumas espécies marinhas, por apresentar índice de diversidade e número de espécimes vivos alto, atividade bacteriana em aerobiose e sedimento lamoso.

2 – Baía II – caracterizado por apresentar um grande número tanto de espécies estuarinas quanto marinhas. Os índices ecológicos nesta região foram mais altos, a atividade respiratória bacteriana com processo em anaerobiose (fermentação e sulfatorredução) e o sedimento lamoso.



Fig. 48 - Compartimentação da enseada de Mataripe com base nas análises das assembléias de foraminíferos associados a parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e microbiológicos.

3 – Estuário Inferior – caracterizado pela abundância de foraminíferos aglutinantes, com dominância de *Ammobaculites dilatatus*, atividade respiratória bacteriana em anaerobiose (fermentação e sulfato-redução) e sedimento areno-argiloso.

CAPITULO V

LITORAL ORIENTAL

1 – CARACTERIZAÇÃO DO LITORAL ORIENTAL

A costa Oriental ou Leste do Brasil se estende da cidade de Salvador ao Cabo Frio (Silveira, 1964; Schaeffer-Novelli *et al.* 1990). Este setor da costa, como o litoral do Nordeste, apresenta o relevo tabuliforme do Grupo Barreiras. Contudo, estes tabuleiros são descontínuos, praticamente desaparecendo no trecho entre o recôncavo baiano e Ilhéus.

O aporte fluvial é significativo com a formação de planícies costeiras em forma de delta como as planícies dos rios Jequetinhonha e Caravelas na Bahia, rio Doce no Espírito Santo e o rio Paraíba do Sul no Rio de Janeiro.

Esta região do litoral segundo Muehe (1998) pode ser compartimentada em quatro macrocompartimentos: Litoral de Estuários, Banco Royal Charlotte Abrolhos, Embaiamento de Tubarão e Bacia de Campos (Fig.49)

O macrocompartimento da Bacia de Campos apresenta como feição principal a planície costeira do rio Paraíba do Sul, associada a um alargamento da plataforma continental interna (Muehe, 1998).

A largura da plataforma interna é em torno de 35 km, sendo o recobrimento sedimentar predominantemente de areias fluviais exceto na isóbata de 20 m (Kowsmann & Costa, 1979) entre as cidades de Macaé e Cabo-Frio, onde predominam lamas provavelm oriundas do rio Paraíba do Sul (Saavedra & Muehe, 1993).

2 – DELTA DO PARAÍBA DO SUL – RIO DE JANEIRO

2.1 – Localização

Formado pela confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna, o rio Paraíba do Sul

nasce na Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, fazendo um percurso total de 1.120 km, até a foz em Atafona, no Norte Fluminense. A bacia do rio Paraíba do Sul estende-se pelo território de três estados - São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro - e é considerada, em superfície, uma das três maiores bacias hidrográficas secundárias do Brasil, abrangendo uma área aproximada de 57.000km².

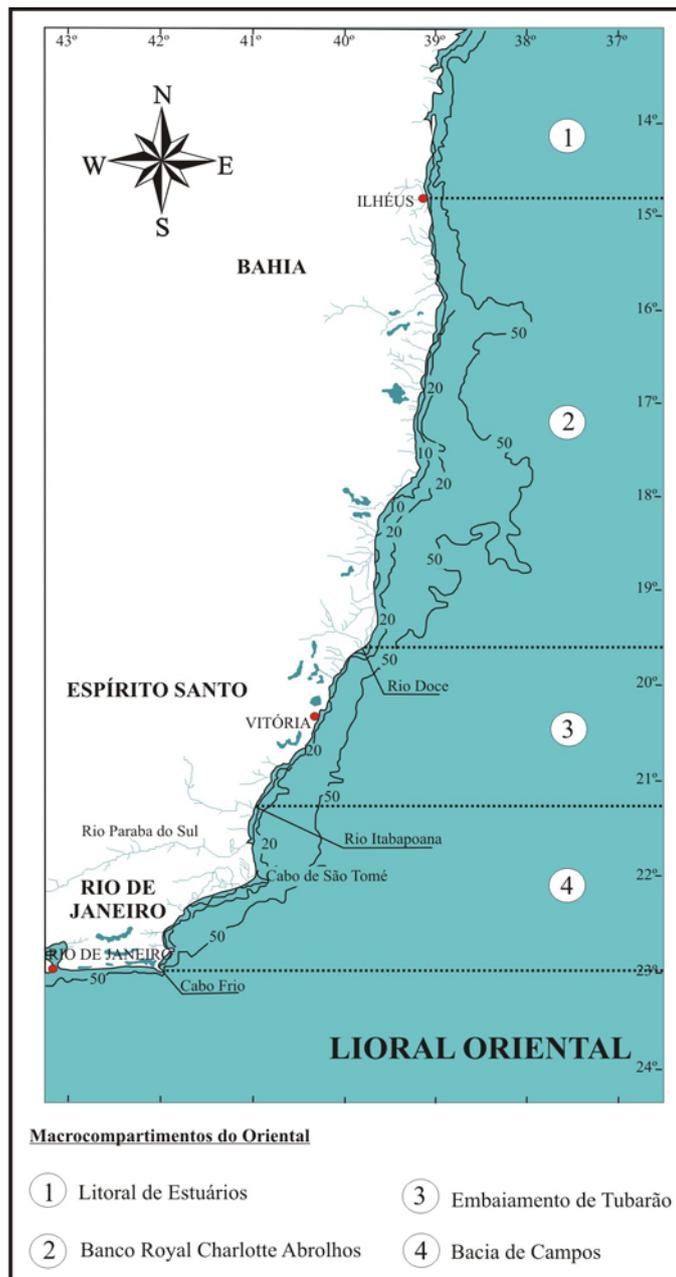


Fig. 49 – Compartimentação do litoral oriental (modificado de Muehe, 1998).

O rio Paraíba do Sul é um dos sistemas fluviais mais importantes do Estado do Rio de Janeiro. As suas águas são utilizadas para a atividade econômica e abastecimento doméstico, sendo ainda muitas vezes impropriamente utilizadas como local de despejo de dejetos domésticos e industriais (Carneiro *et al.* 1995).

A porção deltaica do Paraíba do Sul, localizada entre as coordenadas 21°28'S - 41°02'W e 22°01'S - 40°59'W, é caracteriza-se pela ocorrência de áreas alagadiças e lagoas, muitas vezes alimentadas pelo transbordamento do rio (Fig. 50).

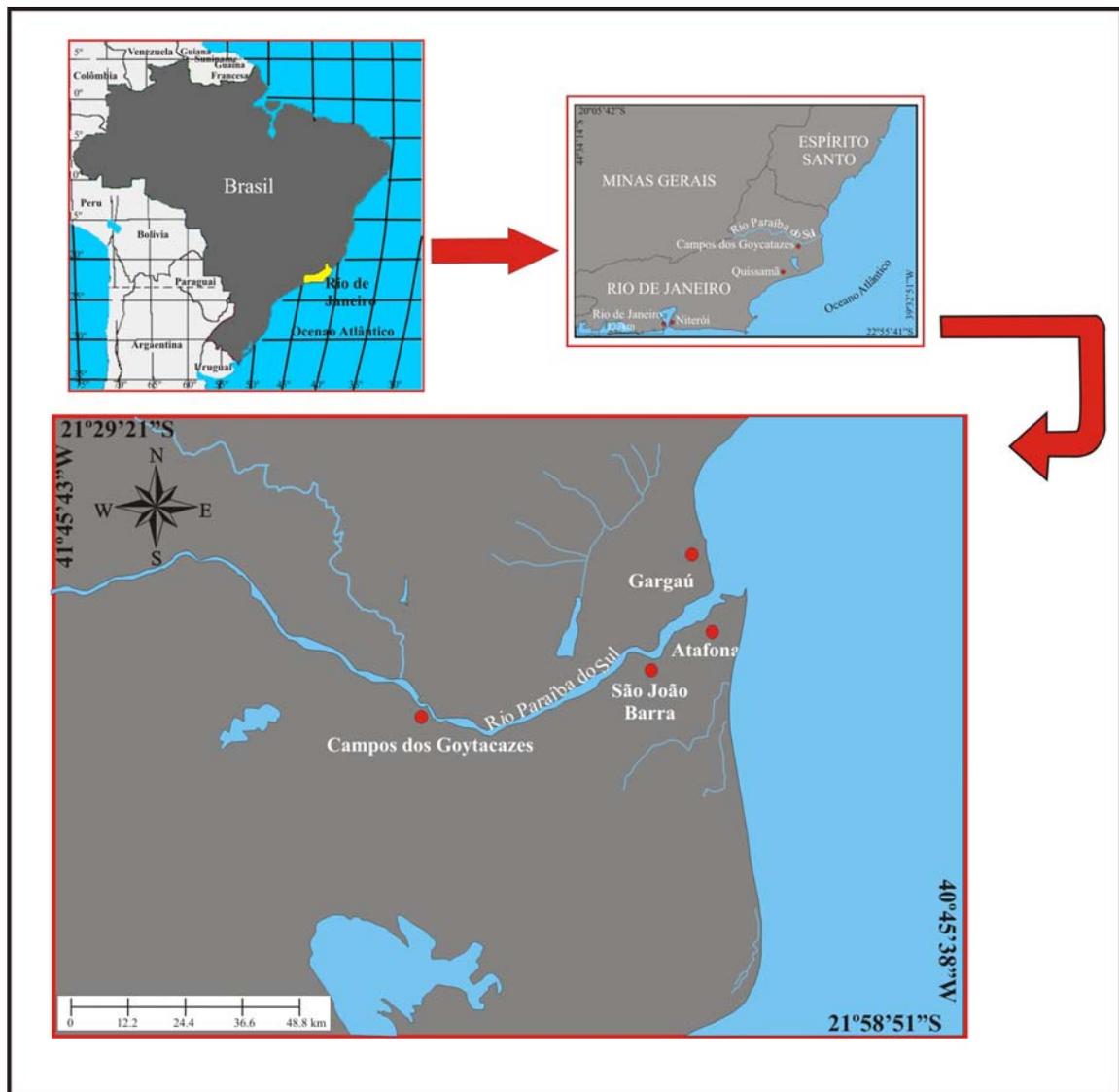


Fig. 50 – Localização do delta do rio Paraíba do Sul.

Este delta pode ser classificado segundo Moreira (1998) como dominado por ondas e definido como um depósito costeiro subaquoso e subaéreo, formado por sedimentos fluviais e marinhos, que sofrem retrabalhamento de vários agentes como ondas e correntes de maré.

Dias & Gorini (1979 e 1980) e Dias (1981) classificaram o delta como do tipo cuspide, devido ao formato protuberante decorrente da maior velocidade de progradação do litoral na foz do rio (fonte de sedimento) e, também por causa da formação das planícies de cristas de praias.

2.2 – Caracterização da Área de Estudo

A região de estudo encontra-se na Bacia Sedimentar de Campos que se localiza ao norte do estado do Rio de Janeiro, com uma área aproximada de 100.000 km² e se estende até profundidades superiores a 3.000 m. Entretanto, apenas 600 km² fazem parte da porção emersa desta bacia (Figueiredo Jr., 1985). Esta bacia tem como limite norte o alto de Vitória e ao sul o alto de Cabo Frio, a oeste o embasamento Cristalino, e a leste se estendem pelo talude e elevação continental (Moreira, 1998).

À oeste da porção emersa da bacia pode ser observado um conjunto de paleofalésias do Grupo Barreiras. Ao norte do complexo deltáico estes afloramentos atingem o litoral, onde através da ação direta das ondas são esculpidos e erodidos (Silva, 1987a).

A evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul (2500 km²) está associada a processos tipicamente fluviais e marinhos, destacando o próprio rio e variações do nível relativo do mar no Quaternário, aliados a um ambiente tectônico favorável ao desenvolvimento de espessos prismas sedimentares (Silva, 1987b).

Silva (1987b) dividiu a planície costeira, em duas regiões com características

morfológicas distintas: a) litoral progradante em forma de cúspide entre Porto de Manguinhos e Cabo de São Tomé, formado por sucessivas cristas de praias que marcam o contínuo avanço do continente sobre o mar; b) litoral retrogradante entre o cabo de São Tomé e Macaé, aonde um cordão arenoso transgressivo vem caminhando em direção ao continente, truncando lagunas costeiras e antigos sistemas de cristas de praias associados ao antigo curso do rio Paraíba do Sul.

Os sedimentos na região do delta são constituídos principalmente de quartzo, caulinita, gibsitita, ilita, calcita, pirita, rutilo, sugerindo origem metamórfica e da cobertura sedimentar do Cenozóico correspondente ao Grupo Barreiras (Santos *et al.*, 2003).

A região está inserida na zona de clima tropical úmido com temperatura média de 22°C, variando na máxima de 40°C e mínima de 8°C (Nimer, 1989), o que pela classificação de Koppen é do tipo Aw. O regime pluviométrico é caracterizado por uma estação chuvosa no verão e uma seca no inverno, com uma média anual de 1300 mm (Costa, 1994).

Na região predominam os ventos de NE nos quatro trimestres do ano. A variação dos ventos predominantes se encontra no quadrante N-E. Os ventos de SO-S-SE estão relacionados à entrada de frentes frias, ocorrem em todos os trimestres do ano e são eventos efêmeros. Também, observa-se a presença de ventos de O e NO, porém com menor frequência e intensidade (Pereira, 1998).

Nas adjacências do delta a variação da maré é de 0,712 m e 1,53 m o que classifica a região como sendo de micromaré (Bernini & Rezende, 2004).

As ondas são predominantemente do quadrante NE seguindo o padrão dos ventos. As ondas de S-SE são decorrentes da entrada de frentes frias que são eventos efêmeros de alta energia (Moreira 1998).

Os maiores valores de vazão do rio são verificados nos meses de dezembro a

março, variando de 2.000 a 5.000 m³/s, enquanto os seus menores valores estão entre 200 a 5000m³/s, ocorrendo nos meses de julho a setembro. No período de dezembro a março, acontecem as enchentes que inundam a região do baixo curso do rio, onde se localiza a baixada campista (Costa, 1994).

O manguezal do estuário do rio Paraíba do Sul (Fig.50) é o maior da região Norte Fluminense, com aproximadamente 800 ha, cuja floresta é constituída por *A. germinans*, *L. racemosa* e *R. mangle* (Bernini & Rezende, 2004). Contudo, segundo Bernini *et al.* (2003) as espécies vegetais no manguezal do rio Paraíba do Sul não apresentam um padrão de zonação definido nem um desenvolvimento estrutural significativo em relação aos outros manguezais do litoral fluminense.

O manguezal desta região pode ser classificado fisiograficamente de acordo com o proposto por Snedaker (1974) e Citrón *et al.* (1980) como do tipo ribeirinho, pelo fato de margear o rio e os canais de maré, apresentando assim, maior desenvolvimento do que os outros tipos (franja e bacia).

A espécie de *A. germinans* é encontrada em todos os diversos tipos de substrato (areia, silte, argila) com um bom desenvolvimento. Esta dominância demonstrada difere o manguezal do estuário do Paraíba do Sul em relação aos outros do Estado onde existe co-dominância de *R. mangle* e *L. racemosa* (Bernini & Rezende, 2004).

O manguezal durante o período de baixa vazão é submetido ao regime de inundação semelhante ao dos manguezais de planícies de maré. Contudo nos meses de cheia do rio, o sedimento do mangue tende a permanecer grande parte do tempo submerso, transformando-se em planície de inundação, com o predomínio de água doce (Fig. 51). O aporte maior de água salgada nessas condições ficaria restrito a períodos de marés de sizígia. Estas condições de alternância entre um ambiente de planície de maré e de inundação são as que conferem as particularidades do manguezal do Paraíba do Sul em

relação ao outros do estado do Rio de Janeiro (Bernini & Rezende, 2004).



Fig. 51 - Manguezal do rio Paraíba do Sul. Este manguezal tem como característica a inundação na estação chuvosa pelas águas do rio (Foto: Laut, 2006).

2.3 – Agentes Impactantes

A considerável expansão demográfica e o intenso e diversificado desenvolvimento industrial ocorridos nas últimas décadas na Região Sudeste, refletem-se na qualidade das águas do rio Paraíba do Sul, podendo-se citar como fontes poluidoras mais significativas: esgoto de origem industrial e doméstica, resíduos sólidos, assoreamento, atividade de mineração, inundação das áreas urbanizadas e a agropecuária (De Souza Jr, 2004).

O trecho fluminense do rio é predominantemente industrial, sendo mais crítica a região localizada entre os municípios de Resende, Barra Mansa e Volta Redonda, onde se encontram as indústrias siderúrgicas, químicas e alimentícias, entre as quais se destaca a

Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), da qual originava a maior parte da carga poluente lançada nesse trecho (De Souza Jr, 2004).

A poluição industrial manifesta-se, sobretudo pelas altas concentrações de fenóis e cianetos encontradas no trecho entre Barra Mansa e Volta Redonda, embora os índices venham se reduzindo devido aos controles implantados pelas indústrias, destacando-se as medidas implementadas pela Companhia Siderúrgica Nacional - CSN.

Em termos de metais pesados e de hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (que em geral possuem características carcinogênicas), a situação não é crítica, com pequenas variações acima dos padrões. Os resultados das análises de metais nos sedimentos do rio Paraíba do Sul mostram o efeito da sedimentação no reservatório de Funil e o aumento dos lançamentos na região mais industrializada de Barra Mansa e Volta Redonda, onde ocorrem as concentrações máximas de todos os metais, exceto o cobre, que apresentou o maior índice em Resende. As maiores concentrações de hidrocarbonetos aromáticos polinucleares também ocorrem na região de Barra Mansa e Volta Redonda. Trecho compreendido entre a Elevatória de Santa Cecília e a Ilha dos Pombos, no Município do Carmo (<http://www.gabeira.com.br/noticias/noticia.asp?id=343>).

A bacia do rio Paraíba do Sul é especialmente sujeita a acidentes, não só pela expressiva concentração de indústrias de grande potencial poluidor, como pela densa malha rodo-ferroviária, com intenso movimento de cargas perigosas que trafegam pelas rodovias Presidente Dutra (Rio-São Paulo) e BR-040 (Rio-Juiz de Fora), e acidentes ocorridos em outros estados que chegam até o Paraíba através de seus rios afluentes (<http://www.gabeira.com.br/noticias/noticia.asp?id=343>).

A ocorrência de desmatamentos nas margens na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul é o principal processo responsável pelo assoreamento. A vegetação da bacia do rio Paraíba do Sul encontra-se bastante alterada devido às diversas formas de ocupação e uso

do solo, que resultaram em processos de erosão e assoreamento do rio.

Além do assoreamento e de sedimentos em suspensão, o rio Paraíba do Sul está também sujeito a profunda alteração em seu regime hidráulico e na produção de sedimentos, devido à prática de encurtamento do canal pelo corte de meandros, aumento da declividade do canal e pela intensa atividade de extração de areia em seu leito e várzeas (De Souza Jr., 2004).

Essas alterações produzem instabilidades, cujos efeitos mais imediatos se relacionam com o rebaixamento generalizado das linhas de água ao longo do trecho onde se verifica uma maior extração de areias, diminuindo assim a seção de escoamento e afogamento da descarga dos afluentes, tendo como consequência maiores transbordamentos e, portanto, maiores e inesperadas enchentes em áreas ribeirinhas (De Souza Jr, 2004).

Contudo, atualmente a mais notória e prejudicial fonte de poluição da bacia do rio Paraíba do Sul são os efluentes domésticos e os resíduos sólidos oriundos das cidades de médio e grande porte localizadas às margens do rio.

O baixo curso (norte fluminense) é caracterizado por indústrias distintas das outras regiões da bacia, incluindo usinas de álcool e açúcar, e empresas de bebidas; enquanto que na região serrana predominam empresas têxteis e metalúrgicas. No trecho mineiro, as principais indústrias concentram-se na sub-bacia do rio Paraibuna. Recentemente, um número significativo destas empresas instalou sistemas de tratamento de efluentes, não eliminando, no entanto, a ocorrência de lançamentos de cargas tóxicas nos rios.

Segundo Santos *et al.* (2003) não há uma grande deposição destes efluentes na foz provavelmente devido a processos de diluição.

A pecuária é a atividade econômica que ocupa maior extensão na bacia. Cerca de 70% das terras estão cobertas por campos/pastagens, degradados em maioria pelas

freqüentes queimadas e pelo pisoteio do gado em fortes declividades. A agricultura ocupa uma área bem menor (menos de 10%), mas representa uma das mais importantes fontes de poluição do solo e da água pelo uso descontrolado de fertilizantes e agro-tóxicos (<http://www.marcadagua.org.br/bacia13.htm>).

Na bacia do rio Paraíba do Sul a extração de areias para a aplicação em várias indústrias, principalmente a da construção civil, é seguramente o maior fator de degradação ambiental pelo extrativismo mineral. A extração de areias no leito do rio ou em cavas submersas em áreas de várzeas tem como resultante a poluição das águas, causada pela agitação de sedimentos finos (argila e silte), e pela presença nestas areias de combustíveis fósseis, óleos lubrificantes, etc (De Souza Jr., 2004).

O manguezal do rio Paraíba do Sul tem sido alvo de freqüentes ações de degradação, como atividade extrativista das árvores, invasão da pecuária, urbanização, obras de dragagem efetuada no canal principal e abertura de novos canais (Bernini & Rezende, 2004).

Há ainda a captura predatória do caranguejo *Ucides cordatus* mediante a colocação de pequenas redes na boca das galerias, prática que não deferência machos de fêmeas, ou mesmo adultos de jovens, o que desequilibra a população.

2.4 – AMOSTRAGEM NO DELTA DO PARAÍBA DO SUL

A amostragem no delta do Paraíba do Sul foi realizada em setembro de 2005 com uma embarcação de pequeno calado tipo voadeira usando como amostrador uma draga *van Veen*.

Foram coletadas amostras de sedimento em 25 pontos distribuídos desde a região mais interna do estuário, próximo da cidade de São João da Barra, até a foz entre as cidades de Atafona e Gargaú (Fig. 52).

Foram coletadas amostras destinadas às análises de foraminíferos, tecamebas, atividade respiratória bacteriana, carbono bacteriano, granulometria e matéria orgânica total. Em campo foram medidos os parâmetros ambientais físico-químicos: temperatura, salinidade, pH, Eh e oxigênio dissolvido.

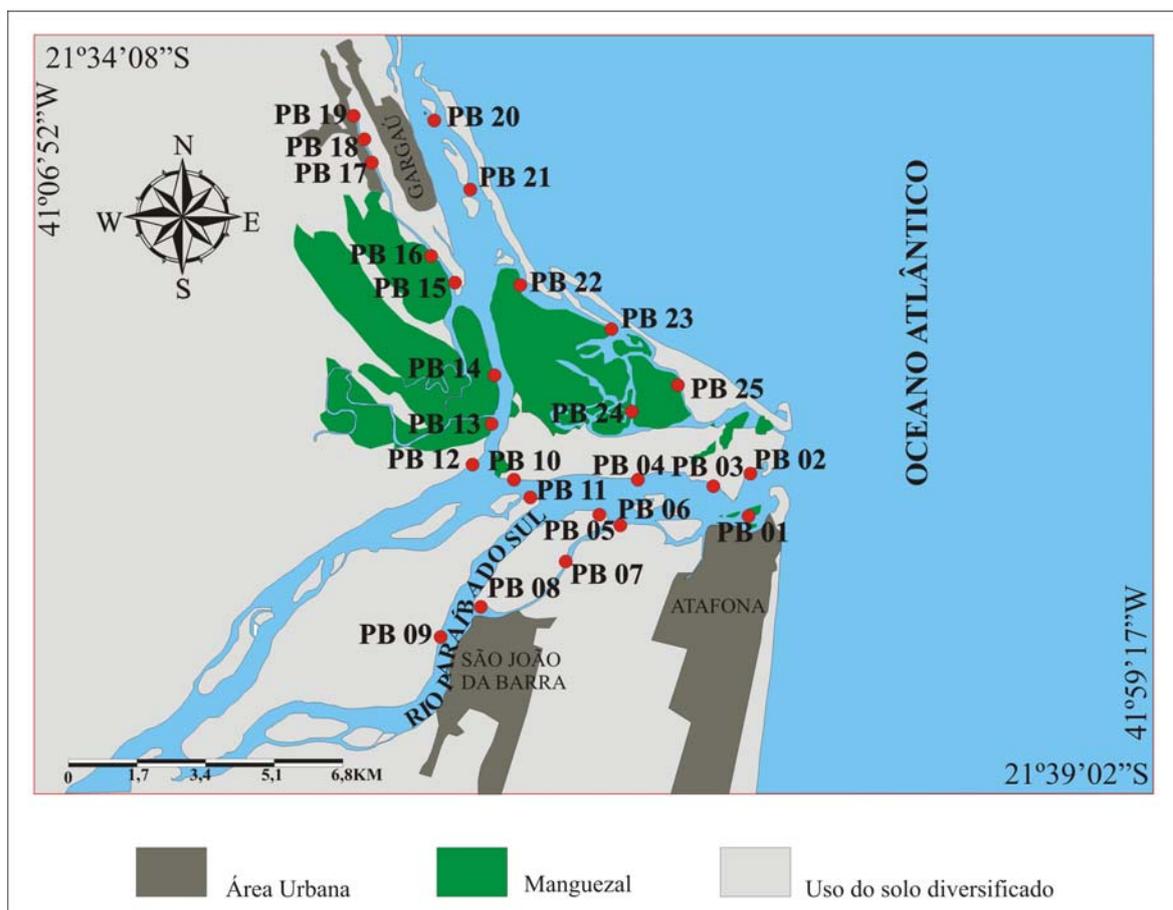


Fig. 52 – Pontos de amostragem ao longo do delta do rio Paraíba do Sul.

2.5 – RESULTADOS

2.5.1. – Abióticos

A temperatura da água de fundo oscilou entre 24,6°C na estação PB 05 e 26,2°C na estação PB 18 (Tab. 12).

A salinidade foi zero em quase todas as estações. Somente PB 23 (0,5), PB 24 (0,3)

e PB 25 (20) valores de salinidade (Tab. 12).

Em relação ao pH (Tab. 12) as estações mais alcalinas foram PB 01 e PB 10 (6,49) e a que apresentou o valor mais alto foi PB 08 (8,11).

O Eh foi negativo nas estações PB 08 (-0,09) e em PB 25 (-11), as outras estações apresentaram valores positivos (Tab. 12).

O oxigênio dissolvido variou entre 3,9 mg/l na estação PB 06 e 5,2 mg/l na estação PB 02 (Tab. 12).

Tab. 12 – Parâmetros físico-químicos das águas de fundo amostradas do delta do rio Paraíba do Sul.

Estações	T (°C)	Salinidade	pH	Eh	O ₂ (mg/l)
PB 01	25,4	0	6,49	0,79	4,6
PB 02	25,3	0	7,15	0,42	5,2
PB 03	25,1	0	7,02	0,48	4,7
PB 04	24,9	0	7,28	0,019	4,4
PB 05	24,6	0	6,88	0,54	4,4
PB 06	25,4	0	7,39	0,3	3,9
PB 07	24,7	0	7,42	0,11	4
PB 08	24,8	0	8,0	-0,09	3,9
PB 09	24,7	0	7,32	0,320	4,4
PB 10	25,9	0	6,49	55	4
PB 11	25,9	0	6,74	0,047	3,5
PB 12	25,4	0	6,74	-	3,8
PB 13	25,9	0	6,96	0,038	4,2
PB 14	25,7	0	6,91	0,042	4
PB 15	25,7	0	7,2	0,23	3,9
PB 16	25,8	0	7,21	0,022	4,2
PB 17	26	0	7,24	23	4,3
PB 18	26,2	0	7,23	24	3,8
PB 19	26,4	0	7,14	-	3,9
PB 20	26,1	0	7,26	0,021	4,5
PB 21	25,8	0	7,19	0,024	4,3
PB 22	26,8	0	7,35	0,019	4,3
PB 23	26,1	0,5	7,16	0,025	3,9
PB 24	25,9	0,3	7,29	0,019	3,9
PB 25	25,2	20	7,79	-11	4

As análises granulométricas demonstraram a predominância de sedimento arenoso pobremente selecionado. A maior concentração de finos foi nas estações mais próximas à

foz onde pode se identificar uma lama extremamente siltosa levemente arenosa bem selecionada (Fig. 53).

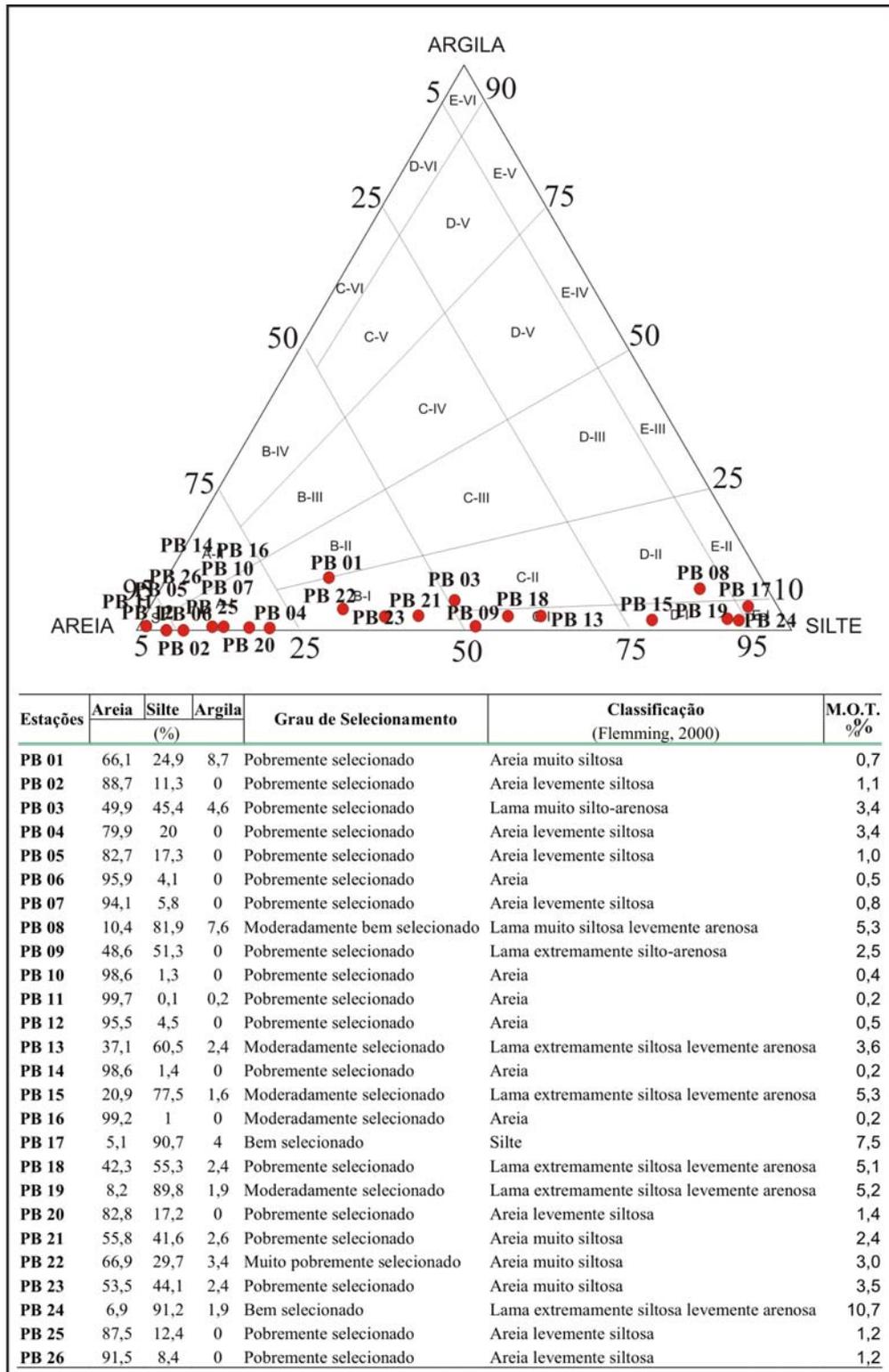


Fig. 53 – Resultado das análises granulométricas e de matéria orgânica no delta rio Paraíba do Sul.

As porcentagens de MOT variaram bastante ao longo das estações oscilando de 0,2% em PB16 a 10,7% na estação PB24 (Fig. 53).

2.5.2 – Bióticos

Nas 17 estações de coleta no delta do Rio Paraíba do Sul, o carbono bacteriano variou entre 1,31 a 9,46 $\mu\text{g C. g}^{-1}$. (Tab. 13).

A atividade respiratória bacteriana foi predominantemente desnitrificante e sulfato-redutora (Tab. 13).

Tab. 13 – Resultado da atividade respiratória bacteriana e do carbono bacteriano no delta do rio Paraíba do Sul (P - presença de crescimento; N - ausência de crescimento; V - crescimento variável).

Estações	Aerobiose	Fermentação	Desnitrificação	Sulfato-redução	Carbono Bacteriano ($\mu\text{g C.g}^{-1}$)
PB 01	V	P	P	P	3,07
PB 02	V	V	P	V	1,99
PB 04	V	V	P	P	2,98
PB 05	N	N	P	P	3,96
PB 06	N	P	P	V	2,06
PB 08	V	V	P	P	3,53
PB 09	N	P	P	P	4,14
PB 10	P	V	P	P	9,46
PB 12	P	V	P	V	3,36
PB 13	P	V	P	P	3,99
PB 14	P	V	P	V	2,48
PB 15	V	V	P	P	3,16
PB 17	P	V	P	V	3,93
PB 19	V	V	P	P	1,31
PB 20	V	V	P	V	3,22
PB 22	V	V	P	V	4,78
PB 25	N	V	V	V	1,67

Foram identificados 15 táxons de foraminíferos e 15 táxons de tecamebas. Não foram identificadas testas nem de foraminíferos nem de tecamebas nas estações PB 05, 06, 10, 11. Nas estações PB 07, 08, 09 e 12 não foram identificadas espécies de foraminíferos

(Tab. 14).

Miliammina fusca foi o foraminífero mais constante e o que apresentou as maiores frequências nas amostras chegando a mais de 80% nas amostras PB 02, 22, e 25. Dentre as espécies de tecamebas a mais constante foi *Cyclopyxis* spp. com frequências de até 77,8% em PB 08.

As estações que tiveram maior número de riqueza foram PB 13, 14 e 21, todas com 13 espécies. a estação PB 08 foi a que apresentou a menor riqueza com 3 espécies.

O maior número de espécimes corados foi encontrado em PB 02 (60 testas) e em PB 19 e 20 não foram encontradas testas coradas (Tab. 14).

A estação PB 15 foi a que apresentou o maior número de testas malformadas (13 testas) seguida por PB 01 (8 testas).

Em relação aos índices ecológicos a maior diversidade (H') foi identificada em PB 14 (2,3) seguido por PB 09 e 21 (2,1), e o menor índice foi identificado em PB 02 (0,3). A equitatividade foi mais alta em PB 09, 14, 19 e 20 (0,9), e o valor mais baixo em PB 02 (0,2). Já os valores de dominância foram mais altos em PB 09 e 14 (0,9), e mais baixos em PB 02 (0,1).

A análise de agrupamento em Modo – R mostrou a existência de cinco assembléias de foraminíferos usando uma similaridade de 45% no delta do Paraíba do Sul (Fig. 54):

- Assembléia A – somente composta pelas espécies *Ammonia beccarri* f. *tepida*, *Elphidium gunteri* e *Cucurbitella tricuspis* (tecameba), todas apresentando frequências entre 0-5%.

-

Tab. 14 – Frequência relativa (%) das espécies de foraminíferos e tecamebas do delta do rio Paraíba do Sul.

Estações	PB01	PB02	PB03	PB04	PB07	PB08	PB09	PB12	PB13	PB14	PB15	PB16	PB17	PB18	PB19	PB20	PB21	PB22	PB23	PB24	PB25
Número de espécimes	142	397	86	102	13	27	139	18	123	147	169	39	93	35	10	18	295	96	283	93	81
Número de espécies	12	6,0	10	8	4	3	10	6	13	13	11	6	10	7	5	5	13	10	6	11	6
Diversidade de Shannon (H')	1,7	0,3	1,7	1,4	1,1	0,7	2,1	1,6	2	2,3	1,5	1,3	1,7	1,5	1,4	1,4	2,1	0,8	0,7	1,9	0,6
Equitatividade (J')	0,7	0,2	0,7	0,7	0,8	0,6	0,9	0,9	0,8	0,9	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4
Dominância	0,8	0,1	0,8	0,7	0,6	0,4	0,9	0,8	0,8	0,9	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,3	0,4	0,8	0,2
Número de corados	2	60	2	7	3	2	2	2	2	9	5	2	5	1	0	0	4	10	6	2	6
Número de malformações	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	4	5	0	0	0	6	5	0	11
<i>Ammonia beccarii f. tepida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1	-	-	2,2	-
<i>Ammotium salsum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	1,2
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	0,3	2,3	-	-	-	-	-	-	-	1,2	2,6	2,2	-	-	-	-	3,1	23,0	14,0	4,9
<i>Elphidium gunteri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	-	0,3	1,2	6,9	-	-	-	-	0,8	2,0	-	-	5,4	8,6	-	-	-	-	-	14,0	1,2
<i>Jadammina polystoma</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Miliammina fusca</i>	28,8	93,4	2,3	2,0	-	-	-	-	-	6,1	59,8	53,8	49,5	40,0	30,0	5,6	14,6	81,3	73,5	28,0	84,0
<i>Polysaccammina ipohalina</i>	-	-	-	23,5	-	-	-	-	-	12,9	2,4	7,7	-	2,9	-	-	-	-	0,4	-	-
<i>Siphonochammina lobata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Textularia earlandi</i>	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochammina macrescens</i>	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,7	-	-	-	-	-	1,1	-
<i>Trochammina ochracea</i>	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-

Foraminíferos e Tecamebas como Indicadores Ambientais em Estuários Tropicais - Brasil

<i>Trochamminita irregularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochamminita salsa</i>	-	-	-	51,0	-	-	-	-	1,6	9,5	-	-	12,9	-	-	-	0,7	1,0	-	10,8	2,5
<i>Arcella discoides</i>	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Centropyxis cosntricta</i>	4,9	-	12,8	9,8	7,7	-	13,7	22,2	8,9	11,6	2,4	-	4,3	8,6	-	-	9,5	1,0	-	-	-
<i>Centropyxis spp.</i>	2,8	2,0	-	-	-	-	-	-	17,9	-	8,3	-	-	-	-	38,9	-	-	-	-	-
<i>Cucurbitela corona</i>	1,4	-	8,1	2,0	7,7	-	7,9	16,7	16,3	4,8	0,6	-	3,2	-	10,0	16,7	7,8	2,1	-	-	-
<i>Cucurbitela tricuspis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>Cyclopyxis impressa</i>	-	-	-	-	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	31,4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclopyxis spp.</i>	33,8	1,3	34,9	-	30,8	77,8	15,8	27,8	28,5	27,2	-	20,5	11,8	-	40,0	-	33,6	6,3	0,4	21,5	6,2
<i>Diffugia correntina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diffugia capreolata</i>	-	-	-	-	-	-	10,8	22,2	0,8	6,8	7,1	12,8	-	-	10,0	-	6,8	2,1	-	1,1	-
<i>Diffugia oblonga</i>	-	-	7,0	-	53,8	-	24,5	-	1,6	-	1,2	-	4,3	2,9	-	11,1	-	1,0	0,4	-	-
<i>Diffugia urceolata</i>	-	-	-	-	-	7,4	7,2	-	4,1	1,4	-	2,6	1,1	-	-	-	5,1	1,0	-	-	-
<i>Diffugia viscidula</i>	19,7	2,8	1,2	2,0	-	-	0,7	5,6	-	6,8	-	-	-	-	-	-	8,1	-	-	1,1	-
<i>Lagenodiffugia vas</i>	2,1	-	1,2	-	-	-	5,0	5,6	4,1	3,4	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	2,2	-
<i>Oopyxis spp.</i>	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pontigulasia compressa</i>	-	-	29,1	2,9	-	14,8	9,4	-	13,0	3,4	5,9	-	5,4	-	10,0	27,8	8,5	-	-	4,3	-

- Assembléia B – Composta praticamente por espécies de tecamebas com dominância de *Cyclopyxis* spp., *Centropyxis constricta*, *Cucurbitella corona* e *Pontigulasia compressa*. A única espécie de foraminífero foi *Jadammina polystoma* na estação PB 13. As outras espécies de tecamebas agrupadas foram: *D. correntina*, *Centropyxis* spp., *L. vas* e *D. capreolata*, *D. oblonga*.
- Assembléia C – composta somente por espécies de foraminíferos aglutinantes com a dominância de *Miliammina fusca*. As outras espécies agrupadas foram: *A. salsum*, *A. mexicana*, *S. lobata*, *T inflata*.
- Assembléia D – composta por uma espécie de tecameba *Cyclopyxis impressa* como frequências que chegaram a 30% na estação PB 18 e pelas espécies de *Trochamminita salsa* e *Polysaccamina ipohalina*. Outras espécies como *H. wilberti*, *T. macrescens*, e *T. irregularis* tiveram frequências muito baixas.
- Assembléia E – Foi dominada por *Diffflugia viscidula* (tecameba) seguida por *T. ochracea*, *Oopyxis* spp., *A. discoides* e *T. earlandi*.

A análise de agrupamento em modo-Q gerou quatro grupos de estações ao longo do delta do Paraíba do Sul usando uma similaridade de 50% (Fig. 54): Grupo I – composto pelas estações PB 01, 04, 12, 14, 19 e 21; Grupo II – composto pela estação PB 04; Grupo III composto pelas estações PB 03, 07, 08, 09, 13 e 20; e Grupo V – composto pelas estações 02, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 24 e 25.

A correlação entre os dois agrupamentos mostrou que o Grupo I esteve associado fortemente à Assembléia B e C com algumas espécies da Assembléia A; o Grupo II foi marcado principalmente pela Assembléia D; o Grupo III foi representado pela Assembléia B com algumas espécies da Assembléia C; e Grupo IV foi fortemente associado à Assembléia C com algumas espécies da assembléia B (Fig. 54).

A análise multivariada em CCA usando como variáveis ambientais temperatura (T), oxigênio dissolvido (O2), pH, matéria orgânica total (MOT), porcentagem de sedimentos finos (silte + argila) e carbono bacteriano (COB), apresentou um coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias de 4,4% para o eixo 1 e de 0,4% em relação ao eixo 2 (Fig. 55).

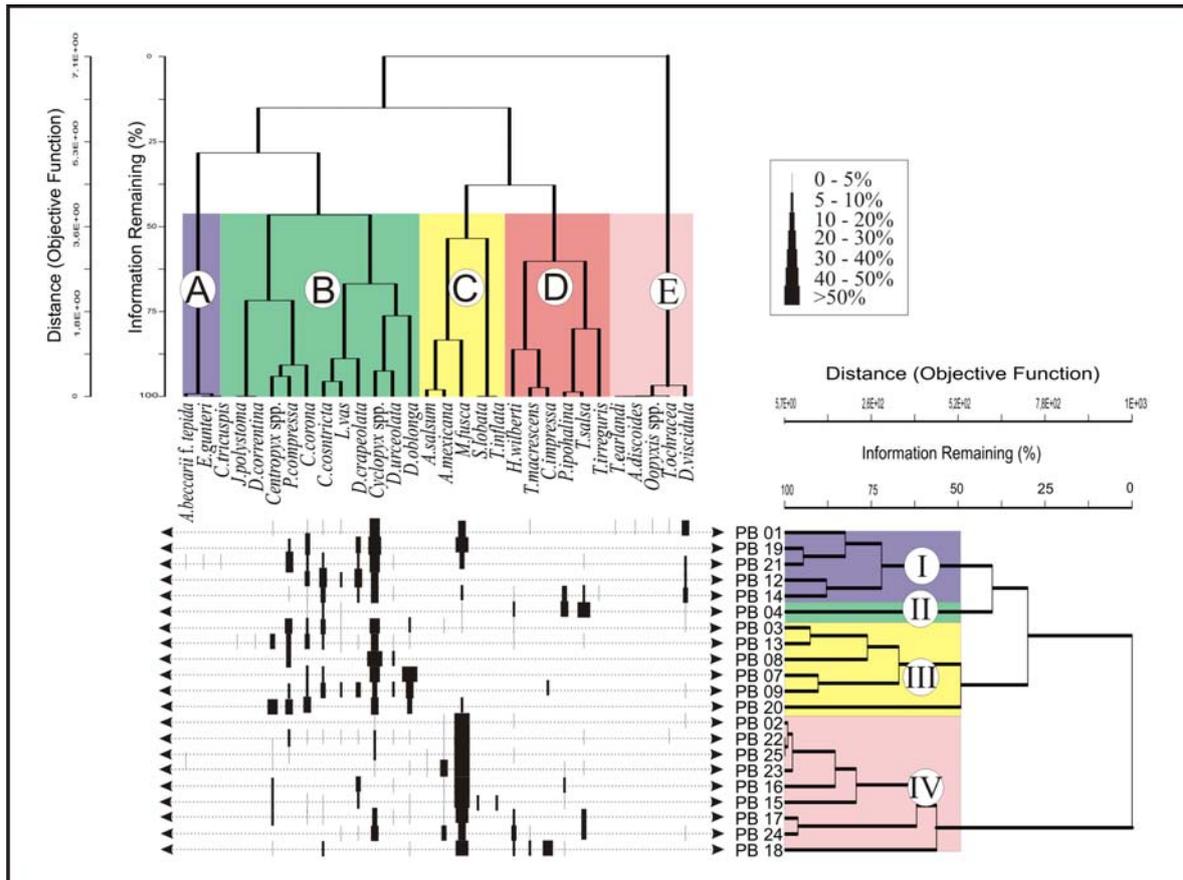


Fig. 54 – Dendrogramas (modo-R e Q) mostrando o agrupamento das espécies de foraminíferos e tecamebas e das estações do delta do rio Paraíba do Sul.

Dos parâmetros usados T e O2 apresentaram-se como os maiores vetores em relação ao eixo 1 enquanto que os maiores vetores em relação ao eixo 2 foram os finos e o pH (Fig. 55).

Em relação ao eixo 1 as estações PB 22, 20, 02, 25 e 19 foram influenciadas positivamente pela temperatura e oxigênio dissolvido, enquanto que as estações PB 12 e 14

responderam de forma negativa a esses parâmetros. As outras estações localizaram-se muito ao redor da região central dos eixos.

Em relação ao eixo 2 as estações se dividem em dois grupos: as que respondem positivamente a pH mais alto e maior concentração de sedimentos finos (PB 25, 19, 17, 08 e 04) e as que respondem negativamente (PB 02, 20, 22, 15, 13, 09, 01, 14 e 12).

A mesma análise usada em relação às espécies demonstrou que os foraminíferos que mais foram influenciadas pelas maiores temperaturas e pela maior quantidade de oxigênio dissolvido foram: *A. salsum*, *A. mexicana* e *M. fusca*. Das espécies de tecamebas somente *Ciclopyxis* spp. apresentou uma distância significativa em relação ao centro dos eixos. Negativamente a espécie de foraminífero *T. irregularis* foi a que apresentou a maior distância do centro dos eixos (Fig. 55).

Analisando as espécies em relação ao eixo 2 as espécies que se foram influenciadas pelo pH mais alto e pela maior concentração de sedimentos finos foram: *H. wilberti*, *T. salsa*, e *D. urceolata*; e as influenciadas negativamente por esses parâmetros foram: *T. macrescens*, *T. earlandi*, *T. ochracea*, *Oopyxis* spp. e *A. discoides* (Fig. 55).

A análise multivariada em DCA, usando as mesmas variáveis ambientais apresentou coeficiente de determinação das correlações de 32% para o eixo 1 e 31% no eixo 2 (Fig. 56).

A variável que apresentou o maior vetor no eixo 1 foi carbono bacteriano seguido pela porcentagem de finos. As estações que mais foram influenciadas positivamente por estas variáveis foram PB 08, 09 e 12, e as que foram mais negativamente foram as PB 02 e 25.

Em relação ao eixo 2 a matéria orgânica total foi o maior vetor e a estação PB 04 foi a que respondeu mais positivamente, e as estações PB 02, 15 e 20 foram as que responderam mais negativamente (Fig. 56).

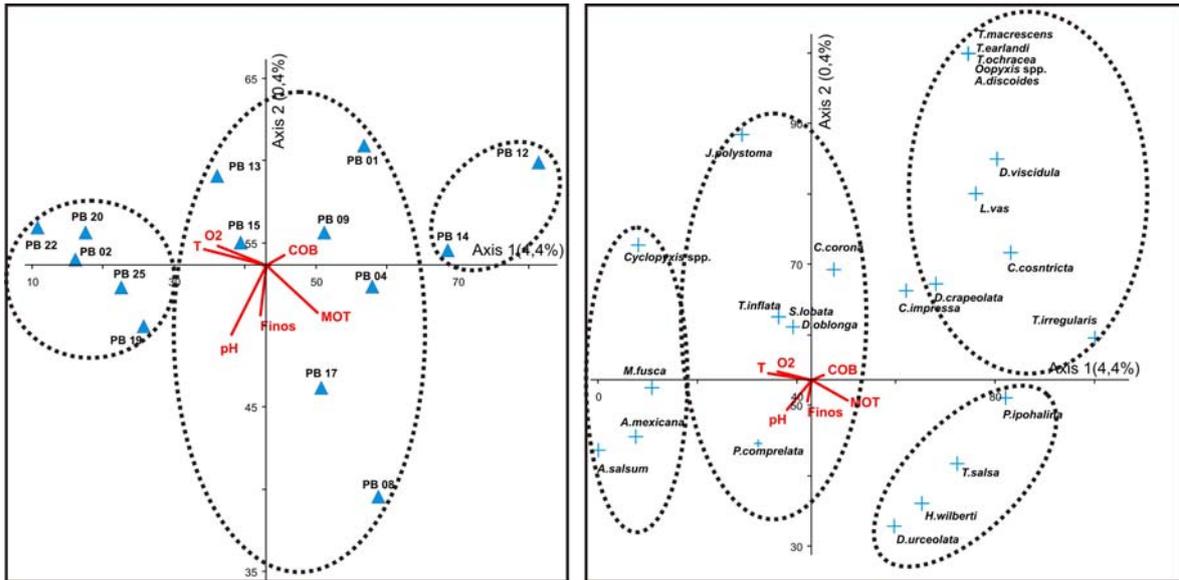


Fig. 55 – Análise multivariada em CCA das estações do delta do rio Paraíba do Sul.

Em relação às espécies *C. impressa* e *J. polystoma* foram as espécies que responderam mais positivamente ao COB e *A. salsum* foi o que respondeu mais negativamente (Fig. 56).

Em relação a porcentagem de matéria orgânica total as espécies de foraminíferos *H. wilberti*, *T. irregularis*, *T. salsa* e *P. ipohalina* foram as que responderam positivamente e as espécies *T. inflata* e *S. lobata* responderam negativamente (Fig. 56).

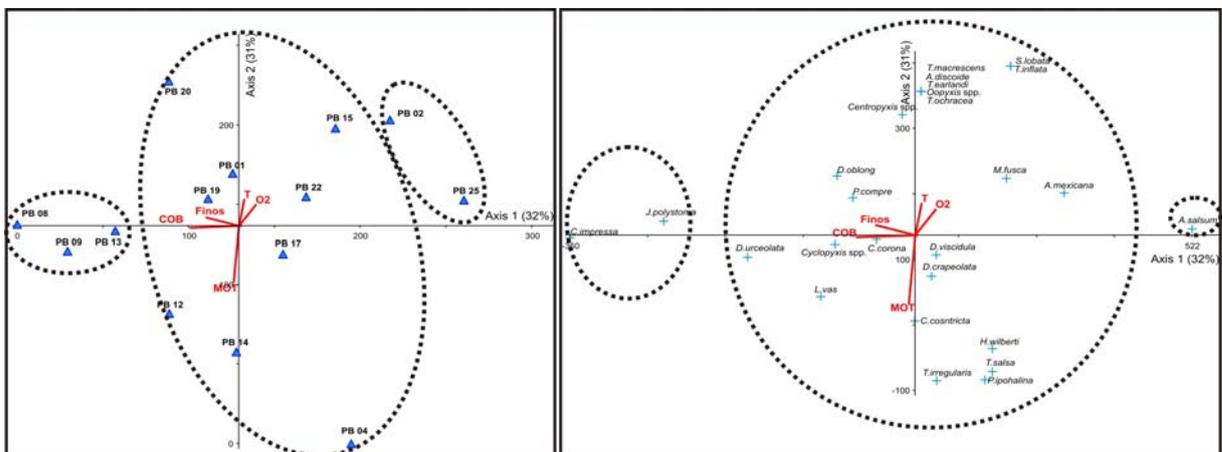


Fig. 56 – Análise multivariada em DCA das estações do delta do rio Paraíba do Sul.

2.6 - Discussão

As variações de temperatura foram pequenas, inferiores a 2°C, provavelmente em função da hora em que as medidas foram tomadas.

O fato de a salinidade ter se mantido zero ao longo de quase todo o estuário indica pouca eficiência na entrada da maré. As estações PB 23, 24 e 25 localizadas atrás de uma barra arenosa que sofre constantes mudanças morfológicas sendo muitas vezes rompida pela ação das ondas, e foram as únicas que apresentaram salinidade. Estes processos dinâmicos permitem maior troca entre as águas fluvial e marinha.

O pH é um parâmetro muito influenciado pelas características da margem. Margens vegetadas têm tendência a apresentar menor valor de pH por ter mais material em decomposição, como o caso da estação PB01 localizada na margem do manguezal.

Os valores de Eh mais negativos na estação PB08 estão relacionados ao esgoto lançado no rio próximo a cidade de São João da Barra e na estação PB25 indicada condições redutoras típicas de manguezais.

O oxigênio seguiu um padrão normal para o ambiente fluvial onde os maiores valores foram concentrados nas estações voltadas para a foz e os menores dentro da região dos manguezais.

A granulometria está associada a intensidade de energia no sistema. O domínio das frações arenosas ao longo de todo o delta demonstra uma alta hidrodinâmica na região. A região onde se localizaram as estações PB 23, 24 e 25 é uma região mais abrigada o que permitiu a deposição das frações mais finas.

As porcentagens de MOT estiveram relacionadas à deposição de sedimentos finos como também à presença de vegetação de mangue.

Os valores de carbono bacteriano foram altos se comparados a outras regiões estuarinas impactadas. No estuário do Itacorubí, Silva *et al.* (2005) encontraram um biomassa de bactérias metabolicamente ativas de $0,031 \mu\text{g C. g}^{-1}$ na margem, ao lado de um aterro sanitário. Na baía de Guanabara, considerada como um dos ambientes estuarinos mais poluídos do mundo já foram encontrados os máximos de $2,640 \mu\text{g C. g}^{-1}$ (Crapez *et al.* 2001), e $0,0245 \mu\text{g C.g}^{-1}$ (Fonseca, 2004). Os altos valores de carbono bacteriano encontrados ao longo do delta ($9,46 - 1,31 \mu\text{g C. g}^{-1}$) podem ser o resultado da somatória de agentes impactantes tais como: agricultura de cana-de-açúcar, da pecuária (principalmente de bovinos) e do despejo de esgoto domésticos sem tratamento nas margens do baixo curso do Paraíba do Sul.

Normalmente, os processos aeróbios deveriam ser dominantes em sedimentos superficiais, a fim de que o aporte de matéria orgânica pudesse ser totalmente oxidado até gás carbônico e água. Processos anaeróbios implicam em perda de nitrogênio para a atmosfera e produção de sulfetos, substâncias tóxicas para os seres vivos. Os processos anaeróbicos no delta foram identificados somente na margem nas adjacências da cidade de São João da Barra e dentro do manguezal (PB 25). Isto demonstra que os despejos de esgoto sem tratamento provocam processos de eutrofização nos canais próximos à cidade de São João da Barra, pois em manguezais os processos anaeróbicos são comuns.

O número de espécies de foraminíferos pode ser considerado baixo em relação a outros estuários de micromaré do litoral do Brasil: e.g. 47 espécies no sistema de canais de Maré de Guaratiba - RJ (Laut *et al.* 2006a); 24 espécies no canal de Bertioga em Santos – SP (Santa-Cruz & Dias-Britto, 2006); 28 espécies de foraminíferos no estuário do rio Itacorubí – SC (Laut *et al.* 2006b).

A região deltaica também pode ser considerada como tendo baixa produtividade

bentica, pois segundo Nichols (1974), um estuário pode ser considerado produtivo quando é encontrado um volume de aproximadamente 50 testas em 50ml sedimento. Em diversas estações foram encontrados menos 50 indivíduos (PB07, 08, 12, 16, 18, 19, 20).

Foraminíferos de carapaça calcária tais como *A. beccarii* f. *tepida* e *E. gunteri* são espécies comuns em estuários (Debenay & Guillou, 2002). Contudo, só foram identificados em duas estações localizadas próximas à foz (PB 21 e 24). Todas as outras espécies de foraminíferos identificados foram aglutinantes, que são resistentes a salinidades muito baixas.

A grande riqueza de espécies de tecamebas encontradas compara-se a de grandes sistemas fluviais como os Amazônicos (Ferreira *et al.* 2006), porém valores altos de riqueza de tecamebas também já foram identificados na região sudeste do Brasil (Oliveira, 1999).

A dominância da espécie de foraminífero *M. fusca* associada às espécies de tecamebas já foi constatado em diversas regiões do mundo (Boltovskoy & Write, 1976; Eichler *et al.* 1995; Debenay & Guillou, 2002), o que e para muitos altores é um indicativo de fluxo de água doce (Debenay & Guillou, 2002), constituindo um ambiente oligohalino (Semensatto Jr., 2006).

Semensatto Jr. (2006) considera que a associação de *M. fusca* com *Polysacamina ipohalina* caracteriza a região onde a salinidade é muito baixa e o sedimento é mais arenoso; Esse padrão também pode ser identificado no rio Paraíba do Sul principalmente ao longo do canal norte do rio.

O gênero de tecameba *Ciclopyxis* juntamente com as espécies de *Diffugia* são consideradas as espécies mais tolerantes a salinidade, sendo comumente encontradas em ambientes oligoalinos quando associados a *M. fusca* (Semensatto Jr., 2003); E indicam

ambiente fluvial quando associados a outras espécies de tecamebas (Riveiros *et al.* 2006), por isso, a região das estações PB07, 08, 09 e 12 se configuram como exclusivamente de domínio fluvial.

A maior concentração de carapaças coradas localizou-se nas estações voltadas para a foz onde o manguezal era mais desenvolvido. Tal fato pode estar ligado a dois fatores: (1) melhor circulação da água da maré, na qual os organismos encontrariam condições marinhas mais próximas de suas necessidades ecológicas; (2) restrições metodológicas relacionadas à dificuldade de detectar a ação do corante Rosa de Bengala em espécies aglutinantes (Laut *et al.* 2007).

Altos percentuais de testas malformadas podem estar relacionados a uma série de variáveis ambientais como também a poluentes (Alve, 1995). Provavelmente não é o caso do rio Paraíba do Sul, pois as estações onde foram identificadas as maiores porcentagens de testas malformadas localizaram-se na região mais externa do delta. Tal fato indica que as testas malformadas no delta do Paraíba do Sul é o resultado da variação dos parâmetros físico-químicos na foz (Geslin *et al.* 2002).

Os valores de diversidade foram muito baixos para ambientes marginais, contudo, Semensatto Jr (2003) estabelece no delta do rio São Francisco, que os valores de índices de diversidade de *Shannon* (H') entre 0,4 e 0,8 são considerados normais. Sendo assim, somente a estação PB02 apresentou-se valores muito baixos. Com base na diversidade e equitabilidade o canal norte do rio apresentou-se como um ambiente mais favorável as espécies.

Quanto mais altos o índice de dominância menor é a estabilidade do favorecendo apenas algumas populações de organismos. Desta maneira, as estações localizadas na foz apresentam-se como o ambiente mais desfavorável para a população de foraminíferos.

Nestas estações (PB02, 22, 23 e 25) *M. fusca* apresentou frequências entre 73,5% -93,4%, e isto mostra o caráter oportunista desta espécie.

Os cinco grupos de organismos obtidas pelo modo – R, indicam espécies com as mesmas necessidades biológicas, visto o baixo índice de similaridade entre as assembléias:

- Assembleia A - composta por espécies típicas de estuário inferior;
- Assembleia B - composta por somente espécies de tecamebas indicando um ambiente exclusivamente fluvial;
- Assembleia C - composta por organismos típicos de estuário superior/intermediário;
- Assembleia D - também composta por espécies típicas de estuário superior e;
- Assembleia E representou um grupo de organismos típicos de franja de mangue.

A correlação com o agrupamento no modo-Q, permitiu observar como essas assembléias indicadoras de condições ecológicas se distribuíram ao longo do delta.

O Grupo I (estações PB01, 12, 14, 19 e 21), composto pelas assembléias A, B, C e E representa um ambiente oligohalino. O Grupo II (estação PB 04), composto pelas assembléias B e D, também apresenta como um ambiente transitório fortemente influenciado pelo manguezal. O Grupo III (PB 03, 07, 08, 09, 13 e 20), composto somente pela assembléia B, indicou a região que somente sofre influência da água do rio. E o Grupo IV (estações PB02, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 24 e 25), composto pelas assembléias C e D, indica a região do delta que recebe maior contribuição da água do mar.

A análise de agrupamento em CCA apresentou o coeficiente de determinação muito baixo, não sendo suficiente para uma interpretação sobre quais das variáveis ambientais

condicionou a distribuição dos organismos. Por outro lado, a análise em DCA apresentou um coeficiente maior que permite uma melhor interpretação ambiental. Os três parâmetros apontados pelos dois principais eixos como condicionantes da distribuição das espécies são diretamente proporcionais (carbono bacteriano, sedimento fino e matéria orgânica total). Desta forma o gráfico indica que as tecamebas junto com *J. polystoma* foram favorecidas pela biomassa de bactérias e por um sedimento lamoso. *Miliammina fusca*, *A. mexicana* e *A. salsum* foram as espécies beneficiadas pelos sedimentos arenosos, relativamente pobre em matéria orgânica e bem oxigenado.

Um gradiente estuarino mesmo que atípico, pela ausência de espécies calcárias estuarinas, pode ser observado ao longo do delta do Paraíba do Sul (Fig. 57):

1 – Estuário Superior – caracterizado pela ocorrência de somente espécies de tecamebas, índice de diversidade alto, atividade bacteriana em aerobiose e anaerobiose, com altas concentrações de carbono bacteriano, e sedimentação predominantemente arenosa pobremente selecionada;

2 – Estuário intermediário – composto por assembléias mistas de foraminíferos e de tecamebas, apresentando os maiores valores de diversidade, atividade metabólica bacteriana em algumas regiões em aerobiose, e sedimentação arenosa pobremente selecionada.

3 – Estuário Inferior – composto predominantemente por espécies de foraminíferos, índice de diversidade variável, atividade metabólica bacteriana em aero e anaerobiose, sedimentação areno-siltosa pobremente selecionada.

O delta do rio Paraíba do Sul possui duas comunicações como o oceano Atlântico e pela disposição da compartimentação obtida pela análise integrada dos parâmetros bióticos e abióticos pode-se inferir que o canal norte possui mais influência marinha, e o canal sul até a cidade de Atafona na foz seria predominantemente fluvial.

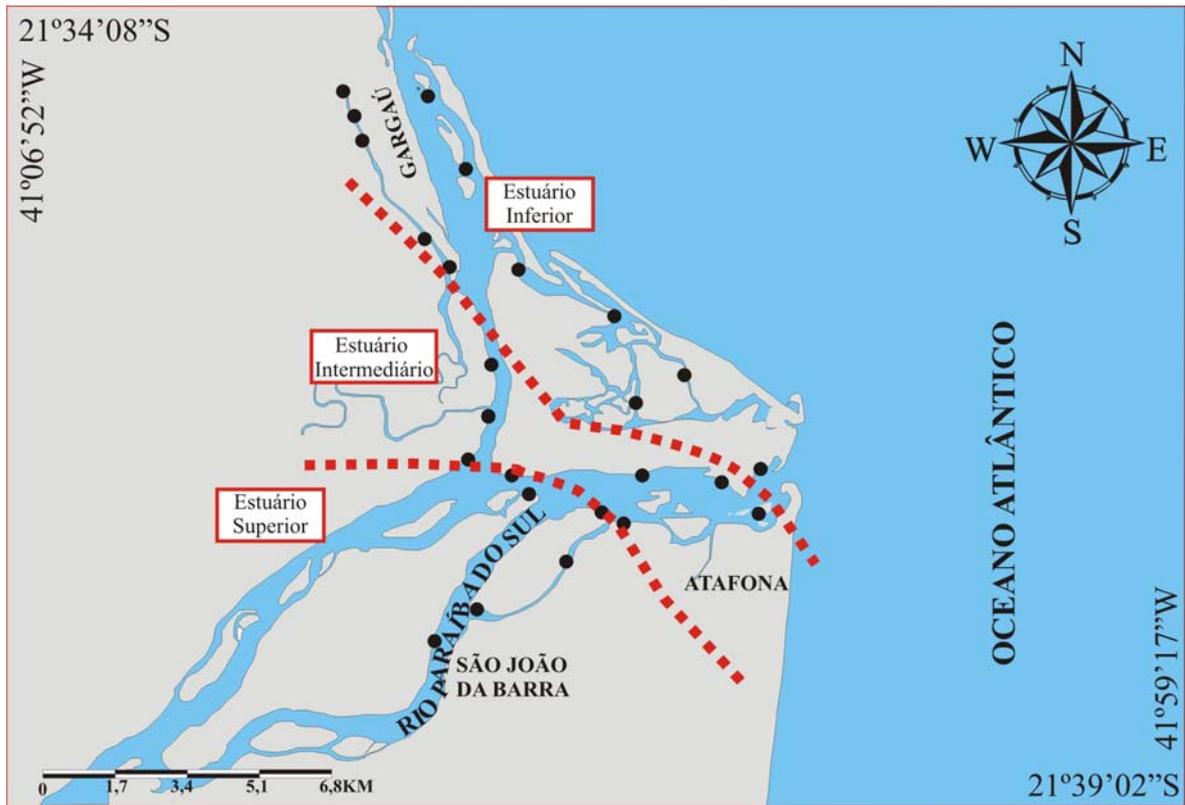


Fig. 57 - Compartimentação do delta do rio Paraíba do Sul com base nas análises das assembléias de foraminíferos e tecamebas associados a parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e microbiológicos.

CAPÍTULO VI

LITORAL SUDESTE

1 – CARACTERIZAÇÃO DO LITORAL SUDESTE

O litoral Sudeste ou das escarpas cristalinas, foi definido por Silveira (1964) como se estendendo desde o Sul do Espírito Santo até o cabo Santa Marta, no estado de Santa Catarina. Villwock (1994) reinterpreto este compartimento como sendo limitado pelo Cabo Frio (RJ) e pelo cabo de Santa Marta (SC). Sua principal característica é a proximidade com a Serra do Mar que em muitos pontos chega diretamente ao oceano.

As observações de cartas geológicas, geomorfológicas e náuticas mostram que um maior número de compartimentos pode ser identificado, sem excesso de detalhamentos (Fig. 58). Primeiramente, o litoral de cordões litorâneos e lagunas associadas, entre Arraial do Cabo e a extremidade oeste da restinga da Marambaia, com a plataforma continental interna mais estreita se alargando lentamente em direção a oeste, pode ser considerado como um compartimento distinto (Muehe, 1998).

A partir da Marambaia (RJ) até São Vicente (SP), o litoral é recortado apresentando pequenas enseadas, vertentes do complexo cristalino, reduzida planície costeira e ilhas. De São Vicente à barra de Cananéia até a Ponta do Vigia (SC), a linha de costa se apresenta retilizada, com longos arcos praias a frente da planície costeira e importantes estuários como os de Santos, Cananéia, Paranaguá, Guaratuba e São Francisco do Sul. Da ponta do Vigia até o cabo de Santa Marta o litoral se apresenta como uma alternância entre afloramentos do

embasamento e importantes sistemas deposicionais tanto de origem marinha como eólico (Muehe, 1998).

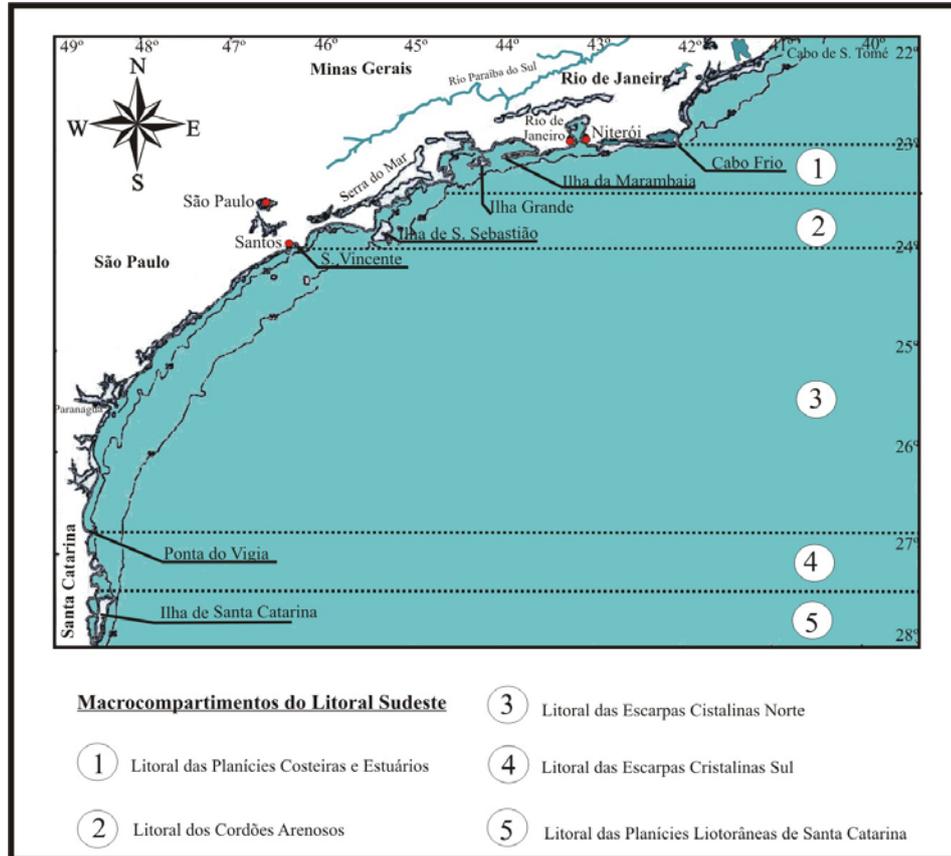


Fig. 58 – Compartimentação do litoral sudeste (Modificado de Muehe, 1998).

2.1 – ESTUÁRIO DO RIO SURUÍ – RIO DE JANEIRO

2.1 – Localização

O rio Suruí é um rio pouco sinuoso, tem cerca de 13 km de extensão e uma pequena vazão em torno de $5,9\text{m}^3/\text{s}$. Nasce na Serra da Palha e deságua na baía de Guanabara na porção N-NE ($22^{\circ}41'45''\text{S}$ e $43^{\circ}06'36''\text{W}$), município de Magé, dentro da área de proteção ambiental de Guapimirim (Fig. 59).

2.2 – Caracterização da Área de Estudo

De uma maneira geral a região da bacia de drenagem da Baía de Guanabara é composta por rochas gnáissicas e graníticas pré-cambiranas, rochas alcalinas cenozóicas, depósitos continentais cenozóicos das formações Macacú e Caceribu, bem como sedimentos holocênicos fluviais, coluviais, marinhos e fluvio-marinhos (Amador, 1997).

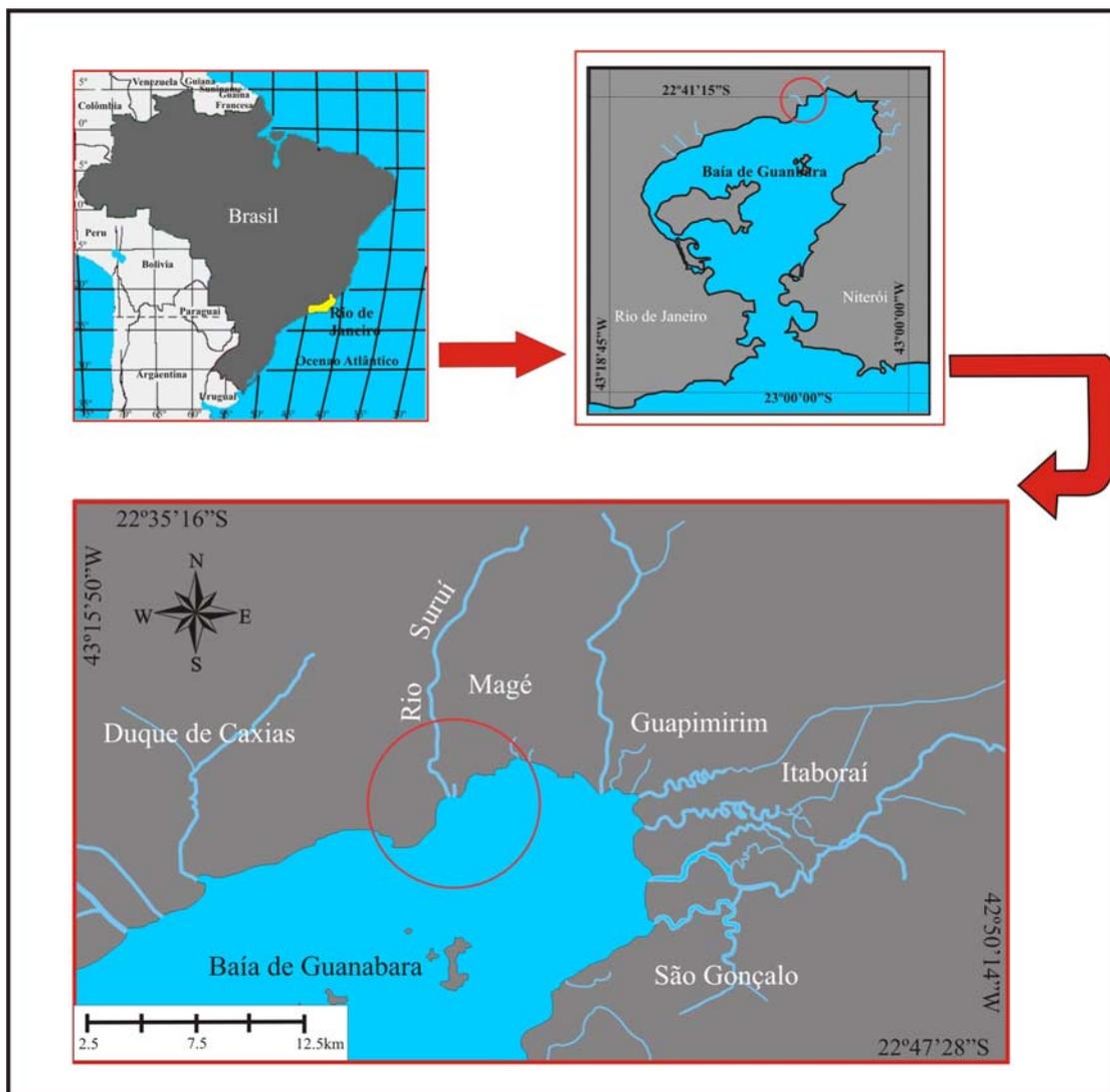


Fig. 59 – Localização do estuário do rio Suruí.

Especificamente o rio Suruí percorre corpos graníticos (Granito Suruí) da Serra da Palha no município de Magé. O granito Suruí corresponde a um biotita-granito com

megacristais de microlina orientados, e uma matriz quartzo-diorítica de granulação média (Penha *et al.* 1980). Os afloramentos deste granito podem ser vistos tanto dentro da área de manguezal quanto no conjunto de ilhas arredondadas (*boulders*) da baía de Guanabara.

Apesar de não se ter um estudo sedimentológico direcionado ao rio Suruí o fundo da baía de Guanabara é composto por sedimentos flúvios marinhos de origem holocênica constituídos de sedimentos finos, siltico-argilosos ou argilo-sílticos, ricos em matéria orgânica (Amador, 1997).

Geomorfologicamente a região é composta pelos maciços litorâneos e pela baixada Fluminense. Os maciços litorâneos se configuram com blocos deformados tectonicamente, escalonados com altitudes variadas que representam os interflúvios dos rios que descem na direção da Baixada da Guanabara (Meis, 1976).

O clima da região é quente e úmido. A temperatura média anual atinge 24°C na Baixada e 20°C na região serrana. A precipitação anual média anual é superior a 2.000 mm na Serra do Mar e oscila entre 1.000 a 1.500 mm na Baixada. No inverno há a tendência de uma estação seca, enquanto que o verão se caracteriza por chuvas torrenciais (Amador, 1997).

Os ventos dominantes são do quadrante E e NE e a região encontra-se localizada na rota de frentes polares, onde freqüentemente o sistema de circulação do anticiclone do Atlântico Sul provenientes das latitudes baixas se opõe em equilíbrio dinâmico (Amador, 1997).

As marés dentro da região da baía de Guanabara são semi-diurnas, com um período de 12,5 horas. A maré média na estação maregráfica da ilha Fiscal, possui amplitude de 1,4 m.

A média de temperatura da água é de 27°C em função da exposição do sedimento ao sol durante a baixamar que gera um aquecimento. A salinidade na boca do estuário é baixa, em torno de 29.

O Manguezal de Suruí faz parte da APA de Guapimirim e tem como principal característica à influência de dois rios: o Rio Suruí e o Rio Suruí-Mirim. Podem ser classificados como do tipo ribeirinho (*riverine*) de Lugo e Snedaker (1974), ocupando o aluvião ao longo dos rios e riachos. Segundo observações em campo, não há uma zonação bem marcada no manguezal do Suruí. Grande parte do manguezal é colonizado por *A. schaueriana*, e nas áreas mais baixas onde o sedimento é mais inconsolidado há o domínio de exemplares não muito desenvolvidos de *R. mangle*. Em regiões mais altas como as chênier há o domínio de bromélias e hibiscus (Fig. 60 a e b).

A presença de espécies invasoras (*Hibiscus pernambucensis* e *Acrostichum aureum*) é favorecida pelo desmatamento acentuado e poluição dos cursos d'água, e o rápido desenvolvimento destas espécies inibe a colonização e o crescimento das espécies típicas do mangue (FEEMA, 1979).



Fig. 60a – Campo de *Avicenia* no manguezal do Suruí (Foto: Laut, 2006)



Fig. 60 b – Campo de *Rhizophora* no manguezal do Suruí (Foto: Laut, 2006).

2.3 – Agentes Impactantes

Em Janeiro de 2000, a baía de Guanabara sofreu com o vazamento de 1.300.00 litros de óleo combustível marinho MF380, caracterizado como mistura de diesel e óleo combustível pesado. Grande parte dos manguezais foi atingida e especificamente no Suruí houve mortandade em massa da floresta de mangue próximo às margens (Soares *et al.* 2006).

Além do impacto por óleo o estuário recebe grande quantidade de esgoto sem tratamento e lixo flutuante que pode ser observado nas margens e no mangue.

2.4 – Amostragem no Estuário do Suruí

A amostragem no estuário do rio Suruí foi realizada durante o mês de fevereiro de 2007 em uma embarcação de pequeno calado tipo “voadeira”, usando como amostrador uma draga do tipo *van Veen*. Foram coletadas oito amostras de sedimento desde a região mais externa do estuário (estações SU 01, 02 e 08) até a região mais interna do estuário (estações SU 03, 04, 05, 06 e 07), objetivando obter o grau de confinamento e/ou de estresse ambiental (Fig. 61).

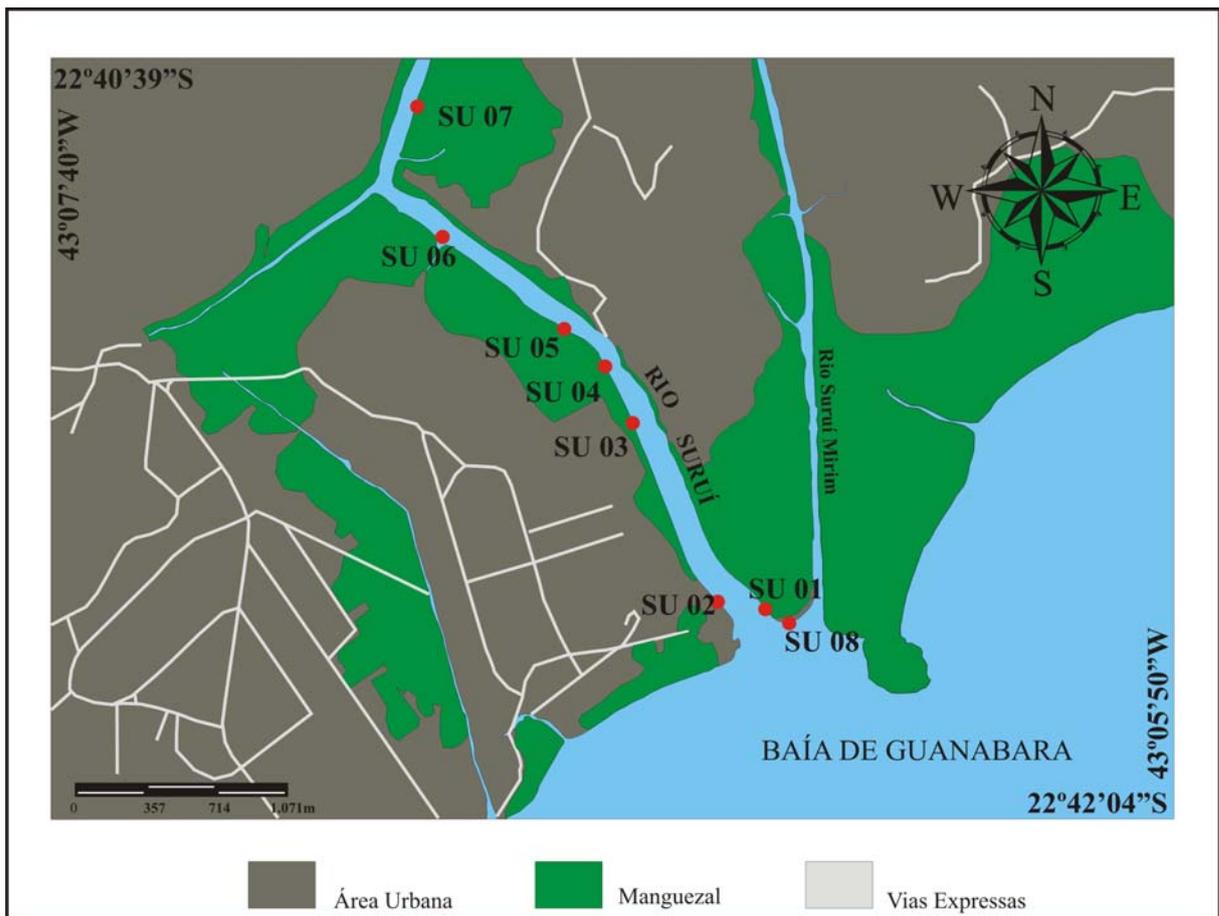


Fig. 61 – Estações amostrais ao longo do estuário do rio Suruí – RJ.

Foram coletadas amostras destinadas às análises de foraminíferos, tecamebas, granulometria, matéria orgânica total, atividade respiratória bacteriana e carbono bacteriano.

Foram medidos em campo os parâmetros físico-químicos salinidade e Eh.

2.5 – Resultados

2.5.1 – Abióticos

A salinidade foi pouco variável ao longo dos pontos estando entre 4 e 5 ao longo do estuário. Somente na estação SU 08 na foz do rio, a salinidade foi de 15 (Tab. 15).

O Eh manteve-se negativo ao longo de todo estuário exceto nas estações SU 02 e 08. Os valores mais negativos (-334 e -237) foram obtidos nas estações SU 03 e 04 (Tab. 15).

As análises granulométricas demonstraram a predominância das frações arenosas pobremente selecionadas. Na classificação textural de Flemming (2000) as estações localizadas na foz (SU 01,02 e 08) foram classificadas como areia passando gradativamente para areia muito lamosa, lama areno-siltosa e voltando para areia muito siltosa na estação SU 07 (Fig. 61). A matéria orgânica total oscilou da foz para a região mais interna do estuário. Ela variou entre 0,29 na estação SU 08 a 14,27 na estação SU 06 (Fig. 62).

Tab. 15 – Parâmetros físico-químicos das águas de fundo amostradas no estuário do rio Suruí.

Estações	Salinidade	Eh
SU 01	5	-115
SU 02	5	25
SU 03	4	-334
SU 04	5	-237
SU 05	4	-167
SU 06	4	-177
SU 07	4	-47
SU 08	15	10

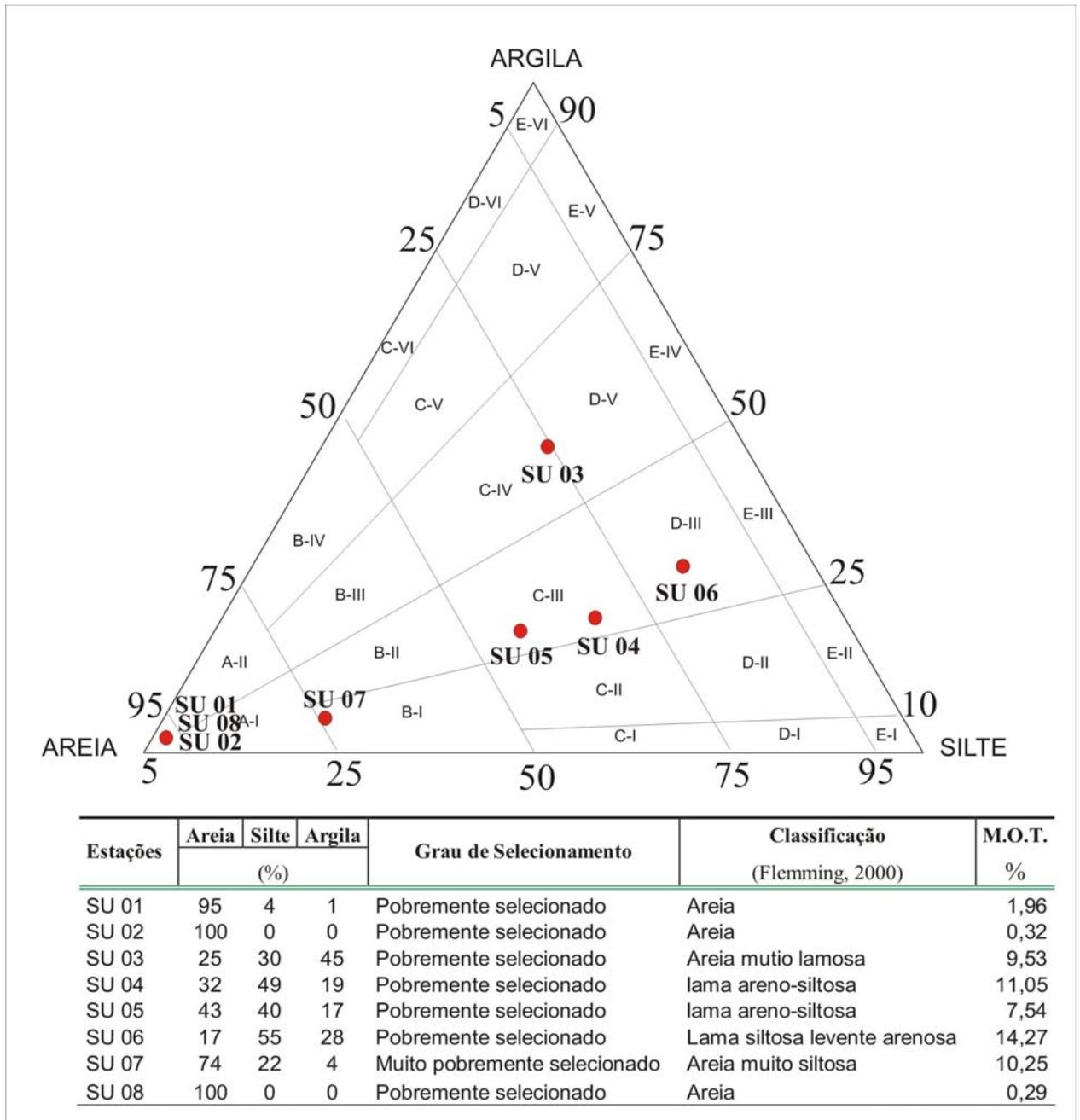


Fig. 62 – Granulometria do sedimento e teor de matéria orgânica do estuário do rio Suruí

2.5.2 – Bióticos

Processos respiratórios bacterianos em aerobiose não foram identificados ao longo do estuário do Suruí. Os processos em anaerobiose foram constantes exceto na estação SU 06 onde os processos fermentativos foram ausentes (Tab. 16).

O carbono bacteriano foi muito oscilante ao longo do estuário apresentando os maiores valores em SU 05 e 06 e os menores em SU 08 (Tab. 16).

Tab. 16 – Atividade respiratória bacteriana e carbono bacteriano no estuário do rio Suruí (P - presença de crescimento; N – ausência de crescimento; V – crescimento variável).

Estações	Aerobiose	Fermentação	Desnitrificação	Sulfato-redução	Carbono Bacteriano ($\mu\text{g C.g}^{-1}$)
SU 01	N	P	P	P	11,30864
SU 02	N	P	P	P	4,295062
SU 03	N	P	P	P	21,17284
SU 04	N	P	P	P	17,71605
SU 05	N	P	P	P	25,96914
SU 06	N	N	P	P	24,67284
SU 07	N	P	P	P	3,932099
SU 08	N	P	P	P	2,128086

Foram identificados 29 táxons de foraminíferos e 18 de tecamebas ao longo do estuário do Suruí (Tab. 17). Na estação 2 foram encontrados apenas 4 exemplares e por isso esta amostra foi desconsiderada nas análises.

A densidade populacional variou de 854 testas na estação SU 03 a 129 testas na estação SU 08. O maior número de espécies foi identificado na região mais interna do estuário (16-31 espécies) e o menor foi na foz (entre 8-19 espécies).

Foram identificados foraminíferos corados (vivos) somente nas estações SU 03 (2 espécimes) e 08 (8 espécimes).

A espécie que apresentou a maior frequência relativa foi *Haplophragmoides wilberti* (23,7 e 50,4%) seguido por *Arenoparrella mexicana* (27,9 e 12,6%) e *Trochamminita salsa* (1,6 e 8%).

Espécies de testa calcária foram identificadas somente nas estações SU 08 e SU 03. *Ammonia beccarii* f. *tepida* foi a que apresentou frequências consideráveis de 8% na estação

SU 03 e de 3,9% em SU 08. Espécimes pertencentes à ordem Miliolidae não foram identificados no estuário.

Das espécies de tecamebas as que se destacaram com maiores frequências foram: *Centropyxis aculeata* (0,9 – 3,6%) *Diffflugia capreolata* (0,2 – 4%) *Pontigulasia compressa* (1,4 – 3,8%) e *Diffflugia oblonga* (1,4 – 3,4%).

O índice de diversidade (H') foi mais alto em SU 03 (2,4) e menor em SU 08 (1,4). O índice de equitatividade (J') foi de 0,7 na estação SU 08 localizada mais na foz, desce para 0,6 em SU 01 e se manteve constante (0,7) ao longo de várias estações até a estação SU 07, onde o valor sobe para 0,8. A dominância segue um padrão muito parecido ao dos outros índices, menor na foz (0,7) e subindo gradativamente (0,9) em direção a região mais interna do estuário (Tab. 17).

A análise de agrupamento em modo – R definiu cinco assembléias de foraminíferos e tecamebas ao longo do estuário do Suruí (Fig. 63):

- Assembléia A – *C. constricta* e *D. viscidula* são as espécies mais constantes nesta assembléia seguida por outras espécies de tecamebas com frequências muito baixas. A espécie de foraminífero mais expressiva nesta assembléia foi *A. salsa*.
- Assembléia B – composta praticamente por espécies de foraminíferos, onde a espécie mais expressiva foi *H. wilberti* seguido por *A. mexicana*, *A. salsum* e *H. manilaensis*. A única espécie de tecameba identificada foi *Oopyxis* sp. identificada somente numa estação com frequência inferior a 5%.
- Assembléia C – composta somente por espécies de foraminíferos, onde as espécies mais expressivas foram *T. salsa*, *T. inflata*, *S. lobata*, *T. macrescens* e *P. clossi*. Nesta assembléia *Miliammina fusca* possui frequências muito baixas e foi identificada somente nas estações SU 06 e 07.

Tab. 17 – Frequência relativa (%) das espécies de foraminíferos e tecamebas do estuário do rio Suruí.

Espécies/Estações	SU01	SU03	SU04	SU05	SU06	SU07	SU08
Numero de espécimes	661	854	500	323	448	131	129
Número de espécies	19	29	30	30	31	16	8
Diversidade de Shannon (H')	1,9	2,4	2,3	2,5	2,5	2,2	1,4
Equitatividade (J')	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7
Dominância	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,7
Numero de corados	0	2	0	0	0	0	8
Número de malformações	10	6	16	14	13	6	12
<i>Acupeina triperforata</i>	-	-	0,2	-	-	-	-
<i>Ammoastuta inepta</i>	0,5	1,2	1,4	0,3	-	-	-
<i>Ammoastuta salsa</i>	-	0,2	-	0,9	0,4	-	-
<i>Ammobaculites dilatatus</i>	1,4	-	-	-	0,2	-	-
<i>Ammobaculites exiguus</i>	8,1	0,2	-	0,6	-	-	-
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>tepida</i>	-	8,0	-	-	-	-	3,9
<i>Ammotium cassis</i>	-	0,2	-	0,3	0,7	-	-
<i>Ammotium pseudocassis</i>	-	-	0,2	-	-	-	-
<i>Ammotium salsum</i>	6,1	5,2	5,2	7,7	5,6	0,8	8,5
<i>Arenoparrella mexicana</i>	13,8	12,6	15,2	14,9	15,0	21,4	27,9
<i>Elphidium gunteri</i>	-	1,6	-	-	-	-	-
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	-	0,5	1,4	1,5	0,4	0,8	2,3
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	46,5	37,0	39,2	33,7	32,4	23,7	50,4
<i>Jadammina polystoma</i>	-	0,2	0,4	1,5	0,7	0,8	-
<i>Miliamina fusca</i>	-	-	-	-	0,9	7,6	-
<i>Paratrochammina clossi</i>	0,2	-	0,8	0,3	0,7	4,6	-
<i>Polysaccammina ipohalina</i>	0,2	2,3	4,2	3,7	5,4	-	-
<i>Pseudothuramina limnetis</i>	-	-	0,2	-	-	-	-
<i>Reophax nana</i>	-	0,2	-	-	-	-	-
<i>Saccammina sphaerica</i>	-	-	0,6	-	-	-	-
<i>Siphotrochammina lobata</i>	2,3	0,7	1,4	2,5	2,7	3,8	-
<i>Textularia earlandi</i>	4,3	3,7	2,6	1,2	0,9	1,5	1,6
<i>Textularia paranaguaensis</i>	1,8	0,9	-	0,6	0,9	-	-
<i>Tiphotrocha comprimata</i>	0,5	-	0,6	-	-	1,5	-
<i>Trochammina inflata</i>	9,7	6,1	3,6	3,1	4,2	9,9	3,9
<i>Trochammina macrescens</i>	0,5	1,4	1,0	0,3	1,6	6,1	-
<i>Trochammina squamata</i>	0,2	-	-	-	-	3,8	-
<i>Trochamminata irregularis</i>	0,2	1,6	1,8	3,1	0,4	-	-
<i>Trochamminita salsa</i>	3,4	6,8	6,8	8,0	6,9	11,5	1,6
<i>Apodera vas</i>	-	-	-	1,2	-	-	-
<i>Centropyxis constricta</i>	-	0,9	3,6	1,9	1,6	1,5	-
<i>Curcubitella corona</i>	-	0,9	0,6	1,5	2,5	-	-
<i>Cyclopyxis impressa</i>	-	-	0,4	-	-	-	-
<i>Cyclopyxis spp.</i>	-	-	0,4	-	0,4	-	-
<i>Diffugia correntina</i>	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>Diffugia caprelota</i>	0,2	0,9	0,2	0,6	4,0	-	-
<i>Diffugia globulus</i>	-	-	-	-	1,6	-	-
<i>Diffugia urceolata</i>	-	0,2	0,2	0,3	0,2	-	-
<i>Diffugia viscidula</i>	0,2	1,2	2,8	1,2	0,2	-	-
<i>Diffugia oblonga</i>	-	2,6	1,4	3,4	2,5	-	-
<i>Lagenodiffugia vas</i>	-	-	0,6	1,9	1,1	-	-
<i>Lagunculina urnala</i>	-	-	-	-	0,7	-	-
<i>Lesquereusia spp.</i>	-	-	-	0,3	0,2	-	-

<i>Pontigulasia compressa</i>	-	1,4	2,6	1,5	3,8	-	-
<i>Plagiopyxis spp.</i>	-	0,5	0,4	1,2	1,3	0,8	-
<i>Oopixis</i>	-	0,5	-	-	-	-	-

- Assembléia D – predominantemente composta por espécies de tecamebas onde se destaca *Plagiopyxis ssp.* seguida por *D. urceolata* e pelas espécies de foraminíferos *J. polystoma* e *T. irregularis*.
- Assembléia E – composta pelas espécies de tecamebas *C. corona*, *P. compressa* e *D. capreolata*. A espécie de foraminífero que mais se destacou foi *P. ipohalina*.

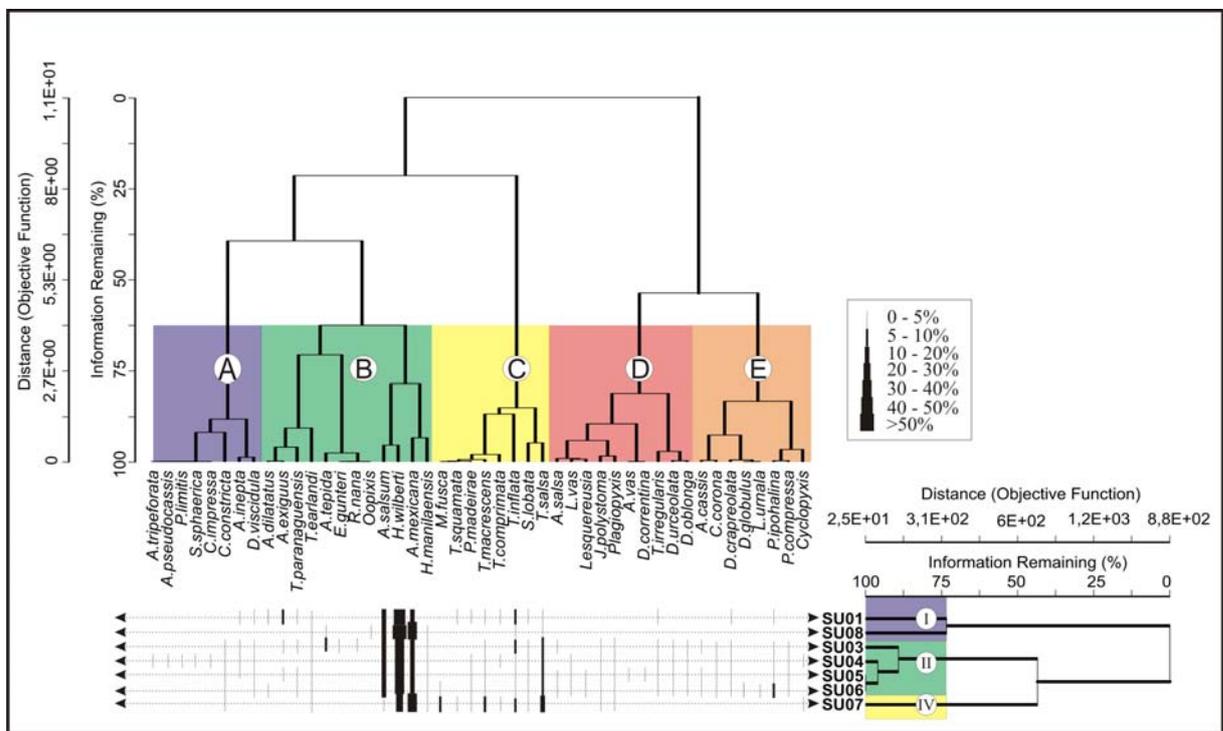


Fig. 63 – Dendrogramas (modo – R e Q) mostrando o agrupamento das espécies de foraminíferos e tecamebas e de estações do estuário do rio Suruí.

O agrupamento em modo – Q definiu três grupos de estações (Fig.): Grupo I – composto pelas estações SU 01 e 08; Grupo II – englobou as estações SU 03, 04, 05 e 06; e Grupo III – composto somente pela estação SU 07 (Fig. 63).

A correlação entre os tipos de agrupamento demonstrou que: o Grupo I concentrou toda a Assembléia B e C; o Grupo II agrupa todas as assembléias; e o Grupo III foi composto pelos organismos das Assembléias A, B e C (Fig. 62).

A análise multivariada em CCA usando como variáveis ambientais salinidade (Sal), matéria orgânica total (MOT), finos (silte+argila) e carbono bacteriano (COB) apresentou como coeficiente de determinação entre as distâncias e a ordenação, 62% para o eixo 1 e 19% para o eixo 2 (Fig. 64).

As variáveis ambientais que apresentaram os maiores vetores com menor angulação em relação ao eixo 1 foram a porcentagem de sedimentos finos e o carbono bacteriano. Em relação a essas variáveis as estações SU 01, 08 e 07 foram as que responderam negativamente, enquanto que as estações SU 03, 04, 05 e 06 responderam de forma positiva (Fig. 64).

As espécies *Trochammina squamata*, *Tiphotrocha comprimata*, *Paratrochammina clossi*, *Trochammina macrescens*, *Siphotrochammina lobata* e *Trochamminita salsa* foram as espécies que responderam negativamente ao sedimento arenoso com menor concentração de bactérias metabolicamente ativas. Todas as outras espécies tiveram resposta neutra (*Diffflugia viscidula*, *Textularia earlandi*, *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *Trochammina inflata* entre outras) ou positivas (*Oopyxis* spp., *Elphidium gunteri*, *Reophax nana*, *Diffflugia globulus* entre outras).

No eixo 2 a variável matéria orgânica total e salinidade apareceram como opostas. As estações SU 08 e 01 responderam positivamente à salinidade enquanto que as estações SU 05, 06 e 07 responderam positivamente às porcentagens de matéria orgânica (Fig. 64). Em relação às espécies as que responderam mais positivamente à salinidade e negativamente a matéria orgânica foram *A. beccarri* f. *tepida*, *Ammobaculites exiguus*, *Elphidium gunteri*, *Oopyxis* spp. e *Reophax nana*. As espécies que foram opostas respondendo negativamente à salinidade

e positivamente a matéria orgânica foram *Lagunculina urnala*, *Diffflugia globulus*, *M. fusca* e *Lesquereusia* spp (Fig. 64).

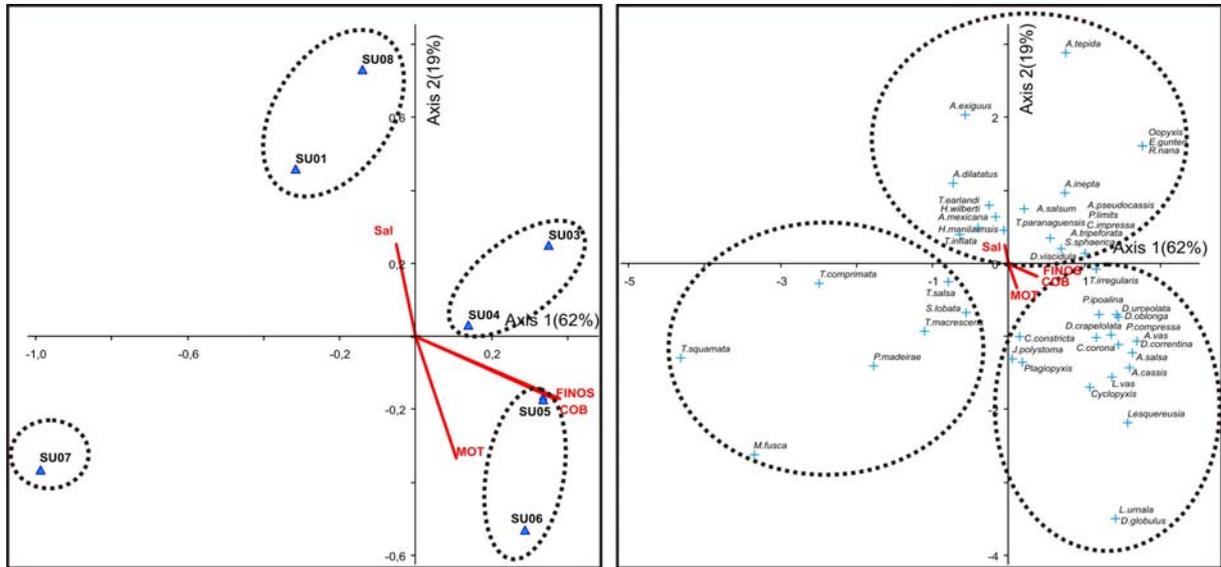


Fig. 64 – Análise multivariada em CCA das estações e das espécies do estuário do rio Suruí.

A análise multivariada em DCA usando como variáveis ambientais a salinidade (Sal), sedimentos finos (Silte+argila), matéria orgânica total (MOT) e carbono bacteriano (COB) apresentou coeficiente de determinação entre as distâncias e a ordenação de 64% para o eixo 1 e de 0,8% para o eixo 2 (Fig. 65).

Nesta análise os maiores vetores em relação ao eixo 1 também foram a concentração de finos e o carbono bacteriano. As estações SU 01, 08 e 07 foram as que responderam negativamente a essas variáveis, e enquanto que as estações SU 03, 04, 05 e 06 foram as que responderam positivamente.

Em relação às espécies *M. fusca* e *T. squamata* foram as que responderam mais negativamente ao sedimento fino e à quantidade de bactérias metabolicamente ativas. As espécies de tecamebas *D. oblonga* e *D. urceolata* foram as que responderam de forma mais positivas às variáveis do eixo 1 (Fig. 65).

No eixo 2 a salinidade demonstrou menor angulação em relação à matéria orgânica total. As estações mais internas do estuário (SU 04, 05, 06 e 07) foram as que responderam negativamente em relação à salinidade e as estações externas (SU 01, 08 e 03) foram as que responderam positivamente (Fig. 65).

Em relação às espécies *Elphidium gunteri*, *R. nana*, *Oopyxis* sp. e *A. beccarii* f. *tepida* foram as que apresentaram resposta mais positiva à salinidade, enquanto as espécies de tecamebas *D. globulus* e *L. urnala* foram as que apresentaram a resposta mais negativa (Fig. 64).

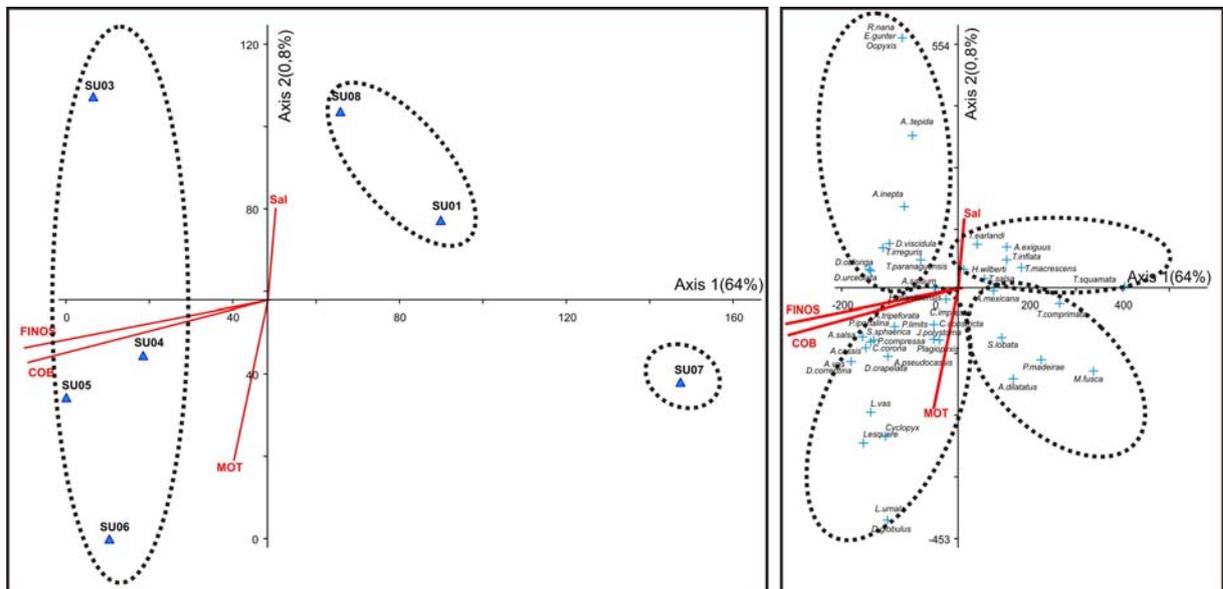


Fig. 65 - Análise multivariada em DCA das estações e das espécies do estuário do rio Suruí.

2.6 - Discussão

A salinidade ao longo do estuário foi pouco variável sendo maior somente na foz, e muito inferior aos valores já identificados (Amador, 1997).

Os valores de Eh registrados demonstraram que o ambiente é predominantemente redutor, exceto na estação SU 02 localizada na foz.

O estuário do Suruí apresentou-se bem arenoso na foz com baixas concentrações de matéria orgânica total. Na região intermediária do estuário dominou a sedimentação lamosa com altos valores de matéria orgânica, e na estação mais interna a sedimentação arenosa voltou a ser dominante. A dinâmica na foz possivelmente é maior do que na região intermediária do rio, que é margeada por plantas de mangue que caracteristicamente tendem a reter sedimento.

Os valores de matéria orgânica apresentados na região intermediária do estuário (entre 9-14%) são considerados altos até mesmo para a baía de Guanabara, pois os valores mais altos não ultrapassam 6% (Baptista-Neto *et al.* 2000; Vilela *et al.* 2002; Silva *et al.* 2005).

A biomassa de bactérias metabolicamente ativas foi extremamente alta para ambientes estuarinos. No material particulado da baía de Guanabara, considerada como um dos sistemas estuarinos mais poluídos do mundo, os valores máximos de carbono bacteriano encontrados foram de 8,952 $\mu\text{gC.g}^{-1}$. Esse enriquecimento de biomassa bacteriana pode estar ocorrendo pelo somatório de vários fatores, dentre eles a proximidade com o manguezal e a carga de efluentes domésticos e industriais para dentro do estuário. Segundo Knoppers *et al.*, (1999) regiões onde o sedimento é disóxico tende a armazenar nutrientes favorecendo a população de bactérias. Fontana *et al.* (2006a e b) identificaram altos valores de carbono bacteriano no manguezal do rio Suruí que foram favorecidos pelas concentrações de HPAs e de matéria orgânica.

A ausência de processos metabólicos em aerobiose mostrou que o estuário sofre processo de eutrofização. O domínio de processo anaeróbicos no Suruí implica na perda de nitrogênio para a atmosfera e produção de sulfetos.

Uma grande riqueza de espécies de tecamebas foi identificada ao longo do estuário do Suruí, que provavelmente está sendo favorecida por uma salinidade baixa e por altas

concentrações de matéria orgânica, como apontado por Riveiros *et al.* (2006) para um sistema estuarino no Canadá.

No Litoral Sudeste altos valores de riqueza de espécies de tecamebas já foram identificados no sistema estuarino do rio Itanhaém – SP (Oliveira, 1999).

As espécies com maior distribuição *C. constricta*, *C. corona*, *D. capreolata*, *D. viscidula*, *D. oblonga*, *D. urceolata* e *L. vas* já foram identificadas em diversas regiões do mundo (Riveiros *et al.* 2006; Scott & Medioli, 1980, Schönborn, 1994) como também no Brasil (Bonetti & Eichler, 1997; Barbosa, 1995; Scott *et al.* 1990, Eichler-Coelho *et al.* 1997; Laut *et al.*, 2005).

As espécies de *Diffflugia* já foram consideradas com indicadoras de ambiente eutrofizado, de pH ácido (3,9 - 4,5) e com grandes concentrações de matéria orgânica (Scott & Medioli, 1980; Petterson *et al.* 1996). Isto pode ser observado na região intermediária do estuário do Suruí, onde foram encontrados os maiores valores de matéria orgânica com maior quantidade de bactérias metabolicamente ativas em anaerobiose.

Segundo Patterson *et al.* (1996) as espécies de *Cucurbitella* identificadas ao longo de toda a região intermediária do estuário são comuns em regiões onde as águas são mais quentes e o ambiente é eutrófico.

As espécies de *Centropyxis* que ocorrem em cinco das oito estações amostradas são consideradas por Patterson *et al.* (1985) como as mais oportunistas, estando sempre associadas a baixos teores de matéria orgânica, o que não é o caso do Suruí, como também à baixa salinidade (Bonetti, 1995). Também são consideradas como boas indicadoras de ambientes oligotróficos com salinidade inferior a 5, e pobres em nutrientes em regiões temperadas (Scott & Medioli, 1980). Contudo parecem não ser tolerantes a pH inferior a 5,5 (Riveiros *et al.* 2006).

As espécies de foraminíferos dominantes no estuário do Suruí são tipicamente de manguezais e de estuário confinado de micromaré (Laut, 2003), e são muito similares às identificadas no manguezal adjacente por Fontana *et al.* (2006a e b). As espécies de *H. wilberti* e *A. mexicana* são consideradas como oportunistas e comumente identificadas como dominantes em estuários de micromaré (Zaninetti *et al.*, 1979; Brönnimann *et al.* 1981a; Semensatto Jr., 2006).

As duas únicas espécies calcárias identificadas foram *A. beccarii* f. *tepida* e *E. gunteri* que são consideradas dentre os rotalídios como as mais adaptadas as variáveis ambientais (Boltovskoy, 1965; Laut, 2000; Santos, 2005).

Miliammina fusca que é uma espécie comumente identificada como dominante em estuários, principalmente associadas à tecamebas (Duleba *et al.* 1999a e b; Ferreira *et al.* 2006; Semensatto Jr. 2006), foi identificada com frequências muito baixas na região intermediária do estuário. Laut (2003) e Ferreira *et al.* (2006) apontaram que esta espécie parece ser tolerante a salinidades baixas mais não a material em suspensão. Possivelmente a turbidez da água no Suruí tenha sido um fator limitante à espécie *M. fusca*.

Os índices ecológicos (riqueza, diversidade, equitabilidade) foram maiores na região intermediária do estuário, demonstrando que esta parece ser a área mais favorável tanto a espécies de foraminíferos quanto de tecamebas. Segundo Cluver (1990) altos valores de diversidade e riqueza são comuns nos estuários, onde há a mistura entre a população de tecamebas e de foraminíferos. O índice de dominância foi maior na região central em função dos altos valores de frequência apresentados por *H. wilberti*.

Espécimes apresentando testas malformadas foram identificados ao longo de todo o estuário o que pode ser um indício que existem altas concentrações de poluentes no sedimento (Alve, 1995; Stoff *et al.*, 1999; Geslin *et al.*, 2002, Yanko *et al.*, 1992 e 1994).

As cinco assembléias de organismos obtidas pela análise em modo – R reuniu espécies com necessidades ecológicas semelhantes:

- Assembléia A – composta por espécies de foraminíferos típicas de manguezal.
- Assembléia B – foi composta por espécies comumente encontradas na franja do manguezal onde a salinidade é menos variável.
- Assembléia C – reuniu espécies de hábito alimentar herbívoro exceto *M. fusca*. Estas espécies são freqüentemente encontradas em manguezais associadas as raízes das plantas.
- Assembléia D – foi composta por espécies de tecamebas que indicam ambiente de água doce e pelas espécies de foraminíferos *J. polystoma* e *T. irregularis*, que são comumente são encontradas na região limítrofe do ambiente estuarino para o fluvial.
- Assembléia E – composta por espécies de tecamebas tolerantes a salinidade e pela espécie de foraminífero *P. ipohalina*, que normalmente é associada a tecamebas.

Os três grupos de estações obtidos pala análise de agrupamento em modo – Q organizou as estações de forma que sugere um gradiente estuarino onde:

- Grupo I (estações SU 01 e 08) – Localizara-se na região mais externa do estuário, composta pelas assembléias B e C. Demonstrando que esta região é a que mais sofre a influência marinha como também do manguezal adjacente.
- Grupo II (estações SU 03, 04, 05, 06) – localiza-se ao longo de todo estuário sendo composto por todas as assembléias de organismos.
- Grupo III (estação SU 07) – localizada na região mais interna do estuário onde a assembléia representativa foi a B seguida por espécies da C e D. Esta região apresentou uma grande influência do manguezal.

A salinidade da água é considerada como o fator determinante na distribuição das espécies de foraminíferos e tecamebas num estuário (Reddy & Rao, 1984). Contudo, tanto a análise multivariada em CCA quanto a em DCA mostraram que a quantidade de bactérias metabolicamente ativas somada à granulometria fina foram os parâmetros mais influentes na distribuição dos organismos. A região intermediária do estuário foi a região mais produtiva para a população de foraminíferos e de tecamebas. Os parâmetros secundários na análise foram a porcentagem de matéria orgânica e a salinidade que também demonstram serem as estações da foz favorecidas pela maior salinidade, e as estações mais internas pela maior concentração de matéria orgânica.

Baseado na integração dos dados bióticos e abióticos foi possível compartimentar o estuário do Suruí segundo um gradiente estuarino ou de estresse ambiental no qual (Fig. 66):

1 – Estuário Superior – marcado pela presença de espécies de foraminíferos típicas de manguezal e por tecamebas apresentando índices ecológicos altos. A concentração de bactérias metabolicamente ativas foi baixa, apresentando os processos respiratórios em anaerobiose. O sedimento foi areia muito siltosa, muito pobremente selecionada, com alta concentração de matéria orgânica.

2 – Estuário Intermediário – composto por uma mistura entre a população de foraminíferos e de tecamebas e por isso apresentou os maiores índices ecológicos. Nesta região foi encontrada a maior concentração de bactérias metabolicamente ativas, que apresentam atividade respiratória em anaerobiose. A sedimentação foi lamosa, areno-siltosa pobremente selecionada, com altas concentrações de matéria orgânica.

3 – Estuário Inferior – composto por espécies de foraminíferos típicas da franja de mangue, apresentando os índices ecológicos mais baixos. A biomassa bacteriana foi variável com atividade respiratória em anaerobiose. O sedimento dominante foi areia pobremente selecionada com baixa concentração de matéria orgânica.

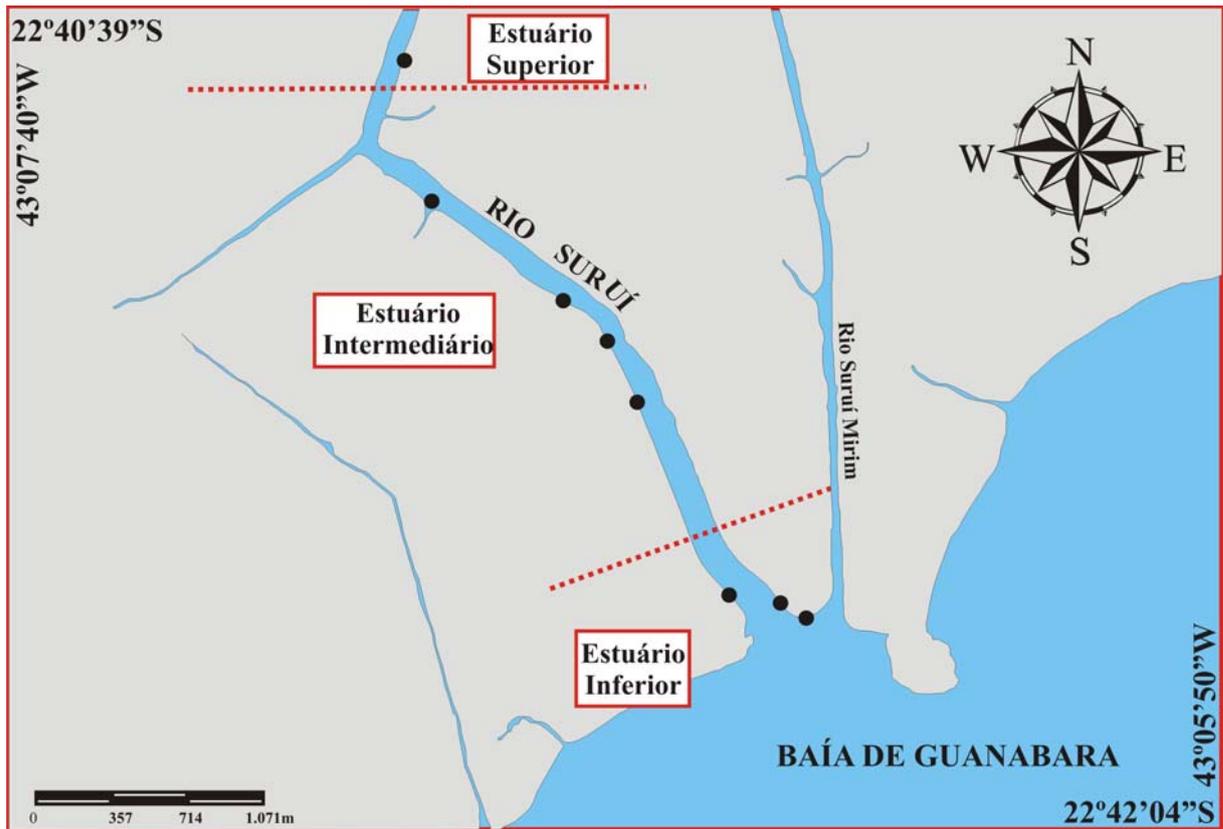


Fig. 66 – Compartimentação do estuário do rio Suruí com base nas análises das assembléias de foraminíferos e tecamebas, associados aos parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e microbiológicos.

3 – ESTUÁRIO DO RIO ITACORUBI – SANTA CATARINA

3.1.1 – Localização

Localizado na costa oeste da ilha de Santa Catarina – SC (27°34'S; 48°32'W), o estuário do Itacorubi é um sistema vinculado a dois canais distributários meandantes: rio Itacorubi, com 3.270 m de extensão, e rio Sertão, com 2.200m de extensão (Fig. 67).

3.2 – Caracterização da Área de Estudo

A região é constituída de duas unidades geomorfológicas: o complexo cristalino do Proterozóico Superior ao Eo-proterozóico e por depósitos sedimentares do Quaternário (Caruso Jr., 1993).

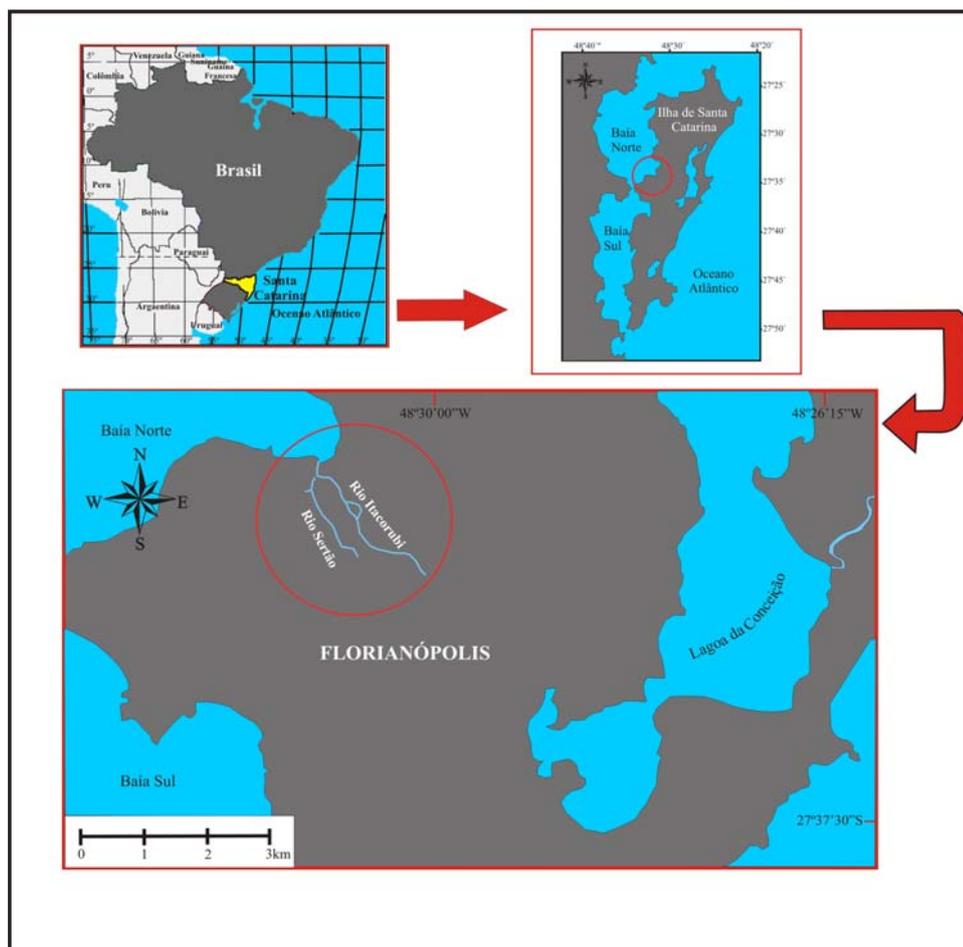


Fig. 67 – Localização do estuário do rio Itacorubi – SC.

O sistema cristalino está representado principalmente por granitos e granodioritos, enquanto que a planície sedimentar está constituída por sedimentos argilo-siltico-arenosos típicos de mangues, areno-siltico-argiloso de baías e lagunas e colúvio-alúvio-eluvionares indiferenciados (Dutra, 1998).

O estuário é predominantemente composto de sedimentos finos, principalmente silte e apresenta uma tendência segundo Vieira & Soriano-Sierra (2003) ao aumento da deposição de areias, que pode ser o resultado de uma atuação mais intensa de processos erosivos.

A distribuição de matéria orgânica no sedimento varia entre 19,1% a 36% no fundo dos canais. Já nas margens estes valores são muito baixos, variando de 1,03% a 18% (Soariano-Sierra, 1998).

A Ilha de Santa Catarina, como um todo, se encontra no limite sul da zona subtropical enquadrando-se no grupo mesotérmico úmido do tipo Cfa, com chuvas distribuídas uniformemente durante o ano (Köppen, 1928).

A média anual da temperatura oscila em torno dos 20°C, apresentando médias de máximas de 25°C no mês de fevereiro e de mínimas de 16°C em junho, fazendo com que o verão e inverno sejam bem definidos, enquanto que o outono e a primavera apresentam características similares (Dutra, 1998).

Na região, as massas de ar quente (Tropical Atlântica e Tropical Continental) provocam ventos do quadrante Norte, enquanto massas frias (Polares) são transportadas por ventos frios e úmidos desde o quadrante sul (Dutra, 1998).

No interior das duas baías da ilha de Santa Catarina a maré é do tipo semi-diurna, apresentando um ciclo a cada ± 12 horas. A amplitude média regional é de 0,52 m, com uma variação média de marés de sizígia de 0,73m. No interior do estuário, o nível da maré é de 0,63 m, ultrapassando em 11 cm a amplitude média regional, fato este resultante da ação eólica sobre as águas da baía Norte (Soriano-Sierra, 1997).

Em relação aos parâmetros físico-químicos da água do estuário pode-se dizer que a região onde são encontradas as maiores oscilações é na desembocadura. As temperaturas variam de 13,5°C no inverno e 3°C, e a salinidade varia de um gradiente de 4 a 40. Os teores de oxigênio apresentam saturação de 5% a sobresaturação, e o pH oscila entre 5.74 e 8.21 (Queiroz, 1998).

A região encontra-se dentro do perímetro urbano da cidade de Florianópolis, sendo cortada por quatro vias expressas. Como resultado de se localizar dentro de uma área urbana, o bosque de mangue que ocupa o estuário já perdeu cerca de 60% da área original e os canais em diversos pontos foram dragados e retelinizados.

O bosque de mangue com 228 ha que se desenvolve no estuário é um dos mais austrais da América, pois localiza-se a mais de 4° do Trópico de Capricórnio (Daloto, 2003).

A composição florística do manguezal é basicamente de *Avicennia schaueriana* (Cunha & Panitz, 2003), que ocupa cerca de 98% da área. *Rhizophora mangle* é encontrada no setor norte do bosque nas áreas inundáveis pela maré (Fig. 68). Já exemplares de *Laguncularia racemosa* têm uma distribuição periférica localizando-se sempre nas áreas topograficamente mais altas e secas (Dalotto, 2003).

Este bosque de mangue está sujeito a períodos de alagamento nas estações de alta precipitação, podendo permanecer dias alagado.

3.3 – Agentes Impactantes

O manguezal do rio Itacorubi é um dos ecossistemas de maior degradação na ilha de Santa Catarina (Cunha & Panitz, 2003).

As quatro vias expressas que cortam a área do bosque funcionam como verdadeiros diques, alterando severamente a hidrodinâmica local, o aporte de nutrientes, a produtividade, a renovação das águas, e o acúmulo de substâncias, comprometendo a qualidade ambiental. Esta situação reflete na vegetação diminuindo a área foliar, alterando a distribuição e diversidade das espécies e aumentando a mortandade por asfixia devido ao soterramento das raízes (Panitz & Porto Filho, 2003).

Alguns fatores naturais além dos antrópicos contribuem para o impacto na região. Dalotto (2003) cita que um dos fatores naturais que contribuem para a degradação deste ecossistema são as marés excepcionalmente muito baixas que limitam a renovação da água e maximizam as condições de anoxia.

Às margens do rio Itacorubi também funcionava o antigo aterro sanitário da cidade que esteve ativo durante 33 anos, acumulando cerca de 75 milhões de toneladas de lixo em

área de 12 ha em cima do manguezal (Panitz, 2003). Mesmo após sua desativação, a infiltração e a percolação de água no terreno trazem para dentro do canal do Itacorubi o chorume (Dalotto, 2003).

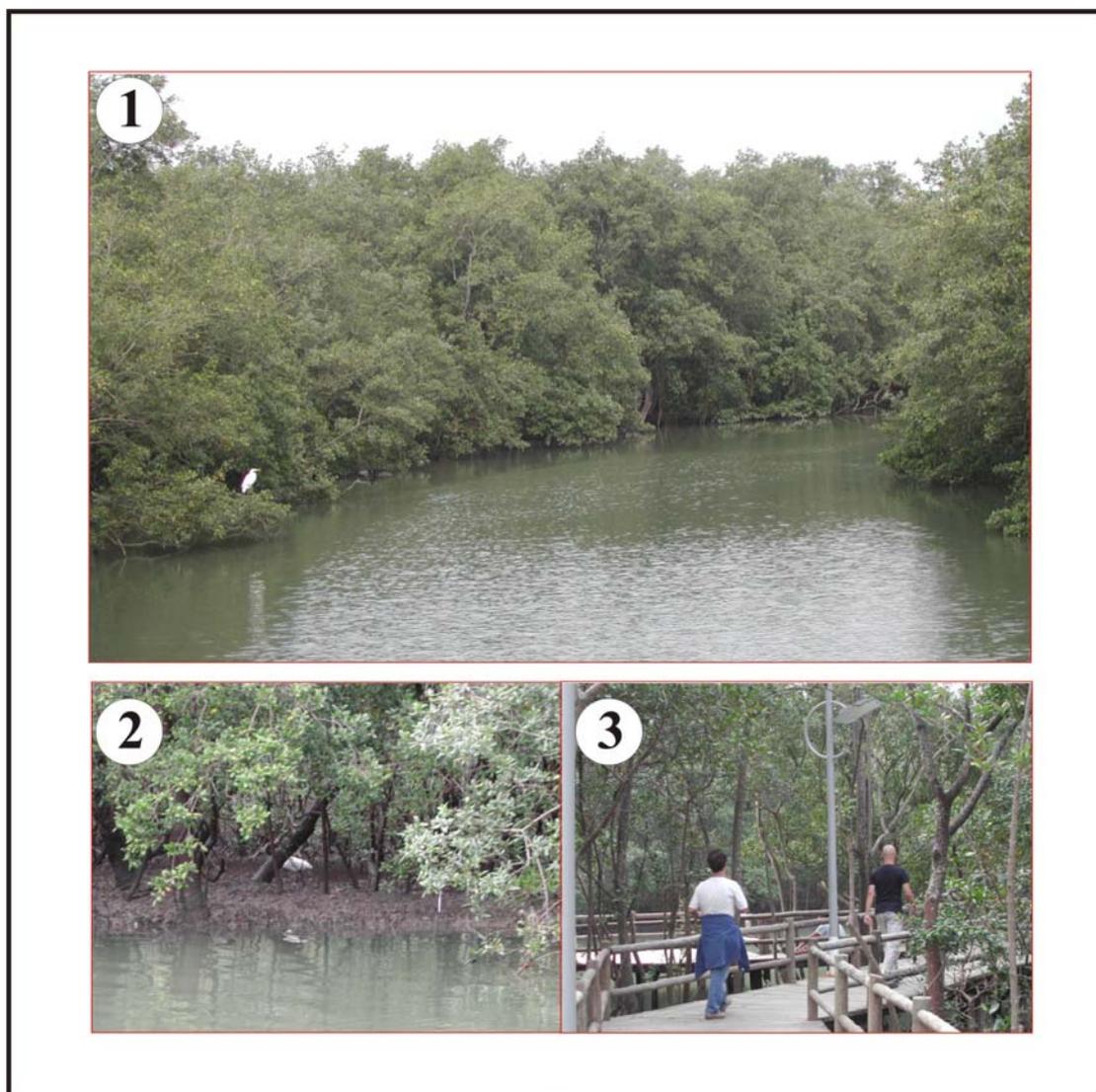


Fig. 68 – Manguezal do estuário do rio Itacorubi. 1- Rio Itacorubi; 2 – bosque composto por *Avicennia schaueriana*; 3 – passarela para pedestres dentro do bosque (Fotos: Laut, 2004) .

Também se pode observar dentro do perímetro do manguezal uma série de depósitos de lixo doméstico e resto de material usado na construção civil. Comumente pode ser observado a presença de saída de esgotos pluviais, sanitários e industriais com presença de material sólido, óleo e graxas, detergentes e combustíveis.

Atualmente os canais fluviais, nas áreas urbanizadas, estão parcialmente colmatados por sedimentos trazidos de áreas já afetadas pela erosão e pela presença de efluentes domésticos e concomitantes (Queiroz *et al.* 1994).

Queiroz *et al.* (1993) identificaram a presença de metais, incluindo alumínio, cádmio, ferro, níquel, cromo, mercúrio e chumbo em amostras de sedimento e água, sendo verificado que os valores para cádmio e níquel nas amostras de água foram menores que os estabelecidos como limite de qualidade da água para a preservação da vida aquática (0,5 µmg/l para cádmio e 0,1 µmg/l para níquel), os valores para alumínio são próximos a esses limites (1,5 µmg/l) e para ferro são superiores à concentração máxima permissível em todos os pontos amostrados (0,3 µmg/l). Todos os metais (Al, Cd, Fe e Ni) encontrados na água e nos sedimentos por Soriano-Sierra *et al.* (1993) *apud* Masutti (1999), foram também encontrados nos organismos aquáticos, em concentração e próximas à encontrada nos sedimentos. Queiroz *et al.* (1998), identificaram a presença de elementos metálicos incluindo alumínio, cádmio, ferro, níquel não somente no estuário do Itacorubi com também na baía Norte. Entretanto, os elementos mais tóxicos como cromo, mercúrio e chumbo foram detectados em quantidades abaixo do limite de detecção.

O rio Sertão é o que apresenta as maiores concentrações de Al, Cd, Ni, porém ainda encontram-se dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA. O Fe como um todo foi identificado com valores superiores estabelecidos pelo CONAMA, sendo que o rio Itacorubi é o canal mais comprometido (Queiroz, 1998).

Silva *et al.* (1998), identificaram valores de Pb, Hg, Sn, U acima de condições médias estabelecidas para sedimento. Outro elemento com valores altos foi a prata, que segundo os autores está relacionada com o embasamento granítico da ilha.

3.2 – AMOSTRAGEM NO RIO ITACORUBÍ

As coletas de sedimento no estuário do Itacorubi foram realizadas em setembro de 2004 usando como amostrador uma draga *Eckman*. Foram estabelecidas sete estações distribuídas desde a região mais externa do estuário (01, 02, 06, 07) até a região mais interna (03, 04, 05), dentro da área de mangue. A estação 05 localizou-se na margem do rio Itacorubi próxima ao antigo aterro sanitário da cidade (Fig. 69). Foram coletadas amostras destinadas às análises de foraminíferos, tecamebas, granulometria, matéria orgânica, atividade respiratória bacteriana e carbono bacteriano.

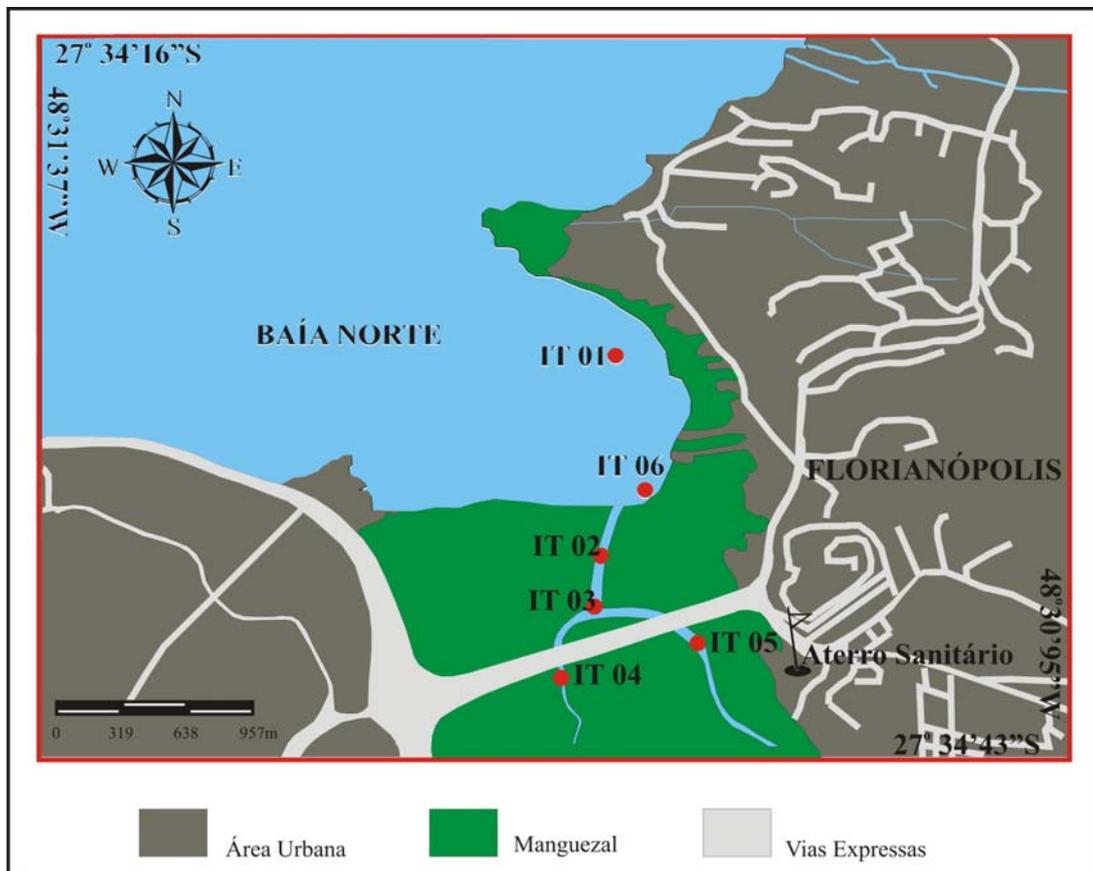


Fig. 69 – Estações amostrais ao longo do estuário do rio Itacorubi - SC.

Os parâmetros físico-químicos salinidade, temperatura, pH, turbidez e oxigênio dissolvido foram medidos ainda em campo.

3.3 – RESULTADOS

3.3.1 – Abióticos

A temperatura no estuário variou entre 17,9 – 18,4 °C. Já a salinidade das águas de fundo ficou em torno de 31,9 – 34,7. O pH não variou muito, ficando em torno de 7,17 – 8,13. O oxigênio dissolvido variou entre 3,35 – 4,05 mg.L⁻¹. A turbidez teve uma variação entre 16,9 – 27,4 NTU (Tab. 18).

O sedimento ao longo do estuário foi muito pobremente selecionado (IT 05 e 07) a pobremente selecionado, apresentando a maior porcentagem de argilas em IT 06 e maior porcentagem de areias em IT 05. A classe textural dominante segundo a classificação de Flemming (2000), no estuário variou de lama siltosa (IT 01) a areia siltosa (IT 05). Os teores de matéria orgânica total variaram de 3,58 a 4,54% (Fig. 70).

Tab. 18 – Parâmetros físico-químicos das águas de fundo amostradas no estuário rio Itacorubí.

Estações	T (°C)	Salinidade	pH	Tub (NTU)	O2 (mg/l)
IT 01	18	34,7	7,68	23,2	4,05
IT 02	17,9	33,4	7,17	27,4	4,04
IT 03	18,2	33,5	7,3	17,6	3,98
IT 04	18,3	32,2	7,47	16,9	4,02
IT 05	18,3	31,9	7,72	22,9	3,35
IT 06	18,7	32,2	7,58	20,3	4,02
IT 07	18,7	27,7	8,13	13,1	3,93

3.2. – Bióticos

A atividade respiratória bacteriana se apresentou muito semelhante em todos os pontos com aerobiose, fermentação e desnitrificação. Os processos de sulfato-redução começam a aparecer nos pontos 02, 03, 04 e 05. O carbono bacteriano variou entre 0,009–0,031 µg C.g⁻¹ com o valor mais alto no ponto 05. Na estação IT 07 não foram realizadas as análises de carbono bacteriano nem de atividade respiratória (Tab. 19).

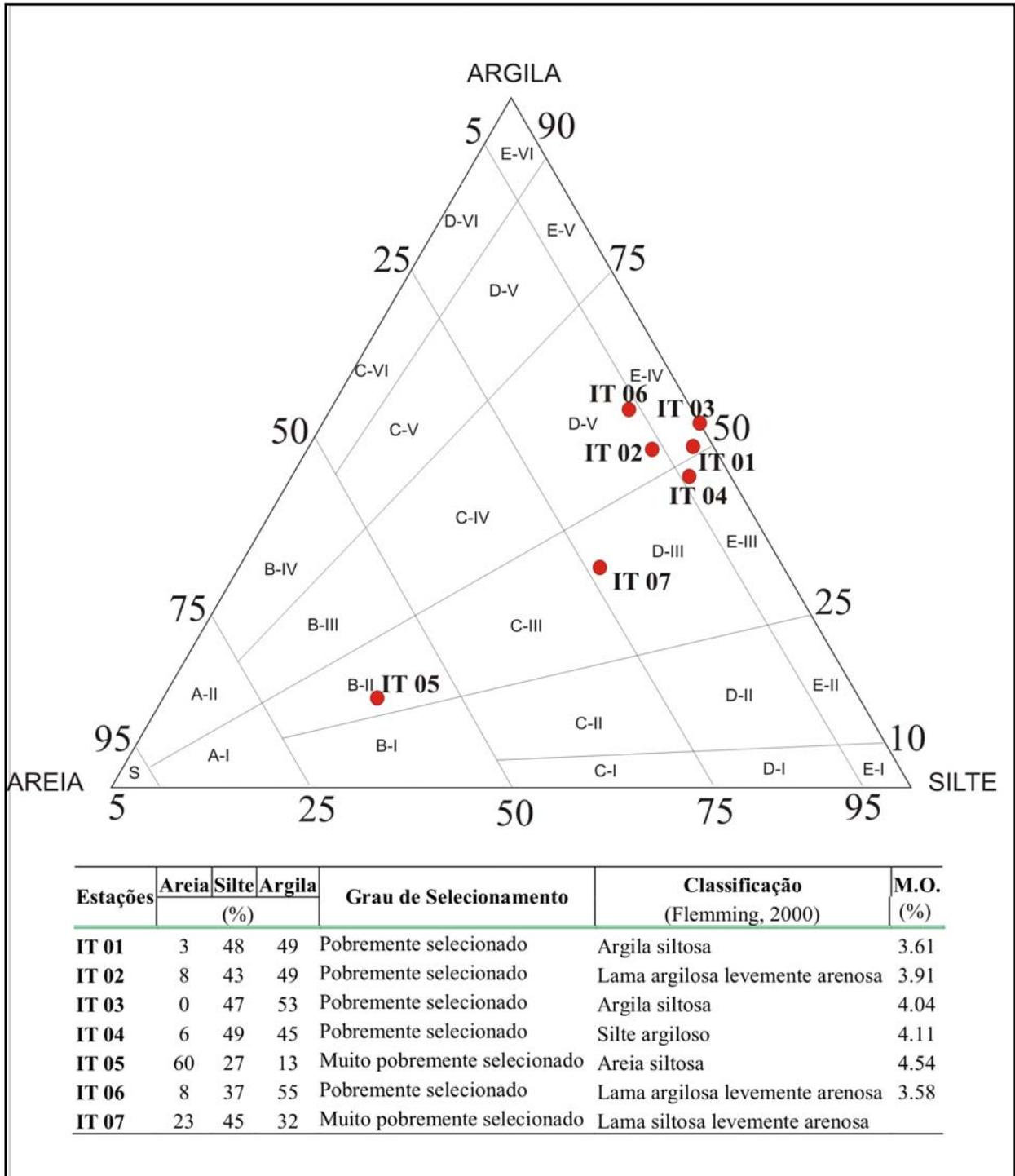


Fig. 70 – Granulometria e teor de matéria orgânica do estuário do rio Itaborubi.

Foram identificados trinta táxons de foraminíferos e dois de tecamebas com dominância de *Ammonia beccarii* f. *tepida* nas estações IT 01, 02, 03, de *Arenoparrella mexicana* nas estações IT 03, 04, 05 e *Gaudrina exilis* na estação IT 07 (Tab. 20). Os maiores

valores de riqueza foram encontrados nas amostras IT 01, 03 e 06, e os de densidade nas estações IT 01 e 05 (Tab. 20).

Espécies de miliolídeos foram identificadas somente nas estações IT 01, 05 e 06. *Quinqueloculina seminula* foi a espécie que apresentou as maiores frequências (12-14%).

O maior número de espécimes corados foi na estação IT 01 seguido por IT 04, e o maior número de deformados foi na estação IT 05. As espécies que mais apresentaram deformações foram *A. mexicana* e *Elphidium excavatum* (Tab. 20).

Tab. 19 – Resultado da atividade respiratória bacteriana e do carbono bacteriano no estuário do rio Itacorubí (P – presença de crescimento; N – ausência de crescimento; V – crescimento variável).

Estações	Aerobiose	Fermentação	Desnitrificação	Sulfato-redução	Carbono Bacteriano ($\mu\text{g C.g}^{-1}$)
IT 01	P	P	P	N	0,011
IT 02	P	P	P	N	0,009
IT 03	P	P	P	V	0,018
IT 04	P	P	P	V	0,008
IT 05	P	P	P	P	0,031
IT 06	P	P	P	N	0,014

A estação IT 06 apresentou os maiores índices de diversidade (2,3) e equitatividade (0,9). Em relação ao índice de dominância as estações IT 03 e 06 apresentaram os maiores valores (0,9) e a estação IT 03 o menor valor (0,3).

A análise de agrupamento em Modo – R mostrou a existência de cinco assembleias de foraminíferos no estuário do Itacorubí (Fig. 71):

- Assembleia A – as espécies mais representativas desta assembleia foram *Buliminella elegantissima* e *Elphidium discoideale*. As outras espécies apresentaram frequências baixas *A. triperforata*, *D. berthelotti*, *P. atlanticum*, *D. globulus* (tecameba), *Q. lamarckiana*, e *Q. polygona*;

- Assembléia B – predominantemente representada por *A. beccarii* f. *tepida* e *Elphidium excavatum* e *Elphidium gunteri*. As espécies *B. striatula* e *T. macrescens* também forma agrupadas nesta assembléia, porém com frequências entre 0-5%.
- Assembléia C – composta por um grande número de espécies aglutinantes com dominância de *Arenoparrella mexicana* e secundariamente de *Haplophragmoides wilberti*. As outras espécies que foram agrupadas nesta assembléia foram: *A. inepta*, *Elphidium* spp., *T. inflata*, *J. polystoma*, *A. salsa* e *A. irregularis*;

Tab. 20 – Frequência relativa (%) das espécies de foraminíferos e tecamebas do estuário do rio Itacorubi.

Estações	IT 01	IT 02	IT 03	IT 04	IT 05	IT 06	IT 07
Número de espécimes	677	64	21	94	288	52	28
Número de espécies	12	7	13	9	9	14	8
Diversidade de Shannon (H')	1,2	1,3	2,5	1,4	0,8	2,3	1,7
Equitatividade (J')	0,5	0,7	1	0,6	0,3	0,9	0,8
Dominância	0,6	0,7	0,9	0,6	0,3	0,9	0,7
Número de corados	18	0	0	8	0	0	1
Número de malformados	10	1	1	6	25	0	0
<i>Acupeina triperforata</i>	-	-	-	-	-	2	-
<i>Ammoastuta inepta</i>	0,3	-	-	-	1	-	-
<i>Ammoastuta salsa</i>	-	-	-	2	0,5	-	-
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>tepida</i>	57	49	14	13	-	11	-
<i>Arenoparrella mexicana</i>	3	16	14	55	80	22	22
<i>Bolivina striatula</i>	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>Buliminella elegantissima</i>	5	-	-	-	-	11	-
<i>Discorbinella berthelotti</i>	-	-	-	-	-	2	-
<i>Elphidium discoideale</i>	-	-	-	-	-	13	-
<i>Elphidium excavatum</i>	24,3	3	5	3	-	8	-
<i>Elphidium gunteri</i>	8	26	-	10	-	11	-
<i>Elphidium</i> spp.	-	-	-	-	0,3	-	-
<i>Gaudrina exilis</i>	0,6	-	5	-	-	-	41
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	0,3	-	-	-	-	-	3
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	-	2	10	13	12	-	10
<i>Jadammina polystoma</i>	-	2	5	1	0,7	-	3
<i>Miliolinella</i> sp. A	-	-	5	-	-	-	-
<i>Miliolinella subrotunda</i>	-	-	9	-	-	-	-
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	-	-	-	-	0,5	4	-
<i>Quinqueloculina seminula</i>	-	-	14	-	-	12	-
<i>Quinqueloculina polygona</i>	0,3	-	-	-	-	3	-

<i>Pseudononion. atlanticum</i>	-	-	-	-	-	2	-
<i>Siphotrochammina lobata</i>	-	-	5	-	-	-	-
<i>Textularia earlandi</i>	-	-	-	-	-	-	10
<i>Triloculina sp. A</i>	-	-	5	-	-	-	-
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	1	4	-	7
<i>Trochammina macrescens</i>	0,3	2	0	0	1	0	0
<i>Trochammina squamata</i>	-	-	-	-	-	-	4
<i>Trochamminita irregularis</i>	0,3	-	-	2	-	-	-
<i>Trochamminita salsa</i>	-	-	9	-	-	-	-
<i>Centropyxis aculeata</i>	-	-	5	-	-	2	-
<i>Diffugia globulus</i>	-	-	-	-	-	2	-

- Assembléia D – nesta assembléia *Gaudrina exilis* e *Textularia earlandi* apresentaram as maiores freqüências seguidas por: *H. manilaensis* e *T. squamata*;
- Assembléia E – a maioria das espécies que foram agrupadas nesta assembléia ocorreram somente na estação IT 03, com exceção de *Quinqueloculina seminula* e *Centropyxis aculeata* (tecameba) que ocorrem também em IT 06. As outras espécies que foram agrupadas foram: *Miliolinella sp. A*, *S. lobata* e *T. salsa*.

A análise de agrupamento em modo-Q gerou quatro grupos de estações ao longo do estuário do Itacorubí (Fig. 71): Grupo I – composto pelas estações IT 01 e 02; Grupo II – composto pela estação IT 03, Grupo III - composto pelas estações IT 04 e 05 e; Grupo IV – composto pela estação IT 07.

A correlação entre os dois agrupamentos mostrou que a o Grupo I esteve associado a fortemente à Assembléia B, com alguns indivíduos das assembléias A, C e D. O Grupo II foi marcado principalmente pela Assembléia A, praticamente restrita a este grupo, contudo as espécies que apresentaram maiores freqüências são as das Assembléias B, C e E.; O Grupo III foi representado pela Assembléia C com algumas espécies da Assembléia B; e o Grupo IV composto principalmente pelas espécies das Assembléias D e C (Fig. 71).

A análise multivariada em CCA usando as variáveis ambientais temperatura (T), salinidade (Sal), oxigênio dissolvido (O), porcentagem de sedimentos finos (silte+argila) apresentou coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias e a ordenação de 75% para o eixo 1 e de 24% para o eixo 2 (Fig. 72).

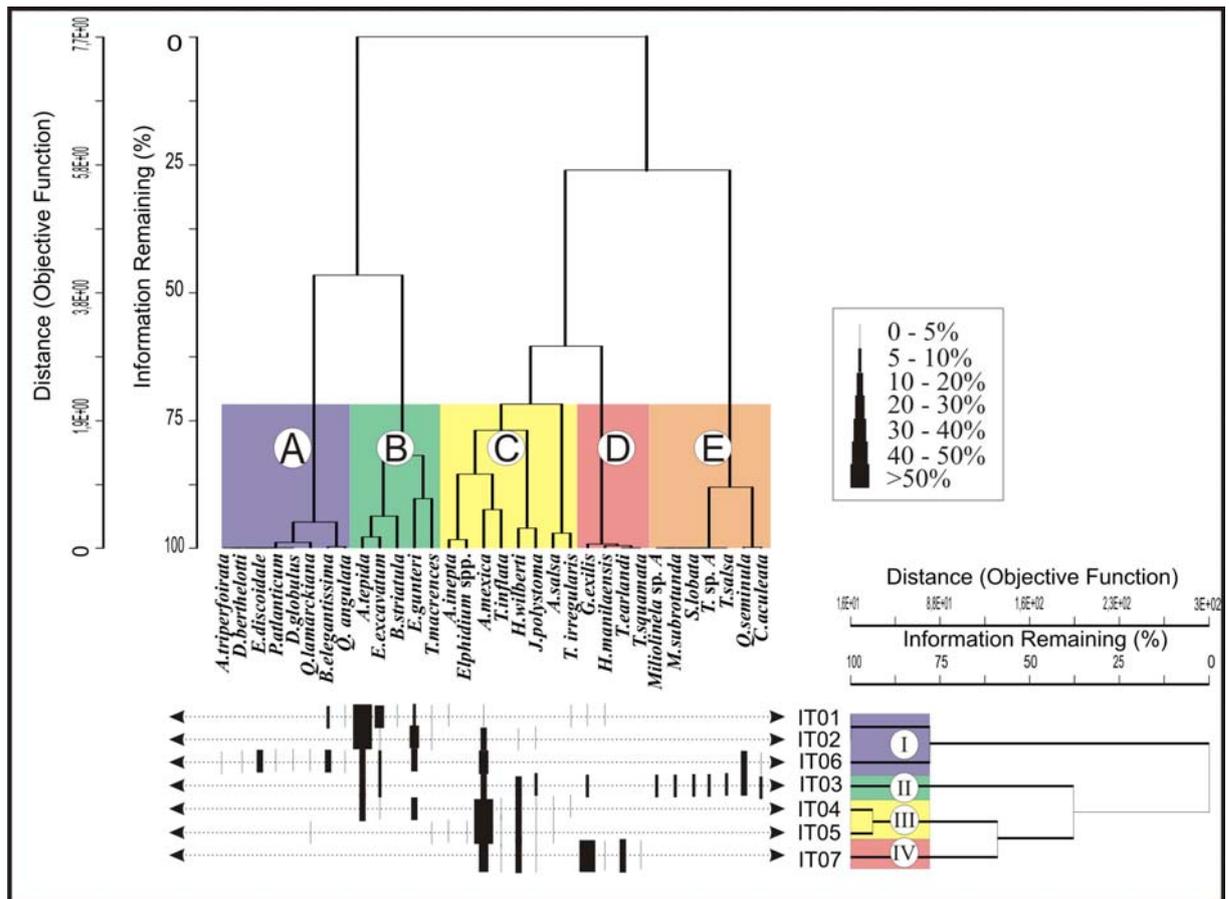


Fig 71 – Correlação entre os agrupamentos no modo-R e Q das espécies de foraminíferos e tecamebas no estuário do rio Itacorubí – SC.

A variável ambiental que apresentou o maior vetor com menor angulação em relação ao eixo 1 foi o carbono bacteriano seguido pelo oxigênio dissolvido. As estações IT 01, 02 e 06 foram as que apresentaram resposta positiva ao oxigênio e negativa ao número de bactérias metabolicamente ativas, enquanto que as estações IT 04 e 05 foram as que estiveram positivamente relacionadas à anoxia e a maior quantidade de bactérias (Fig. 72).

As espécies que responderam positivamente as condições disóxicas-anóxicas e ao maior número de bactérias foram: *Trochammina inflata*, *Ammonoastuta salsa*, *Ammonoastuta inepta*, *Arenoparrella mexicana* e *Haplphragmoides wilberti*. As que responderam positivamente ao oxigênio e a menor número de bactérias metabolicamente ativas foram: *Elphidium excavatum*, *Buliminella elegantíssima*, *Ammonia beccarii* f. *tepida*, *Quinqueloculina polygona* e *Elphidium gunteri* (Fig. 72).

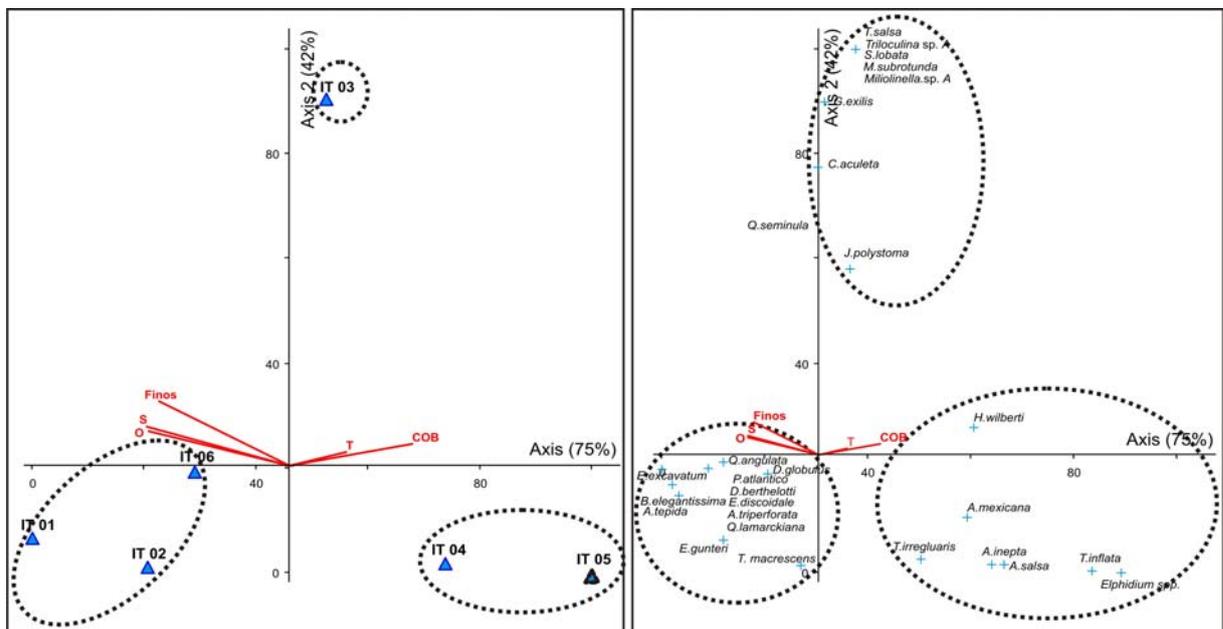


Fig. 72 -Análise multivariada em CCA das estações e das espécies do estuário do rio Itacorubí.

No eixo 2 o vetor mais expressivo foi a porcentagem de sedimentos finos. Graficamente a estação IT 03 mostrou-se diferente das demais por ter uma resposta positiva à concentração de lamias. As espécies que responderam positivamente a esse parâmetro foram: *Trochammina salsa*, *Triloculina* sp. A, *Siphotrochammina lobata*, *Miliolinella subrotunda* e *Miliolinella* sp. A (Fig. 72).

A análise multivariada em DCA usando as variáveis ambientais salinidade (Sal), pH, temperatura (T), matéria orgânica total (MOT), carbono bacteriano (COB) e porcentagem de

sedimentos finos (silte+argila) demonstrou um coeficiente de determinação das correlações entre as distâncias e a ordenação de 22% para o eixo 1 e de 27% para o eixo 2 (Fig. 73).

Graficamente não houve uma variável que demonstrasse grande influência em relação ao eixo 1. O pH apareceu com ângulo de 45°, isolando a estação IT 03 das outras estações, e demonstrou que as espécies *Quinqueloculina seminula*, *Gaudrina exilis*, *Centropyxis aculeata*, *Jadammina polystoma*, *Trochammina salsa*, *Siphotrochammina lobata*, *Miliolinella subrotunda* e *Miliolinella* sp. A responderam negativamente a esta variável.

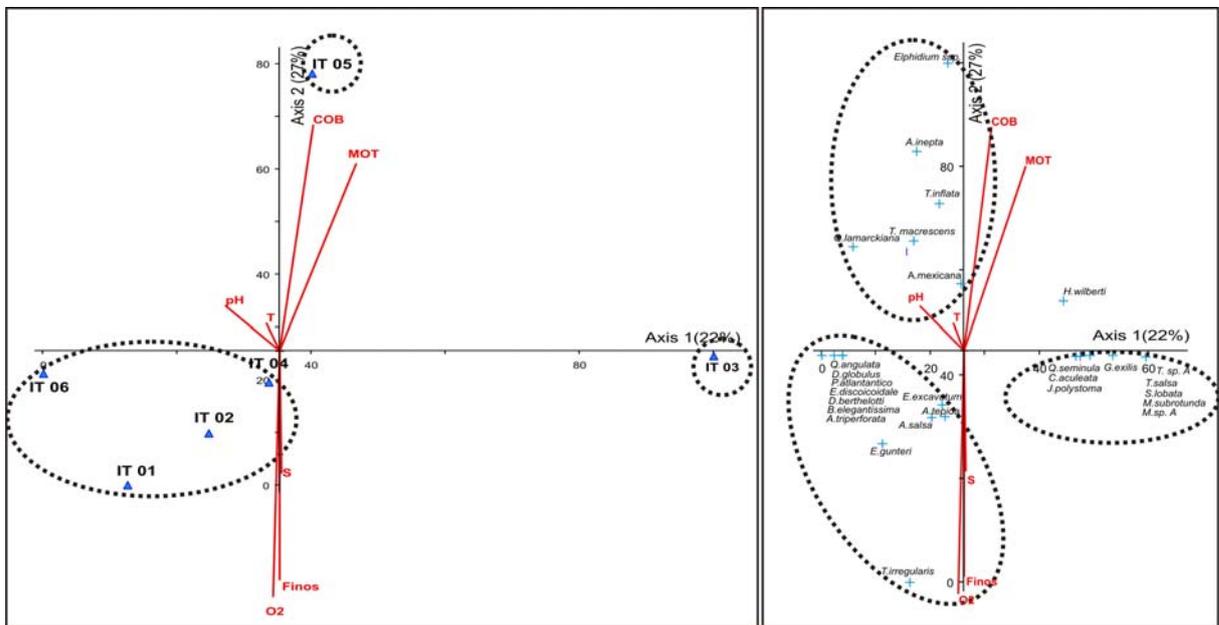


Fig. 73 - Análise multivariada em DCA das estações e das espécies do estuário do rio Itacorubi.

Em relação ao eixo 2 as variáveis mais influentes foram oxigênio dissolvido e a concentração de sedimentos finos. A estação IT 05 apareceu isoladamente, respondendo de forma negativa a essas variáveis. Em relação às espécies, *Trochammina irregularis* foi a que respondeu mais positivamente ao oxigênio dissolvido e à concentração de sedimentos finos, enquanto que *Elphidium* spp. foi a que respondeu negativamente (Fig. 73).

3.6 – Discussão

Os parâmetros físico-químicos medidos ao longo do estuário são semelhantes aos já encontrados por outros autores (Queiroz *et al.* 1998, e Soriano-Sierra, 1998). Somente o oxigênio apresentou valores menores aos que já foram encontrados no estuário e todos esses parâmetros são compatíveis aos encontrados em outros estuários, impactados como a baía de Guanabara (Baptista-Neto *et al.* 2000).

A deposição de areias nas áreas mais internas do estuário apontadas por Vieira & Soriano-Sierra (2003) também foi verificada. A maior deposição de areias foi à montante na estação IT 05 no rio Itacorubí e a de silte, no rio Sertão na estação IT 04.

A matéria orgânica variou entre 3,38-4,54% mostrando um padrão característico para estuários. Baptista-Neto *et al.* (2000) encontraram, no estuário da baía de Guanabara, variações de 3-5%, em função da baixa circulação e entrada de esgoto doméstico. Já Carreira *et al.* (2001), em 8 estações distribuídas na mesma baía, encontraram valores entre 2,83 - 5,54%, sendo o valor mais alto determinado na porção final a noroeste, próximo aos manguezais. Vilela *et al.* (2002) encontraram valores de carbono orgânico total na baía de Guanabara que variaram entre 5 - 4,14% (canal central), 2,83-6,13% (porto do Rio de Janeiro), 3,23 - 4,2% (porto de Niterói), 4% (APA de Guapimirim) e 3,09 - 4,81% 3,8- (REDUC). Segundo Silva *et al.* (2005) os valores de nutrientes identificados ao longo do estuário do Itacorubí estão indicando um processo de eutrofização que está se estabelecendo no estuário.

Normalmente, em sedimentos superficiais de estuários, os processos respiratórios bacterianos aeróbios são dominantes. Porém, no estuário do rio Itacorubí, os processos aeróbios já estão associados aos anaeróbios como a fermentação e a desnitrificação, em todas as estações de coleta. A sulfato-redução está presente apenas em IT05, sendo variável em IT03 e IT04 e negativa em IT01, IT02 e IT06. Moraes *et al.* (1993) já indicaram, através da

análise de Fe^{+2} , que a região próxima ao aterro sanitário apresentava condições redutoras. Esta condição também foi apontada por Soriano-Sierra (1998) na parte interna do estuário, com base em observações da cor do sedimento. O domínio de processos anaeróbios na parte mais interna do estuário implica em perda de nitrogênio para a atmosfera e produção de sulfetos.

Na área de estudo, as condições ambientais desfavoráveis mais alarmantes ocorreram na estação IT 05, onde a presença de 60% de areia muito siltosa possibilitou o acúmulo de 4,54% de matéria orgânica, com grande disponibilidade de formas nitrogenadas (0,98 ppm de DIN) e biomassa bacteriana ($0,031 \mu\text{gC}\cdot\text{cm}^{-3}$), ocorrendo assim o predomínio de processos respiratórios anaeróbios. Neste contexto, as bactérias aeróbias estão latentes e um dos indicadores da queda de diversidade metabólica aeróbia é evidenciado pelos valores do carbono bacteriano, que ficou entre $0,009 - 0,031 \mu\text{gC}\cdot\text{cm}^{-3}$. A quantificação do carbono bacteriano compreendeu apenas as bactérias metabolicamente ativas e os valores ficaram bem abaixo dos encontrados no estuário da Baía de Guanabara (Crapez *et al.* 2001). Valores semelhantes ao estuário de Itacorubi foram também encontrados na região portuária da baía de Guanabara, na estação seca, com variação de $0,019 - 2,45 \mu\text{g C}\cdot\text{cm}^{-3}$, e na chuvosa de $0,87$ a $1,91 \mu\text{g C}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Fonseca, 2004).

Segundo Laut (2003), em estuários de micromaré associados a manguezais, com parâmetros físico-químicos mais estáveis, o número de espécies de foraminíferos pode ultrapassar 40. No estuário do Itacorubi foram identificadas somente 28 espécies. Este reduzido número de espécies pode estar associado a um grande volume de material orgânico dentro do estuário, como relatado em outras regiões do mundo (Resing, 1960).

Bates & Spencer (1979) relatam que em estuários onde há um grande aporte de material orgânico, a população é mais homogênea, sendo fruto da resistência de algumas espécies mais adaptadas. As espécies identificadas como dominantes (*A. mexicana* e *A. beccarii* f. *tepida*) no Itacorubi também já foram identificadas como dominantes em outros

estuários de micromaré, tais como: Acupe – BA (Zaninette *et al.* 1979) e Guaratiba - RJ (Brönnimann *et al.* 1981 a e b; Laut, 2003). *A. beccari* é citada como a espécie calcária mais resistente às variáveis ambientais (Boltovskoy, 1965) e a poluentes (Santos, 2005), sendo comum em estuários. Segundo Laut (2003), a dominância de *A. mexicana* em estuários não é comum, ocorrendo possivelmente só quando o ambiente é inóspito. Dessa maneira, ambas as espécies dominantes podem ser consideradas como oportunistas.

Espécies consideradas exógenas, ou seja, espécies tipicamente marinhas (*Elphidium galvestonenses*, *Triloculina* sp. A e *Quinqueloculina* sp. A) cuja ocorrência na área de estudo deve-se provavelmente a mecanismos de transporte pós-morte, representaram somente uma pequena parte das assembléias identificadas (entre 0,3 a 10%), o que segundo Wang & Murray (1983) é um padrão comum em estuários de micromaré.

As espécies de miliólídeos são em sua maioria estenohalinas e pouco resistentes às baixas concentrações de oxigênio, e normalmente estão restritas à região mais externa dos estuários (Brönnimann *et al.* 1981a), como ocorreu no Itacorubí.

As estações externas também apresentaram maior riqueza de espécies, indicando uma diminuição no gradiente de impacto e/ou de confinamento da região mais interna do estuário (IT 04 e 05) para o mais externo (IT 06).

Outros índices ecológicos também apontam às estações mais externas (IT 01, 02, 03 e 07) como as mais favoráveis à fauna de foraminíferos. A estação IT 05 apresentou os índices mais baixos indicando a existência de desequilíbrio na população provavelmente em função da percolação de substâncias tóxicas do antigo aterro sanitário.

A maior concentração de carapaças coradas na estação IT 01 pode estar ligada a dois fatores: (1) por ser esta a região mais externa do estuário, e assim, os organismos encontrariam condições marinhas mais próximas de suas necessidades ecológicas; (2) restrições metodológicas relacionadas à maior dificuldade de detectar a ação do corante Rosa

de Bengala em corar as espécies aglutinantes, que são dominantes nas estações internas do estuário.

Altos percentuais de testas malformadas podem estar relacionados a uma série de variáveis ambientais como também a poluentes (Alve, 1995; Stouff *et al.* 1999; Geslin *et al.* 2002; Yanko *et al.* 1992 e 1994). A proximidade da estação IT 05 com o antigo aterro sanitário agrega a este trecho a presença de vários tensores ambientais, tais como vazamento de chorume, carbono bacteriano mais alto, dominância de processos metabólicos sulfato redutores, que podem ter contribuído para o maior número de testas malformadas de *A. mexicana*. Contudo, discussões mais aprofundadas a respeito das anomalias morfológicas nesta espécie não podem ser feitas, pois ainda não há estudos suficientes sobre esta temática.

As assembléias de organismos obtidas pelo dendrograma em modo – R agrupou as espécies de acordo com as preferências ecológicas:

- Assembléia A – foi composta por foraminíferos calcários tipicamente marinhos onde *E. discoidale* apresentou as maiores frequências.
- Assembléia B – composta por espécies calcárias tipicamente estuarinas com dominância de *A. beccarri* f. *tepida* seguida por *E. excavatum*.
- Assembléia C – composta por espécies aglutinantes típicas oligohalino onde as espécies que apresentaram os maiores valores de frequência foram *A. mexicana*, *H. wilberti* e *J. polystoma*.
- Assembléia D – composta por espécies típicas de franja de mangue com dominância de *G. exilis* e *T. earlandi*.
- Assembléia E – composta por espécies de miliólídeos, tecamebas e foraminíferos aglutinantes indicando uma região de mistura. Este tipo de assembléia é comumente encontrado na foz dos estuários.

A análise de agrupamento em modo – Q gerou grupos de estações que seguiram um gradiente estuarino. Associados à análise em modo – R pode-se ver claramente este gradiente:

- Grupo I (estações IT 01, 02, 06) – composto predominantemente pelas assembléias de espécies B, C e A representou a foz do estuário.
- Grupo II (estação IT 03) – composto por todas as assembléias de organismos representando uma zona de mistura dentro do estuário.
- Grupo III (estações IT 04 e 05) – composto predominantemente pela Assembléia C e em menor número B. Esta região marca a região mais confinada do estuário.
- Grupo IV (estação IT 04) – foi composto pelas assembléias C e D representando o ambiente de franja de mangue.

A análise multivariada em CCA apontou o carbono bacteriano seguido pelo oxigênio como os fatores mais influentes na distribuição do organismo. As estações IT 04 e 05, apontadas no gráfico como as mais positivamente relacionadas ao carbono bacteriano, apresentaram as maiores concentração de bactérias metabolicamente ativas, assim como também, atividades respiratórias em anaerobiose e dominância da espécie *A. mexicana*. Tal fato pode indicar que esta espécie possui seletividade alimentar ou desenvolve algum tipo de relação simbiótica com bactérias anaeróbicas. As espécies calcárias tiveram uma resposta oposta a *A. mexicana*, estando relacionadas ao menor número de bactérias e ambiente aeróbico.

A análise multivariada em DCA também apontou as mesmas variáveis ambientais como as mais influentes na distribuição das espécies, contudo apresentou um coeficiente de variância muito baixo e apresentou diferenças nas associações entre as estações. Em relação as espécies também não teve uma resposta satisfatória, pois a espécie que respondeu mais positivamente ao oxigênio dissolvido e negativamente relacionada ao carbono bacteriano foi

T. irregularis. Esta espécie é frequentemente encontrada em manguezais (Boltovskoy, 1965 Brönnimann *et al*, 1981; Laut, 2003) onde dominam naturalmente processos anaeróbicos. Sendo, assim pode-se dizer que a análise em DCA aplicada ao estuário do Itacorubí deve ser desconsiderada.

Baseados na integração dos parâmetros bióticos e abióticos foi possível compartimentar o estuário do Itacorubí segundo um gradiente estuarino ou de estresse ambiental onde (Fig. 74):

Estuário Superior – Composto por espécies aglutinantes tipicamente de manguezais, onde a espécie dominante foi *Arenoparrella mexicana*. Os índices ecológicos de diversidade, equitabilidade e dominância foram os mais baixos e o número de testas mal formadas foi o maior. O sedimento neste compartimento variou entre um silte argiloso e areia siltosa, com as maiores concentrações de matéria orgânica total. Nesta região identificou-se o maior número de bactérias metabolicamente ativas onde dominam os processos respiratórios em anaerobiose.

Estuário Intermediário – Compostos por uma mistura de espécies de foraminíferos, onde estão bem representados os rotalídeos, textularídeos, miliolídeos e tecamebas. Nesta região foram encontrados os maiores valores dos índices ecológicos. A sedimentação típica foi uma argila siltosa pobremente selecionada com alta concentração de matéria orgânica. A biomassa de bactérias metabolicamente ativas foi baixa com domínio das atividades respiratórias em aerobiose.

Estuário Inferior – Composto por espécies de foraminíferos calcários tipicamente estuarinos e por espécies marinhas com dominância de *Ammonia beccarri* f. *tepida*, *Elphidium excavatum* e *Gaudrina exiliis*. Os índices ecológicos foram variáveis tendendo a serem maiores progressivamente em direção a baía Norte. A sedimentação foi lamosa

pobremente selecionada, com os menores valores de matéria orgânica. A biomassa bacteriana foi a mais baixa com domínio das atividades respiratórias em aerobiose.

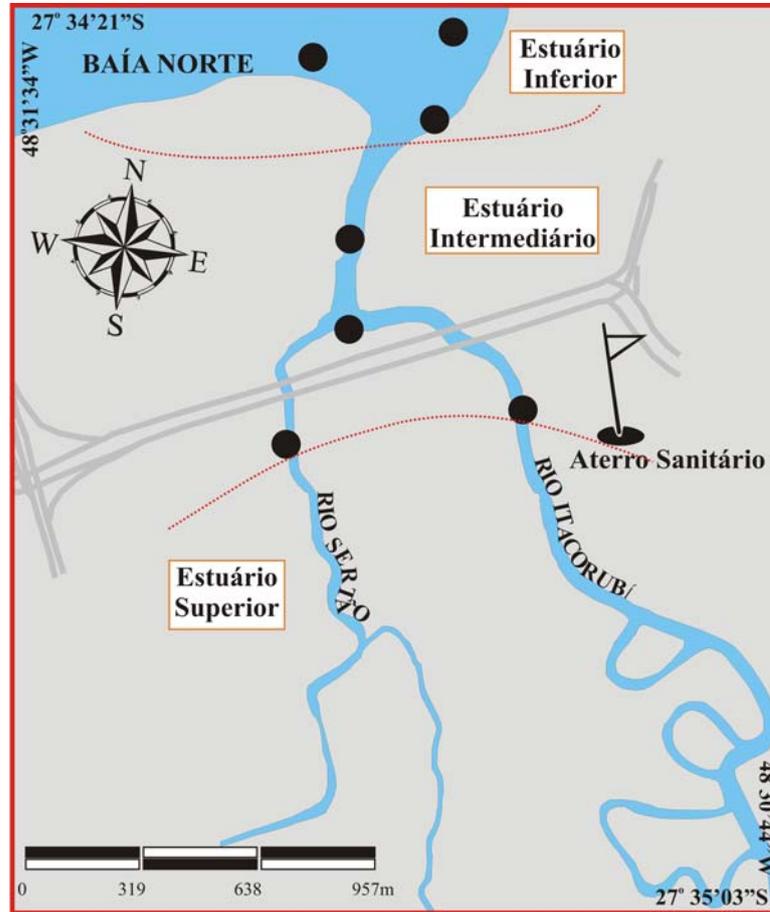


Fig. 74 – Compartimentação do estuário do rio Itacorubí com base nas análises das assembléias de foraminíferos e tecamebas associadas a parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e microbiológicos.

CAPÍTULO VII

FORAMINÍFEROS, TECAMEBAS E BACTÉRIAS

1 – IMPORTÂNCIA DOS PROCARIONTES NOS PROCESSOS GEOQUÍMICOS E GEOLÓGICOS

Os procariontes geoquimicamente ativos incluem os membros do domínio Arqueias e eubactérias. Estes microrganismos possuem um papel ativo em certos processos geológicos, contudo, até recentemente, este fato foi secundariamente alvo dos estudos de microbiologia e geoquímica.

As arqueias são importantes geoquimicamente nos processos de metanogênese, conhecidas como extremófilas (halófitas e termoacidófilas). Já as eubactérias atuam em uma grande gama de processos tais como: metabolismo aeróbico e anaeróbico do hidrogênio, oxidação e oxiredução, magnésio oxidação e redução, nitrificação e desnitrificação, sulfato-oxidação e sulfato-redução, produção de oxigênio (cianobactérias), etc.

Os procariontes podem ser divididos em vários grupos fisiológicos tais como (Fig.75):

- Quimiolitotróficos – incluem membros tanto das bactérias como das arqueias. Eles são organismos que obtêm energia realizando o trabalho de metabolização de componentes inorgânicos que assimilam carbono como CO_2 , HCO_3^- ou C_3^- .
- Fotolitotróficos – este grupo inclui somente as bactérias. Elas obtêm toda sua energia metabólica convertendo a radiação solar em energia química. Muitos destes organismos não produzem oxigênio, outros são produtores de oxigênio pelos processos de fotossíntese.
- Mixotróficos – incluem ambos os grupos; obtêm energia simultaneamente da oxidação e redução de compostos de carbono e da oxidação de compostos inorgânicos.
- Fotoheterotróficos – incluem muitas bactérias e algumas arqueias (halófitas); obtêm parte ou toda sua energia da luz solar, mas obtêm carbono pela assimilação de carbono orgânico.

- Heterotróficos – incluem tanto bactérias como arqueias; obtêm energia pela oxidação de compostos orgânicos; podendo respirar aerobicamente ou anaerobicamente.

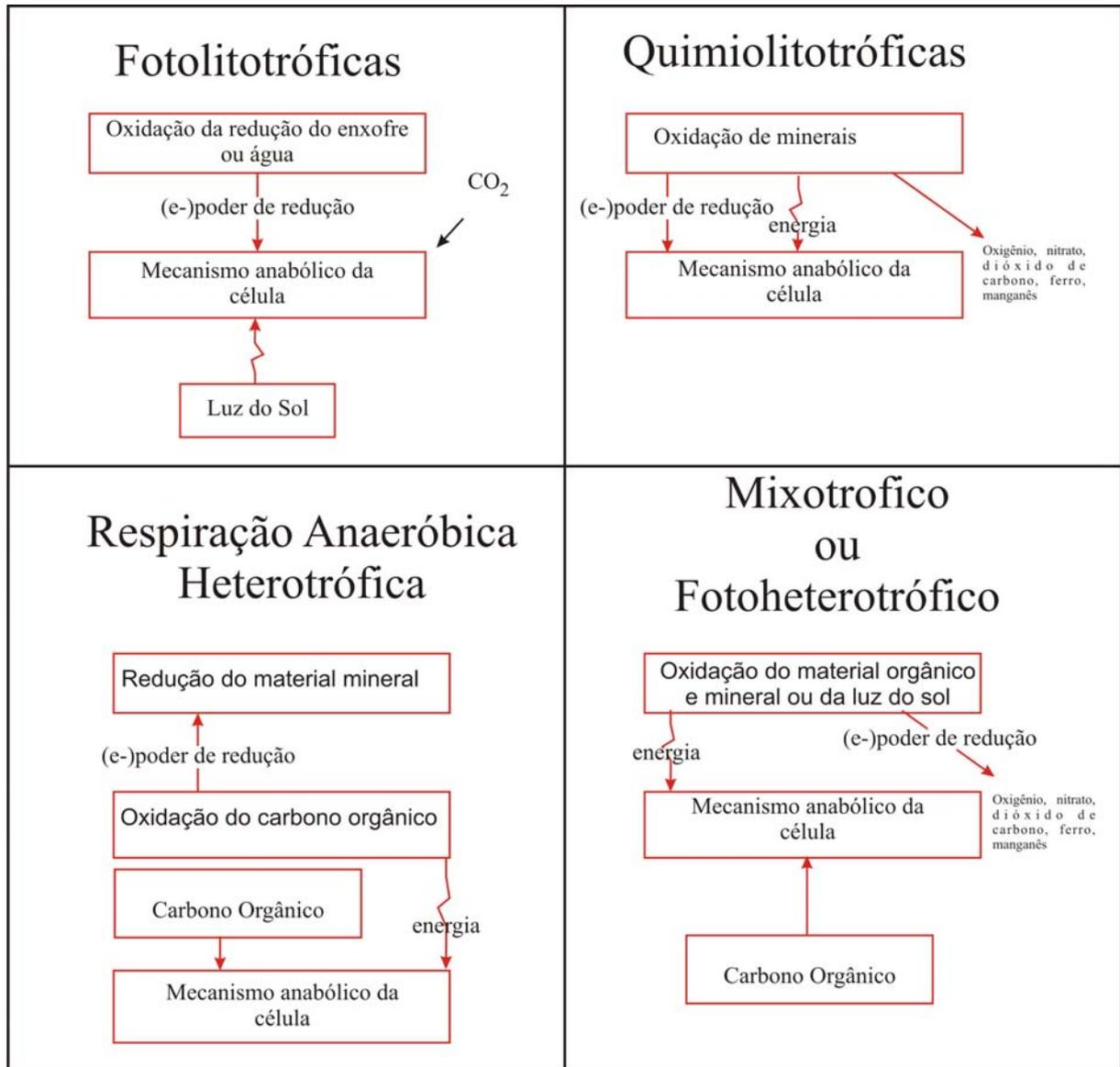


Fig. 75 – Importância fisiológica dos grupos de procariontes nos processos geoquímicos (Ehrlich, 2002).

Em regiões costeiras especialmente em manguezais os processos microbiológicos são elementos chaves e são essencialmente os responsáveis pela produtividade destes ambientes (Holgin *et al.*, 2001). A ciclagem de nutrientes realizada pelas bactérias e sua subsequente exportação para outros ambientes marinhos é visto como sendo o mecanismo de maior importância entre os manguezais e os ambientes costeiros (Hemminga *et al.* 1994).

A função e a dinâmica microbiana são provavelmente diretamente responsáveis pelo equilíbrio dos manguezais e ecossistemas associados (Bashan *et al.* 2000). Os detritos produzidos pelos manguezais (folhas e raízes) constituem o maior *input* de matéria orgânica e carbono para a cadeia alimentar através da alça microbiana (Holguin *et al.* 2001).

A mineralização da matéria orgânica, detritos das raízes, folhas e fitoplâncton no sedimento dos manguezais ocorre através da ação de vários aceptores de elétrons, no qual o principal deles é o oxigênio que é liberado pelas raízes das plantas de mangue e rapidamente consumido durante a respiração dos microorganismos (Canfield, 1993).

O alto conteúdo orgânico no sedimento destas regiões é favorecido pelos processos de decomposição que esgotam o oxigênio do sedimento resultando em condições disóxica-anóxicas. Estas condições favorecem os processos anaeróbicos de sulfatoredução onde o sulfato é reduzido a sulfeto pelo uso de elétrons de baixo peso molecular dos compostos orgânicos, com isto a matéria orgânica é mineralizada aumentando a concentração de sulfetos no sedimento (Kristensen *et al.* 1994), exercendo um importante controle químico da porosidade do sedimento. No entanto, elevadas concentrações de sulfetos oferecem condições tóxicas a plantas e a fauna em geral (Nedwell & Abram, 1978).

Outro importante processo realizado pelas bactérias no sedimento é a fixação do nitrogênio, no qual é limitado exclusivamente por alguns organismos procariontes. Isto é associado à decomposição das folhas e rizosfera (camada de sedimento, raízes associados com microorganismos), e desta forma o sedimento superficial dos manguezais concentra cerca de 60% do nitrogênio disponível nestes ambientes (Woichik *et al.*, 1997).

Cianobactérias fototróficas usam energia fotossintética para produzir energia e elétrons enquanto heterotróficas e quimiolitotróficas fixam nitrogênio dependendo da oxidação da matéria orgânica e das reações de redução para produzir energia (Paerl & Pinckney, 1996).

Em áreas costeiras, o uso de fertilizantes e pesticidas ou a ocorrência de derrames de hidrocarbonetos de petróleo favorecem o aumento significativo de populações capazes de usar essas substâncias como fonte de carbono, em detrimento de outras. O aporte de matéria orgânica na coluna

d'água ou no sedimento favorece as bactérias heterotróficas aeróbicas, que oxidam essa fonte de carbono, resultando numa depleção do oxigênio. Nesse caso, os processos fermentativos e as bactérias anaeróbicas se tornam dominantes e, durante o processo de sucessão, poderá surgir um consórcio de bactérias que degrade polímeros recalcitrantes como celulose e quitina, bem como as sulfato-redutoras e as metanogênicas. As mudanças na estrutura das populações também podem ocorrer em resposta às mudanças de luz, pH, temperatura, pressão, qualidade e concentração de nutrientes dissolvidos, variação sazonal e presença de predadores. Em todos os casos, essas mudanças ocorrem para que a função metabólica vital seja mantida no ecossistema, desde que elas sejam pontuais e não haja impacto crônico antropogênico (Crapez, 2007).

2 – INTERAÇÃO ENTRE BACTÉRIAS E FORAMINÍFEROS

Os sedimentos de estuários e manguezais são intensamente colonizados por microorganismos (cianobactérias e bactérias < 150 µm), que chegam a 10¹⁰ células/g. A maioria é organizada em biofilmes numa complexa associação entre os microorganismos, imobilizando as superfícies com matriz orgânica extracelular, que consiste em substâncias poliméricas extracelulares (EPS). Cria-se, então, microhabitats com gradientes biológicos, químicos e fisiológicos diferentes. Além do oxigênio, os microorganismos também utilizam outros aceptores de elétrons (nitrato, manganês, ferro, sulfato e dióxido de carbono) para oxidação do material orgânico. Essas habilidades, combinadas com o crescimento exponencial e o tempo de geração curto, fazem dos microorganismos os que possuem maior diversidade metabólica, interagindo de forma positiva ou negativa com outros organismos (Meyer-Reil, 1994 e Meyer-Reil & Koster, 2000), e isto pode ser um fator determinante para a distribuição das espécies de foraminíferos (Van Lith *et al.* 2005).

Protozoários, como os foraminíferos são um importante elo entre a alça microbiana e a teia trófica de sedimentos de ambientes marinhos, pois eles assimilam 80% da energia produzida pelos autótrofos (bactérias e cianobactérias) e passam para o nível seguinte 28% desta energia (Fig. 76). No consumo direto, sem passar pelos protozoários, somente 5% da energia seria aproveitada na teia trófica. Além disso, os protistas ao morrerem servem como produto para decomposição pelas bactérias

que transformam a matéria orgânica particulada (MOP) em matéria orgânica dissolvida (MOD) (Kirchman, 2000), fazendo com que haja ciclagem da matéria.

Anteriormente, muito dos estudos ecológicos sobre foraminíferos focavam apenas estratégias de alimentação (Ward *et al.* 2003, Moodeley *et al.* 2000; Bernhard & Bowser, 1992). Contudo, só recentemente, a seletividade na alimentação ganha maior atenção (Heinez *et al.* 2001; Suhr *et al.* 2003) podendo-se verificar que a seletividade alimentar pode variar muito entre as espécies (Murray, 1963).

A maior parte dos estudos voltados à seletividade na alimentação foca algas e diatomáceas (Bernhard & Bowser, 1992), porém sabe-se que os foraminíferos utilizam as bactérias como fonte de carbono. Segundo Muller & Lee (1969), os foraminíferos conseguem sobreviver sem a presença de bactérias no ambiente, contudo não são eficientes nos processos reprodutivos.

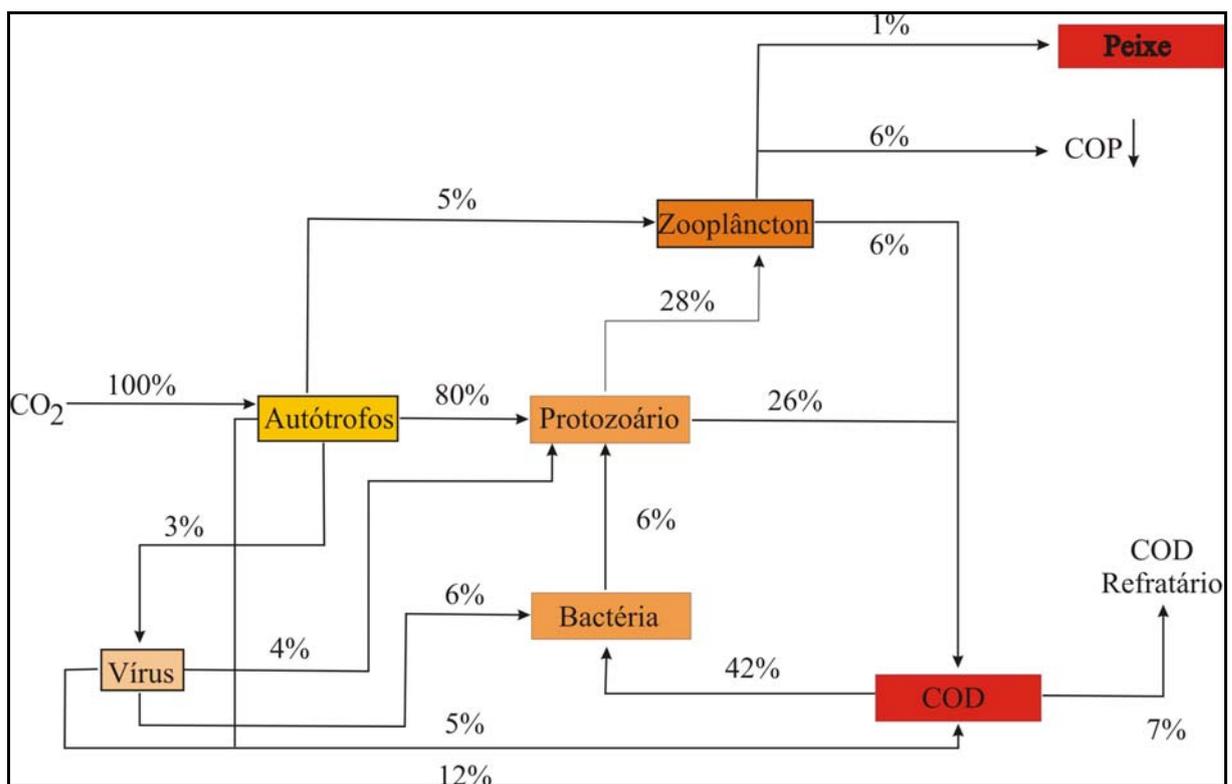


Fig. 76 – Modelo de fluxo de energia na cadeia alimentar marinha, mostrando a importância dos protozoários no meio marinho (modificado de Kirchman, 2000).

Vários estudos com bioensaios já foram realizados com espécies de foraminíferos de regiões profundas e temperadas para se estabelecer a relação com as bactérias (Jorissen *et al.* 1998; Moodley *et al.* 2002; Van Lith *et al.* 2005, Bernhard, 2003; Langezaal *et al.* 2003, 2004 e 2005). Sabe-se até o momento que algumas espécies são dependentes de bactérias para sobreviverem em ambientes hostis (Bernhard & Alve, 1996; Moodley *et al.* 1997; Jorissen *et al.* 1998; Van der Zwaan *et al.* 1999; Duijnste, 2001), contudo o papel preciso que as bactérias desenvolvem na ocorrência dos foraminíferos ainda não é bem definido.

Langezaal *et al.* (2004) constataram a preferência de *Nonion scaphum* por zonas de nitrificação, onde outras espécies não se desenvolveram. Tal comportamento pode segundo Richardson & Rützler (1999) estar relacionado a uma relação simbiote entre esta espécie e as bactérias nitrificantes.

Relações endosimbiotes entre a espécie de foraminífero *Virgulinema fragilis* típica de regiões profundas, e bactérias sulfato-redutoras foi observada por Bernhard (2003), onde as bactérias se alojavam no córtex celular precipitando óxido de enxofre.

Langezaal *et al.* (2004) relatam que os principais fatores controladores da distribuição dos foraminíferos em ambientes marinhos abertos são o oxigênio dissolvido e a disponibilidade de alimento. Em áreas oligotróficas o aumento da comida é um fator determinante para a vida dos foraminíferos em profundidades. Em contrapartida, em ambiente eutrófico o aumento do oxigênio dissolvido assume o primeiro lugar na distribuição das espécies.

A distribuição vertical no sedimento também é controlada pela disponibilidade de alimento que pode ser o estoque de bactérias ou de partículas de nutrientes que foram degradadas por elas. Indiretamente os fatores porosidade e oxigênio dissolvido também participariam nesta distribuição (Jorissen *et al.* 1998).

Jorissen *et al.* (1998) mostraram que as espécies de foraminíferos de epifauna são posicionadas na zona oxigenada, enquanto que a infauna intermediária predominam nas camadas nitrificantes, e os de infauna profunda em camadas de domínio sulfato redutor. Espécies como *Haynesina germanica* e muitas de *Elphidium* são caracteristicamente da epifauna, pois desenvolvem

relações simbióticas com cloroplastos que necessitam de oxigênio para seu metabolismo (Knight & Matoura, 1985).

Languenzaal *et al.* (2005) mostram diferenças nos hábitos alimentares de *Ammonia beccarii* e *Allogrommia laticollaris*. A primeira espécie apresentou digestão intracelular que é um processo mais lento do que o extracelular apresentado por *A. laticollaris*. Essa diferença de processo digestivo demonstrou que *A. beccarii* é menos eficiente em alimentar-se de bactéria do que *A. laticollaris*.

3 – FORAMINÍFEROS, TECAMEBAS E BACTÉRIAS NOS ESTUÁRIOS DO BRASIL

O carbono bacteriano quantificado ao longo do litoral demonstrou possuir uma grande influência sobre a distribuição das espécies de foraminíferos e tecamebas. Contudo, nos estuários do litoral nordeste (Potengi e Mataripe) o carbono bacteriano apresentou um papel secundário na distribuição (Figs. 39 e 47). Possivelmente esse fato possa estar relacionado aos baixos valores de COB identificados nestes estuários (Tabs. 8 e 11).

Os estuários do litoral nordeste, contudo se diferenciaram na relação COB X diversidade. No estuário do Potengi a tendência foi de maiores valores de diversidade com aumento do COB, enquanto na enseada de Mataripe ocorre a diminuição no índice de diversidade com o aumento do COB (Fig. 77).

O estuário do Potengi apresentou na foz alto índice de diversidade proporcionado pela presença de espécies marinhas que provavelmente são o resultado do transporte de material da plataforma para dentro do estuário, sendo assim, a relação progressiva entre diversidade e carbono bacteriano pode ser falsa. A riqueza apresentou um resultado oposto ao da diversidade ressaltando esse fato (Fig. 77).

Esse fato não ocorreu na enseada de Mataripe onde tanto a diversidade quanto a riqueza diminuíram com o aumento do carbono bacteriano (Fig. 77).

Os estuários da Litoral Oriental e Sudeste apresentam os índices aumentando progressivamente em relação às concentrações de COB (Fig. 77). A estação IT 05 do estuário do Itacorubí induziu a uma pequena queda do índice de diversidade, contudo deve-se lembrar que esta

estação apresenta uma população de foraminíferos resistente a condições de estresse ambiental, onde os índices ecológicos são mais baixos, e por isso ela não representa a totalidade do estuário.

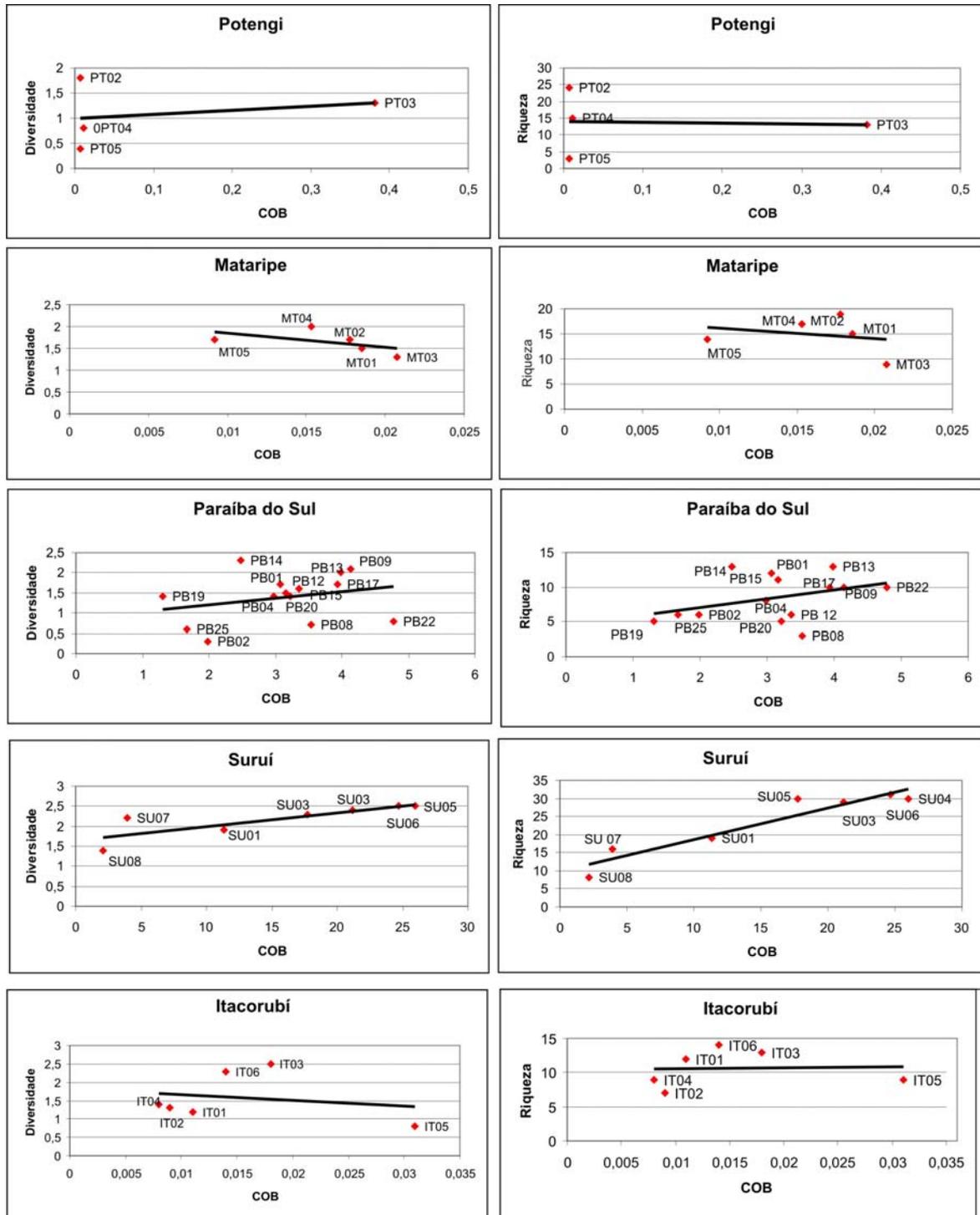


Fig. 77 – Índice de diversidade e riqueza em relação à concentrações de carbono bacteriano (COB - $\mu\text{gC}\cdot\text{g}^{-1}$) no estuários.

A dominância de bactérias sulfato-redutoras nas amostras pode ter sido o fator predominante para a redução dos índices ecológicos nos estuários, como na enseada de Mataripe onde as assembléias de foraminíferos foram compostas por espécies de testa calcárias. As atividades microbiológicas em sulfato-redução promovem o aumento da alcalinidade durante o consumo da matéria orgânica resultando na dissolução do carbonato de cálcio (Baumgartner *et al.*, 2006), o que provavelmente desfavorece as espécies calcárias.

Nos estuários onde as assembléias foram predominantemente compostas por textulariídeos (foraminíferos aglutinantes) a quantidade de carbono bacteriano, independente do tipo de metabolismo exercido significou maior disponibilidade de alimento e conseqüentemente os índices ecológicos aumentaram progressivamente (Jorissen *et al.* 1998).

Individualmente poucas espécies tiveram correlação com tipos específicos de metabolismo bacteriano. *Arenoparrella mexicana* respondeu de maneira positiva à sulfato redução e negativamente à desnitrificação (Tab. 21). É possível que *A. mexicana* viva em simbiose com bactérias sulfato-redutoras, pois este tipo de relação já foi identificado por Bernhard (2003) em uma espécie de foraminífero marinho (*Virgulinema fragilis*), que sobrevive em regiões disóxicas-anóxicas ricas em enxofre, graças a uma relação de endossimbiose com bactérias sulfato-redutoras.

As espécies de *Ammonia* correlacionaram positivamente como as bactérias aeróbicas e negativamente como as sulfato-redutoras (Tab. 21). Estas correlações que foram mais evidentes nas amostras do estuário do Itacorubí podem estar ligadas não somente à simbiose como também à seletividade alimentar e competição. *A. mexicana* pode ter maior preferência alimentar por bactérias sulfato-redutoras do que *A. beccarri f. tepida*. Langezaal *et al.* (2005) observaram que *A. beccarri* não desenvolve relação simbiótica com bactérias, pois realiza digestão extracelular das bactérias predadas. A digestão extracelular é um processo mais lento do que a intracelular, sendo assim, espécies mais vorazes seriam favorecidas em ambientes com maior disponibilidade de bactérias (Lee *et al.* 1991).

As espécies *Trochammina macrescens* e *Trochammina ochracea* foram as únicas que responderam às atividades fermentativas em anaerobiose (Tab. 21), contudo estatisticamente não foram correlações fortes (Tab. 21).

Grande parte das espécies, tanto de foraminíferos quanto de tecamebas, se correlacionaram positivamente com o carbono bacteriano (COB) e com a matéria orgânica total (MOT). As espécies calcárias de *Bolivina* spp., *Ammonia beccarri* f. *tepida*, *Buliminella elegantissima* apresentaram correlação com o COB. Estas espécies são consideradas como bioindicadores de degradação orgânica em diversos sistemas estuarinos (Boltovskoy, 1965). A única espécie de tecameba que se correlacionou negativamente com o carbono bacteriano foi *Diffflugia viscidula* (Tab. 21).

Quinqueloculina polygona e *Elphidium excavatum* apresentaram correlação negativa com a matéria orgânica total (Tab. 21), demonstrando que estas espécies possuem preferência por ambientes menos confinados do que *Trochammina inflata*, *Haplophragmoides wilberti*, *Trochammina macrescens*, que se correlacionaram positivamente.

Apesar de ter sido possível estabelecer algumas correlações entre algumas espécies de foraminíferos bentônicos e tecamebas com as atividades metabólicas bacterianas ainda são necessários estudos mais aprofundados para se detalhar as relações dos simbioses e a seletividade alimentar.

Tab. 21 – Análise de correlação usando o coeficiente de *Spearman* entre as espécies de foraminíferos dos estuários, atividade metabólica bacteriana, carbono bacteriano e matéria orgânica total.

Estuários	Principais Correlações	Valid	Spearman	t(N-2)	p-level
Potengi	COB & <i>Bolivina</i> spp.	4	0,95	4,24	0,05
	COB & <i>B. elegantissima</i>	4	0,95	4,24	0,05
	MOT & <i>F. lucida</i>	4	0,95	4,24	0,05
Mataripe	AERO & <i>A. parkinsoniana</i>	5	0,97	6,71	0,01
	COB & <i>A. tepida</i>	5	0,90	3,58	0,04
	COB & <i>G. exilis</i>	5	0,87	3,09	0,05
	MOT & <i>A. parkinsoniana</i>	5	0,89	3,46	0,04
Paraíba do Sul	FERM & <i>T. macrescens</i>	14	0,68	3,21	0,01
	FERM & <i>T. ochracea</i>	14	0,68	3,21	0,01
	DESNITR & <i>A. mexicana</i>	14	-0,52	-2,12	0,06
	COB & <i>D. oblonga</i>	14	0,67	3,16	0,01
	COB & <i>D. urceolata</i>	14	0,63	2,83	0,02
	MOT & <i>D. viscidula</i>	14	-0,76	-4,05	0,00
	MOT & <i>P. compressa</i>	14	0,55	2,26	0,04
Surui	COB & <i>A. salsa</i>	7	0,91	4,80	0,00
	COB & <i>A. cassis</i>	7	0,87	3,89	0,01
	COB & <i>T. irregularis</i>	7	0,85	3,56	0,02
	COB & <i>C. corona</i>	7	0,93	5,51	0,00
	COB & <i>D. capreolata</i>	7	0,87	4,00	0,01

	COB & <i>D. urceolata</i>	7	0,93	5,48	0,00
	COB & <i>D. oblonga</i>	7	0,93	5,51	0,00
	COB & <i>L. vas</i>	7	0,81	3,06	0,03
	COB & <i>Lesquereusia</i> spp.	7	0,80	3,00	0,03
	COB & <i>P. compressa</i>	7	0,78	2,77	0,04
	COB & <i>Plagiopyxis</i> spp.	7	0,72	2,32	0,07
	MOT & <i>T. marcescens</i>	7	0,79	2,84	0,04
	MOT & <i>P. compressa</i>	7	0,74	2,47	0,06
Itacorubi	SULF & <i>A. tepida</i>	6	-0,93	-4,90	0,01
	SULF & <i>A. mexicana</i>	6	0,77	2,43	0,07
	MOT & <i>B. elegantissima</i>	6	-0,85	-3,16	0,03
	MOT & <i>E. excavatum</i>	6	-0,84	-3,10	0,04
	MOT & <i>H. wilberti</i>	6	0,93	4,97	0,01
	MOT & <i>Q. polygona</i>	6	-0,85	-3,16	0,03
	MOT & <i>T. inflata</i>	6	0,85	3,16	0,03

FERM – fermentação; DESNITR – desnitrificação; SULF – Sulfato-redução; COB – carbono bacteriano; MOT – matéria orgânica total

CAPÍTULO VIII

FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS DE REGIÕES ESTUARINAS DO BRASIL

1 – FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS DOS ESTUÁRIOS TROPICAIS DO BRASIL

O número total de espécie de foraminíferos em um estuário pode ser muito variado de uma região para outra. Contudo, regiões costeiras de clima “seco” e quente, como na costa oeste da África, tendem a apresentar maior número de espécies do que nos sistemas de clima temperado, como no Canadá, Estados Unidos e Inglaterra (Tab. 22)

Os estuários da região dos oceanos Pacífico e Índico também tendem a apresentar uma grande riqueza de espécies de foraminíferos (Tab. 22), possivelmente por ser uma região onde se desenvolvem grandes manguezais associados a regime de macro e mesomaré.

Nos estuários estudados na América do Sul pode-se constatar que o número médio de espécies de foraminíferos é de 24 nunca ultrapassando 50 por estuário, sendo que os estuários ao sul do continente apresentam mais espécies do que os da região equatorial. A dominância é de espécies calcárias no extremo sul (Argentina) e de espécies aglutinantes em direção a região equatorial (Tab. 22).

Nos sete sistemas estuarinos estudados no litoral do Brasil (Araguari-AP, Caeté-PA, Potengi-RN, Mataripe-BA, Paraíba do Sul-RJ, Suruí-RJ e Itacorubí-SC) foram identificadas 105 espécies, sendo que destas 21 foram de tecamebas, 29 de foraminíferos aglutinantes e 55 de foraminíferos calcários. Contudo, pode-se observar que cada estuário possuiu uma

associação de espécies característica nas quais variam muito em relação ao número de espécies de tecamebas e de foraminíferos calcários.

Tab. 22 - Valores de riqueza de espécies de foraminíferos ao longo do globo.

Estuários	Número de Espécies	N° Espécies Calcárias	N° Espécies Aglutinantes	Referências
Tees (Inglaterra)	12	5	7	Horton & Murray.,1996
Hamble (Inglaterra)	17	10	7	Alve & Murray, 1994
Vie (França)	60	11	49	Debenay <i>et al.</i> 2006
Odiel (Espanha)	49	45	4	Ruiz <i>et al.</i> 2004
South Alligator (Australia)	94	79	15	Wang & Chapell, 2001
Purakanui (Nova Zelândia)	71	59	12	Hayward <i>et al.</i> , 1996
Rangitopuni (Nova Zelândia)	29	18	11	Hayward <i>et al.</i> 2004
Yangtze (China)	30	-	-	Wang <i>et al.</i> 1985
Qiantang (China)	32	-	-	Wang <i>et al.</i> 1985
Xijiang (China)	10	-	-	Wang <i>et al.</i> 1985
Luanhe (China)	2	-	-	Wang <i>et al.</i> 1985
Shuantaizihe (China)	10	-	-	Wang <i>et al.</i> 1985
Nanlijiang (China)	1	-	-	Wang <i>et al.</i> 1985
Small Creek (China)	10	-	-	Wang <i>et al.</i> 1985
Delta do Mokong (Vietnam)	103	75	28	Debenay & Luan, 2006
Pennar (India)	45	38	5	Reddy & Rao, 1984
Senegal (Senegal)	166	130	36	Debenay, 1990
Saloum (Senegal)	166	130	36	Debenay, 1991
Casamance (Senegal)	166	130	36	Debenay, 1990
Joal (Senegal)	166	130	36	Debenay <i>et al.</i> 1993
Delta do Fraser (Canadá)	14	6	8	Jonasson & Patterson, 1992
Sackville (Canadá)	16	4	12	Scott <i>et al.</i> 2005
Seymour-Belize Complex (Canadá)	11	0	11	Riveiros <i>et al.</i> , 2006
Hammock (Estados Unidos)	14	0	14	Edwards <i>et al.</i> 2004
Pattgansett (Estados Unidos)	14	0	14	Edwards <i>et al.</i> 2004
Patapsco (Estados Unidos)	6	3	3	Ellison <i>et al.</i> 1986
Barnstable (Estados Unidos)	10	0	10	Rijk, 1995
Albemarle (Estados Unidos)	30	7	23	Vance <i>et al.</i> 2006
Ortoire (Trinidad)	8	0	8	Sauders, 1958
Valdivia (Chile)	7	0	7	Jennings, <i>et al.</i> 1995
Tesca (Colombia)	21	16	5	Boltovskoy & Martines, 1983
Kaw (Guiana Francesa)	38	15	23	Debenay <i>et al.</i> 2002
Quenquen (Argentina)	49	39	10	Boltovskoy & Boltovskoy, 1968

Os grandes sistemas estuarinos do litoral brasileiro como Araguari, Caeté e Paraíba do Sul apresentaram poucas espécies de foraminíferos calcários e grande diversidade de espécies de tecamebas e de foraminíferos aglutinantes, ao contrário de outros grandes sistemas fluviais como Quenquen (Argentina), Yangtze (China), Mokong (Vietnam), South Aligator

(Austrália) e Senegal (Senegal) (Tab.23). A baixa salinidade, promovida pelo alto índice pluviométrico destas regiões, somado à acidez da água ($\text{pH} < 7$), que é o resultado da interação com a vegetação de mangue, podem ser os fatores que desfavorecem as espécies calcárias e permitem o domínio das espécies aglutinantes (Fig. 78).

Os estuários da região nordeste (Potengi e Mataripe) foram os que apresentaram a maior riqueza de espécies calcárias (Fig. 78). Este quadro pode ser o resultado da pequena extensão dos cursos fluviais, condições climáticas de aridez na cabeceira dos rios e alta amplitude de maré que faz a renovação de oligoelementos nestes sistemas fluviais. Os estuários do litoral nordeste apresentaram a mesma tendência observada em outros estuários de clima semi-árido, como na costa oeste da África (Debenay, 1990).

Nos outros estuários onde a dominância foi de espécies aglutinantes, o número de espécies variou de 15 no estuário do Itacorubí e Araguari, a 27 no estuário do Suruí (Fig. 78).

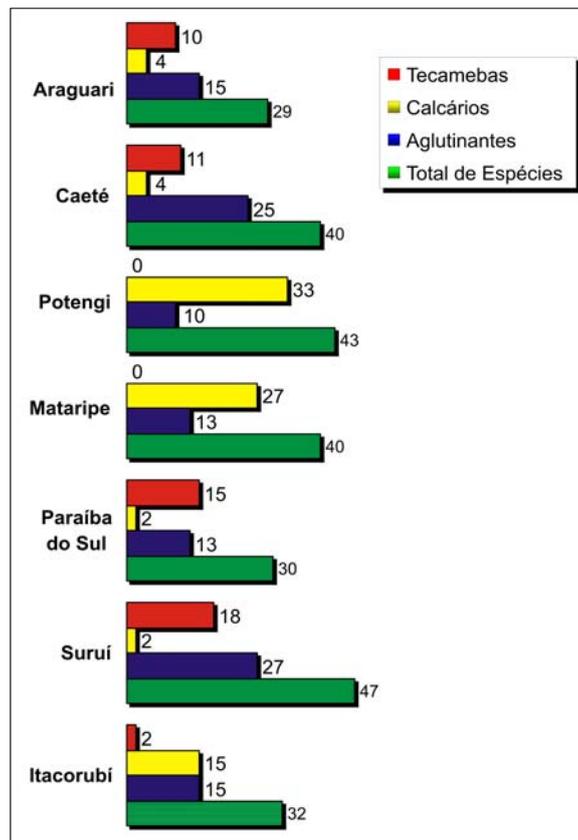


Fig.78 – Total de espécies (50 ml) e tipos de testas identificadas ao longo da costa.

Em relação às tecamebas, o estuário do Suruí foi o que apresentou o maior número de espécies (18 no total). Correlações com outros estuários fora do litoral do Brasil não são possíveis de serem feitas, pois existem poucos estudos usando tecamebas de regiões estuarinas associadas com foraminíferos. Grande parte destes estudos está concentrada nos marismas do Canadá. Contudo, no Litoral Sudeste, no rio Itanhaém uma grande riqueza de morfotipos de tecamebas também foi identificada (Oliveira, 1999) demonstrando ser uma possível tendência da região em função da baixa salinidade destes estuários.

Em relação à riqueza total (foraminíferos + tecamebas) identificou-se ao longo da costa uma média de 37 espécies por estuário. O estuário que apresentou a maior riqueza de espécies foi o do Suruí (47), sendo que os valores foram enriquecidos pela presença das espécies de tecamebas (18) (Fig.78). Apenas duas espécies de foraminíferos calcários foram identificadas. Neste sistema, provavelmente, os fatores atuantes para a quase ausência das espécies de foraminíferos calcários talvez sejam: alta precipitação na bacia de drenagem (2.000 mm anuais) que diminui muito a salinidade, a poluição por hidrocarbonetos e metais pesados (Soares *et al.* 2006), e a circulação restrita, por ser um estuário localizado no fundo da baía de Guanabara.

Tinoco (1989) propôs o uso do índice ecológico de constância para se obter a relação entre as espécies e a amostragem, que é um valor expresso em porcentagem (ver Capítulo II). O autor considerou como constante as espécies presentes em mais 60% das amostras, acessórias as que representam frações entre 25 - 59%, e acidentais quando ocorrem em menos de 25% das estações amostrais. Levando-se em consideração que nos estuários estudados muitas espécies não tiveram ampla distribuição longitudinal, a maioria das espécies se enquadraria como acidentais, não representando o contexto real. Criando-se novas categorias de constância é possível atenuar esse problema (Tab. 24). Sendo assim, as categorias

sugeridas neste trabalho foram: muito constantes (mais de 60%), constantes (25-59%), restritas (5-10%) e raras (menos de 5%).

Ao longo dos estuários tropicais do Brasil as espécies muito constantes foram *A. mexicana* (72%) e *H. wilberti* (60%). Ambas as espécies não só tiveram ampla distribuição nos estuários como também foram dominantes principalmente no compartimento intermediário dos estuários.

A espécie *H. wilberti* nos estuários brasileiros só não foi identificada no estuário do rio Potengi – RN, sendo possivelmente mais relacionada à ambientes com baixa salinidade do que *A. mexicana*, que foi identificada em todos os estuários mesmo que apresentando frequências muito baixas (Fig. 80).

Grande parte das espécies de *Elphidium*, *Bolivina* e *Quinqueloculina* entre outros tiveram caráter de constância restrito ou raro, fato esse que se deve ao habito marinho destas espécies que foram identificadas somente na parte externa de alguns dos estuários.

Tab. 23 – Classes de constância modificadas de Tinoco (1989) das espécies de foraminíferos bentônicos e tecamebas dos sete estuários estudados ao longo do litoral do Brasil.

Classificação	Espécies	Ocorrência (%)
Muito Constantes	<i>Arenoparrella mexicana</i>	72
	<i>Haplophragmoides wilberti</i>	61
Constantes	<i>Miliammina fusca</i>	48
	<i>Trochammina salsa</i>	45
	<i>Trochammina inflata</i>	41
	<i>Jadammina polystoma</i>	40
	<i>Trochammina macrescens</i>	36
	<i>Diffugia oblonga</i> (tecameba)	32
	<i>Ammotium salsum</i>	32
	<i>Polisaccammina ipohalina</i>	31
	<i>Siphrochammina lobata</i>	31
	<i>Textularia earlandi</i>	31
	<i>Centropyxis constricta</i> (tecameba)	31
	<i>Ammonia beccarri f. tepida</i>	29
	<i>Ammoastuta inepta</i>	28
	<i>Pontigulasia compressa</i> (tecameba)	28
	<i>Cucurbitella corona</i> (tecameba)	27
<i>Cyclopyxis spp.</i> (tecameba)	27	

	<i>Diffugia urceolata</i> (tecameba)	27
	<i>Diffugia viscidula</i> (tecameba)	25
	<i>Diffugia caprelota</i> (tecameba)	24
	<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	24
	<i>Lagenodiffugia vas</i> (tecameba)	19
	<i>Tiphotrocha comprimata</i>	19
	<i>Ammonoastuta salsa</i>	17
	<i>Elphidium excavatum</i>	17
Pouco Constantes	<i>Trochammina squamata</i>	17
	<i>Warrenita palustris</i>	17
	<i>Ammobaculites dilatatus</i>	15
	<i>Trochammina irregularis</i>	15
	<i>Paratrochammina madeirae</i>	13
	<i>Textularia paranaguaensis</i>	13
	<i>Ammobaculites exiguus</i>	11
	<i>Plagiopyxis spp.</i> (tecameba)	11
	<i>Ammotium cassis</i>	9
	<i>Bolivina translucens</i>	9
	<i>Elphidium discoideale</i>	8
	<i>Elphidium gunteri</i>	8
	<i>Diffugia globulus</i>	7
	<i>Centropyxis spp.</i> (tecameba)	7
	<i>Elphidium galvestonensis</i>	7
Restritas	<i>Gaudryina exilis</i>	7
	<i>Pseudononion. atlanticum</i>	7
	<i>Quinqueloculina seminula</i>	7
	<i>Ammotium pseudocassis</i>	5
	<i>Bulliminella elegantissima</i>	5
	<i>Cyclopyxis impressa</i> (tecameba)	5
	<i>Miliolinella subrotunda</i>	5
	<i>Reophax nana</i>	5
Raras	<i>Cibicides spp.</i>	4
	<i>Elphidium sp. A</i>	4
	<i>Fissurina lucida</i>	4
	<i>Nonionella opima</i>	4
	<i>Oolina vilardeboana</i>	4
	<i>Pseudoturamina limnets</i>	4
	<i>Quinqueloculina laevigata</i>	4
	<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	4
	<i>Uvigerina peregrina</i>	4
	<i>Acupeina tripeforata</i>	3
	<i>Ammonia beccarii f. parkisoniana</i>	3
	<i>Bolivina cf doniezi</i>	3
	<i>Bolivina cf. inflata</i>	3
	<i>Bolivina sphaatulata</i>	3
	<i>Bolivina sp.</i>	3
	<i>Centropyxis aculeata</i> (tecameba)	3
	<i>Cornuspira incerta</i>	3
	<i>Diffugia correntina</i> (tecameba)	3
	<i>Discorbis williamsonii</i>	3
	<i>Elphidium cf. fimbriatulum</i>	3
	<i>Elphidium spp.</i>	3
	<i>Fursenkoina. pontoni</i>	3
	<i>Lesquereusia spp.</i> (tecameba)	3
	<i>Oopixis spp.</i> (tecameba)	3

<i>Quinqueloculina angulata</i>	3
<i>Quinqueloculina spp.</i>	3
<i>Reophax sp. A</i>	3
<i>Rosalina bradyi</i>	3
<i>Saccamina sphaerica</i>	3
<i>Trochammina ochracea</i>	3
<i>Ammobaculites spp.</i>	1
<i>Apodera vas</i> (tecameba)	1
<i>Arcella discoides</i> (tecameba)	1
<i>Bolivina compacta</i>	1
<i>Bolivina sp. A</i>	1
<i>Bolivina sp. B</i>	1
<i>Bolivina striatula</i>	1
<i>Cornuspira. planorbis</i>	1
<i>Cucurbitella tricuspis</i> (tecameba)	1
<i>Diffugia protaeiformis</i> (tecameba)	1
<i>Discorbinela berthelotti</i>	1
<i>Elphidium bartletti</i>	1
<i>Elphidium cf poeyanum</i>	1
<i>Elphidium translucens</i>	1
<i>Haynesina germanica</i>	1
<i>Lagena laevis</i>	1
<i>Lagena spiralis</i>	1
<i>Lagunculina urnala</i> (tecameba)	1
<i>Miliolinella sp. A</i>	1
<i>Nonionella auris</i>	1
<i>Quinqueloculina cf. tenagus</i>	1
<i>Rutherfordoides sp.</i>	1
<i>Spiroculina sp.</i>	1
<i>Triloculina sp. A</i>	1
<i>Wiesnerella aviculata</i>	1

As espécies marinhas como *Cibicides spp.*, *Fissurina lucida*, *Nonionella opima*, *Oolina vilardeboana*, *Uvigerina peregrina*, *Bolivina inflata*, *Haynesina germanica* e outras, tiveram caráter raro ao longo do litoral. A ocorrência de muitas destas espécies possivelmente é o resultado do transporte da maré, como descrito por Wang & Murray (1988) ou de ondas de tempestade.

Algumas espécies de foraminíferos como *Acupeina triperforata*, *Saccamina sphaerica*, *Trochammina ochracea*, *Pseudothuramina limnets* possuem testas frágeis e normalmente ocorrem em planícies de maré (Laut, 2003), por este motivo tiveram ocorrência rara nos canais estuarinos.

As espécies de *Diffugia* spp., *Pontigulassia compressa*, *Curcubitella corona* e *Cyclopyxis* spp. foram as tecamebas mais constantes nos estuários tropicais do Brasil. As outras espécies de tecamebas tiveram sua ocorrência restrita a certas regiões dentro dos estuários e outras foram raras ao longo da costa.

Muitas das espécies de foraminíferos e de tecamebas de regiões estuarinas são constantes em ambos os hemisférios. As espécies aglutinantes consideradas mais endêmicas de ambientes estuarinos são *Ammoastuta inepta*, *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *Haplophragmoides manilaensis*, *Jadammina polystoma*, *Miliammina fusca*, *Trochammina macrescens*, *Trochammina inflata*, *Miliammina fusca*, *Ammotium salsum* e *Tiphotrocha comprimata* (Phleger, 1970).

As espécies *M. fusca*, *A. beccarii* e *E. gunteri* já foram identificadas em estuários de todos os continentes. *A. mexicana* ainda não foi identificada em estuários da Ásia, assim como *H. wilberti* não foi identificada nos canais estuarinos da Europa. Os miliolídios que possuem maior distribuição global são *Q. seminula* ausente somente na Oceania, e *M. subrotunda*, ausente na África e Oceania. (Fig. 79)

Em termos latitudinais (1°N a 28°S) não houve restrição da ocorrência das espécies como observado por Debenay (1990) na costa da África. As espécies *A. mexicana*, *A. beccarii*, *T. inflata* e *T. salsa* foram as que tiveram maior ocorrência latitudinal. A ausência de algumas espécies como, por exemplo, *A. salsum* que foi ocorrente até a latitude 25°S, e *H. wilberti* que só não foi identificado no estuário do Pontengi, possivelmente está relacionada a peculiaridades dos estuários e não à variação latitudinal (Fig. 80).

O mesmo pode ser dito das espécies de miliolídeos que parecem estar mais relacionados como à influência marinha dos estuários do que a variação da latitude (Fig. 80).

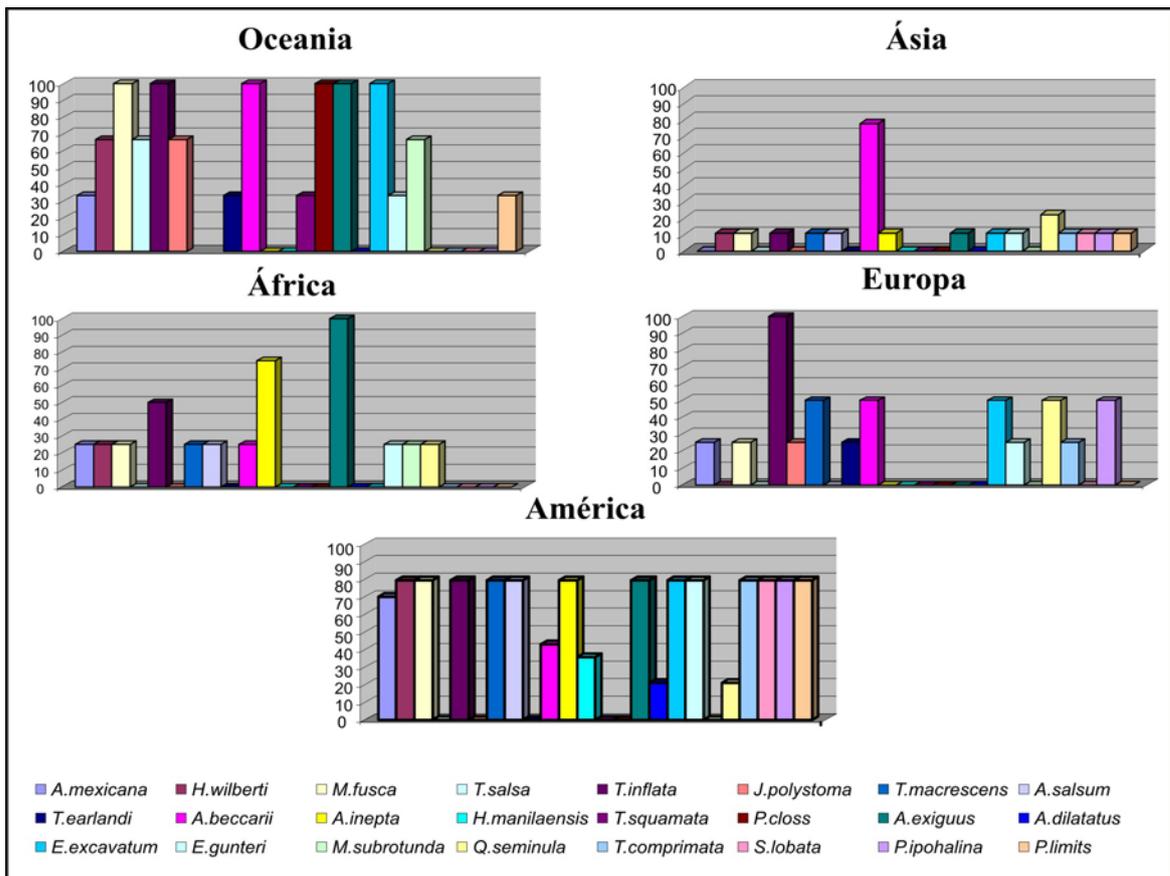


Fig. 79 – Ocorrência mundial das espécies de foraminíferos estuáricos (%). Os gráficos são baseados nas referências apresentadas na tabela 22.

2 – ASSEMBLÉIAS DE FORAMINÍFEROS E TECAMEBAS NOS MACROCOPARTIMENTOS DO LITORAL

Foraminíferos e tecamebas são organismos que possuem suas distribuição e diversidade condicionadas por variáveis ambientais como salinidade, matéria orgânica, níveis de oxigênio, temperatura, pH, tipo de sedimento, turbidez (Alve, 1995, Laut, 2003). Os efeitos destas variáveis têm sido alvo de estudos desde o final da década de 50 (Resing, 1960; Watkins, 1961). Segundo Bonetti (2000) é muito difícil o isolamento de um destes agentes condicionantes e de sua conseqüente resposta biológica. Em regiões costeiras confinadas e semi-confinadas, o número de espécies é uma função complexa da associação entre estas

variáveis ambientais (Setty, 1979 *apud* Bonetti, 1995), desta forma, cada estuário possui uma associação de espécie típica.

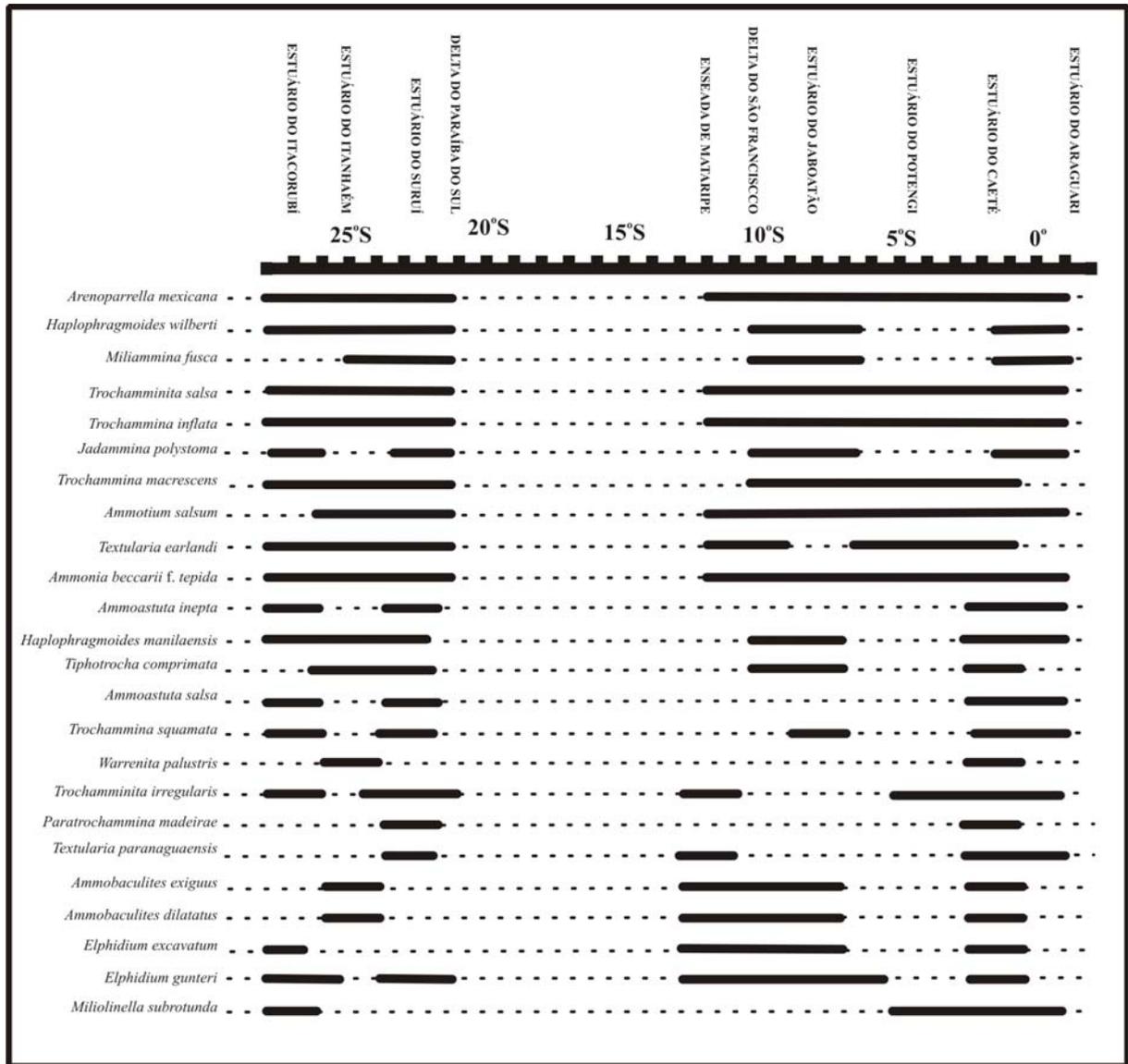


Fig. 80 – Distribuição latitudinal das espécies de foraminíferos mais constantes nos estuários do litoral do Brasil (1°N a 28°S). Estuário do Itanhaém (Oliveira, 1999); Delta do São Francisco (Semensato Jr., 2006); Rio Jaboatão (Laut, 2000).

No litoral do Brasil as condições físico-químicas, geológicas, geomorfológicas, oceanográficas, climáticas permitem dividi-lo em cinco regiões (Silveira, 1967). Schaeffer-Novelli (1990) mostrou que os manguezais respondem a esta divisão da costa, assim como,

pode ser verificado que as assembléias de foraminíferos variaram ao longo da costa de acordo com as características ambientais de cada região do litoral (Fig. 81).

Na análise em DCA, usando-se as a frequência das espécies identificadas nos sete estuários estudados pode-se observar cinco grupos de estações (Fig.81). No primeiro grupo reuniram-se as estações do estuário superior do Araguari (AR 01, 03 e 05). O segundo grupo de estações reuniu todas as amostras do delta do Paraíba do Sul e uma do Araguari (Ar 10). O posicionamento destes estuários no gráfico, opostos aos grupos II e IV foi proporcionado pelo fato de que ambos apresentaram assembléias compostas somente por espécies de tecamebas. O terceiro grupo reuniu as amostras do estuário intermediário e inferior do Potengi e quase todas as amostras do estuário do Itacorubí, que é o resultado da presença de espécies marinhas na foz de ambos os estuários que gradativamente vão sendo substituídas por foraminíferos aglutinantes em direção ao estuário superior. O quarto grupo reuniu todas as amostras da enseada de Mataripe, também demonstrando a singularidade deste ambiente. E o quinto grupo reuniu todas as amostras do Caeté e do Suruí, assim como também, as amostras do estuário superior do Potengi, as do estuário inferior do Araguari e duas amostras do Itacorubí (IT 05 e 07). O estuário do Caeté e Suruí se posicionaram juntos no centro do gráfico porque foram os estuários que apresentaram maior distribuição longitudinal de tecamebas.

Foi possível observar que os estuários estudados possuem singularidades quanto a distribuição das assembléias e que estas são promovidas pelas características específicas de cada compartimento do litoral.

Desta forma, no litoral norte foi possível constatar a existência de dois sistemas de macromaré diferenciados, um estratificado ao norte do rio Amazonas (Araguari) e um ao Sul (Caeté). No nordeste os dois sistemas estudados se destacaram dos demais apresentando semelhanças quanto às assembléias, pois ambos apresentam uma sucessão de espécies típicas de estuários de mesomaré estratificados. No litoral oriental o delta do Paraíba do Sul foi um

sistema único, diferente de todos os outros. E no sudeste, o estuário do Suruí apresentou uma distribuição de assembléias muito semelhante ao Caeté, podendo ser considerado como um estuário de micromaré não estratificado; Itacorubí, por apresentar características semelhantes ao Potengi, se classificaria como um estuário de micromaré estratificado.

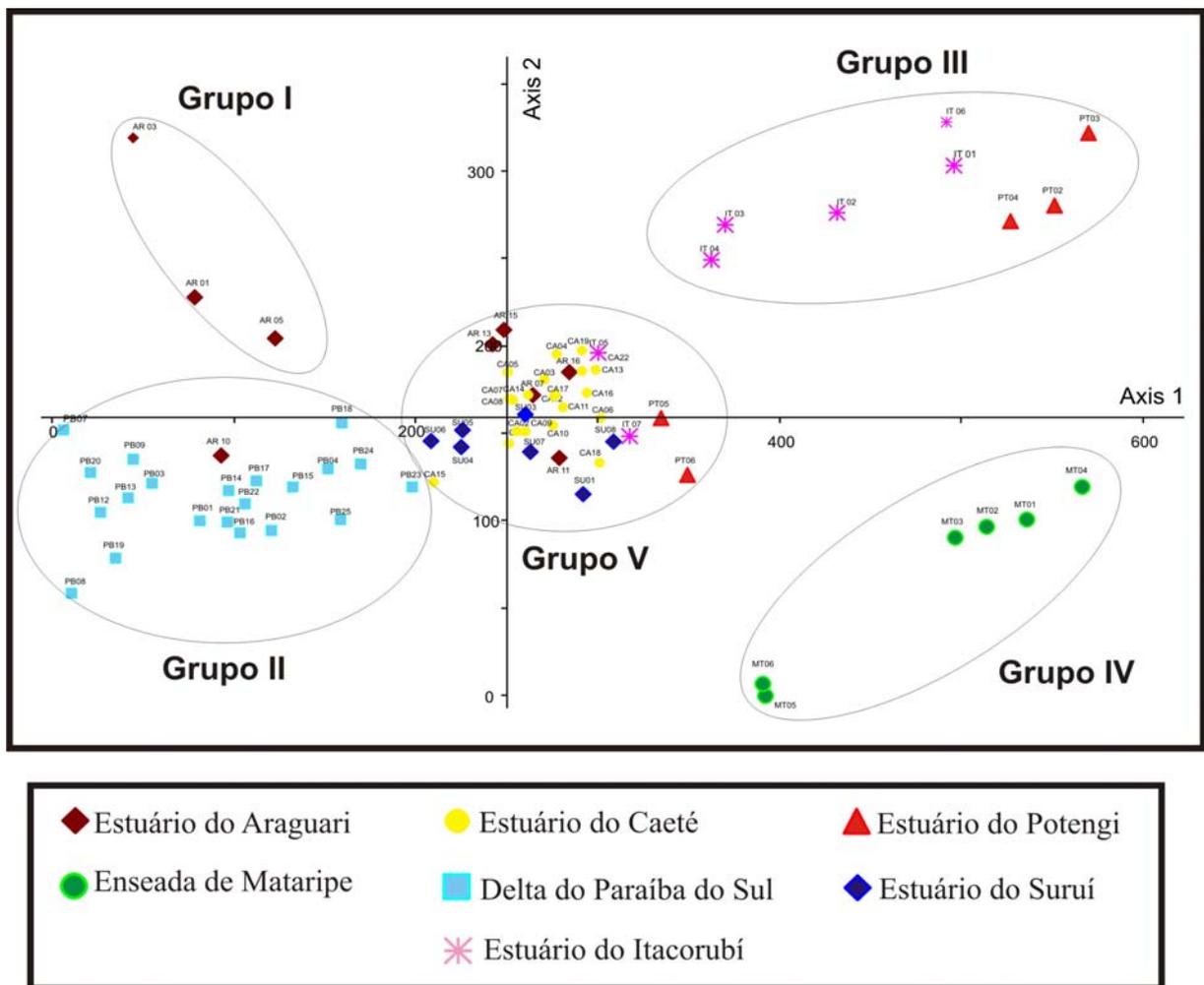


Fig. 81 – Análise em DCA das assembléias de foraminíferos e tecamebas dos estuários do Litoral Tropical do Brasil.

2.1 - Litoral Norte – Estuário Tropical de Macromaré Estratificado

Comumente, os estuários de macromaré apresentam uma grande quantidade de espécies exóticas (de plataforma) que são transportadas em suspensão pela ação das marés e que são as responsáveis por altos índices ecológicos na porção do estuário inferior. Estes estuários apresentam geralmente como espécie dominante *Ammonia beccarii* (Wang & Murray, 1988; Lê Xuan, 1996; Debenay & Guilou, 2002).

O estuário do Araguari foi dominado por espécies aglutinantes típicas de manguezais e *Ammonia beccarii* f. *tepida* foi pouco constante e significativa (ver Capítulo III). O maior índice de diversidade foi na região intermediária do estuário, resultado da mistura ente as espécies de foraminíferos e tecamebas (Fig. 82).

Em relação ao número de espécies (riqueza) o padrão foi o mesmo apresentado por outras regiões do mundo, que apresentam os maiores valores na foz. Em decorrência das espécies de testa calcária de *Ammonia* e *Bolivina* serem beneficiadas com a maior influência marinha, e por isso serem identificadas geralmente na foz dos estuários, elevam a riqueza na porção do estuário inferior.

Nos estuários foram *A. mexicana*, *H. wilberti*, *T. inflata*, *M. fusca* e *J. polystoma* que tiveram ampla distribuição dentro dos estuários, não podendo ser consideradas como espécies indicadoras da compartimentação, como sugerido por Laut (2003) para os canais de maré de Guaratiba, RJ.

Desta forma, no estuário do Araguari as espécies de foraminíferos indicadoras do estuário inferior foram *A. beccarii*, *Ammotium salsum*, *Bolivina* spp., *B. translucens*, *M. subrotunda*, *P. ipohalina*, *S.sphaerica*, *T. paranaguaensis*, *T. inflata* e *T. salsa*. A porção do estuário intermediário foi marcada pelas espécies de foraminíferos *M. fusca*, *S. lobata* e *T. squamata*, e pelas espécies de tecamebas *C. constricta*, *C. corona*, *D. protaeiformis*, *D.*

urceolata e *L. vas*. O estuário superior caracterizado somente pelas espécies de tecamebas *D. globulos*, *D. oblonga* e *Plagiopyxis* spp. (Fig. 82).

Os altos volumes pluviométricos, entre 1.500 – 3.500 mm/ano, característicos do litoral Norte (Muehe, 1998), promovem a baixa salinidade da água dos estuários fazendo com que haja uma grande riqueza de espécies de tecamebas e espécies de foraminíferos aglutinantes.

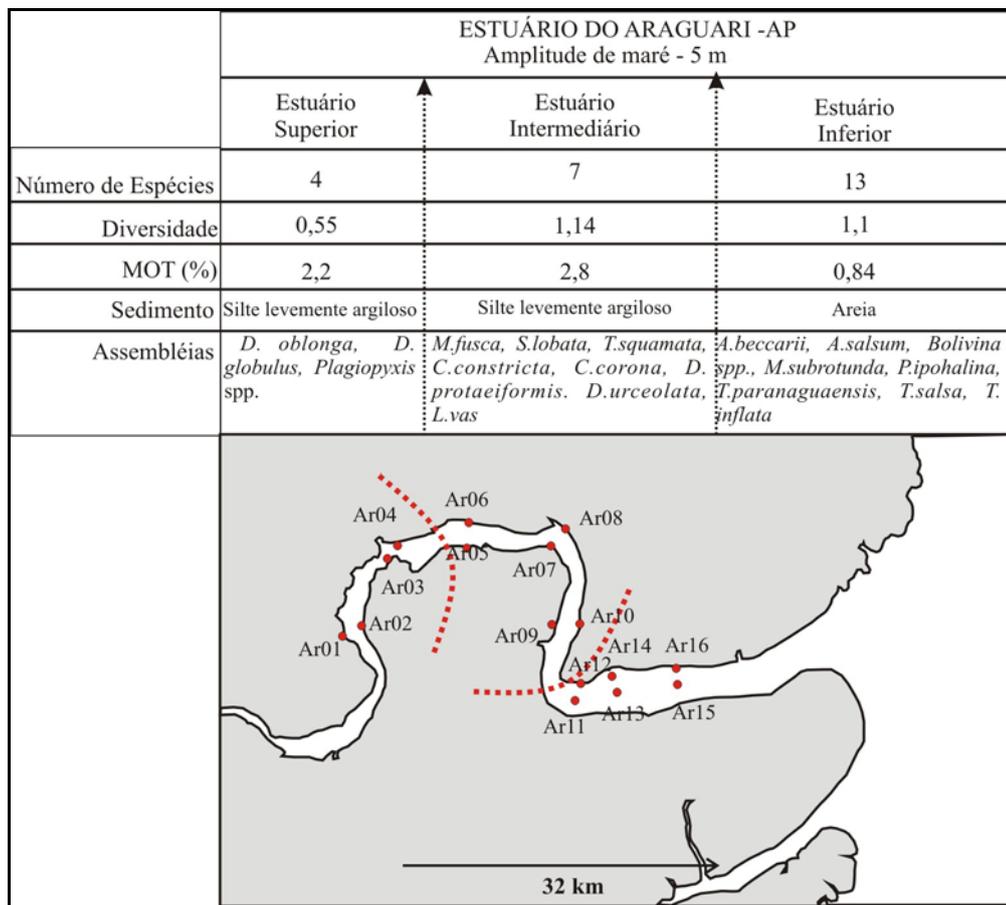


Fig. 82 – Características do estuário do Araguari – AP, Litoral Norte, Macrocompartimento do Litoral do Amapá. Os dados apresentados representam médias entre as estações de cada compartimento dos estuários.

Altas concentrações de matéria orgânica e deposição de lamas são características comuns ao longo de todo o Litoral Norte (Muehe, 1998), sendo ambas as variáveis foram determinantes para a distribuição das assembléias ao longo do Araguari (ver Capítulo III).

Segundo Dias *et al.* (1990) a plataforma continental da costa do Amapá é diretamente influenciada pelo enorme aporte de sedimentos finos trazidos pelo Amazonas, parcialmente direcionados para norte pela circulação oceânica. Estes sedimentos depositados na plataforma continental interna são remobilizados pelas ondas, aumentando significativamente a concentração de sedimentos em suspensão. Mesmo com esta disponibilidade de sedimentos trechos significativos do litoral como o cabo Norte, onde se localiza a foz do Araguari, apresenta acelerado processo erosivo.

Todos esses processos somados à ação da pororoca criam no estuário do Araguari condição de baixíssima salinidade e um grande volume de material em suspensão (ver Cap. III). Estas condições, principalmente a turbidez, promovem uma falsa estratificação que reflete numa zonação das assembléias de foraminíferos e tecamebas.

As espécies de tecamebas e *Miliammina fusca* responderam negativamente aos altos valores de turbidez e positivamente à matéria orgânica e sedimento fino, e por isso restringiram-se ao estuário superior, demonstrando uma sucessão faunística típica de ambiente de micromaré estratificado, como visto por Debenay & Guillou (2002) em outras regiões do mundo.

2.2 - Litoral Norte – Estuário Tropical de Macromaré não Estratificado

Ao contrário do rio Araguari, localizado no litoral do Amapá, o estuário do Caeté está localizado no macrocompartimento do litoral das Reentrâncias Pará-Maranhão que não recebe a carga de sedimentos em suspensão do Amazonas e também não possui características erosivas. Esse setor do litoral se apresenta como uma sucessão de pequenos estuários e acreções sedimentares que em conjunto dão um aspecto de rias (Muehe, 1998). Este litoral também se caracteriza por formar uma faixa contínua de manguezais de aproximadamente 30

km de largura que representa cerca de 53% do total das áreas de manguezais do Brasil (Herz, 1991).

Estas características do macrocompartimento do litoral das Reentrâncias Pará-Maranhão possivelmente são os fatores que proporcionam ao estuário do Caeté uma grande riqueza e distribuição quase que homogenia das espécies de textularídeos. Assim como no Araguari as espécies dominantes foram *A. mexicana*, *H. wilberti*, *T. inflata*, *M. fusca* e *J. polystoma*, que são espécies típicas de manguezais com ampla distribuição global (Schröder-Adams, 2006).

Uma grande riqueza de espécies de tecamebas pode ser identificada ao longo do estuário resultado das características de alta precipitação ao longo de todo o litoral norte que fazem com que os estuários possuam baixa salinidade (Muehe, 1998).

No estuário do Caeté as espécies indicativas do estuário inferior foram *A. dilatatus*, *A. beccarii* f. *tepida*, *A. cassis*, *A. pseudocassis*, *B. translucens*, *E. excavatum*, *Q. seminula*, *R. nana* e *Plagiopyxis* spp. O estuário intermediário pode ser identificado por uma assembléia composta por espécies de foraminíferos *A. salsum*, *H. manilaensis*, *P. clossi*, *P. ipohalina*, *P. limnets*, *T. squamata* e *T. irregularis*, e pelas espécies de tecamebas *C. constricta*, *C. impressa*, *Cyclopyxis* spp., *D. globulus*, *D. urceolata* e *L. vas*. As espécies indicadoras do estuário superior foram o foraminífero *W. palustris* e as de tecamebas *D. urceolata*, *D. oblonga* e *P. compressa* (Fig. 83).

Neste macrocompartimento do litoral, por não possuir influência da pluma do rio Amazonas, as variáveis ambientais que mais influenciaram a distribuição das espécies foram a matéria orgânica e a concentração de sedimentos finos. As regiões do estuário intermediário e superior foram os que apresentaram os maiores índices ecológicos, por possuir em menor hidrodinâmica do que a foz.

2.3 - LITORAL NORDESTE – ESTUÁRIO TROPICAL DE MESOMARÉ ESTRATIFICADO

Wang & Murray (1983) propõem que em ambientes de mesomaré o transporte material da região oceânica para dentro dos estuários é tão grande que ocasiona a ausência de uma zonação longitudinal de assembléias, e que um grande número de espécies exóticas compõe a população total (mortos+vivos). Este padrão não pode ser identificado no estuário do Potengi. Uma grande riqueza de espécies exóticas também foi identificada, contudo são restritas à foz e substituídas no estuário intermediário por uma associação de *Ammonia* e *Elphidium*.

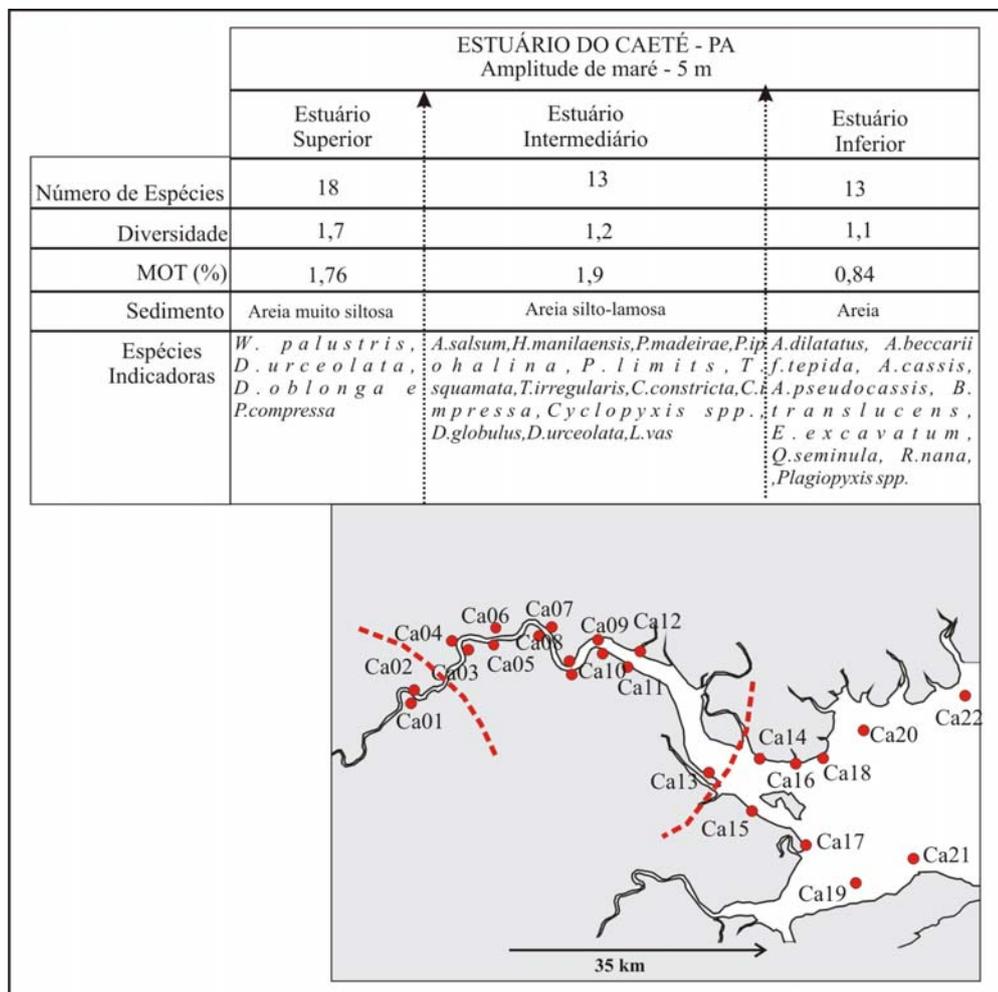


Fig. 83 – Características do estuário do Caeté – PA, Litoral Norte, Macrocompartimento das Reentrâncias Pará-Maranhão. Os dados apresentados representam médias entre as estações de cada compartimento do estuário.

O estuário do Potengi apresentou características muito semelhantes aos outros estuários sob o regime de mesomaré, como apontado por Debenay & Guillou (2002) exceto pela composição do estuário superior que na Europa e Ásia são compostos por uma associação de *Miliammina fusca* e outras típicas de ambientes “parálisos”. No Brasil este compartimento do estuário é composto por uma associação de *Arenoparrella mexicana* (ver Cap. IV).

A enseada de Mataripe apesar de apresentar uma sucessão faunística não pode ser considerada como um estuário. Contudo uma grande quantidade de espécies típicas de plataforma também foi identificada no setor voltado para a boca da baía de Todos os Santos (ver Cap. IV)

No estuário do Potengi as espécies indicadoras do estuário inferior foram *Bolivina* spp., *Cornuspira* spp., *Lagena* spp., *Miliolinella subrotunda*, *Nonionella opima*, *Oolina vilardeboana*, *Pseudononion atlanticum*, *Quinqueloculina lamarkiana*, *Rosalina brandyi*, *Rutherfordoides* sp. e *Wiesnerella aviculata*. No estuário intermediário as espécies indicadoras foram *Buliminella elegantissima*, *Elphidium* spp., *Quinqueloculina laevigata* e *Quinqueloculina polygona*. O estuário superior foi composto por espécies de foraminíferos aglutinantes *Arenoparrella mexicana*, *Ammobaculites dilatatus*, *Ammobaculites exiguus*, *Trochammia macrescens*, *Trochammia inflata* e *Trochamminita salsa*, sem ser identificada nenhuma espécie de tecameba (Fig. 84).

O padrão do índice de diversidade e de riqueza detectado no estuário do Potengi, com valores maiores na foz e menores em direção ao estuário superior é o mesmo já identificado em outros estuários de mesomaré (Wang & Murray, 1983; Debenay & Guillou, 2002). A presença de espécies típicas de plataforma continental, como as de *Lagena*, *Rutherfordoides*, *Quinqueloculina* e *Oolina* entre outras (Fig. 84), são proporcionadas pelas próprias características do macrocompartimento do litoral nordeste no qual o Potengi se localiza. A

característica geral da plataforma continental neste trecho do litoral nordeste, classificado segundo França (1979) como Macrocompartimento dos Tabuleiros Norte, é o reduzido aporte sedimentar terrígeno, devido às incipientes drenagens hidrográficas, e à ocorrência de bioconstruções, principalmente na plataforma continental média e externa. A baixa concentração de sedimento em suspensão somado ao reduzido aporte de água fluvial favorece as espécies de foraminíferos calcários e cria um ambiente inóspito para espécies de tecamebas.

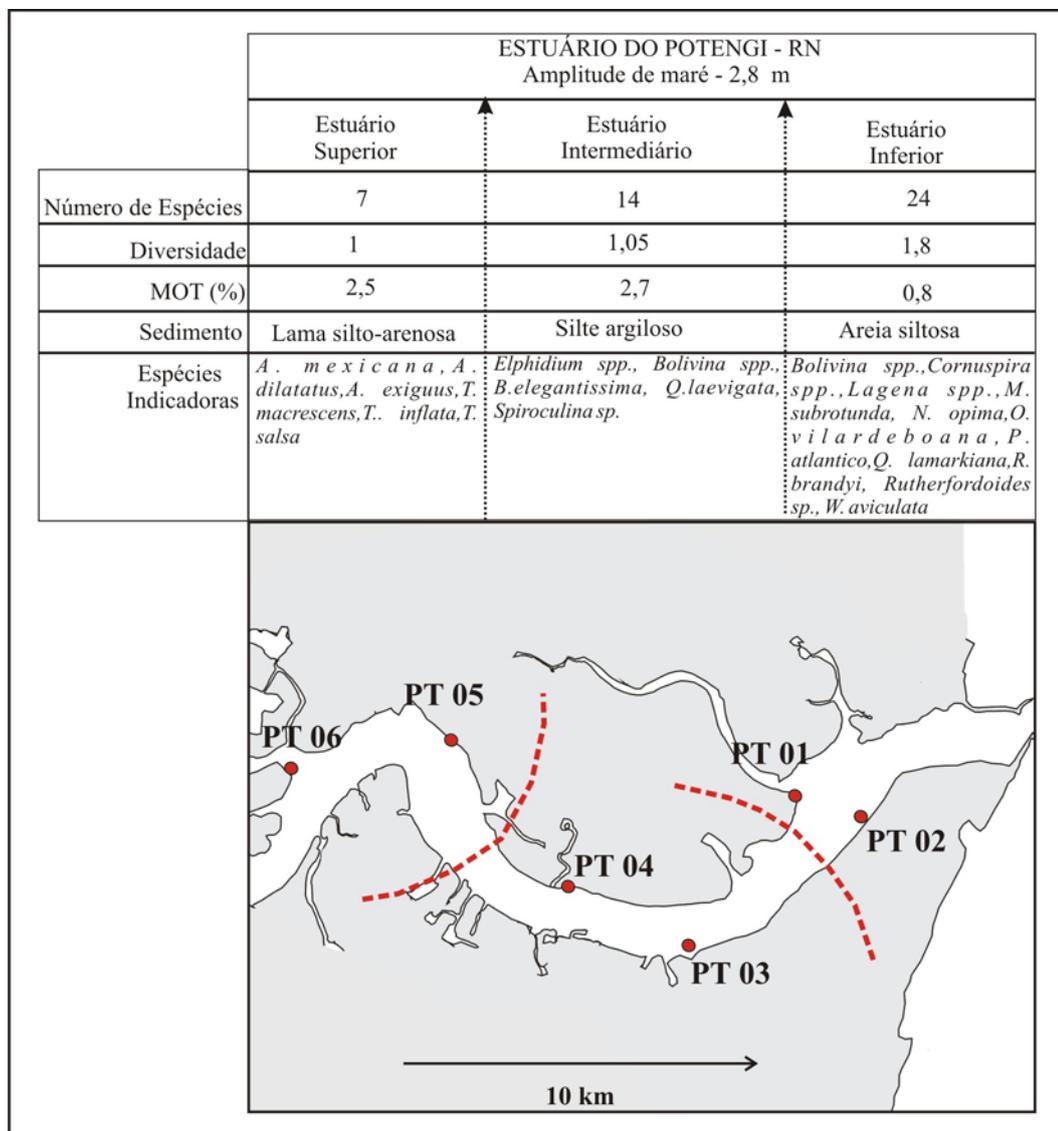


Fig. 84 – Características do estuário do Potengi - RN, Litoral Nordeste, Macrocompartimento dos Tabuleiros Norte. Os dados apresentados representam médias entre as estações de cada compartimento do estuário.

Outro fator que contribui para elevar os índices ecológicos na foz do Pontengi é a presença de uma plataforma continental estreita, com largura em torno de 50 km, onde a quebra da plataforma ocorre em apenas alguns quilômetros, sendo quase que sempre inferior a 10 km da costa (Muehe, 1998).

A sucessão faunística é condicionada pelo maior volume de precipitação identificado neste macrocompartimento que é de 1.400-1.600 mm/ano (Perin & Passos, 1982), o que permite que neste trecho do litoral do nordeste se desenvolvam grandes bosques de mangue com sua população de foraminíferos típica. Segundo Frasnão (2003), no período de cheia a descarga fluvial no Potengi pode ser suficiente para a formação de uma cunha salina.

A enseada de Mataripe não foi considerada na classificação por não se configurar como um estuário (ver Capítulo IV).

2.4 - LITORAL ORIENTAL – DELTA TROPICAL DE MICROMARÉ NÃO ESTRATIFICADO

O delta do Paraíba do Sul foi o sistema que mais se diferenciou dos outros estuários estudados. Assim como, nos rios Doce (Petri, 1974 e 1979) e São Francisco (Semensatto Jr., 2006), uma grande riqueza de espécies de tecamebas foi identificada por toda a região estuarina. As espécies de foraminíferos se restringiram ao estuário intermediário e inferior onde foram dominantes.

As espécies calcárias se restringiram as estações voltadas para a foz no complexo de canais, típicos de regiões deltaicas. Nos canais principais somente espécies de foraminíferos adaptadas a condições hipohalinas foram identificadas. A espécie dominante foi *M. fusca* espécie comumente identificada no compartimento superior dos estuários sempre associada como tecamebas e sedimentos arenosos (Boltovskoy & Write, 1976; Eichler *et al.* 1995; Debenay & Guillou, 2002; Semensatto Jr. 2006).

O estuário superior no delta do Paraíba do Sul foi marcado por uma assembléia composta somente de espécies de tecamebas tais como *Centropyxis constricta*, *Centropyxis* ssp., *Curcubitella corona* e *Diffflugia oblonga*. O estuário intermediário foi marcado por uma associação entre foraminíferos e tecamebas principalmente por *Haplophragmoide wilberti*, *Polysaccammina ipohalina*, *Siphotrochammina lobata*, *Trochammina inflata* e *Diffflugia capreolata*. O estuário inferior foi marcado pela dominância de espécies de foraminíferos aglutinantes *Ammotium salsum* e *Arenoparrella mexicana* e pelos calcários *Ammonia beccarri* f. *tepida* e *Elphidium gunteri* (Fig. 85).

Em relação aos índices ecológicos o delta do Paraíba do Sul mostrou-se pouco variável. O índice de diversidade foi mais alto no estuário superior em função da riqueza de espécies de tecamebas e na foz por possuir maior influência marinha, o que favorece o incremento nas espécies de foraminíferos (Fig. 85).

As espécies de tecamebas mostram-se favorecidas pela alta concentração de carbono bacteriano no estuário, enquanto que as espécies de foraminíferos foram mais influenciadas pela menor concentração de bactérias e maior concentração de matéria orgânica total (ver Cap. V).

Esta dominância das espécies de tecamebas e a quase ausência de espécies de foraminíferos calcários pode não ser só decorrente da grande biomassa bacteriana em consequência da atuação antrópica no sistema (De Souza Jr. 2004), mas também das próprias características do Litoral Oriental.

O delta do Paraíba do Sul localiza-se no Macrocompartimento da Bacia de Campos que é caracterizado por um alargamento da plataforma continental (35 km), recoberta por areias de origem fluvial (Kowsmann & Costa, 1979). Este fato demonstra a predominância da dinâmica fluvial sobre a marinha. Segundo Valentini & Neves (1989), no período de maior vazão (2.000m³/s) o material em suspensão pode ser detectado a 30 km da desembocadura.

Essa dominância dos processos fluviais também pode ser constatada pelo tipo de bosque de mangue sem zonação que se estabelece na foz do Paraíba do Sul.

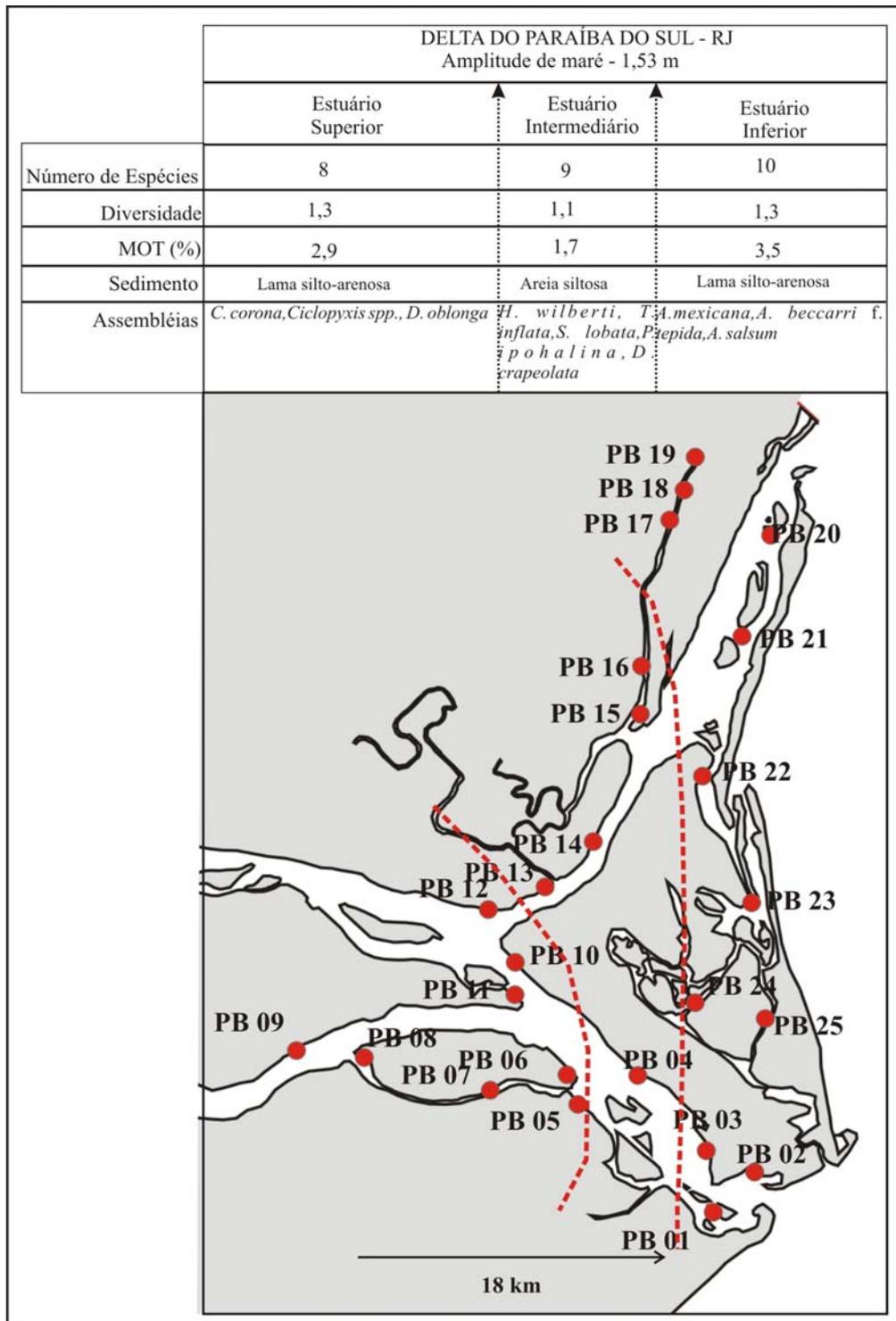


Fig. 85 – Características do estuário do Delta do Paraíba do Sul - RJ, Litoral Oriental, Macrocompartmento da Baía de Campos. Os dados apresentados representam médias entre as estações de cada compartimento do estuário.

2.5 - LITORAL SUDESTE – ESTUÁRIO DE MICROMARÉ NÃO ESTRATIFICADO

A principal característica do Litoral Sudeste é a proximidade com a Serra do Mar, que em alguns pontos chega diretamente até o oceano (Villwock, 1994). A região do recôncavo da baía de Guanabara, onde se localiza o estuário do Suruí, possui altos valores de precipitação (>2.000 ano) intensificado pelo processo de chuvas orográficas (Amador, 1997).

O regime pluviométrico alto somado a pequena extensão do canal fluvial (13 km) e a circulação restrita característica do fundo da baía de Guanabara são os fatores ambientais que favorecem a riqueza de espécies de tecamebas ao longo de todo o estuário do Suruí. As espécies de foraminíferos existentes são tipicamente de manguezais, com somente duas espécies de foraminíferos calcários (ver Cap. VI).

A sucessão de espécies quase inexistente neste estuário é pouco comum para estuários de regiões de micromaré (Wang & Murray, 1983; Debenay & Guillou, 2002). O estuário do Suruí quanto à distribuição das assembléias de foraminíferos e tecamebas foi semelhante ao estuário do Caeté, que é um ambiente de macromaré (Fig. 83), diferenciando-se somente quanto à espécie dominante, que neste caso foi *Haplophragmoides wilberti*.

As variáveis ambientais que condicionaram a distribuição das assembléias também distinguiram o Suruí do Caeté. O teor de carbono bacteriano, concentração de sedimentos finos e a salinidade foram os agentes mais influentes na distribuição. Desta forma, a região intermediária do estuário que apresentou indícios de menor hidrodinâmica (maior porcentagem de matéria orgânica e maior concentração de lamas) apresentou os maiores índices ecológicos (Fig. 86).

As espécies indicadoras do estuário inferior no Suruí foram *Ammonia beccarii* f. *tepida*, *Ammotium salsum* e *Trochammina inflata*. O estuário intermediário foi marcado por uma assembléia composta por foraminíferos e tecamebas, principalmente *Ammoastuta inepta*, *Ammoastuta salsa*, *Ammotium cassis*, *Haplophragmoides manilaensis*, *Cucurbitella corona*,

Diffflugia capreolata, *Diffflugia urceolata*, *Diffflugia oblonga*, *Diffflugia viscidula*, *Pontigulassia compressa* e *Plagyopyxis* spp. No estuário superior *Miliammina fusca* foi a espécie indicadora da transição para o ambiente fluvial (Fig. 86).

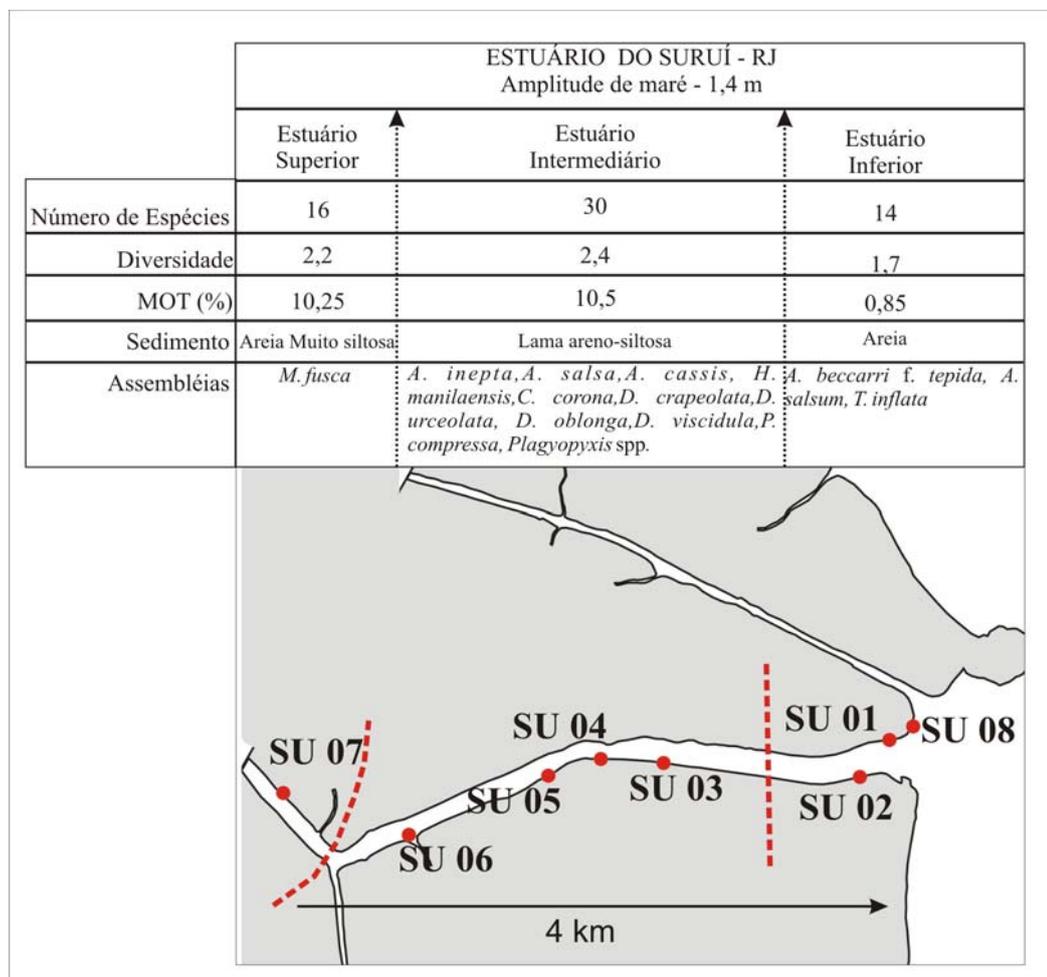


Fig. 86 – Características do estuário do Suruí - RJ, Litoral Sudeste, Macrocompartimento do Litoral dos Cordões Litorâneos. Os dados apresentados representam médias entre as estações de cada compartimento do estuário.

LITORAL SUDESTE – ESTUÁRIO TROPICAL ESTRATIFICADO

O estuário do Itacorubí mostrou um gradiente de confinamento da foz para a região interna onde há uma substituição da assembléia de organismos estuarinos e marinhos pelas espécies de foraminíferos típicos de manguezais (ver Cap. VI).

Esta sucessão faunística, altos índices ecológicos, dominância no estuário inferior de *Ammonia beccarri* f. *tepida* e de *Elphidium* spp., já foram constatados em outros estuários e lagunas de micromaré (Debenay & Guillou, 2002), e segundo Wang & Murray (1983) é um padrão comum proporcionado pela formação de cunha salina.

A única diferença entre os estuários de micromaré estratificados de outras regiões para o Itacorubí é em relação às espécies que marcam o limite para estuário superior. Comumente, *Miliammina fusca* é a espécie indicadora de transição para o ambiente fluvial. No Itacorubí *Arenoparrella mexicana* foi espécie dominante no estuário intermediário e superior (ver Cap. VI). A ausência de *M. fusca* pode ser o resultado de altas concentrações de material em suspensão, como apontado por Laut (2003) nos canais do manguezal de Guaratiba, RJ também sob o domínio de micromaré.

O estreitamento da plataforma continental neste trecho do litoral Sudeste denominado como Macrocompartimento das Planícies litorâneas de Santa Catarina (Muehe, 1998), somado à hidrodinâmica da baía Norte e à pequena bacia de drenagem do rio Itacorubí, geraram condição propícias para espécies tipicamente de salinidade marinha como: *Quinqueloculina* spp., *Discorbinella berthelotti*, *Pseudononion atlanticum* e *Triloculina* sp. A.

A distribuição das espécies no estuário do Itacorubí foi influenciada pela salinidade, oxigênio e bactérias metabolicamente ativas. As indicadoras do estuário inferior foram *Bolivina striatula*, *Buliminella elegantissima*, *Gaudrina. exillis*, *Haplophragmoides manilaensis* e *Quinqueloculina polygona*. O estuário intermediário foi marcado por espécies de foraminíferos de manguezal, tais como *Siphotrochammina lobata*, *Trochammina macrescens* e *Trochamminita salsa*, e por uma espécie de tecameba, *Centropyxis aculeata*. O estuário superior é marcado pela presença de *Ammoastuta inepta*, *Ammoastuta salsa*, *Trochamminina. inflata* e *Trochamminita irregularis* (Fig. 87).

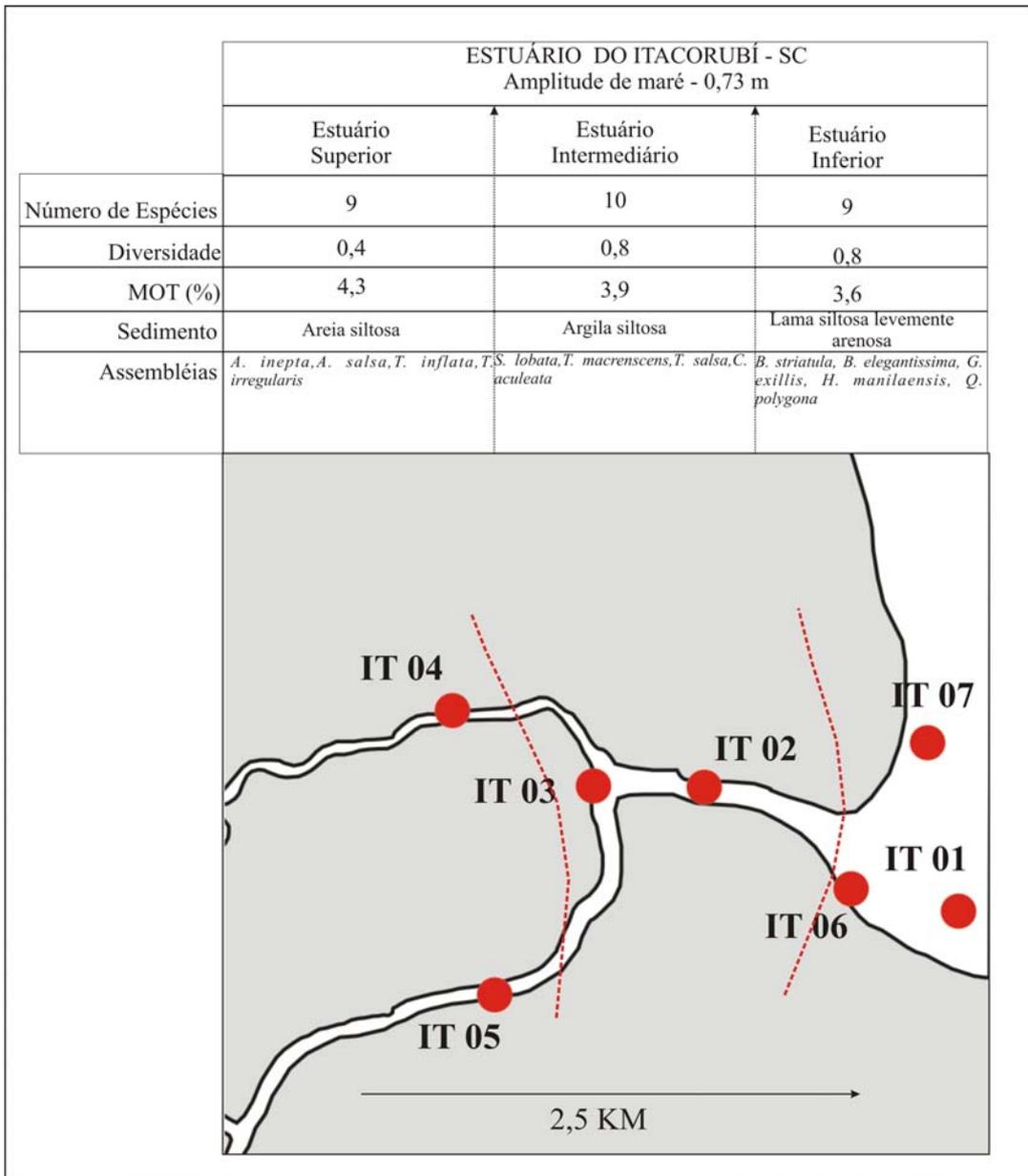


Fig. 87 – Características do estuário do Itacorubí - SC, Litoral Sudeste, Macrocompartmento das Planícies de Santa Catarina. Os dados apresentados representam médias entre as estações de cada compartimento do estuário.

CAPÍTULO IX

CONCLUSÃO

Dois sistemas estuarinos diferenciados puderam ser identificados no litoral norte condicionados pela proximidade com a foz do rio Amazonas e pela dispersão para norte de sua pluma. Ambos os estuários apresentaram características diferenciadas de outros estuários de macromaré.

O estuário do Araguari – AP, localizado ao norte do Amazonas apresentou heterogeneidade quanto aos parâmetros físico-químicos provavelmente influenciados pelos diferentes tipos de vegetação que circundam as margens e ação da pororoca. O único parâmetro ambiental que demonstrou um gradiente estuarino com valores decrescentes da foz para o estuário superior foi a turbidez.

A substituição gradativa da população de foraminíferos pelas de tecamebas indicou um grau de confinamento ou um gradiente estuarino que foi proporcionado pela ação da turbidez, matéria orgânica e lamas. As espécies de tecamebas e de *Miliammina fusca* tiveram sua distribuição relacionada a pouco material em suspensão, sedimento lamosos e altas concentrações de matéria orgânica. Tais características classificaram o rio Araguari como um estuário de macromaré estratificado, sendo que, a estratificação apresentada é fruto das condições apresentadas pela próprio Macropartimento do Litoral do Amapá somado ao fenômeno da Pororoca.

O segundo sistema estuarino do litoral norte foi o estuário do Caeté, localizado ao sul da foz do Amazonas. Este estuário apresentou uma distribuição homogênea dos parâmetros físico-químicos e das assembléias de microorganismos.

Como no estuário do rio Araguari foi identificada uma grande riqueza de espécies de tecamebas, sendo que estes organismos estiveram distribuídos ao longo de todo o estuário nunca apresentando um caráter dominante. Uma grande riqueza de espécies de foraminíferos de manguezal foi dominante ao longo de todo o estuário do Caeté onde *Arenoparrella mexicana* apresentou os maiores valores de frequência.

Uma sutil compartimentação do estuário do Caeté foi possível de ser realizada com base na análise integrada dos parâmetros físico-químicos e as assembléias de foraminíferos e tecamebas influenciados pela matéria orgânica e pela sedimentação de finos.

As características apresentadas pela população de foraminíferos e tecamebas e pelos parâmetros físico-químicos foram o reflexo das características do macrocompartimento das Reentrâncias Pará-Maranhão o que levou a classificar o estuário do Caeté como tropical de macromaré estratificado.

No litoral nordeste os dois sistemas estudados apresentaram semelhanças tanto quanto a distribuição das espécies de foraminíferos principalmente no compartimento do estuário inferior, como também mostraram pouca variação nos parâmetros físico-químicos.

As variáveis ambientais que mais influenciaram a distribuição das espécies ao longo do estuário do Potengi – RN e da enseada de Mataripe foram salinidade, matéria orgânica e sedimentos finos.

Nos dois estuários foi possível estabelecer uma compartimentação com base na análise dos parâmetros abióticos e bióticos. O estuário do Potengi apresentou características típicas de outros estuários de mesomaré sendo classificado como estuário tropical de mesomaré estratificado. A enseada de Mataripe apesar de ter apresentado um gradiente de confinamento

com sucessão de assembléias de espécies calcárias para espécies aglutinantes não se configura como um estuário. Na verdade a enseada de Mataripe representa o compartimento do estuário inferior de três sistemas estuarinos.

No Litoral Oriental o delta do Paraíba do Sul se apresentou como um sistema muito dinâmico onde dominou a sedimentação arenosa com baixa concentração de matéria orgânica.

A composição faunística das assembléias que foi de foraminíferos aglutinantes e de tecamebas indicando a maior influência fluvial no sistema. A presença de uma plataforma continental larga e a presença de uma grande pluma de sedimento em suspensão trazido pelo rio Paraíba do Sul tornam o ambiente inóspito a espécies de foraminíferos calcários que só foram identificadas na foz do delta. A distribuição das espécies foi influenciada pela concentração de bactérias metabolicamente ativas e pela concentração de matéria orgânica onde as espécies de tecamebas estiveram mais positivamente influenciadas por estes parâmetros. Tais características individualizaram este sistema estuarino que foi classificado como delta tropical de micromaré não estratificado.

No Litoral Sudeste dois sistemas diferenciados puderam ser identificados de acordo com a influência marinha.

O estuário do Suruí - RJ representa um sistema que recebe um grande volume pluviométrico resultado do grande volume de chuvas orográficas ocorridas na serra do Mar. Este fato resulta em um sistema onde há uma grande riqueza de espécies de tecamebas distribuídas ao longo de todo o estuário e de foraminíferos aglutinantes típicos de manguezais. Uma zanação sutil pode ser identificada influenciada pela concentração de sedimento fino e de bactérias metabolicamente ativas. Tais características classificam o estuário do rio Suruí como tropical de micromaré não estratificado.

No estuário do Itacorubí – SC uma bacia de drenagem incipiente somada a presença de uma plataforma continental estreita e proporcionam as entrada de espécies marinhas no

sistema que resulta numa sucessão faunística que representa o grau de confinamento. As características químico-físicas e biológicas classificaram o estuário do Itacorubí com tropical de micromaré estratificado.

Tanto a concentração de bactérias metabolicamente ativas quanto o tipo de metabolismo desenvolvido foram determinantes para a distribuição das assembléias de foraminíferos e tecamebas. As espécies de foraminíferos aglutinantes especialmente *Arenoparrella mexicana* se correlacionaram positivamente com os maiores valores de carbono bacteriano e com bactérias sulfato-redutoras, enquanto que as espécies calcárias estiveram correlacionadas como a presença do metabolismo aeróbico.

Ao contrário de outras regiões costeiras nenhuma espécie do litoral tropical do Brasil apresentou limitações latitudinais. A ocorrência ou ausência de uma determinada espécie em um estuário do Brasil esteve relacionada a condições locais.

Diferenças latitudinais puderam ser constatadas em relação à composição das assembléias. O estuário do Araguari e do delta do Paraíba do Sul foram os únicos a apresentar assembléias compostas somente por espécies de tecamebas. Os estuários do Caeté e Suruí apresentaram assembléias compostas tanto por foraminíferos quanto por tecamebas. E os estuários do Potengi, Mataripe e Itacorubí apresentaram assembléias compostas somente por foraminíferos onde houve a sucessão de espécies calcárias para aglutinantes em direção ao estuário superior.

As assembléias de foraminíferos e tecambas associadas aos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sedimentológicos mostraram-se como ferramentas eficientes para a compartimentação e classificação dos sistemas estuarinos do litoral tropical do Brasil. Foi possível constatar que as assembléias respondem as características de cada compartimento do litoral. Os resultados obtidos poderão servir de base para estudos ambientais e paleoambientais.

ANEXO I

SISTEMÁTICA

A revisão em nível sistemático para a classificação de Filo baseou-se em MARGULES *et al.* (1999) e a revisão em nível sistemático de Classe e Ordem baseou-se em Sen Gupta (1999). As determinações supra-específicas de gênero basearam-se em LOEBLICH & TAPPAN (1988).

A identificação das espécies foi feita através de consultas a referências de vários autores e ao catálogo *online* ELLIS & MESINA (2002), do *American Museum of Natural History, New York*.

Foram identificadas 83 espécies de foraminíferos ao longo dos sete estários estudados das ordens Miliolida, Rotaliida e Texlariida e 22 espécies de tecamebas.

As espécies que permaneceram como indeterminadas estão representadas com a nomenclatura sp. e spp. Estes espécimes caracterizam-se por apresentarem geralmente testas quebradas, muito pequenas ou extremamente desgastadas.

As fotomicrografias em microscopia eletrônica de varredura encontram-se dispostas na seção de estampas, seguindo a mesma disposição da sistemática.

Reino PROTISTA

Filo GRANORETICULOSA Margulis, 1999

Classe LOBOSA Carpenter *et al.* 1862

Ordem ARCELLINIDA Kent, 1880

Família ARCELLACEA Ehrenberg, 1832

Gênero *Arcella* Ehrenberg, 1832

***Arcella discoides* Ehrenberg, 1847**

Arcella discoides Erenberg, 1832. Lena & Zaidenweg, 1975 p. 531, estampa 3, fig. 1.

Família CENTROPYXIDAE Jung, 1942

Gênero *Centropyxis* Stein, 1859

***Centropyxis aculeata* Ehrenberg, 1843**

(Estampa I, fig. 1)

Centropyxis aculeata Ehrenberg, 1843. Bonetti & Eicheler, 1997, p.557, est. I, fig.5.

***Centropyxis constricta* Ehrenberg, 1830**

(Estampa I, fig. 2)

Centropyxis constricta Ehrenberg, 1830. Scott & Medioli, 1983, p. 817, fig. 91.

Família DIFFLUGIIDAE Stein, 1859

Gênero *Diffflugia* (Lamark), 1816

***Diffflugia capreolata* Penard, 1902**

Diffflugia capreolata Penard, 1902. Lena & Zaidenweg, 1975, p. 531, est. 3, fig. 7.

***Difflugia correntina* Vucetich, 1978**

Difflugia correntina Vucetich, 1978. Vucetich & Escalante, 1986, p. 38. est. 1, fig. 1-6.

***Difflugia globulus* Ehrenberg, 1848**

(Estampa I, fig. 3)

Difflugia globulus Ehrenberg, 1848. Kliza & Schroder-Adams, 1999, p.32, est.1, fig.1-8.

***Difflugia oblonga* Ehrenberg, 1832**

(Estampa I, fig. 4)

Difflugia oblonga Ehrenberg, 1832. Mediolli & Scott, 1983, p. 53, est. 2, fig. 1-17.

***Difflugia protaeiformis* Lamarck, 1816**

Difflugia protaeiformis Lamarck, 1816. Mediolli & Scott, 1983, p. 51, pl. 1, fig. 15-20.

***Difflugia urceolata* Carter, 1864**

(Estampa I, fig. 5)

Difflugia urceolata Carter, 1864. Mediolli & Scott, 1983, p. 55, est. 3, fig. 1-23.

***Difflugia viscidula* Penard, 1902.**

Difflugia viscidula Penard, 1902. Mediolli & Scott, 1983, p. 55, est. 3, fig. 25.

Gênero *Lagenodifflugia* Mediolli & Scott, 1983

***Lagenodifflugia vas* Leidy, 1874**

(Estampa I, fig. 6)

Lagenodifflugia vas Leidy, 1874. Mediolli & Scott, 1983, p. 53, est. 2, fig. 18-23.

Gênero *Pontigulasia* Rhumbler, 1895.

***Pontigulasia compressa* Carter, 1864**

(Estampa I, fig. 7)

Pontigulasia compressa Carter, 1864. Collins *et al.* 1990, p. 792, pl. 1 fig. t.

Família PLAGIOPYXIDAE Bonnet, 1959

Gênero *Plagiopyxis*

***Plagiopyxis* sp.**

(Estampa I, fig. 8)

Plagiopyxis sp. Loeblich & Tappan, 1964, p. 25, fig. 5-7.

Gênero *Oopyxis* Penard, 1910.

***Oopyxis* sp.**

(Estampa I, fig. 9)

Oopyxis sp. Oliveira, 1999, p. 34, est.4 fig. 1.

Família TRIGONOPYXIDAE Loeblich & Tappan, 1964

Gênero *Cyclopyxis* Deflandre, 1929

***Cyclopyxis impressa* Daday, 1905**

(Estampa I, fig. 10)

Cyclopyxis impressa Daday, 1905. Lena, 1984, p. 17, est. 3 fig. 8-9.

Família HYALOSPHEENIIDAE Schulze, 1877.

Gênero *Apodera* Loeblich & Tappan, 1953

***Apodera vas* Cartes, 1891**

Apodera vas Cartes, 1891. Jung, 1942, p. 315, est. 54, fig. a-k.

Gênero *Cucubitella* Penard, 1902

***Cucurbitella tricuspis* Cartar, 1856**

Cucurbitella tricuspis Cartar, 1856. Medioli *et al.* 1987. p. 32, fig. 1-3, p. 34.

***Cucurbitella corona* Wallich, 1864**

(Estampa I, fig. 11)

Cucurbitella corona Wallich, 1864. Hanan & Kohl, 1994, p. 230, fig. 1-8.

Gênero *Lesquereusia* Schlumberger, 1845

***Lesquereusia* sp.**

Lesquereusia sp. Oliveria, 1999, p. 36, est. 5, fig. 5.

Classe FORAMINIFERA Sen Gupta, 1999

Ordem – TEXTULARIIDA Sen Gupta, 1999

Família ACUPEINIDAE Bronnimann & Zaninetti, 1984

Gênero *Acupeina* Bronnimann & Zaninetti, 1984

***Acupeina triperforata* Millett, 1899**

(Estampa I, fig. 12)

Acupeina triperforata Millett, 1899. Bonetti & Eichler, 1997, p.559, est. II, fig.32.

Família – POLISACCAMMINIDAE Loeblich e Tappan, 1984

Gênero – *Plysaccamina* Scott, 1976

***Polysaccammina ipohalina* Scott, 1976**

(Estampa, I, fig. 13)

Polysaccammina ipohalina Scott, 1976, p. 318, est. 2, figs. 1-4. Zaninett *et al.*, 1977, p. 176, est. 1, fig. 7.

Família SACCAMMINIDAE Brady, 1884

Subfamília THURAMMINANAE Rhumbler, 1931

Gênero *Astrammina* Rhumbler, 1931

***Astrammina sphaerica* (Heron-Allen & Earland)**

Saccammiana sphaerica. Zaninett *et al.* 1977, est. 177, fig. 9.

Gênero *Pseudothurammina* Scott *et al.* 1981

***Pseudothurammina limnetis* Scott & Medioli, 1980**

Pseudothurammina limnetis Scott & Medioli, 1980. Hayward & Hollis, 1994, p. 203, est. 1, fig. 1-3.

Superfamília HORMOSINACEA Haeckel, 1894

Família HORMOSINIDAE, Haeckel, 1894

Subfamília CUNEATINAE Loeblich e Tappan, 1984

Gênero *Warrenita* Loeblich e Tappan, 1984

***Warrenita palustris* (Warren), 1984**

(Estampa I, fig. 16)

Sulcophax palustris Warren, 1957, v. 8, p. 31, est. 1.

Warrenita palustris (Warren). Loeblich & Tappan, 1984, p. 1160. Oliveira, 1999, p. 65, est. 13, figs. 5-6.

Subfamília REOPHACINAE Cushman, 1910

Gênero *Reophax* de Montfort, 1808

***Reophax nana* Rhumbler, 1911**

Reophax nana Rhumbler, 1911, est.8, p. 182, fig. 6-12.

***Reophax* sp. A**

Reophax de Montfort, 1808. Loeblich & Tappan, 1988, p. 58, est. 44, fig. 1-3.

Superfamília LITUOLACEA de Blainville, 1827

Família HAPLOPHRAGMOIDIDAE Maync, 1952

Gênero *Haplophragmoides* Cushman, 1952

***Haplophragmoides manilaensis* Andersen, 1953**

(Estampa I, figs. 15)

Haplophragmoides manilaensis Andersen, 1953, p.22, est. 4, fig. 7; Madeira-Falcetta, 1974. p 663, est. 1; Barbosa, 1995, p. 488, est. 4.

***Haplophragmoides wilberti* Andersen, 1953**

(Estampa , figs. 16)

Haplophragmoides wilberti Andersen, 1953, p.21, est. 4, fig. 7; Madeira-Falcetta, 1974. p 663, pl. 1; Barbosa, 1995, p. 488, est. 4; Laut, 2000, p. 30, est. 2, figs. 16-18.

Gênero *Trochamminita* Cushman & Brönnimann, 1948

***Trochamminita irregularis* Cushman & Brönnimann, 1948**

(Estampa I, fig. 17)

Trochamminita irregularis Cushman & Brönnimann, 1948, v. 24, p. 17.

***Trochamminita salsa* (Cushman & Brönnimann), 1957**

Lobrospira salsa Cushman & Brönnimann, 1948b, v. 24, p. 16, est. 3, fig. 5-6.

Trochamminita salsa (Cushman & Brönnimann). Sauder, 1957, v. 134, p. 6.

Família LITUOLIDAE de Blainville, 1827

Subfamília AMMOASTUTINAE Loeblich & Tappan, 1984

Gênero *Ammoastuta*, Cushman & Brönnimann, 1948

***Ammoastuta inepta* (Cushman & Mc. Culloch), 1939**

(Estampa I, fig. 18)

Ammobaculites ineptus Cushman & Mc. Culloch, 1939, v. 6, pág. 89.

Ammoastuta inepta (Cushman & Mc. Culloch) Parker *et al.*, 1953, p.4, est.1, fig. 12;

Bolvskoy & Vidarte, 1977, p. 38, est. 3, fig. 6; Barbosa, 1995, p. 488, est. 4; Laut, 2000, p. 30, est. 3, fig. 32.

***Ammoastuta salsa* Cushman & Brönnimann, 1948**

(Estampa I, fig. 19)

Ammoastuta salsa Cushman e Brönnimann, 1948a, v. 24, p. 17.

Subfamília AMMOMARGINULININAE Podobina, 1978

Gênero *Ammobaculites* Cushman, 1991

***Ammobaculites dilatatus* Cushman & Brönnimann, 1948**

(Estampa I, fig. 20)

Ammobaculites dilatatus Cushman & Brönnimann, 1948, v. 24, p. 39; Scott & Medioli, 1980, p.35, est.1, fig. 9-10; Laut, 2000, p. 32, est. 1, fig.11.

***Ammobaculites exiguus* Cushman & Brönnimann, 1948**

(Estampa I, fig. 21)

Ammobaculites exiguus Cushman & Brönnimann, 1948, v. 24, p.38; Barbosa, 1995, p. 488, fig. 4: 7-8; Laut, 2000, p. 32, est. 1, fig.12.

Gênero – *Ammotium* Loeblich & Tappan, 1953

***Ammotium cassis* (Parker), 1953**

(Estampa I, fig. 22)

Lituola cassis Parker in Dawson, 1870, p. 177, pl.3.

Ammotium cassis (Parker), 1870. Barbosa, 1995, p. 488.

***Ammotium pseudocassis* Cushman & Brönnimann 1957**

Ammotium pseudocassis Cushman & Brönnimann 1957

***Ammotium salsum* (Cushman & Brönnimann), 1948**

(Estampa I, 23)

Ammobaculites salsus Cushman & Brönnimann, 1948b, p. 16, est. 3, fig. 7-9.

Ammoscalaria fluvialis Parker, 1952b, p. 444, est. 1, figs. 24 e 25.

Ammotium salsum (Cushman & Brönnimann) Parker & Athearn, 1959, p. 340, est. 50, figs. 6,13; Scott & Medioli, 1980, p. 35, est. 1, figs. 11-13; Barbosa, 1995, p. 488, est. 4; Laut, 2000, p. 30, est. 2, figs. 29-31.

Superfamília RZEHAKINACEA Cushman, 1933

Família RZEHAKINIDAE Cushman, 1933

Gênero *Miliammina* Helon & Earland, 1930

***Miliammina fusca* (Brady), 1870**

(Estampa I, fig. 24)

Quinqueloculina fusca Brady, 1870, 47, est. 11, fig. 2-3.

Miliammina fusca (Brady) Scott & Medioli, 1980, p. 40, est. 2, fig.7; Barbosa, 1995, p.488, fig. 4:12; Laut, 2000, p. 33. est. 3, fig. 25-26.

Superfamília TEXTULARIACEA, Ehrenberg, 1838

Família TEXTULARIIDAE Ehrenberg, 1838

Subfamília TEXTULARIINAE Ehrenberg, 1838

***Textularia earlandi* (Parker), 1952**

(Estampa I, fig. 25)

Textularia elegans Lacroix, 1932, n. 591, p. 8, fig. 5.

Textularia tenuissima Earland, 1933, v. 7, p. 95.

Textularia earlandi Parker, 1952, v. 106, n. 10, p. 458.

***Textularia paranaguaensis* Closs & Madeira, 1966**

(Estampa I, fig. 26)

Textularia paranaguaensis Closs & Madeira, 1966, v. 2, n. 10, p. 147.

Superfamília TROCHAMMINACEA Schwager, 1877

Família TROCHAMMINIDAE Schwager, 1877

Subfamília JADAMMININAE Saidova, 1981

Gênero *Jadammina* Bartenstein & Branday, 1938

***Jadammina polystoma* Bartenstein & Brand**

(Estampa II, fig. 27)

Jadammina polystoma Bartenstein & Brand, 1938, p. 381, fig. 1 a – c, 2 a-1; Scott, 1977, p. 173, est. 4, fig. 9-11.

Subfamília ARENOPARRELLINAE Saidova, 1981

Gênero *Arenoparrella* Andersen, 1951

***Arenoparrella mexicana* (Kornfeld), 1931**

(Estampa II, fig. 28)

Trochammina inflata (Montagu) var. *mexicana* Kornfeld, 1931, p. 86, est. 13, fig. 5.

Arenoparrella mexicana (Kornfeld) Andersen, 1951, p. 31; Scott & Medioli, 1980, p. 35, est. 4, fig. 8-11; Laut, 2000, p.34, est. 4, fig. 39-40.

Subfamília ROTALIAMMININAE Saidova, 1981

Gênero *Siphotrochammina*, Sauders, 1957

***Siphotrochammina lobata* Sauder, 1957**

(Estampa II, fig. 29)

Siphotrochammina lobata Sauders, 1957, vol. 134, n. 5, p. 9; Loeblich & Tappan, 1988, p. 124, est. 131, fig. 1-3.

Gênero *Tiphotrocha* Sauders, 1957

***Tiphotrocha comprimata* (Cushman & Brönnimann), 1948**

(Estampa II, fig. 30)

Trochammina comprimata Cushman & Brönnimann, 1948a, p. 41, est. 8, fig.1-3

Tiphotrocha comprimata Sauder, 1957, p. 11; Scott & Medioli, 1988, p. 44, est. 5, fig. 1-3; Barbosa, 1995, p. 489, fig. 4: 17-18; Laut, 2000, p. 35, est. 3, fig. 36-38.

Subfamília TROCHAMININAE Schwager, 1877

Gênero *Paratrochammina* Brönnimann, 1979

***Paratrochammina clossi* Brönnimann, 1979**

(Estampa II, fig. 31)

Paratrochammina clossi Brönnimann, 1979, p. 8, fig. 9 A-I.

Gênero *Trochammina* Parker & Jones, 1859

***Trochammina inflata* (Montagu), 1808**

(Estampa II, fig. 32)

Trochammina inflata (Montagu), Parker & Jones, 1859, p. 347; Cushman, 1918, v.2, p.18, est. 15, fig. 1; Scott & Medioli, 1988, p. 44, est. 4, fig. 1-3; Scott *et al.*, 1990, p. 733, est. 1, 3 a-b; Barbosa, 1995, p. 489, fig. 4:19-20; Laut, 2000, p. 36, est. 2, fig. 2.

***Trochammina macrescens* (Brady), 1870**

(Estampa II, fig. 33)

Trochammina inflata (Montagu), var. *macrescens* Brady 1870, p. 290, est. 11, figs. 5a-c; Scott, 1976, p. 320, est. 1, fig. 4-7.

Trochammina macrescens (Brady). Phleger & Walton, 1950, p. 281, est. 2, fig. 6-7; Parker, 1952, p. 408, est. 4, fig. 8a, b; Socott & Medioli, 1980, p. 44, est. 3, fig. 1-8; Scott *et al.*, 1990, p. 733, est. 1, fig. 2a-c, 3a-b; Barbosa, 1995, p. 489, fig. 4:25-26; Laut, 2000, p. 37, est. 2, fig. 13-14.

***Trochammina ochracea* (Williamson)**

(Estampa II, fig. 34)

Rotalina ochracea Williamson, 1858, p. 55, pl. 4, fig. 112. est. 5, fig. 113.

Trochammina ochracea (Williamson) Scott & Mediolli, 1980, p. 45, est. 4, figs. 4,5.

***Trochammina squamata* Parker & Jones**

(Estampa II, fig. 35)

Trochammina squamata Parker & Jones, 1865, p. 407, est. 15, figs. 30, 31 a-c.

Superfamília – VERNEUILINACEA Cushman, 1911

Família – VERNEUILINIDAE Cushman, 1911

Subfamília - VERNEUILININAE

Gênero – *Gaudryina* d'Obigny, 1839

***Gaudryina exilis* Cushaman & Brönnimann, 1948**

(Estampa II, fig. 36)

Gaudryina exilis Cushaman & Brönnimann, 1948, v. 24. p. 40.

Ordem MILIOLIDA Delege e Hérouard, 1896

Superfamília MILIOLACEA Ehrenberg, 1839

Família HAUERINIDAE Schwger, 1876

Subfamília HAUERININAE Schwager, 1876

Gênero *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826

***Quinqueloculina seminulum* Linné, 1767**

(Estampa II, fig. 37)

Quinqueloculina seminulum Linné, 1767; Boltovskoy *et al.*, 1980.

***Quinqueloculina Lamarkiana* d'Orbigny, 1840**

(Estampa II fig. 38)

Quinqueloculina lamarkina. d'Orbigny. Disaró, 1995, p. 31, est. V, fig. d-e.

***Quinqueloculina laevigata* d'Orbigny, 1829**

(Estampa II, fig. 39)

Quinqueloculina laevigata d'Orbigny, 1829. Bonetti, 2000, fig.40.

***Quinqueloculina costata* d'Orbigny, 1829**

(Estampa II, fig. 40)

Quinqueloculina costata d'Orbigny, 1829. Cushman 1969, p. 506, est. 14, fig.5.

***Quinqueloculina polygona* d'Orbigny, 1839**

(Estampa II, fig. 41)

Quinqueloculina polygona d'Orbigny, 1839. Semensatto Jr., 2006, p.200, est.X.

Subfamília MILIOLINELLINAE Vell, 1957

Gênero *Miliolinella* Wiesner, 1931

***Miliolinella subrotunda* Montagu, 1803**

(Estampa II, fig. 42)

Miliolinella subrotunda Montagu, 1803. Debenay *et al.*, 2005, p.334, est.2, fig.8.

***Miliolinella* sp.A**

Miliolinella sp.A Debenay *et al.*, 1998, pag.79, est.III, fig.10.

Gênero *Triloculina* d'Orbigny, 1826

***Triloculina* sp. A**

Triloculina d'Orbigny, 1826. Bolotvskoy *et al.*, 1980, p. 52, est. 33, fig.11-13.

Ordem ROTALIIDA Delage & Hérouard, 1896

Superfamília ANNULOPATELLINACEA Loeblich e Tappan 1964

Família CIBICIDINAE Cushman, 1927

Subfamília CIBICIDINAE Cushman, 1927

Gênero *Cibicides* Montfort, 1808

Cibicides Montfort, 1808. Loeblich & Tappan, 1988, p. 582, est. 634, fig. 1-3.

Família DISCORBIDAE Ehrenberg, 1838

Gênero *Discorbis* sp. Lamarck, 1804

***Discorbis williansonii* (Chapman & Parr, 1858)**

Discorbis williansonii (Chapman & Parr, 1858) Boltovskoy *et al.* 1980.

Gênero *Discorbinella* Cushman & Martin, 1935

***Discorbinella berthelotti* d'Obigny, 1939**

Discorbinella berthelotti d'Obigny, 1939. Boltovskoy *et al.*, 1980, p.81, est.11, fig.5-7.

Gênero *Rosalina* d'Orbigny, 1826

***Rosalina bradyi* Cushman, 1915**

(Estampa II, fig. 43)

Rosalina bradyi Cushman, 1915. Debenay *et al.*, 2005, p.336, est.3, fig.22.

Superfamília BOLIVINACEA Glaessner, 1937

Família BOLIVINIDAE Glaessner, 1937

Gênero *Bolivina* d'Obigny, 1839

***Bolivina compacta* Sidebottom, 1905**

Bolivina compacta Sidebottom, 1905. Boltovskoy *et al.*, 1980, p.63, est.2, fig.10.

***Bolivina doniezi* Cushman & Wickenden, 1929**

(Estampa II, fig. 44)

Bolivina cf. doniezi Cushman & Wickenden, 1929. Boltovskoy *et al.*, 1980, p.63, est.2, fig.18.

***Bolivina cf. inflata* Todd & Bronnimann, 1957**

Bolivina cf. inflata Todd & Bronnimann, 1957, est.15, fig.2-5.

***Bolivina striatula* Cushman, 1922**

(Estampa II, fig. 45)

Bolivina striatula Cushman, 1922, v. 17, p. 27, est. 3; Barbosa, 1997, est. 11, fig. 1-6.

***Bolivina translucens* Phleger & Parker, 1931**

(Estampa II, fig. 46)

Bolivina translucens Phleger & Parker, 1931. Semensatto Junior, 2006, p.197, est.VII, fig.8.

Família BULIMINELIDAE Hofker, 1951

Gênero *Buliminella* Cushman, 1911

***Buliminella elegantíssima* d'Orbigny, 1911**

(Estampa II, fig. 47)

Buliminella elegantíssima d'Orbigny, 1911. Barbosa, 1997, est. 12.

Gênero *Uvigerina* d'Obigny, 1826

***Uvigerina peregrina* Cushman, 1951**

(Estampa II, fig. 48)

Uvigerina peregrina Cushman, 1951. Boltovskoy, 1959, est. XII, fig. 10-14.

Superfamília CORNUSPIRACEA Schltzel, 1854

Família CORNUSPIRIDAE Schltzel, 1854

Subfamília CORNUSPIRINAE Schltzel, 1854

Gênero *Cornuspira* Schultze, 1854

***Cornuspira incerta* (d'Obigny)**

(Estampa II, fig. 49)

Cornuspira incerta (d'Obigny) Todd & Brönnimann, 1957, p.29, est. 4, fig. 4.

***Cornuspira planorbis* Schultze, 1954**

(Estampa II, fig. 50)

Cornuspira planorbis Schultze, 1954. Todd & Bronnimann, 1957, est.4, fig.8.

Gênero *Spiroculina* d'Orbigny, 1826

***Spiroculina* sp.**

Spiroculina d'Orbigny, 1826. Boltovskoy, 1959, est. IV, fig. 12-14

Gênero *Wisnerella* Cushman, 1933

***Wisnerella auriculata* Egger 1876**

(Estampa II, fig. 51)

Wisnerella auriculata Cushman 1969, p.513, est.17, fig.9 e 10.

Superfamília NODOSARIACEA Ehrenberg, 1838

Família LAGENIDAE Reuss, 1862

Gênero *Lagena* Walker & Jacob, 1798

***Lagena perlucida* (Montagu)**

(Estampa III, fig. 52)

Lagena perlucida (Montagu). Todd & Brönnimann, 1957, p. 1, est. 5, fig. 19.

***Lagena laevis* Montagu, 1954**

(Estampa III, fig. 53)

Lagena laevis Montagu, 1954. Boltovskoy, 1959, est.IX, fig.7.

***Lagena spirialis* Brady, 1884**

(Estampa III, fig. 54)

Lagena spirialis Brady, 1884. Cushman, 1969, p.520, est.21, fig.24.

Subfamília OOLININAE Loeblich & Tappan, 1961

Gênero *Oolina* d'Orbigny, 1839

***Oolina vilardeboana* d'Orbigny, 1839**

(Estampa II, fig. 68)

Oolina vilardeboana d'Orbigny, 1839. Boltovskoy *et al.*, 1980, p.107, est.24, fig.9-11.

Gênero *Fissurina* Reuss, 1850

***Fissurina lucida* Williamson, 1858**

(Estampa III, fig. 56)

Fissurina lucida Williamson, 1858. Debenay *et al.*, 2005, p.336, est.3, fig.10.

Superfamília NONIONACEA Schultze, 1854

Família NONIONIDAE Schultze, 1854

Subfamília NONIONINAE Schultze, 1854

Gênero *Haynesina* Banner & Culver, 1978

***Haynesina germanica* Ehrenberg, 1840**

Haynesina germanica Ehrenberg, 1840. Debenay *et al.* 2001, p.96, est. VI, fig.11.

Gênero *Nonionella* Cushman, 1926

***Nonionella auris* Boltovskoy *et al.*, 1980**

(Estampa III, fig. 57)

Nonionella auris Boltovskoy *et al.*, 1980. Bonetti, 2000, p. 215, foto, 73.

***Nonionella opima* Cushman, 1947**

(Estampa III, fig. 58)

Nonionella opima Cushman, 1947. Bonetti 2000, fig.74.

Gênero *Pseudononion* Asano, 1936

***Pseudononion atlanticum* Cushman, 1947**

(Estampa III, fig. 59)

Pseudononion atlanticum Cushman, 1947. Denebay *et al.*, 2001 p.96, est.VI, fig. 17

Superfamília ROTALIACEA Ehrenberg, 1839

Família ELPHIDIIDAE Galloway, 1933

Subfamília ELPHIDIINAE Galloway, 1933

Gênero *Elphidium* de Montfort, 1808

***Elphidium bartletti* Cushman 1933**

Elphidium bartletti Cushman, 1933, p. 4, est. 1, fig. 9a e b.

***Elphidium discoidale* (d'Orbigny)**

(Estampa III, fig. 60)

Elphidium discoidale (d'Orbigny). Phleguer & Parker, 1951, p. 10, est. 5, fig. 10. Poag, 1981, p. 59, est. 35. fig. 1, est. 36, fig. 1 a.

***Elphidium excavatum* Terquem, 1875**

(Estampa III, fig. 61)

Elphidium excavatum (Terquem, 1875). Buzas, 1985, est.6, fig.7-10, Debenay *et al.*, 1998, est.4, fig.9-10.

***Elphidium fibriatulum* (Cushman, 1918)**

Elphidium fibriatulum (Cushman, 1918). Poag, 1981, p. 126, est. 137, fig. 3.

***Elphidium poeyanum* Cushman, 1939**

(Estampa III, fig. 62)

Elphidium poeyanum Cushman, 1939, p. 54, est. 14, fig. 25-26.

***Elphidium galvestonensis* Kornfeld, 1931**

(Estampa III, fig. 63)

Elphidium gunteri Cole, var. *galvestonensis*, Kornfeld, 1931, v.1, p. 87, est. 15, figs. 1.

Elphidium galvestonensis, Kornfeld, 1931. Boltovskoy *et al.* 1980, p. 29, est. 13, figs. 12-14.

***Elphidium gunteri* Cole, 1931**

(Estampa III, fig. 64)

Elphidium gunteri Cole, 1931. Poag, 1981, p. 61, pl. 37, fig. 1.

Família ROTALIIDAE Ehrenberg, 1839

Subfamília ROTALIINAE Ehrenberg, 1839

Gênero *Ammonia* Brünnich, 1772

***Ammonia beccarii* (Linné), 1772**

(Estampa III fig. 65)

Streblus beccarii (Linné). Todd & Brönnimann, 1957, est. 10, fig.3

Rotalia beccarii parkinsoniana d'Orbigny. Boltovskoy e Boltovskoy, 1968, est.3, fig. 6;

Madeira-Falcetta, 1974, p. 680, est.4.

Ammonia beccarii (Linné). Brünnich, 1772, p. 232. Scott & Medioli, 1980, p. 35, est.5, figs. 8-9; Barbosa, 1995, p. 490; Walton & Sloan, 1990, p. 128-156; Laut, 2000, p. 38, est. 4, figs. 47-50.

OBS: Foram identificadas nas amostras as duas formas descritas em Walton & Sloan (1990):

A. beccarii f. *parkinsoniana*, que se caracteriza por possuir uma teca mais ornamentada e botão umbilical; e *A. beccarii* f. *tepida*, que se caracteriza por ter uma teca menos ornamentada, mais fina e com uma depressão umbilical.

Família FURSENKOINIDAE Loeblich & Tappan, 1961

Gênero *Fursenkonia* Loeblich & Tappan, 1961

***Fursenkonia pontoni* Cushman, 1947**

(Estampa III, fig. 66)

Fursenkonia pontoni Cushman, 1947, est.12, fig.3; Boltovskoy *et al.*, 1980; Bonetti, 2000, fig.62.

Gênero *Rutherfordoides* McCulloch, 1981

***Rutherfordoides* sp. McCulloch, 1981**

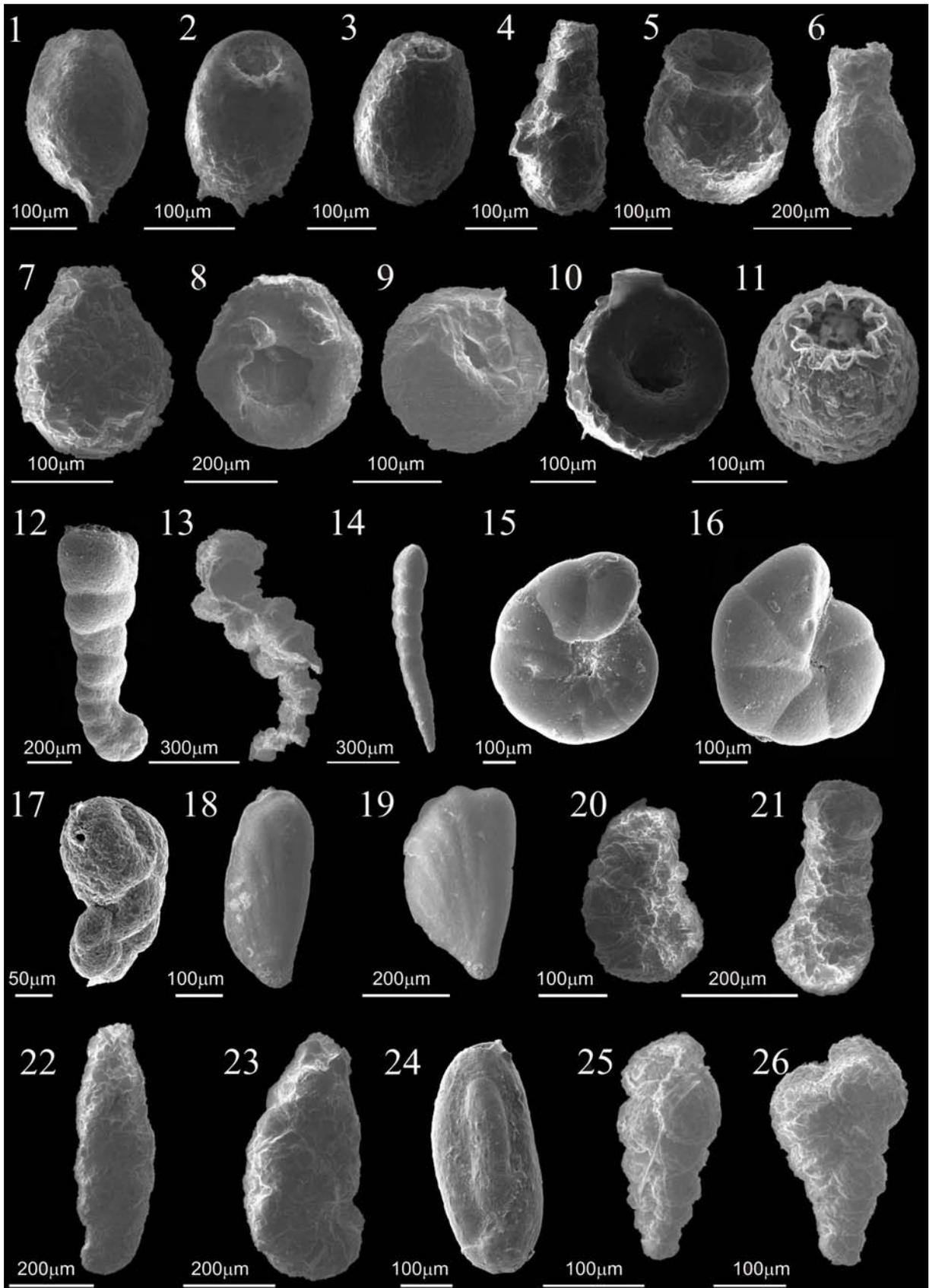
(Estampa III, fig. 67)

Loeblich Jr. & Tappan, 1988, est.578 fig.7-12.

ESTAMPA I

- 1 – *Centropyxis aculeata* – estação PB 21 (rio Paraíba do Sul - RJ)
- 2 – *Centropyxis constricta* – estação PB 21 (rio Paraíba do Sul - RJ)
- 3 – *Diffflugia capreolata* – estação CA 02 (rio Caeté – PA)
- 4 – *Diffflugia globulus* – estação CA 11 (rio Caeté - PA)
- 5 – *Diffflugia oblonga* – estação CA 07 (rio Caeté - PA)
- 6 – *Diffflugia urceolata* – estação PB 14 (rio Paraíba do Sul - RJ)
- 7 – *Lagenodiffflugia vas* – estação PB 14 (rio Paraíba do Sul - RJ)
- 8 – *Pontigulasia compressa* – estação PB 21 (rio Paraíba do Sul - RJ)
- 9 – *Plagiopyxis* sp. – estação SU 06 (rio Suruí - RJ)
- 10 – *Oopyxis* sp. – estação SU 03 (rio Suruí - RJ)
- 11 – *Cyclopyxis* sp. – estação SU 06 (rio Suruí - RJ)
- 12 – *Cucurbitella corona* – estação PB 14 (rio Paraíba do Sul - RJ)
- 13 – *Lesquereusia* sp. – estação SU 06 (rio Suruí - RJ)
- 14 – *Acupeina triperforata* – estação SU 04 (rio Suruí - RJ)
- 15 – *Polysaccammina ipohalina* – estação PS 14 (rio Paraíba do Sul - RJ).
- 16 – *Warrenita palustris* – estação CA 01 (rio Caeté – PA).
- 17 – *Trochamminita irregularis* - estação CA 07 (rio Caeté – PA)
- 18 – *Ammoastuta inepta* – estação IT 05 (rio Itacorubí – SC)
- 19 – *Ammoastuta salsa* - estação SU 05 (Rio Suruí – RJ)
- 20 – *Ammobaculites dilatatus* – estação SU 08 (Rio Suruí - RJ)
- 21 – *Ammobaculites exiguus* – estação SU 08 (Rio Suruí - RJ)
- 22 – *Ammotium cassis* - estação SU 06 (Rio Suruí - RJ)
- 23 – *Ammotium salsum* – estação SU 08 (Rio Suruí - RJ)
- 24 – *Miliammina fusca* – estação PB 21 (rio Paraíba do Sul - RJ)
- 25 – *Textularia earlandi* – estação SU 03 (Rio Suruí - RJ)
- 26 – *Textularia panaguaensis* – estação SU 08 (Rio Suruí - RJ)

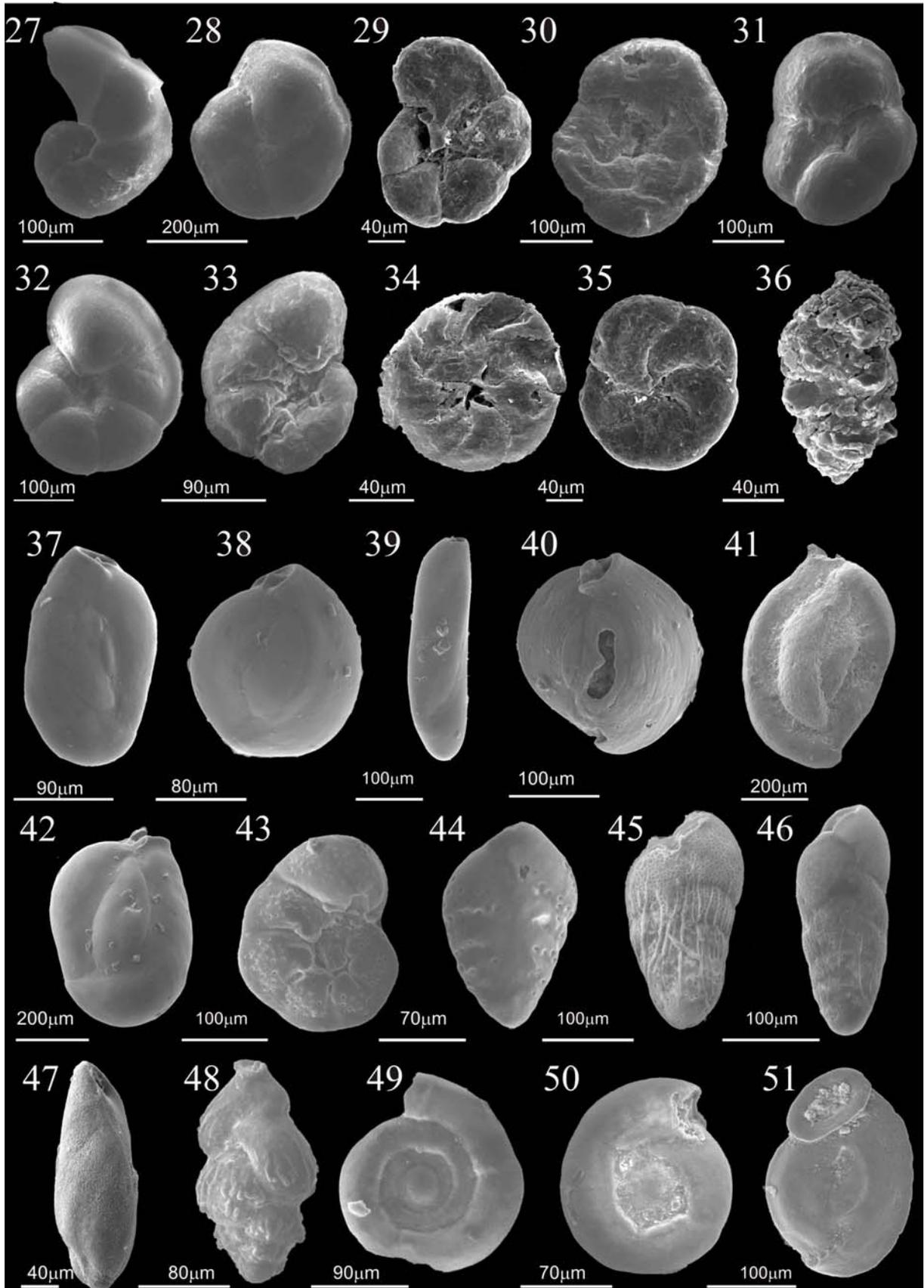
ESTAMPA I



ESTAMPA II

- 27 – *Jadammina polystoma* – estação CA 06 (rio Caeté – PA)
28 – *Arenoparrella mexicana* - estação IT 03 (rio Itacorubí – SC)
29 – *Siphotrochammina lobata* – estação PT 06 (rio Potengi – RN)
30 – *Tiphotrocha comprimata* – estação CA 01 (rio Caeté – PA)
31 – *Paratrochammina clossi* – estação CA 02 (rio Caeté – PA)
32 – *Trochammina inflata* – estação CA 05 (rio Caeté – PA)
33 – *Trochammina macrescens* – estação CA 01 (rio Caeté – PA)
34 – *Trochammina ochracea* – estação PB 01 (rio Paraíba do Sul – RJ)
35 – *Trochammina squamata* – estação CA 06 (rio Caeté – PA)
36 – *Galdryna exillis* – estação IT 07 (rio Itacorubí – SC)
37 – *Quinqueloculina seminulum* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
38 – *Quinqueloculina lamarkiana* – estação IT 06 (rio Itacorubí – SC)
39 – *Quinqueloculina laevigata* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
40 – *Quinqueloculina costata* – estação PT 03 (rio Potengi – RN)
41 – *Quiqueloculina polygona* – estação IT 01 (rio Itacorubí – SC)
42 – *Miliolinella subrotunda* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
43 – *Rosalina brandyi* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
44 – *Bolivina doniezi* – estação PT 04 (rio Potengi – RN)
45 – *Bolivina striatula* – estação IT 01 (rio Itacorubí)
46 – *Bolivina translucens* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
47 – *Bulivinella elegantíssima* – estação IT 01 (rio Itacorubí – SC)
48 – *Uvigerina peregrina* – estação PT 06 (rio Potengi – RN)
49 – *Cornuspira incerta* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
50 – *Cornuspira planarbis* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
51 – *Wisnerella ariculata* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)

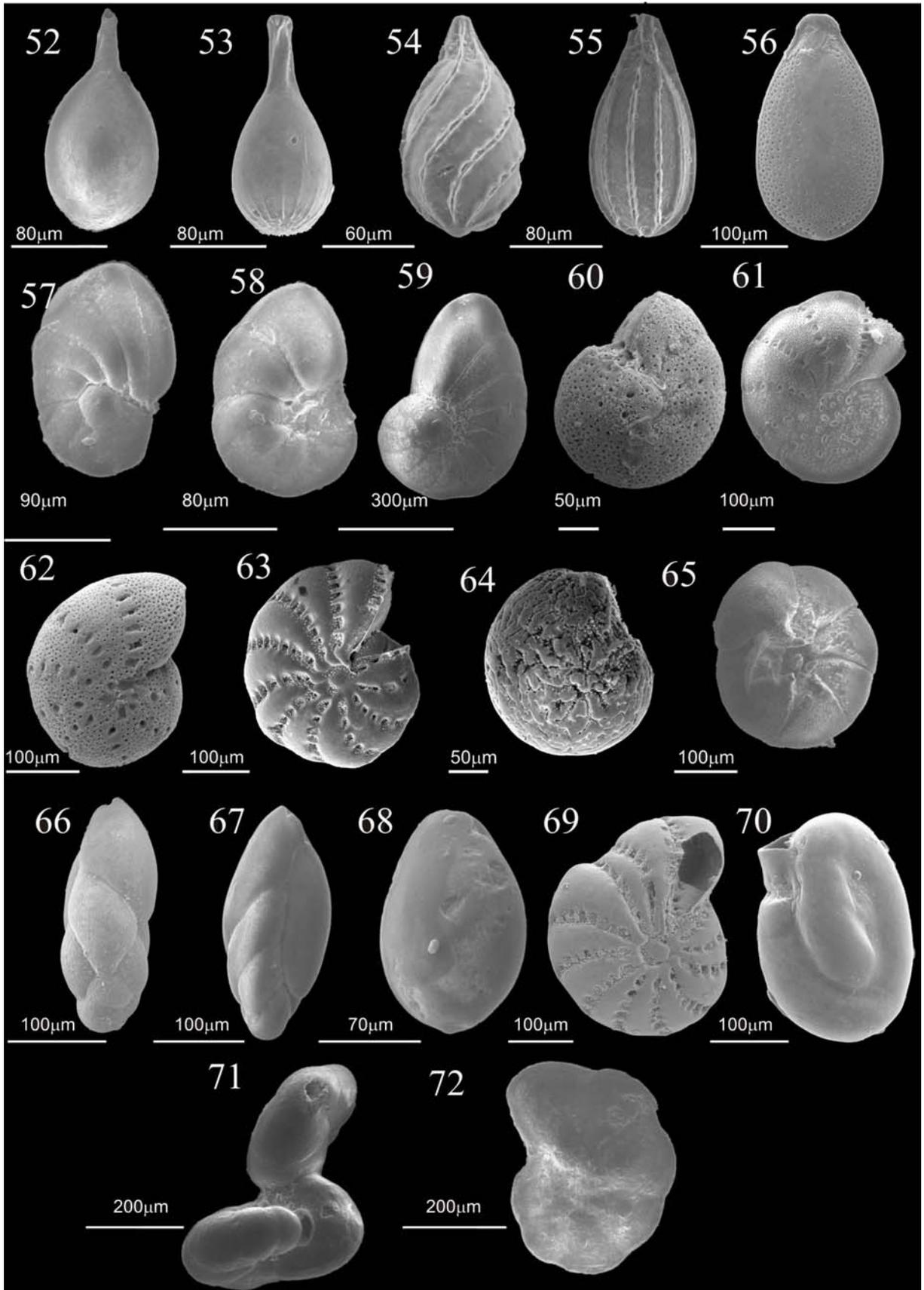
ESTAMPA II



ESTAMPA III

- 52 – *Lagena perlucida* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
53 – *Lagena laevis* - estação PT 02 (rio Potengi – RN)
54 – *Lagena spirialis* - estação PT 02 (rio Potengi – RN)
55 – *Lagena striata* - estação PT 02 (rio Potengi – RN)
56 – *Fissurina lucida* - estação PT 02 (rio Potengi – RN)
57 – *Nonionella auris* - estação PT 02 (rio Potengi – RN)
58 – *Nonionella opima* - estação PT 02 (rio Potengi – RN)
59 – *Pseudononion altanticum* – estação IT 06 (rio Itacorubí – SC)
60 – *Elphidium discoidale* – estação IT 06 (rio Itacorubí – SC)
61 – *Elphidium excavatum* – estação IT 01 (rio Itacorubí – SC)
62 – *Elphidium poeyanum* – estação MT 02 (enseada de Mataripe – BA)
63 – *Elphidium galvestonensis* – estação IT 01 (rio Itacorubí – SC)
64 – *Elphidium gunteri* – estação – estação MT 02 (enseada de Mataripe – BA)
65 – *Ammonia beccarii* f. *tepida* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
66 – *Fursenkonia pontoni* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
67 – *Rutherfordoides* sp. – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
68 – *Oolina viladerboana* – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
69 – *Elphidium galvestonensis* – espécime apresentando má formação da testa. – estação IT 01 (rio Itacorubí – SC)
70 – *Quinqueloculina seminulum* – espécime apresentando má formação da testa. – estação PT 02 (rio Potengi – RN)
71 – *Haplophragmoides wilberti* – espécime apresentando má formação da testa. – estação SU 06 (rio Suruí – RJ)
72 – *Arenoparrella mexicana* - espécime apresentando má formação da testa. – estação IT 05 (rio Itacorubí – SC).

Estampa III



REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. 2001.** *Litoral do Brasil*. São Paulo, METALIVROS, 281 pp.
- ALEF, K. & NANNIPIERI, P. 1995.** Enrichment, isolation and counting of soil microorganism. In: Alef, K. & Nannipieri, P. (Eds.) *Methods in applied soil microbiology and Biochemistry*. Academic Press, 123-186 pp.
- ALVE, E. 1991.** Benthic foraminifera reflecting heavy pollution in Solfjord, Western Norway. *Journal of Foraminiferal Research*, 21: 1-19.
- ALVE, E. 1995.** Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: A review. *Journal of Foraminiferal Research*, 25(3): 190-203.
- ALVE, E. & MURRAY, J.W. 1994.** Ecology and taphonomy of benthic foraminifera in a temperate mesotidal inlet. *Journal of Foraminiferal Research*, 24: 18-27.
- AMADOR, E.S. 1992.** Sedimentos de fundo da Baía de Guanabara. Uma síntese. In: Anais III Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA), Belo Horizonte, p. 199-224.
- AMADOR, E.S. 1997.** *Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: homem e natureza*. REPROART, 539 pp.
- ANDERSEN, H.V. 1951.** Two New Genera of Foraminifera from Recent Deposits of Louisiana: *Journal of Paleontology*, 25: 31-34.
- ANDERSEN, H.V. 1953.** Two New Species of *Haplophragmoides* from the Louisiana Coast: *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 4: 21-22.
- ANDREA, R. 1962.** *Chuvas da Bahia*. DNOCS, Salvador, BA.

- ASIOLI, A.; MEDIOLI, F.S.; & PATTERSON, R.T. 1996.** Thecamoebians as tool for reconstruction of paleoenvironments in some Italian lakes in the foothills of southern Alpes (Orta, Varese and Candia). *Journal of Foraminiferal Research*, v. 26(3): 248-265.
- AUSSEIL-BADIE, J. 1983.** Distribution Écologique des Foraminifères de l'Estuaire et la Mangrove du Fleuve Sénégal. *Archives des Sciences*, 36 (3), p. 50-437.
- BAPTISTA NETO, J. A. 1993.** *Sedimentologia e Geomorfologia da Enseada de Jurujuba (baía de Guanabara)*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Fluminense, 131 p.
- BAPTISTA-NETO J.A., SMITH B.J. & MCALISTER J.J. 2000.** Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, SE Brazil. *Environmental Pollution*, 109(1): 1-9.
- BARBOSA, C.F. 1991.** *Caracterização biosedimentar quantitativa do sistema estuário-manguezal da baía de Guaratuba, Paraná, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo – USP, 120 p.
- BARBOSA, C.F. 1995.** Foraminífera e Arcellacea (Thecamoebia) Recentes do Estuário de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 67(4): 445-492.
- BARBOSA, C.F., 1997.** *Reconstituição Paleoambiental de Fácies Lagunares com Base em Foraminíferos: O Nível do Mar no Quaternário Superior na Área de Cabo Frio, RJ*. Tese de Doutorado, São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 278 pp.
- BARROS, A.B.S.S., 1984.** *A Capacidade de Transporte dos Escoamentos de Maré no Estuário de Pontengi, RN*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 245p.
- BARTENTEIN, H. & BRAND, E. 1938.** Die Foraminiferan-Faunades Jade-GebietesI. *Jadammina polystoma* n. g., n.sp. aus dem Jade-Gebietes (for). *Senckenbergiana*, 20(5): 381-385.

- BASHAN, Y.; MORENO, M. & TROYO. 2000.** Growth promotion of the seawater-irrigated oilseed halophyt *Salicornia bigelovii* inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant *Azospitillum* spp. *Biology and Fertility of Soils* 32, 265-272.
- BATES J.M. & SPENCER R.S. 1979.** Modification of foraminiferal trends by the Chesapeake-Elizabeth Sewage Outfall, Virginia Beach, Virginia. *Journal of Foraminiferal Research*, 9(2): 125-140.
- BATISTA, B.; MENEZES, M.; MEHLIG, U & ARAUJO, J. 2003.** Produção de serapilheira em manguezal sob influência de gradiente de inundação e salinidade, Bragança, Pará, Brasil. *In: International Symposium of Mangrove – Mangrove 2003, Salvador – BA*, p. 62.
- BAUMGARTNER, L.K.; REID, R.P.; DUPRAZ, C. DECHO, A.W.; BUCKLEY, D.H.; SPAR, J.R.; PRZEKOP, K.M. & VISSCHER, P.T. 2006.** Sulfate reducing bacteria in microbial mats: changing paradigms, new discoveries. *Sedimentary Geology*, 185: 131-145.
- BEHLING, H., COHEN, M.C.L. AND LARA, R.J. 2001.** Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in north-eastern Pará, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 167: 225–242.
- BERNHARD J. M. 2003.** Potential symbionts in bathyal foraminifera. *Science*, 299: 861.
- BERNHARD J.M. & ALVE E. 1996.** Survival, ATP pool, and ultra-structural characterization of benthic foraminifera from Dram-Mernsfjord (Norway): response to anoxia. *Marine Micropaleontology*, 28: 5–17.
- BERNHARD J.M. & BOWSER S.S. 1992.** Bacterial biofilms as a trophic resource for certain benthic foraminifera. *Marine Ecology Processes Series*, 83: 263-272.
- BERNINI, E.; SANTOS, D.O. & RESENDE, C.E. 2003.** Estrutura de um bosque de manguezal do estuário do rio Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, Brasil. *In: Mangrove, 2003*, p. 58.

- BERNINI, E. & REZENDE, C.E. 2004.** Estrutura da vegetação em floresta de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, 18(3): 491-502.
- BEZERRA, P.E.L.; OLIVEIRA, V. DE; REGIS, W.P.E.; BRAZÃO, J.E.M.; GALVINHO, I., & COUTINHO, R.C.P. 1990.** Projeto zoneamento das potencialidades dos recursos naturais da Amazônia legal. Rio de Janeiro, IBGE. SUDAM, 221 p.
- BEZERRA, F.H.R., AMARO, V.E., VITA-FINZI, C. & SAADI, A. 2001.** Pliocene-Quaternary Fault Control of Sedimentation and Coastal Plain Morphology in NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 61-75.
- BEURLEN, G. & HILTERMANN, H., 1983.** As Biocenoses de Foraminíferos do Mangue de Guaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, 26(4): 259-267.
- BISPO, M.G.S. 2005.** *Ecologia bacteriana de uma zona de turbidez máxima submetida a aeração, em sistema de mesocosmo.* Tese de Doutorado, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 96 p.
- BITTENCOURT, A.C.S.P.; FERREIRA, Y.A. & DI NAPOLI, E. 1976.** Alguns aspectos da sedimentação recente na Baía de Todos os Santos, Baía. *Revista Brasileira de Geociências*, 6(4): 246-263.
- BOLTOVSKOY, E., 1965.** *Los Foraminíferos Recientes: Biología, Métodos de Estudio y Aplicación Oceanográfica.* Editora Universitaria de Buenos Aires, 509pp.
- BOLTOVSKOY, E, 1984.** Foraminifera of Mangrove Swamps. *Physis* (Buenos Aires), Secc. A, 42 (120): 1-9.
- BOLTOVSKOY, E. & BOLTOVSKOY, 1968.** Foraminíferos y tecamebas de la parte inferior del rio Quequén Grande, Provincia de Buenos Aires, Argentina (Sistemática, Distribucion, Ecología). *Revista do Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Hidrobiologia*, 5(3): 31-40.

- BOLTOVSKOY, E. & LENA, A. 1966.** Foraminíferos recientes de la zona litoral de Pernambuco (Brasil). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia*, 8(1): 269-367.
- BOLTOVSKOY, E. & MARTINEZ, H., 1983.** Foraminíferos del Manglar de Tesca, Cartagena, Colombia: *Revista Española de Micropaleontología*, 15: 205-220.
- BOLTOVSKOY, E; GIUSSANI, G.; WATANABE, S. & WRIGHT, R. 1980.** *Atlas of Benthic Shelf Foraminifera of the Southwest Atlantic*. Dr. W. Junk bv Publishers The Hague- Boston-London, 131 p.
- BOLTOVSKOY, E; SCOTT, D.B. & MEDIOLI, F.S. 1991.** Morphological variations in foraminiferal tests in response to changes in ecological parameters: a review. *Journal of Paleontology*, 65: 175-185.
- BOLTOVSKOY, E. & VIDARTE, L.M. 1977.** Foraminiferos de la Zona de Manglar de Guayaquil (Ecuador): *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturalis "Bernardino Rivadavia"*, *Hidrobiología*, 2(4): 126-171.
- BOLTOVSKOY, E. & WRIGHT, R. 1976.** *Recent Foraminifera*. Junk Publishers, 571 p.
- BONETTI, C. 1995.** *Associação de foraminíferos e tecamebas indicadoras de sub-ambientes recentes na zona estuarina do rio Itapitangui- Cananéia/SP*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, IOUSP, 150p.
- BONETTI, C. 2000.** *Foraminíferos como indicadores do grau de estresse ecológico em ambiente costeiro poluído. Estudo aplicado ao sistema estuarino de Santos – São Vicente (São Paulo – Brasil)*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, IOUSP, 229 p.
- BONETTI, C.; EICHLER, B.B.; 1997.** Benthic foraminifera and thecamoebians as indicators of river/sea gradients in the estuarine zone of Itapitangui River – Cananéia/SP, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 69(4): 545-563.

- BONETTI, C.; EICHLER, B.B.; DEBENAY, J.P; BONETTI FILHO, J.; MONTONE, R.; BÍCEGO, M.C.; TANIGUCHI, S.; NISHIGIMA, F. & ESARKIS, J.E.S. 1999.** Estuarine Benthic Foraminifers Resistant to Organic Persistent and Heavy Metal Pollution. Cushman Foundation Research Symposium - Quaternary Micropaleontology: Ecological Studies and Paleoenvironmental Applications. VII Brazilian Association for Quaternary Studies (ABEQUA), - Porto Seguro, Brazil, 03-09 de outubro.
- BONETTI, C; BURONE, L.M.; BÚSSOLO JR., G.; FARRACO, K.; LEAL, P.C. & BONETTI FILHO, J. 2000.** Considerações sobre o Sistema Estuarino-Lagunar do Itapucu (SC) com Base no Uso de Foraminíferos como Bioindicadores Ambientais. Anais da XIII Semana Nacional de Oceanografia, Itajaí, Santa Catarina, 29 de outubro a 03 de novembro, 126-128p.
- BRADY, H. B., 1870.** In Brady, G. S. e Robertson, D., 1870, The Ostracoda and Foraminifera of Tidal Rivers. With Analysis and Descriptions of Foraminifera by H.B. Brady, part II: *Annual Magazine of Natural History*, ser. 4(6): 273-306.
- BRAVIM, L.A.P., CABRAL, L.S., LAUT, L.L.M. & LAUT, V.M. 2002.** Foraminíferos Recentes da Planície de Inundação da Lagoa de Itaipu, RJ. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia. 17-22 de fevereiro de 2002, Itajaí – SC, 8p.
- BRÖNNIMANN, P. 1979.** Recent Benthonic Foraminifera from Brazil. Morphology and Ecology. Part IV: Trochamminids from Campos Shelf with Description of *Paratrochammina* *Paläontologische Zeitschrift*, 53: 5-25.
- BRÖNNIMANN, P.; MOURA, J.A. & DIAS-BRITO, D. 1981a.** Estudos Ecológicos na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil: Foraminíferos. *In: Congresso Latino-Americano de Paleontologia*, Porto Alegre, RS, p. 75-861.

- BRÖNNIMANN, P.; MOURA, J.A. & DIAS-BRITO, D. 1981b.** Foraminíferos da Fácies Mangue da Planície de Maré de Guaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *In: Congresso Latino-Americano de Paleontologia*, Porto Alegre, RS, p. 91-861.
- BRÖNNIMANN, P.; MOURA, J.A. & DIAS-BRITO, D. 1981c.** Ecologia dos Foraminíferos e Microrganismos Associados da Área de Guaratiba/Sepetiba: Modelo Ambiental e sua Aplicação na Pesquisa de Hidrocarbonetos. Relatório 3549. PETROBRAS, 81p.
- BRÖNNIMANN, P. & ZANINETTI, L. 1984.** Agglutinated Foraminifera Mainly Trochamminacea from the Baía de Sepetiba, Near Rio de Janeiro, Brazil. *Revue de Paléobiologie*, 3(1): 63-115.
- BURONE, L. 1996.** *Estudo ecológico de foraminíferos bentônicos das enseadas de Ubatimirim e Picinguaba, e plataforma interna adjacente, Ubatuba, São Paulo.* Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, IOUSP, 124 p.
- BURONE, L. 2002.** *Foraminíferos bentônicos e parâmetros físico-químicos da enseada de Ubatuba, São Paulo: estudo ecológico em uma área com poluição orgânica.* Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, IOUSP, 279 p.
- BURONE, L.; LESSA, G.; MACHADO, A. & FIGUEIREDO, J. 2006.** Benthic foraminiferal assemblages and morphological abnormalities in Subaé estuarine system, Bahia – Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 29(1): 405-406.
- BURTON, J.D. & LISS, P.S., 1976.** *Estuarine Chemistry*. Academic Press, London, 229 pp.
- BUZAS, M.A., 1989.** The effect of quartz versus calcareous sand on the density of living foraminifera. *Micropaleontology*, 35(2): 135-141.
- BYERS S., MILLS E., STEWART P. 1978.** Comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard methods. *Hydrobiologia*, 58: 43-47.

- CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte), 1995.** Plano Diretor de Esgotos Sanitários da Cidade de Natal-RN, Natal, Arco, 394p.
- CANFIELD, D.E. 1993.** Organic matter oxidation in marine sediments. *In:* Wollast, R; Chou, L. & Makenzi, F. (Eds), *Interaction of C, N, P e S Biogeochemical Cycles*. Springer-Verlag, Berlin, 333-336 pp.
- CARLUCCI A.F.; CRAVEN D.B.; ROBERTSON D.J. & WILLIAMS P.M. 1986.** Surface-film microbial populations diel amino acid metabolism, carbon utilization and growth rates. *Marine Biology*, 92: 289-297.
- CARNEIRO, M.E.; KNOPPERS, B.; CARVALHO, C.E.; OVARALLE, R. & TRUCOLO, E. 1995.** Um estudo sobre a caracterização física e químicas do estuário do rio Paraíba do Sul, RJ. *In:* V Congresso Brasileiro de Geoquímica.
- CARREIRA R., WAGNER A.L.R., FILEMAN T., READMAN J. 2001.** Distribuição de coprostanol (5b(H)-coleston-3b-ol) em sedimentos superficiais da Baía de Guanabara: indicador da poluição recente por esgotos domésticos. *Química Nova*, 24(1): 37-42.
- CARVALHO, J.B.; MACHADO, A.J. & LESSA, G. 1999.** Foraminifera Fauna in the Estuarine Sediments of Iguape Bay, Bahia, Brasil. *In:* Cushman Foundation Research Symposium - Quaternary Micropaleontology: Ecological Studies and Paleoenvironmental Applications. VII Brazilian Association for Quaternary Studies (ABEQUA), - Porto Seguro, Brazil, 03-09 de outubro.
- CARUSO Jr. F., 1993.** *Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina. Notas Técnicas. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica*, Instituto de Geociências, UFRGS, 28 p.
- CARUSO Jr. F., 1995.** *Geologia e recursos minerais da região costeira do sudeste de Santa Catarina*. Instituto de Geociências (Tese de Doutorado), UFRGS, 178 p.

CASTRO FILHO, H.A.F.; MIRANDA, L.B.; BEARDSLEY, R.C. & GEYER, W.R. 1990.

Current observation near the shelf break on the Amazon Continental Shelf. *In: AGU FALL MEETING*, São Francisco, p. 87.

CHARDEZ, D. & LAMBERT, J. 1981. Thecamoebiens indicateurs biologiques (Protozoa

Rhizopoda testacea). *Bull. Rech. Agorn. Gembolux* 16 (3): 181-204.

CHARMAN, D.J. 2001. Biostratigraphic and paleoenvironmental applications of testate

amoebae. *Quaternary Science Reviews*, 20: 1753-1764.

CHATELET, E.A. DU; DEBENAY, J.P & SOULARD, R. 2004. Foraminiferal proxies for

pollution monitoring in moderately polluted harbors. *Environmental Pollution*, 127: 27-40.

CLOSS, D. 1962. Foraminíferos e Tecamebas da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul. *Boletim*

da Escola de Geologia de Porto Alegre, 11: 1-130.

CLOSS, D. 1964. Ecological Distribution of Foraminifera and Thecamoebina in the Patos

Lagoon, Southern Brazil. *Archivio di Oceanografia e Limnologia*, 13: 297-302.

CLOSS, D. & MADEIRA, M. L. 1962. Tecamebas e Foraminíferos do Arroio Chuí (Santa

Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul, Brasil). *Iheringia (Zoologia)*, 19: 1-44.

CLOSS, D. & MADEIRA, M. L. 1966. Foraminifera from the Paranaguá Bay, State of

Paraná, Brazil. Univ. Federal do Paraná, *Bol. Paraná Brasil Zôo*, 2(10): 147 p.

CLOSS, D. & MADEIRA, M. L. 1967. Foraminíferos e Tecamebas Aglutinantes da Lagoa de

Tramandaí, no Rio Grande do Sul. *Iheringia*, 35: 7-31.

CLOSS, D. e MADEIRA, M. L. 1968. Seasonal Variations of Brackish Foraminifera in the

Patos Lagoon, Southern Brazil. *Escola de Geologia de Porto Alegre, Publicação Especial*, 15: 1-51.

CLOSS, D. & MADEIRA, M. L. 1971. Distribuição Ecológica dos Foraminíferos e

Tecamebas (Protozoa) nas Planícies Costeiras do Sul do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 54: 2-31.

- CLOSS, D. & MEDEIROS, V.M. 1965.** New Observations on the Ecological Subdivision of the Patos Lagoon in Southern Brazil. *Boletim do Instituto de Ciências Naturais*, 35: 1-35.
- CLUVER, E.J. 1990.** Benthic foraminífera of Puerto Rican Mangrove-Lagoon Systems: Potential for paleo-environmental interpretation. *Palaios*, 5: 34-51.
- COHEN, M.C.L.; LARA, R.J.; RAMOS, J.F.F. & DITTMAR, T. 1999.** Factors in unending the variability of magnesium, calcium and potassium in waters of a mangrove creek in Bragança, North Brazil. *Mangroves and Salt Marshes*, 3: 9-15.
- COLIN, C. 1990.** Western boundary currents in tidal of French Guiana. *In: Symposium Intenartional sur Levolution des Littoraux dès Guyanes et de la Zone Caribain Meridionale Pendant lê Quaternaire*, 1: 47-51.
- COLLINS, E.; MCCARTHY, F.& MEDIOLI, F.S, 1990.** Biogeographic distribuiton of modern thecamoebians in a transect along de Eastern North American Coast, *In: C. Hemleben & et al., Bioestratigraphy, Paleoceanography, and Taxonomy of Agglutinated Foraminifera*. Netherlands Kluwer Academic publishers, p. 92-73.
- COSTA G. 1994.** *Caracterização histórica, geomorfológica e hidráulica do estuário do Paraíba do Sul*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, UFRJ, 97 p.
- COSTA, L.T. DA R., & SILVEIRA, O.F.M. DA 1998.** The Araguari Estuary: an example of tide dominated esturay. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70(2): 201-211.
- CRAPEZ, M.A.C. 2007.** Bactérias Marinhas. *In: Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A. (Eds) Biologia Marinha, Interciência (in press)*.
- CRAPEZ M.; CAVALCANTE A.C.; BISPO M.G.S. & ALVES, P.H. 2001.** Distribuição e atividade enzimática de bactérias nos limites inferiores e superiores na praia de Boa Viagem, Niterói, RJ, Brasil. *In: Moraes R., Crapez M., Pfeiffer W. et al. (eds). Efeitos de poluentes em organismos marinhos*. Arte e Ciência Villipress, São Paulo, pp: 288.

- CUNHA, A.M. 1913.** Contribuição para o conhecimento da fauna de protozoários do Brasil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 5: 22-101.
- CUNHA, R.P. da & PANITZ, C.M.N. 2003.** Avaliação do emprego de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman na restauração de uma área de degradada do magueal do rio Itacorubi, Ilha de Santa Catarina, SC – Brasil. *In: Mangrove 2003*, p. 320.
- CUSHMAN, J. A., 1918.** *The Foraminifera of the Atlantic Ocean – Part I. Astrorhizidae:* Bulletin 104, Smithsonian Institution, United States National Museum, p. 1-111, 39 plates
- CUSHMAN, J. A. & BRÖNNIMANN, P. 1948a.** Additional New Species of Arenaceous Foraminifera from the Shallow Waters of Trinidad: *Cushman Laboratory Foraminiferal Research*, Contribution 24, p. 37-42.
- CUSHMAN, J.A. & BRÖNNIMANN, P. 1948b.** Some New Genera and Species of Foraminifera from Brackish Water of Trinidad. *Cushman Laboratory for Foraminiferal Research*, Contribution 24, p. 15-22.
- CUSHMAN, J.A. 1969.** *Foraminifera: their classification and economic use.* Harvard University Press, 605 p.
- CUSHMAN, J.A. & MCCULLOCH, I. 1939.** A Report on Some Arenaceous Foraminifera: *University of Southern California*, Publication, Allan Hancock Pacific Expeditions, 6(1):1-113.
- DALOTO, R.A.S. 2003.** *Estruturação de dados com suporte à gestão de manguezais utilizando técnicas de geoprocessamento.* Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (Tese de Doutorado), Florianópolis, 242 p.
- DALRYMPLE, R.W., ZAITLIN, B.A & BOYD, R. 1992.** Estuary Facies Models: Conceptual Basis and Stratigraphic Implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62(2): 1130-1146.

- DA SILVA, E.M. 1996.** Estudo Hidrobiológicos. Programa de Monitoramento dos ecossistemas ao norte da baía de Todos os Santos. Relatório Técnico, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 35 pp.
- DAWSON, G.M., 1870.** *On Foraminifera from Gulf and River St. Lawrence.* Canadian Nat., Montreal, Canadá, 5(5): 177 p.
- DEBENAY, J.P., 1990.** Recent Foraminiferal Assemblages and their Distribution Relative to Environmental Stress in the Paralic Environments of West Africa (Cape Timiris to Ebrie Lagoon): *Journal of Foraminiferal Research*, 20: 267-282.
- DEBENAY, J. P. 1991.** Benthic foraminifera used as indicators of a gradient of marine influence in paralic environments of Western Africa. *Journal of Africa Earth Science*, 12(1-2): 335-340.
- DEBENAY, J.P.; BICCHI, E., GOUBERT, E. & CHÂTELET E. A. 2006.** Spatio-temporal distribution of benthic foraminifera in relation to estuarine dynamics (Vie estuary, Vendée, W France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1-2): 181-197.
- DEBENAY, J.P.; COLLEUIL., B. & TEXIER, H. 1993.** Peuplements de foraminifères du lac Nokoué (Benin) avant fermeture de la lagune. Comparaison avec d'autres environnements paraliques d'Afrique de l'Ouest. *Revue de Micropaléontologie*, 36: 225-234.
- DEBENAY J.P.; GUIRAL, D. & PARRA, M. 2002.** Ecological Factors Acting on the Microfauna in Mangrove Swamps. The Case of Foraminiferal Assemblages in French Guyana. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55: 509-533.
- DEBENAY, J.P. & LUAN, B.T. 2006.** Foraminifera assemblages and the confinement index as tools for assessment of saline intrusion and human impact in the Mekong Delta and neighboring areas (Vietnam). *Revue de Micropaléontologie*, 49: 74-85.
- DEBENAY, J.P.; PAWLOWSKI, J. & DECROUEZ, D.; 1996.** *Les Foraminifères Actuels.* Masson, Paris, 329 p.

- DEBENAY, J.P.; EICHLER, B.B.; DULEBA, W., BONETTI, C. & EICHLER-COELHO, P. 1998.** Water stratification of water in coastal lagoons; its influence on foraminiferal assemblages in two Brazilian lagoons. *Marine Micropaleontology*, 35: 67-89.
- DEBENAY J.P.; GUIRAL, D. & PARRA, M. 2002b.** Ecological Factors Acting on the Microfauna in Mangrove Swamps. The Case of Foraminiferal Assemblages in French Guyana. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55, p. 509-533.
- DEBENAY, J.P. & GUILOU, J.J. 2002a.** Ecological transitional indicated by foraminiferal assemblages in paralic environments. *Estuaries*, 25(6): 1107-1120.
- DE SOUZA JR, D.I., 2004.** A degradação da bacia do rio Paraíba do Sul. *ENGUESTA*, 3(6): 99-105.
- DIAS, G.T.M., 1981.** O Complexo deltáico do rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro). *In: IV Simpósio do Quaternário no Brasil. Publicação Especial nº 2, CTCQ/SBG (Eds)*, p. 58-88.
- DIAS, G.T.M. & GORINI, M.A., 1979.** Morfologia e dinâmica de evolução do Delta do rio Paraíba do Sul. *In: V Semana de Geologia*, p. 56-63.
- DIAS, G.T.M. & GORINI, M.A, 1980.** A baixada campista: estudo morfológico dos ambientes litorâneos. *In: XXXI Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 1, p. 588-602.
- DIELE, K. & SIMITH, D.J.B. 2003.** Salinity tolerance of northern Brazilian mangrove crab larvae, *Ucides cordatus* (Ocypodidae): Necessity for larval export? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, n. 68, p. 600-608.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO – DHN, 1963.** Cartas de correntes de maré – Porto de Madre de Deus.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO – DHN, 1970.** *Relatório da Marinha*, 597 p.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO – DHN, 1974.** Atlas de Cartas-Piloto – Oceano Atlântico, de Trinidad ao Rio da Prata.

- DISARÓ, S.T. 1995.** *Associação de Foraminíferos da Baía das Laranjeiras, Complexo Estuarino Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 76p.
- DISARÓ, S.T; KOUTSOUKOS, E.A.M. & SERAFINI, L.Z., 1999.** Foraminifera from Mangrove Ecosystems of Paranaguá Bay. *In: Cushman Foundation Research Symposium - Quaternary Micropaleontology: Ecological Studies and Paleoenvironmental Applications. VII Brazilian Association for Quaternary Studies (ABEQUA), - Porto Seguro, Brazil, 03-09 de outubro.*
- DOMINGUEZ, J.M.L. 1995.** Regional assessment of short and long term trends of coastal erosion in northeastern Brazil. *In: LOICZ (Land-ocean Interactions in the Coastal Zone). São Paulo, pp. 8-10.*
- DULEBA, W. 1993.** *Variações nas associações de foraminíferos ao longo da coluna sedimentar da enseada do Flamengo, Ubatuba, São Paulo.* Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, IOUSP, 210 p.
- DULEBA, W. 1997.** *Variação nas associações de tecamebas, foraminíferos e ostracodes subrecentes da região lagunar de Cananéia – Iguape, SP.* Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, IOUSP, 237 p.
- DULEBA, W.; DEBENAY, J.P. & EICHLER, B.B. 1999a.** Foraminíferos e Tecamebas como Indicadores da Circulação Hidrodinâmica do Estuário do Rio Verde e do Lago Itacolomi, Estação Ecológica Juréia Itatins, Brasil. *In: Cushman Foundation Research Symposium - Quaternary Micropaleontology: Ecological Studies and Paleoenvironmental Applications. VII Brazilian Association for Quaternary Studies (ABEQUA), Anais, CD-ROM.*

- DUIJNSTEE, I.A.P. 2001.** *Experimental ecology of foraminifera: towards better quantitative paleoecological reconstructions.* Tese de Doutorado, Utrecht University, The Netherland, 149 p.
- DULEBA, W.; DEBENAY, J.P. & EICHLER, B.B. 1999b.** Circulação e hidrodinâmica dos estuários da Estação Ecológica Juréia-Itatins, inferida a partir das associações de foraminíferos e tecamebas. *In:* Cushman Foundation Research Symposium - Quaternary Micropaleontology: Ecological Studies and Paleoenvironmental Applications. VII Brazilian Association for Quaternary Studies (ABEQUA), Anais, CD-ROM.
- DULEBA, W. & DEBENAY, J.P. 2003.** Hydrodynamic circulation in the estuaries of Estação Ecologia Juréia Itatins, Brazil, inferred from foraminifera, thecamoebian assemblages. *Journal of Foraminiferal Research*, 33(1): 62-93.
- DUTRA, S.J. 1998.** A bacia hidrogáfica do Córrego Grande, Ilha de Santa Catarina, Brasil. *In:* Soriano-Sierra, E. & Ledo, B.S. de (ed), *Ecologia e Gerenciamento do Manguezal do Itacorubi*, NEMAR,CCB,UFSC, p. 31-45.
- ECO-NATAL 1994.** Programa de Recuperação do Estuário do Rio Potengi: Natal/RN.
- EARLAND, A. 1933.** *Foraminifera*; Part II – South Georgia. Discovery Reports. Cambridge, England, vol. 7, 95 p.
- EDWARD, R.J.; WRIGHT, A.J. & PLASSCHE, O. van de 2004.** Surface distribution of salt-marsh foraminifera from Connecticut, USA: modern analogues for high-resolution sea level studies. *Marine Micropaleontology*, 51: 1-21.
- EHLICH, H.L. 2002.** *Geomicrobiology*. Marcel Dekker, Inc. New York. Fourth Edition, 786 p.
- EICHLER, P.P.B. 2001.** *Avaliação e diagnóstico do canal do Bertioga (São Paulo) através da utilização de foraminíferos como indicadores ambientais.* Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, IOUS, 240p.

- EICHLER, B.B. & BONETTI, C. 1995.** Distribuição de foraminíferos de tecamebas ocorrentes no manguezal do rio Baguaçu, Cananéia, São Paulo – Relação com parâmetros ambientais. *Pesquisas* 22(1-2):7-32.
- EICHLER, B.B.; DEBENAY, J.P.; BONETTI, C. & DULEBA, W. 1995.** Répartition des foraminifères benthiques dans la zone sud-ouest du système estuarien-lagunaire d'Iguape-Cananéia (Brésil). *Boletim Instituto Oceanográfico*, 43(1): 1-17.
- EICHLER, B.B. & DEBENAY, J.P. 1996.** *Monitoramento ambiental por meio de bioindicadores – uma cooperação franco-brasileira no estudo de foraminíferos.* França-Flash, Meio Ambiente, Ed. REPRMIL Gráfica e editora, p. 1- 4.
- EICHLER-COELHO, P.B. 1996.** *Estudo das associações de foraminíferos e tecamebas da região estuarina-lagunar de Cananéia-Iguape (SP), e sua aplicação na determinação do impacto ecológico do Valo Grande.* Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, IOUSP, 106 p.
- EICHLER-COELHO, P.B.; DULEBA, W. EICHLER, B.B. & COELHO-JÚNIOR, C. 1997.** Determinação do impacto ecológico do Valo Grande (Iguape, SP) a partir das associações de foraminífero e tecamebas. *Revista Brasileira de Biologia*, 57(3): 463-477.
- EISMA, D.; BERNARD, P.; BOON, J.J.; VAN GRIEKEN, R.; KALF, J. & MOOK, W.C. 1985.** Loss of particulate organic matter in estuaries, as exemplified by the Ems and Girande estuaries. In: Degens, E.T.; Kempe, S. & Herrera, R. (Eds.), *Transport of Carbon and Minerals in Major World Rivers*, pt. 3. Hamburg: Scope/UNEP, Sonderban 58:397-412.
- ELBERLING, B.; KNUDSEN, K.L.; KRISTENSEN, P.H. & ASMUND, G. 2003.** Applying Foraminiferal Stratigraphy as a Biomarker for Heavy Metal Contamination and Mining Impact in a Fiord in West Greenland. *Marine Environmental Research*, 55: 235-256.

- ELLISON, R.L.; BROOME, R. & OGLIVIE, R. 1986.** Foraminiferal response to trace metal contamination in the Patapsco River and Baltimore harbor, Maryland. *Marine Pollution Bulletin*, 17(9): 419-423
- FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente), 1979.** *Os Manguezais do Recôncavo da Guanabara*. Rio de Janeiro, Dicom, 114p.
- FERREIRA, D.S.E.; LAUT, L.L.M.; CARVALHO, M.A.; SANTOS, V.F. & FIGUEIREDO Jr. 2006.** Palynofacies and foraminífera as hydrodynamic indicators of Araguari estuary, Amazon coast, Amapá – Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 29(1): 414-413.
- FIGUEIREDO, A.M.F. 1985.** *Geologia das bacias brasileiras*. In: Avaliação de formações no Brasil. WEC – Brasil – Schlumberger (ed.), Rio de Janeiro, p. 1-38.
- FIGUEIREDO, J.G. & MACHADO, A.J. 1999.** Distribuição de Foraminíferos em Áreas Selecionadas da Baía de Todos os Santos (BTS). In: Cushman Foundation Research Symposium - Quaternary Micropaleontology: Ecological Studies and Paleoenvironmental Applications. VII Brazilian Association for Quaternary Studies (ABEQUA), - Porto Seguro, Brazil, 03-09 de outubro.
- FIGUEIREDO, J.G., 2000.** *Análise Quantitativa dos Foraminíferos da Bahia de Todos os Santos: Uma Abordagem Sedimentológica*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – UFBA, 125p.
- FIGUEIREDO, J.G. & MACHADO, A.J. 2003.** Distribuição dos foraminíferos no estuário formado pelo rio Subaé, Baía de Todos os Santos, Bahia. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso de Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas. CD-Rom, 3 p.

- FLEMMING, B.W. 2000.** A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis of ternary diagrams. *Continental Shelf Research*, 20: 1125-1137.
- FOLK, R.L. 1968.** *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill's, Austin, 170 pp.
- FONSECA E.M. 2004.** *Estudo da interação entre atividade bacteriana, metais pesados e matéria orgânica nos sedimentos da Baía de Guanabara-RJ*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, 105 p.
- FRASÃO, E. P. & VITAL, H. 2002.** Estudo Batimétrico e Sonar de Varredura do Estuário do Rio Potengi-RN. Congresso Brasileiro de Geologia, João Pessoa, p. 90.
- FRASÃO, E. P. 2003.** *Caracterização Hidrodinâmica e Morfo-Sedimentar do Estuário do Rio Potengi e Áreas Adjacentes: Subsídios para o Controle e Recuperação Ambiental no Caso de Derrames de Hidrocarbonetos*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 143.
- FRASÃO, E. P., VITAL, H., SCHWARZER, K. & STATTEGGER, K., 2003,** Mapeamento por Sonar de Varredura Lateral das Formas de Leito do Estuário Potengi, Eighth International Congress of the Brazilian Geophysical Society: Rio de Janeiro, p. 1-6.
- FONTANA, L.F., LAUT, L.L.M., FIGUEIREDO JR., A.G., CRAPEZ, M.A.C. & ROSA, T.D.L. 2006a.** Foraminifera and bacterial activity in oil spill impacted mangrove, Guanabara Bay, Brazil *Anuário do Instituto de Geociências*, 29(1): 415 – 416.
- FONTANA, L.F., LAUT, L.L.M., FIGUEIREDO JR., A.G., CRAPEZ, M.A.C., SILVA, F.S., BERRIEL, L. & JÓRIO, F. 2006b.** Associação de foraminíferos e atividade bacteriana para o diagnóstico ambiental do manguezal do Suruí, Baía de Guanabara – RJ. In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, Aracajú – SE, CD-Rom.
- FREITAS, H.; GUEDES, M.L.S.; SMITH, D.H.; OLIVEIRA S.S.; SANTOS, E.S. & SILVA, E.M. DA, 2002.** Characterization of the mangrove plant community and

associated sediment of Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 5(2): 217-229.

GARCIA, K.S.; OLIVEIRA, O.M.C.; QUEIROZ, A.F.S.; ARAÚJO, B.R.N.; NANO, R.M.W. & ARGÔLO, J.L., 2005a. Concentração de metais em sedimentos de zona de manguezal da baía de Todos os Santos – BA. *In: 1º Congresso Internacional Piatam, Manaus, p. 205.*

GARCIA, K.S.; OLIVEIRA, O.M.C.; QUEIROZ, A.F.S.; ARAÚJO, B.R.N.; NANO, R.M.W. & ARGÔLO, J.L. 2005b. Avaliação biogeoquímica de folhas de *Avicennia schaueriana* Stapt e Leechman em zonas de manguezal dos municípios de São Francisco do Conde e Madre de Deus – Bahia. *In: 1º Congresso Internacional Piatam, Manaus, p. 75.*

GESLIN, E.; DEBENAY, J.P.; DULEBA, W. & BONETTI, C. 2002. Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: comparison between polluted and non-polluted areas. *Marine Micropaleontology*, 45(2): 151-168.

GEYER, W.R; BEARDSLEY, R.C.; CANDELA, J; CASTRO, B.M.; LEGECKIS, R.V.; LENTS, S.J.; LIMBURNER, R; MIRANDA, L.B.& TROWBRIDGE, J.H. 1991. The physical oceanography of the Amazon outflow. *Oceanography*, 4(1): 8-14.

GÓES FILHO, L.; VELOSO, H.P.; JAPIASSU, A.M.S. & LEITE, P.F. 1973. Estudo fitogeográfico da Folha SA.23 São Luis e parte da Folha SA.24 Fortaleza. *In: Levantamento de Recursos Naturais. PROJETO RADAM, capítulo IV:1-90. Ministério das Minas e Energia. Departamento de Produção Mineral. Rio de Janeiro.*

GOMES, J.R.C., GATTO, C.M.P.P., SOUZA, G.M.C. ET AL. 1981. Geologia e Mapeamento Regional Projeto RADAMBRASIL, Ministério das Minas e Energia. Folha SB 24/25 Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro, p. 27-176.

- GUIMARÃES, M.M.M. & MARTIN, L. 1978.** Diferenciação Morfoscópica das areias da região nordeste de Salvador – cronologia da deposição. XXX Congresso Brasileiro de Geologia. Anais, v. 2, p. 897-904.
- HAYWARD, B.W.; GRENFELL, H.; CAINS, G. & SMITH, A., 1996.** Environmental Controls on Benthic Foraminiferal and Thecamoebian Associations in New Zealand Tidal Inlet. *Journal Foraminiferal Research*, 26 (2): 150-171.
- HAYWARD, B.W.; GRENFELL, H.R., NICHOLSON, K.; PARKER, R.; WILMHURST, J.; HORROCKS, M. SWALES, A. & SABAA, A.T. 2004.** Foraminiferal record of human impact on intertidal estuarine environments in New Zealand's largest city. *Marine Micropaleontology*, 37-66.
- HAYARD, B.W. & HOLLIS, C.J., 1994.** Brackish Foraminifera in New Zealand: a Taxonomic and Ecologic Review. *Micropaleontology*, 40 (3): 185-222.
- HEMMINGA, M.A.; SLIM, F.J.; KAZUNGU, J.; GANSSEN, G.M.; NIEUWEN-HUZE, J. & KRUYT, N.M., 1994.** Carbon outwelling from a mangrove forest with adjacent seagrass beds and coral reefs (Gazi Bay, Kenya). *Marine Ecology Process Series* 106: 291-301.
- HEINZ P., SCHMIEDL G., KITATZATO H., HEMLEBEN C. 2001.** Response of deep-sea benthic foraminifera from the Mediterraean Sea to simulated phytoplankton pulses under laboratory conditions. *Journal of Foraminiferal Research*. 31: 210– 227.
- HERZ, R. 1991.** Manguezais do Brasil. Laboratório de Sensoriamento Remoto, Departamento de Oceanografia Física, Universidade de São Paulo.
- HEALD, E. 1971.** The Production of Organic Detritus in a South Florida Estuary. University of Miami Sea Grant Tech. Bulletin, n.6, p. 1-110.
- HILTERMANN, H. & TUXEN JR., J. 1974.** Biosociology of Recent Benthonic after the Braun-Blanquet Method. *Revista Espanhola de Micropaleontologia*, VI (1): 75-84.

- HIRSCH, N. 2004.** Le Mascaret: Histoire, Géographie et Mécanique d'une Vague Solitaire. *Met Mar*, 204: 10-13.
- HOLGUINM G.; VAZQUEZ, P. & BASHAN, Y. 2001.** The role of sediment microorganisms in productivity, conservation and rehabilitation of mangrove ecosystems; overview. *Biology and Fertility of Soils* 33: 265-278.
- HOTON, B.P. & MURRAY, J.W. 2006.** Patterns in cumulative increase in live and dead species from foraminiferal time series of Cowpen Marsh, Tees Estuary, UK: implications for sea-level studies. *Marine Micropaleontology*, 58: 287-315.
- IDEC/RN 1996.** Plano de Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Norte. Relatório Técnico, Naltal – RN.
- JENNINGS, A.E.; NELSON, A.R.; SCOTT, D.B. & ARAVENA, J.C. 1995.** Marsh foraminiferal assemblage in the Valdivia Estuary, relative to vascular plants and sea level. *Journal of Coastal Research*, 11(1): 107-123.
- JONASSON, K. & PATTERSON, T. 1992.** Preservation potential of salt marsh foraminifera from the Fraser River Delta, British Columbia. *Micropaleontology*, 38(3): 289-301.
- JORISSEN F.J.W., PEYPOUQUET J.P., RABOUILLE C., RELEXANS J. C. 1998.** Live Benthic Foraminiferal Faunas off Cape Blanc, NW-Africa: Community Structure and Microhabitat. *Deep-Sea Research*, 45(2): 2157-2188.
- JAWORSKI, K.S., 2006.** *Caracterização do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape – SP, através das associações de foraminíferos e tecamebas.* Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 211p.
- JUNG, W. 1942.** Südchilenische thekaöben (aus dem sudchilenischen Küstengebiet, Beitrag 10). *Archiv Protistenkunde*, 95(3): 253-356.
- KENNISH, M.J. 1992.** *Ecology of Estuaries*. CRC eds, Florida, v. 1, 243 p.

- KEPNER JR., R. & PRATT, J.R. 1994.** Use fluorochromes for direct enumeration of total bacteria in environmental samples: past and present. *Micro. Rev.* 58: 603-615.
- KIRCHMAN, D.L., 2000.** *Microbial ecology of the oceans*. Joh Wiley & Sons, INC., Publication, New York, 512 pp.
- KJERFVE, B. & FERREIRA, H.O. 1993.** Tidal Bores: first ever measurements. *Ciência e Cultura (Journal fo the Brazillian Association for the Advancement of Science)*, 45(2): 135-138.
- KJERVFE, B. & LACERDA, L.D. 1993.** Management and status of the mangroves in Brazil (ISME Mangrove Ecosystems Technical Reports). *In: Lacerda, L.D. (Ed.), Conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa regions, Part 1: Latin America*, pp. 254e272
- KLISA, D.A. & SCHÖDER-ADAMS, C.J., 1999.** Holocene thecamoebians in freshwater lakes on Bylot Island, northwest territories, Canada. *Journal of foraminiferal Research*, 29(1): 26-36.
- KNIGHT, R. & MANTOURA, R.F.C. 1985.** Chlorophyll and carotenoid pigments in foraminifera and their symbiotic algae: analysis by high performance liquid chromatography. *Marine Ecology Progress Series*, 23: 241-249.
- KORNFELD, M.M., 1931.** Recente Litoral Foraminifera from Texas and Lousiana: *Stanford University, Department of Geology Contributions*, 1(3): 77-101.
- KOWSMANN, R.O. & COSTA, M.A., 1979.** Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. *In: Projeto REMAC, PETROBRAS/CENPES (Eds.), Rio de Janeiro, n. 8, 55 p.*

- KOUTSOUKOS, E.M.A. & BEURLEN, G., 1988.** An Example of the Application of the *Braun-Blanquet* Method (HILTERMANN & TUXEN JR., 1974) for Paleobiocoenotic Analysis of Benthic Foraminifers. *Revue de Paléobiologie, Spéc. Benthos'86* (2): 295-29.
- KÖPPEN, W. 1928.** Klassifikation der klimate nach temperatur, Niederchkgag un Jahreverlauf. Petermanns Geogr. Mittlig. Gotha.
- KRISTESEN, E, KING, G.M., HOLMER, M.; BANTA; JEMSEN, M.H.; HANSEN, K. & BUSSARAWIT, N., 1994.** Sulfate reduction, acetate turmpver and carbon metabolism in sediments os Ao Nam Bor mangrove, Phuket, Thailand. *Marine Ecology Process Series* 109: 245-255.
- LACROIX, E, 1932.** *Microtexture du Test des Textularidae*. Mônaco, Inst. Océogr., Mônaco. 582, p. 14.
- LANGEZAAL A.M., ERNST S.R., HAESE R.R., VAN BERGEN P.F., VAN DER ZWAAN G.J. 2003.** Disturbance of Intertidal sediments: the response of Bacteria and Faraminifera. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58: 249-264.
- LANGEZAAL A.M., JANNINK N.T., PIERSON E.S., VAN DER ZWAAN G.J. 2005.** Foraminiferal selectivity towards bacteria: An experimental approach using a cell-perment stain. *Journal of Sea Research*, 54: 256-275.
- LANGEZAAL A.M., VAN. BERGEN P.F., VAN DER ZWAAN G.J. 2004.** The recovery of benthic foraminifera and bacteria after disturbance: experimental evidence. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 312: 137-170.
- LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C. & SINHA, R. 2005.** Tropical Rivers. *Geomorphology*, 70: 187-206.
- LAUT, L.L.M., 2000.** *Foraminíferos Recentes do Manguezal do Estuário do Rio Jaboatão (PE) como Bioindicadores de Nível de Maré*. Monografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense - UFF, 53 p.

- LAUT, L.L.M., 2003.** *Biofaciologia, Relações Ecológicas e Paleoecológicas de Foraminíferos Bentônicos Recentes da Planície de Maré de Guaratiba, Rio de Janeiro.* Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, 147p.
- LAUT, L.L.M.; CABRAL, L.S.; LAUT, V.M. & BRAVIM, L.A.P., 2002b.** Diagnóstico Ambiental da Lagoa de Itaipu (Niterói, RJ) com Base na Fauna de Foraminíferos. *In: Anais do XIII Encontro Nacional de Geógrafos.* 21 a 26 de julho, João Pessoa - PB, 8p.
- LAUT, L.L.M.; KOUTSOUKOS, E.A.M. & RODRIGUES, M.A.C. 2006a.** A review of mangrove foraminifera from Guaratiba tidal plain, Rio de Janeiro, SE Brazil, collected in the early 70's. *Anuário do Instituto de Geociências*, 29(1): 427-428.
- LAUT, L.L.M., FIGUEIREDO JR. A.G., SANTOS, V.F. DOS & SILVEIRA, O.F., 2005.** Levantamento das Espécies de Foraminíferos e Tecamebas do Estuário do Rio Arguari, Amapá – Brasil. *In: X ABEQUA*, CD-ROM, 3 p.
- LAUT, L.L.M.; SILVA, F.S.; BONETTI, C.; FIGUEIREDO JR, A.G. & CRAPEZ, M.A.C. 2006b.** Relationship between foraminifera and bacteria in estuarine sediments from Santa Catarina Island, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 29(1): 429-430.
- LAUT, L.L.M.; SILVA, F.S.; BONETTI, C.; FIGUEIREDO JR, A.G. & CRAPEZ, M.A.C. 2007.** Foraminíferos e atividade bacteriana aplicados no diagnóstico ambiental do estuário do rio Itacorubí, Florianópolis, SC. *Revista Brasileira de Geociências*, (no prelo).
- LEITE, P.F.; VELOSO, H.P. & GOES FILHO, L. 1974.** Vegetação. *In: Brasil. Projeto RADAMBRASIL.* Folha NA/NB.22 - Macapá: geologia, geomorfologia, vegetação, pedologia e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, Cap. 2 (Levantamento de Recursos Naturais,6).
- LE CADRE, V. & DEBENAY, J.P., 2005.** Morphological and cytological responses of *Ammonia* (Foraminifera) to copper contamination: Implication for the use foraminifera as bioindicators of pollution, *Environmental Pollution*, 143(2):1-14.

- LEE J.J., FABER JR. W.W. & LEE R.E. 1991.** Granular reticulopodial digestion – a possible predation to benthic foraminifera symbiosis? *Symbiosis*, 10: 47-61.
- LENA, H. 1984.** Revision de las tecamebas (Rhizopoda: Protozoa) citadas en publicaciones foraminiferologica. *Revista Española de Micropaleontologia*, 16: 5-18.
- LENA, H. & ZAIDENWERG, S.J. 1975.** Tecamebas del delta del Paraná. *Revista Española de Micropaleontologia*, 7(3): 37-519.
- LESSA, G.C.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; BRICHTA, A. & DOMINGUEZ, J.M.L. 2000.** A reevaluation of late Quaternary sedimentation in Todos os Santos Bay (BA), Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 72(4): 573-590.
- LE XUAN, T. 1996.** *La zone sud du delta du Mekong. Sédimentation actuelle et évolution récente.* Tese de Doutorado, University of Bordeaux, Bordeaux, France, 224 p.
- LIMEBURNER, R.; SOARES, I.D.; CANDELA, J. BEARDSLEY, R.C., 1992.** *CTD observation on the North Brasil Shelf During A Multidiciplinary Amazon Shelf Sediment Study (AMASEDS)*, Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts, 22 p.
- LIMA, M.I.C.; MONTALVÃO, R.M.G.; ISSLER, R.S.; OLIVEIRA, A.S.; BASEI, M.A.S.; ARAUJO, J.K.V. & SILVA G.G., 1974.** Geologia. In: Brasil. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA/NB.22 - Macapá: geologia, geomorfologia, vegetação, pedologia e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, Cap. 2 (Levantamento de Recursos Naturais,6).
- LIMA, M.I.C.; BEZERRA, P.E.L. & ARAUJO, H.J.T., 1991.** Sistematização da geologia do estado do Amapá. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 3, Belém, p. 322-335.
- LLOYD, J., 2000.** Combined foraminiferal and tecamoebians environmental reconstruction form an isolation basin in NW Scotland: implication for sea-level studies. *Journal of Foraminiferal Research*, 30(4): 294-305.

- LOEBLICH, A.R. Jr. & TAPPAN, H., 1964.** Sacordina, chiefly “Thecamoebians” and foraminiferida. In: Moore, R.C. *Treatise on Invertebrate Paleontology: Part C, Protista 2*. Geological Society of America and University of Kansas Press, 900 p.
- LOEBLICH, A.R. Jr. & TAPPAN, H., 1984.** Some New Proteinaceous and Agglutinated Genera of Foraminifera, *Journal of Paleontology*, 58:1158-1163.
- LOEBLICH, A.R.Jr. & TAPPAN, H. 1988.** *Foraminiferal Genera and Their Classification*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- LUGO, A.E. & SNEDAKER, S.C. 1974.** *The Ecology of Mangroves*. Ann. R. Ecol. Syst., 5: 39-64 p.
- LUZ, L.M.; PROST; M.T.C.; MENDES, A.C. & BERREDO, J.F. 2000.** Interação entre gradiente de sucessão de manguezais e dinâmica costeira: o exemplo da ilha nova – São Caetano de Odivelas/Pará/Brasil. In: Workshop ECOLAB V, Macapá, p. 159-164.
- LYNCH, D.K., 1982.** Tidal Bores. *Scientific American*, 247(4): 134-143.
- MABESOONE, J.M. 1996.** Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte. In: IV Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil. UNESP. Rio Claro – SP.
- MACHADO, J.C.V., 1996.** *Estudo do grau de contaminação por hidrocarbonetos nos sedimentos da baía de Todos os Santos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, 136 pp.
- MADEIRA-FALCETA, M. 1974.** Ecological distribution of thecamoebal and foraminifera associations in the mixohaline environments of southern Brazilian littoral. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 46: 49-133.
- MADEIRA-FALCETA, M. 1977.** Contribuição ao estudo de foraminíferos bentônicos da plataforma continental brasileira (distribuição e análise batimétrica). *Pesquisas*, 8: 133-150.

- MAGALHÃES, A.; RIBEIRO, M.J.S.; COSTA, R.M.; MARTINS, A.A.V.; HUA, L.T.; ISAAC, V. & DIRK, S. 2003.** Spational distribution, density and biomass of the planktonic copepod *Pseudodiaptomus richardi* Dahl 1894 in Caeté River Estuary and adjacent coastal zone (Bragança, Pará, North Brazil). *In: International Symposium of Mangrove – Mangrove 2003*, Salvador, BA, p. 131.
- MARGULIS, L.; SCHWARTS, K.V. & DOLAN, M. 1999.** *Diversity of life, the illustrated guide to five kingdoms*. Jones and Bartlett Publishers, Massachusetts, p. 1-96.
- MARTINS, L.K.P. 2001.** *Evidência da toxidade em sedimentos associados a industria petrolífera: uso de biomarcadores*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 151 pp.
- MASUTTI, M.B. 1999.** *O manguezal do Itacorubi como Barreira Biogeoquímica: Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC, 196 p.
- MCCARTHY, F.; COLLINS, E. & MCANDREWS, J.H. 1995.** A comparison of postglacial Arcellacean (Thecamoebian) and pollen succesion in Atlantic Canada, illustrating the potecial of Arcellaceans for paleoclimatics reconstructions. *Journal of Paleontology*, 69(5):93-980.
- MC CUNE, B. & GRACE, J.B. 2002.** *Analysis of Ecological Communities*. MJM Software Design, Oregon, 300p.
- MC GREGOR, G.R. & NIEUWOLT, S. 1998.** *Tropical Climatology*. Wiley, 339 p.
- MC LUSKY, D.S. 1989.** *The estuarine ecosystem*. New York, Blackie & Son Limited, 215 p.
- MEDEIROS, R.A. & PONTES, F.C. 1981.** *Roteiro geológico da bacia do Recôncavo, Bahia. Salvador*. PETROBRAS/Setor de Ensino da Bahia, 63 p.
- MEDIOLI, F.S. & SCOTT, D.B., 1983.** Holocene Arcellacea (Thecamoebians) from Eastern Canada. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication* (21): 1-63.

- MEDIOLI, F.S. & SCOTT, D.B., 1988.** Lacustre thecamoebians (mainly Arcellaceans) as potential tools for paleolimnological interpretations. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 62: 361-368.
- MEDIOLI, F.S.; SCOTT, D.B. & ABBOTT, B.H. 1987.** A case study of protozoan intrazonal variability: taxonomic implications. *Journal of Foraminiferal Research*, 17(1): 28-47.
- MEDIOLI, F.S.; SCOTT, D.B. & COLLINS, E., 1990.** Fossil thecamoebians: present status and prospect for the future. In C. Hemleben & et al. *Paleoecology, Biostratigraphy, Paleoceanography and Taxonomy of Agglutinated Foraminifera*. Netherland: Kluwer Academic Publishers, 39-813 p.
- MEIS, M.R.M., 1976.** *Contribuição ao estudo do Terciário Superior e Quaternário da Baixada da Guanabara*. Tese de doutorado, Departamento de Geologia - UFRJ, 238 p.
- MENDES, A.C., 1994.** *Estudo sedimentológico e estratigráfico dos sedimentos holocênicos da costa do Amapá – Setor entre a Ilha de Maracá e o Cabo Orange*. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 244 p.
- MENDES, A.C. 2005.** Geomorfologia e Sedimentologia. In: *Os manguezais da costa norte brasileira*, Vol. II, Fernandes, M.E.B. (Org.), Fundação Rio Bacanga, São Luiz, p. 13-31.
- MEYER-REIL L.A. 1994.** Microbial life in sedimentary biofilms – the challenge to microbial ecologists. *Marine Ecology Progress Series*, 112: 3003-311.
- MEYER-REIL L.A. & KOSTER M. 2000.** Eutrophication of marine waters: effects on benthic microbial communities. *Marine Pollution Bulletin*, 41: 255-263.
- MIALL, A.D. 1996.** *The geology of fluvial deposits*. Springer, 582 p.
- MOODLEY L., MIDDELBURG J.J., BOSCHER H.T.S., DUINEVELD G.C.A., PELT R., HERMAN P.M.J., HEIP C.H.R. 2002.** Bacterial and foraminifera: key players in a

- short-term deep-sea benthic response to phytodetritus. *Marine Ecology Process Series*, 236: 23-29.
- MORAES C.M., URZÊDO DE QUEIROZ R.R., SIERRA DE LEDO B., SORIANO-SIERRA E.J. 1993.** O manguezal do Itacorubí: estudo da distribuição das espécies de ferro. *In: Atlas Colóquio Franco-Brasileiro*, 1:179-186.
- MOREIRA, P.S. da C., 1998.** *Estudo do processo de progradação da planície costeira ao norte da foz do rio Paraíba do Sul, RJ.* Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, UFF, 81 p.
- MUEHE, D. 1989.** Distribuição e caracterização dos sedimentos arenosos da plataforma continental interna entre Niterói e Ponta Negra, RJ. *Revista Brasileira de Geociências*, 9(1): 25-36.
- MUEHE, D. 1998.** O Litoral Brasileiro e sua Compartimentação *In: Cunha, S. B. & Guerra, A.J.T. (eds.), Geomorfologia do Brasil: BERTRAND BRASIL, Rio de Janeiro, p. 273-349.*
- MULLER W.A., LEE J.J. 1969.** Apparent indispensability of bacteria in foraminifera nutrition. *Journal of Protozoology*, 16: 171– 178.
- MURPHY, T.P.; LAWSON, A; KUMANGA, M. & BABIN, J. 1999.** Review of emerging issues in sediment treatment. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 2: 134-419.
- MURRAY, J.W. 1963.** Ecological experiments on foraminifera. *Journal of Marine Biology Associate*, 43: 621-642.
- MURRAY, J.W. 1968.** *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera.* Longman Scientific and Technical, 397 p.
- MURRAY, J.W. 1971.** Living foraminifera of tidal marshes: A review. *Journal of Foraminiferal Research*, 1(4): 153-161.
- MURRAY, J.W., 1991.** *Ecology e paleoecology of Benthic Foraminifera.* London, Logman Scientific & Technical, 397 p.

- NICHOULS, M.M. 1974.** Foraminifera in estuarine classification. *In*: H.T. Odum, B.J. Copeland and E.A. McMahan, Editors, *Coastal Ecological Systems of the United States*, pp. 85–103.
- NIMER, E. 1989.** *Climatologia do Brasil*. IBGE (ed), 420 pp.
- NITTROEUR, C.A.; BRUSNSKILL, G.J. & FIGUEIREDO JR. A.G. 1995.** Importance of tropical coastal environments. *Geo-Marine letters*, 15: 121-126.
- NEDWELL, D.B. & ABRAM, J.W. 1978.** Bacterial sulfate reduction in relation to sulfur geochemistry in two contrasting areas of salt-marsh sediment. *Estuarine and Coastal Marine Science* 6: 341-351.
- OLAUSSON, E. & CATO, I. 1980.** *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*. Wiley, New York, 452 pp
- OLIVEIRA, D. 1999.** *Análise Ambiental dos Canais da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém (SP, Brasil) com Base em Tecamebas e Foraminíferos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 251 p.
- OLIVEIRA, D.B.F. 1985.** *Produção Primária do Fitoplâncton do Estuário do Rio Potengi*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 168 p.
- OLIVEIRA, M.I.M., BAGNOLI, E., FARIAS, C.C., NOGUEIRA, A.M.B. & SANTIAGO, M., 1990.** Considerações sobre a Geometria, Petrografia, Sedimentologia, Diagênese e Idade dos *Beachrocks* do Rio Grande do Norte. *In*: XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Natal, p. 621-634.
- OLIVEIRA-SILVA, P. 2003.** *Biofaciologia, relações ecológicas e paleológicas na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, com base na associação de foraminíferos bentônicos*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 136 p.

- ORGE, M.D.R.; PROSCHÉ, I.J.; COSTA, M.C.; LIMA, J.S.; SOARES, S.E.D. & JUSTINO, R., 2000.** Assessment of oil refinery waste on *Rhizophora mangle* L. seedling growth in mangrove of Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. *Aquatic Ecosystem and Management*, 3: 471-477.
- PAERL & PINCKNEY, 1996.** A mini-review of microbial consortia: their role in aquatic production and biogeochemical cycling. *Microbial Ecology*, 31: 225-247.
- PAES, J.E.S., 1996.** *Distribuição Horizontal e Vertical de Fe, Mn, Pb e Ni no Sistema Rio Alcântara – Rio Guaxindiba, Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, Baía de Guanabara (RJ)*. Instituto de Biofísica, Dissertação de Mestrado, Departamento de Biofísica, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, 78p.
- PALMA, J.J.C., 1979.** Geomorfologia da plataforma continental norte brasileira. In: Geomorfologia da margem continental brasileira e as áreas oceânicas adjacentes. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES, DINTEP, pp.25-51.
- PANITZ, C.M.N., 2003.** Influência da lixívia do aterro de lixo desativado da cidade de Florianópolis – SC Brasil, na sobrevivência e desenvolvimento de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman. In: Mangrove 2003, Salvador, p. 297.
- PANITZ, C.M.N. & PORTO FILHO, E., 2003.** As estradas e os manguezais. In: Mangrove 2003, Salvador, p. 298.
- PARKER, F.L., 1952.** Foraminiferal Distribution in the Long Island Sound-Buzzards Bay Area. *Bulletin of Museum of Comparative Zoology, Harvard*, 106(10): 438-473.
- PARKER, F.L. & ATHERN, W. D., 1959.** Ecology of Marsh Foraminifera in Poponneset Bay, Mass. *Journal of Paleontology*, 33(2): 333-343.
- PARKER, F.L. & JONES, T.R. 1865.** On Some Foraminifera from the North Atlantic and Arctic Oceans, Including Davis Strait and Baffin's Bay: *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 155: 325-441.

- PARKER, F.L., PHLEGUER, F.B. & PEIRSON, J.F. 1953.** Ecology of Foraminifera from San Antonio Bay and Environs, Southwest Texas. Cushman. *Foundation for Foraminiferal Research*, Special Publication, 2, 72 p.
- PENHA, H.M.; FERRARI, A.L.; AMADOR, E.S. PACIULO, F.V.P.; JUNHO, M.C.B. & BRENNER, T.L., 1980.** Geologia da folha Petrópolis. In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, 5: 2965-2974.
- PENTEADO, A.R. 1964.** O Altântico Sul. In: Azevedo, A. (ed.), *Brasil, a terra e o homem; vol. I – As bases físicas*, Comp. Editora Nacional, São Paulo, p. 307-339.
- PEREIRA, J.L.J., 1998.** *Caracterização geológica e sedimentológica da plataforma interna ao largo do trecho Ponta do Ubú – Barra de Itapemirirm, ES.* Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, UFF, 84 p.
- PERES, R.N.; SERRUYA, N.M. & VIERA, L.S., 1974.** Levantamento exploratório de solos da folha NA/NB.22 – Macapá In: Brasil. DNPM. Projeto RADAM. Folha NA/NB.22 – Macapá; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. p.III/1-III/122 (Levantamento de recursos naturais, 6).
- PERRIN, P. & PASSOS, C.M.I., 1982.** As Dunas Litorâneas da Região de Natal, RN. In: Suguio, K., Meis, M.R.M. & Tessler, M.G. (ed). *Simpósio do Quaternário no Brasil, IV. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia*, 291-304 p.
- PATTERSON, R.T.; PATTERSON, R.T.; & WILLIAMS, H.F.L. 1985.** Arcellaceans (Thecamoebians) in samall lakes of New Brunswick anda Nova Scotia: modern distribution anda Holocene stratigraphic changes. *Journal of Foraminiferal Research*, 15(2): 37-114.
- PATTERSON, R.T.; BARKER, T. & BURBIDGE, S.M. 1996.** Arcellaceans (techammoebians) as proxies of arsenic and mercury contamination in Northeastern Ontario Lakes. *Journal of Foraminiferal Research*, 26(2): 172-183.

- PATTERSON, R.T. & KUMA, A. 2000.** Assessment of Arcellacean (Thecamoebian) assemblages, species, trains as contaminant indicators in Jame Lake, Northeastern Ontario, Canada. *Journal of Foraminiferal Research*, 30(4): 310-320.
- PETRI, S. 1974.** Associações biológicas do delta do rio Doce e suas relações com os subambientes de sedimentação. *In: Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 28: 3-29.
- PETRI, S. 1979.** Observações sobre o transporte de organismos por correntes marinhas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 51: 517-522.
- PETROBRAS, 1979.** Plano Diretor Portuário do Brasil – P.D.D., Porto de Natal–RN, v. 2.
- PHLEGER, F.B. 1960.** *Ecology e distribution of recent foraminifera*. Johns Hopkins Press, Baltimore, 297 p.
- PHLEGUER, F.B. 1970.** Foraminifera Population and Marine Marshes *Processes*. *Limnology and Oceanography*, 15: 34-522.
- PHLEGUER, F.B. & WALTON, W.R., 1950.** Ecology of Marsh and Bay Foraminifera, Barnstable, Mass.: *American Journal of Science*, 248: 274-294.
- POAG, C.W., 1981.** *Ecology Atlas of Benthic Foraminifera of the Gulf of Mexico*. United States Geological Survey, Woods Hole, Massachusetts, 174 p.
- PRADO, P. I.; LEWINSOHN, T. M.; CARMO, R. L & HOGAN, D. J. 2002.** Ordenação multivariada na ecologia e seu uso em ciências ambientais. *Revista Ambiente & Sociedade*, ano V, vol. 10: 1- 15
- PRICHARD, D.W. & CARTER, H.H., 1971.** Classification of Estuaries. *In: Schubel, J.R. (ed.) Estuarine Environments: Estuaries and Estuarine Sedimentation*. Washington, D.C., American Geological Institute, Cap. II, p. 9-11.
- PROISY, C.; SOUZA FILHO, P.W.M.; FROMARD, F.; PROST, M.T.R.C. & MENDES, A.C. 2003.** Monitoring the dynamic of Amazon coast (Pará, Brazil and French Guiana)

- using a common methodology based on a spatial analysis coupled to a simulation tool. *In: Mangrove 2003*, Salvador, p. 459.
- PROST, M.T.R.C . & RABELO, B.V. 1996.** Variabilidade fito-espacial de manguezais litorâneos e dinâmica costeira: exemplos da Guiana Francesa, Amapá e Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 8(3): 101-121.
- QUEIROZ, R.U. de; STADLER, E.; SIERRA de LEDO, B; SORIANO-SIERRA, E.J. & HASS, P. 1993.** Heavy metal pollution of Santa Catarina Island, Brazil. Proc VIII Symposium Coastal and Ocean Management. 3: 3326-3333.
- QUEIROZ, R.U. de; SIERRA de LEDO, B. & SORIANO-SIERRA E.J. 1994.** Ocorrência e ciclagem de metais pesados no manguezal do Itacorubí, SC, Brasil. *ACIESP*, 87: 371-375.
- QUEIROZ, R.U. de; SIERRA de LEDO, B. & SORIANO-SIERRA, E.J. 1998.** Ocorrência e ciclagem de metais pesados no manguezal do Itacorubi. In: Soriano-Sierra, E. & Ledo, B.S. de (ed), *Ecologia e Gerenciamento do Manguezal do Itacorubi*, NEMAR,CCB,UFSC, p. 313-322.
- REINHARDT, E.G.; DALBY, A.P.; KUMAR, A. & PATTERSON, R.T. 1998.** Arcellaceans as pollution indicators in mine tailing contaminated lakes near Cobalt, Ontário, Canada. *Micropaleontology*, 44(2): 131-148.
- RESIG, J.M., 1960.** Foraminiferal ecology around ocean outfall off southern California, I: Person, E. (ed.). *Waste Disposal in the Marine Environment*. Pergamon Press, London, p. 104-121.
- REDDY, K.R. & RAO, R.J. 1984.** Foraminifera-salinity relationship in the Pennar Estuary, India. *Journal of Foraminiferal Research*, 14(2): 115-119.
- RICHARDSON, S.L., RÜTZLER, K., 1999.** Bacterial endosymbionts in the agglutinating foraminiferan *Spiculidendron coralicolum*. *Symbiosis*, 26: 299– 312.

- RIJK, S.D. 1995.** Salinity control on the distribution of salt marsh foraminifera (Great Marshes, Massachusetts). *Journal of Foraminiferal Research*, 25(2): 156-166.
- RINE, J.M. 1980.** *Depositional Environments and Holocene reconstruction of an argillaceous mud belt – Suriname, South America. Florida.* Tese de Doutorado, University of Miami, 222 p.
- RIVEIROS, N.V.; BABALOLA, O.A.; BOUDREAU, R.E.A.; PATTERSON, R.T.; ROE, H.M. & DOHERTY, C. 2006.** Modern distribution of salt marsh foraminifera and thecamoebians in the Seymour-Belize Inlet Complex, British Columbia, Canada. *Marine Geology*, 142: 39-63.
- RHUMBLER, L., 1911.** Die Foraminiferen (Thalamophen) der Plankton-Expedition; Teil I – Die Allgemeinen Organisationsverhältnisse, Bd. 3, p. 182.
- RODRIGUES, A.R. 2003.** *Estudo comparativo entre dois estuários do Canal de Bertioga (SP, Brasil) através da caracterização das associações de foraminíferos bentônicos recentes.* Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, IOUSP, 100 p.
- ROUVILLOIS, A. 1982.** Comparaison entre la Faune de Foraminifère de la Surface des Mangroves Actuelles du Senegal de Bassid (Sine Saloum), d'Oussouye et de Balilngor (Casamance) et celle d'une sondage à Bango (delta du Fleuve Senegal). *Cahiers de Micropaleontologie*, 2: 54-149.
- RUIZ, F.; GONZÁLES-REGALADO, M.L.; BORREGO, J.; ABAD, M. & PENDÓN, 2004.** Ostracoda and foraminifera as short-term traces of environmental changes in very polluted areas: the Odiel Estuary (SW Spain). *Environmental Pollution*, 129,: 49-61.
- SAAVEDRA, L. & MUEHE, D., 1993.** Innershelf morphology and sediment distribution in front Cape-Frio – Cape Búzios embayment. *In: JOPS – I Workshop*, p.29.
- SÁ-BRITO H.J.F. & VICALVI, M.A., 1982.** Neontologia e peletonologia dos sedimentos do delta do Camamu, BA. *In: Simpósio do Quaternário no Brasil*, 4: 29-48.

- SALIM, J. & COUTINHO, 1973.** Aspectos Sedimentológicos do estuário do Rio Potengi, Natal, Rio Grande do Norte. *Estudos Sedimentológicos*, 3(4): 141-153.
- SAMIR, A.M. & EL DIN, A.B., 2001.** Benthic Foraminiferal Assemblages and Morphological Abnormalities as Pollution Proxies in Two Egyptian Bays. *Marine Micropaleontology*, 41, p. 193-227.
- SANTA-CRUZ, J. & DIAS-BRITO, D. 2006.** Foraminifera from surface sediments from a Brazilian mangrove affected by oil spill 20 years ago. *Anuário do Instituto de Geociências*, 29(1): 439.
- SANTIAGO, J.S.; QUEIROZ, A.F. de S.; ARGOLO, J.L.; SABACK, W.D.S. Jr.; NANO, R.M.W. & OLIVEIRA, O.M.C. de, 2005.** Estudos geoquímicos de sedimentos e água superficiais em zonas de manguezal sob impacto de atividade petrolífera na baía de Todos os Santos – Bahia. *In: 1º Congresso Internacional Piatam, Manaus*, p. 67.
- SANTOS, A.L.F.; BOAVENTURA, G.R.; ARAGON, G.T.; OLIVEIRA, C. DE; & GARG, V.K. 2003.** Evolution of heavy metals concentration (Zn, Cd, Cr, Ni) in sediments of Convivência Island – Estuarine of South Paraíba River (RJ). *In: Mangrove 2003*, p. 258.
- SANTOS, P.T., 2005.** *Caracterização Ambiental da Enseada de Mataripe, Baía de Todos os Santos – BA, utilizando como ferramenta foraminíferos bentônicos.* Monografia, Departamento de Biologia, Universidade Federal Fluminense – UFF, 87 p.
- SANTOS, V. F. 1994.** *Análise textural e mineralógica dos sedimentos arenosos do baixo curso do rio Araguari, Cabo Norte Amapá.* Monografia, Universidade Federal do Pará, 67 p.
- SANTOS, V.F. 2006.** *Ambientes costeiros amazônicos: Avaliação de modificações por sensoriamento remoto.* Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, UFF, 302 p.

- SANTOS, V.F. DOS; FIGUEIREDO JR., A.F.; SILVEIRA, O.F.M. DA & POLIDORI, L., 2003.** Mecanismos de modificação de curto período na planície costeira do Amapá. *In:* IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternário, Recife – PE, 3 p.
- SANTOS, V.F. DOS; FIGUEIREDO JR, A.G.; SILVEIRA, O.F.M. DA; POLIDORI, L.; OLIVEIRA, D.M. DE; DIAS, M.B.; MARTINS, M.H.A. & SANATANA, L. DE O., 2005.** Processo sedimentares em área de macro-maré influenciados pela prorroca – Estuário do rio Araguari – Amapá – Brasil. *In:* Anais do X Congresso da Associação Brasileira do Quaternário, Guarapari – ES, 6 p.
- SAUDER, J.B., 1957.** *Trochamminidae and Certain Lituolidae (Foraminifera) from the Recent Brackish Water Sediments of Trinidad, British West Indies.* Smithsonian Inst. Misc. coll., Washington, D. C., vol. 134, n. 5
- SAUDERS, J.B. 1958.** Recent foraminifera of mangrove swamps and river estuaries and their fossil counterparts in Trinidad. *Micropaleontology*, 4(1): 79-92.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y., 1995.** Manguezal, Ecosystema entre a Terra e o Mar. USP, São Paulo, 64 p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.& MOLERO, C.C. 1998.** *Expedição nacional aos manguezais do Amapá – Ilha.* Relatório Técnico, São Paulo: IOUSP, 99 p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y., CINTRON-MOLERO, G., ADAIME, R.R. & CAMARGO, T.M. DE, 1990,** Variability of Mangrove Ecosystems Along the Brazilian Coast: *Estuaries*, 13: 204-218.
- SCHÖNBORN, W.E. 1994.** Studies on remains of Testacea in cores of Great Woryty Lake (NE Poland). *Limnologica*, 16: 185-190.
- SCHRÖDER-ADAMS, C. 2006.** Estuaries of the past and present: a biofacies perspective. *Sedimentary Geology*, 190: 289-298.

- SCOTT, D.B. 1976.** Brackish-Water Foraminifera from Southern California and Description of *Polysaccamina ipohalina*, n.gen., n.sp.: *Journal of Foraminiferal Research*, 6(4): 312-321.
- SCOTT, D.B. & MEDIOLI, F.S. 1980.** Quantitative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia: implications for sea level studies: *Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, Special Publication, 17:17-58.
- SCOTT, D.B.; MEDIOLI, F.S. & SCHAFER, C.T., 2002.** Monitoring in coastal environments using foraminifera and tecamebian indicators. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 82-84.
- SCOTT, D.B. & MEDIOLI, F.S., 1986.** Foraminífera as Sea-Level Indication. In: Van de Plassche, O. (ed.) *Sea-level Research: a Manual for Collection and Evaluation of Data*. Free Univ. Amsterdam. Geo Books, Norwich: 435-455.
- SCOTT, D.B.; SCHNACK, E.J.; FERRERO, L.; ESPINOSA, M. & BARBOSA, C.F.B. 1990.** Recent marsh foraminifera from the east coast of South America: comparison to the northern hemisphere. In: Hemleben, C. et al. (eds.), *Paleoecology, Biostratigraphy, Paleoceanography and Taxonomy of Agglutinated Foraminífera*, 717-737.
- SCOTT, D.B.; TOBIN, R.; WILLIAMSON, M.; MEDIOLI, F.S.; LATIMER, J.S. ; BOOTHMAN, W.A.; ASIOLI, A. & HAURY, V. 2005.** Pollution monitoring in two North American estuaries: historical reconstructions using benthic foraminifera. *Journal of foraminifera Research*, 35(1): 65-82.
- SEMENSATTO JR., D.L., 2003.** Aplicação de índices de diversidade em estudos envolvendo associações entre foraminíferos e tecamebas recentes: uma breve discussão. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas, CD-Rom, 5 p.

- SEMENSATTO JR., D.L. 2006.** *O sistema estuarino do delta do São Francisco – SE: Análise ambiental com base no estudo de foraminíferos e tecamebas.* Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 223 p.
- SEMENSATTO JR., D.L. & BRITO, D.D. 2006.** Foraminifera and thecamoebians from São Francisco River Delta, NE Brazil: Environmental applications. *Anuário do Instituto de Geociências*, 29(1): 438-439.
- SEN GUPTA, B.K.; PLATON, E.; BERNHARD, J. & AHORON, P., 1997.** Foraminifera Colonization of Hydrocarbon-Seep Bacterial Mats and Underlying Sediments, Gulf of Mexico Slope. *Journal of Foraminifera Research*, 27(4): 292-300.
- SHANON, C.E. 1948.** A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Techn. J.* 27: 379-423, 623-656.
- SHARIFI A.R.; CROUDACE I.W. & AUSTIN, R.L. 1991.** Benthic foraminiferids as pollution indicators in Southampton Water, southern England, UK. *Journal of Micropaleontology*, 10: 109-113.
- SHEPARD, F.P., 1954.** Nomenclature based on sand-silty-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24: 151-158.
- SILVA, C.G. 1987a.** Complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. *In: I Simpósio de Geologia do RJ e ES, SBG (Eds)*, p. 299-367.
- SILVA, C.G. 1987b.** *Estudo da evolução geológica e geomorfológica da região da Lagoa Feia, RJ.* Tese de Doutorado, Departamento de Geologia, UFRJ, 116 p.
- SILVA, F.S.; LAUT, V.M.; LAUT, L.L.M.; FIGUEIREDO JR, A. G.; BONETTI, C.; VIANA, L.G. & CRAPEZ, M.A.C. 2005.** Avaliação da Qualidade Ambiental em Sedimentos Superficiais do Estuário do Itacorubi - Baía Norte (SC), Utilizando a Relação Granulometria e Atividade Respiratória Bacteriana. *In: X Congresso da ABEQUA, 2005, Guarapari, CD-Rom*

- SILVA, M.R. da; LAMOTTE, M; DONARD, O.F.X.; SORIANO-SIERRA, E.J. & ROBERT, M. 1998.** Contaminação de metais presentes em sedimentos de superfície de mangues, lagoas e da baía Sul na Ilha de Santa Catarina. In: Soriano-Sierra, E. & Ledo, B.S. de (ed), *Ecologia e Gerenciamento do Manguezal do Itacorubi*, NEMAR,CCB,UFSC, p. 337-359.
- SILVA, S.M.T. 2002.** *Avaliação da contaminação por HPAs totais em sedimentos de mesolitoral na baía de Todos os Santos*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Química, Universidade Federal da Bahia, 109 pp.
- SILVEIRA, J.D., 1964.** Morfologia do litoral. In: *Brasil, a terra e o homem*. (Ed) Azevedo, A. de, São Paulo, p. 253-305.
- SILVEIRA, O.F.M. DA 1998.** *Planície Costeira do Amapá: Dinâmica de ambiente costeiro influenciada por grandes fontes fluviais quaternárias*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, 206 p.
- SOARES, M.L.G.; SILVA JUNIOR, C.M.G.; CAVALCANTI, V.F.; ALMEIRDA, P.M.M. de; MONTEIRO, A. de S.; CHAVES, F. de O.; ESTRADA, G.C.D. & BARBOSA, B. 2006.** Regeneração de floresta de mangue atingida por óleo na Baía de Guanabara (Rio de Janeiro, Brasil): resultado de 5 anos de monitoramento. *Geochemica Brasiliensis*, 20(1): 54-57.
- SORIANO-SIERRA, E.J. 1997.** Fluxos de maré e interferência antropogênica a hidrodinâmica, no interior de um manguezal naturalmente estressado. *Estudo de caso. Aquitaine Ocean*, Bordeaux - França, 3: 163-178.
- SOUSA, E.C.P.M. DE; DAVID, C.J.; EICHLER, P.P.B.; DEBENAY, J.P. & EICHLER, B.B., 1999.** Distribuição de Foraminíferos e da Biomassa Microfitobentônica na Zona Entremarés da Praia da Enseada, Ubatuba (SP), Brasil. Cushman Foundation Research Symposium - Quaternary Micropaleontology: Ecological Studies and Paleoenvironmental

- Applications. VII Brazilian Association for Quaternary Studies (ABEQUA), - Porto Seguro, Brasil, 03-09 de outubro.
- SOUZA, F. E. S. D., AMARO, V.E., CASTRO, A.F. DE & FRASÃO, E.P., 2003A,** Utilização do SIG na Análise Temporal do Uso e Ocupação das Áreas de Manguezais do Estuário Potengi e Curimataú, Litoral Oriental do RN, Brasil. *In: Mangrove 2003*, Salvador - BA, p. 1-11.
- SOUZA FILHO, P. W.M. 200.** *Avaliação e aplicação de dados de sensores remotos no estudo de ambientes costeiros tropicais úmidos, Bragança, Norte do Brasil.* Tese de Doutorado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 236 p.
- SOUZA FILHO, P.W.M. & EL-ROBRINI, M. 1996.** Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfosedimentares da Planície Costeira Bragantina – Nordeste do Pará (Brasil). *Geonomos*, 4: 1–16.
- SOUZA FILHO, P.W.M.& EL-ROBRINI, M. 1998.** As variações do nível do mar e a estratigrafia de seqüências da Planície Costeira Bragantina – Nordeste do Pará, Brasil. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi*, 10: 1–34.
- STERNBERG, R.W. & KINEKE, G.G. 1990.** Tidal suspension and transport of fine sediment on the Inner Amazon Continental Shelf. *In: AGU Fall Meeting.* São Francisco, p. 241-269.
- STOUFF, V.; DEBENAY, J.P. & LESOURD, M. 1999.** Origin of double and multiple tests in benthic foraminifera: observation in laboratory cultures. *Marine Micropaleontology*, 36: 189-204.
- SUGUIO, K. 1973.** *Introdução a Sedimentologia.* Edgard Blucher, São Paulo, 317 p
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1978.** Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul-fluminense. *In: International Symposium on costal Evolution in the Quaternary, Special*

- Publication nº1. The Brazilian National Working Group for the IGCP – Project 61/Instituto de Geociências – USP/ Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 55 p.
- SUGUIO, K.; VIEIRA, E.M.; BARCELOS, J.H. & SILVA, M.S. 1979.** Interpretação Ecológica dos Foraminíferos de Sedimentos Modernos da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. *Revistas Brasileiras de Geociências*, 9(4): 233-239.
- SUHR S.B., POND D.W., GOODAY A.J., SMITH C.R. 2003.** Selective feeding by benthic foraminifera on phytodetritus on the western Antarctic Peninsula shelf: evidence from fatty acid biomarker analysis. *Marine Ecology Progress Series.*, 262: 153–162.
- TAVARES, T.M., 1996.** Programa de monitoramento dos ecossistemas ao norte da baía de Todos os Santos. Relatório Técnico,, Projeto 8, vol. 1, Universidade Federal da Bahia, 85 pp.
- TINOCO, I. de M., 1965.** Contribuição à Sedimentologia e Microfauna da Baía de Sepetiba (Estado do Rio de Janeiro). Instituto Oceanográfico, Universidade Federal de Pernambuco, v. 7/8, p. 123-135.
- TINOCO, I. 1989.** *Introdução aos componentes bióticos dos sedimentos marinhos recentes.* Editora Universitária UFPE, PROED, 220 p.
- TODD, R. & BRÖNNIMANN, P. 1957.** Recent Foraminifera and Thecamoebian from the Eastern Gulf of Praia, Trinidad. *Cushman Foundation for Foraminifera Research*, Special Publication, 3: 1-43.
- VALENTINE, E. & NEVES, C.F. 1989.** The coastline of Rio de Janeiro from a coastal engineering point of views. *In: Neves, C. & Magoo, O.T. (ed). Coastline of Brazil*, ASCE, pp. 30-44.
- VANCE, D.J.; CLUVER, S.J.; CORBERT, D.R. & BUZAS, M.A. 2006.** Foraminifera in the Albermarle estuarine system, North Carolina: distribution and recent environmental changes. *Journal of Foraminiferal Research*, 36(1): 15-33.

- VAN DER ZWANN, G.J.; DULJNSTEE, I.A.P.; DULK, M. den; ERNST, S.R.; JANNINK, N.T. & KOUWENHOVEN, T.J. 1999.** Benthic foraminifera: proxies or problems? A review of paleocological concepts. *Earth-Science Reviews*, 46: 213-236.
- VAN LITH Y., LANGEZAAL A.M., VAN DER ZWAAN G.J. 2005.** Foraminiferal depth distribution as indicators for biogeochemical conditions in the sediment. *Geophysical Research Abstract*, 7: 6345.
- VELHO, L.F.M. 1996.** Testate Amoebae (Rizopodea – Sarcodina) from Zooplacton of the high Paraná River Floodplain, State of Mato Grosso do Sul, Brasil, Brasil: II Family Diffugiidae. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 31: 92-179.
- VENTURINI, N., 2003.** *Estudo das características do ambiente de fundo e sua relação com a macrofauna bentônica, numa área adjacente a uma refinaria de petróleo.* Dissertação de Mestrado, Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 205 p.
- VIEIRA, S.M. & SORIANO-SIERRA, E.J. 2003.** Resultados preliminares da evolução sedimentológica superficial do Manguezal de Itacorubi, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. *Aquitaine Ocean, Bordeaux - França*, v. 3, p. 241-245.
- VILELA, C.G.; ELIAS, V.O.; FIRMO, E.T.O. & AMADOR, E.S. 1999.** The use of foraminifera and geochemical biomarkers as indicator of anthropogenic pollution in the Guanabara Bay. *In: Cushman Foundation Research Symposium - Quaternary Micropaleontology: Ecological Studies and Paleoenvironmental Applications. VII Brazilian Association for Quaternary Studies (ABEQUA), - Porto Seguro, CD-ROM*, 3 p.
- VILELA, C. G. & KOUTSOUKOS, E.A.M. 1995.** Quaternary benthic foraminiferal morphogroups and trophic structures from the Amazon Delta: A preliminary Report. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 67(3): 387-388.

- VILELA, C.G.; BAPTITA, D.S.; BATISTA NETO, J.A.; CRAPEZ, M.A.C. & MCALISTER, 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*, 76(1): 1-11.
- VILELA, C.G.; SANJINÉS, A.E.S.; GHISELLI Jr., R.O.; MENDONÇA FILHO, J.G.; BAPTISTA NETO, J.A. & BARBOSA, C.F. 2003.** Search for bioindicators of pollution in the Guanabara Bay: Integration of ecologic patterns. *Anuário do Instituto de Geociências*, 26:25-35.
- VILELA C.G., SANJINÉS A.E.S., GHISELLI JR. R.O., MENDONÇA FILHO J.G., BAPTISTA-NETO J.A. & BARBOSA C.F. 2002.** Search for bioindicators of pollution in the Guanabara Bay: integrations of ecologic patterns. *Anuário do Instituto de Geociências UFRJ*, 26: 25-35.
- VILLWOCK, J.A., 1994.** A costa brasileira: geologia e evolução. *Notas Técnicas, CECO/IG/URGS*, Porto Alegre, 7: 38-49.
- VUCETICH, M.C. & ESCALANTE, A.H. 1986.** Variaciones morfológicas y ultraestructuras teca de *Diffugia correntina* Vucetich, 1978. (Rhizopoda Testaceas). *Notas del Museo de la Plata (Zoología)*, 21(205): 31-38.
- YANKO, V.; AHMAD, M. & KAMINSKY, M. 1998.** Morphological deformities of benthic foraminiferal tests in response to pollution by heavy metals: implications for pollution monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 28: 177-200.
- YANKO V., FLEXER A., KRESS N., HORNUG H., KRONFELD J. 1992.** Benthic foraminifera as indicators of heavy metal pollution along Israel's eastern Mediterranean margin. *In: Institute of Oceanography and Limnology, French-Israeli Symposium on the Continental Margin of the Mediterranean Sea*, 73-79.

- YANKO, V.; KRONFELD, J. & FLEXER, A. 1994.** Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 24(1): 1-17.
- WALSH, G.E., 1974.** *Mangroves: a Review*. In: REIMHOLD, R. e QUEEN, W. Ed. Ecology of halophytes. New York, Acad. Press, pp. 1-174.
- WALTON, W.R. 1955.** Ecology of Living Benthonic Foraminifera in Todos os Santos Bay, Baja California. *Journal of Paleontology*, 29(6):.952-1018.
- WALTON, W.R. & SLOAN, B.J. 1990.** The Genus *Ammonia* Brünnich, 1772: Its Geographic Distribution and Morphologic Variability. *Journal of Foraminiferal Research*, 20(2): 128-156.
- WANG, P. & CHAPPELL, J. 2001.** Foraminifera as holocene environmental indicators in the South Alligator River, north Australia. *Quaternary International*, 83(85): 47-62.
- WANG, P., MIN, Q. & BIAN, Y. & HUA, D. 1985.** Characteristics of foraminiferal and ostracod thanatocoenoses from some Chinese estuaries and and their geological significance. In: Wang, P. et al. (eds.), *Marine micropaleontology of China*. China Ocean Press, Beijing, 229-242.
- WANG, P. & MURRAY, J.W. 1983.** The use of foraminifera as indicators of tidal effects in estuarine deposits. *Marine Geology*, 51: 239-250.
- WALKER, WR. & LAGES, M.T. 1980.** Adaptation of constant effort sampling and of removal trapping for the estimation of populations of microscopic organisms in dense populations. *Act Amazônica*, 10(3): 44-535.
- WARD J.N., POND D.W., MURRAY J.W. 2003.** Feeding of benthic foraminifera on diatoms and sewage-derived organic matter: an experimental application of lipid biomarker techniques. *Marine Environmental Research*, 56: 515– 530.

- WILLIAMSON, W.C. 1858.** *On Recent Foraminifera of Great Britain*: Royal Society (London) Publication, 107p.
- WOITCHIK, A.F.; OHOWA, B.; KAZUNGU, J.M.; RAO, R.G.; GOEYENS, L. & DEHAIRS, F. 1997.** Nitrogen enrichment during decomposition of mangrove leaf litter in an east Africa coastal lagoon (Kenya): relative importance of biological nitrogen fixation. *Biogeochemistry*, 39: 15-35.
- WOODROFFE, C. 1992.** Mangrove sediments and geomorphology. *In*: Robertson, A.I., Alongi, D.M. (Eds.), *Tropical Mangrove Ecosystems, Coastal and Estuarine Studies*, vol. 41. American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 7-43.
- WOLGEMUTH, K.M.; BRUNETT, W.C. & MOURA, P.L. de 1981.** Oceanography and suspended material in Todos os Santos Bay. *Revista Brasileira de Geociências*, 11(3): 172-178.
- XAVIER DA SILVA, J. 1973.** *Processes and landforms in the South American coast*. Tese de doutorado, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 103 pp.
- ZANINETTI, L. 1979.** L'étude des Foraminifères des Mangrove Actuelles: Réflexion sur les Objectifs et sur l'état des Connaissances: *Archives des Science*, 32: 151-161.
- ZANINETTI, L.; BRÖNNIMANN, P.; BEURLEN, G. & MOURA, J. A., 1976.** La Mangrove de Guaratiba et la Baie de Sepetiba, État de Rio de Janeiro, Brésil: Foraminifères et Écologie. Note préliminaire. *Archives des Science*, 11: 39-44.
- ZANINETTI, L.; BRÖNNIMANN, P.; BEURLEN, G. & MOURA, J. A. 1977.** La Mangrove de Guaratiba et la Baie de Sepetiba, État de Rio de Janeiro, Brésil: Foraminifères et Écologie: *Archives des Science*, 11: 161-178.
- ZUCON, M.H. 1989.** *Distribuição de Foraminíferos e Tecamebas do Estuário do Rio Piauí, Sergipe*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná. 54p.

ZUCON, M.H. & LOYOLA E SILVA, J. 1992. Distribuição de Foraminíferos e Tecamebas do Estuário do Rio Piauí, Sergipe. *Neurítica*, 7 (1/2): 57-69.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)