

NATÁLIA DE MORAES RUDORFF

**COMPARAÇÃO BIOSSEDIMENTOLÓGICA ENTRE SÍTIOS DE CULTIVO  
DE MOLUSCOS MARINHOS SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES  
CONDIÇÕES HIDRODINÂMICAS: ESTUDO APLICADO À BAÍA SUL,  
ILHA DE SANTA CATARINA (SC)**

Florianópolis  
2008

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro de Filosofia e Ciências Humanas  
Programa de Pós-Graduação em Geografia**

**Natália de Moraes Rudorff**

**Comparação bioossedimentológica entre sítios de cultivo de moluscos marinhos  
sob influência de diferentes condições hidrodinâmicas: estudo aplicado à Baía  
Sul, Ilha de Santa Catarina (SC)**

**Orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Bonetti**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Área de Concentração: Utilização e Conservação dos Recursos Naturais  
Linha de Pesquisa: Oceanografia Costeira e Geologia Marinha**

**Florianópolis-SC, outubro de 2008**

**Comparação bioossedimentológica entre sítios de cultivo de moluscos marinhos sob influência de diferentes condições hidrodinâmicas: estudo aplicado à Baía Sul, Ilha de Santa Catarina (SC)**

**Natália de Moraes Rudorff**

Coordenador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Carlos José Espíndola (UFSC)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Utilização e Conservação dos Recursos Naturais, do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

Presidente: \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Carla Bonetti (UFSC)

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Norberto Olmiro Horn Filho (UFSC)

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Jaime Ferreira (UFSC)

Membro: \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Leticia Burone (USP)

Florianópolis-SC, outubro de 2008

Dedico a Deus, a meus pais, Bernardo e Heloisa, meus irmãos, Frederico e Conrado e a minha orientadora Carla Bonetti.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu a graça de realizar esses estudos na Sua Divina Providência e a Nossa Senhora, que sempre me amparou nos momentos difíceis e deu força para seguir em frente. E a todas as pessoas que me ajudaram a vencer esta etapa da vida, contribuindo para meu crescimento profissional e pessoal, de forma muito especial.

À Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, o Departamento de Geociências e o Laboratório de Oceanografia Costeira – LOC, pela oportunidade de estudos, e apoio logístico para a realização do trabalho. À Fazenda Marinha Atlântico Sul - FMAS e Cia. das Ostras, que permitiram a realização do estudo em suas propriedades oferecendo todo suporte nos trabalhos de campo, em especial ao Ruy Wolf (FMAS) e ao Adécio (Cia. das Ostras).

Aos professores da UFSC pela excelente formação. Em especial, a minha orientadora Profa. Dra. Carla Bonetti, por toda dedicação, paciência e capricho com que passou todo conhecimento precioso e pelo auxílio em todas as etapas do trabalho, com uma orientação exemplar. Pela oportunidade da bolsa de estudos da FINEP com a participação no projeto desenvolvido junto ao laboratório de Oceanografia Costeira e Laboratório de Camarões Marinhos (LCM/UFSC). Aos professores do LOC, Jarbas Bonetti e em memória ao Elpídio Beltrame, pela amizade e apoio. Aos professores que contribuíram com o trabalho através de correções e elucidações, no exame de qualificação, Arno Blankensteyn e Norberto Olmiro Horn Filho.

Aos colegas que me ajudaram nos trabalhos de campo e laboratório, Ruy Wolf, Sereno, Cyro, João Marcos, Bianca, Lucélia, Diego e Letícia Burone, pela força e amizade.

E finalmente, aos amigos e familiares que moram em meu coração. Em especial ao meu namorado João Carlos, por todo amor, carinho e compreensão. Minha família maravilhosa, pelo apoio, incentivo e contribuições indispensáveis ao êxito do trabalho, meus irmãos, Frederico e Conrado, e meus pais, Bernardo e Heloisa. A eles de modo muito especial por acreditarem na importância do estudo, dispondo sempre o melhor para a minha formação acadêmica e pessoal.

“A maravilhosa disposição e harmonia do universo só pode ter tido origem segundo o plano de um Ser que tudo sabe e tudo pode. Isto fica sendo a minha última e mais elevada descoberta.”

Issac Newton

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo comparar a distribuição de descritores biossedimentológicos no sedimento superficial de duas fazendas de cultivo de moluscos marinhos localizadas na Baía Sul, Ilha de Santa Catarina (SC/Brasil). Procurou-se avaliar a influência das condições hidrodinâmicas sobre a distribuição destes descritores nas áreas do cultivo e seu entorno, bem como, analisar algumas respostas do ambiente na assimilação e acumulação dos biodetrítos liberados pelos cultivos. A metodologia empregada compreendeu técnicas amostrais e analíticas ajustadas às diferentes escalas de trabalho. Foram utilizados três grupos de descritores oceanográficos: hidrodinâmicos e batimétricos (correntes e geomorfologia de fundo); sedimentológicos (granulometria e constituintes orgânicos) e ecológicos (composição e distribuição de espécies de foraminíferos indicadoras de enriquecimento orgânico). A representação gráfica e integração dos dados foram realizadas com auxílio de técnicas de geoestatística e estatística multivariada. Como produtos desta pesquisa foi possível obter: (1) mapas de distribuição representando o substrato de fundo dos sítios estudados; e (2) proposta de seleção de variáveis eficientes na caracterização e delimitação da área sob influência direta do aporte do cultivo. As variáveis que melhor sintetizaram as características do ambiente e identificaram a área sob influência direta do aporte do cultivo foram: a porcentagem de lama, a frequência relativa de buliminídeos e bolivinídeos, a biometria das testas, a frequência relativa da *Ammonia tepida* e a razão vivos/total. Os resultados obtidos permitiram concluir que, embora ambos os sítios de cultivo encontrem-se sob influência das correntes de maré e ondas geradas pelo vento, a localização mais abrigada de um deles levou a diferenças significativas na resposta do substrato à presença do cultivo. A menor intensidade destes agentes hidrodinâmicos no sítio Alto Ribeirão propicia um maior acúmulo do aporte do cultivo na área abaixo do mesmo, evidenciado pelas características de enriquecimento orgânico dos sedimentos e pela fauna de foraminíferos. Em contrapartida, no sítio mais exposto, Praia do Museu, tal resposta não foi encontrada e as influências do cultivo foram menores. Assim, sugere-se que locais sob circulação restrita, principalmente em áreas rasas, não sejam recomendados à implementação de sistemas de cultivo de moluscos, pois estes são mais susceptíveis aos efeitos negativos desta atividade no ambiente bentônico. Já áreas sob efeito de correntes de maior intensidade, ainda que moderadas, podem minimizar os impactos gerados pelo cultivos, evitando o acúmulo de biodetrítos no fundo. Estas são, portanto, áreas mais propícias à instalação desses sistemas.

## ABSTRACT

The present work aimed to compare the distribution of bio-sedimentological descriptors on the superficial sediments of two marine mussel farms located at the South Bay, Santa Catarina Island (SC/Brazil). We seek to evaluate the influence of hydrodynamic conditions on the distribution of these descriptors inside and outside culture areas, as well as, analyse the responses of the environment on the assimilation and accumulation of the biodebris liberated from cultures. Methodology employed comprehended sampling and analytical strategies adjusted to different work scales. Three groups of oceanographic components were studied: hydrodynamic and bathymetric (currents and their relationship with seabed geomorphology); sedimentological (grain size and organic contents) and ecological (composition and distribution of foraminiferal species bioindicators of organic enrichment). Data's graphic representation and analysis were done by geostatistical and multivariate techniques. As products obtained by the study were: (1) maps characterizing seabed substrate of culture sites; and (2) proposal of selected variables effective on the characterization and delimitation of benthic impacts of culture organic input. Variables that best synthesized environmental conditions and identified areas affected by the culture's input were: percentage of mud, relative frequency of buliminids and bolivinids, biometry of tests, relative frequency of *Ammonia tepida* and living/total ratio. The results obtained allowed to conclude that even both culture sites being influenced by tide currents and waves promoted by wind, the sheltered localization of one promoted significant differences in the responses of the substrate to the presence of culture. The lower intensity of these hydrodynamic agents at the Alto Ribeirão site, promoted a higher accumulation of the culture input at the area underneath culture, evidenced by the organic enrichment characteristics of the sediment and foraminiferal fauna. On the other hand, at the more exposed site, Museu Beach, culture influences were minor, without presenting such effects. In this way, we suggest that sites under restricted circulation, especially at shallow areas, aren't recommended for the implementation of mussel culture systems, for they may provoke negative effects on the benthic environment. However, sites under influence of greater current intensities, even moderately, can minimize culture impacts, avoiding biodebris accumulation on the seabed. These are, therefore, more suitable sites for the installation of these systems.



## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Esquema da distribuição espacial de grupos de foraminíferos bentônicos e planctônicos, desde a costa (entremarés), plataforma continental, talude, às planícies abissais. Fonte: Tosk (1988). .....	15
FIGURA 2: Localização da área de estudo. ....	23
FIGURA 3: Desenho esquemático do sistema de cultivo suspenso flutuante de espinheis (long-lines), no Ribeirão da Ilha: A) lanterna de ostras B) pencas de mexilhões. ....	25
FIGURA 4: Batimetria da Baía Sul com escala de 0 a 30 metros. Fonte: Adaptado de Moller (2005). ....	26
FIGURA 5: Mapa de distribuição das velocidades de correntes residuais da maré astronômica da Baía Sul gerado pelo modelo proposto por Prudêncio (2003). Fonte: Adaptado de PLDM – Plano local de Desenvolvimento da Maricultura/SC, inédito. ....	29
FIGURA 6: Roteiro metodológico de pesquisa. ....	32
FIGURA 7: Áreas de cultivo do Ribeirão da Ilha (EPAGRI/IGEOF, 2004) e sítios de cultivo selecionados para o estudo: Sítio 1 – Alto Ribeirão e Sítio 2- Praia do Museu. ....	34
FIGURA 8: Mapa do sítio Alto Ribeirão (S1) e sítio Praia do Museu (S2) indicando o local de amostragem dos dados hidrodinâmicos. ....	37
FIGURA 9: Área de amostragem da batimetria detalhada no sítio Alto Ribeirão. ....	39
FIGURA 10: Área de amostragem da batimetria detalhada do sítio Praia do Museu. ....	39
FIGURA 11: Planejamento da amostragem sedimentológica do sítio Alto Ribeirão (a) e sítio Praia do Museu (b), sobreposta à malha batimétrica e ao contorno das áreas dos cultivos. ....	41
FIGURA 12: Mapas do comportamento dos sistemas convectivos, à 0 hora (horário GTM), dos dias 25 e 26 de novembro de 2007 (imagens do satélite GOES). Fonte: <a href="http://www.cptec.inpe.br">http://www.cptec.inpe.br</a> . ....	48
FIGURA 13: Gráfico radial da rosa dos ventos, com as velocidades médias das direções que atuaram no dia 26 de novembro de 2007. ....	49
FIGURA 14: Gráfico do comportamento da velocidade e direção do vento (médias horárias), ao longo da estação fixa, no dia 26/11/2007. Valores negativos indicam direção sul. ....	49
FIGURA 15: Variação da maré, medida em campo, ao longo da estação fixa do sítio Alto Ribeirão (26/11/2007). ....	50
FIGURA 16: Distribuição das correntes na coluna d'água, ao longo da estação fixa do sítio Alto Ribeirão (a); velocidades das correntes de superfície, meio e fundo (b); e comportamento médio integrando toda a coluna d'água (c) (26/11/2007). ...	51

FIGURA 17: Distribuição das direções das correntes na coluna d'água ao longo da estação fixa do sítio Alto Ribeirão (a), direção das correntes na superfície, meio e fundo (b), e comportamento médio da direção das correntes integrando toda a coluna d'água ao longo do período estudado (c) (26/11/2007). Observação: os tons fortes em vermelho e azul correspondem às mesmas direções (360 e 0°=norte).....	52
FIGURA 18: Distribuição dos parâmetros físico-químicos da coluna d'água, ao longo da estação fixa no sítio Alto Ribeirão (26/11/2007).....	53
FIGURA 19: Mapa batimétrico com as isóbatas a cada 0,05 m de profundidade, associado ao modelo digital de terreno da superfície de fundo do sítio Alto Ribeirão (07/05/2007).....	56
FIGURA 20: Distribuição da presença de biodetrítos no sedimento superficial do sítio Alto Ribeirão. Fotos de 3 tipos de amostras: a) arenosa com bastante biodetrítico; b) lamosa com pouco biodetrítico e c) lamosa e com bastante biodetrítico (amostra do cultivo na área mais antiga) (15/05/2007). ....	57
FIGURA 21: Histogramas de distribuição da granulometria em escala de phi, nas estações do sítio Alto Ribeirão. ....	58
FIGURA 22: Distribuição das amostras do sítio Alto Ribeirão no Diagrama de Shepard (1954). ....	59
FIGURA 23: Mapas de distribuição da porcentagem de cascalho, lama e classificação granulométrica de Folk & Ward do sítio Alto Ribeirão (15/05/2007). ....	60
FIGURA 24: Distribuição do grau de seleção na área do sítio Alto Ribeirão.....	62
FIGURA 25: Distribuição da porcentagem de matéria orgânica total no sedimento superficial do sítio Alto Ribeirão (15/05/2007). ....	63
FIGURA 26: Distribuição da porcentagem de carbonato biodetrítico no sedimento superficial do sítio Alto Ribeirão (15/05/2007). ....	64
FIGURA 27: Comportamento estatístico dos parâmetros sedimentológicos nos grupos de estações do sítio Alto Ribeirão. ....	66
FIGURA 28: Gêneros mais abundantes ocorrentes no sítio Alto Ribeirão (associação total). ....	67
FIGURA 29: Mapas de distribuição das porcentagens de espécies calcáreas hialinas, porcelanáceas e aglutinantes no sítio Alto Ribeirão. ....	69
FIGURA 30: Mapas de distribuição da freqüência relativa das espécies dominantes no sítio Alto Ribeirão. ....	71
FIGURA 31: Mapas de distribuição da freqüência relativa de espécies bioindicadores de enriquecimento orgânico, buliminídeos e bolivinídeos, do sítio Alto Ribeirão. ....	72
FIGURA 32: Mapa de distribuição e gráfico da densidade estimada (50 ind/cm <sup>3</sup> ) ao longo das estações do sítio do Alto Ribeirão.....	73
FIGURA 33: Mapa de distribuição e gráfico da riqueza de espécies no sítio do Alto Ribeirão. ....	74

FIGURA 34: Mapas de distribuição e gráfico dos índices de diversidade (H'), equitatividade (J') e dominância (D') no sítio do Alto Ribeirão. ....	77
FIGURA 35: Gráfico de distribuição de organismos vivos e totais triados nas amostras e a razão entre estes ao longo das estações do sítio do Alto Ribeirão. ....	78
FIGURA 36: Comportamento estatístico dos descritores ecológicos nos grupos de estações do sítio Alto Ribeirão. ....	82
FIGURA 37: Comportamento estatístico da frequência relativa das espécies bioindicadoras de enriquecimento orgânico nos grupos de estações do sítio do Alto Ribeirão. ....	83
FIGURA 38: Análise dos principais componentes (PCA) com parâmetros biossedimentológicos do sítio Alto Ribeirão. Em vermelho estão agrupadas as estações de características mais próximas (grupos de sub-ambientes). ....	84
FIGURA 39: Dendrograma do agrupamento das estações (modo Q) em sub-ambientes de equivalência biossedimentológica do sítio Alto Ribeirão. ....	86
FIGURA 40: Mapa de distribuição dos sub-ambientes da área de estudo do sítio Alto Ribeirão. ....	86
FIGURA 41: Comportamento estatístico dos descritores biossedimentológicos nos sub-ambientes do sítio Alto Ribeirão. ....	88
FIGURA 42: Gráfico da rosa dos ventos com as intensidades as velocidades médias das direções que atuaram no dia 25/11/2007. ....	89
FIGURA 43: Comportamento da velocidade e direção do vento (médias horárias), ao longo da estação fixa do sítio Praia do Museu (25/11/2007). Valores negativos indicam direção sul. ....	90
FIGURA 44: Variação da maré ao longo da estação fixa do sítio Praia do Museu, medida em campo no dia 25/11/2007. ....	90
FIGURA 45: Velocidades das correntes na coluna d'água ao longo da estação fixa do sítio Praia do Museu (a), velocidades médias da superfície, meio e fundo (b), e comportamento médio ao longo da estação (c) (25/11/2007). ....	91
FIGURA 46: Direções das correntes na coluna d'água ao longo da estação fixa do sítio Praia do Museu (a), direções médias na superfície, meio e fundo e (b) comportamento médio das profundidades ao longo da estação (c) (25/11/2007). Observação: os tons fortes em vermelho e azul correspondem às mesmas direções (360 e 0°=norte). ....	92
FIGURA 47: Distribuição dos parâmetros físico-químicos da coluna d'água durante a estação fixa do sítio Praia do Museu (25/11/2007). ....	93
FIGURA 48: Mapa batimétrico com as isóbatas em 0,05 m associado ao modelo digital de terreno da superfície do fundo do sítio Praia do Museu. ....	95
FIGURA 49: A) Amostras próximas à costa e B) Amostras nas áreas mais profundas do sítio Praia do Museu, dentro e fora do cultivo. ....	97

FIGURA 50: Distribuição de biodetrítos no sedimento do sítio Praia do Museu, com exemplos de amostras com presença abundante de biodetrítos. A terceira foto de cima para baixo é de uma amostra abaixo do cultivo.....	97
Figura 51: Histogramas de distribuição da granulometria das estações do sítio Praia do Museu em escala de phi.....	98
FIGURA 52: Distribuição granulométrica das amostras do sítio Praia do Museu, representadas no diagrama de Shepard (1954).....	100
FIGURA 53: Mapas de distribuição das classes granulométrica do sítio Praia do Museu.....	101
FIGURA 54: Distribuição do grau de seleção no sítio Praia do Museu. ....	103
FIGURA 55: Distribuição da porcentagem de matéria orgânica total no sítio Praia do Museu.....	103
FIGURA 56: Distribuição da porcentagem de carbonato biodetrítico no sítio Praia do Museu.....	105
FIGURA 57: Comportamento estatístico dos parâmetros sedimentológicos nos grupos de estações do sitio Praia do Museu.....	107
FIGURA 58: Porcentagem dos gêneros mais abundantes no sítio Praia do Museu. ...	108
FIGURA 59: Mapas de distribuição da porcentagem de testas calcáreas hialinas, porcelanáceas e aglutinantes no sítio Praia do Museu. ....	109
FIGURA 60: Mapas de distribuição da freqüência relativa das espécies dominantes no sítio Praia do Museu.....	111
FIGURA 61: Mapas de distribuição da freqüência relativa das espécies bioindicadores de enriquecimento orgânico, buliminídeos + bolivinídeos, no sítio Praia do Museu. ....	112
FIGURA 62: Mapa e gráfico da distribuição da densidade estimada (ind/50cm <sup>3</sup> de sedimento úmido) nas estações no sítio Praia do Museu. ....	114
FIGURA 63: Mapa e gráfico da distribuição da riqueza (no. de espécies) ao longo das estações do sítio Praia do Museu. ....	115
FIGURA 64: Mapa e gráfico de distribuição dos índices de diversidade (H'), equitatividade (J') e dominância (D') ao longo das estações do sítio Praia do Museu.....	118
FIGURA 65: Gráfico de distribuição do número total de indivíduos triados, com o número de vivos e a razão entre estes, no sitio Praia do Museu. ....	119
FIGURA 66: Comportamento estatístico dos descritores ecológicos em cada grupo do sítio Praia do Museu.....	122
FIGURA 67: Comportamento da freqüência relativa média das espécies bioindicadores de enriquecimento orgânico, nos grupos de estações do sítio Praia do Museu. ....	123

- FIGURA 68: Análise dos principais componentes (PCA), dos parâmetros biossedimentológicos do sítio Praia do Museu. Dentro= cultivo; P1= perfil 1; P2= perfil 2. Em destaque nos círculos estão os grupos dos sub-ambientes. .... 124
- FIGURA 69: Análise de agrupamento das estações (modo Q) do sítio Praia do Museu. Método de Ward em distância euclidiana. Nível de corte 8. .... 125
- FIGURA 70: Mapa de distribuição dos sub-ambientes do sítio Praia do Museu. .... 126
- FIGURA 71: Comportamento estatístico dos parâmetros biossedimentológicos nos sub-ambientes do sítio Praia do Museu. .... 127
- FIGURA 72: Análise dos Principais Componentes com os sub-ambientes dos sítios Alto Ribeirão e Praia do Museu. .... 132

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Valores estatísticos das características granulométricas, segundo Folk & Ward (1957), e teores orgânicos e carbonato biodetrítico, das estações dentro e fora do cultivo, nos perfis externos (P1 e P2) e em todas as estações do sítio Alto Ribeirão. ....	61
TABELA 2: Análise de variância (ANOVA) para cada parâmetro sedimentológico do sítio Alto Ribeirão. Teste de Kruskal Wallis, para dados não paramétricos. Nível de confiança acima de 95 %. Onde md= diâmetro média do grão; mz= mediana; dp= grau de seleção; ski= assimetria; kg =curtose. ....	65
TABELA 3: Índices ecológicos da fauna foraminífera no sítio do Alto Ribeirão (dentro do cultivo e nos perfis externos 1 e 2). ....	75
TABELA 4: Descritores ecológicos do sítio do Alto Ribeirão. md = média; ds= desvio padrão. ....	79
TABELA 5: Análise de Variância Kruskal Wallis dos descritores ecológicos do sítio Alto Ribeirão. Valores significativos (<95%) realçados em vermelho. ....	81
TABELA 6: Síntese estatística dos parâmetros biossedimentológicos dos sub-ambientes identificados no sítio Alto Ribeirão. ....	87
TABELA 7: Análise de Variância Kruskal Wallis entre os sub-ambientes do sítio Alto Ribeirão. Em vermelho os valores significativos ( $p < 0,05$ ). ....	87
TABELA 8: Síntese estatística das características granulométricas, segundo Folk & Ward (1957), e teores orgânicos e carbonato biodetrítico do sítio Praia do Museu, nos diferentes grupos de estações: dentro do cultivo, nos perfis externos (1 e 2) e em todas as amostras. ....	102
TABELA 9: Análise de variância (ANOVA) dos parâmetros sedimentológico no sítio Praia do Museu. Teste de Kruskal Wallis, para dados não paramétricos. Valores significativos ( $p < 0,05$ ) assinalados em vermelho. md= diâmetro médio; mz= mediana; dp= grau de seleção; ski= assimetria; kg= curtose. ....	106
TABELA 10: Índices ecológicos da fauna foraminífera do sítio Praia do Museu. ....	116
TABELA 11: Descritores populacionais da fauna foraminífera do sitio Praia do Museu. ....	120
TABELA 12: Síntese estatística da análise de variância com os descritores biológicos do sítio Praia do Museu. Valores significativos assinalados em vermelho ( $p < 0,05$ ). ....	121
TABELA 13: Síntese estatística dos parâmetros biossedimentológicos dos sub-ambientes do sítio Praia do Museu. ....	126
TABELA 14: Análise de variância Kruskal Wallis dos parâmetros biossedimentológicos nos sub-ambientes do sitio Praia do Museu. ....	126

TABELA 15: Coeficiente (r) da Correlação de Spearman entre os dados bióticos e abióticos dos sítios Alto Ribeirão e Praia do Museu. Valores significativos com nível de $p < 0,05$ , assinalados em vermelho. ....	130
TABELA 16: Ficha de campo das coletas de sedimento do sítio Alto Ribeirão.....	154
TABELA 17: Ficha de campo das coletas de sedimento do sítio Praia do Museu. ....	155
TABELA 18: Síntese da distribuição granulométrica da área de amostragem do sítio Alto Ribeirão, segundo a classificação de Folk & Ward (md = diâmetro médio, mz = mediana, dp = grau de seleção, ski = assimetria, kg = curtose). ....	157
TABELA 19: Síntese da distribuição granulométrica da área de amostragem do sítio Praia do Museu, segundo a classificação de Folk & Ward (md = diâmetro médio, mz = mediana, dp = grau de seleção, ski = assimetria, kg = curtose). ..	158
TABELA 20: Porcentagem de matéria orgânica total, carbonato biodetrítico, classes granulométricas (Wentworth, 1922), nas estações do sítio Alto Ribeirão, com a profundidade correspondente. Dentro é abaixo do cultivo, P1 é o perfil externo 1 e P2 é o perfil externo 2.....	160
TABELA 21: Porcentagem de matéria orgânica total, carbonato biodetrítico, classes granulométricas (Wentworth, 1922), nas estações do sítio Ponta do Caicanga, com a profundidade correspondente. Dentro é abaixo do cultivo, P1 é o perfil externo 1 e P2 é o perfil externo 2.....	161
TABELA 22: Distribuição da frequência relativa das espécies encontradas ao longo das estações do sítio Alto Ribeirão. A notação "x" refere-se às espécies raras, não contadas entre os primeiros 150 indivíduos. M=morfotipo (modo de vida); I=infauna; E=epifauna.....	163
TABELA 23: Frequência relativa das espécies de foraminíferos encontradas no sítio Praia do Museu. A notação "x" refere-se às espécies raras, não encontradas entre os primeiros 150 indivíduos. M=morfotipo (modo de vida); I=infauna; E=epifauna. ....	166

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Importância do estudo.....	1
1.2. Possíveis impactos ambientais gerados pelos cultivos.....	3
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
2.1. Geral .....	6
2.2. Específicos.....	6
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>7</b>
3.1. Geomorfologia e circulação de baías.....	7
3.2. Aspectos sedimentológicos de baías e sistemas costeiros estuarinos .....	8
3.3. Aspectos geoquímicos .....	10
3.3.1. Matéria orgânica .....	10
3.3.2. Carbonato biodetrítico .....	12
3.4. Aspectos biológicos .....	13
3.4.1. Foraminíferos .....	14
3.4.1.1. Descrição, estudos e aplicações .....	14
3.4.1.2. Foraminíferos como indicadores na Aqüicultura Marinha.....	17
3.4.1.3. Bioindicadores de enriquecimento orgânico .....	19
3.5. Fisiologia energética dos moluscos bivalves e as interações do cultivo com o meio .....	20
<b>4. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>23</b>
4.1. Sistemas de cultivo e panorama geral das fazendas do Ribeirão da Ilha.....	24
4.2. Características fisiográficas da Baía Sul.....	25
4.3. Hidrodinâmica local.....	26
4.4. Características sedimentológicas .....	30
4.5. Características biogeográficas da fauna de foraminíferos .....	31
<b>5. METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>



5.1. Seleção dos sítios .....	33
5.1.1. Sítios escolhidos .....	34
5.1.2. Sítio 1- Alto Ribeirão .....	35
5.1.3. Sítio 2- Ponta do Caiacanga .....	35
5.2. Caracterização hidrodinâmica e físico-química .....	36
5.3. Batimetria detalhada .....	38
5.4. Parâmetros bioossedimentológicos .....	40
5.4.1. Planejamento amostral .....	40
5.4.2. Coletas .....	42
5.4.3. Análises laboratoriais .....	42
5.4.3.1. Carbonato biodetrítico .....	43
5.4.3.2. Matéria Orgânica Total .....	43
5.4.3.3. Granulometria .....	44
5.4.3.4. Foraminíferos .....	44
5.5. Análise e integração dos dados .....	46
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>48</b>
6.1. Sítio Alto Ribeirão .....	48
6.1.1. Caracterização hidrodinâmica e físico-química .....	48
6.1.2. Batimetria detalhada .....	55
6.1.3. Descritores sedimentológicos .....	56
6.1.3.1. Avaliação de campo .....	56
6.1.3.2. Granulometria .....	58
6.1.3.3. Matéria orgânica .....	63
6.1.3.4. Carbonato biodetrítico .....	64
6.1.3.5. Testes estatísticos .....	65
6.1.4. Descritores biológicos .....	67
6.1.4.1. Espécies dominantes e bioindicadoras de enriquecimento orgânico .....	70
6.1.4.2. Índices e descritores ecológicos .....	73
6.1.4.3. Testes estatísticos .....	79
6.1.5. Identificação de padrões espaciais .....	83
6.2. Sítio Ponta do Caiacanga .....	89

6.2.1. Caracterização hidrodinâmica e físico-química .....	89
6.2.2. Batimetria detalhada.....	95
6.2.3. Descritores sedimentológicos .....	96
6.2.3.1. Avaliação de campo .....	96
6.2.3.2. Granulometria .....	97
6.2.3.3. Matéria orgânica .....	103
6.2.3.4. Carbonato biodetrítico .....	104
6.2.3.5. Testes estatísticos .....	105
6.2.4. Descritores biológicos.....	108
6.2.4.1. Espécies dominantes e bioindicadoras de enriquecimento orgânico..	110
6.2.4.2. Índices e descritores ecológicos .....	113
6.2.4.3. Testes estatísticos .....	120
6.2.5. Identificação de padrões espaciais.....	124
6.3. Integração dos dados.....	128
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>134</b>
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>139</b>
8.1. Continuidade do Estudo.....	144
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>154</b>
<b>ANEXO TAXONÔMICO.....</b>	<b>i</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO**

O desenvolvimento do cultivo de moluscos marinhos (malacocultura) em Santa Catarina iniciou no final da década de 80, através de um programa de pesquisa e extensão do Laboratório de Mexilhões da Universidade Federal de Santa Catarina (hoje, Laboratório de Moluscos Marinhos) em conjunto com a Secretaria de Agricultura do Estado de Santa Catarina (hoje, EPAGRI), envolvendo pescadores artesanais (FERREIRA & MAGALHÃES, 2004). Aos poucos esses pescadores, que já vinham sofrendo com a pesca industrial e o declínio dos estoques pesqueiros, se tornaram pequenos empresários. O baixo custo de implantação dos cultivos, a proximidade da moradia e o envolvimento dos familiares no sistema produtivo auxiliaram na fixação dessas comunidades e na melhoria da sua qualidade de vida, com o aumento dos recursos financeiros (ARANA, 2000). A dependência da qualidade ambiental para o sucesso da produção também favoreceu a conscientização dessas comunidades na melhoria do saneamento e da preservação do ambiente costeiro (MAA, 2005).

Apesar dos benefícios promovidos pela malacocultura, no início de seu desenvolvimento não existiam ainda regulamentações específicas para o estabelecimento da atividade. Os critérios usados para escolha das áreas de cultivos levavam em consideração apenas os aspectos sociais dos maricultores, como a proximidade das áreas às suas moradias e locais mais abrigados que facilitam o manejo do cultivo (PAULILO, 2002). Aos poucos foram surgindo normas e regulamentações mais adequadas, buscando englobar os múltiplos usos da zona costeira (Instrução Normativa n. 9), integrando melhor as questões sócio-ambientais e trabalhando os conflitos decorrentes da diversidade de percepções, racionalidades e interesses, quanto aos diferentes modos de uso dos recursos naturais e de como se obter dele benefícios (ARANA, 2000).

Para o adequado licenciamento ambiental da atividade é necessário a utilização de critérios bem definidos e embasados cientificamente, o que necessita ainda de estudos com um maior conhecimento das relações de interações do cultivo com o

ambiente, destacando os possíveis impactos gerados pelo cultivo e as condições de controle que podem minimizar estes impactos. Há muitos estudos desse tipo em países de clima temperado (BARG, 1992), avançando muito nessa área com modelos de previsão de capacidade de suporte e mapeamento de áreas propícias ao cultivo (MCKINDSEY *et al.*, 2006), mas os estudos em países de clima tropical ainda estão crescendo aos poucos sobretudo devido a carência grande de base de dados disponíveis (BONETTI *et al.*, 2005). As respostas ambientais de países de clima temperado normalmente não podem ser usadas para quantificar e prever os mesmos efeitos em países de clima tropical e sub-tropical (BARG, 1992).

Por outro lado, é uma grande vantagem para o Brasil estar em fase inicial de crescimento da atividade, o que possibilitará a realização de pesquisas em conjunto com o seu desenvolvimento. Isso irá gerar resultados positivos nas tomadas de decisões para o ordenamento da atividade, com a devida importância à preservação ambiental. Além disso, podemos aprender com experiências negativas e erros cometidos por outros países, que desenvolvem essa atividade há mais tempo. Na Espanha e China, por exemplo, já ocorreram eventos de eutrofização marinha, em locais onde a produção superou a capacidade de suporte do ambiente (MAA, 2005). No Brasil, alguns indícios de superação da capacidade de suporte também já foram registrados na Enseada do Brito (SC), acarretando queda da produção do cultivo (ARANA, 2000).

Para uma compreensão melhor da interação do cultivo com o meio, os processos envolvidos e os impactos gerados, são necessárias equipes multidisciplinares visto a complexidade desses sistemas (GRANT *et al.*, 1995). Essa é a atual tendência nas pesquisas realizadas mundialmente, aprimorando cada vez mais as ferramentas utilizadas, principalmente com o uso de *softwares* de integração e espacialização de dados, *SIGs*, modelagens e outras ferramentas adaptadas pela Geociências. O estudo das variações espaciais e temporais das características do cultivo e do meio em conjunto com os processos locais que interferem na dinâmica do cultivo aproximam, cada vez mais, os modelos à realidade (SARÀ & MAZZOLA, 2004). Isso é fundamental para o ordenamento da atividade, estabelecendo critérios científicos para o zoneamento

de áreas propícias e estimativa da capacidade de suporte. Visando, assim, promover a otimização do uso dos recursos naturais com a preservação do meio ambiente, simultaneamente à exploração sustentável da aquicultura (QUEIROZ *et al.*, 2002).

## **1.2. POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELOS CULTIVOS**

Na maioria dos estudos realizados sobre os impactos gerados pelo cultivo de moluscos, principalmente de ostras e mexilhões, em diferentes localidades do mundo, os impactos mais expressivos foram relacionados às alterações das características físico-químicas e biológicas no sedimento abaixo dos cultivos (KASPAR *et al.*, 1985; GRENZ *et al.*, 1990; CHAMBERLAIN *et al.*, 2001; HARTSTEIN & ROWDEN, 2004). Essas alterações se baseiam principalmente na textura do sedimento (mais fino e cinzento), no teor de matéria orgânica (enriquecimento orgânico), disponibilidade de oxigênio (formação de camadas anóxicas) e na composição das associações bentônicas. Isso ocorre devido ao acúmulo de fezes e pseudofezes, que são liberadas pelos moluscos filtradores como produto de excreção, formando uma camada no fundo comumente chamada de “biodepósito” (HARTSTEIN & ROWDEN, 2004).

O enriquecimento orgânico no sedimento é caracterizado pelo aumento dos teores de carbono e nitrogênio e a formação de regiões anóxicas ou com tendências redutoras, que são caracterizadas pela presença de compostos de enxofre (BURONE *et al.*, 2003). A formação de um ambiente redutor na interface água-sedimento pode afetar a biomassa de organismos nas áreas próximas ao cultivo e do próprio cultivo, principalmente em áreas rasas e de baixa circulação (BARG, 1992). Com o aumento da deposição, há também um aumento na densidade de espécies oportunistas que começam a se tornar dominantes no meio, diminuindo a diversidade de espécies (GRALL & CHAUVAUD, 2002). Algumas espécies de foraminíferos (protozoários unicelulares) respondem favoravelmente ao aporte de matéria orgânica e têm sido utilizadas como bioindicadoras de enriquecimento em diversos trabalhos de caracterização ambiental (BONETTI, 2000; BONETTI *et al.*, 2004), inclusive de sistemas aquícolas (SCHAFER *et al.*, 1995; SCOTT *et al.*, 1995).

A taxa de liberação de fezes e pseudo-fezes pelo cultivo vai depender de uma série de fatores relacionados à fisiologia energética do molusco, às condições do cultivo (densidade, estrutura física) e do ambiente (profundidade, circulação, clima, etc.) (MELLO, 1999). Num estudo realizado por MELLO (1999), em Santa Catarina foram encontrados valores de taxa de liberação de fezes e pseudofezes do cultivo de mexilhões de 20 a 700 vezes maiores que as relatadas em outros estudos no Canadá e na Espanha, onde a produtividade é menor, com intervalos de emersão do cultivo devido às variações de maré e o clima é temperado. Essas variações podem ocorrer por adaptações às condições locais ou por variações genéticas, que podem ser tanto em micro quanto em macro escala geográfica (PÉREZ-CAMACHO *et al.*, 1995). Além desses fatores, depois que as fezes e pseudofezes são liberadas na coluna d'água, elas ainda sofrem uma série de eventos, como a dispersão e ressuspensão pelas correntes, a mineralização e nitrificação por bactérias decompositoras e absorção por organismos bentônicos (HARTSTEIN & ROWDEN, 2004). Apenas o que restou desses processos e sedimentou no fundo vai formar a camada do biodepósito.

Visto a complexidade dos processos envolvidos, há muitas controvérsias nos estudos. Diversos autores relatam que nenhum ou pouco impacto tem sido observado como efeitos do cultivo no sedimento, sendo mínimos em comparação a outras fontes de eutrofização marinha (GRENZ *et al.*, 1990; GRANT *et al.*, 1995). Outros relatam que em alguns locais os biodepósitos podem chegar a um incremento de 10 cm/ano no fundo, num raio de extensão de até 20 m da área de cultivo causando efeitos de eutrofização bentônica (MATTSON & LINDÉN, 1983).

Num estudo realizado sobre os impactos do biodepósito, Chamberlain *et al.* (2001) encontraram estas diferentes respostas nos dois sítios estudados. No primeiro, foi observada uma camada espessa de biodepósito, logo abaixo do cultivo e a uma extensão de até 40 m na direção da corrente principal. Já no segundo, não observaram a formação dessa camada e encontraram poucas alterações nas características biogeoquímicas do sedimento abaixo do sítio. Os autores atribuíram essa disparidade à diferença nos padrões hidrodinâmicos entre os dois locais, sugerindo que as variações

das correntes locais seriam fatores determinantes nos efeitos dos impactos ocasionados pelos biodepósitos.

Nesta mesma linha de argumentação, Hartstein & Rowden (2004), realizaram uma pesquisa comparando o impacto do biodepósito em três sítios sob diferentes regimes hidrodinâmicos. Os dois sítios mais abrigados se enquadraram na mesma categoria, apresentando enriquecimento orgânico e mudanças nas associações bentônicas, no sedimento logo abaixo do cultivo e num raio de até 30 m de distância. Já no sítio com maior intensidade de correntes não foram encontradas essas alterações, confirmando a relação direta existente entre a hidrodinâmica e o impacto causado pelos cultivos. Os autores sugerem, no final do trabalho, o avanço de novas pesquisas nessa linha, ampliando o número de amostras e de locais, para averiguar até que ponto a hidrodinâmica interfere na minimização do impacto e quais os processos hidrodinâmicos que exercem maior influência na dispersão dos biodepósitos.

Hartstein & Stevens (2005) relataram diversos processos hidrodinâmicos de escalas temporais pequenas o suficiente para dispersar as fezes e pseudofezes antes que estas depositem no fundo, tais como: vórtices, ondas geradas pelo vento e correntes de maré. Além disso, depois de depositado no fundo, o biodepósito pode ainda sofrer fenômenos de ressuspensão, provocados por eventos de tempestades e ressacas. Mas é preciso considerar também que a própria estrutura do cultivo interfere na hidrodinâmica local e na sedimentação das partículas, sendo necessário considerar este fator nos estudos de dinâmica de biodeposição (BOYD & HEASMAN, 1998).

Mediante esses relatos, fica evidenciado que a implementação do manejo adequado de sítios de cultivo na zona costeira requer a realização de estudos de caráter descritivo dos padrões hidrodinâmicos e sedimentológicos. O presente estudo buscou melhorar a compreensão de como estes dois mecanismos afetam as respostas ambientais frente ao aporte orgânico dos cultivos da Baía Sul (SC), avaliando dois sítios condicionados por diferentes intensidades hidrodinâmicas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

O objetivo do presente trabalho foi de comparar a distribuição biossedimentológica dos sedimentos superficiais de dois sítios de cultivo de moluscos na Baía Sul, Ilha de Santa Catarina (SC), considerados como locais sob diferentes condições hidrodinâmicas, avaliando o grau e extensão da área de influência dos cultivos no ambiente bentônico. Assim, pretendeu-se contribuir com uma proposta metodológica de avaliação do impacto ambiental causado pela atividade no compartimento bentônico, oferecendo subsídios científicos ao manejo e seleção de áreas propícias à atividade.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

- Avaliar as condições hidrodinâmicas dos sítios, por meio de medições de correntes durante um ciclo de maré e estudar suas relações com a geomorfologia da Baía Sul e as principais forçantes que atuam no sistema.
- Realizar levantamento batimétrico detalhado dos sítios de cultivo e áreas adjacentes, a fim de avaliar a presença e extensão de saliências topográficas resultantes da sedimentação dos biodetrítos do cultivo.
- Determinar o padrão de distribuição espacial da granulometria e dos constituintes orgânicos presentes nos sedimentos superficiais de cada sítio.
- Identificar a distribuição das espécies de foraminíferos e seus descritores ecológicos, como bioindicadores do gradiente de enriquecimento orgânico.
- Integrar estatisticamente os descritores visando a ordenação e síntese das alterações nas características biossedimentológicas provocadas pelo cultivo e o mapeamento da área de influência direta.
- Comparar o grau do impacto nos dois sítios e avaliar a sua relação com as condições hidrodinâmicas locais.



### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1. GEOMORFOLOGIA E CIRCULAÇÃO DE BAÍAS

A zona costeira é um ambiente complexo decorrente das interações dinâmicas que ocorrem nesta interface entre oceano, continente e atmosfera. Há uma diversidade de sistemas que a compõe, que vão desde ambientes de transição como estuários, lagunas, baías, até áreas mais oceânicas na margem da plataforma continental. Esses ambientes, por sua vez, são muito vulneráveis e estão constantemente sofrendo processos de remodelações por fatores naturais e antrópicos, os quais atuam em diversas escalas espaciais e temporais (FRENCH, 2001).

Baías são sistemas costeiros comuns em todos os continentes, principalmente aqueles que sofrem ou sofreram ações tectônicas. Sua morfologia é caracterizada por padrões estruturais que sofreram alterações por processos de sedimentação recente. As baías podem exibir processos de circulação típicos de estuários, no entanto, são sistemas de maior dimensão e complexidade (KJERFVE *et al.*, 1997).

De maneira geral, a estrutura geomorfológica das baías é caracterizada por corpos rasos e relativamente fechados, o que permite a constituição de um corpo d'água mais abrigado da ação de ondas de alta energia. Sendo assim, as principais fontes de circulação são: o aporte fluvial dos rios que deságuam no sistema, as correntes de maré astronômica e meteorológica e os ventos atuantes no local (CARTER, 1995). A intensidade de cada uma dessas forçantes depende das condições do local e pode variar em diferentes escalas de tempo: segundos (ventos locais), horas (maré astronômica), dias (maré meteorológica), meses (meandros e vórtices das correntes oceânicas), anual (variações sazonais nos processos de interação oceano-atmosfera), e até interanual (alterações climáticas geradas por processos globais como *El Niño*) (MIRANDA *et al.*, 2002).

A geomorfologia do fundo e da linha de costa também influencia a hidrodinâmica do sistema. As correntes geradas pela propagação da onda de maré são condicionadas pela profundidade, morfologia e a vorticidade relativa devida ao atrito no fundo

(MIRANDA *et al.*, 2002). Em geral, essas correntes são de intensidades fracas ( $<0,5 \text{ m.s}^{-1}$ ), mas em casos de constrições como desembocaduras de estuários ou estreitos, o afunilamento da massa de água provoca uma intensificação das correntes (CARTER, 1995). As variações espaciais da batimetria podem provocar mudanças nas velocidades das correntes e gerar correntes residuais. Estas, por sua vez, podem indicar locais de deposição e transporte de sedimentos de fundo (KJERFVE *et al.*, 1997).

Os processos hidrodinâmicos são responsáveis pelo transporte e remobilização dos constituintes suspensos e dissolvidos na água, e que determinam sua qualidade. Portanto, o estudo da hidrodinâmica de uma baía é fundamental para compreensão dos processos biogeoquímicos que afetam a ecologia deste ambiente costeiro (MARONE *et al.*, 1997). Para planejar um estudo da circulação hidrodinâmica, faz-se necessário o conhecimento das escalas de tempo das forçantes dominantes que atuam no sistema. Em ambientes dominados pelas marés, o intervalo de tempo apropriado para se efetuar a medida das correntes é de no mínimo um ciclo de maré. No entanto, a maré astronômica também pode ocorrer associada a outras oscilações do nível do mar, como a maré meteorológica. Neste caso, Marone *et al.* (1997) recomendam utilizar uma periodicidade de 3 a 20 dias para abranger o ciclo de passagens de frentes.

### **3.2. ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS DE BAÍAS E SISTEMAS COSTEIROS ESTUARINOS**

Os sedimentos são depósitos de material sólido e inconsolidado, constituídos principalmente por partículas minerais e restos orgânicos (SUGUIO, 1973). As principais fontes dos sedimentos marinhos são: a drenagem continental à montante, através da descarga fluvial; a plataforma continental, pelas correntes de deriva litorânea, de ondas e marés; as margens do leito do próprio ambiente, pela ação erosiva das ondas e transporte eólico; e a atividade biológica, pelos processos de decomposição e ciclagem biogeoquímica (CARTER, 1995). A distribuição dos sedimentos no ambiente vai depender de uma série de fatores relacionados às fontes de origem, tipos dos grãos (tamanho, forma, densidade) e ao padrão de dispersão e transporte imposto pelas condições hidrodinâmicas (FLEMMING, 2000).

A granulometria é um parâmetro textural importante dos sedimentos porque permite obter uma série de informações referentes ao transporte, ordenamento, deposição do sedimento e sobre a história e evolução dos processos que atuam no sistema. Há diversos métodos de determinação da distribuição do tamanho dos grãos, assim como diferentes esquemas de classificação para facilitar os trabalhos de análise e interpretação da distribuição das fácies sedimentares no ambiente (WENTWORTH, 1922; SHEPARD, 1954; FOLK & WARD, 1957; PEJRUP, 1988; FLEMMING, 2000).

O tamanho e o grau de seleção das partículas granulométricas do sedimento estão intimamente ligados à hidrodinâmica local. Locais com maior energia hidrodinâmica tendem a apresentar fundos com partículas de maior diâmetro (areia) e melhor selecionamento do que locais de baixa energia, onde, normalmente, há sedimentos mais finos como silte e argila (lamosos), mal selecionados. Locais com lama mais siltosa indicam também maior energia hidrodinâmica do que com lama mais argilosa (PEJRUP, 1988; FLEMMING, 2000).

Áreas costeiras dominadas pela ação das marés são caracterizadas, predominantemente, por substratos mais finos, como lama (silte e argila) e areia fina, mas podem apresentar algumas frações mais grossas de areia e cascalho nas áreas menos abrigadas (CARTER, 1995). As fácies de lamas normalmente são encontradas nas áreas mais estuarinas (no interior do sistema) e nos canais mais profundos, normalmente localizados no eixo central. Esse aporte vem principalmente da drenagem fluvial e das áreas continentais adjacentes periodicamente alagadas. Como a lama possui uma velocidade de decantação muito pequena, quando esta é trazida em suspensão pelos rios, fica muito susceptível ao transporte advectivo, se depositando um pouco mais adentro do sistema, nos canais mais profundos e nas áreas de menor hidrodinâmica (MAHIQUES *et al.*, 1999; VILAS *et al.*, 2005).

Já as areias siliciclásticas, transportadas também pelos rios, decantam rapidamente e se depositam mais próximas ao leito dos rios, formando bancos de areia na desembocadura. As areias de origem bioclástica provêm do aporte marinho e se distribuem nas áreas marginais da linha de costa e mar à dentro (VILAS *et al.*, 2005). Com a aproximação das áreas mais expostas à influência marinha e a agentes

hidrodinâmicos mais intensos, a granulometria tende a aumentar, passando de areias finas a médias. A assimetria no padrão de distribuição das correntes de enchente e vazante da maré (correntes residuais) também é um fator que interfere na distribuição granulométrica (CARTER, 1995).

Em estudos sobre a influência de sítios de cultivo de moluscos no meio ambiente, um dos impactos observados é quanto a mudanças nos padrões texturais do sedimento. Os biodepósitos liberados pelos cultivos caracterizam-se por possuírem uma granulometria muito fina, composta por argilominerais (CHAMBERLAIN *et al.*, 2001; HARTSTEIN & ROWDEN, 2004). Além disso, a própria estrutura dos cultivos pode alterar a circulação, oferecendo barreiras físicas que propiciam a sedimentação de partículas finas que podem ser oriundas de outras fontes no ambiente (BOYD & HEASMAN, 1998).

### **3.3. ASPECTOS GEOQUÍMICOS**

Nos ecossistemas aquáticos, o sedimento funciona como um receptor de diversas substâncias e também como um regulador natural de processos que ocorrem no fundo do sistema. Eles podem estocar grandes quantidades de matéria orgânica e afetar a concentração de oxigênio da água de fundo. Os sedimentos de fundo também constituem uma fonte de nutrientes para a coluna d'água acima, através das trocas e fluxos na interface água-sedimento, influenciando na produtividade primária (JORGENSEN, 1996). Alterações nas características biogeoquímicas dos sedimentos podem acarretar em mudanças e rupturas dos ciclos dos nutrientes e degradação dos habitats, alterando a estrutura trófica e a funcionalidade do ecossistema (RABALAIS, 2002).

#### **3.3.1. Matéria orgânica**

A matéria orgânica presente no ambiente é composta basicamente pelo material detritico provindo das excreções e da biomassa morta dos organismos. Está sob diversas formas e tamanho de partículas, dissolvida ou particulada, em suspensão na coluna d'água ou depositada no fundo nos sedimentos superficiais. Nos ambientes

costeiros pode ser de origem continental, proveniente da descarga fluvial e drenagem de áreas alagadas, ou de origem marinha, produzida pelos organismos do próprio ambiente ou de outras áreas e trazida por correntes marinhas. Há também fontes de origem antrópica, como efluentes domésticos e agrícolas (RABALAIS, 2002) e em áreas de produção aquícola, pode haver a contribuição dos cultivos, como será discutido neste trabalho.

Uma vez liberadas no meio, o comportamento e destino das partículas orgânicas vai depender de uma série de fatores ligados à sua origem e composição, a fatores hidrológicos, químicos e biológicos da coluna d'água e à sedimentologia do ambiente (BARCELLOS, 2005). Em geral, as partículas orgânicas possuem o mesmo comportamento de deposição que sedimentos finos, como a argila. Além disso, a argila possui propriedades de adsorção da matéria orgânica, por isso muitas vezes esse dois componentes ocorrem associados no ambiente (FLEMMING, 2000). Além dos processos físicos de dispersão e deposição, as partículas orgânicas sofrem diversos processos químicos e biológicos que se iniciam já na coluna d'água e continuam, com mais intensidade, nas camadas superficiais do sedimento, onde vão se depositar. Esses processos fazem parte da ciclagem biogeoquímica da matéria orgânica e são decorrentes, principalmente, da decomposição por microorganismos e consumo por organismos detritívoros (GRALL & CHAUVAUD, 2002).

A matéria orgânica é, portanto, um composto muito instável no ambiente, principalmente em áreas bem oxigenadas com alta taxa de decomposição (BARCELLOS, 2005). No entanto, se houver um aumento no fluxo do aporte orgânico para o sedimento, superando a capacidade assimiladora do ambiente, começa a haver um acúmulo anormal deste constituinte, levando a um processo denominado de eutrofização bentônica (SMITH, 1999). Esse acúmulo pode acarretar uma série de mudanças nas condições físico-químicas e biológicas do sedimento. Algumas destas são: a depleção do oxigênio disponível no sedimento superficial e nas camadas inferiores da coluna d'água; aumento da turbidez decorrente do aporte de material em suspensão; e perda ou degradação do habitat com diminuição seletiva da

biodiversidade, abundância e densidade de espécies (RABALAIS, 2002; GRALL & CHAUVAUD, 2002).

Os processos de assimilação e ciclagem da matéria orgânica dependem muito das condições ambientais e podem variar bastante nos diversos ambientes. Já existem muitos estudos sobre a ciclagem orgânica e as conseqüências ambientais do aporte excessivo em regiões temperadas, mas pouquíssimos de regiões tropicais, onde pode haver taxas e inter-relações diferenciadas (RABALAIS, 2002). Nos estudos realizados sobre o acúmulo de matéria orgânica nos biodepósitos formados pelos cultivos há uma série de controvérsias que refletem a heterogeneidade dessa dinâmica em cada local. O próprio ambiente costeiro já tem uma tendência de enriquecimento orgânico decorrente das diversas fontes naturais e antrópicas a que está sujeito e que podem mascarar o aporte dos cultivos (normalmente em menor escala). Por isso, deve-se recorrer também a outros descritores e métodos que auxiliam na diferenciação dos aportes e no estudo de seus efeitos no ambiente.

### **3.3.2. Carbonato biodetrítico**

O carbonato biodetrítico, como o próprio nome sugere, é de origem biogênica, ou seja, é formado por restos de conchas de organismos bentônicos e algas calcárias. Esses restos ficam depositados no sedimento, onde sofrem processos gradativos de decomposição química e física, até se tornarem disponíveis novamente no meio. Como esses organismos são essencialmente marinhos, os depósitos de carbonato biodetrítico ocorrem em maiores concentrações nas áreas com maior influência oceânica. A associação desse composto com as fácies sedimentares do ambiente permite diferenciar os tipos de sedimento e sua origem: sedimentos mais finos (lama e areia) com baixas concentrações de carbonato biodetrítico são siliciclásticos e, portanto, de origem continental e sedimentos mais grossos (areia e cascalho) com altas concentrações são bioclásticos, de origem marinha (VILAS *et al.*, 2005).

Além disso, maiores concentrações de carbonato biodetrítico no sedimento superficial também podem ser encontradas em áreas onde ocorrem bancos naturais ou de cultivo de moluscos (VILAS *et al.*, 2005). Otero *et al.* (2006) utilizaram uma medida

quantitativa dos fragmentos de conchas presentes no sedimento como parâmetro de determinação da camada de biodepósito abaixo de sítios de cultivo de moluscos e de sua extensão no entorno.

### **3.4. ASPECTOS BIOLÓGICOS**

Os sistemas costeiros são áreas biologicamente muito ativas devido a uma série de condicionantes que favorecem o estabelecimento da vida marinha. As baías e enseadas abrigam densas populações de produtores primários (bactérias, algas e halófitas) e consumidores (poliquetas, crustáceos, moluscos, peixes, etc.) (CARTER, 1995).

A comunidade bentônica desempenha um importante papel na dinâmica dos processos biogeoquímicos do sedimento e na interface sedimento água, assim como na estabilidade física e textural do sedimento (GRALL & CHAUVAUD, 2002). Alterações na comunidade bentônica podem ocasionar ruptura nos ciclos biogeoquímicos e degradação do habitat, tanto no sedimento como na coluna d'água (RABALAIS, 2002).

Estudos sobre comunidades bentônicas produziram modelos clássicos de respostas ao stress por incremento orgânico (PEARSON & ROSENBERG, 1978). Com o aumento do fluxo de matéria orgânica no sedimento, inicialmente, aumenta a população de organismos bentônicos, mas logo que esse aporte supera a capacidade de assimilação do meio, inicia-se o processo de eutrofização bentônica, com subsequente desaparecimento das espécies menos resistentes. Com isso, há um aumento na densidade e dominância de espécies oportunistas e diminuição na diversidade e riqueza de espécies do ambiente (GRALL & CHAUVAUD, 2002). Em alguns estudos sobre os biodepósitos de moluscos já foram encontradas alterações nas comunidades e associações bentônicas, com queda na diversidade de espécies e o aumento de poliquetas oportunistas (MATTSON & LINDÉN, 1983; HARTSTEIN & ROWDEN, 2004).

### 3.4.1. Foraminíferos

A utilização de indicadores biológicos para os estudos de monitoramento ambiental permite obter informações a respeito das condições ecológicas dominantes no meio, filtrando as variações esporádicas ou de baixa intensidade. A utilização de espécies indicadoras, cujo registro se mantém preservado mesmo após a morte dos indivíduos, permite também que sejam resgatados dados da evolução ecológica durante os últimos anos de produtividade dos sítios. Estas respostas indicam uma tendência numa escala temporal e espacial maior que a avaliação de parâmetros físico-químicos isoladamente (MURRAY, 2000).

Os foraminíferos são microorganismos marinhos que permitem esse tipo de avaliação, pois são constituídos de uma carapaça (testa), que pode ser preservada no sedimento ao longo de vários anos, mesmo após sua morte. Algumas espécies desse grupo respondem favoravelmente ao aporte de matéria orgânica e têm sido muito utilizadas como indicadoras de enriquecimento orgânico em diversos trabalhos de monitoramento ambiental (BONETTI, 2000), inclusive de sistemas de aquicultura (SCHAFER *et al.*, 1995; SCOTT *et al.*, 1995). Além destas, há uma série de características que o conferem uma ferramenta bastante eficiente e de aplicabilidade relativamente facilitada em estudos de monitoramento ambiental (BARBOSA & SEOANE, 2004).

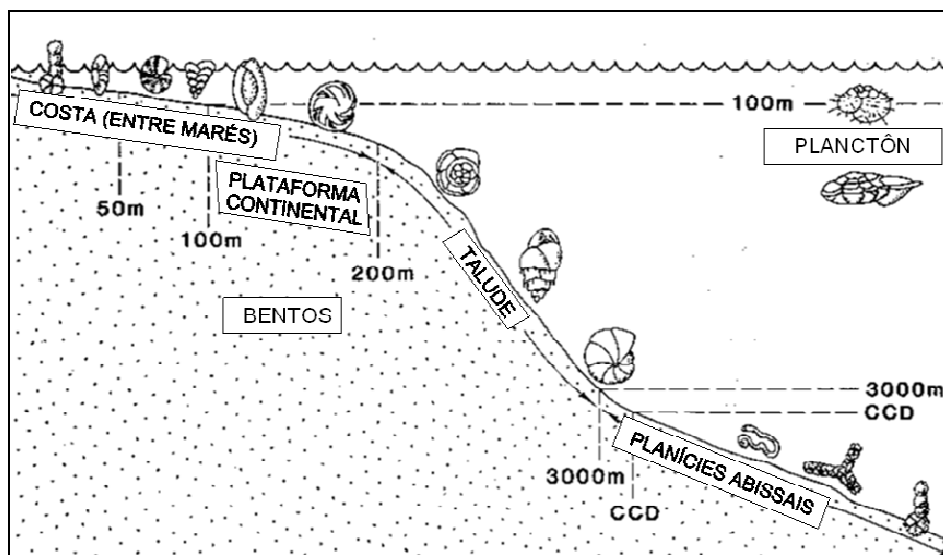
#### 3.4.1.1. Descrição, estudos e aplicações

Foraminíferos são organismos unicelulares eucariontes pertencentes ao Reino Protista, Filo Sarcomastigophora, Classe Granuloreticulosa e Ordem Foraminifera (LOEBLICH & TAPPAN, 1988). Possuem uma concha (testa) envoltória e são de tamanho microscópico (de 50 a 800  $\mu\text{m}$ ). São organismos tipicamente de ambientes marinhos, sendo que a maioria das espécies possui hábito bentônico, mas há também planctônicos que vivem em áreas oceânicas. A reprodução pode ser sexuada ou assexuada e possuem ciclo de vida curto, de poucas semanas até 5 anos de vida. Em geral se alimentam de diatomáceas, bactérias e detritos nos substratos ou do material em suspensão (NICHOLS, 1974).



Há dois grandes grupos que se diferenciam pela formação e composição das testas. Os aglutinantes possuem uma testa formada por agregados do meio (grãos minerais e biodetrítos) associados a compostos orgânicos do próprio organismo (mucosubstâncias). Enquanto os carbonatados possuem uma testa formada a partir da secreção de carbonato de cálcio e outros compostos inorgânicos como sílica e sulfato de magnésio. Estes últimos podem ser divididos ainda em calcários hialinos ou porcelanáceos, de acordo com a orientação dos cristais de calcita (BARBOSA & SEOANE, 2004).

Em geral, estes organismos são bastante abundantes no meio, com uma alta diversidade de espécies e uma distribuição geográfica ampla. Estendem-se desde áreas mais continentais (desembocadura de rios), áreas de transição continente-oceano (estuários, lagunas), até áreas tipicamente oceânicas na plataforma continental e áreas abissais (Figura 1). A ecologia deste grupo é bastante complexa, pois diversos fatores bióticos e abióticos condicionam o seu desenvolvimento, como: a disponibilidade de alimento, o substrato, temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, circulação, etc., em cadeias complexas de interações. Tais condições determinam a distribuição dos grupos e espécies de foraminíferos presentes no ambiente (NICHOLS, 1974).



**FIGURA 1:** Esquema da distribuição espacial de grupos de foraminíferos bentônicos e planctônicos, desde a costa (entremarés), plataforma continental, talude, às planícies abissais. Fonte: Tosk (1988).

Os foraminíferos possuem uma alta sensibilidade às variações ambientais, normalmente mantendo um equilíbrio isotópico com o meio, e como possuem um ciclo de vida curto, respondem rápido às mudanças. Isso pode refletir tanto na dinâmica das populações, com “*blooms*” de organismos (estrategistas r) ou queda da densidade, como em alterações na estrutura e morfologia das testas (redução de tamanho, malformações, composição química, aumento dos poros, etc.), ou, em maior grau, em mudanças nas associações faunísticas, levando à dominância de espécies mais adaptadas, oportunistas (BARBOSA & SEOANE, 2004).

As testas também possuem um alto potencial de preservação, compondo o sedimento biogênico sob forma de microfósseis. Assim, os registros das comunidades são preservados em camadas estratigráficas no sedimento ao longo do período geológico pelas testas mortas e fossilizadas. Isso possibilita que os foraminíferos sejam usados em estudos de variações temporais pretéritas que vão desde uma escala anual (recentes), ao longo de décadas e séculos (sub-recentes) ou até milênios, em estudos paleoambientais (MURRAY, 2000).

Todas essas características de ampla distribuição geográfica, diversidade e abundância de espécies, sensibilidade ambiental e alta capacidade de preservação das testas, os transforma em um instrumento eficaz (“proxy”) e prático para estudos ambientais nas mais diversas áreas da geologia, oceanografia e biologia, com inúmeras aplicações. Essas características permitem abordar tanto as dimensões espaciais e temporais num mesmo estudo e nos mais diversos tipos de ambientes. Além disso, o número elevado de organismos coletados em amostras de pequeno volume facilita o trabalho de campo, obtendo um número significativo de indivíduos para as análises estatísticas (SCHAFER *et al.*, 1995).

Os diversos estudos realizados em ambientes costeiros naturais, com e sem impactação, oferecem descrições da distribuição ecológica das associações e suas relações com as condições físico-químicas, permitindo a reconstrução do cenário da variabilidade espaço-temporal do ambiente e das populações (SCOTT *et al.*, 1995). Estes podem ser utilizados para análises comparativas, mas é preciso estar sempre atento às diversas variáveis ambientais do local. Fatores como: tipos de substrato,

padrões de circulação, matéria orgânica, dentre outros, e suas combinações podem interagir de modos específicos com a biota em diferentes áreas (MURRAY, 2000).

#### 3.4.1.2. Foraminíferos como indicadores na Aqüicultura Marinha

O uso de foraminíferos bentônicos para o mapeamento dos efeitos provocados pelos fluxos de matéria orgânica provenientes de sistemas aquícolas, no ambiente bentônico, é um método de pesquisa cada vez mais usado. Através da distribuição das associações faunísticas, associadas a outros parâmetros bióticos e abióticos, pode-se fazer um mapeamento da extensão da influência do aporte e avaliar o grau de impacto gerado pela atividade (GRANT *et al.*, 1995; SCHAFER *et al.*, 1995; SCOTT *et al.*, 1995; BOUCHETI *et al.*, 2007).

Os foraminíferos respondem rapidamente ao incremento do fluxo de matéria orgânica e seguem o mesmo modelo de sucessão de espécies proposto por Pearson & Rosenberg (1978) adaptado por Alve (1995) (Debenay *et al.*, 2000). Esses processos já foram registrados em alguns estudos sobre biodepósitos, que mesmo sem encontrar grandes mudanças na composição da população dos foraminíferos, conseguiram detectar queda na diversidade e abundância de espécies abaixo dos sítios (GRANT *et al.*, 1995; SCOTT *et al.*, 1995). Num estudo realizado por Boucheti *et al.* (2007), na França, foi verificado que durante o outono e inverno há um acúmulo maior do biodepósito no fundo, mas com o aumento da temperatura média durante a primavera e verão, acelera-se o processo de remineralização da matéria orgânica, aumentando a liberação de amônia e enxofre no meio. Esse aumento de substâncias tóxicas ocasiona um processo de distrofia na comunidade foraminífera, com uma queda considerável da abundância de organismos (de 10000 a 4000 ind/50cm<sup>3</sup>) e variações nas populações de espécies (dominância de *Ammonia tepida*).

Além dos índices de diversidade e abundância, outros descritores ecológicos podem auxiliar na avaliação dos efeitos dos impactos na comunidade bentônica, como a biometria das testas. Em condições de estresse ambiental, algumas espécies oportunistas mudam sua estratégia reprodutiva, tendo reprodução assexuada, que gera organismos menores de ciclo de vida curto e com taxa reprodutiva elevada (MURRAY,

1991). Além disso, em ambientes com tendências de hipoxia, os organismos normalmente possuem testas menores como estratégia de sobrevivência, aumentando a capacidade de assimilação do oxigênio (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993). Segundo Bricker *et al.* (2003) valores de oxigênio entre 1,4 e 3,5 mg/L são condições de estresse biológico, caracterizando estágios de hipoxia. No entanto, algumas espécies de foraminíferos, com adaptações específicas, podem sobreviver a tais condições, suportando até mesmo um determinado período de anoxia (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993).

Outro descritor ecológico que pode ser utilizado para o mapeamento de áreas com tendência à hipoxia é a porcentagem de testas piritizadas. Com a liberação do enxofre na decomposição da matéria orgânica pelas bactérias sulfurosas, nas testas dos foraminíferos ocorre o processo de piritização, que é a associação do enxofre com o ferro formando pirita ( $Fe_2S$ ) (SETTY, 1982). Esse composto gera manchas de coloração negra fáceis de serem identificadas em suas testas.

Para identificar áreas com elevadas taxas de sedimentação, comuns em áreas sob influência do cultivo, pode-se utilizar o índice da razão entre organismos vivos e totais. Nestes locais, a população morta de foraminíferos é “diluída” pelo sedimento depositado e a razão vivos:totais fica mais elevada (SETTY, 1982). Todavia, vale ressaltar que essa razão pode ser alterada por eventos periódicos como processos de transporte, eventos de *blooms* populacionais e de distrofia, etc.

A utilização da associação total de foraminíferos (vivos + mortos) oferece um quadro médio das condições ecológicas, filtrando a variabilidade sazonal (DEBENAY & GUILLOU, 2002), no entanto, há de se considerar algumas ressalvas, visto os diversos processos que podem interferir nessa razão. Após a morte, as testas sofrem alguns processos que podem alterar o retrato verdadeiro daquela população, como o transporte por correntes marinhas, o deslocamento por bioturbação, processos erosivos, diagenéticos, tafonômicos (de fossilização) e de dissolução da carapaça. Além do que, o período representado pela amostra vai depender de uma série de fatores como a profundidade do sedimento coletado, a taxa de sedimentação do ambiente, as condições hidrodinâmicas, etc. Mas, alguns estudos comparativos dos dois métodos de

abordagem, de associação viva versus associação total, demonstraram que a associação viva possuiu uma grande variabilidade ao longo do ano, enquanto que a associação total permaneceu praticamente estável, promovendo uma informação média (DEBENAY & GUILLOU, 2002). Sendo assim, é possível utilizar a associação total como método de análise da condição média, desde que se façam ressalvas às limitações do método nas suas interpretações (SCOTT *et al.*, 1995; BONETTI, 2000). Esse método permite concentrar o esforço amostral na área de estudo, aumentando a resolução espacial, quando o enfoque da pesquisa é avaliar a distribuição espacial da fauna, mas não considera a dinâmica das populações na variabilidade temporal e sazonal.

O diagnóstico ambiental baseado em foraminíferos pode ser, portanto, aplicado de acordo com uma série de descritores ecológicos, que se dividem principalmente em dois grupos: 1) diferenciações na morfologia e composição das testas (ALVE, 1995); e 2) na composição faunística, com os índices ecológicos e espécies ou grupos de espécies indicando diferentes graus de impactos de poluição por sua ausência, presença ou abundância (DEBENAY *et al.*, 2000). Mas, lembrando que, sempre deve-se procurar distinguir as mudanças naturais das antropogênicas, principalmente em áreas costeiras onde o ambiente já está sujeito a variações bruscas de salinidade, oxigênio dissolvido, intensidades de correntes, etc., que provocam estresses ambientais na biota (GESLIN *et al.*, 2002) e considerar as limitações dos métodos usados.

#### 3.4.1.3. Bioindicadores de enriquecimento orgânico

Dentro da classe dos foraminíferos, há uma gama de espécies e associações que permitem inferir sobre intervalos bem definidos de salinidade, temperatura, porcentagens de oxigênio dissolvido na água e concentrações de matéria orgânica no sedimento. Essas espécies bioindicadoras desempenham importante papel no desenvolvimento de pesquisas ecológicas (BONETTI, 2000).

As espécies calcáreas são típicas de ambientes com maior influência marinha, enquanto que os aglutinantes desenvolvem-se bem em áreas estuarinas mais interiores, com menor salinidade e maior variação hidroquímica. Exemplos de espécies

costeiras características de áreas mais marinhas: *Ammonia tepida*, *Criboelphidium excavatum*, *Bulimina* spp., e de maior influência continental: *Ammobaculites exiguus*, *Gaudryina exilis*, *Miliamina* spp., *Trochammina* spp., e *Ammotium salsum* (DEBENAY *et al.*, 2000).

Altas concentrações de matéria orgânica e baixos teores de oxigênio dissolvido também restringem o desenvolvimento de espécies mais sensíveis. Quando ocorrem tais mudanças por fatores naturais ou antropogênicos, essas espécies são substituídas por espécies mais tolerantes. Alguns exemplos de espécies indicadoras de sedimentos ricos em matéria orgânica e com tendências de hipoxia são: *Eggerella advena*, (ALVE, 1995), *Buliminella elegantissima* (BONETTI, 2000; BURONE *et al.*, 2006), *Ammonia tepida* (BURONE *et al.*, 2006), *Ammotium cassis*, que também indica áreas de alta turbidez (SCOTT *et al.*, 1995), dentre outras. O grupo formado por buliminídeos e bolivinídeos também têm sido utilizado para o mapeamento de áreas marinhas restritivas, pois estas espécies são oportunistas e tolerantes a áreas organicamente enriquecidas, principalmente em ambientes lamosos e com tendências à hipoxia (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO 1993; BONETTI, 2000).

### **3.5. FISILOGIA ENERGÉTICA DOS MOLUSCOS BIVALVES E AS INTERAÇÕES DO CULTIVO COM O MEIO**

Os estoques naturais de moluscos bivalves funcionam como reguladores de fluxos de nutrientes, sedimentação e produção primária, numa cadeia complexa de retro-alimentação positiva e negativa nos ecossistemas costeiros (DAME, 1996). Os processos de interação do cultivo com o meio são os mesmos referentes aos estoques naturais, mas em escalas bem maiores, capazes de provocar alterações ao nível do ecossistema costeiro (no caso de grandes sítios aquícolas). Os mecanismos responsáveis por essa interação são basicamente: a utilização de fontes de alimento particulado pelos moluscos cultivados e fauna associada (*biofouling*); a liberação do material não utilizado sob forma dissolvida (nutrientes inorgânicos) ou particulada (fezes e pseudofezes); e a retirada dos organismos cultivados durante a colheita (podendo desestabilizar o sistema) (CRANFORD *et al.*, 2003).

Os moluscos bivalves se alimentam basicamente de fitoplâncton, bactérias, nanoplâncton e matéria orgânica particulada presente no seston (DAME, 1996). Quando a água do ambiente é filtrada pelo molusco, as partículas passam primeiro por um sistema de seleção, principalmente por tamanho. As partículas de diâmetro superior à capacidade de ingestão do molusco são rejeitadas, sendo associadas a um muco protéico e eliminadas em forma de “pellets”, chamados de “pseudo-fezes” (FERRREIRA & MAGALHÃES, 2004). As partículas menores são ingeridas e passam pelo sistema digestivo e, o que não é absorvido, é liberado em forma de fezes (matéria inorgânica e produtos da digestão). Assim, os moluscos filtradores transformam partículas pequenas, em suspensão na água, agregados orgânicos de fácil sedimentação, transferindo os fluxos de matéria e energia da água para o sedimento (DAME, 1996).

A capacidade de filtração dos moluscos bivalves é bastante alta, podendo filtrar vários litros de água em poucas horas. Por isso, em grandes concentrações como nos cultivos, podem provocar alterações significativas tanto na coluna d'água como no sedimento (DAME, 1996). Em baixas proporções, este processo pode ser benéfico para o ambiente, mas, em elevadas, pode acarretar em conseqüências já retratadas nos itens anteriores sobre eutrofização bentônica (CRANFORD *et al.*, 2003).

A taxa de liberação das fezes e pseudo-fezes pelo molusco pode variar bastante com as condições ambientais do local e do cultivo. Dentre as ambientais estão: a disponibilidade do alimento (composição do fitoplâncton, quantidade e qualidade do seston: porcentagem de matéria orgânica e tamanho das partículas), a temperatura (clima da região e sazonalidade), a circulação da água, etc. Quanto ao molusco propriamente dito e ao cultivo, depende basicamente: da espécie, tamanho e estágio de maturação, densidade e tempo de submersão do cultivo (MELLO, 1999).

O comportamento das partículas liberadas pelos moluscos, também pode variar muito dependendo das condições locais, relacionadas principalmente, à capacidade assimiladora do ambiente. Nisso, irão interferir os processos físicos, como correntes de mistura e transporte, processos químicos e biológicos de decomposição e ciclagem do material, como a atividade microbiana e a estrutura trófica da comunidade bentônica.

Somente o material que resistiu a esses processos e formou uma camada compacta sedimentada no fundo, é o chamado de “biodepósito” (HARTSTEIN & ROWDEN, 2004).

Outro fator que pode interferir nos fluxos de nutrientes da coluna d'água e no aporte de matéria orgânica no sedimento, contribuindo com a formação do biodepósito, é a fauna associada ao cultivo e que fica aderida aos moluscos e às estruturas do cultivo, conhecida como “*biofouling*” (MAZOUNI *et al.*, 2001; CRANFORD *et al.*, 2003). Essa colonização também varia muito com as condições do local. Normalmente em regiões de clima tropical, com elevada produtividade, e nos ecossistemas costeiros com grande disponibilidade de nutrientes e áreas abrigadas, há uma diversidade e abundância maior dessas espécies colonizadoras. Em Santa Catarina já foram realizados alguns estudos retratando a presença de biofouling nos cultivos e os seus efeitos nos organismos cultivados (FERREIRA *et al.*, 1995; FREITAS, 1997). Os produtores tentam amenizar o problema aplicando técnicas de manejo para redução dos organismos incrustantes, mas principalmente no verão, há grande incidência de infestação.

As interações e os efeitos provocados pelo cultivo no ambiente são, portanto, altamente dependentes das variações locais do ambiente e do cultivo. Segundo Chamberlain *et al.* (2001), os fatores que mais influenciam na biodeposição do cultivo e na extensão e grau do impacto no meio são: a densidade, a estrutura física do sistema utilizado, a profundidade e a hidrodinâmica do local.

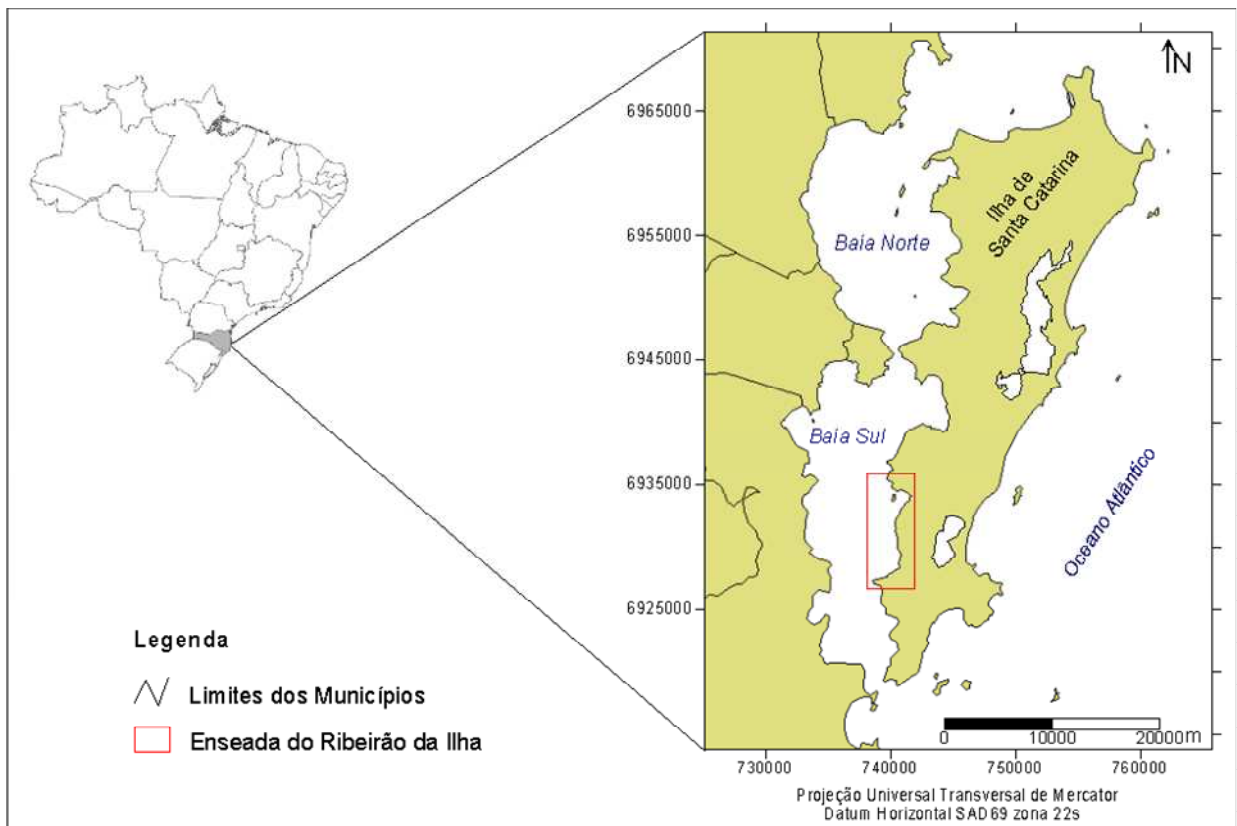
Diversos modelos têm sido empregados buscando a integração dos processos de interação do cultivo com o ambiente para avaliar a capacidade de suporte do meio e adequar o cultivo às condições ideais de densidade, tamanho da estrutura, profundidade, circulação, etc. (DAME, 1996). Mas ainda são necessárias bases de dados mais detalhadas, com estudos desenvolvidos no próprio ambiente e em laboratório, sobre o comportamento do cultivo e os processos de assimilação do ambiente, a fim de apurar os modelos e aproximá-los cada vez mais da realidade. Somente assim estes modelos poderão ser ferramentas efetivas nos processos de tomada de decisão, de planejamento e manejo da atividade aquícola.



#### 4. ÁREA DE ESTUDO

Santa Catarina se destaca como o maior produtor de ostras e mexilhões no Brasil, sendo que as principais espécies cultivadas são: a ostra exótica *Crassostrea gigas*, e o mexilhão *Perna perna*. O município de Florianópolis foi responsável, em 2005, por 54,4% da produção de ostras e 9,14% de mexilhões, do estado (EPAGRI, 2005). Os cultivos desse município concentram-se nos sistemas costeiros Baía Norte e Baía Sul, com os principais núcleos de produção em Sambaqui e Santo Antônio de Lisboa, na Baía Norte, e Ribeirão da Ilha e áreas próximas, na Baía Sul.

O local escolhido para a realização deste estudo fica na enseada do Ribeirão da Ilha (ou Costeira do Ribeirão). Esse distrito situa-se na região sudoeste da Ilha de Santa Catarina e integra o sistema costeiro da Baía Sul (Figura 2). Destaca-se como um dos locais de maior tradição de cultivo de moluscos no estado, com 98% da produção de Florianópolis.



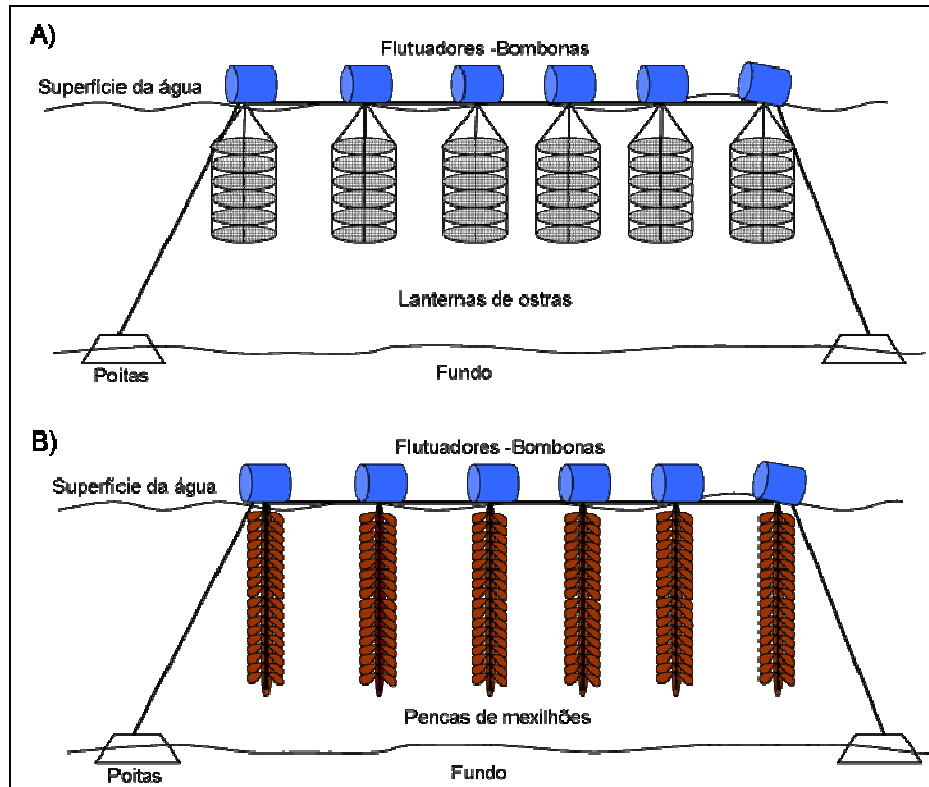
**FIGURA 2: Localização da área de estudo.**

#### **4.1. SISTEMAS DE CULTIVO E PANORAMA GERAL DAS FAZENDAS DO RIBEIRÃO DA ILHA**

Foi a partir da década de 90 que os cultivos começaram a atingir escala comercial no estado de Santa Catarina, e desde então existem sistemas de cultivo no Ribeirão da Ilha.

O sistema mais empregado na área é o suspenso flutuante de espinhel, conhecido também por “*long-lines*”. Esse sistema pode ser empregado em locais com profundidades variando de 4 a 40 m de profundidade, de correntes baixas a moderadas (podendo ser utilizada também em mar aberto). Necessita um maior investimento de implantação e manutenção, mas permite um maior aproveitamento da coluna d’água e menor impactação no meio (FERREIRA & MAGALHÃES, 2004). Nesse sistema, as cordas de mexilhão ou as lanternas de ostra são amarradas a cabos que ficam suspensos, paralelos à superfície da água e presos aos flutuadores que são ancorados ao fundo. Os organismos cultivados ficam constantemente submersos já que a estrutura acompanha a variação do nível do mar, e a altura das estruturas submersas vai depender da profundidade do local.

A diferença entre os sistemas empregados para o cultivo de mexilhões e ostras é quanto às estruturas de suporte para os moluscos. Os mexilhões possuem filamentos de fixação, chamadas de “*bisso*”, que lhes permitem ficar aderidos a substratos, que no caso do cultivo são as cordas. Já as ostras não possuem essa estrutura e, portanto, precisam ser sustentadas em pequenas plataformas de plástico (os “*andares*”) que ficam numa estrutura envolta por uma rede, formando a “*lanterna*” (Figura 3). Em geral, os cultivos de Santa Catarina ficam em áreas abrigadas e rasas (2 a 5 m). A densidade média utilizada para a semeadura das cordas de mexilhão é de 1,5 a 2,0 kg de sementes por metro, resultando numa produção final de 700 a 800 mexilhões por “*penca*” (7 a 9 meses de cultivo) (FERREIRA & MAGALHÃES, 2004). Estas cordas são dispostas a uma equidistância de 0,5 m nos espinhéis. As ostras, por sua vez, normalmente chegam no final da produção (10 a 12 meses) com uma densidade de 40 a 70 ostras por andar, resultando em uma média de 360 a 420 ostras por lanterna, dispostas nos espinhéis numa equidistância de 1 m.



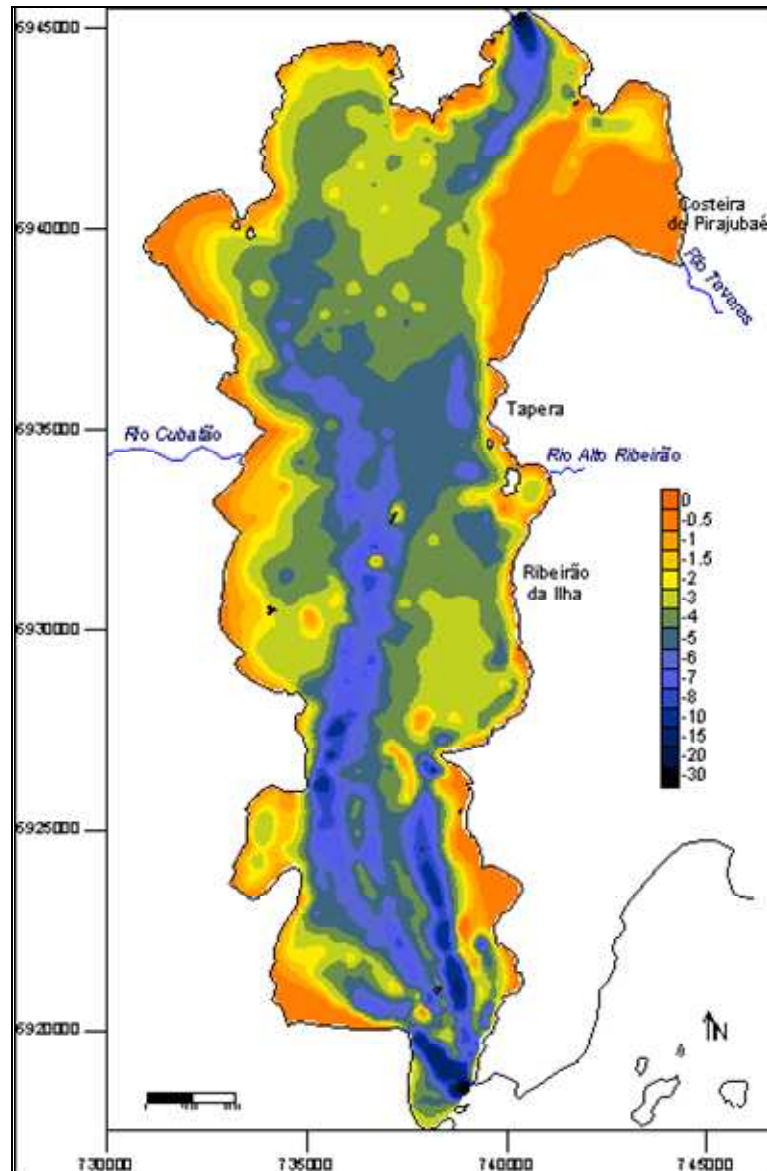
**FIGURA 3: Desenho esquemático do sistema de cultivo suspenso flutuante de espinheis (long-lines), no Ribeirão da Ilha: A) lanterna de ostras B) pencas de mexilhões.**

#### 4.2. CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DA BAÍA SUL

Entre a Ilha de Santa Catarina e o continente ( $27^{\circ}20'S$  e  $27^{\circ}50'S$ ) encontra-se um sistema costeiro formado por dois corpos d'água semi-confinados, denominados de Baía Norte e Baía Sul. A formação desse sistema provavelmente está associada a movimentos tectônicos pós-cretáceos e a oscilações eustáticas do nível médio do mar no Quaternário. Os dois corpos comunicam entre si por meio de um canal de ligação localizado na porção central da ilha, com aproximadamente 550 m de largura e 30 m de profundidade máxima, e são alimentados pelo Oceano Atlântico através de aberturas nas extremidades norte e sul. O sistema todo possui uma área de aproximadamente 430 km<sup>2</sup>.

A Baía Sul possui cerca de 30 km de comprimento máximo e 6,8 km de largura média, com uma área total de 125 km<sup>2</sup>. O relevo de fundo é relativamente plano e raso (5 m em média), com as maiores profundidades ocorrendo nos canais de circulação que

ficam mais próximos ao eixo central (máx. 9,5 m) e na desembocadura sul (Figura 4). A abertura para o Oceano Atlântico possui cerca de 830 m de largura e 30 m de profundidade, o que caracteriza um canal de ligação estreito (SILVA, 2002).



**FIGURA 4: Batimetria da Baía Sul com escala de 0 a 30 metros.** Fonte: Adaptado de Moller (2005).

#### 4.3. HIDRODINÂMICA LOCAL

De modo geral, as baías são protegidas das ondulações do oceano adjacente, que se propagam em direção à costa. Apenas em eventos oceano-climatológicos mais intensos e persistentes, como em ressacas, que os efeitos são sentidos no interior da

Baía Sul, com a intensificação de correntes, podendo provocar até a ressuspensão de sedimentos em áreas mais rasas (PRUDÊNCIO, 2003).

As principais forças motoras do movimento das águas na Baía Sul estão relacionadas às correntes geradas pela oscilação da maré e induzidas pela ação dos ventos. As marés são do tipo micromarés (< 2 m), com amplitudes máximas de 1,4 m para o porto de Florianópolis (DHN, 1998), e regime predominante semi-diurno. Os ventos dominantes são de direção norte-nordeste e promovem o transporte das águas costeiras para o oceano aberto. Já os de direção sul, embora menos freqüentes, são mais intensos e ocorrem, normalmente, associados à passagem de frentes frias - fenômeno que no sul do Brasil ocorre o ano todo (MELO *et al.*, 1997). Esses ventos ocasionam o efeito contrário ao dos ventos nordeste e promovem o empilhamento da água junto à costa (explicado pelo transporte de Ekman).

No sul do Brasil, a maré meteorológica possui um efeito equivalente à maré astronômica, ou seja, ambas atuam com mesma intensidade, devido à proximidade da região à zona de geração dos sistemas atmosféricos (TRUCCOLO, 1998). Sendo assim, as condições hidrodinâmicas variam bastante de acordo com as condições meteorológicas, por isso, deve-se sempre levar em consideração a associação dessas duas forçantes na área de estudo (PRUDÊNCIO, 2003).

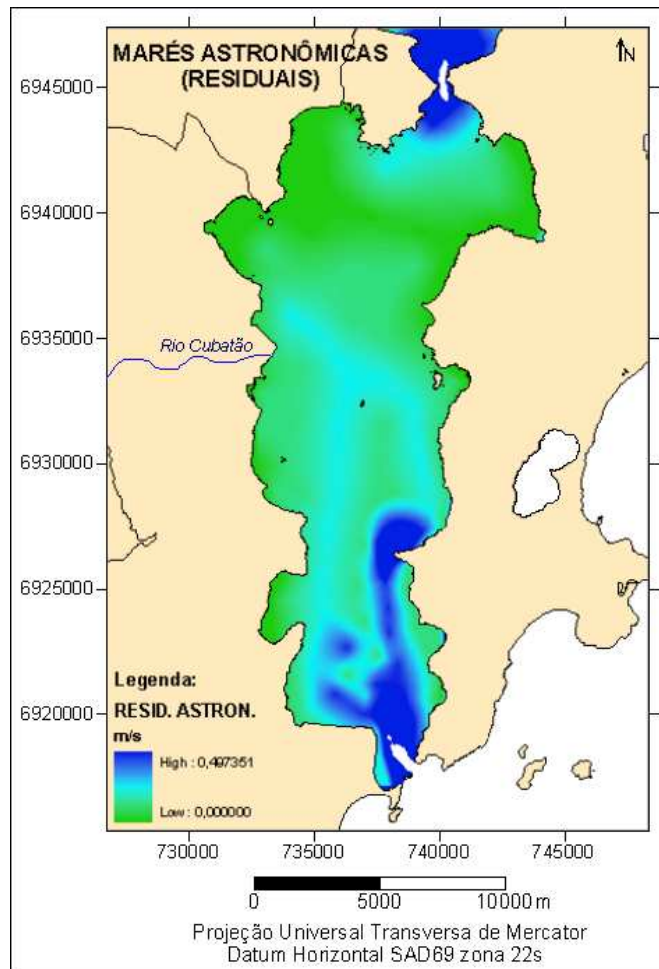
As correntes induzidas pela ação das marés se propagam, em geral, em sentidos opostos e concomitantes, no interior das Baías Norte e Sul, sendo uma provinda da abertura da Baía Norte e outra da Baía Sul com o Oceano Atlântico. O encontro dessas águas, durante a maré de enchente, ocorre normalmente na porção superior da Baía Sul (na altura do Rio Cubatão). Isto pode ser explicado devido à abertura da Baía Norte ser bem maior e fisiografia da linha de costa menos recortada, o que permite a entrada de um grande volume d'água percorrendo uma distância maior em menos tempo que as águas que penetram pela Baía Sul. O canal de ligação da Baía Sul com o oceano é bastante estreito e ao se propagarem em direção às margens as correntes vão diminuindo de velocidade, principalmente, devido às barreiras físicas de profundidade e da fisiografia recortada da linha de costa que é mais expressiva na Baía Sul, (principalmente na margem oeste). Por isso as água que penetram pela Baía Sul

demoram mais tempo para percorrer a mesma distância que as águas que penetram pela Baía Norte, tendo o encontro dessas massas d'águas na porção centro-norte da Baía Sul. Quando essas massas se encontram, os gradientes de nível d'água responsáveis pelo movimento horizontal diminuem, enfraquecendo as correntes e gerando um fenômeno denominado de tombo de maré ou onda estacionária (MELO *et al.*, 1997). A região onde ocorre esse fenômeno (na porção centro-norte da Baía Sul) é caracterizada, portanto, por uma hidrodinâmica bastante baixa.

No entanto, a presença do canal estreito de ligação com o oceano na porção sul da Baía Sul, também promove a intensificação das correntes neste local, devido ao afunilamento da massa de água provinda do oceano, gerando uma área de hidrodinâmica intensa. Esta condição aumenta ainda mais sob influência conjugada de fenômenos oceanográficos (marés de sizígia) e meteorológicos, tais como a passagem de sistemas de baixa pressão (frentes frias), que intensificam os ventos locais (PRUDÊNCIO, 2003) e ondulações fortes em eventos de ressacas.

No eixo central da Baía Sul os canais de maior profundidade, denominados de canais de circulação, permitem um fluxo de correntes mais intensas (SILVA, 2002). Esses canais são projetados paralelamente à linha de costa e se localizam mais próximos à porção sul e ao eixo central da Baía. Alguns, porém, passam bem próximos à costa, como pode ser observado na região sul e central do Ribeirão da Ilha (Figura 4). À medida que as correntes se propagam em direção ao interior da Baía, as intensidades diminuem gradualmente até atingirem a região do tombo de maré.

Melo *et al.* (1997) elaboraram um modelo hidrodinâmico para as Baías Norte e Sul a partir de dados históricos de maré, o que permitiu analisar o comportamento da propagação das correntes de maré no interior desta área (Figura 5). Através deste modelo, é possível identificar os locais de menor ação hidrodinâmica, localizados na região de tombo de maré e nas áreas próximas à linha de costa, assim como as áreas de maior hidrodinâmica, próximas ao canal sul de ligação com o oceano e nos canais de circulação no eixo central.



**FIGURA 5: Mapa de distribuição das velocidades de correntes residuais da maré astronômica da Baía Sul gerado pelo modelo proposto por Prudêncio (2003).** Fonte: Adaptado de PLDM – Plano local de Desenvolvimento da Maricultura/SC, inédito.

Prudêncio (2003) trabalhou com o modelo hidrodinâmico desta área, considerando também as forçantes meteorológicas e avaliando, assim, a propagação das correntes sob diferentes condições climatológicas e a distribuição das correntes residuais num ciclo de 28 dias. Os resultados apresentam uma leve tendência de sul para norte e verificou-se a presença de vórtices de maré (ciclônicos e anticiclônicos) em locais de grande representação morfológica, como nos canais de ligação e adjacências. O próprio autor relata que essa distribuição pode indicar locais preferenciais de transporte de sedimentos ou de deposição, e pode sugerir locais mais próprios ou impróprios para o cultivo de moluscos.

#### 4.4. CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS

A geologia da área continental e insular que circunda o sistema costeiro da Baía Sul é composta por duas províncias principais: o embasamento cristalino, mais antigo, representado pelas unidades Escudo Catarinense e Formação Serra Geral (granitos, riolitos e diabásicos) e a planície costeira, mais recente, representada pelos sedimentos de origem continental, transicional e marinha (CARUSO, 1993).

Na Baía Sul, há diferentes padrões de distribuição granulométricas, relacionados aos diferentes processos de deposição. Na porção norte, há presença de depósitos de sedimentos finos, principalmente nas proximidades do Saco dos Limões e Aeroporto de Florianópolis (Rio Tavares). Essa região possui ecossistemas marginais de mangue que se estendem da Costeira de Pirajubaé até a Ponta de Caiacanga-Mirim, formando o manguezal do Rio Tavares. O principal contribuidor do aporte de sedimentos finos vem da erosão continental, pelo transporte dos rios e a lixiviação provocada pela chuva. Os sedimentos finos que entram no sistema tendem a se depositar nas áreas de menor hidrodinâmica, localizadas na região norte da Baía Sul, onde ocorre o fenômeno do tombo de maré. Esses fatores provavelmente levaram à formação de depósitos lamosos na região. Já na porção sul, a distribuição granulométrica é caracterizada pela influência da ação das correntes mais intensas, o que favorece a deposição de sedimentos mais arenosos (SILVA, 2002).

Existe, portanto, um padrão bem selecionado no setor sul, de granulometria grossa, determinado pelas maiores intensidades de correntes, moderadamente selecionado no setor central e pobremente selecionado no setor norte da Baía Sul, com predominância de finos (SILVA, 2002). Bonetti *et al.* (2006) propõem a divisão da Baía Sul em dois principais sub-ambientes a partir de descritores sedimentológicos, tais como o percentual de lama e constituintes orgânicos (teores de matéria orgânica total, C, N, S e carbonatos biodetríticos). O sub-ambiente da porção norte se estende do limite com a Baía Norte até a altura do rio Cubatão (coincidindo com a região de tombo de maré), e o sub-ambiente sul, da altura do rio Cubatão até a desembocadura da Baía. Foram verificados ainda dois sub-ambientes de menor representatividade espacial, referentes às áreas marginais do norte (com forte influência dos ecossistemas de



mangue, rios e áreas urbanizadas) e um sub-ambiente dos cultivos de moluscos, caracterizados por sedimentos mais finos (lamas siltosas) e maiores teores de constituintes orgânicos em relação às áreas adjacentes, principalmente nitrogênio, enxofre e carbonato biodetrítico.

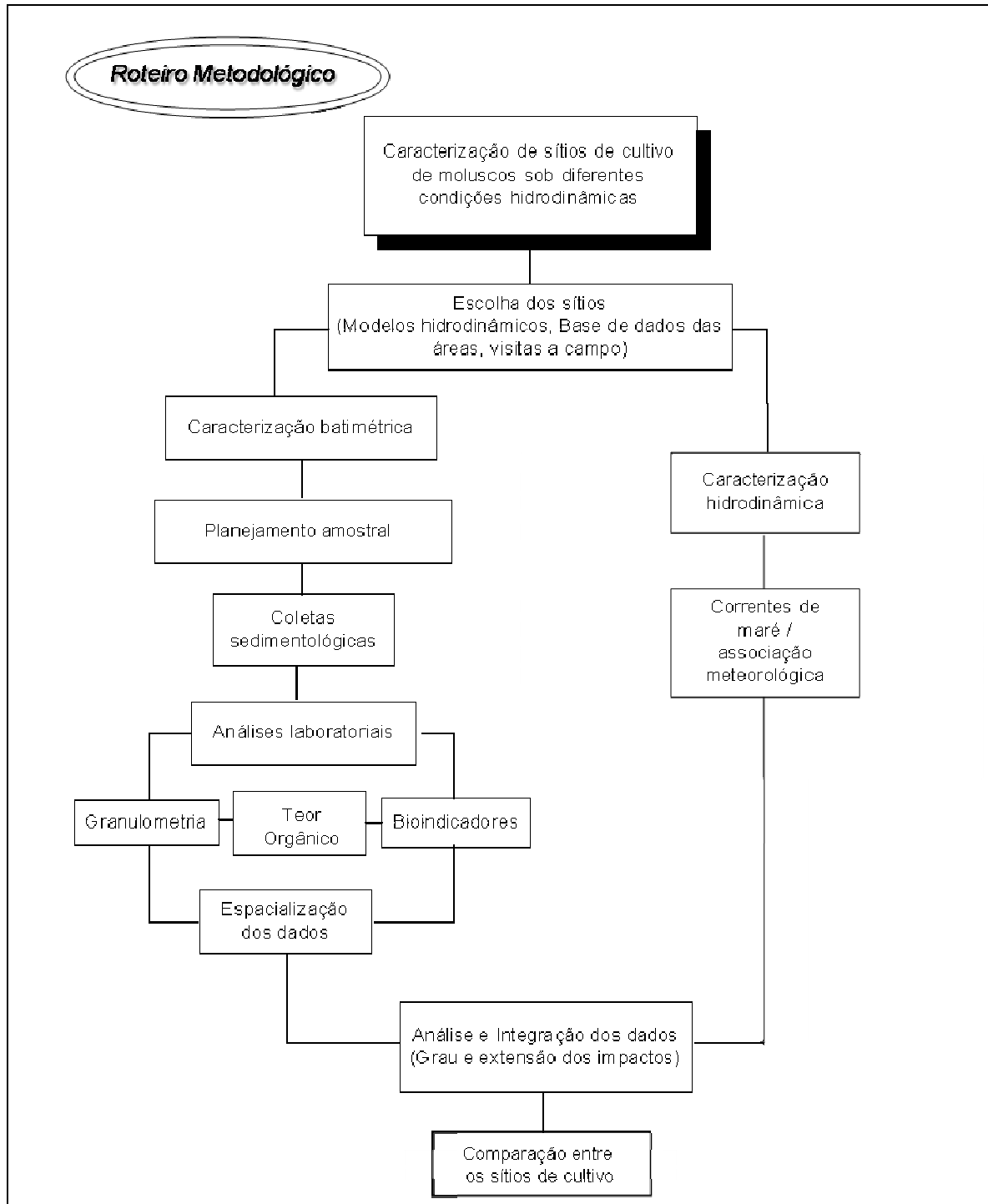
#### **4.5. CARACTERÍSTICAS BIOGEOGRÁFICAS DA FAUNA DE FORAMINÍFEROS**

A composição faunística das associações de foraminíferos da plataforma brasileira e os padrões de distribuição são melhor compreendidos se contextualizados em zonas biogeográficas. O litoral brasileiro está inserido na Província Biogeográfica das Índias Ocidentais (Caribenha ou Caraíblica), e pode ainda ser dividido em três Sub-Províncias de acordo com Lejnitz *et al.*, (1999): A Sub-Província Sul-Brasileira que engloba a área de estudo da Baía Sul (SC), se estende desde o paralelo 23° S (Cabo Frio/RJ) até o 33° S (Rio Grande/RS) (DULEBA *et al.*, 2005).

A Baía Sul caracteriza-se como um sistema poli-mixohalino, com baixa contribuição de água doce continental e forte influência da Água Tropical (AT) que se desloca relativamente próxima à costa (SALLES, 1991). A área está sob a influência de uma convergência subtropical – encontro das águas tropicais da corrente do Brasil, com temperaturas de 18 a 24 °C e salinidade de 31 a 36, e a corrente das Malvinas, que possui temperaturas e salinidades inferiores (5 a 9 °C e 33 a 34 unidades de salinidade). A mistura das águas quentes da corrente do Brasil com as águas frias da corrente das Malvinas proporciona a ocorrência de uma fauna mista, com espécies tropicais e sub-tropicais (DULEBA *et al.*, 2005). Algumas espécies comumente encontradas na plataforma continental da região sul e sudeste do Brasil são: *Ammonia tepida*, *Ammonia parkinsoniana*, *Buliminella elegantissima*, *Pseudononion atlanticum*, *Haynesina germanica*, *etc.* (BONETTI, 2000; RODRIGUES *et al.*, 2003; BURONE & PIRES-VANIN, 2006).

## 5. METODOLOGIA

As etapas do trabalho estão esquematizadas na Figura 6.



**FIGURA 6: Roteiro metodológico de pesquisa.**

## 5.1. SELEÇÃO DOS SÍTIOS

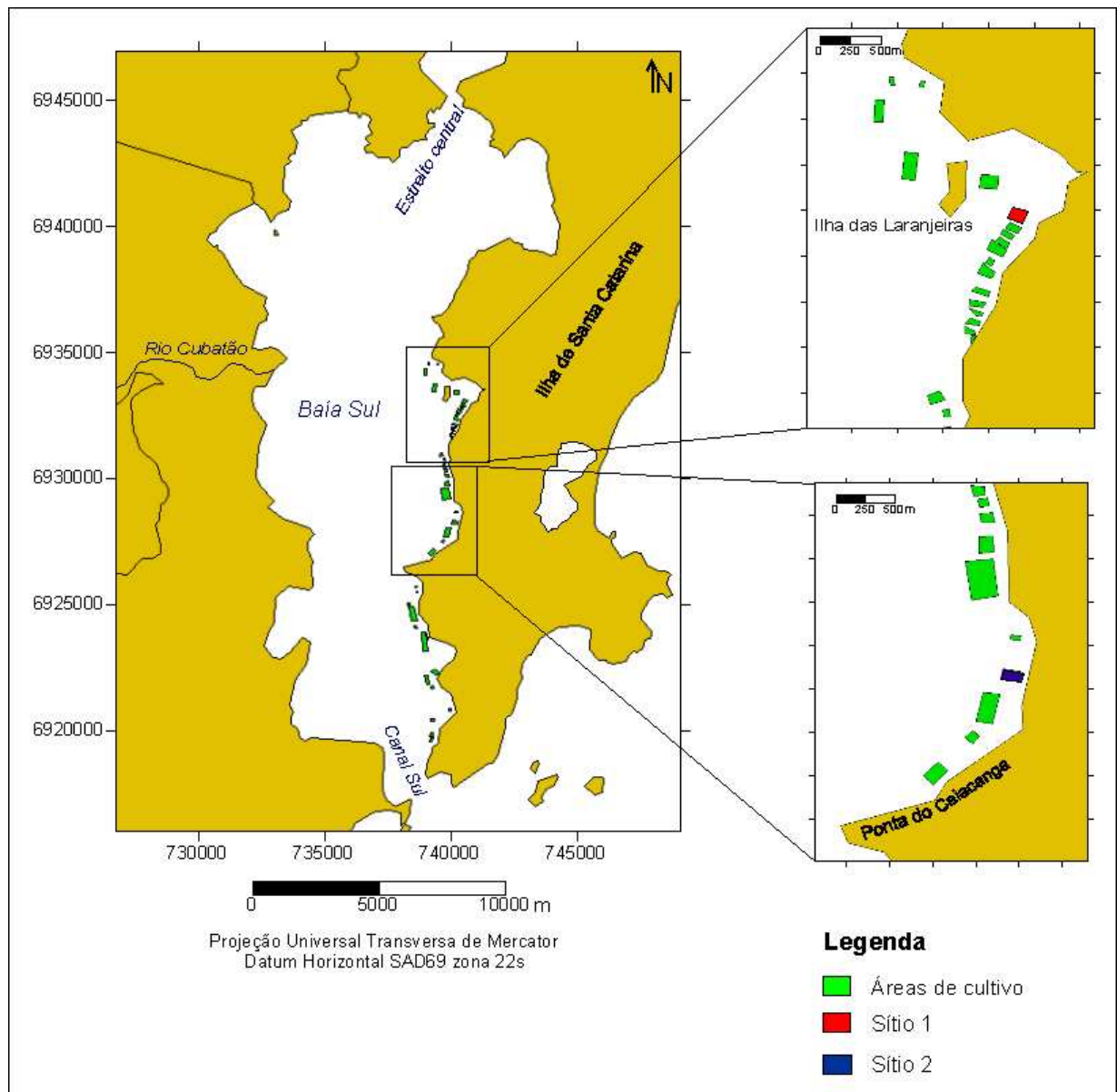
Os dois sítios escolhidos para o estudo foram definidos a partir de critérios, primeiramente hidrodinâmicos, tendo como objetivo escolher áreas com diferentes graus de exposição às correntes, e secundariamente pelas características e condições do cultivo, buscando neste caso condições mais semelhantes possíveis para possibilitar a comparação entre os sítios. Para tal, foram utilizados os modelos hidrodinâmicos propostos por Melo *et al.* (1997) e Prudêncio (2003) como avaliação preliminar do gradiente hidrodinâmico ao longo da área de estudo e uma base de dados disponibilizados pela EPAGRI (Empresa Agropecuária e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina) com as áreas de cultivo do Ribeirão da Ilha catalogadas e georreferenciadas (EPAGRI/IGEOF, 2004). As coordenadas dos polígonos das áreas de cultivo foram digitalizadas e plotadas com auxílio dos *softwares* “GPS-Trackmaker” e “Arcview 3.2”, a fim de gerar um mapa com as áreas do Ribeirão da Ilha.

Depois de identificar algumas áreas potenciais para o estudo, foram realizadas visitas a campo para análises *in situ* das características sedimentológicas e das condições do cultivo, assim como, para solicitar a autorização aos produtores para a realização da pesquisa. Foi averiguada a presença de fatores externos que poderiam ocasionar interferências nos ambientes deposicionais próximos aos sítios. Dentre estes foram considerados: a presença de aportes fluviais, sobretudo aqueles mais susceptíveis ao aporte de sedimentos continentais (locais com solo exposto) e a proximidade de outras fontes de aporte orgânico natural (manguezais) e antrópico (esgotos domésticos), que poderiam mascarar os efeitos ocasionados pelo cultivo no ambiente.

Nas visitas a campo foram reunidos dados referentes aos sistemas de cultivo, sendo considerados: a espécie de molusco cultivada, o sistema utilizado (estacas ou *long-lines*), a estrutura física (tamanho da área, orientação em relação à linha de costa), densidade de organismos cultivados por metro cúbico, profundidade e idade da fazenda de cultivo, a fim de escolher sítios com características mais próximas possíveis, conforme recomendado por Chamberlain *et al.* (2001).

### 5.1.1. Sítios escolhidos

Os dois sítios selecionados para o estudo estão apresentados na figura 7. Há algumas diferenças quanto ao tamanho, densidade e tempo de cultivo, mas de forma geral foram os que tiveram maiores semelhanças quanto aos aspectos produtivos e considerados em locais sob diferentes condições hidrodinâmicas.



**FIGURA 7:** Áreas de cultivo do Ribeirão da Ilha (EPAGRI/IGEOF, 2004) e sítios de cultivo selecionados para o estudo: Sítio 1 – Alto Ribeirão e Sítio 2- Praia do Museu.

### 5.1.2. Sítio 1- Alto Ribeirão

O sítio 1, denominado no estudo como sítio Alto Ribeirão, localiza-se no norte do Ribeirão da Ilha (6933360,7 N, 740792,3 L), onde há uma reentrância na linha de costa protegida pela Ilha das Laranjeiras (Figura 7). Esta área fica na altura do Rio Cubatão, e enquadra-se no sub-ambiente norte da Baía Sul, descrito por Bonetti *et al.* (2006). A predominância de sedimentos finos, mal selecionados e com teores de constituintes orgânicos mais elevados (SILVA, 2002; BONETTI *et al.*, 2006), pode estar relacionada à menor energia hidrodinâmica desse trecho, já que fica próximo à zona onde ocorre o tomo de maré (MELO *et al.*, 1997; PRUDÊNCIO, 2003). Além disso, essa área conta com a presença próxima do Rio Alto Ribeirão, que contribui com o aporte orgânico na Baía. Neste trecho o fundo é relativamente plano com pequenas variações de profundidade numa escala de 1 a 3 m.

No sítio escolhido para estudo, o sistema de cultivo empregado é o suspenso flutuante “*long-line*” (espinhel). As espécies cultivadas são a ostra *Crassostrea gigas* e o mexilhão *Perna perna*, em espinhéis alternados. Ao total são 18 espinhéis alinhados paralelamente à linha de costa. O cultivo possui uma área de 100 x 150 m, com o maior lado perpendicular à linha de costa e está em funcionamento desde o ano 2000. O cultivo encontra-se ainda em fase expansiva de produção, sendo que os últimos 6 espinhéis, voltados para o interior da Baía, haviam sido colocados apenas 5 meses antes da realização das coletas sedimentológicas. O cultivo se divide, portanto, numa área mais antiga, com 7 anos de produção e outra mais recente, de apenas 1 ciclo de produção, com 5 meses (até a data das coletas sedimentológicas).

### 5.1.3. Sítio 2- Praia do Museu

O sítio 2 localiza-se mais ao sul do Ribeirão (6928689,48 N, 740414,1 L), um pouco antes da Praia do Museu (Figura 7), por isso foi denominado sítio Praia do Museu. Esse trecho é caracterizado por um gradiente hidrodinâmico mais elevado que o anterior, devido a sua maior proximidade à desembocadura sul da Baía e também pela presença de um canal mais profundo de circulação, próximo à linha de costa, que chega a passar pela área do sítio. As profundidades variam de 2 a 5 m.

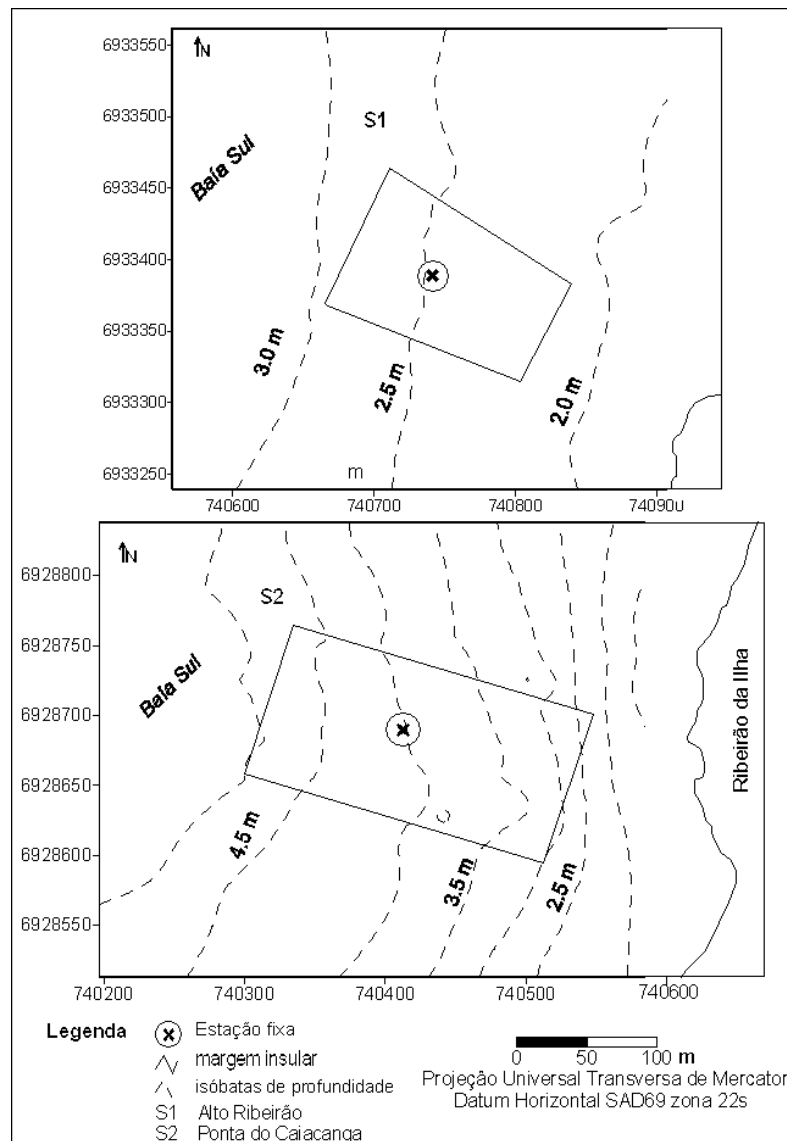
O sistema de cultivo utilizado neste sítio também é do tipo “*long-line*”, possuindo 18 espinhéis enfileirados paralelamente à costa. 70% deste cultivo é ocupado pela ostra *Crassostrea gigas* e 30% por mexilhões *Perna perna*. A área do cultivo é de 100 x 200 m. Esse sítio está em funcionamento desde 1997, totalizando 10 anos de atividade. Durante este período houve expansão da área até o tamanho em que se encontra hoje.

## 5.2. CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA E FÍSICO-QUÍMICA

Para avaliar os diferentes gradientes hidrodinâmicos existentes entre os sítios escolhidos, foi realizada uma campanha de coleta de dados hidrodinâmicos nos dias 25 e 26 de novembro de 2007. O estudo foi realizado em dias consecutivos a fim de obter os dados de cada sítio sob condições semelhantes de regime de marés e ventos. Com a finalidade de analisar a amplitude das forças que atuam com maior intensidade hidrodinâmica na Baía Sul, optou-se por realizar o monitoramento sob uma condição de maré de sizígia e ventos predominantes da direção sul. Muitos modelos de biodeposição (JUSUP *et al.*, 2007) consideram apenas as correntes médias do local, que é importante, mas não suficiente para prever a condição média ambiental da interação do cultivo com o meio. Os próprios autores reconhecem as limitações dos modelos frente à ausência de outros fatores importantes na determinação da formação do biodepósito, como eventos de ressuspensão. Assim, o presente trabalho buscou abordar a caracterização hidrodinâmica em eventos oceano-climatológicos mais extremos.

As correntes foram medidas durante um ciclo de maré completo (13 horas), conforme sugerido por Chamberlain *et al.* (2001), numa estação fixa das 9 às 22 horas, em cada sítio. Os dados foram adquiridos por meio de um correntômetro *Acoustic Doppler Current Profiler* – ADCP, fundeado numa embarcação próximo ao centro da área dos cultivos (6933360,7 N, 740792,3 L - sítio Alto Ribeirão e 6928689,4 N, 740414,1 L - sítio Praia do Museu, Figura 8). O equipamento foi programado para adquirir dados em intervalos de 10 min. em células de 17 cm (Alto Ribeirão) e 30 cm (Ponta do Caiacanga) de profundidade.

Foram determinados os valores de corrente em toda a coluna d'água, exceto na zona de sombra do equipamento, numa faixa de aproximadamente 50 cm da superfície da coluna d'água. Os dados de correntes foram processados e analisados no *software* "ACDP View Data". Para a comparação entre os sítios foi utilizado o valor médio da velocidade e direção das correntes.



**FIGURA 8: Mapa do sítio Alto Ribeirão (S1) e sítio Praia do Museu (S2) indicando o local de amostragem dos dados hidrodinâmicos.**

Simultaneamente à aquisição dos dados de correntes foi realizado um monitoramento dos parâmetros hidro-físico-químicos na superfície e fundo da coluna

d'água, onde estava instalado o ADCP. Os parâmetros analisados foram: temperatura, oxigênio, pH, salinidade e turbidez, com a finalidade de analisar o comportamento dessas propriedades em resposta às condições hidrodinâmicas.

Como complemento aos estudos hidrodinâmicos foram coletados dados horários de velocidade e direção dos ventos, registrados pela estação meteorológica do Aeroporto Hercílio Luz (Florianópolis) que fica próximo à área de estudo. Além disso, foi monitorado o deslocamento dos sistemas atmosféricos, que propagaram sobre a região Sul do Brasil, durante os dias da campanha. Essas informações foram obtidas através do registro de imagens de satélite associadas às cartas de pressão atmosférica, disponibilizadas pelo CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

### **5.3. BATIMETRIA DETALHADA**

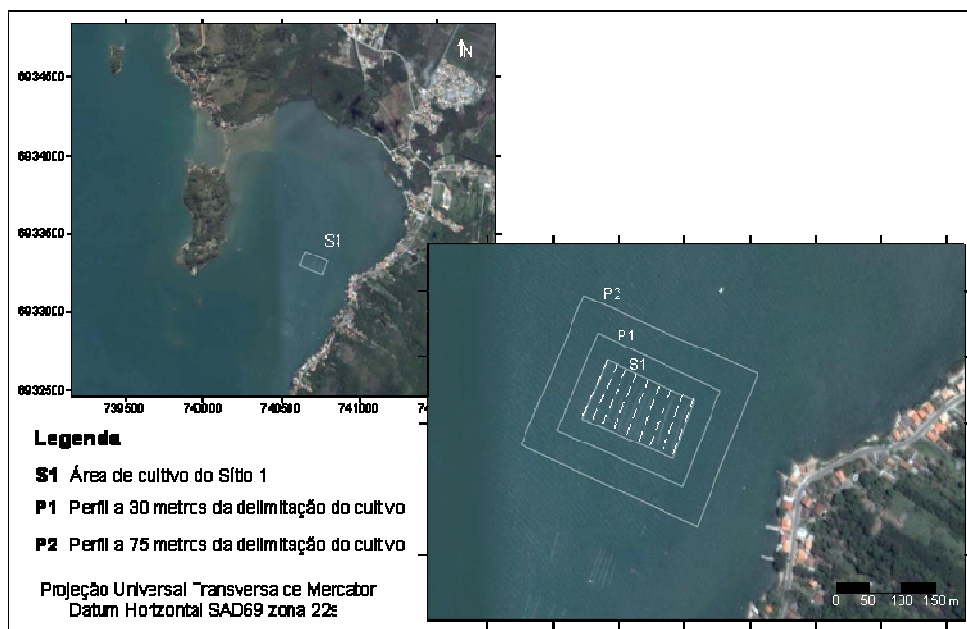
A batimetria detalhada das áreas dos sítios foi realizada com auxílio de um DGPS (*Differential Global Positioning System*) submétrico, associado a uma ecossonda manual (Hondex) e uma mira graduada em centímetros (com 5 metros de alcance máximo). As coletas foram realizadas nos dias 13 de março de 2007, no sítio Praia do Museu, e 07 de maio de 2007, no sítio Alto Ribeirão, ambas em maré de quadratura (menor variação).

A malha amostral dos pontos foi concentrada numa área de 300 x 250 m no sítio Alto Ribeirão e 350 x 250 m no sítio Praia do Museu, abrangendo a área dos cultivos e seu entorno. Dentro do sítio, os pontos foram distribuídos em 13 perfis longitudinais, acompanhando as estruturas dos espinhéis, com aquisições de profundidade a cada 20 m, e no seu entorno foram realizados dois perfis de contorno com distanciamentos de 30 e 75 m dos limites do cultivo (P1 e P2), também com aquisições a cada 20 m (Figuras 9 e 10).

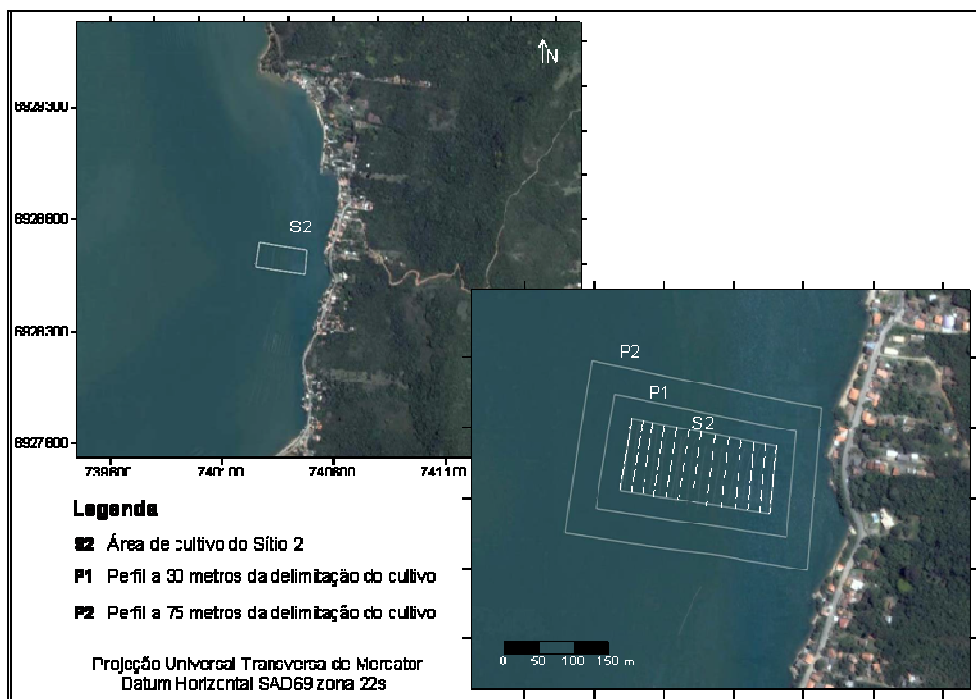
Os pontos dentro do cultivo foram medidos com a mira e a ecossonda, mas nos perfis externos foi utilizada somente a ecossonda, devido às maiores profundidades. O controle da variação de maré durante a campanha foi obtido com auxílio de uma régua



fundeada em local próximo. Após o campo, os dados foram tratados em gabinete para as devidas correções e processamento das análises.



**FIGURA 9: Área de amostragem da batimetria detalhada no sítio Alto Ribeirão.**



**FIGURA 10: Área de amostragem da batimetria detalhada do sítio Praia do Museu.**

Para a correção dos dados em relação à maré foi aplicada uma equação de regressão obtida pela variação do nível (amplitude da maré) durante o período

amostrado. Os dados da sonda também foram corrigidos em relação aos da mira, com uma equação de regressão obtida através de 14 pares de dados medidos simultaneamente por ambos os equipamentos.

- Sítio Alto Ribeirão: - Correção da sonda:  $y=1,0411x + 0,0813$  ( $R^2=0,96$ );  
- Correção da Maré:  $y=0,0002x + 1,0525$  ( $R^2=0,62$ );
- Sítio Praia do Museu: - Correção da sonda:  $y=1,07x$  ( $R^2=0,93$ );  
- Correção da Maré:  $y=-0,005x+0,296$  ( $R^2=0,79$ ).

Onde  $x$  é o valor medido e  $y$  é o valor corrigido.

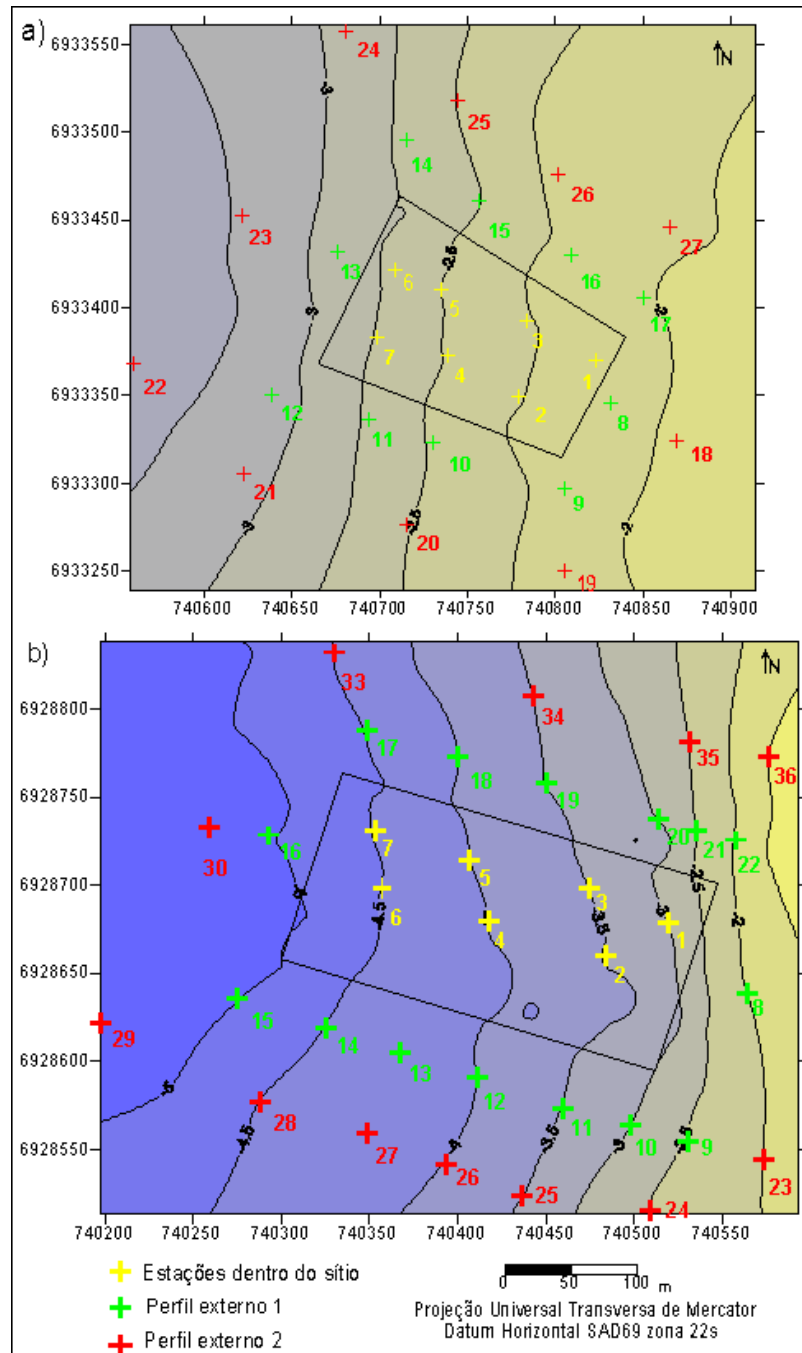
Após as correções, os dados foram tabulados e interpolados no *software* “SURFER 8”, utilizando o método de *Krigagem* para a geração de um mapa de superfície contínua das isolinhas batimétricas e do MDT (Modelo Digital de Terreno). Com o auxílio destes mapas, buscou-se visualizar a fisiografia da área, tomando-a como base para o planejamento amostral das coletas de sedimento destinada as análises biogeoquímicas.

## 5.4. PARÂMETROS BIOSSEDIMENTOLÓGICOS

### 5.4.1. Planejamento amostral

Para a análise dos parâmetros biossedimentológicos foram definidos 27 pontos no sítio Alto Ribeirão, e 36 pontos amostrais no sítio Praia do Museu. Os pontos foram ordenados segundo o gradiente batimétrico e o distanciamento da área de entorno do cultivo, sendo distinguidos três grupos: 1) perfis localizados no interior da área do cultivo (“influência direta”), 2) perfis localizados a 30 m de distância da área de cultivo (“influência indireta”) e 3) perfis localizados a 75 m de distância da área de cultivo (supostamente “fora da área de influência”). Em relação ao gradiente batimétrico, as estações de coleta foram posicionadas de forma a acompanhar a variação batimétrica local, considerando intervalos de 0,25 m de profundidade no sítio Alto Ribeirão, e 0,5 m no sítio Praia do Museu. As estações planejadas foram plotadas sobre os mapas batimétricos, gerados após o levantamento da batimetria detalhada das áreas,

utilizando o programa "Surfer 8". A partir deste foram obtidas as coordenadas geográficas de cada estação, as quais foram transferidas e arquivadas no DGPS para navegação e identificação das estações durante o campo (Figura 11).



**FIGURA 11: Planejamento da amostragem sedimentológica do sítio Alto Ribeirão (a) e sítio Praia do Museu (b), sobreposta à malha batimétrica e ao contorno das áreas dos cultivos.**

As coletas do sítio Praia do Museu foram realizadas nos dias 28 e 29 de março de 2007 e do sítio Alto Ribeirão no dia 15 de maio de 2007, ambas durante o outono. Como o objetivo da investigação era fazer a análise da variação espacial da formação dos biodepósitos em função das características oceanográficas dominantes em cada sítio, não foi considerada a variação inter-anual, tendo-se o cuidado de realizar as coletas durante a mesma estação. Vale ressaltar, no entanto que essa variação pode ser bastante importante, sendo sugerida como estudo para trabalhos futuros.

#### **5.4.2. Coletas**

As coletas biossedimentológicas foram realizadas no sedimento superficial de fundo (primeiros centímetros de profundidade) com auxílio do amostrador tipo Van-Veen e armazenadas sob refrigeração até o momento das análises. Durante o campo foram realizadas observações *in situ* quanto à textura e cor do sedimento (THE ROCK-COLOR CHART COMMITTEE, 1991), presença de camada de oxi-redução, presença de biodetrítos e organismos vivos, odor e presença de biofilme de algas.

#### **5.4.3. Análises laboratoriais**

Imediatamente após as coletas, as amostras foram divididas em 4 sub-amostras, uma para cada tipo de análise e uma de contra prova. Os parâmetros analisados derivaram de: análises granulométricas; teor de carbonato biodetrítico; teor orgânico; composição e densidade faunística das espécies de foraminíferos.

Para a análise de granulometria foi necessário fazer primeiro a queima do carbonato biodetrítico e da matéria orgânica presente na amostra, por isso essas análises foram realizadas utilizando a mesma alíquota. No caso, essa fração de amostra foi lavada em água doce para remoção do excesso de sais, logo após a coleta, e secas em estufa a 60 °C até a remoção total da umidade da amostra. As alíquotas destinadas às demais análises foram conservadas em sacos plásticos refrigerados a aproximadamente 3 °C até o momento da análise. As amostras para análises biológicas foram tratadas com outros procedimentos mais específicos, descritos posteriormente.

#### 5.4.3.1. Carbonato biodetrítico

A determinação do carbonato biodetrítico foi realizada segundo metodologia adaptada de Gross (1971), na qual a quantificação do teor de carbonato total é dada indiretamente através da perda de peso após a queima com ácido clorídrico (HCl) a 10%. Para tal, primeiramente pesa-se uma alíquota de 30g (PI), previamente lavada, homogeneizada e seca, como descrito anteriormente. Depois é adicionada a amostra uma solução de HCl 10%, misturada num béquer. Essa solução deve ser constantemente renovada até cessar o borbulhamento, quando assume-se que todo o conteúdo de carbonato já foi queimado. O tempo dessa reação depende da quantidade de carbonato presente na amostra, podendo levar alguns dias. Ao término da reação, deve-se lavar a amostra com água destilada em abundância e secá-la na estufa a 60°C. Depois de seca, transfere-se a amostra para um dessecador, até atingir a temperatura ambiente, seguindo, então, para a pesagem. A pesagem é feita numa balança com 3 casas decimais de precisão. O teor de carbonato biodetrítico (CB) é expresso pela diferença percentual entre o peso inicial (PI = 30 g) e peso final (PF):

$$CB = PI - PF$$

#### 5.4.3.2. Matéria Orgânica Total

A determinação da matéria orgânica total (MOT) foi realizada aproveitando-se a mesma alíquota que já havia passado pela queima do carbonato biodetrítico e segue o mesmo princípio da perda de peso por oxidação química (adaptado de Gross, 1971). O peso inicial (PI), neste caso é o peso final da reação anterior. A reação é feita através da oxidação da matéria orgânica com solução de peróxido de hidrogênio, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, mantida em banho-maria (a 120 °C). Primeiramente é adicionada uma solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 10% à amostra até esta concentração não provocar mais efeito e depois coloca-se H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30% para terminar a reação. Deve-se fazer a renovação da solução até cessar o borbulhamento. Após o término da reação, as amostras foram lavadas, secas em estufa a 60 °C e colocadas em dessecador para posterior pesagem (PF). A matéria orgânica total (MOT) é expressa pelo diferencial do peso inicial (Pi) e final (PF):

$$MOT = PI - PF$$

#### 5.4.3.3. Granulometria

As análises granulométricas foram realizadas segundo a metodologia descrita por Suguio (1973) e Coimbra *et al.* (1991), adotando-se a técnica do peneiramento para partículas maiores que 0.062 mm e pipetagem para as partículas menores (lamas). O peneiramento é realizado a seco numa torre de peneiras com malhas de  $\frac{1}{2}$  em  $\frac{1}{2}$  phi separando-se os grãos em classes granulométricas de acordo com seu diâmetro, com auxílio de um agitador Ro-Tap. As partículas menores que 0,062 mm (malha mais fina) são separadas em 5 classes texturais: silte grosso, silte médio, silte fino, silte muito fino e argila, através da técnica da pipetagem baseada na velocidade de decantação das partículas, expressa pela Lei de Stokes.

A classificação granulométrica segundo a escala de Wentworth (WENTWORTH 1922 *in* SUGUIO, 1973), a classificação textural segundo Shepard (1954) e os parâmetros estatísticos segundo a classificação de Folk & Ward (1957) (diâmetro médio, assimetria, curtose e grau de seleção) foram obtidos com auxílio do *software* "SysGran 3.0" (CAMARGO, 1997).

#### 5.4.3.4. Foraminíferos

Para a análise da distribuição dos foraminíferos foram utilizadas subamostras de 50 cm<sup>3</sup> de sedimento úmido. A amostra foi corada com solução de Rosa de Bengala a 40 % (diluída em álcool), logo após a coleta, para fazer a distinção dos organismos vivos e mortos e para fixação da amostra (WALTON, 1952). O sedimento foi peneirado a úmido numa malha de 0,062 mm, numa primeira seleção, retirando o sedimentos finos do restante da amostra, e depois seca em estufa a 60 °C. A amostra foi então submetida a um segundo processo de seleção, denominado de flotagem, no qual a amostra é transferida para um béquer onde faz-se a flotação num líquido de alta densidade separando a porção que contém os foraminíferos dos grãos mais densos de sedimentos (BOLTOVSKOY & WRIGHT, 1976), no caso utilizamos o tricloroetileno. O material que fica no sobrenadante é recolhido em filtros de papel e deixado para secar para posterior análise. As análises de triagem e identificação dos grupos de testas e espécies de foraminíferos foram realizadas em estereomicroscópio. Durante a triagem

os foraminíferos foram colocados numa lâmina especial de fundo preto, com auxílio de pincel e fixos com cola transparente para facilitar a identificação e contagem. Como o enfoque do trabalho foi avaliar a condição média da distribuição espacial, optou-se por trabalhar com a associação total (vivos + mortos) (DEBENAY *et al.*, 2000).

Os descritores ecológicos utilizados para a caracterização da fauna de foraminíferos foram: porcentagem de testas calcárias porcelanáceas, hialinas e aglutinantes, frequência relativa das espécies consideradas bioindicadoras, densidade populacional total, os índices de riqueza, diversidade e dominância de espécies, porcentagem de testas piritizadas, biometria das testas e razão vivos/total.

A classificação taxonômica a nível de gênero foi baseada em Loeblich & Tappan (1988), com apoio de outros trabalhos realizados em ambientes semelhantes para a identificação das espécies. Os índices de diversidade foram obtidos a partir do *Índice de Diversidade de Shannon, Equitatividade* de Pielou, que refere-se à distribuição dos indivíduos entre as espécies, e o de dominância a partir do *Índice de Simpson*, com auxílio do software “MVSP” – *Multivariate Statistical Package* (KOVACH, 1999).

- *Índice de Shannon:*

$$H' = -\left\{ \sum p_i (\log p_i) \right\}$$

Onde,  $p_i$  é a porcentagem da espécie  $i$  na amostra.

- *Índice de Shannon ponderado* (BURONE & PIRES-VANIN, 2006):

$$\overline{H'} = \sum_{k=1}^k ((H'_k S_k)/n)$$

Onde  $k$  é a estação e  $S$  é a riqueza (número de espécies).

- *Índice de Equitatividade* (PIELOU, 1969):

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

Onde,  $H'$  é o *Índice de Shannon* e  $S$ , o número de espécies na amostra.

- *Índice de Simpson* (PIELOU, 1969):

$$D' = 1 - \frac{\sum ni (ni - 1)}{N(N - 1)}$$

Onde,  $ni$  é o número de indivíduos na espécie  $i$  e  $N$  é o número total de indivíduos.

Para a biometria foram utilizados 30 exemplares coletados aleatoriamente do gênero *Ammonia* para cada estação. As medidas foram obtidas com auxílio do software “Axion Vision da Zeiss”, através de fotografias das lâminas enumeradas, com medições no comprimento maior das testas (maior eixo espiral).

## 5.5. ANÁLISE E INTEGRAÇÃO DOS DADOS

Primeiro os parâmetros foram analisados separadamente, em cada sítio, usando os métodos quantitativos já descritos nos itens anteriores, segundo a natureza de cada dado, e de estatística descritiva (média, desvio padrão, mínimos e máximos). Para uma melhor visualização e interpretação das variações espaciais, os dados foram interpolados e espacializados utilizando o método de *Krigagem* no software “SURFER 8”, e representados em mapas de superfície contínua. As diferenças espaciais dos descritores em relação às áreas de influência direta, indireta e fora do cultivo foram avaliadas estatisticamente através da Análise de Variância (ANOVA) de Kruskal Wallis, para distribuição não-paramétrica, já que estas não possuíam distribuição normal (avaliada pelo teste de Shapiro).

A integração dos dados foi realizada através de métodos de estatística multivariada com auxílio dos softwares “STATISTICA 7” e “MVSP- Multivariate Statistical Package” (KOVACH, 1999). Previamente às análises, os dados foram padronizados para eliminar o efeito das diferentes unidades.



Para identificar os descritores que melhor sintetizaram a heterogeneidade ambiental e as alterações provocadas pela presença do cultivo, caracterizando a presença do biodepósito, foi realizada a *Análise dos Componentes Principais* (PCA).

O Agrupamento das estações (modo Q), permitiu identificar os sub-ambientes com similaridades bioossedimentológicas, determinando a existência do biodepósito e mapeando sua extensão dentro e fora do cultivo, em cada sítio. A técnica utilizada para obter a matriz de associação foi a Distância Euclidiana e a estratégia de agrupamento para a construção do dendrograma foi o método de Ward (variância mínima). As diferenças nos parâmetros bioossedimentológicos de cada sub-ambiente foram testadas pelo método de MANOVA- *Análise de Variância Múltipla*.

Por fim, todos os dados foram reunidos numa única matriz a fim de sintetizar as principais características do ambiente e as interações dos descritores bioossedimentológicos, avaliando o grau de dependência entre as variáveis e a distribuição determinada por essas interações. Para tal, foi utilizada a *Análise de Correlação Múltipla de Spearman*, para distribuição não paramétrica, considerando um nível de significância superior a 95 %.

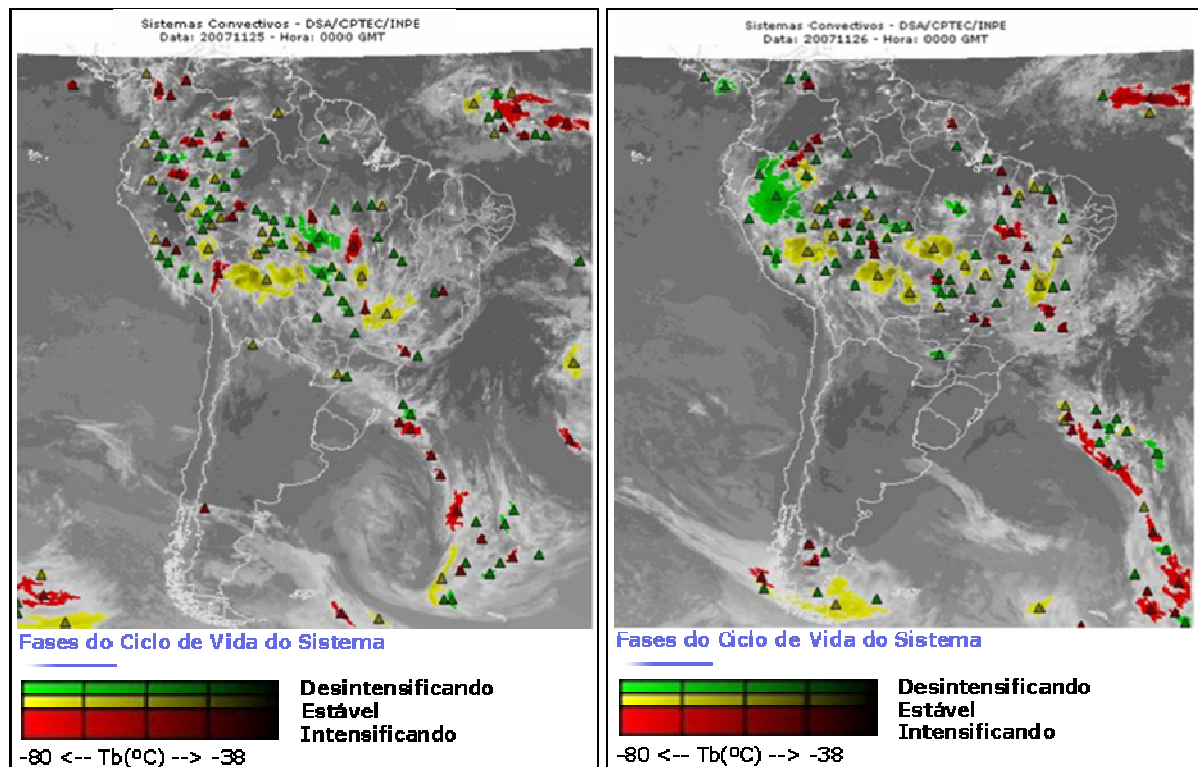
Para concluir foi realizada uma análise de PCA integrando os dados dos sub-ambientes dos dois sítios, a fim de identificar as diferenças bioossedimentológicas entre as áreas e avaliar a influência hidrodinâmica no grau e extensão dos impactos gerados pelos cultivos.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. SITIO ALTO RIBEIRÃO

#### 6.1.1. Caracterização hidrodinâmica e físico-química

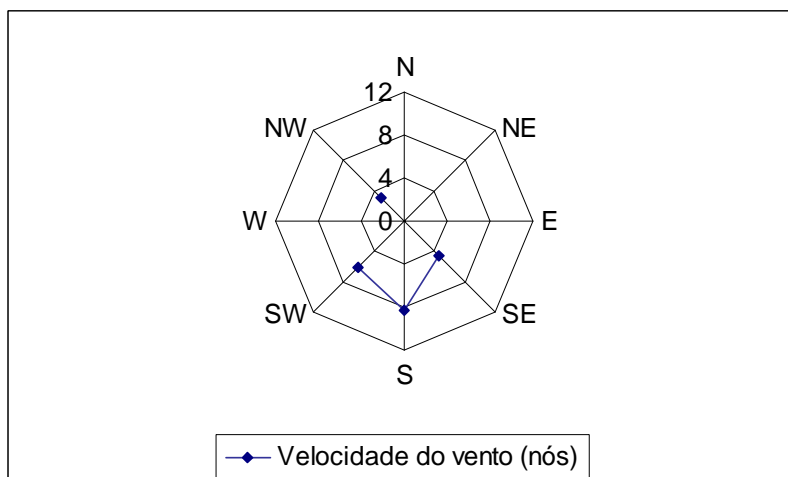
A caracterização hidrodinâmica dos sítios, como previsto no estudo, foi realizada em uma condição de maré de sizígia sob influência de ventos da direção sul. Durante os dois dias de campo, 25 e 26 de novembro de 2007, uma frente fria associada a um ciclone extra-tropical, formado ao sul do oceano Atlântico, estava se propagando sobre a região sul do Brasil, influenciando as características oceanográficas da área de estudo (Baía Sul/SC) (Figura 12).



**FIGURA 12:** Mapas do comportamento dos sistemas convectivos, à 0 hora (horário GMT), dos dias 25 e 26 de novembro de 2007 (imagens do satélite GOES).  
Fonte: <http://www.cptec.inpe.br>.

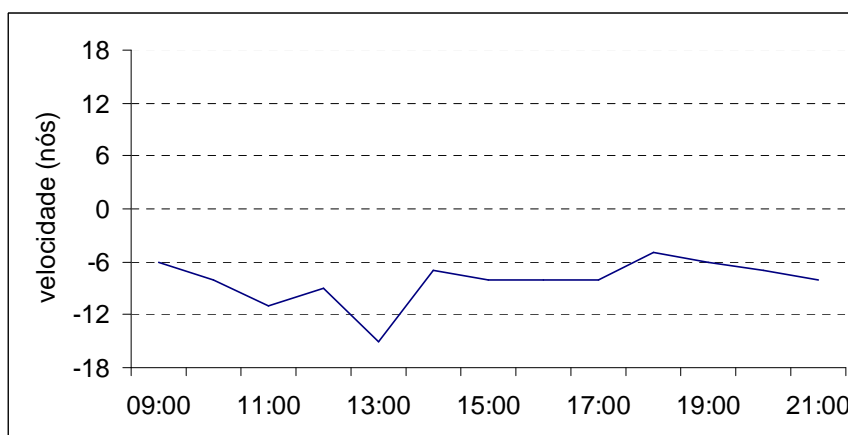
Como o estudo no sítio Alto Ribeirão foi realizado no segundo dia (26 de novembro), o ciclone já estava em estágio de dissipação e a frente fria avançava para o oceano Atlântico, como demonstrado na figura 12. Mas os ventos locais provocados pela frente ainda persistiram durante todo o dia, diminuindo apenas no final da estação

fixa. Os ventos predominantes foram da direção sudoeste, mas teve também atuação de ventos da direção sul, sudeste e noroeste (Figura 13). A intensidade média foi de  $6 \pm 3$  nós ao longo de todo o dia.



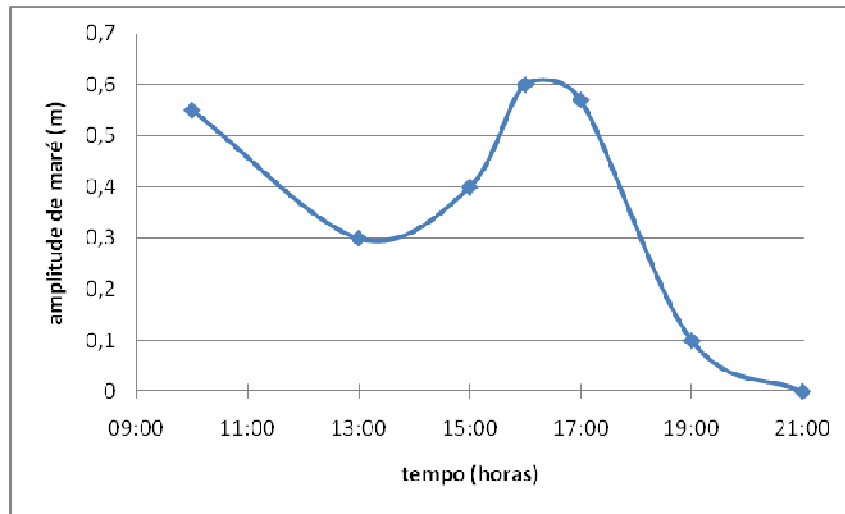
**FIGURA 13: Gráfico radial da rosa dos ventos, com as velocidades médias das direções que atuaram no dia 26 de novembro de 2007.**

Os ventos mais intensos (de 6 a 15 nós) foram na primeira metade da estação fixa (entre 9 e 13 horas), mantendo-se menos intensos (entre 5 e 8 nós) no final da tarde e início da noite (Figura 14).



**FIGURA 14: Gráfico do comportamento da velocidade e direção do vento (médias horárias), ao longo da estação fixa, no dia 26/11/2007. Valores negativos indicam direção sul.**

Neste mesmo período, a maré teve uma amplitude máxima de 0,6 m, medida *in situ*. Durante o campo ocorreram dois períodos de baixa-mar (das 9 às 13:00h e das 16:30h às 21:00h) e uma preamar nesse intervalo (das 13 às 16:30h) (Figura 15).



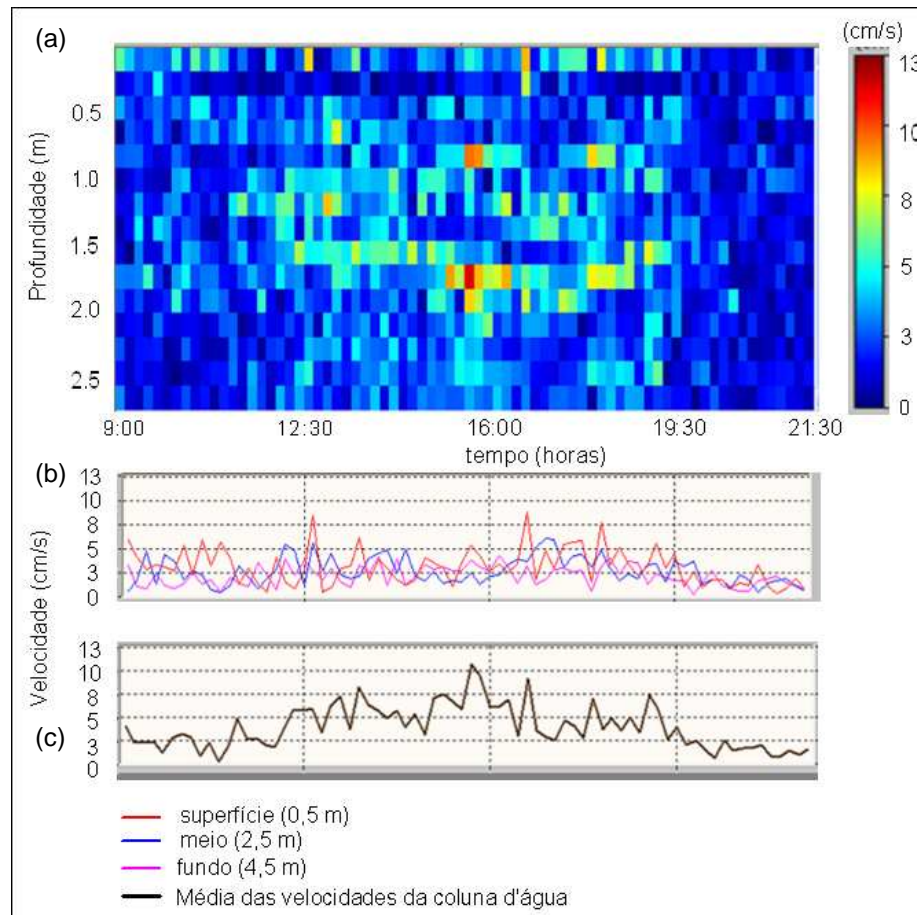
**FIGURA 15: Variação da maré, medida em campo, ao longo da estação fixa do sítio Alto Ribeirão (26/11/2007).**

O local onde foi instalado o correntômetro (ADCP) para o monitoramento hidrodinâmico (centro do cultivo- 6933360,7 N, 740792,3 L), tinha uma profundidade aproximada de 2,7 m. As figuras 16 e 17 representam o comportamento das correntes ao longo da coluna d'água durante 12 horas e meia de estação fixa. Cada célula corresponde a um valor de corrente média adquirido ao longo de 10 minutos e representando uma coluna de 17 cm de profundidade.

Na figura 16, estão os valores de velocidade das correntes em cm/s. A velocidade média ao longo de toda a estação foi  $1,5 \pm 0,9$  cm/s, e oscilou de 0 a 11,1 cm/s. Analisando os gráficos, pôde-se verificar 3 situações diferenciadas relacionadas ao regime de marés e ventos, que atuaram durante a estação. A primeira situação é correspondente ao período das 9 às 12:30h, de baixa-mar com ventos intensos. A velocidade, em geral, foi baixa com uma média de  $0,9 \pm 0,6$  cm/s sendo que as maiores velocidades (máx. 6 cm/s) foram registradas na camada superficial da água (até 1 m), provavelmente sob influência da agitação provocada pelos ventos.

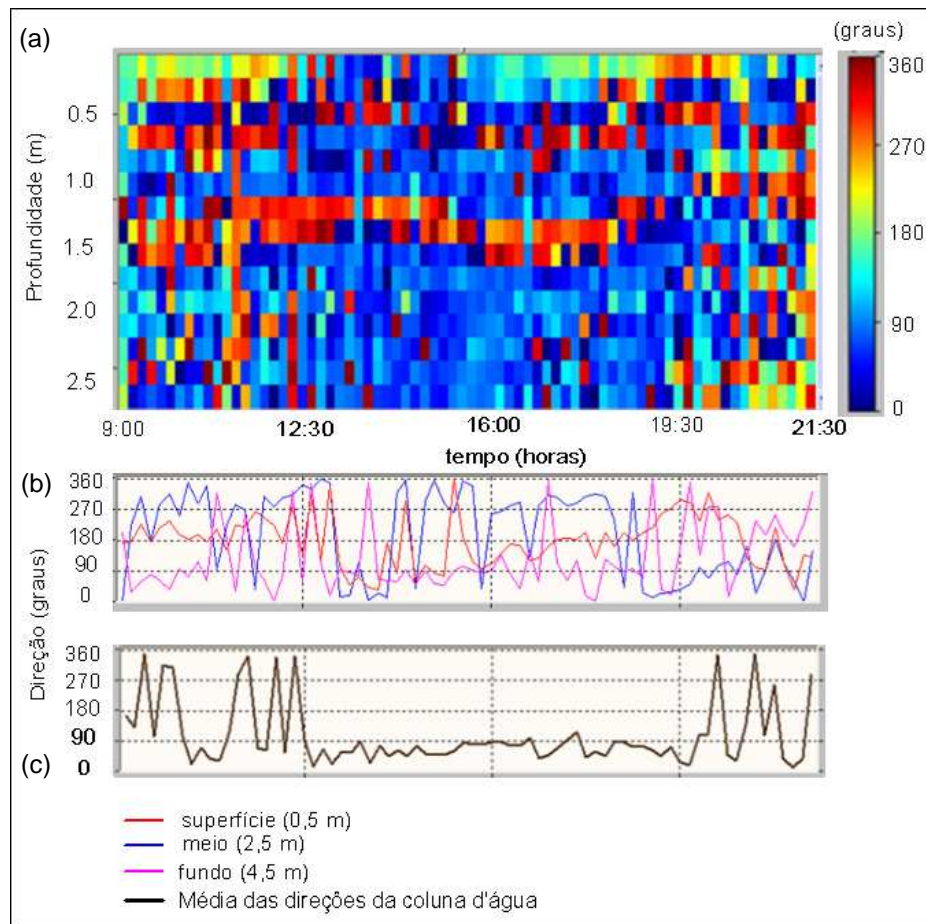
A segunda situação é do período subsequente, das 12:30h até as 19:30h, em que ocorre a preamar e os ventos ainda são intensos. Nesse período ocorreram as velocidades mais intensas e teve uma média de  $2,1 \pm 0,8$  cm/s. As maiores velocidades foram na profundidade do meio da coluna, no qual foi registrado o valor máximo de toda estação, com 11,1 cm/s. A terceira e última situação, das 19:30h as 21:30h, retorna a

uma condição de baixa-mar e os ventos diminuem de intensidade. Nesse período, a coluna d'água apresenta-se de forma bastante homogênea com velocidades baixas, oscilando de 0 a 4 cm/s, e média de  $1,0 \pm 0,7$  cm/s.



**FIGURA 16: Distribuição das correntes na coluna d'água, ao longo da estação fixa do sítio Alto Ribeirão (a); velocidades das correntes de superfície, meio e fundo (b); e comportamento médio integrando toda a coluna d'água (c) (26/11/2007).**

A figura 17 apresenta o comportamento das direções das correntes (em graus). Devido aos valores bastante baixos, não foi possível identificar fluxos bem definidos ao longo do período estudado. Mas, analisando o gráfico linear do comportamento médio da coluna d'água, pôde-se diferenciar os períodos de vazante (9:00 – 12:30h e 19:30 – 21:30h), oscilando em todas as direções (0 - 360 graus), e de enchente (12:30h – 19:30h) com o predomínio das direções norte -leste (0 a 90 graus).

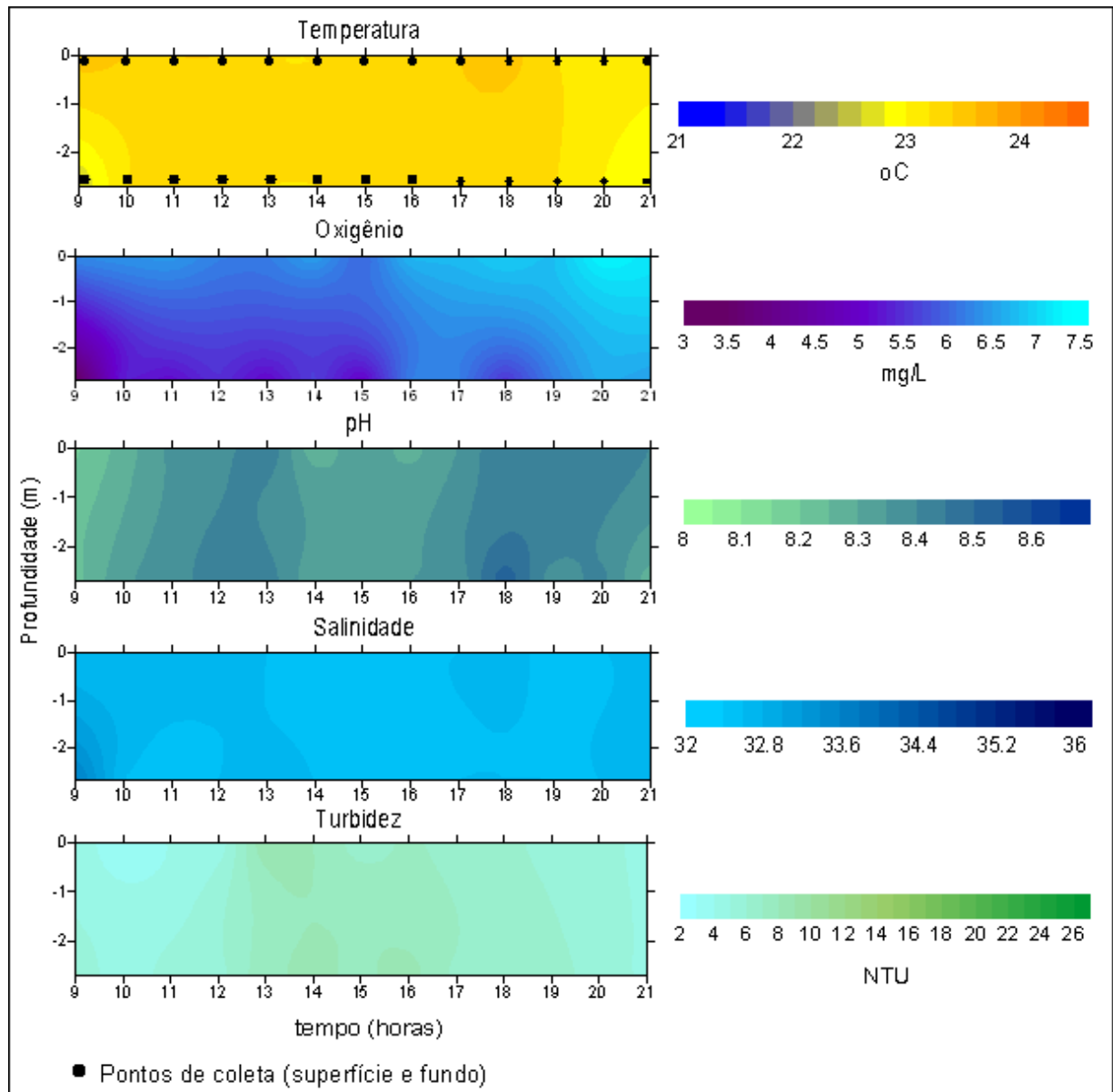


**FIGURA 17:** Distribuição das direções das correntes na coluna d'água ao longo da estação fixa do sítio Alto Ribeirão (a), direção das correntes na superfície, meio e fundo (b), e comportamento médio da direção das correntes integrando toda a coluna d'água ao longo do período estudado (c) (26/11/2007). Observação: os tons fortes em vermelho e azul correspondem às mesmas direções (360 e 0°=norte).

O comportamento das correntes na Baía Sul é resultante de uma série de fatores que estão ligados, principalmente, à propagação da onda de maré dentro da Baía, modulada pela configuração do fundo e da linha de costa (MELO *et. al.*, 1997). Durante a preamar, as águas penetram na Baía pelo canal sul e seguem na direção norte pelos canais de circulação, se espalhando em direção a nordeste voltada à margem da costa insular da Ilha de Santa Catarina. Na baixa-mar ocorre o movimento contrário das correntes com direções de sudoeste rumo ao canal sul de desembocadura. Durante a estação fixa, houve um predomínio das direções entre 0 e 90 graus, ou seja, voltadas para o quadrante nordeste. Isso indica uma predominância do fluxo das águas de

enchente, possivelmente, também resultante do efeito provocado pela atuação dos ventos que estavam de sudoeste durante o período estudado.

Com relação ao comportamento dos parâmetros físico-químicos, as variações foram mais perceptíveis na escala temporal do que vertical, apresentando uma coluna d'água bastante homogênea (Figura 18).



**FIGURA 18: Distribuição dos parâmetros físico-químicos da coluna d'água, ao longo da estação fixa no sítio Alto Ribeirão (26/11/2007).**

A temperatura média foi de  $23,2 \pm 0,2$  °C, com máximo de 23,6 °C na superfície e mínima de 22,5 °C no fundo. Apenas na primeira hora de amostragem a coluna

apresentou uma estratificação, mas depois manteve-se homogênea ao longo da estação. O oxigênio teve uma concentração média de  $6,1 \pm 0,8$  mg/L e foi o único parâmetro que apresentou um gradiente na coluna d'água durante toda a estação fixa. Os valores oscilaram entre 3,4 mg/L no fundo, às 09:00 h e 7,3 mg/L na superfície, às 20:00 h. O pH teve uma pequena variação de 8,2 a 8,5, assim como a salinidade, que manteve-se entre 32,5 e 33,7. Ambos tiveram um comportamento vertical da coluna d'água homogêneo. A turbidez apresentou valores baixos, com média de  $6,1 \pm 1,5$  NTU, sendo que o máximo de 8,9 NTU (no fundo) coincidiu com o período de maior intensidade de atuação dos ventos e as maiores intensidade de correntes registradas, na preamar. O valor mínimo de turbidez foi de 3,3 NTU, medido na superfície durante a baixa-mar.

No estudo hidrodinâmico, o sítio Alto Ribeirão apresentou, portanto, um fluxo de baixa-mar com intensidades bastante baixas (média de 0,95 cm/s) e uma preamar com intensidades um pouco mais elevadas (média de 2,05 cm/s). O fluxo predominante das correntes foi de nordeste, correspondente à direção provocada pelas correntes de enchente e atuação dos ventos locais (sul). Ainda que sob influência de condições extremas de amplitude de maré, associada aos ventos persistentes do quadrante sul, o sítio Alto Ribeirão apresentou intensidades de correntes relativamente baixas (média de 1,64 cm/s), mas a coluna d'água comportou-se de forma bastante homogênea, o que indica que neste local, apesar da circulação restrita, ocorre mistura vertical das águas.

As baixas condições hidrodinâmicas neste local podem ser explicadas por uma série de fatores, tais como: a distância do canal de comunicação com o oceano, o relevo de fundo raso, a proximidade à costa insular, e a presença de um acidente geográfico: a Ilha das Laranjeiras, que a caracteriza como uma área abrigada. Lembrando que, esta estação foi posicionada no centro do cultivo, sofrendo, também, influência das suas estruturas. Ainda assim, este local demonstrou sofrer mistura vertical das águas, e o fato de ter sido registrado um pico de turbidez no fundo associado às correntes de maiores intensidades (11 cm/s), indica que está sujeito a fenômenos de ressuspensão, ainda que, em pequenas proporções. Por ser um ambiente raso ( $\approx 2,7$ m), pode haver o efeito da atuação de ondas na mistura das águas

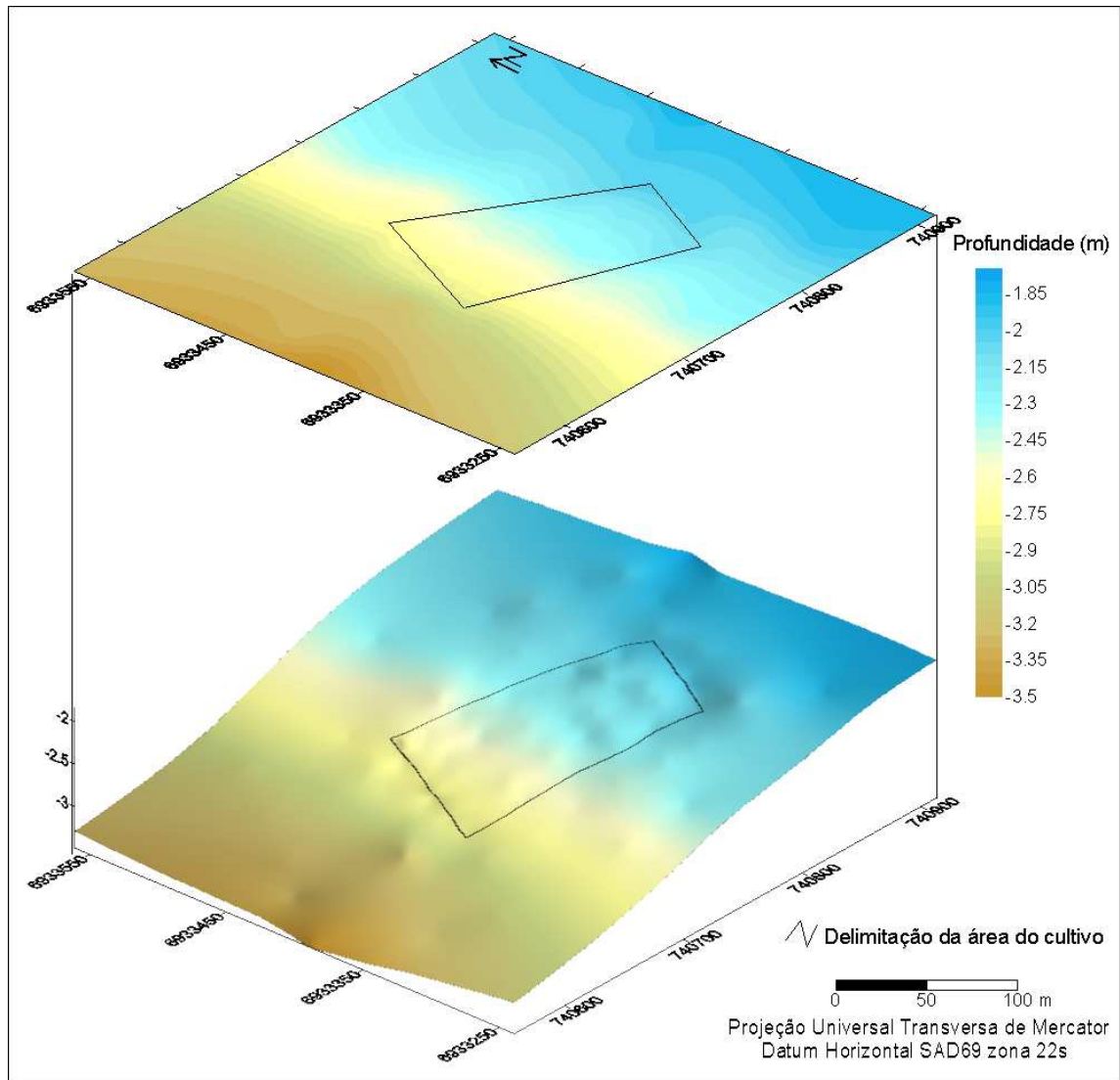


e na remobilização do fundo. Embora esse efeito não tenha sido medido no estudo, como as condições estudadas eram de ventos locais intensos e persistentes, acredita-se que estes provavelmente atuaram na geração de ondas de superfície no interior da Baía. Fenômenos de turbulência, como ondas geradas por ventos locais, podem atuar na ressuspensão e desfragmentação das partículas do biodepósito, tornando-o novamente susceptível à dispersão pelas correntes (SCHETTINI *et al.*, 2006). Segundo Hartstein & Stevens (2005), fenômenos intensos que ocorrem em eventos periódicos, podem ser os principais responsáveis pela minimização da camada de biodepósito formado abaixo dos cultivos.

### **6.1.2. Batimetria detalhada**

A profundidade do sítio Alto Ribeirão variou entre 1,8 m, nas áreas mais próximas à margem insular, à 3,5 m, em direção ao interior da Baía. Dentro do cultivo, a mínima foi de 2,0 m, no vértice nordeste, e a máxima de 3,0 m, no vértice oposto (sudoeste), apresentando uma declividade na direção sudoeste (Figura 19).

A topografia do fundo reflete, primariamente, o gradiente transversal linha de costa – interior da Baía, e secundariamente percebe-se certa influência longitudinal do cultivo. Logo abaixo do cultivo foram notadas profundidades um pouco menores que nas áreas ao redor, considerando os mesmos paralelos. Isso pode ser fruto da formação de uma pequena camada de saliência oriunda do biodepósito, como já retratado em estudos anteriores de outras áreas de cultivo, como por exemplo, Mattson & Lindén (1983), que registraram um incremento de até 10 cm/ano de biodepósito abaixo do cultivo. Nessa área do sítio Alto Ribeirão, não foi evidenciado a formação de uma camada muito expressiva de acúmulo de biodétritos, mas ainda assim, foi possível verificar a presença de uma pequena camada de saliência. A configuração do fundo em declive favorece a deposição do aporte do cultivo na área mais rasa, pois esta se torna uma barreira física para a dispersão das partículas desprendidas do cultivo (JUSUP *et al.*, 2007). De fato a camada de saliência foi observada apenas na área mais rasa do cultivo, que também é a área de produção mais antiga.



**FIGURA 19:** Mapa batimétrico com as isóbatas a cada 0,05 m de profundidade, associado ao modelo digital de terreno da superfície de fundo do sítio Alto Ribeirão (07/05/2007).

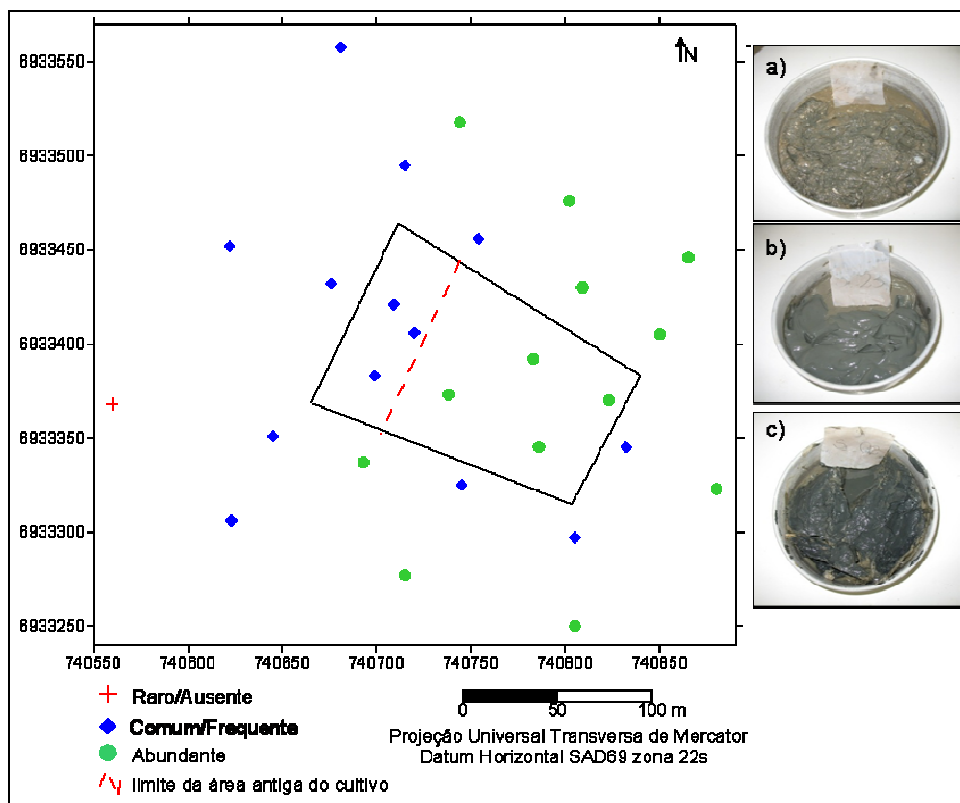
### 6.1.3. Descritores sedimentológicos

As coletas dos parâmetros biossedimentológicos do sítio Alto Ribeirão foram realizadas no dia 15 de maio de 2007, em 27 pontos amostrais (Figura 11a).

#### 6.1.3.1. Avaliação de campo

Em geral, as amostras variaram entre arenosas, com coloração marrom-amarelada, nas profundidades mais rasas, a lamosas de coloração cinza-esverdeada, nas profundidades mais elevadas. Foi notada a presença de um biofilme de algas

marrons em quase todas as amostras. A maior parte apresentou uma abundância elevada de biodetrítos, principalmente nas mais arenosas e próximas à costa. Nas estações situadas abaixo do cultivo também foram encontrados bastante fragmentos de conchas de mexilhão (Figura 20). Como estes ficam presos por suas próprias estruturas de fixação nas cordas do cultivo, ocasionalmente alguns mexilhões podem se desprender, tornando a fazer parte do biodepósito (MATTSON & LINDÉN, 1983).



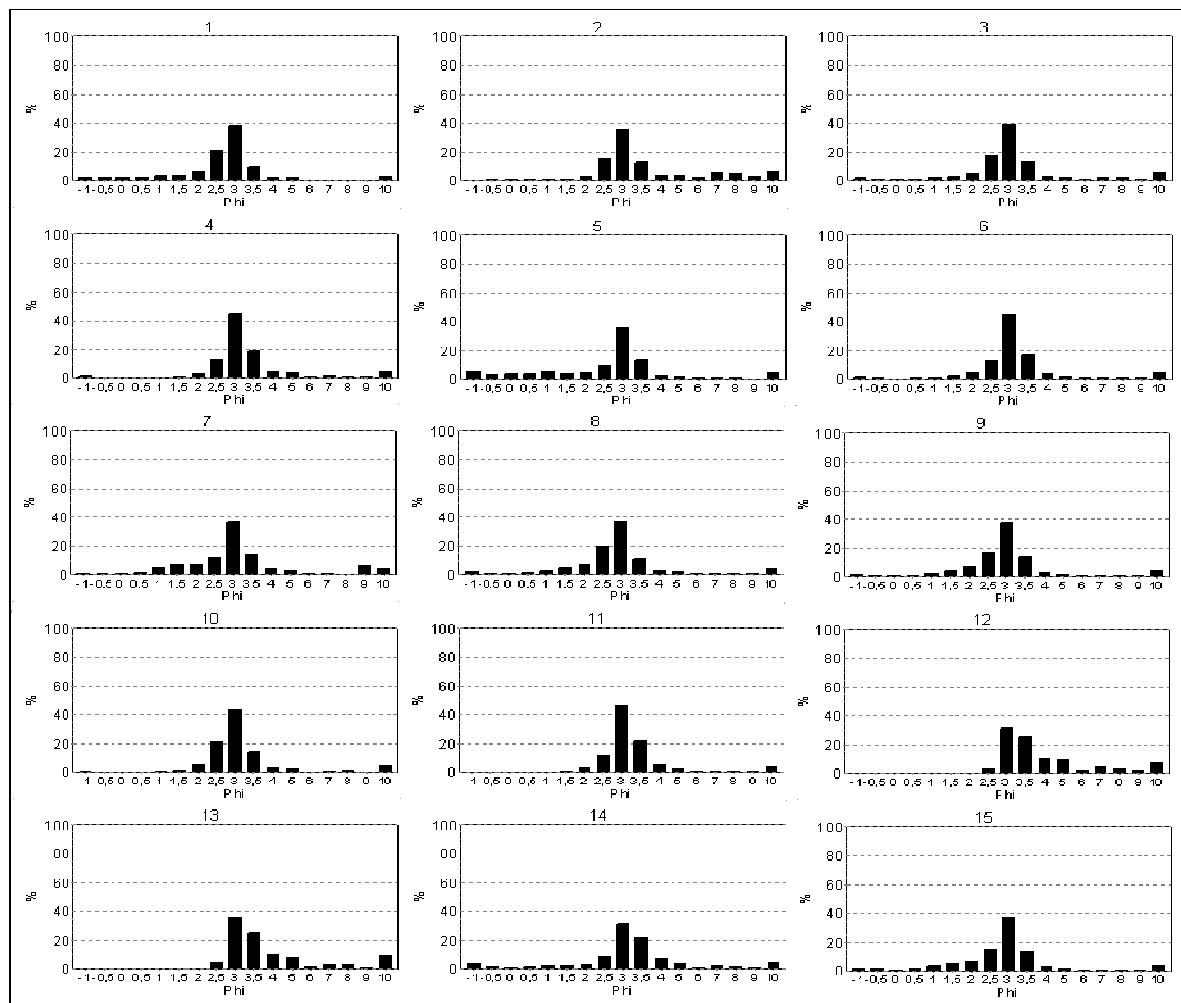
**FIGURA 20: Distribuição da presença de biodetrítos no sedimento superficial do sítio Alto Ribeirão. Fotos de 3 tipos de amostras: a) arenosa com bastante biodetrito; b) lamosa com pouco biodetrito e c) lamosa e com bastante biodetrito (amostra do cultivo na área mais antiga) (15/05/2007).**

Não foi observada, visualmente, em nenhuma amostra o limite vertical da camada de oxi-redução, mas foi interessante notar a diferença de coloração entre as amostras do cultivo e das áreas adjacentes, principalmente em relação à área mais antiga do cultivo. No interior do sítio, o sedimento era bastante fino, com uma coloração negra, indicadora de condições de hipoxia (Figura 20 (c)), diferenciando-se das demais amostras da área mais recente e fora do cultivo (Figura 20 (a) e (b)). Essa característica

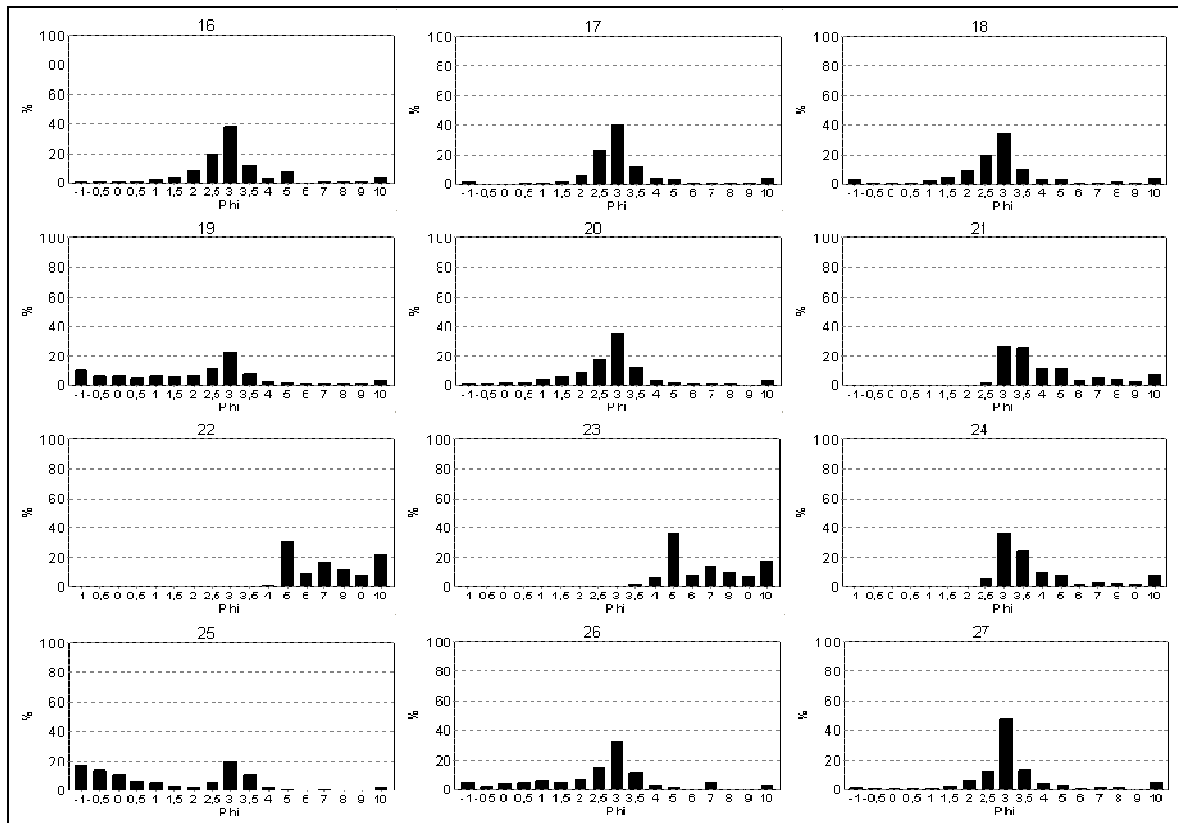
do sedimento abaixo das estruturas do cultivo também foi observada por Marenzi (2002) num cultivo da Enseada da Armação do Itapocoroy (SC).

### 6.1.3.2. Granulometria

O sítio Alto Ribeirão possui uma distribuição granulométrica bastante heterogênea, com grãos que vão de cascalho (<-1 phi) à argila (>9 phi). A classe predominante é de areia fina, com grãos de moderado a muito pobremente selecionados. As estações tiveram distribuições diferenciadas, com assimetrias positivas, negativas e aproximadamente simétricas, mas quase todas com uma curtose extremamente leptocúrtica, predominando as classes de diâmetro médio entre 3 a 5 phi (Figura 21).

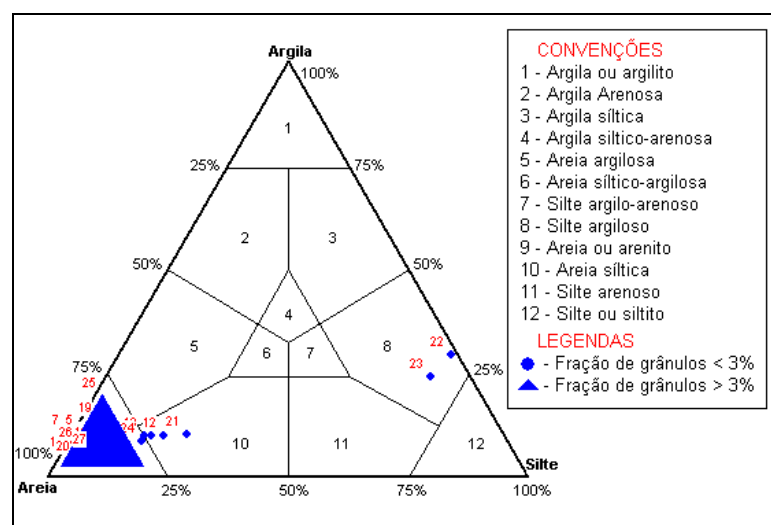


**FIGURA 21: Histogramas de distribuição da granulometria em escala de phi, nas estações do sítio Alto Ribeirão.**



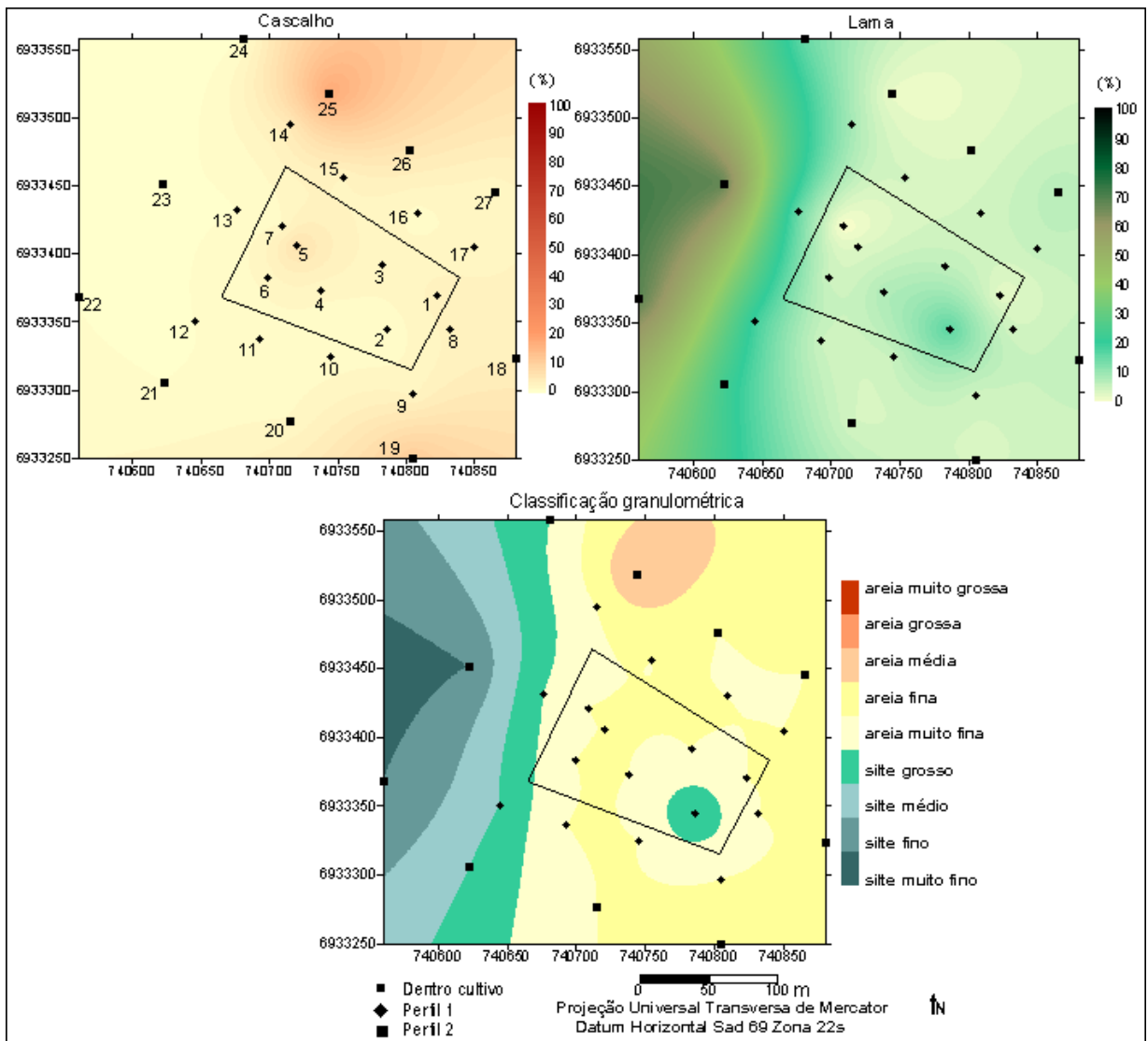
**Figura 21 (Continuação):** Histogramas de distribuição da granulometria em escala de phi, nas estações do sítio Alto Ribeirão.

Segundo o Diagrama de Shepard (1954), a maioria das estações se classificaram em areia, apenas a 10, 12 e 21, foram areia siltica, e a 22 e 23, silte argiloso (Figura 22).



**FIGURA 22:** Distribuição das amostras do sítio Alto Ribeirão no Diagrama de Shepard (1954).

A distribuição granulométrica foi determinada principalmente pelo gradiente batimétrico, sendo que os maiores teores de lama (máx. 99 %) foram encontrados nas áreas mais profundas em direção ao interior da Baía (máx. 3,5 m). Mahiques *et al.*, (1999) encontraram um padrão de distribuição semelhante em ambientes costeiros da plataforma continental do sudeste do Brasil (entre a Baía de Guanabara e São Francisco do Sul), com os depósitos arenosos nas áreas mais marginais à costa e os depósitos lamosos nas áreas mais profundas. Na figura 23, pode-se observar esse gradiente transversal, com os depósitos de lama na área mais profunda (a oeste do mapa) e maiores teores de areia e cascalho nas áreas mais rasa (a leste).



**FIGURA 23: Mapas de distribuição da porcentagem de cascalho, lama e classificação granulométrica de Folk & Ward do sítio Alto Ribeirão (15/05/2007).**

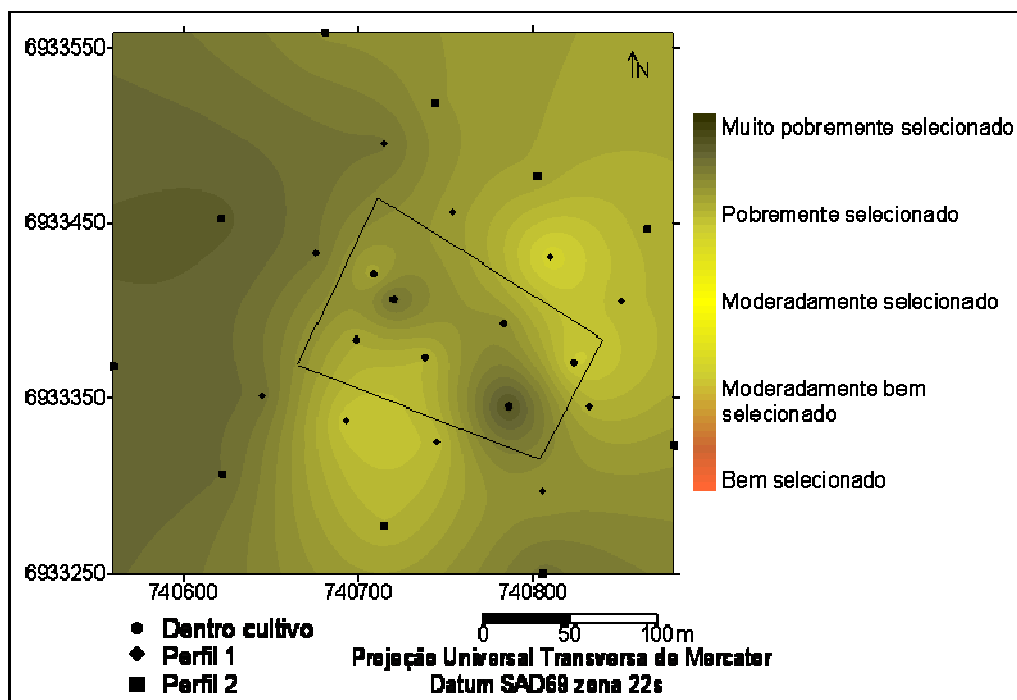
TABELA 1: Valores estatísticos das características granulométricas, segundo Folk & Ward (1957), e teores orgânicos e carbonato biodetrítico, das estações dentro e fora do cultivo, nos perfis externos (P1 e P2) e em todas as estações do sítio Alto Ribeirão.

<b>Estações</b>		<b>Prof. (m)</b>	<b>md (phi)</b>	<b>mz (phi)</b>	<b>dp (phi)</b>	<b>ski</b>	<b>kg</b>	<b>Cascalho (%)</b>	<b>Areia (%)</b>	<b>Silte (%)</b>	<b>Argila (%)</b>	<b>Lama (%)</b>	<b>MOT (%)</b>	<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>
Dentro Cultivo (7 estações)	<b>média</b>	2,4	2,8	2,7	1,6	0,2	3	2	86	6	6	12	0,5	6
	<b>ds</b>	0,3	0,6	0,1	0,4	0,4	1	2	6	5	2	7	0,8	4
	<b>mín</b>	2,1	2,1	2,6	1,0	-0,4	2	0	73	0	3	5	0,0	3
	<b>máx.</b>	2,7	4,0	2,9	2,3	0,7	5	6	93	17	10	26	2,2	14
Perfil 1 (10 estações)	<b>média</b>	2,5	3,0	2,8	1,5	0,3	3	1	85	8	6	14	0,6	5
	<b>ds</b>	0,4	0,6	0,2	0,4	0,3	1	1	7	5	2	8	0,5	2
	<b>mín</b>	2,1	2,5	2,6	0,9	0,0	2	0	71	4	4	8	0,0	3
	<b>máx.</b>	3,2	4,1	3,3	2,0	0,8	4	4	91	19	10	29	1,5	8
Perfil 2 (10 estações)	<b>média</b>	2,7	3,3	3,2	1,7	0,2	2	4	67	20	9	30	1,0	8
	<b>ds</b>	0,5	1,9	1,7	0,3	0,3	1	6	34	26	10	36	1,4	5
	<b>mín</b>	2,0	1,0	0,8	1,3	-0,4	1	0	1	2	2	4	0,0	2
	<b>máx.</b>	3,5	6,7	6,5	2,1	0,7	5	17	92	69	30	99	4,0	16
Todas (27 estações)	<b>média</b>	2,6	3,1	2,9	1,6	0,2	3	2	79	12	7	19	0,7	6
	<b>ds</b>	0,4	1,2	1,0	0,4	0,3	1	4	22	17	6	23	0,9	4
	<b>mín</b>	2,0	1,0	0,8	0,9	-0,4	1	0	1	0	2	4	0,0	2
	<b>máx.</b>	3,5	6,8	6,5	2,3	0,7	5	17	93	69	30	99	4,0	16

ds= desvio padrão, mín.= mínimo, máx.= máximo, md= diâmetro médio, dp= grau de seleção, CaCO<sub>3</sub>= carbonato biodetrítico e MOT= matéria orgânica total.

Devido a essa relação de dependência da batimetria com a deposição de finos, quando comparados os valores de lama dentro do cultivo e nos perfis externos, a média dentro foi menor que a externa (12 % dentro e 21 % fora- Tabela 1). Isso porque a área de abrangência dos perfis externos engloba profundidades maiores, onde estão os depósitos lamosos. Mas, foi possível verificar uma distribuição com acúmulo de sedimentos finos na área abaixo do cultivo, principalmente na parte mais rasa e antiga (Figura 23). Analisando somente as estações de equivalência batimétrica, aquelas posicionadas dentro do cultivo tiveram um teor de lama superior às correspondentes externas, principalmente na fração argila, com uma média de 6 % dentro contra 4 % fora (teste ANOVA,  $H(2, N=21) = 7,06$ ).

Como reflexo desta ligeira influência do cultivo na distribuição dos sedimentos, o grau de seleção também apresentou uma diferença, com um padrão muito pobremente selecionado nas estações abaixo do cultivo (média 1,6 phi), e de moderado à pobremente selecionado nas estações adjacentes paralelas (Figura 24). Mas o depósito lamoso da Baía também apresentou um grau de seleção muito pobremente selecionado, como reflexo da dinâmica do próprio ambiente.



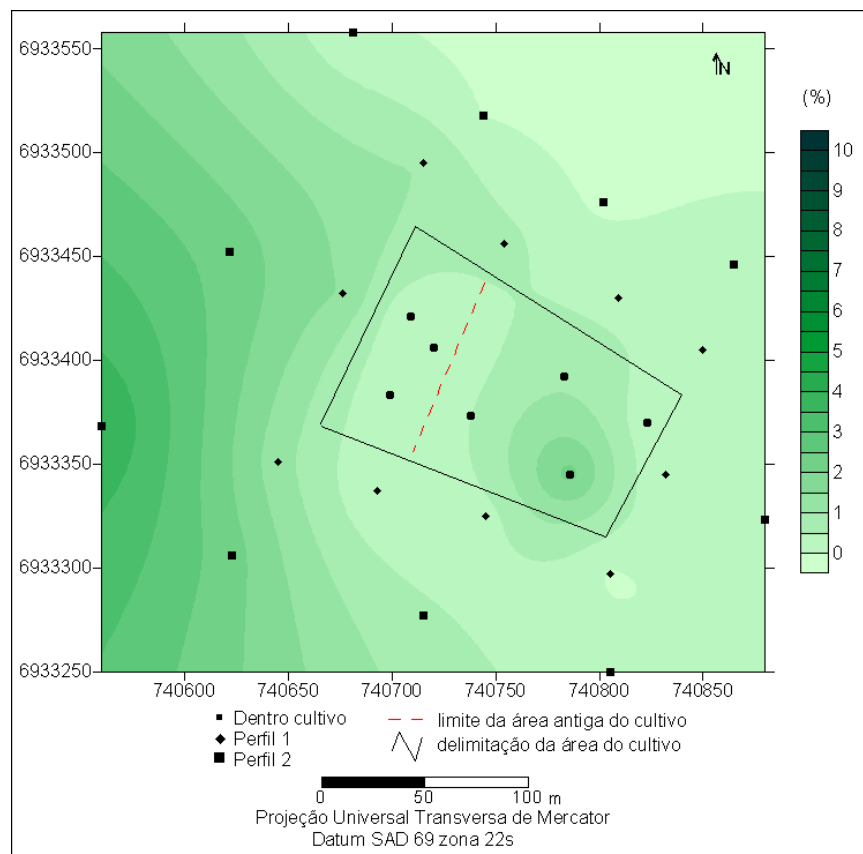
**FIGURA 24:** Distribuição do grau de seleção na área do sítio Alto Ribeirão.



Diversos autores, dentre eles Chamberlain *et al.* (2001) e Hartstein & Rowden (2004), já discutiram a influência do cultivo na distribuição granulométrica do sedimento, encontrando valores maiores de silte e argila abaixo do cultivo. Na Baía Sul, mas em estudo com uma malha amostral de menor detalhe, Bonetti *et al.* (2006) também encontraram evidências deste comportamento. Além da atuação direta da biodeposição do cultivo, a própria estrutura do cultivo forma uma barreira física, que influencia na sedimentação das partículas do próprio ambiente, principalmente argilo-minerais (BOYD & HEASMAN, 1998).

### 6.1.3.3. Matéria orgânica

A matéria orgânica total (MOT) teve uma porcentagem média de  $0,7 \pm 1,0$  %. A distribuição foi principalmente determinada pelo teor de lama e pela profundidade, seguindo o gradiente transversal da linha de costa – Baía adentro (Figura 25).

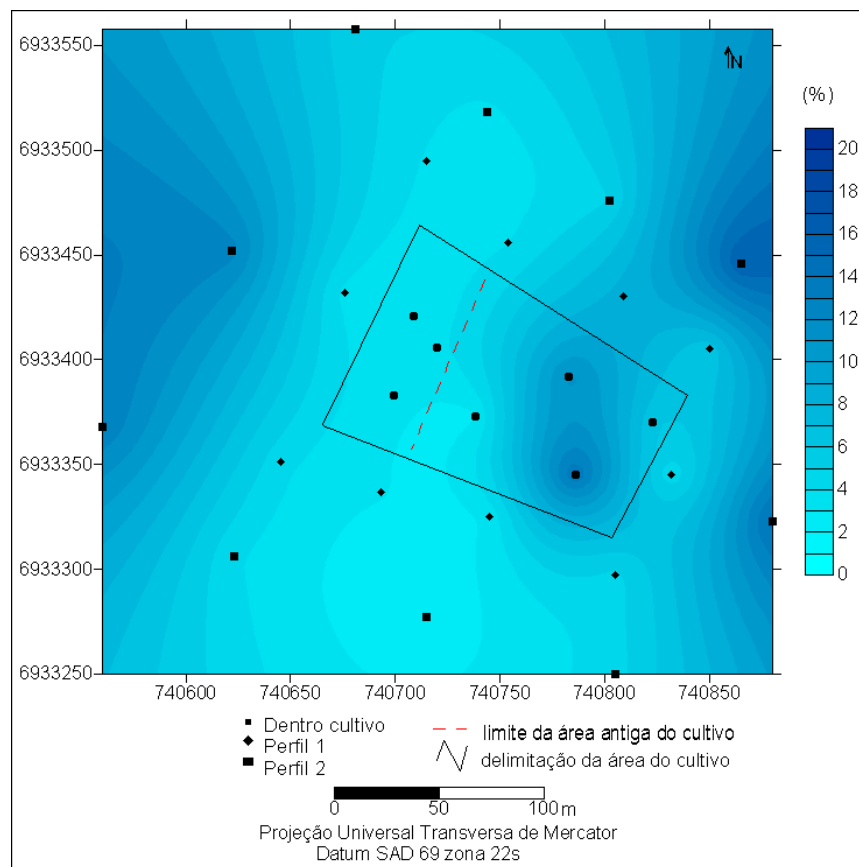


**FIGURA 25: Distribuição da porcentagem de matéria orgânica total no sedimento superficial do sítio Alto Ribeirão (15/05/2007).**

As maiores concentrações foram encontradas nas áreas mais profundas (máximo foi de 4,0 %), onde estão também os depósitos lamosos, e as menores nas áreas mais rasas, próximas à costa (mínimo 0 % -ND) (Figuras 23 e 25). Todavia, através do mapa de distribuição pôde-se observar uma influência do cultivo na distribuição da matéria orgânica, com aumento na área abaixo, principalmente na porção mais rasa e antiga (Figura 25). O aumento dos teores de matéria orgânica no sedimento abaixo do cultivo de molusco, também já foi registrado em estudos anteriores sobre os impactos do cultivo (Mattson & Lindén, 1983; Hartstein & Rowden, 2004).

#### 6.1.3.4. Carbonato biodetrítico

O teor de carbonato biodetrítico, encontrado no ambiente, variou entre 3 % e 16 %, tendo uma média de  $6 \pm 4$  %. Observando o mapa de distribuição da figura 26 percebe-se uma influência do cultivo com maiores concentrações de carbonato biodetrítico, mais expressiva na área mais rasa e antiga do cultivo.



**FIGURA 26: Distribuição da porcentagem de carbonato biodetrítico no sedimento superficial do sítio Alto Ribeirão (15/05/2007).**

Vilas *et al.* (2004) já discutiram a ocorrência de valores mais elevados de carbonato biodetrítico associados a bancos de moluscos naturais e de cultivo. Esse aporte pode estar relacionado ao desprendimento dos moluscos e pedaços das conchas das estruturas do cultivo. Esse tipo de impacto também já foi relatado nos trabalhos de Grant *et al.* (1995) e Chamberlain *et al.* (2001), que encontraram um número elevado de conchas de moluscos abaixo do cultivo. Na Baía Sul, Bonetti *et al.* (2006) também encontraram um aumento ligeiro de carbonato biodetrítico em áreas sob influência direta dos cultivos.

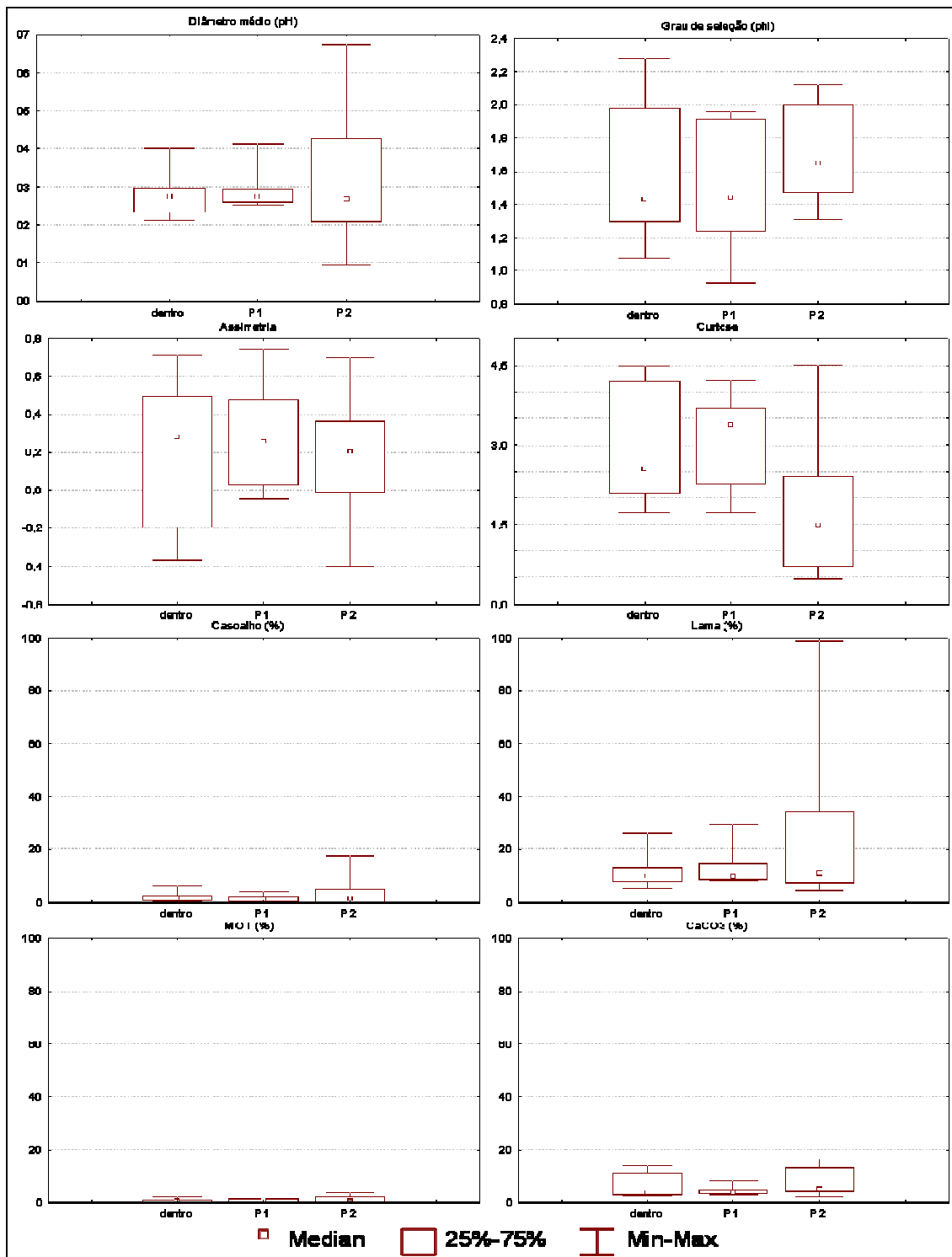
#### 6.1.3.5. Testes estatísticos

Aplicando o teste ANOVA de Kruskal Wallis nos parâmetros sedimentológicos, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos de amostras dentro do cultivo e nos perfis externos (Tabela 2). Como discutido anteriormente, o ambiente possui um gradiente transversal que engloba uma área que vai desde ambientes rasos de granulometria grossa e baixos teores orgânicos, a ambientes mais profundos em direção ao interior da Baía, com depósitos lamosos de teores orgânicos mais elevados.

TABELA 2: Análise de variância (ANOVA) para cada parâmetro sedimentológico do sítio Alto Ribeirão. Teste de Kruskal Wallis, para dados não paramétricos. Nível de confiança acima de 95 %. Onde md= diâmetro média do grão; mz= mediana; dp= grau de seleção; ski= assimetria; kg =curtose.

<b>VARIÁVEL</b>	<b>Grupo</b>	<b>Contagem</b>	<b>H</b>	<b>valor-P</b>
	Dentro	7		
	P1	10		
	P2	10		
md	<i>Variação</i>		0,22	0,89
mz	<i>Variação</i>		0,25	0,88
dp	<i>Variação</i>		2,87	0,24
ski	<i>Variação</i>		0,50	0,78
kg	<i>Variação</i>		5,61	0,06
cascalho	<i>Variação</i>		0,36	0,84
areia	<i>Variação</i>		3,40	0,18
silte	<i>Variação</i>		1,14	0,56
argila	<i>Variação</i>		0,21	0,90
lama	<i>Variação</i>		0,12	0,94
MOT	<i>Variação</i>		0,20	0,90
CaCO <sub>3</sub>	<i>Variação</i>		1,18	0,40

Essa heterogeneidade é bem evidente nos gráficos de comportamento da mediana dos descritores nos grupos de estações dentro e fora do cultivo (Figura 26).



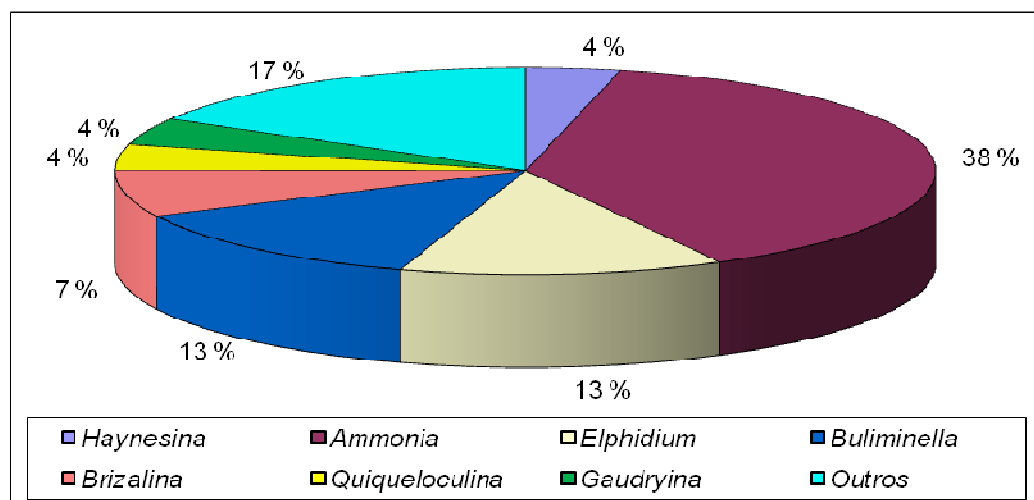
**FIGURA 27:** Comportamento estatístico dos parâmetros sedimentológicos nos grupos de estações do sitio Alto Ribeirão.

O sítio Alto Ribeirão exerce uma ligeira influência em alguns parâmetros sedimentológicos na área abaixo do cultivo, principalmente na parte mais rasa e antiga

de produção. Essa influência não pôde ser comprovada estatisticamente pela metodologia adotada no estudo, mas foi observada nos mapas de distribuição e na comparação das médias amostrais, principalmente comparando as estações de equivalência batimétrica. Essa pequena influência pode estar relacionada a uma série de fatores, como, a possível atuação das ondas na ressuspensão do material depositado no fundo (SCHETTINI *et al.*, 2006), a configuração topográfica do fundo que pode favorecer a deposição do biodepósito em áreas externas ao cultivo ou somente nas áreas mais rasas (BONETTI *et al.*, 2006; JUSUP *et al.*, 2007), e as próprias características biossedimentológicas do ambiente que podem favorecer a assimilação do aporte do cultivo. Portanto, não foram encontradas variações significativas na sedimentologia do ambiente abaixo do cultivo, devido principalmente, ao pequeno grau de variação provocado pelo cultivo e à elevada heterogeneidade do ambiente, contando com um número reduzido de amostras representativas de cada grupo. Ainda assim, algumas considerações puderam ser feitas sobre influências do cultivo na distribuição espacial dos descritores sedimentológicos.

#### 6.1.4. Descritores biológicos

No sítio Alto Ribeirão foram encontradas 71 espécies de foraminíferos de 6 subordens: Haplophragmiina, Trochammiina e Textulariina (testas aglutinantes), Miliolina (porcelanáceas), Lagenina e Rotaliina (calcáreas hialinas). E ainda duas espécies de tecamebas: *Centropix aculeata* e *Lagenodifflugia vas*.



**FIGURA 28: Gêneros mais abundantes ocorrentes no sítio Alto Ribeirão (associação total).**

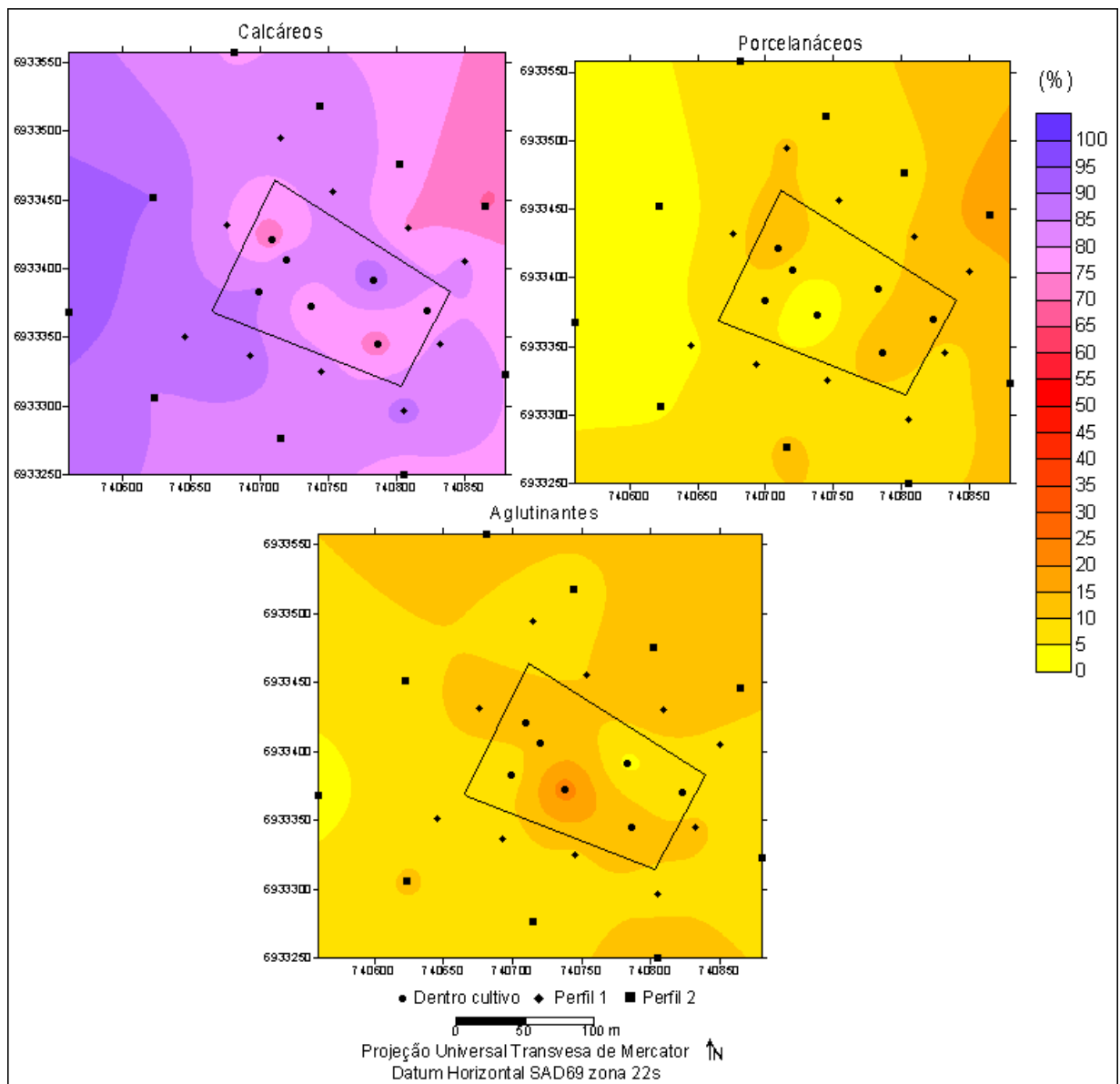
Os gêneros mais abundantes foram: *Ammonia*, representando 38 % da população total, *Buliminella* e *Elphidium* (13 % cada um), *Brizalina* (7 %), *Haynesina*, *Quinqueloculina* e *Gaudryina*, com 4 % cada. Os 17 % restantes corresponderam aos demais gêneros com ocorrência rara na área de estudo (Figura 28).

O grupo dominante foi de espécies de testas calcáreas hialinas com 81 % da população total, seguidas pelas testas aglutinantes com 10 %, e as porcelanáceas com 9 %. As calcáreas hialinas tiveram uma distribuição principalmente dependente da batimetria, com maior abundância nas áreas mais profundas em direção ao interior da Baía (frequência máxima de 93 % a oeste do mapa - figura 29). Esse grupo de espécies possui uma distribuição voltada às áreas com maior influência de circulação de águas marinhas (NICHOLS, 1974), o que explica a sua abundância voltada ao interior da Baía. Na área de influência do cultivo, foi possível observar uma pequena diminuição na sua abundância relativa (Figura 29), com uma porcentagem média de  $79 \pm 7$  % dentro, contra  $83 \pm 4$  e  $80 \pm 8$  %, nos perfis externos. Isso indica uma sensibilidade de algumas dessas espécies ao aporte do cultivo.

Os porcelanáceos tiveram uma distribuição voltada aos bancos rasos e marginais à costa (setor leste do mapa - figura 29). A maior frequência relativa deste grupo foi encontrada na estação 27 (a mais próxima da costa), representando 19 % da população total. Essa distribuição já é bem discutida na literatura, que atribui aos porcelanáceos características de espécies de maior tolerância à ação de agentes hidrodinâmicos de turbulência como as ondas que atuam próximas à costa, devido às testas mais grossas e resistentes (SETTY, 1982; DEBENAY, 1990). Em relação ao cultivo não foi possível distinguir um padrão claro de distribuição, ocorrendo aumento em alguns pontos e diminuição em outros (Figura 29).

Os aglutinantes tiveram uma distribuição voltada ao setor norte e nordeste da área, o que pode estar relacionada ao sentido de maior confinamento da área estudada. Existe um gradiente bem conhecido de abundância de espécies aglutinantes, que aumenta em direção ao interior dos estuários, onde há maior influência continental (NICHOLS, 1974). Além dessa distribuição, foi possível verificar uma influência do cultivo no favorecimento deste grupo (Figura 28). O valor máximo da frequência relativa

foi encontrado numa estação logo abaixo do cultivo, com 23 %. As espécies aglutinantes são, em geral, mais tolerantes e suportam mais às variações ambientais da zona costeira, principalmente em ambientes com tendências deposicionais de aportes orgânicos (ALVE, 1995; DEBENAY *et al.*, 2000). Algumas dessas espécies são conhecidas inclusive por serem favorecidas em áreas sob influência de aportes provenientes do cultivo de moluscos (SCOTT *et al.*, 1995).



**FIGURA 29: Mapas de distribuição das porcentagens de espécies calcáreas hialinas, porcelanáceas e aglutinantes no sítio Alto Ribeirão.**

#### 6.1.4.1. Espécies dominantes e bioindicadoras de enriquecimento orgânico

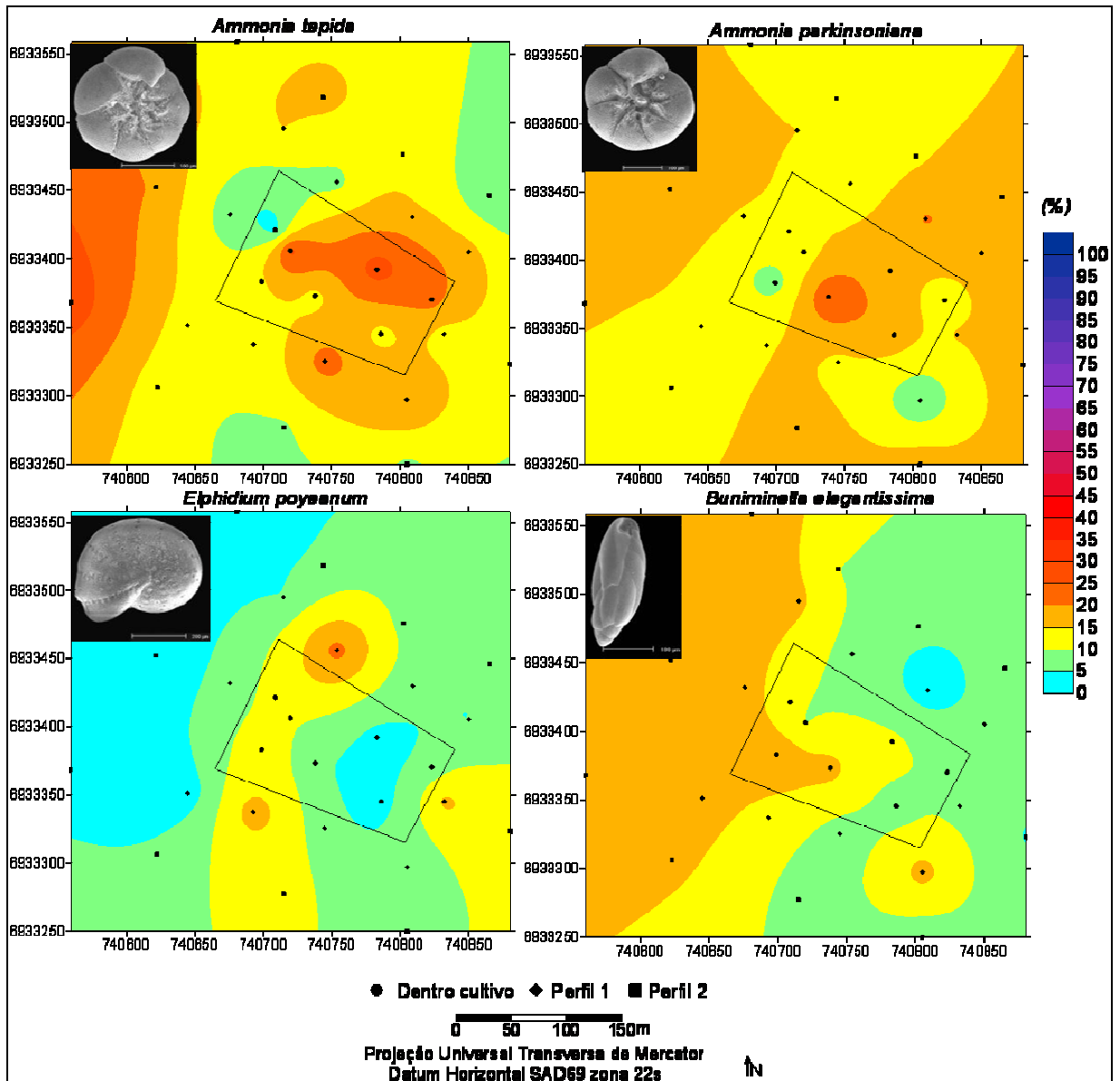
As espécies dominantes encontradas em toda a área analisada foram: *Ammonia tepida* (16 % da população total), *Ammonia parkinsoniana* (15 %), *Elphidium poyeanum* (9 %) e *Buliminella elegantissima* (12 %). Todas amplamente encontradas em diversos estudos de ambientes costeiros no sudeste e sul do Brasil, pertencentes à mesma Sub-Província Biogeográfica Sul-Brasileira, como a Baía de Ubatuba (BURONE & PIRES-VANIN, 2006; BURONE et al., 2007), Baía de Santos (BONETTI, 2000) e o Canal de Bertioga (RODRIGUES et al., 2003).

As espécies *Ammonia tepida* e *Buliminella elegantissima*, ambas consideradas bioindicadoras de enriquecimento orgânico, tiveram uma distribuição crescente em direção ao interior da Baía, nas áreas mais profundas com depósitos lamosos. Além desse gradiente transversal à costa foi possível observar também um favorecimento dessas espécies na área abaixo e próximo ao cultivo (Figura 30).

*Ammonia tepida* é uma espécie cosmopolita, euribionte, dominante em diversos tipos de ambientes estuarinos do mundo todo e conhecida por estar relacionada à ambientes com grandes variabilidades ambientais e sob influência de aportes orgânicos, o que a classifica como espécie bioindicadora desse tipo de aporte (DEBENAY & GUILLOU, 2002). Como esta espécie possui hábito herbívoro, se alimentando do fitoplâncton bentônico, com o incremento do aporte orgânico que estimula a produtividade primária, esta espécie responde rapidamente aumentando sua abundância (“*blooms*”) (ALVE, 1995; BURONE & PIRES-VANIN, 2006; BURONE et al. 2007).

A espécie *Buliminella elegantissima* é mais abundante em áreas sob maior influência marinha, mas também organicamente enriquecidas, principalmente em depósitos lamosos com níveis de oxigênio baixos. Sua forma alongada permite que suporte ambientes com camadas finas de oxidação, sendo considerada uma espécie oportunista em muitos estudos ambientais (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993; ALVE, 1995). Esta espécie possui hábito detritívoro se alimentando da matéria orgânica em forma de detritos no sedimento (BURONE & PIRES-VANIN, 2006; BURONE et al. 2007).





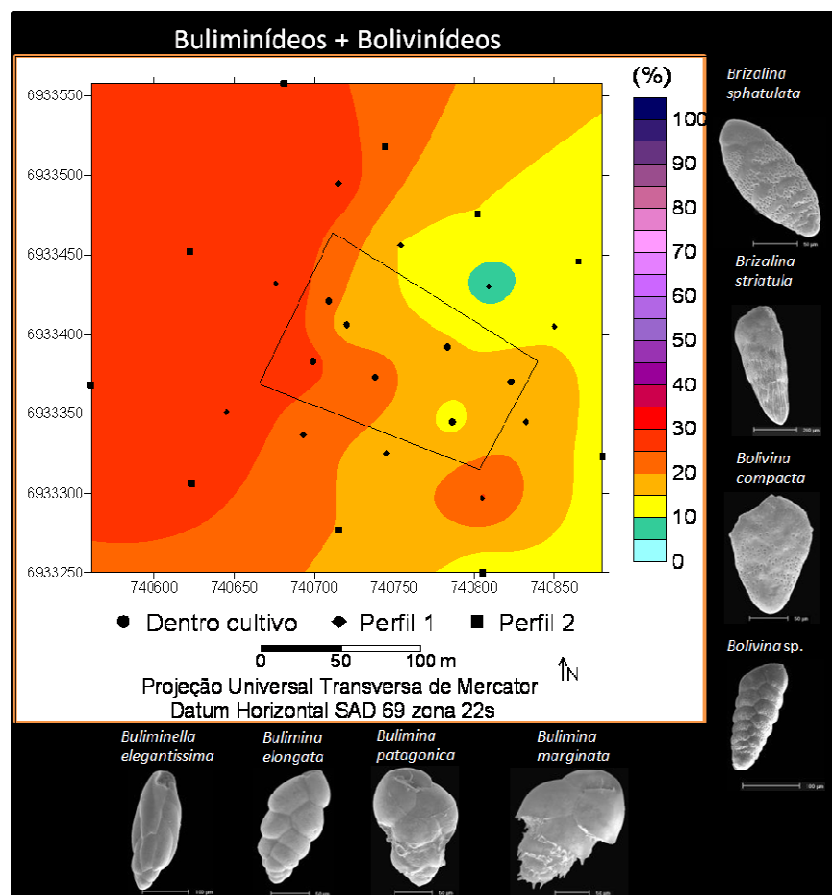
**FIGURA 30:** Mapas de distribuição da frequência relativa das espécies dominantes no sítio Alto Ribeirão.

O *Elphidium poyeanum* é uma espécie mixohalina (DEBENAY, 1990) e teve uma distribuição voltada às áreas marginais à costa, nos bancos rasos e arenosos da área estudada (setor leste). Em relação ao cultivo, apresentou uma sensibilidade na área mais antiga do cultivo, sendo sensível a este aporte (Figura 30).

A espécie *Ammonia parkinsoniana*, que também é mixohalina (DEBENAY, 1990), não apresentou um padrão de distribuição muito claro. Mas, sabe-se que esta espécie é

mais sensível a mudanças ambientais como: salinidade, oxigênio, temperatura e poluição (SAMIR, 2000).

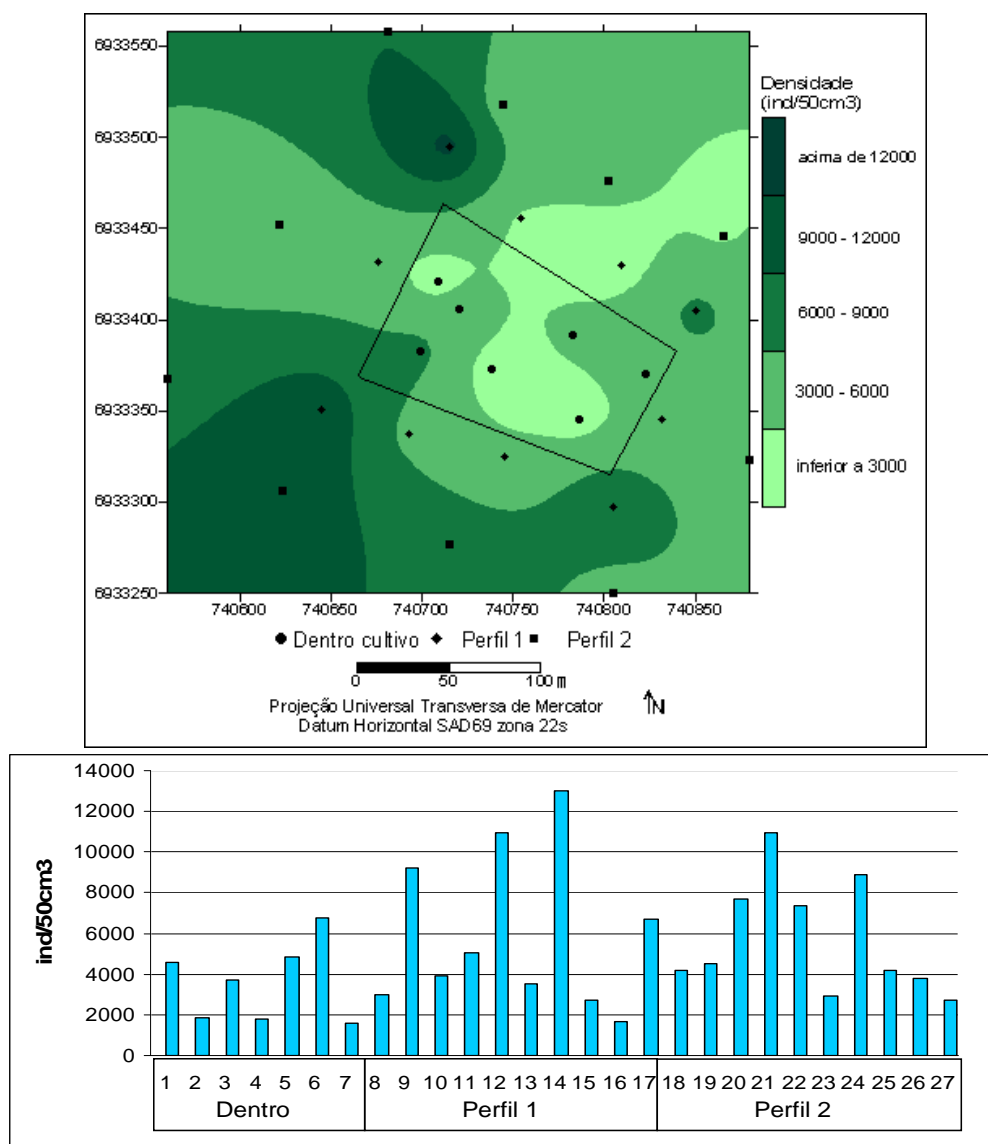
Os buliminídeos e bolivinídeos são espécies calcáreas hialinas freqüentemente citadas em trabalhos de monitoramento e diagnóstico ambiental, como indicadores de áreas sob influência de aportes orgânicos (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993; ALVE, 1995; BONETTI, 2000). Neste trabalho, estes grupos apresentaram uma distribuição voltada ao interior da Baía, onde há maior influência marinha e concentração de teores orgânicos. Mas, também foram favorecidos pela presença do cultivo, com aumento da sua abundância relativa na área abaixo e próximo do mesmo (Figura 31). Estas espécies apresentaram-se, portanto, mais tolerantes às condições biogeoquímicas no sedimento abaixo do cultivo e favorecidas por seu aporte.



**FIGURA 31: Mapas de distribuição da frequência relativa de espécies bioindicadoras de enriquecimento orgânico, buliminídeos e bolivinídeos, do sítio Alto Ribeirão.**

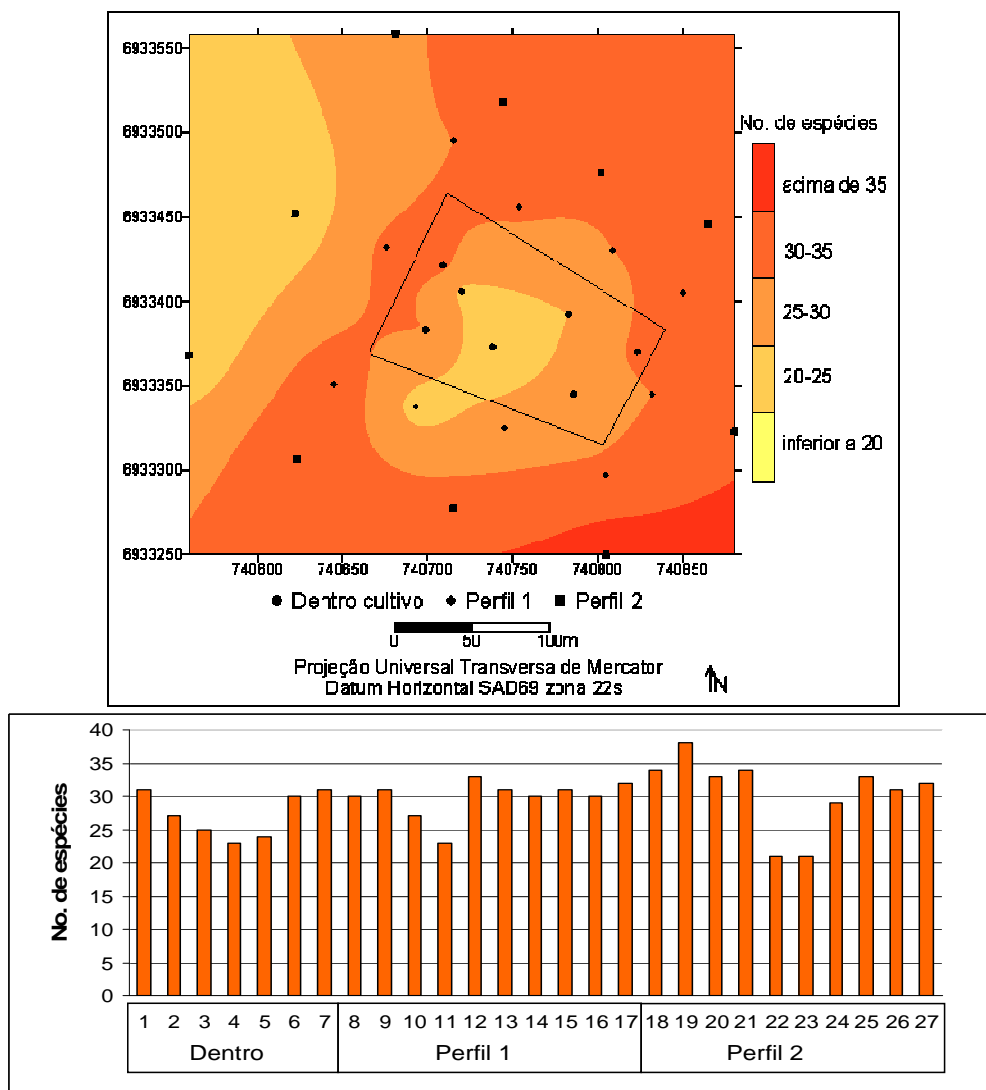
### 6.1.4.2. Índices e descritores ecológicos

Quanto aos índices ecológicos, comparando as médias entre os grupos dentro e fora do cultivo, todos apresentaram uma resposta negativa em relação ao cultivo (Tabela 3). A densidade média estimada dentro do cultivo foi menor que nos dois perfis externos (3573, 5953 e 5690 ind/50 cm<sup>3</sup>, respectivamente). No entanto, a variação inter-amostral em todos os grupos foi grande, o que indica também, uma forte variabilidade em função de tensores do próprio ambiente (Figura 32).



**FIGURA 32: Mapa de distribuição e gráfico da densidade estimada (50 ind/cm<sup>3</sup>) ao longo das estações do sítio do Alto Ribeirão.**

A riqueza (número específico de espécies) variou entre 23 a 38. Os menores valores foram encontrados no setor mais interior da Baía, nas áreas mais profundas, onde há os maiores teores de lama (máx. 99 %) e matéria orgânica total (máx. 4,0 %). Em direção à linha de costa há um aumento gradual da riqueza, exceto na área sob influência do cultivo, como pode ser observado no mapa de distribuição da figura 33. No interior do cultivo a média foi de 27 espécies, contra 30 e 31 nos perfis externos. Possivelmente houve um desaparecimento das espécies mais sensíveis e menos tolerantes, em resposta às alterações geoquímicas provocadas pelo aporte do cultivo.



**FIGURA 33:** Mapa de distribuição e gráfico da riqueza de espécies no sítio do Alto Ribeirão.

TABELA 3: Índices ecológicos da fauna foraminífera no sítio do Alto Ribeirão (dentro do cultivo e nos perfis externos 1 e 2).

Estações	Dentro_Cultivo							média±desv.
	1	2	3	4	5	6	7	
Dens. estimada	4608	1838	3722	1807	4845	6764	1570	3593 ±1959
Riqueza (S)	31	27	25	23	24	30	31	27 ±3
Diversidade (H')	2,8	2,8	2,4	2,5	2,5	2,8	3	2,7 ±0,2
Equitatividade (J')	0,82	0,85	0,76	0,81	0,8	0,82	0,89	0,82 ±0,04
Dominância (D')	0,08	0,08	0,14	0,1	0,12	0,09	0,06	0,09 ±0,03

Estações	Perfil 1										média±desv.
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Dens. estimada	2974	9214	3942	5027	10935	3497	13006	2722	1689	6725	5973 ±3862
Riqueza (S)	30	31	27	23	33	31	30	31	30	32	30 ±3
Diversidade (H')	2,8	2,7	2,7	2,6	2,9	2,9	2,7	2,8	2,9	2,9	2,8 ±0,1
Equitatividade (J')	0,83	0,79	0,83	0,83	0,83	0,85	0,79	0,81	0,84	0,83	0,82 ±0,02
Dominância (D')	0,08	0,1	0,09	0,09	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08 ±0,01

Estações	Perfil 2										média±desv.
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Dens. estimada	4159	4525	7718	10930	7360	2952	8905	4205	3761	2690	5720 ±2805
Riqueza (S)	34	38	33	34	21	21	29	33	31	32	31 ±6
Diversidade (H')	2,9	3	2,9	3	2,3	2,5	2,8	3	3	3	2,8 ±0,3
Equitatividade (J')	0,83	0,84	0,83	0,85	0,75	0,81	0,82	0,84	0,86	0,87	0,83 ±0,03
Dominância (D')	0,07	0,06	0,07	0,07	0,15	0,12	0,09	0,07	0,07	0,06	0,08 ±0,03

md = média; ds= desvio padrão; min.= mínimo; máx.= máximo; Dens. estimada = ind/50cm<sup>3</sup>.

Quanto aos índices de diversidade, dominância e equitatividade, também foi possível distinguir um gradiente de distribuição ligeiramente influenciado pelo cultivo. O índice de diversidade de Shannon oscilou entre 2,3 e 3,0, e seguiu o mesmo padrão de distribuição da riqueza, com uma diminuição em direção ao interior da Baía e na área sob influência direta do cultivo. O índice de equitatividade de Pielou oscilou entre 0,75 e 0,89 e seu gradiente também acompanhou a distribuição da diversidade e riqueza, com um índice menor nas áreas mais profundas e na área do cultivo (Figura 34). A dominância oscilou entre 0,06 e 0,15 e teve uma distribuição inversa à diversidade, como era de se esperar. Os valores mais elevados foram encontrados nas áreas mais profundas e abaixo do cultivo (Figura 34).

No cultivo os índices de diversidade e dominância também oscilaram mais entre as estações, enquanto que nos perfis externos foram mais homogêneos (gráfico da figura 34). Esse comportamento sugere um padrão de microdistribuição espacial tipo agregado, denominado de “*patches*”, na área do cultivo. A distribuição em *patches* é comum entre os foraminíferos, mas o aumento dessa tendência pode estar relacionada a mudanças na estratégia reprodutiva com reprodução assexuada. Essa mudança pode ocorrer em áreas mais susceptíveis a estresse ambiental (MURRAY, 1991).

Como toda a área estudada apresentou uma grande variabilidade em resposta aos tensores ambientais, os índices de diversidade específica apresentaram apenas um ligeiro gradiente em função do cultivo. Por isso, optou-se por calcular o índice de diversidade ponderada para cada grupo de estação, como forma de ressaltar as diferenças e sintetizar as condições ecológicas de cada grupo, medida pela riqueza ( $\overline{H'} = \sum_{k=1} (H'_k S_k) / n$ , onde k é a estação) (BURONE & PIRES-VANIN, 2006). De fato dentro do cultivo, o índice foi de 10,77, enquanto que no perfil 1 foi de 15,16 e no perfil 2 de 16,6. Assim, foi possível observar melhor um efeito negativo na área sob influência direta do cultivo.

Apesar dos tensores ambientais como os gradientes batimétricos e granulométricos serem fortes determinantes na distribuição faunística, foi possível distinguir impactos negativos promovidos pelo aporte do cultivo na fauna foraminífera. Esses impactos caracterizam um ambiente de maior variabilidade ecológica com menor

densidade, riqueza, diversidade e equitatividade, e maior dominância de espécies oportunistas (NICHOLS, 1974; SCHAFTER *et al.*, 1995; BURONE *et al.*, 2006).

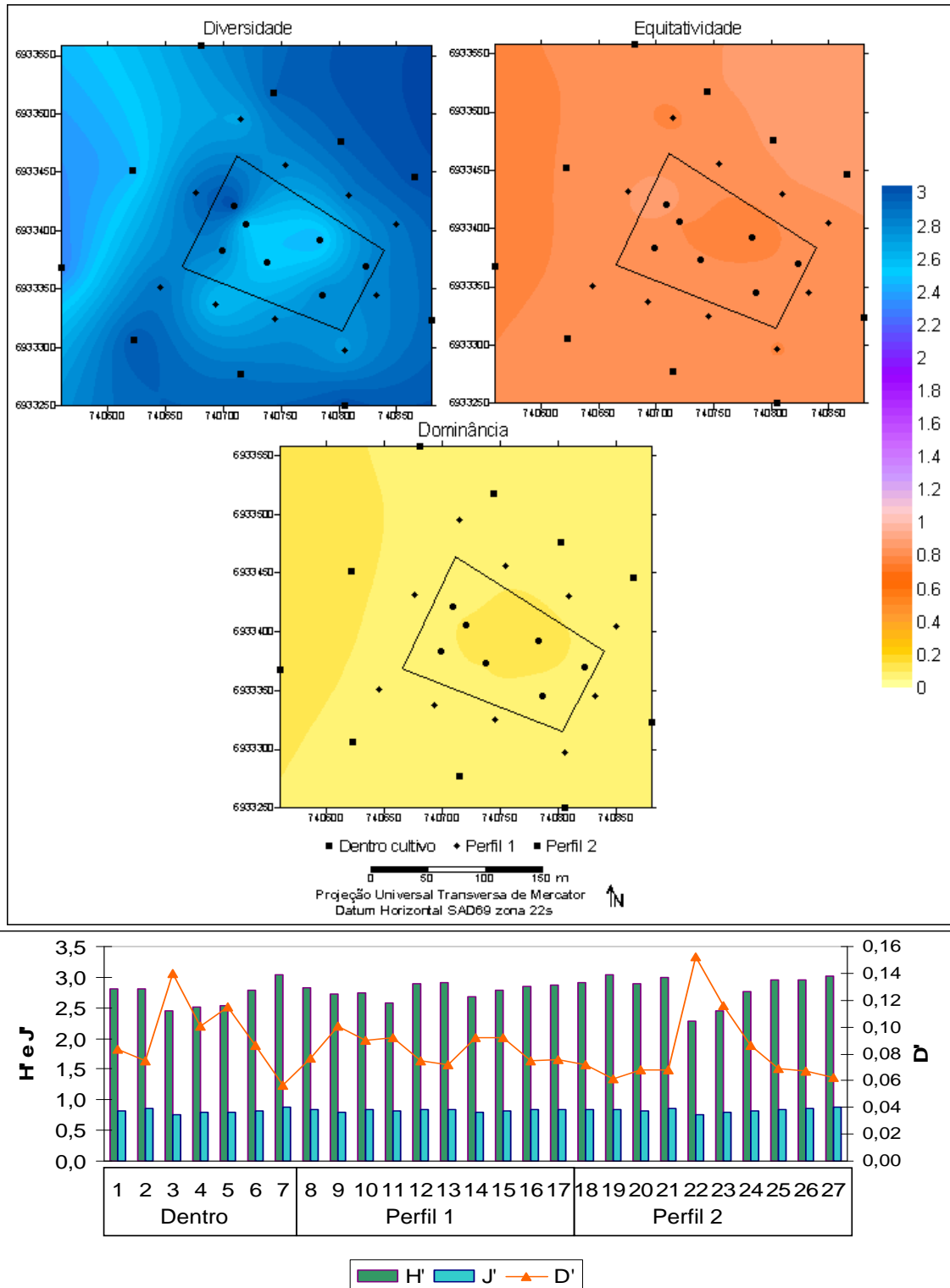


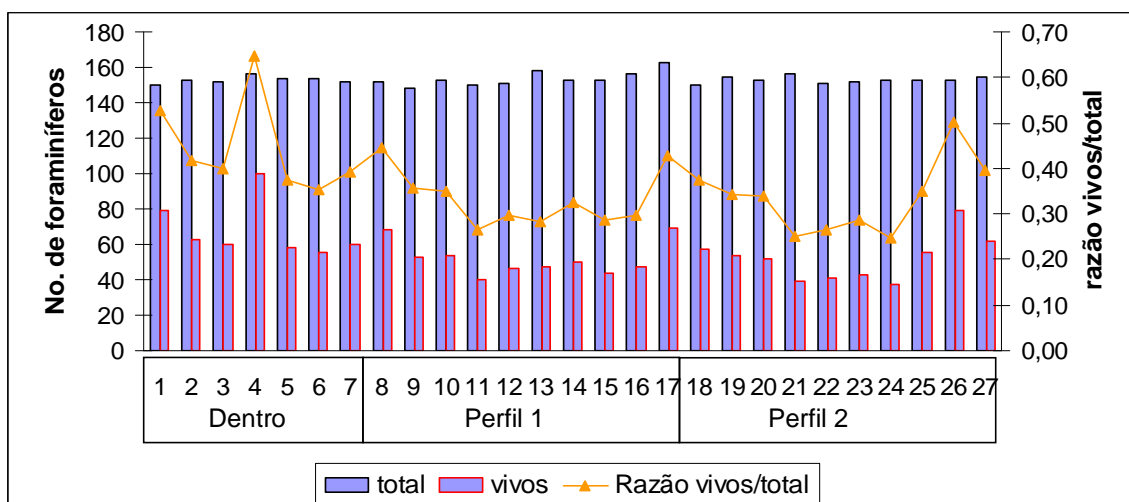
FIGURA 34: Mapas de distribuição e gráfico dos índices de diversidade ( $H'$ ), equitatividade ( $J'$ ) e dominância ( $D'$ ) no sítio do Alto Ribeirão.

Assim, a condição observada neste sítio indica que o enriquecimento orgânico atingiu limites susceptíveis de desencadear processos de eutrofização, mas ainda de forma moderada, caracterizando-o num estágio intermediário de impactação (BURONE *et al.*, 2006).

Quanto à percentagem de testas piritizadas, a área dentro do cultivo apresentou uma média maior, com  $11 \pm 3 \%$ , enquanto nas adjacências foram de  $9 \pm 4 \%$  (P1) e  $9 \pm 3 \%$  (P2) (Tabela 4). Isso indica uma maior tendência redutora da camada superficial do sedimento na área sob influência do aporte do cultivo (SETTY, 1982; BONETTI, 2000).

A biometria das testas de *Ammonia* spp. abaixo também foi menor no cultivo que nas áreas adjacentes, com uma média de  $0,16 \pm 0,01$  mm dentro, contra  $0,18 \pm 0,02$  e  $0,17 \pm 0,03$  mm, nos perfis externos. A diminuição do tamanho das testas pode indicar tanto a mudança na estratégia reprodutiva dos foraminíferos em resposta às condições ambientais mais restritivas (MURRAY, 1991), como uma adaptação da fauna em áreas com tendências de hipoxia (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993).

Outro descritor biológico que apresentou um padrão de distribuição influenciado pelo cultivo foi a razão vivos/total, que teve uma média de  $0,44 \pm 0,10$  dentro, contra  $0,33 \pm 0,06$  e  $0,34 \pm 0,08$  nos perfil externos (Tabela 4 e Figura 35). A maior razão vivos/total abaixo do cultivo indica uma área sob influência de maior sedimentação (NICHOLS, 1975; SETTY, 1982).



**FIGURA 35: Gráfico de distribuição de organismos vivos e totais triados nas amostras e a razão entre estes ao longo das estações do sítio do Alto Ribeirão.**



TABELA 4: Descritores ecológicos do sítio do Alto Ribeirão. md = média; ds= desvio padrão.

Grupos	Estação	Piritizados (%)	Biometria (mm)	Razão vivos/total	Infauna/Epifauna	<i>A. tepida/A. parkinsoniana</i>
dentro	1	9	0,16	0,53	0,3	1,8
	2	11	0,13	0,42	0,4	0,7
	3	8	0,16	0,40	0,3	1,6
	4	15	0,16	0,65	0,7	0,5
	5	16	0,17	0,38	0,4	2,1
	6	11	0,16	0,36	0,6	1,8
	7	15	0,17	0,39	0,6	0,2
	md±ds	11±3	0,16±0,01	0,44±0,10	0,5±0,2	1,3±0,8
P1	8	7	0,20	0,45	0,4	0,9
	9	3	0,16	0,36	0,6	3,8
	10	6	0,15	0,35	0,4	1,6
	11	5	0,19	0,27	0,4	0,8
	12	17	0,17	0,30	0,7	0,9
	13	10	0,18	0,28	0,7	0,5
	14	10	0,18	0,33	0,6	1,0
	15	12	0,20	0,29	0,3	0,8
	16	11	0,19	0,30	0,3	0,8
	17	12	0,20	0,43	0,3	0,9
md±ds	9±4	0,18±0,02	0,33±0,06	0,5±0,1	1,2±0,9	
P2	18	8	0,22	0,38	0,2	0,6
	19	15	0,20	0,34	0,4	0,5
	20	6	0,17	0,34	0,4	0,5
	21	8	0,14	0,25	0,6	1,3
	22	8	0,14	0,26	0,4	1,8
	23	9	0,15	0,29	0,5	1,0
	24	10	0,16	0,25	0,7	0,9
	25	11	0,18	0,35	0,4	1,4
	26	7	0,16	0,50	0,4	1,0
	27	4	0,19	0,40	0,3	0,3
md±ds	9±3	0,17±0,03	0,34±0,08	0,4±0,1	0,9±0,5	

Como forma de investigar a quantidade e qualidade da matéria orgânica nos grupos de estações, calculou-se o índice da razão entre as espécies segundo o seu modo de vida: infauna e epifauna (I/E) (MURRAY, 1991). Os organismos de hábito infaunal, ou seja, que vivem submersos no sedimento, normalmente são de hábito detritívoro. Já os organismos da epifauna, que vivem na superfície do sedimento ou aderidos a substratos no ambiente, são normalmente de hábito herbívoro, e se alimentam de microalgas ou biofilme de bactérias. Assim, com este índice, pode-se aferir em que forma a matéria orgânica está mais disponível no ambiente, em forma de detritos ou de produção primária. A razão I/E nas estações dentro do cultivo teve uma média de  $0,5 \pm 0,2$ , enquanto que nos perfis externos 1 e 2 foi de  $0,5 \pm 0,1$  e  $0,4 \pm 0,1$ ,

respectivamente. Isso sugere um leve gradiente de maior proporção de espécies de hábito infaunal na área de influência direta (dentro) e indireta do cultivo (perfil 1). O que pode ser interpretado de forma que o fluxo de matéria orgânica do cultivo não somente aumenta a produção primária como também já se acumula em forma de biodetritos no sedimento, favorecendo a abundância de espécies que se beneficiam deste aporte. A relação de espécies de hábito infaunal detritívoras em ambientes mais restritivos de depósitos lamosos organicamente enriquecidos é relatado em diversos outros trabalhos de diagnóstico ambiental como Burone & Pires-Vanin (2006) (baía de Ubatuba).

O último índice testado para avaliar a condição ecológica da influência do cultivo no ambiente bentônico foi a razão entre a espécie *A. tepida* e *A. parkinsoniana* (At/Ap). *A. parkinsoniana* é uma espécie mais sensível a mudanças ambientais como: salinidade, oxigênio, temperatura e poluição, que a *A. tepida*, portanto este índice pode indicar uma área sujeita à maior estresse ambiental (SAMIR, 2000). Dentro do cultivo, o índice At/Ap foi de  $1,3 \pm 0,8$ , enquanto que nos perfis externos foi de  $1,2 \pm 0,9$  e  $0,9 \pm 0,5$ . Há um gradiente de aumento do índice em direção à área de influência direta do cultivo, com um aumento da proporção de *A. tepida* em relação à espécie *A. parkinsoniana*, o que indica um ambiente de maior variabilidade e estresse na área sob influência direta do cultivo, e em menor grau na área indireta (no perfil 1).

#### 6.1.4.3 Testes estatísticos

A fim de verificar a significância estatística das diferenças encontradas na comparação das médias amostrais entre os grupos (dentro, perfil 1 e perfil 2) e observados nos mapas de distribuição, foi realizado o teste ANOVA de Kruskal Wallis. Dos índices testados, somente dois descritores apresentaram diferenças significativas, com um nível de confiança superior a 95 % ( $p \leq 0,05$ ): a biometria ( $H=28,47$ ) e a razão vivos/total ( $H=7,38$ ) (Tabela 5).

Apesar dos demais descritores terem demonstrado diferenças nas análises anteriores, mais uma vez, o gradiente natural e o número reduzido de amostras por grupo, não permitiu aferir estas diferenças estatisticamente. Analisando os gráficos do comportamento estatístico (Figura 36 e 37), pode-se verificar um ligeiro gradiente, principalmente entre o cultivo e os dois perfis externos. Isso demonstra que apesar de

pequena, foi notada uma diferença nos descritores ecológicos, o qual se restringiu à área de influência direta do cultivo (não estendendo a área indireta do perfil externo 1).

TABELA 5: Análise de Variância Kruskal Wallis dos descritores ecológicos do sítio Alto Ribeirão. Valores significativos (<95%) realçados em vermelho.

VARIAVEL	Grupo	Contagem	H	valor-p
	Dentro	7		
	P1	10		
	P2	10		
Calcáreos hialinos	Varição		0,87	0,65
Porcelanáceos	Varição		0,49	0,78
Aglutinantes	Varição		0,02	0,99
<i>A. tepida</i>	Varição		1,18	0,55
<i>A. parkinsoniana</i>	Varição		0,55	0,76
<i>E. poyeanum</i>	Varição		0,38	0,84
<i>B. elegantissima</i>	Varição		0,35	0,84
Bol + Bul	Varição		0,37	0,83
Densidade	Varição		2,25	0,32
Riqueza	Varição		4,05	0,13
Diversidade	Varição		2,96	0,23
Equitatividade	Varição		1,14	0,57
Dominância	Varição		3,32	0,19
Piritizados	Varição		2,79	0,25
Biometria	Varição	810	28,47	0,00
Vivos/total	Varição		7,38	0,02

Quanto às espécies bioindicadoras, apesar de *Ammonia tepida* não ter apresentado diferenças significativas entre os grupos, no gráfico da Figura 35 pôde-se notar um comportamento diferenciado em relação ao cultivo, com uma resposta positiva (maior abundância). Já os buliminídeos + bolivinídeos, não apresentaram um comportamento diferenciado na análise das variâncias entre os grupos (Figura 37). A espécie *Ammonia tepida* é conhecida por ser abundante em áreas sob influência de aportes orgânicos e de impactação intermediária, já os buliminídeos e bolivinídeos são comuns em áreas sob condições mais restritas com tendências de hipoxia (BONETTI, 2000; BURONE *et al.*, 2006). A área abaixo do cultivo não apresentou, portanto, características de um ambiente mais restritivo, mas um enriquecimento orgânico que favorece a distribuição da espécie *A. tepida*. Os resultados observados neste item de descritores biológicos indicam que o aporte do cultivo exerce uma ligeira influência negativa no ambiente, caracterizando um tipo de impacto intermediário, que é restrito à área de influência imediatamente abaixo do cultivo.

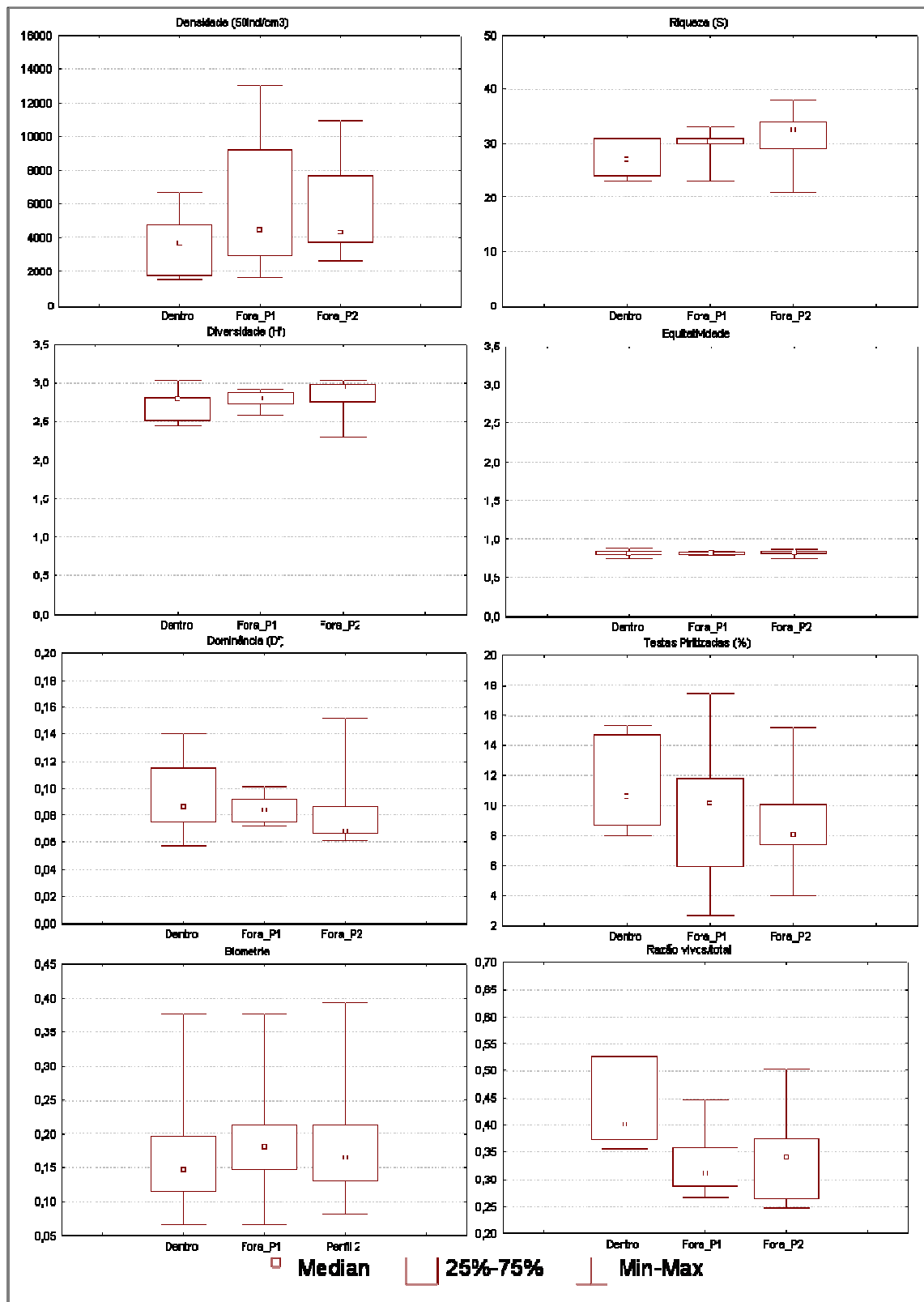
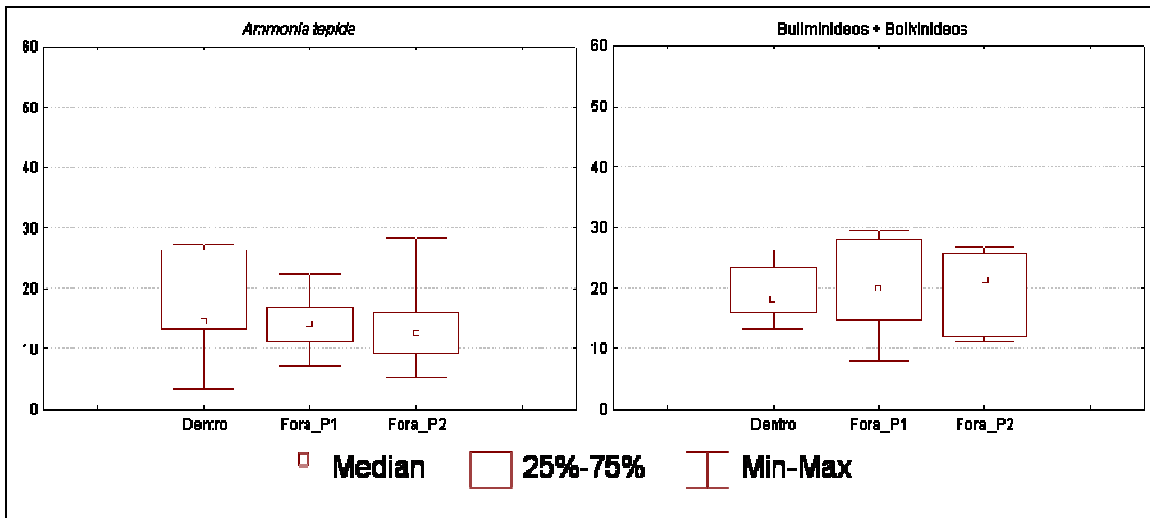


FIGURA 36: Comportamento estatístico dos descritores ecológicos nos grupos de estações do sítio Alto Ribeirão.



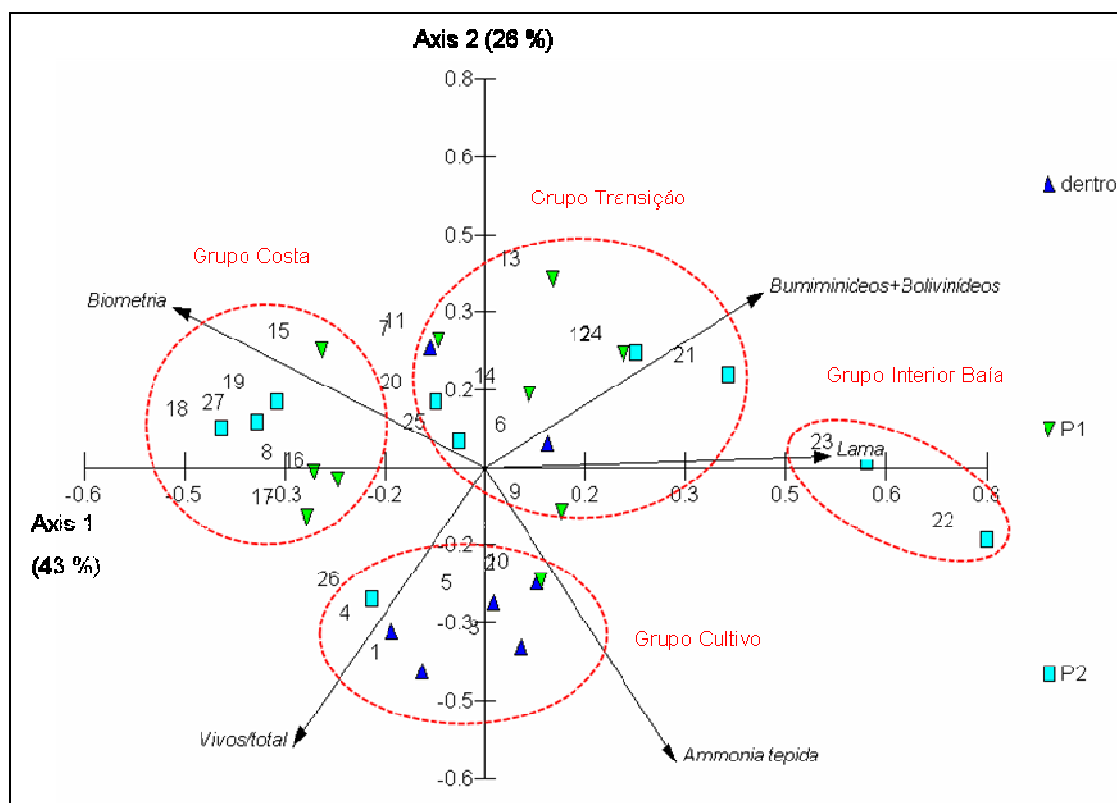
**FIGURA 37: Comportamento estatístico da freqüência relativa das espécies bioindicadoras de enriquecimento orgânico nos grupos de estações do sítio do Alto Ribeirão.**

### 6. 1.5. Identificação de padrões espaciais

Aplicando a análise de PCA a uma matriz composta por dados bióticos e abióticos, previamente padronizados, foi possível identificar os principais parâmetros que explicaram a variabilidade espacial das estações e verificar como estas se ordenaram. O descritor sedimentológico que melhor sintetizou a heterogeneidade do ambiente foi a porcentagem de lama (silte+argila), enquanto que os indicadores ecológicos foram: a biometria e a razão vivos/total (que foram significativos no teste de ANOVA), e ainda a freqüência relativa das espécies bioindicadoras, a *Ammonia tepida* e os buliminídeos+bolivinídeos. A combinação desses parâmetros explicou 43 % da distribuição das estações no primeiro eixo e 26 % no segundo (Figura 38).

A maior variabilidade das estações foi representada ao longo do eixo 1, condicionada, principalmente, pelo teor de lama, e secundariamente pela a freqüência relativa dos buliminídeos + bolivinídeos e a biometria das testas. Essa distribuição acompanhou o gradiente transversal da linha de costa, separando as estações em três grupos: 1) estações mais próximas à costa, com granulometria mais arenosa e indivíduos de testas maiores; 2) faixa de transição em direção às áreas mais profundas, com estações de características biossedimentológicas intermediárias e 3) estações das áreas mais profundas em direção ao interior da Baía, com maior porcentagem de lama, abundância de buliminídeos + bolivinídeos e menor biometria.

A relação do tamanho das testas com a granulometria já foi abordada em diversos trabalhos sobre a distribuição de foraminíferos em estuários e zonas costeiras. Os organismos maiores possuem, em geral, testas mais grossas e resistentes, suportando locais de bastante turbulência, como áreas arenosas rasas sob efeito da ação de ondas. Já nas áreas mais profundas e interiores, com maior deposição de finos, os organismos também tendem a ser menores (NICHOLS, 1954). As condições geoquímicas nas fácies lamosas normalmente são mais restritivas, com menor disponibilidade de oxigênio, e organismos de testas menores normalmente são mais adaptados a tais condições (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993).



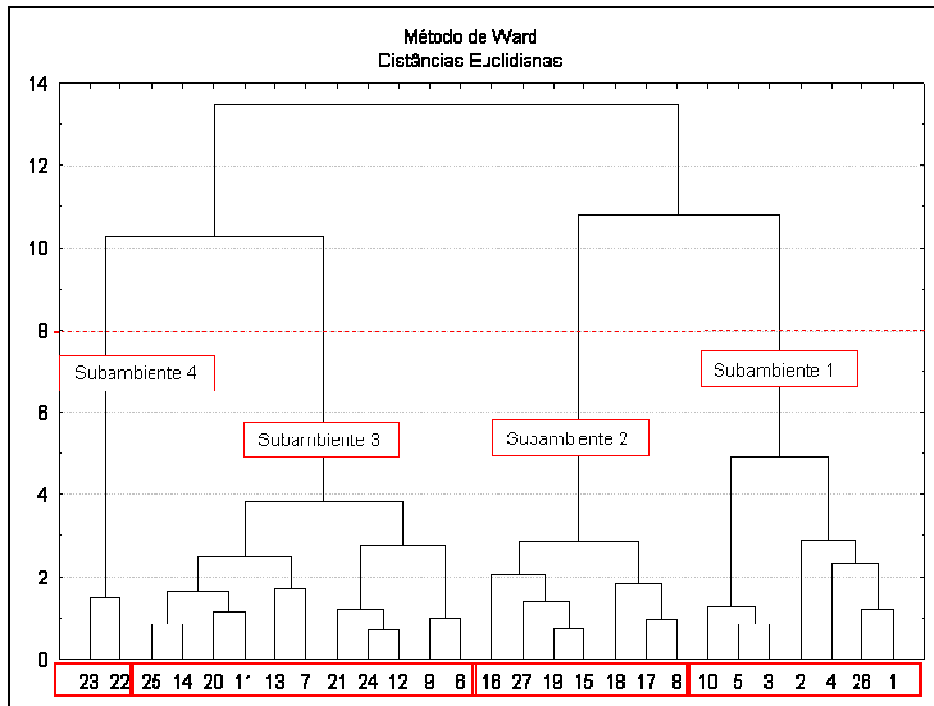
**FIGURA 38: Análise dos principais componentes (PCA) com parâmetros biossedimentológicos do sítio Alto Ribeirão. Em vermelho estão agrupadas as estações de características mais próximas (grupos de sub-ambientes).**

Além do gradiente ambiental dominante na área, foi possível identificar um gradiente secundário em relação ao cultivo no eixo 2, determinado principalmente pelo índice de vivos/total e pela frequência relativa da *Ammonia tepida*, conforme destacado no gráfico da figura 38. Estes dois foram, portanto, os parâmetros que melhor diferenciaram a influência do aporte do cultivo no ambiente.

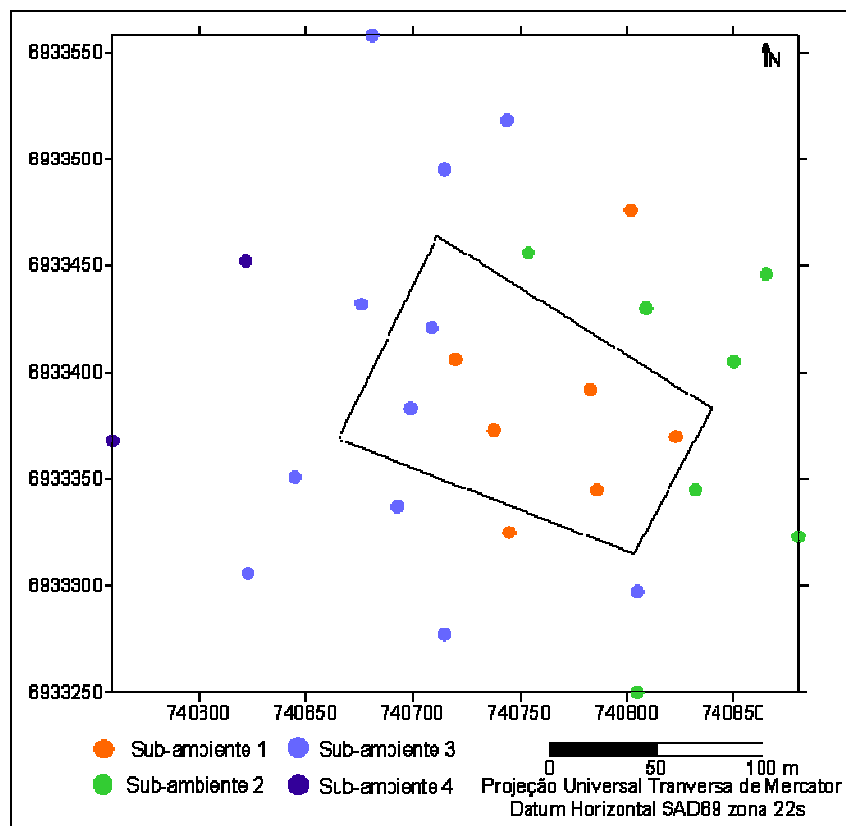
A fim de identificar e mapear os sub-ambientes presentes na área estudada do sítio Alto Ribeirão, foi realizada a análise de agrupamento das estações (modo Q). Os parâmetros incluídos na análise foram os mesmos da análise do PCA. A técnica utilizada para obter a matriz de associação foi a Distância Euclidiana e a estratégia de agrupamento para a construção do dendograma foi o método de Ward. O nível de corte adotado foi 8 resultando em 4 sub-ambientes, conforme já destacado no gráfico do PCA (Figuras 38, 39 e 40).

Sub-ambiente 1 (cultivo): agrupou a maioria das estações do cultivo, delimitando a área de influência direta do aporte do cultivo (Figura 40). Apenas duas estações do cultivo (6 e 7) não se agruparam junto às demais, justo aquelas que ficam na área mais profunda e recente do cultivo. Além da maior profundidade que favorece a menor deposição do aporte abaixo do cultivo (JUSUP *et al.*, 2007), como a área recente possuía apenas 5 meses de cultivo (da data da coleta), provavelmente não houve tempo suficiente para que o ambiente apresentasse respostas diferenciadas quanto ao acúmulo de biodetritos. A estação 10 do perfil 1 também se agrupou neste sub-ambiente, provavelmente por sofrer uma influência indireta do cultivo nesse ponto. Já a estação 26 do perfil externo 2, está localizada na porção nordeste da área e provavelmente sofre influência de outras fontes de aporte orgânico próximo à área. Vale ressaltar que, nesta direção, à nordeste da área estudada, está o mangue do Rio Tavares e o Rio Alto Ribeirão, que são fontes potenciais de aporte orgânico no local desta estação. Este sub-ambiente do cultivo apresentou características sedimentológicas intermediárias aos outros grupos, mas com respostas ecológicas diferenciadas. A razão vivos/total, teve a média mais alta (0,46), sugerindo maiores taxas de deposição nesta área. A biometria foi a segunda mais baixa (média de 0,16 mm) e a frequência relativa da *Ammonia tepida* foi a segunda maior com 20 %, perdendo apenas para o sub-ambiente 4 (das áreas mais profundas) (Tabela 6).

Sub-ambiente 2 (costa): este agrupou as estações mais próximas à linha de costa (Figura 40), onde há menor teor de lama (média 9 %) e organismos de testas maiores (média 0,20 mm). A razão vivos/total também foi relativamente elevada com uma média de 0,37, sugerindo uma área de instabilidade sedimentológica sob influência dos aportes continentais e remobilização do sedimento provocado pela ação de ondas.



**FIGURA 39:** Dendrograma do agrupamento das estações (modo Q) em sub-ambientes de equivalência bioossedimentológica do sítio Alto Ribeirão.



**FIGURA 40:** Mapa de distribuição dos sub-ambientes da área de estudo do sítio Alto Ribeirão.



Sub-ambiente 3 (transicional): este foi composto pelas estações dos perfis 1 e 2, localizadas na faixa de transição entre o banco marginal da costa (sub-ambiente 2) e as áreas mais profundas em direção ao interior da Baía (sub-ambiente 4) (Figura 39). Esta faixa de transição apresentou características biossedimentológicas intermediárias aos demais grupos.

Sub-ambiente 4 (interior da Baía): por fim, este sub-ambiente foi composto pelas estações 22 e 23, e caracterizou as áreas mais profundas em direção ao interior da Baía (Figura 39). Esta área é caracterizada por fácies lamosas (média 95 %), com organismos de testas menores (média 0,15 mm) e maior porcentagem de espécies bioindicadoras de enriquecimento orgânico e de tendências de hipoxia, os buliminídeos+bolivinídeos (27 %) e *Ammonia tepida* (24 %) (Tabela 6).

TABELA 6: Síntese estatística dos parâmetros biossedimentológicos dos sub-ambientes identificados no sítio Alto Ribeirão.

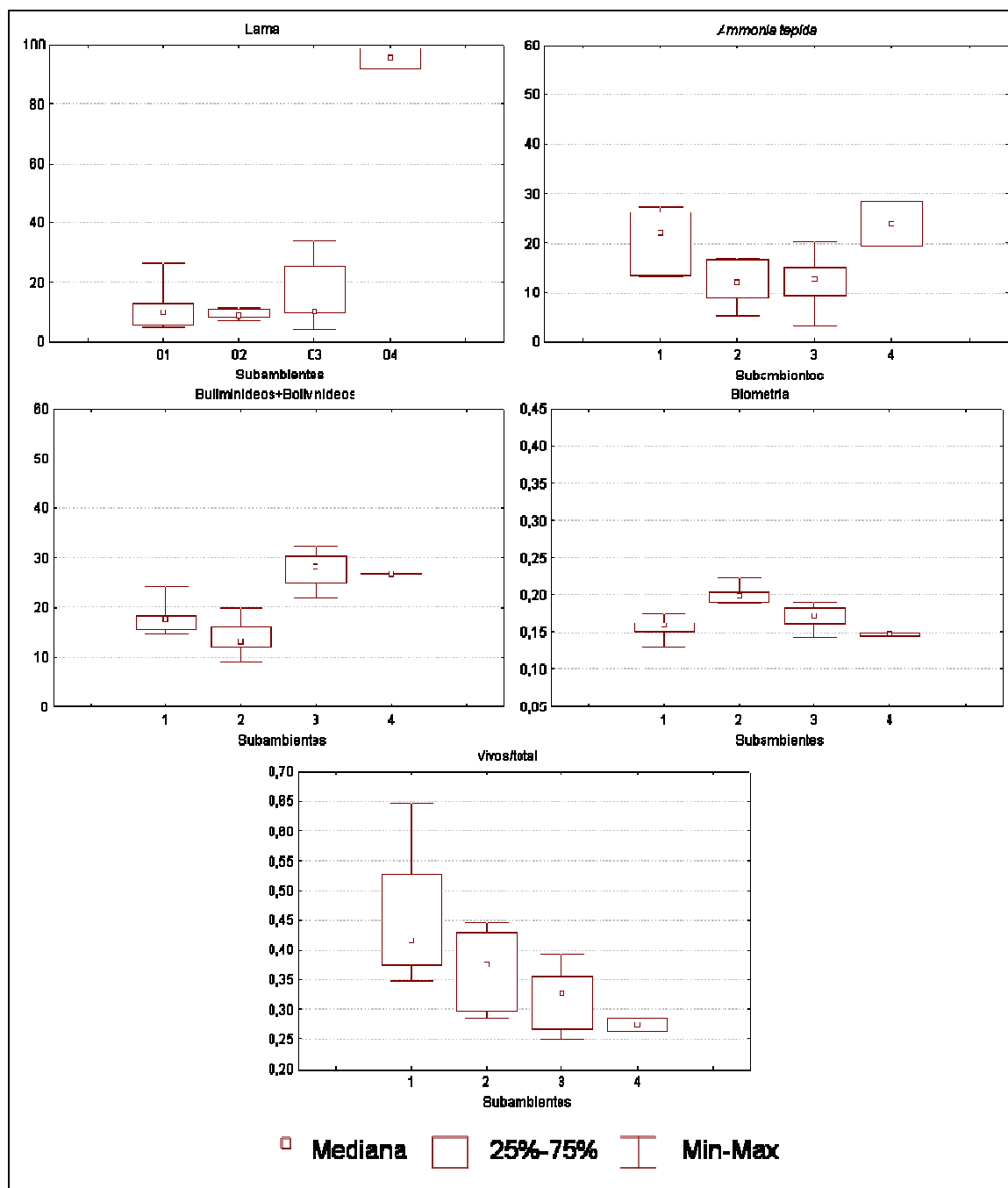
Subambientes	Sub 1 (cultivo)	Sub 2 (costa)	Sub 3 (transição)	Sub 4 (interior Baía)
Lama	11 ±7	9 ±1	16 ±10	95 ±5
<i>A. tepida</i>	20 ±6	12 ±4	12 ±5	24 ±6
Bul+Bol	18 ±3	14 ±3	28 ±3	27 ±0
Biometria	0,16 ±0,01	0,20 ±0,01	0,17 ±0,01	0,15 ±0,00
Vivos/total	0,46 ±0,11	0,37 ±0,06	0,31 ±0,05	0,28 ±0,02

Na análise de variância (ANOVA) de Kruskal Wallis, todos os descritores foram significativamente diferentes entres os sub-ambientes, exceto o teor de lama, pois o único sub-ambiente que teve maiores diferenças no teor de lama foi o sub-ambiente 2, da costa (Tabela 7).

TABELA 7: Análise de Variância Kruskal Wallis entre os sub-ambientes do sítio Alto Ribeirão. Em vermelho os valores significativos ( $p < 0,05$ ).

VARIAVEL	Grupo	Contagem	H	valor-P
	Sub 1	7		
	Sub 2	7		
	Sub 3	11		
	Sub 4	2		
Lama	Varição		6,78	0,08
<i>A. tepida</i>	Varição		10,45	0,01
Bul+Bol	Varição		19,96	0,00
Biometria	Varição		17,85	0,01
Vivos/total	Varição		13,03	0,00

Analisando os gráficos do comportamento estatístico dos descritores em cada grupo, pôde-se sintetizar as principais características de cada sub-ambiente (Figura 41).



**FIGURA 41: Comportamento estatístico dos descritores biossedimentológicos nos sub-ambientes do sítio Alto Ribeirão.**

O sub-ambiente 4, das maiores profundidades, teve um elevado teor de lama, caracterizado um depósito lamoso da Baía. Neste setor os buliminídeos+bolivínídeos

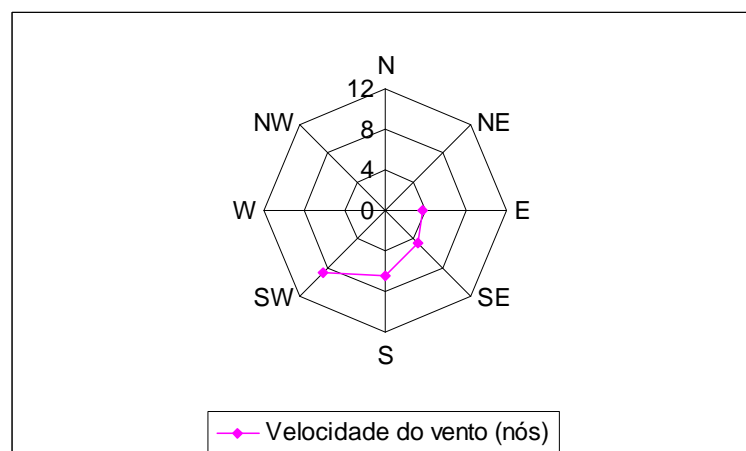
tiveram a frequência relativa mais elevada. O sub-ambiente do cultivo também teve alguns comportamentos semelhantes a este sub-ambiente, com menor biometria e maior frequência relativa da *Ammonia tepida*, mas a razão vivos/total apresentou um gradiente bem diferenciado do cultivo para os demais sub-ambientes, sendo o descritor que mais destacou a influência do seu aporte no meio.

Resumindo, no sítio do Alto Ribeirão apesar das influências do cultivo não terem sido bem ressaltadas nas análises individuais de cada parâmetro, nas análises multivariadas, foi possível distinguir e mapear a área sob influência do aporte do mesmo. Este por sua vez, se restringiu à área imediatamente abaixo das estruturas do cultivo, sobretudo na sua área mais rasa e antiga. O descritor mais determinante na caracterização do impacto do cultivo foi a razão vivos/total e, secundariamente, a biometria e a frequência relativa da *Ammonia tepida*.

## 6.2. SÍTIO PRAIA DO MUSEU

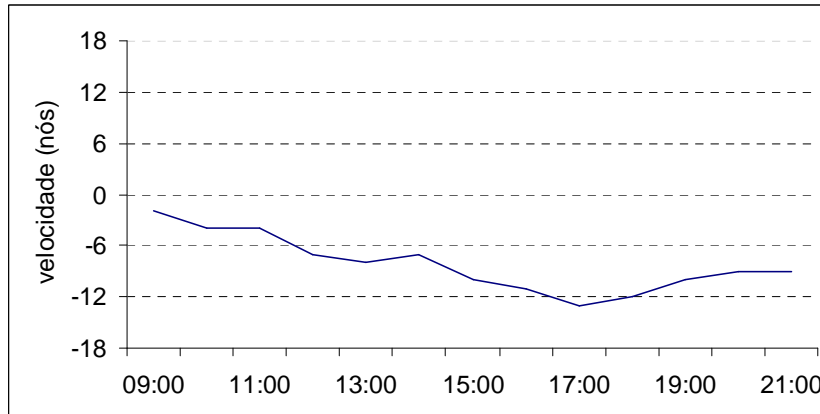
### 6.2.1. Caracterização hidrodinâmica e físico-química

A coleta dos dados hidrodinâmicos do sítio Praia do Museu foi realizada no dia 25 de novembro de 2007 (um dia anterior às coletas do sítio Alto Ribeirão). Foi neste dia que entrou a frente fria provocada pelo sistema anticiclônico formado no sul do oceano Atlântico. Os ventos predominantes foram da direção sudoeste, mas teve também atuação de ventos de leste, sudeste e sul (Figura 42). A intensidade média foi de  $6 \pm 3$  nós ao longo de todo o dia.



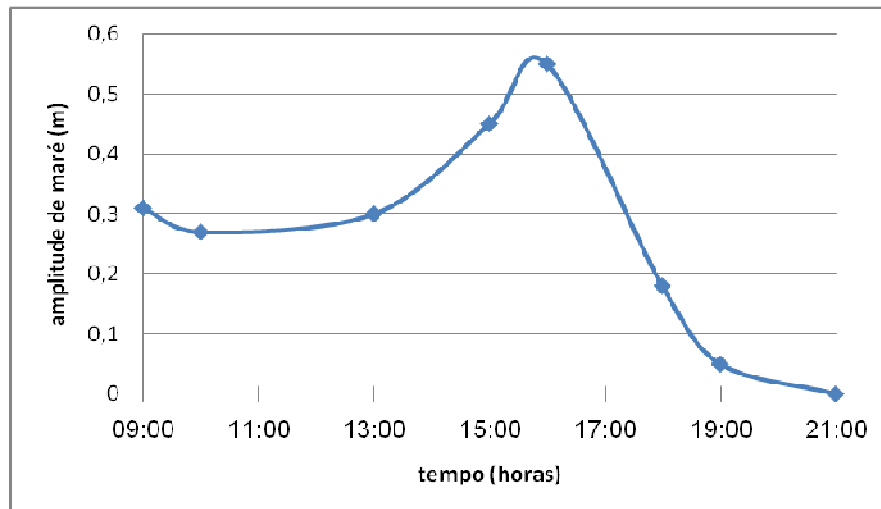
**FIGURA 42:** Gráfico da rosa dos ventos com as intensidades as velocidades médias das direções que atuaram no dia 25/11/2007.

Os ventos iniciaram numa intensidade baixa de 2 nós, e foram aumentando ao longo do dia, chegando a um máximo de 13 nós às 17 horas (Figura 43).



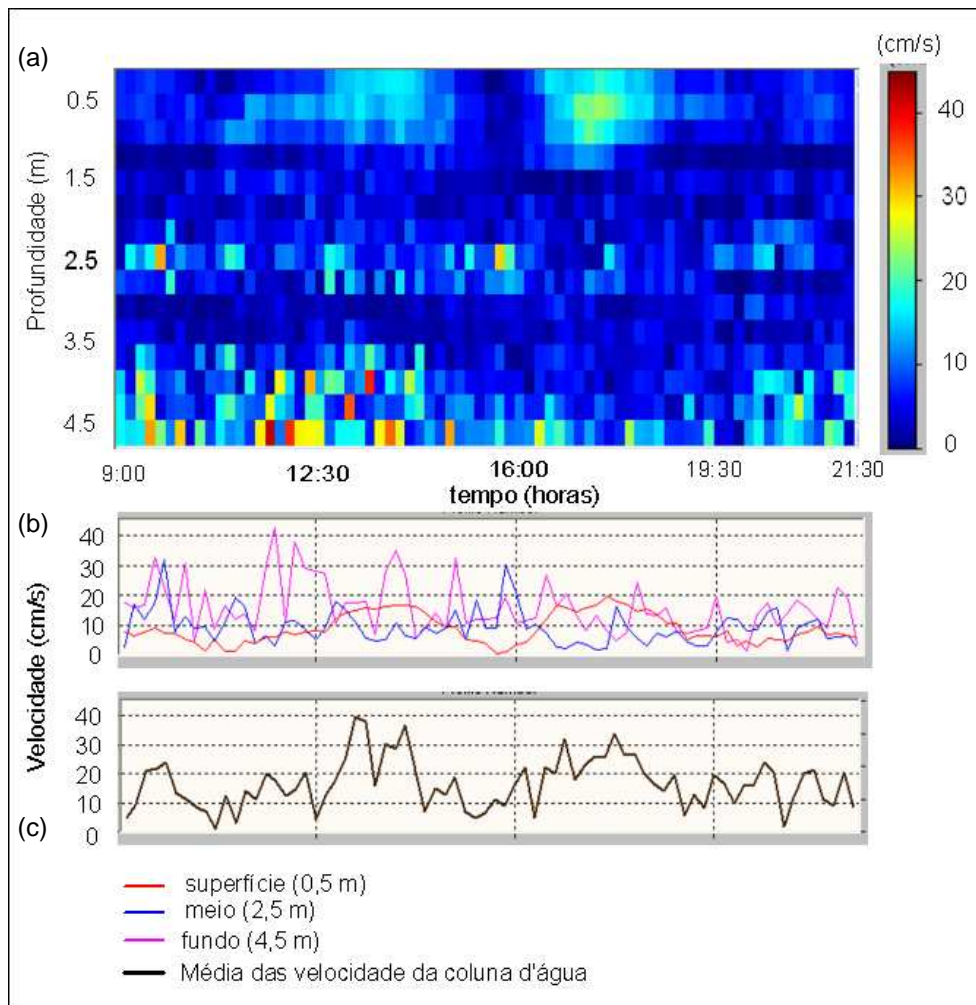
**FIGURA 43: Comportamento da velocidade e direção do vento (médias horárias), ao longo da estação fixa do sítio Praia do Museu (25/11/2007). Valores negativos indicam direção sul.**

A amplitude máxima da maré foi de 0,5 m, medida *in situ*, com um período de preamar das 09 às 16h00 e uma baixa-mar até o final da estação (21:30h) (Figura 44).



**FIGURA 44: Variação da maré ao longo da estação fixa do sítio Praia do Museu, medida em campo no dia 25/11/2007.**

O local onde foi instalado o ADCP, próximo ao centro do cultivo (6928689,4 N, 740414,1 L), tinha uma profundidade aproximada de 4,5 m. As medidas de correntes foram registradas em intervalos de 10 min, representando profundidades de 30 cm na coluna d'água. A figura 45 apresenta o comportamento das velocidades das correntes durante a estação. A velocidade média foi de  $3 \pm 2$  cm/s (duas vezes maior que o sítio Alto Ribeirão) e oscilou de 0 até 42 cm/s (4 vezes maior que o sítio Alto Ribeirão).

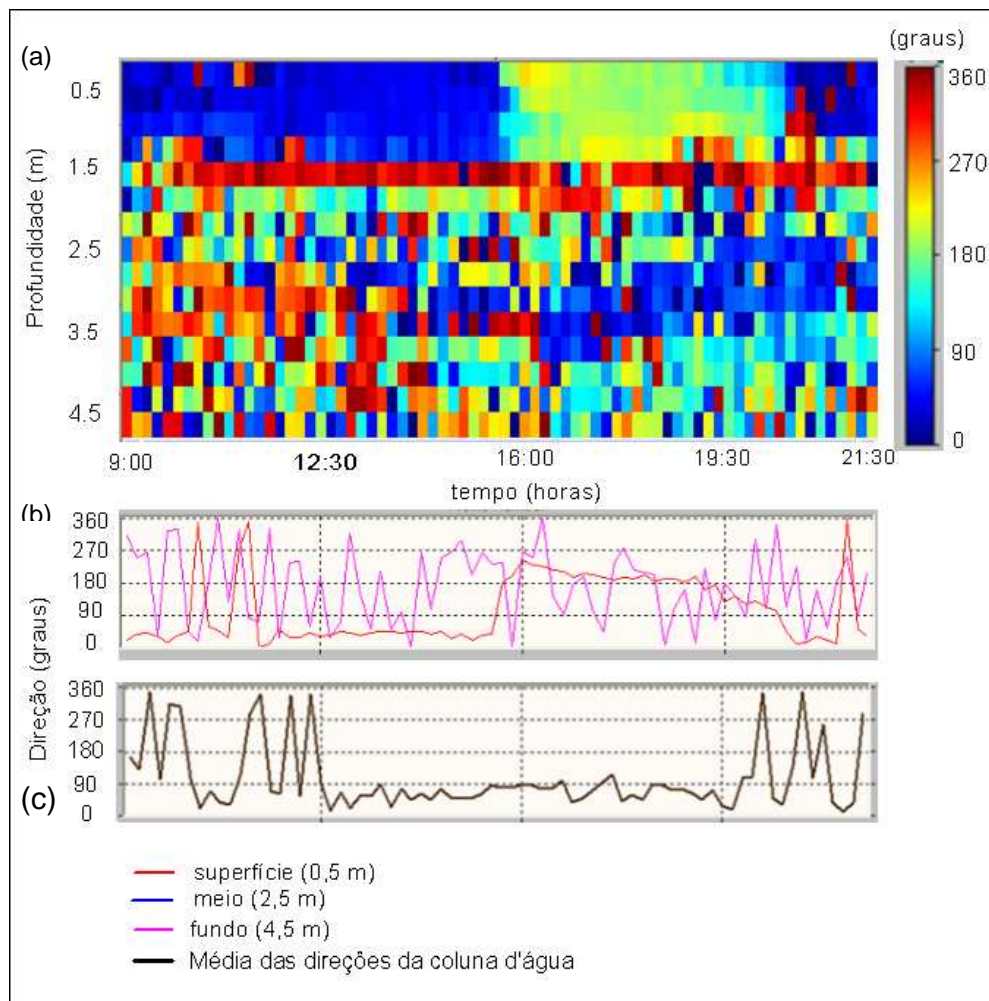


**FIGURA 45: Velocidades das correntes na coluna d'água ao longo da estação fixa do sítio Praia do Museu (a), velocidades médias da superfície, meio e fundo (b), e comportamento médio ao longo da estação (c) (25/11/2007).**

Analisando os dados, foi possível identificar três períodos de diferentes condições hidrodinâmicas. Além dos dois períodos identificados no gráfico de variação de maré, os dados do correntômetro registraram um terceiro representando o início de uma preamar no final da estação fixa (a partir das 20:00h). Na primeira preamar, das 9 às 15:00h, a velocidade média da coluna d'água foi de  $3 \pm 2$  cm/s e as maiores velocidades foram registradas no meio e fundo da coluna d'água, com um pico máximo de 42 cm/s (no fundo). O período subsequente correspondente à baixa-mar, foi das 15 às 20:00h, e teve uma velocidade média de  $3 \pm 1$  cm/s. Apesar de ser uma média maior que a do período anterior, as velocidades oscilaram menos e as máximas foram registradas nas águas de superfície, com um máximo registrado de 25 cm/s. Por fim, o ultimo período, já no final da estação, correspondeu ao início de uma preamar (mais

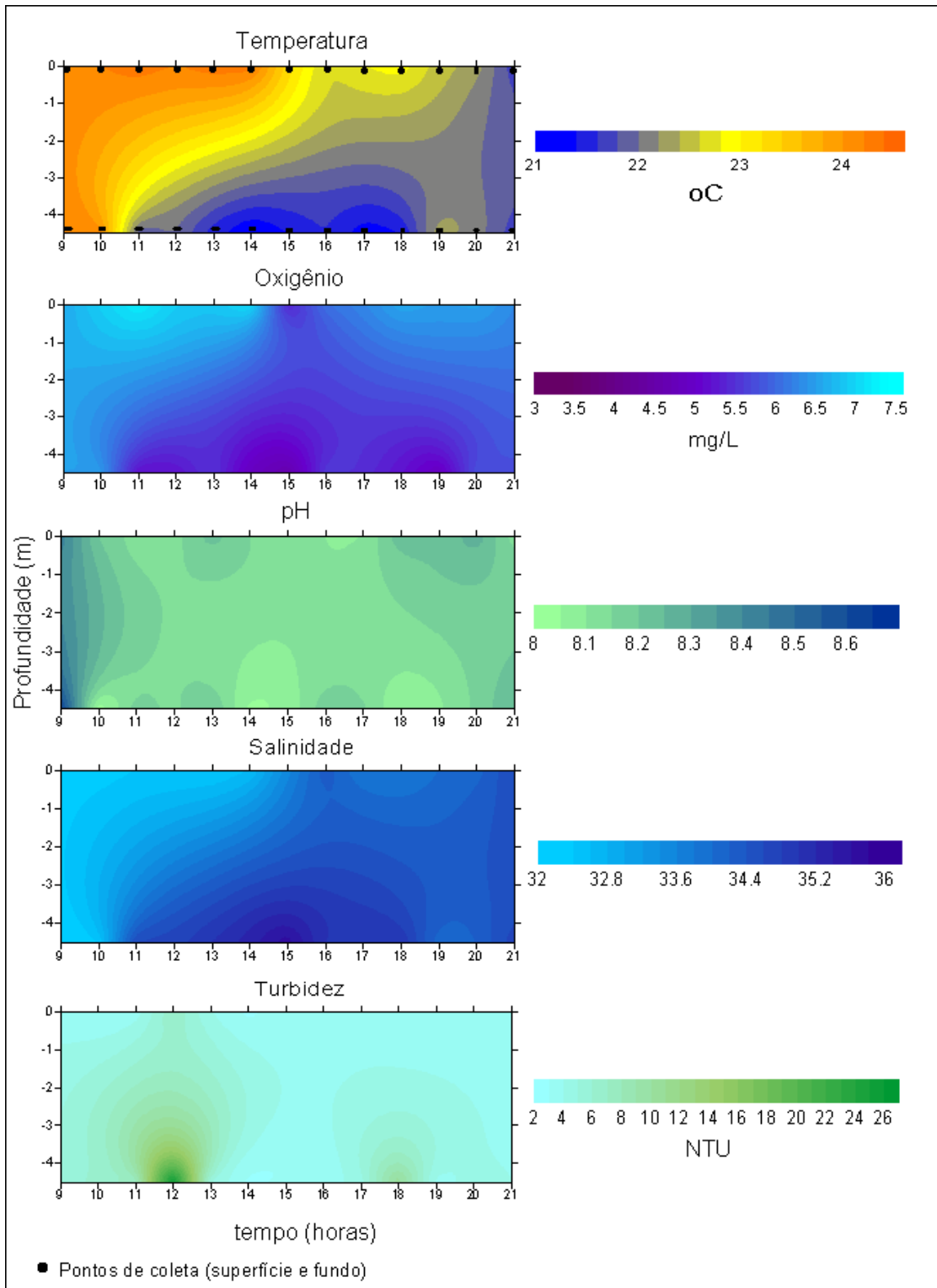
baixa) e teve uma velocidade média de  $2 \pm 1$  cm/s. Novamente aqui, as maiores velocidades foram registradas no fundo (máx. 25 cm/s)

Quanto às direções das correntes, as águas de superfície representaram bem os fluxos predominantes de cada período, enquanto que no meio e fundo o padrão foi mais disperso. Ainda assim, foi possível identificar a tendência principal das correntes em cada período. Durante a preamar (das 9 às 15:00h e das 20 às 21:30h) o fluxo predominante foi do quadrante nordeste, e na baixa-mar de sudoeste (Figura 46).



**FIGURA 46:** Direções das correntes na coluna d'água ao longo da estação fixa do sítio Praia do Museu (a), direções médias na superfície, meio e fundo e (b) comportamento médio das profundidades ao longo da estação (c) (25/11/2007). Observação: os tons fortes em vermelho e azul correspondem às mesmas direções ( $360$  e  $0^\circ$ =norte).

A figura 47 apresenta a dinâmica dos parâmetros físico-químicos na coluna d'água ao longo da estação.



**FIGURA 47: Distribuição dos parâmetros físico-químicos da coluna d'água durante a estação fixa do sítio Praia do Museu (25/11/2007).**

No início e final da estação, a coluna d'água apresentou-se bastante homogênea mas, no decorrer do dia pôde-se observar uma estratificação relacionada à dinâmica

diária e ao regime de marés. A temperatura oscilou entre 21,2 e 24,4 °C, diminuindo com a influência das águas marinhas no fundo, durante a preamar. O oxigênio teve uma variação entre 4,6 mg/L no fundo, e 7,2 mg/L na superfície. O pH pareceu estar mais relacionado ao oxigênio e oscilou entre 8 e 8,6. A salinidade variou entre 32,2 e 35,8, aumentando nas águas de fundo no período da preamar, demonstrando uma forte penetração das águas marinhas neste local. A turbidez teve dois picos de máximo no fundo, um de 25,8 NTU durante a preamar, e um menor de 10,2 NTU no final da baixamar. Estes, por sua vez, coincidiram com as maiores velocidades de correntes nas águas de fundo (42 e 15 cm/s, respectivamente).

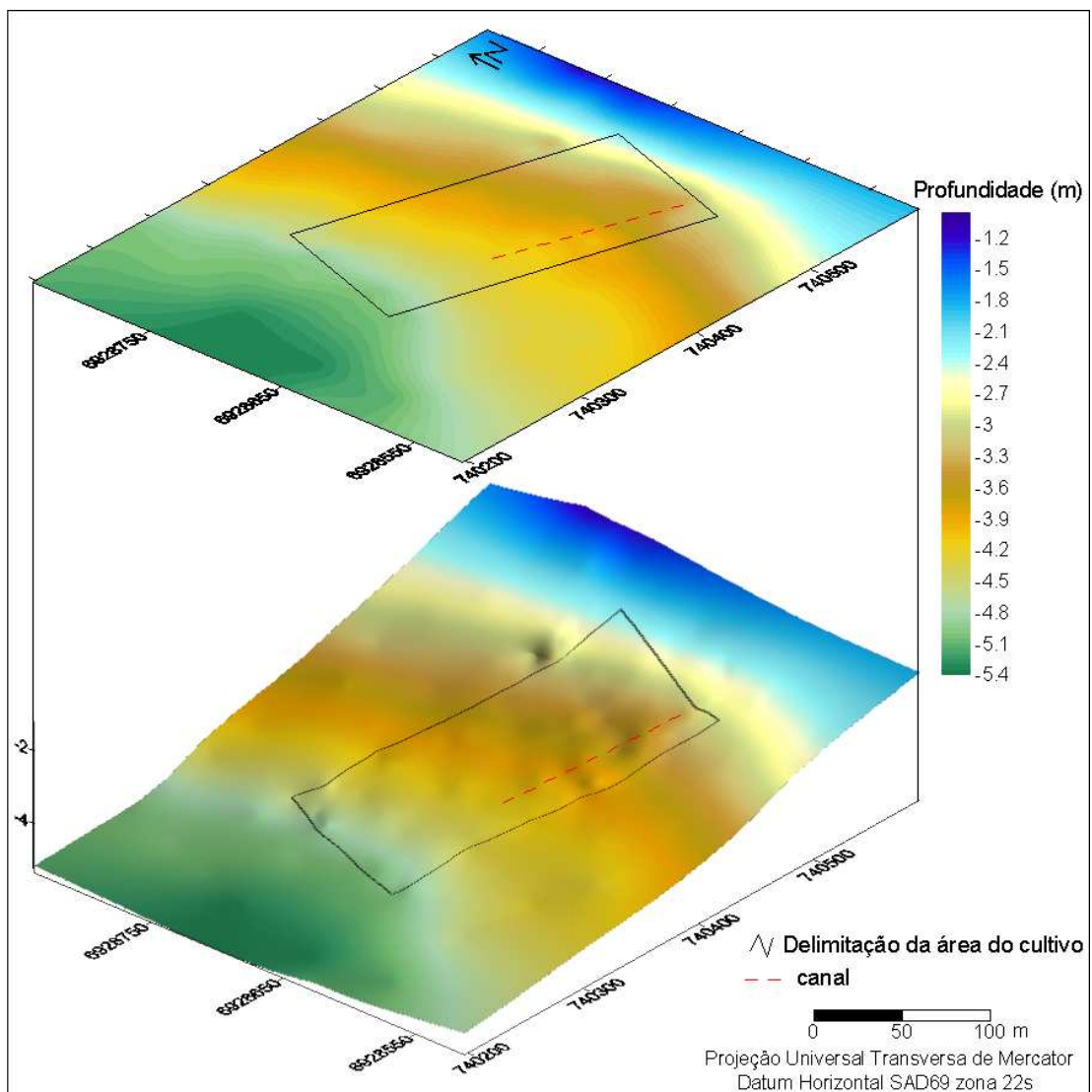
Devido às características fisiográficas deste local, como a relativa proximidade à abertura sul da Baía e a profundidade marcada pela presença de um canal de circulação (MOLLERI, 2004), sob as condições estudadas de maré de sizígia associada a ventos persistentes do quadrante sul, o sítio Praia do Museu caracterizou-se por estar sujeito a correntes de intensidades moderadamente elevadas. O fluxo de águas mais velozes foi registrado nas águas de fundo durante a preamar. Nestas condições, as correntes foram capazes de ressuspender os sedimentos, como foi apontado pelo pico da turbidez associado ao pico de velocidade das correntes no fundo.

Segundo Cromei *et al.* (2002), correntes de fundo acima de 9,5 cm/s, já são capazes de resuspender sedimentos de biodetritos acumulados no compartimento bentônico. Hartstein & Stevens (2005), analisando o comportamento de biodeposição em um sítio sob influência de condições hidrodinâmicas mais elevadas, notaram que em condições normais as correntes de maré não são capazes de dispersar os biodetritos numa área muito ampla, mas em eventos periódicos de passagem de ondulações e ventos intensos, estes são resuspensores e dispersos pelas correntes, removendo o aporte acumulado no fundo. Isso fica sendo um dos principais fatores responsáveis por evitar o acúmulo do biodepósito na área abaixo do cultivo. O sítio Praia do Museu, portanto, além de estar num local de maior circulação, também mostrou estar sujeito a fenômenos de ressuspensão de sedimento sob atuação das correntes de fundo, nas condições analisadas neste estudo, de amplitude de maré astronômica associada à maré meteorológica.



### 6.2.2. Batimetria detalhada

De modo geral, a área do sitio Praia do Museu possui um relevo acidentado, que varia de 1,2 a 5,4 m de profundidade (Figura 48). Há uma declividade acentuada, principalmente na orientação leste-oeste, da costa para o interior da Baía, e uma mais suave na direção norte-sul. Isso forma uma espécie de rampa orientada na diagonal, com as menores profundidades na porção nordeste, e as maiores a sudoeste. Nesta porção, as maiores profundidades (>5 m) são determinadas pela presença de um canal de circulação disposto paralelamente à linha de costa (como já discutido por MOLLERI, 2005).



**FIGURA 48: Mapa batimétrico com as isóbatas em 0,05 m associado ao modelo digital de terreno da superfície do fundo do sitio Praia do Museu.**

Na margem sul da área do cultivo foram verificadas também algumas anomalias batimétricas que sugerem a presença de um pequeno canal, perpendicular à costa (Figura 48). Este canal pode ter sua origem associada a uma drenagem pluvial esporádica, uma vez que não foi verificada a presença de nenhum rio ou escoamento subterrâneo no local. Pela topografia do relevo na área insular adjacente, pode-se observar uma depressão por onde pode haver escoamento de água que promova a formação desse canal.

Quanto à influência do cultivo, não foi observada a presença da camada de saliência relacionada ao biodepósito. A maior profundidade aliada à maior hidrodinâmica, são fatores condicionantes para o aumento da área de dispersão das partículas liberadas pelo cultivo, favorecendo um menor acúmulo de biodepósito abaixo do mesmo (JUSUP *et al.*, 2007). A ausência da camada de saliência do biodepósito nesse sítio pode ser, principalmente, devido a estes dois fatores.

### **6.2.3. Descritores sedimentológicos**

A coleta das amostras para análise dos parâmetros biossedimentológicos do sítio Praia do Museu foi realizada nos dias 28 e 29 de março de 2007, num total de 36 estações (Figura 11b).

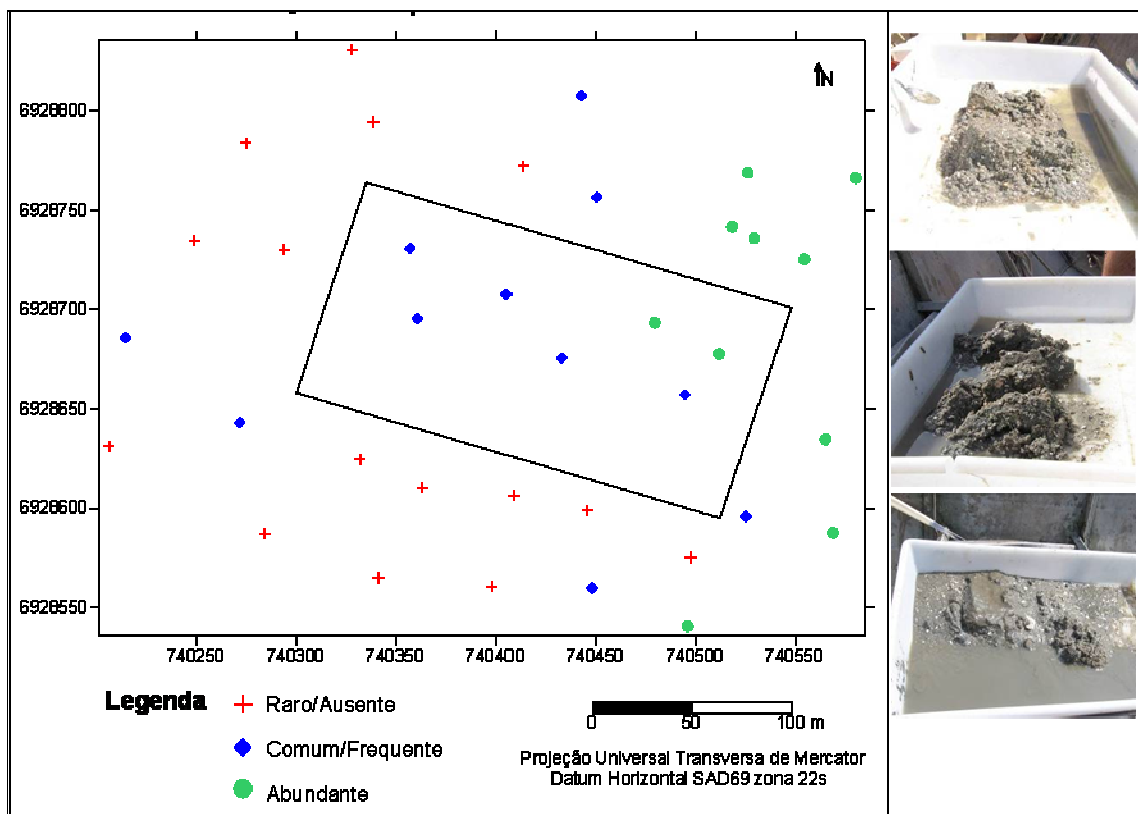
#### **6.2.3.1. Avaliação de campo**

As mudanças mais expressivas quanto à cor e a textura visual do sedimento, nas amostras observadas em campo, parecem estar condicionadas às variações na profundidade e no distanciamento da linha de costa, como também observado no sítio Alto Ribeirão. Nos locais mais rasos e próximos à costa, o sedimento apresentou uma característica arenosa, com bastante fragmentos de conchas e coloração marrom-amarelada (Figura 49-A), e em direção ao interior da Baía, o sedimento apresentou uma textura mais lamosa e coloração cinza e cinza-esverdeado (Figura 49-B). Em nenhuma das amostras foi notado, visualmente, o limite da camada de oxi-redução, mas todas apresentaram uma camada superficial de coloração marrom, formada por um biofilme de microalgas bentônicas. Essas características mantiveram o mesmo

padrão de distribuição dentro e fora da área de influência do cultivo, não demonstrando nenhuma alteração aparente na composição do sedimento de fundo.



**FIGURA 49:** A) Amostras próximas à costa e B) Amostras nas áreas mais profundas do sítio Praia do Museu, dentro e fora do cultivo.



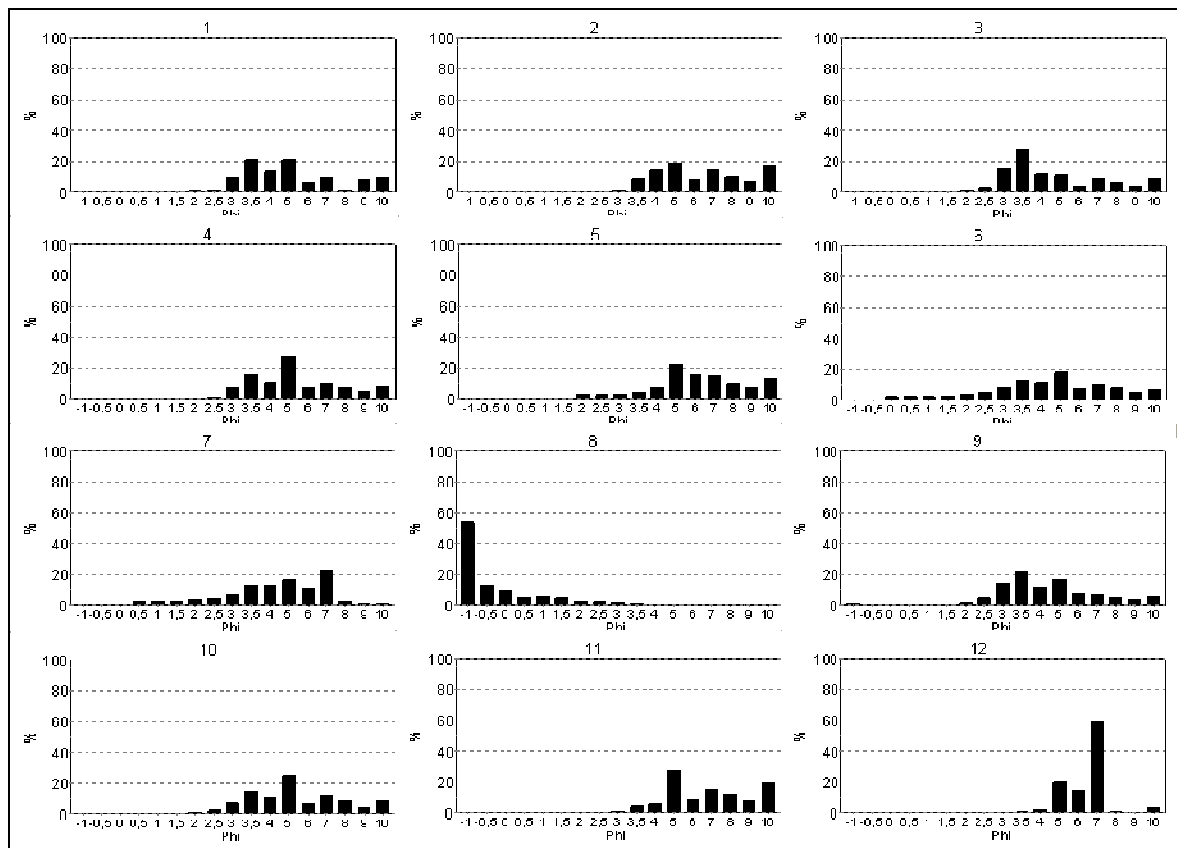
**FIGURA 50:** Distribuição de biodetrítos no sedimento do sítio Praia do Museu, com exemplos de amostras com presença abundante de biodetrítos. A terceira foto de cima para baixo é de uma amostra abaixo do cultivo

Quanto à presença de biodetrítos, pôde ser observada uma maior concentração nas áreas mais próximas à costa e também embaixo das estruturas de cultivo (Figura

50). Isso pode ser tanto devido ao desprendimento de conchas do cultivo, como indicar uma influência na produtividade do meio, aumentando a presença de organismos bentônicos do próprio ambiente (GRANT *et al.*, 1995). Esta última parece ser a melhor explicação neste caso, já que durante o campo não foram encontradas muitas conchas provindas do cultivo e sim de organismos do próprio ambiente.

#### 6.2.3.2. Granulometria

Em geral, a Baía Sul possui uma predominância de fácies arenosas (SILVA, 2002; BONETTI *et al.*, 2006), mas na área de estudo do sítio Praia do Museu a maioria das estações apresentaram uma predominância de sedimentos mais finos (silticos), entre moderado a muito pobremente selecionados (0 a 2,5 phi). As amostras foram granulometricamente heterogêneas, mas com uma distribuição suave entre as classes granulométricas, apresentando uma curtose predominantemente platicúrtica (Figura 51).



**Figura 51: Histogramas de distribuição da granulometria das estações do sítio Praia do Museu em escala de phi.**

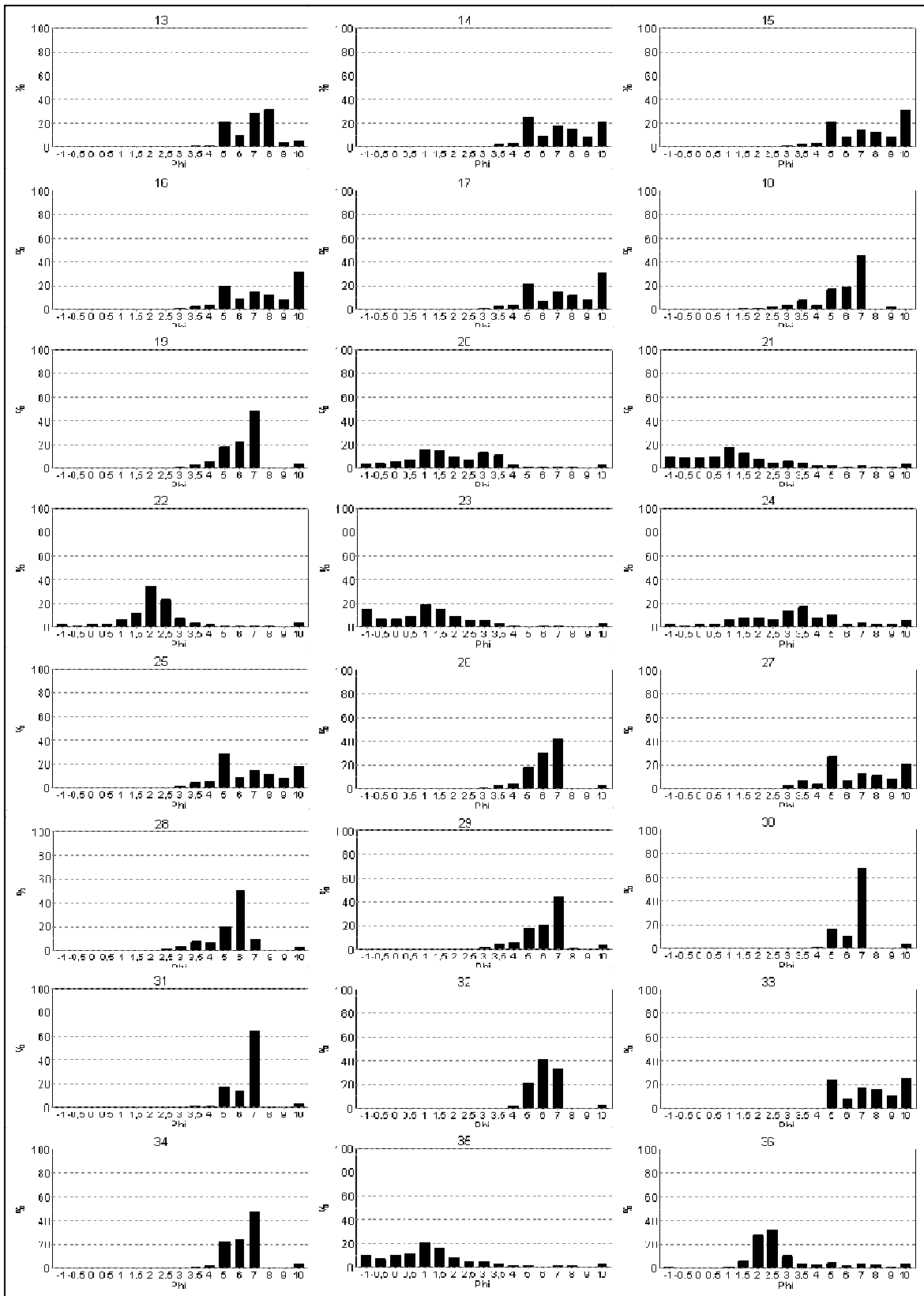
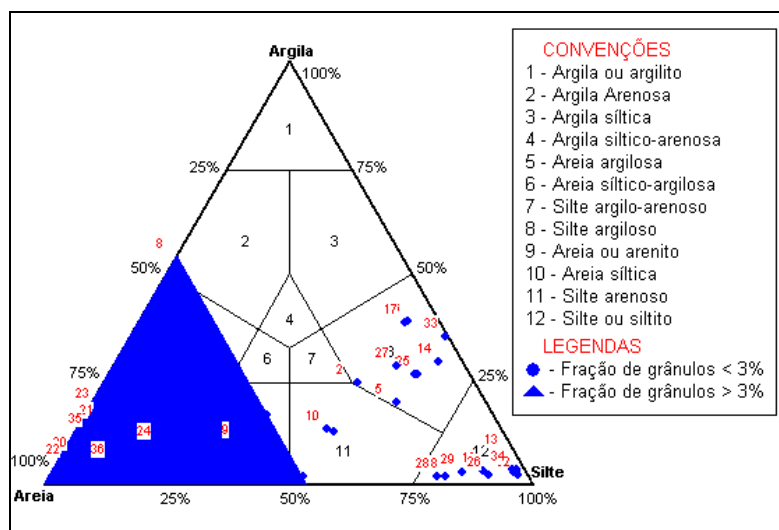


Figura 51 (Continuação): Histogramas de distribuição da granulometria das estações do sítio Praia do Museu em escala de phi.

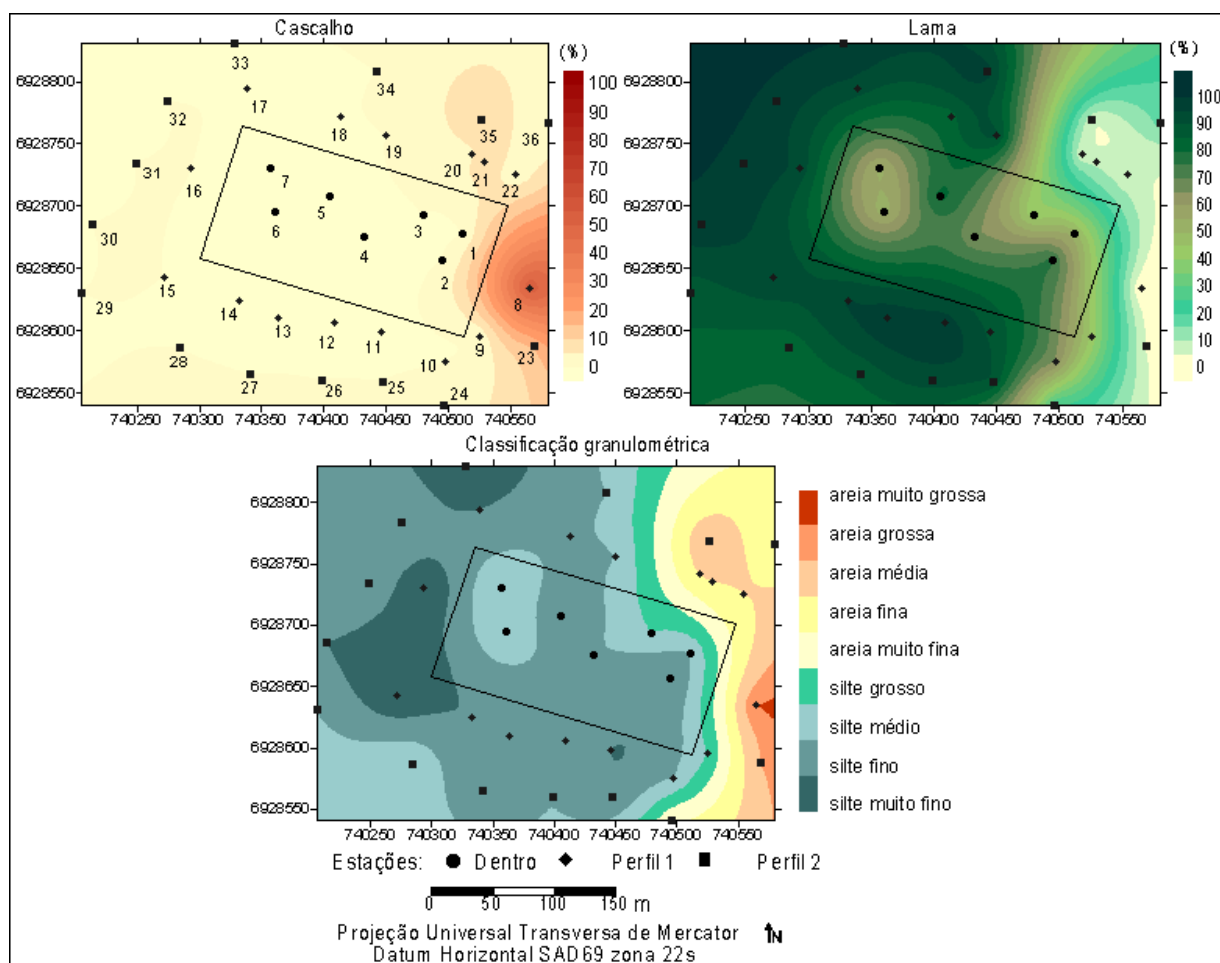
Segundo o Diagrama de Shepard (1954), as amostras se distribuíram em 3 grupos: um grupo majoritário de areia argilosa, arenito e areia siltica, um segundo grupo de transição de silte arenoso e silte argiloso e um terceiro grupo de silte (Figura 52).



**FIGURA 52: Distribuição granulométrica das amostras do sítio Praia do Museu, representadas no diagrama de Shepard (1954).**

Como já verificado na avaliação visual do sedimento, a distribuição da porcentagem de areia e lama foi determinada principalmente pela configuração do relevo de fundo e pelo distanciamento da linha de costa. Nas áreas rasas e marginais à costa (a leste da área amostrada), o sedimento apresentou mais areia (máx. 100 %) e cascalho (máx. 54 %), e em direção ao interior da Baía, nas áreas mais profundas, há um aumento exponencial na porcentagem de lama (máx. 100 %) (Tabela 8 e Figura 53). Os mapas de distribuição permitem visualizar esse efeito do contorno da linha de costa e da batimetria na distribuição das fácies sedimentológicas. Esse mesmo tipo de distribuição foi encontrado também no sítio Alto Ribeirão e em outros trabalhos de sedimentologia de ambientes costeiros (MAHIQUES *et al.*, 1999; BARCELLLOS, 2005).

A princípio, não foi possível observar nenhum efeito do cultivo na distribuição granulométrica (Figura 53), mas isso não descarta a possibilidade do cultivo exercer alguma influência numa área mais externa do cultivo. Dependendo da configuração do relevo de fundo a deposição do aporte do cultivo pode ocorrer fora da área do cultivo (JUSUP *et al.*, 2007). Isso poderá ser melhor investigado com os demais descritores analisados nesse estudo.



**FIGURA 53: Mapas de distribuição das classes granulométrica do sítio Praia do Museu.**

Em contrapartida o grau de seleção apresentou uma tendência de distribuição influenciada pelo cultivo. Na área do cultivo o padrão predominante é “muito pobremente selecionado” (média 2,2 phi) enquanto que nas áreas adjacentes é de “moderado a pobremente selecionado” (média 1,6 mm) (Tabela 8 e figura 54).

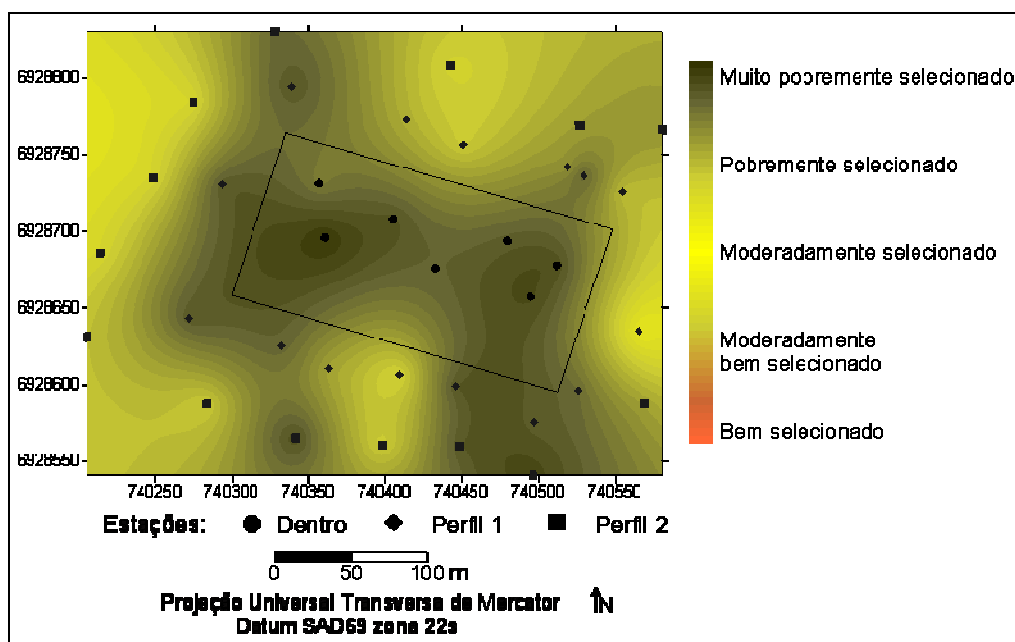
Esta diferenciação no grau de seleção do sedimento abaixo do cultivo pode indicar uma influência do mesmo na sedimentologia do ambiente, ainda que este não provoque acúmulo de sedimentos finos. Neste caso a maior influência do cultivo deve estar relacionada à alteração no padrão de sedimentação das partículas do próprio ambiente pelas estruturas do cultivo (BOYD & HEASMAN, 1988), do que mesmo pela biodeposição do cultivo.

TABELA 8: Síntese estatística das características granulométricas, segundo Folk & Ward (1957), e teores orgânicos e carbonato biodetrítico do sítio Praia do Museu, nos diferentes grupos de estações: dentro do cultivo, nos perfis externos (1 e 2) e em todas as amostras.

Estações		Prof. (m)	md (phi)	mz (phi)	dp (phi)	ski	kg	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Lama (%)	MOT (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)
<b>Dentro_</b> <b>Cultivo</b> <b>(7</b> <b>estações)</b>	<b>média</b>	3,9	5,2	4,6	2,2	0,3	0,9	0	39	47	14	61	4	14
	<b>ds</b>	0,6	0,7	0,8	0,2	0,2	0,1	0	14	11	7	14	1	3
	<b>mín</b>	3,0	4,4	3,6	1,9	0,0	0,7	0	18	29	2	41	3	9
	<b>máx.</b>	4,5	6,2	5,9	2,5	0,7	1,0	0	59	62	24	82	5	18
<b>Perfil 1</b> <b>(15</b> <b>estações)</b>	<b>média</b>	3,6	4,8	4,7	1,7	0,1	1,1	5	31	50	15	64	3	10
	<b>ds</b>	1,0	2,4	2,6	0,5	0,6	0,6	14	34	34	15	39	2	5
	<b>mín</b>	2,0	-0,2	-0,9	0,6	-0,5	0,6	0	2	0	0	0	0	3
	<b>máx.</b>	5,0	7,0	7,1	2,2	2,0	2,7	54	93	94	39	98	7	20
<b>Perfil 2</b> <b>(14</b> <b>estações)</b>	<b>média</b>	3,9	4,8	4,8	1,5	0,0	1,0	2	28	61	9	70	5	10
	<b>ds</b>	1,4	2,1	2,1	0,5	0,3	0,5	5	35	37	11	38	3	2
	<b>mín</b>	1,5	0,7	0,8	0,9	-0,5	0,6	0	0	1	2	5	1	5
	<b>máx.</b>	5,5	7,0	7,0	2,4	0,6	2,6	15	84	96	35	100	9	12
<b>Todas</b> <b>(36</b> <b>estações)</b>	<b>média</b>	3,6	4,8	4,7	1,7	0,1	1,0	3	31	53	12	66	4	11
	<b>ds</b>	1,1	2,0	2,1	0,6	0,5	0,5	9	31	32	12	35	2	4
	<b>mín</b>	1,5	-0,2	-0,9	0,6	-0,5	0,6	0	0	0	0	0	0	3
	<b>máx.</b>	5,5	7,0	7,1	2,5	2,0	2,7	54	93	96	39	100	9	20

ds= desvio padrão, mín.= mínimo, máx.= máximo , md= diâmetro médio, dp= grau de seleção, CaCO<sub>3</sub>= carbonato biodetrítico e MOT= matéria orgânica total.

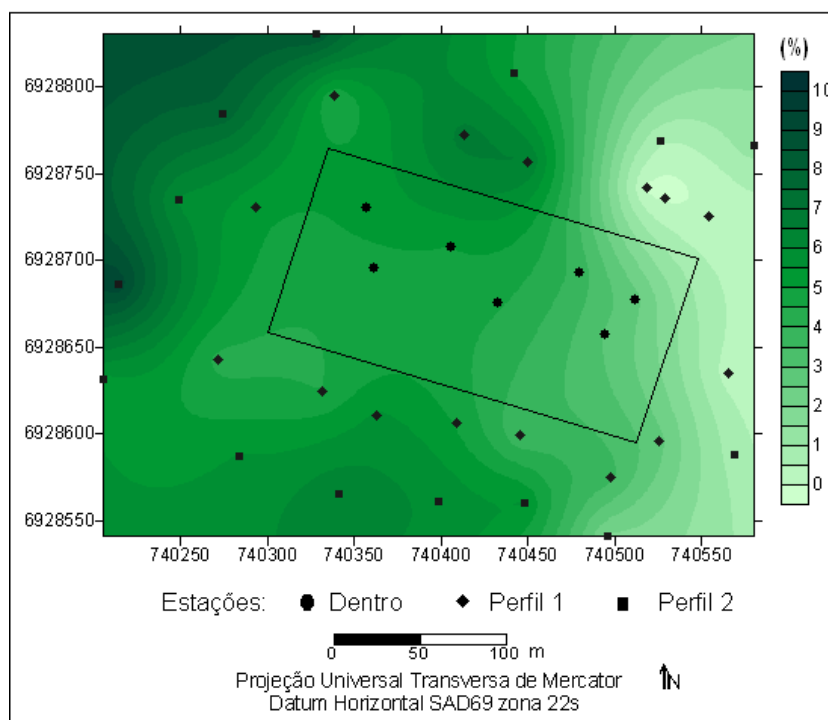




**FIGURA 54:** Distribuição do grau de seleção no sítio Praia do Museu.

### 6.2.3.3. Matéria orgânica

A matéria orgânica teve uma média de  $4 \pm 2$  %, no sítio Praia do Museu, que é uma média maior do que a estimada para toda a Baía Sul, de 2,6 % (SILVA, 2002).



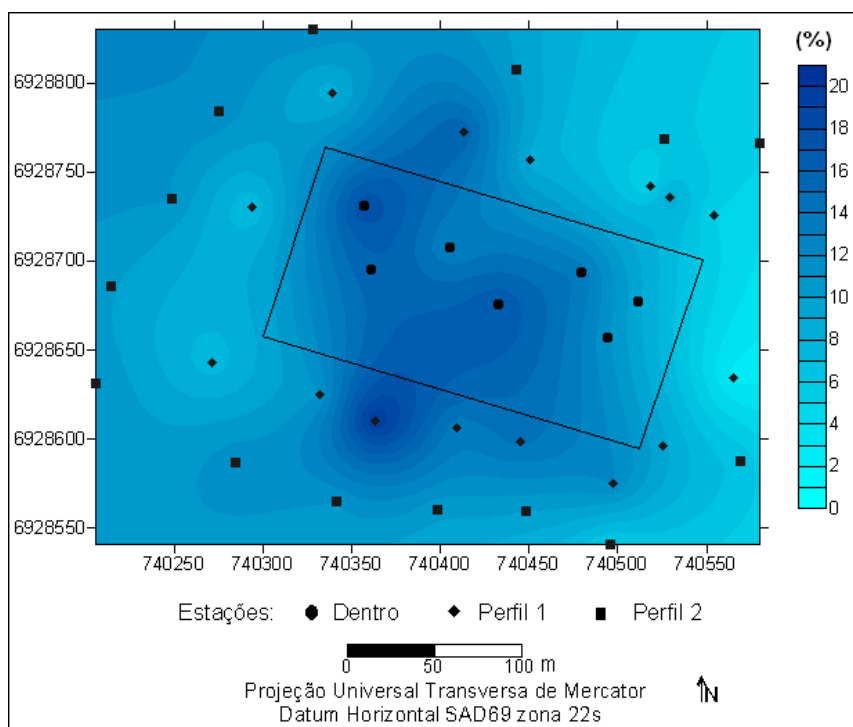
**FIGURA 55:** Distribuição da porcentagem de matéria orgânica total no sítio Praia do Museu.

O padrão de distribuição da matéria orgânica total foi determinado, principalmente, pela declividade de fundo e pelo teor de lama, com as menores concentrações nas áreas mais rasas e com maior porcentagem de areia e cascalho, e maiores porcentagens (máx. 9 %) nas áreas mais profundas onde ficam os depósitos lamosos (Figuras 53 e 55). A dependência dos teores orgânicos em relação à profundidade e à granulometria já foi abordada em diversos trabalhos de sedimentologia (por exemplo, MAHIQUES *et al.*, 1999; BARCELLOS, 2005). As partículas orgânicas possuem um comportamento de deposição semelhante aos sedimentos finos (argilominerais), ocorrendo ambos associados nos ambientes costeiros, com maiores teores normalmente nas áreas mais profundas e interiores do sistema (FLEMMING, 2000).

Não foi observada nenhuma influência do cultivo no teor de matéria orgânica total do sedimento (Figura 55). As médias dentro e fora do cultivo foram bastante semelhantes (4 % dentro, e 3 e 5 % nos perfis 1 e 2- Tabela 8). Isso também já foi observado em outros trabalhos onde não foram encontrados valores maiores de matéria orgânica abaixo do cultivo (GRENZ *et al.*, 1990; MARENZI, 2002; BONETTI *et al.*, 2006). Os autores discutem que as condições do ambiente são suficientes para absorverem ou dispersarem o aporte orgânico liberado pelo cultivo, não havendo esse tipo de acúmulo. Além disso, os mesmos, também falam da dificuldade de distinguir esse aporte de outras fontes do ambiente, questionando a eficiência do teor de matéria orgânica total como ferramenta para esse tipo de estudo.

#### 6.2.3.4. Carbonato biodetrítico

A concentração média do carbonato em toda a área foi de  $11 \pm 4$  %, próximo ao valor encontrado por Silva (2002), correspondente a 9,5 %, no setor estudado. As concentrações mais baixas foram encontradas próximo à costa (min. 3 %), aumentando em direção ao interior da Baía (máx. 20 %). Mas, desta vez, pôde-se observar uma distribuição bastante influenciada pela presença do cultivo, com as maiores concentrações na área abaixo do mesmo (média de 14 % dentro e 10 % nos perfis externos) (Tabela 8 e Figura 56).



**FIGURA 56: Distribuição da porcentagem de carbonato biodetrítico no sítio Praia do Museu.**

Bonetti *et al.* (2006) também encontraram concentrações mais elevadas de carbonato biodetrítico em áreas próximas aos cultivos de moluscos nas baías Norte e Sul de Florianópolis. Esse aporte pode ser tanto proveniente dos biodetrítos de organismos bentônicos ocorrentes naturalmente na área, como daqueles desprendidos das estruturas de cultivo (GRANT *et al.*, 1995), como já discutido anteriormente. Pelas observações de campo, neste sítio a maior porcentagem de carbonato biodetrítico, parece estar mais relacionado ao aumento na produtividade do ambiente, do que de conchas desprendidas do próprio cultivo.

#### 6.2.3.5. Testes estatísticos

Aplicando o teste de ANOVA de Kruskal Wallis, nos parâmetros sedimentológicos do sítio Praia do Museu, aqueles que apresentaram respostas significativas em relação à presença do cultivo, foram: o grau de seleção ( $H= 8,40$ ), a curtose ( $H= 6,12$ ) e a porcentagem de carbonato biodetrítico ( $H= 6,86$ ) (Tabela 9).

O sítio da Praia do Museu, apesar de se localizar numa área de maior energia hidrodinâmica e, aparentemente, não promover a formação de uma camada de

saliência de biodepósito, o cultivo exerce algumas influências sobre as características sedimentológicas na área abaixo do mesmo.

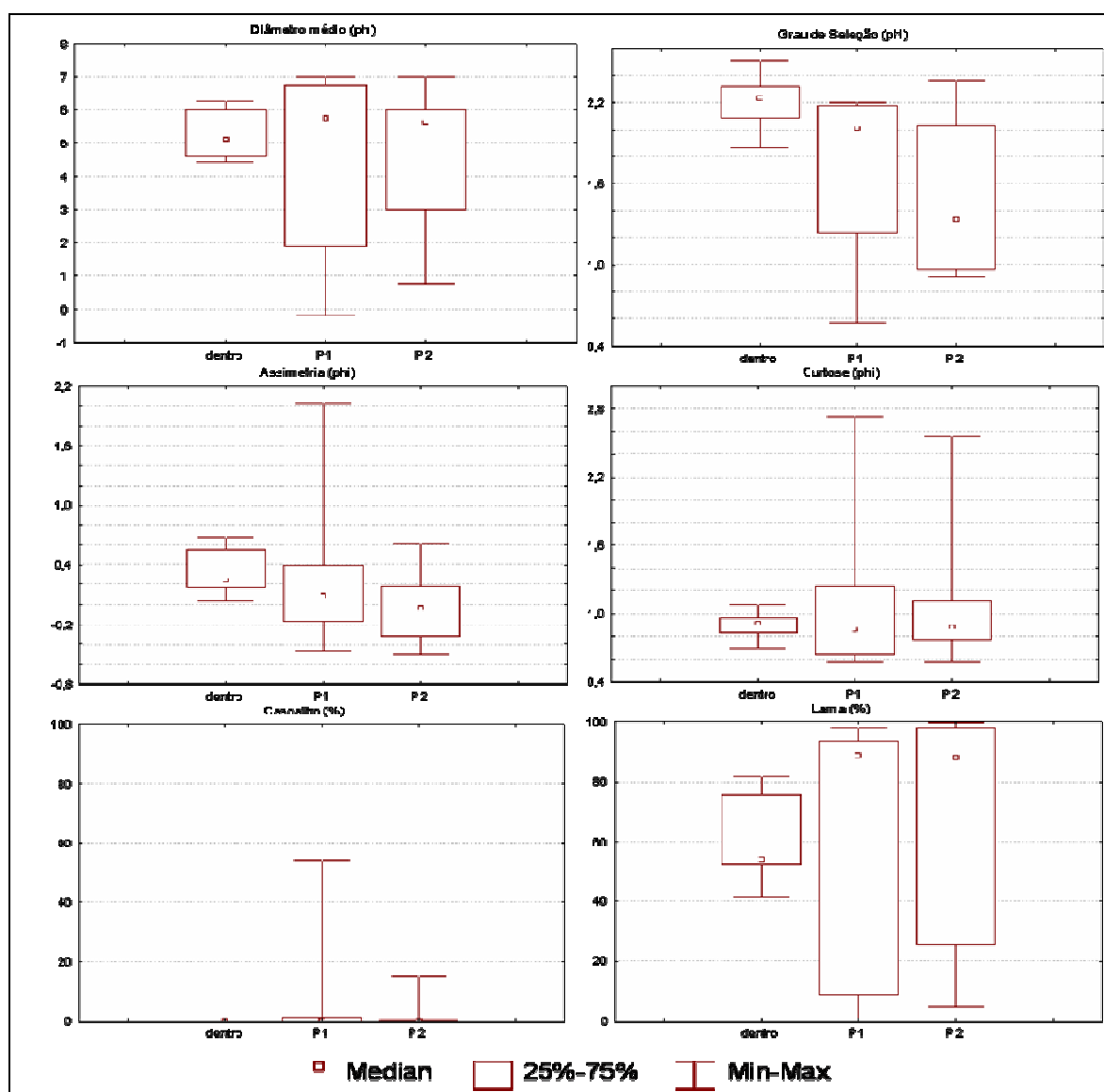
TABELA 9: Análise de variância (ANOVA) dos parâmetros sedimentológico no sítio Praia do Museu. Teste de Kruskal Wallis, para dados não paramétricos. Valores significativos ( $p < 0,05$ ) assinalados em vermelho. md= diâmetro médio; mz= mediana; dp= grau de seleção; ski= assimetria; kg= curtose.

VARIÁVEL	Grupo	Contagem.	H	valor-P
	Dentro	7		
	P1	14		
	P2	15		
md	Variação		0,46	0,79
mz	Variação		1,80	0,41
dp	Variação		8,40	0,02
ski	Variação		6,12	0,05
kg	Variação		0,57	0,75
cascalho	Variação		2,82	0,24
areia	Variação		2,77	0,25
silte	Variação		3,17	0,20
argila	Variação		2,72	0,26
lama	Variação		2,41	0,30
MOT	Variação		4,01	0,14
CaCO <sub>3</sub>	Variação		6,86	0,03

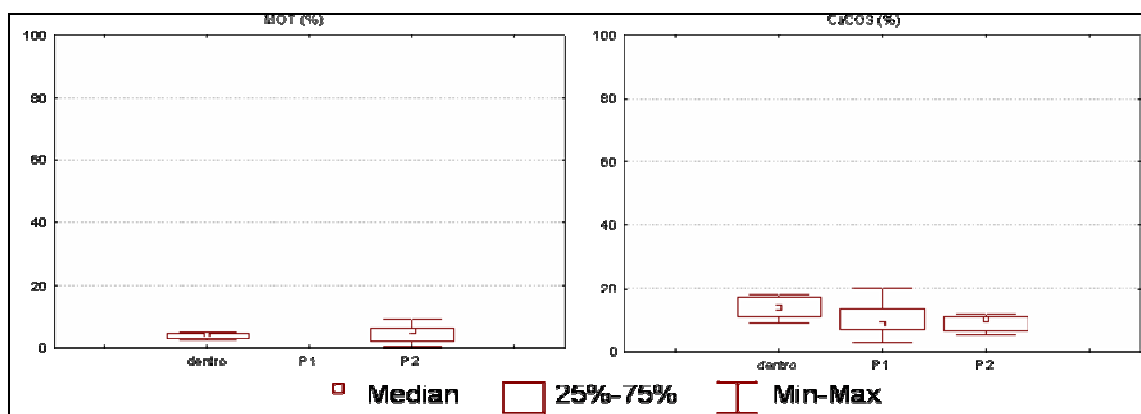
O menor grau de seleção e a assimetria mais positiva apontam para uma influência da estrutura do cultivo na sedimentação de partículas com diferentes tamanhos, ainda que não haja acúmulo de finos devido à biodeposição abaixo do cultivo. O maior teor de carbonato biodetrítico, como já discutido, pode estar relacionado tanto aos pedaços de conchas desprendidas do cultivo, como ao aumento na produtividade do meio devido ao fluxo de aporte orgânico provindo do cultivo, aumentando os organismos bentônicos do próprio ambiente (GRANT *et al.*, 1995).

Apesar de ser um ambiente com características sedimentológicas heterogêneas, os gradientes de distribuição granulométrica são mais suaves e a maior parte da área ficou classificada numa mesma classe de silte fino. Essa suavidade na distribuição, aliada ao maior número de estações analisadas nesse sítio (devido à maior proporção de área), permitiram um melhor resultado nos testes estatísticos da ANOVA. Assim, as diferenças encontradas dentro e fora do cultivo, nos mapas de distribuição espacial, puderam ser comprovadas estatisticamente.

Os gráficos representativos do comportamento estatístico dos descritores sedimentológicos demonstram a heterogeneidade do ambiente, determinado pelo gradiente transversal, e as diferenças entre o cultivo e os perfis externos (Figura 57). Nos descritores que foram estatisticamente diferentes, pôde-se verificar um gradiente entre os três grupos de estações, demonstrando que a área de influência do cultivo não se restringe apenas à área direta, mas há uma influência indireta na área adjacente mais próxima do perfil externo 1. Assim, a área de alcance sob influência do cultivo pode chegar até 30 m de distância dos limites da área do cultivo.



**FIGURA 57:** Comportamento estatístico dos parâmetros sedimentológicos nos grupos de estações do sitio Praia do Museu.

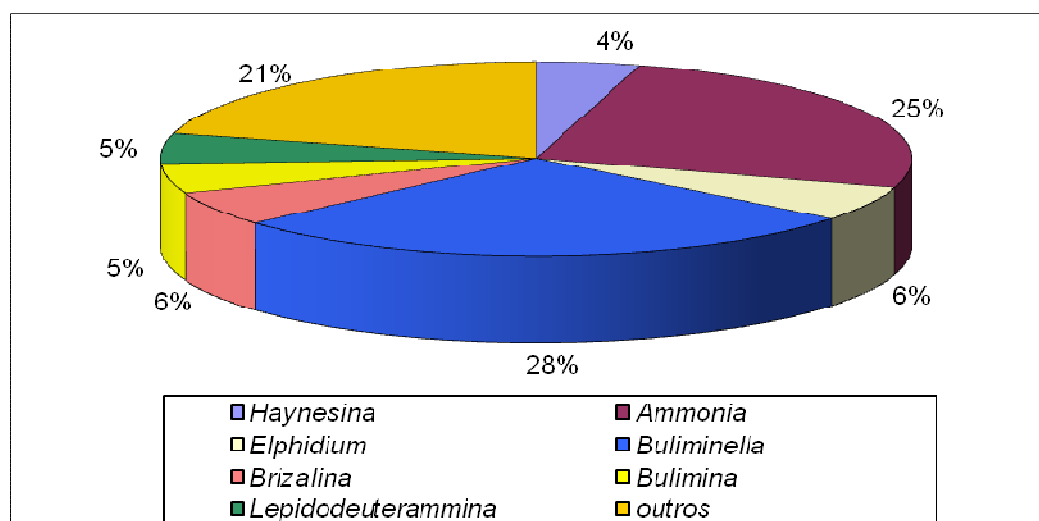


**Figura 57 (Continuação):** Comportamento estatístico dos parâmetros sedimentológicos nos grupos de estações do sítio Praia do Museu.

#### 6.2.4. Descritores biológicos

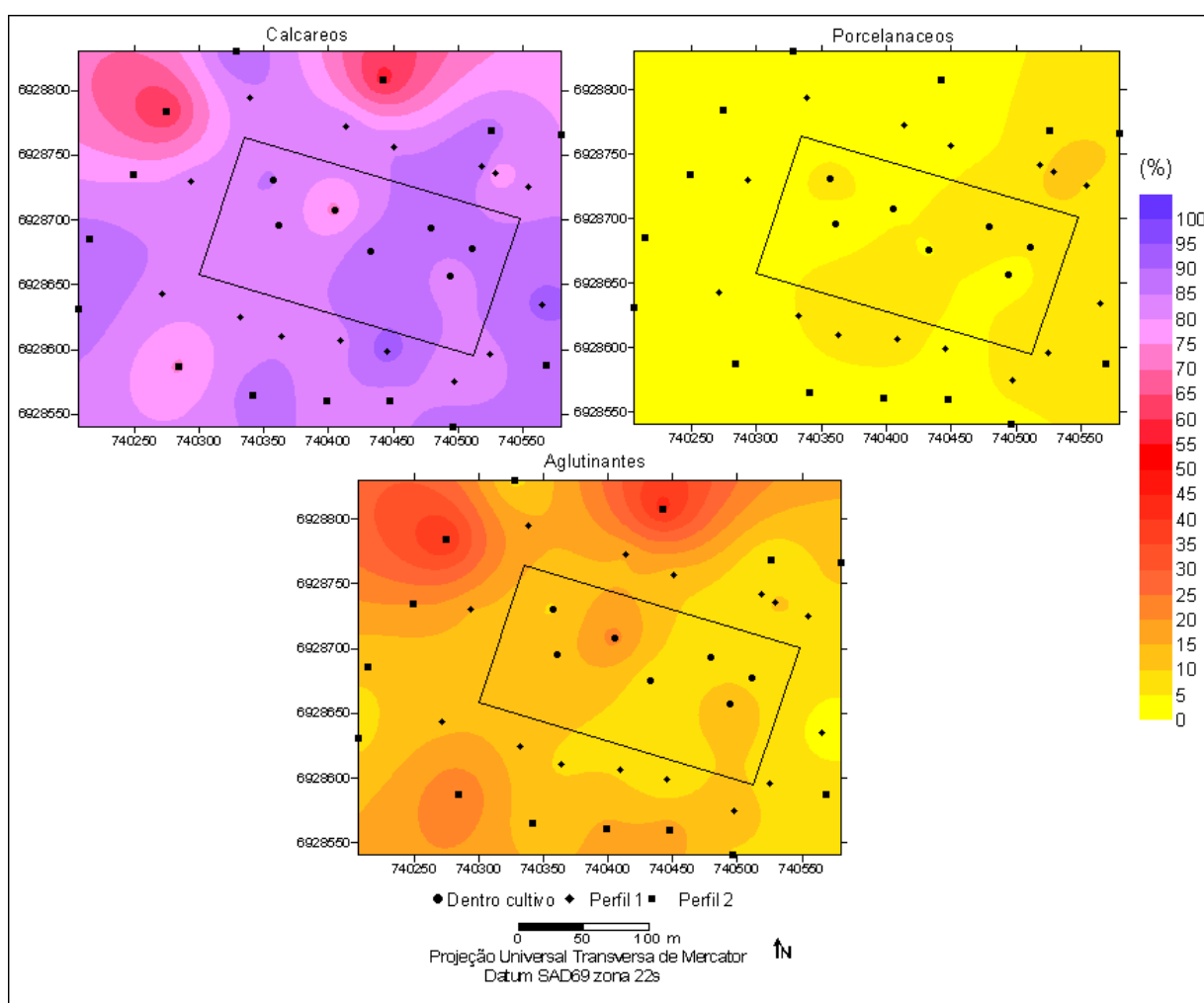
No sítio Praia do Museu foram encontradas um total de 71 espécies, como no sítio Alto Ribeirão, com algumas espécies diferentes, mas pertencentes às mesmas subordens: Haplophragmiina, Trochammiina e Textulariina (testas aglutinantes), Miliolina (porcelanáceas), Lagenina e Rotaliina (calcáreas hialinas) e ainda duas espécies de tecamebas: *Centropix aculeata* e *Lagenodifflugia vas*.

O gênero mais abundante foi *Buliminella*, representando 28% da população total, em seguida *Ammonia* com 25%, *Elphidium* e *Brizalina* com 6% (cada um), *Bulimina* e *Lepidodeuterammia* com 5% (cada um) e *Haynesina* com 4%. Os 13% restantes reuniram gêneros mais raros, de menor ocorrência na área (Figura 58).



**FIGURA 58:** Porcentagem dos gêneros mais abundantes no sítio Praia do Museu.

As espécies calcáreas hialinas foram dominantes, com 83 % da abundância total, em seguida os aglutinantes, com 13 %, e os porcelanáceos com 4 %. Os calcáreas hialinos não tiveram um padrão de distribuição bem definida pelas condicionantes ambientais (Figura 59). Já os aglutinantes tiveram uma distribuição favorecida nos setores norte e sul da área estudada (Figura 59). As duas estações de valores máximos de frequência relativa, com 41 e 42 %, foram encontradas no perfil externo 2, ao norte da área, coincidindo com os pontos onde foram encontradas também tecamebas (frequência máx. de 3%). Isso indica uma área sujeita à influência de aportes continentais (NICHOLS, 1974). Ainda que não tenha sido observada nenhuma presença de rio próximo à área, este aporte pode ser de escoamento subterrâneo ou de eventos periódicos de pluviosidade intensa.



**FIGURA 59: Mapas de distribuição da porcentagem de testas calcáreas hialinas, porcelanáceas e aglutinantes no sítio Praia do Museu.**

Os porcelanáceos tiveram uma distribuição voltada à margem da costa, com maior abundância no setor oeste. Além disso, pôde-se notar também um favorecimento da sua abundância em algumas áreas abaixo do cultivo (Figura 59). Estes organismos são conhecidos por ocorrer associados aos bancos de areia e são sensíveis à ambientes de baixos teores de oxigênio (DEBENAY & GUILLOU, 2002).

#### 6.2.4.1. Espécies dominantes e bioindicadoras de enriquecimento orgânico

As espécies dominantes (frequência relativa maior que 5 %) encontradas no sítio Praia do Museu foram as mesmas do sítio Alto Ribeirão, mas em proporções diferentes e com a presença de mais uma espécie dominante, a *Haynesina germanica* (Figura 60). Esta também já foi encontrada em outros estudos de ambientes costeiros do sul e sudeste brasileiro (BONETTI, 2000; RODRIGUES *et al.*, 2003).

A espécie *Ammonia tepida* representou 14 % da população total. Sua distribuição não apresentou um padrão muito claro, sendo abundante tanto nas áreas mais marginais da linha de costa como nas áreas interiores da Baía, e em relação ao cultivo apresentou um favorecimento apenas em algumas áreas (Figura 60).

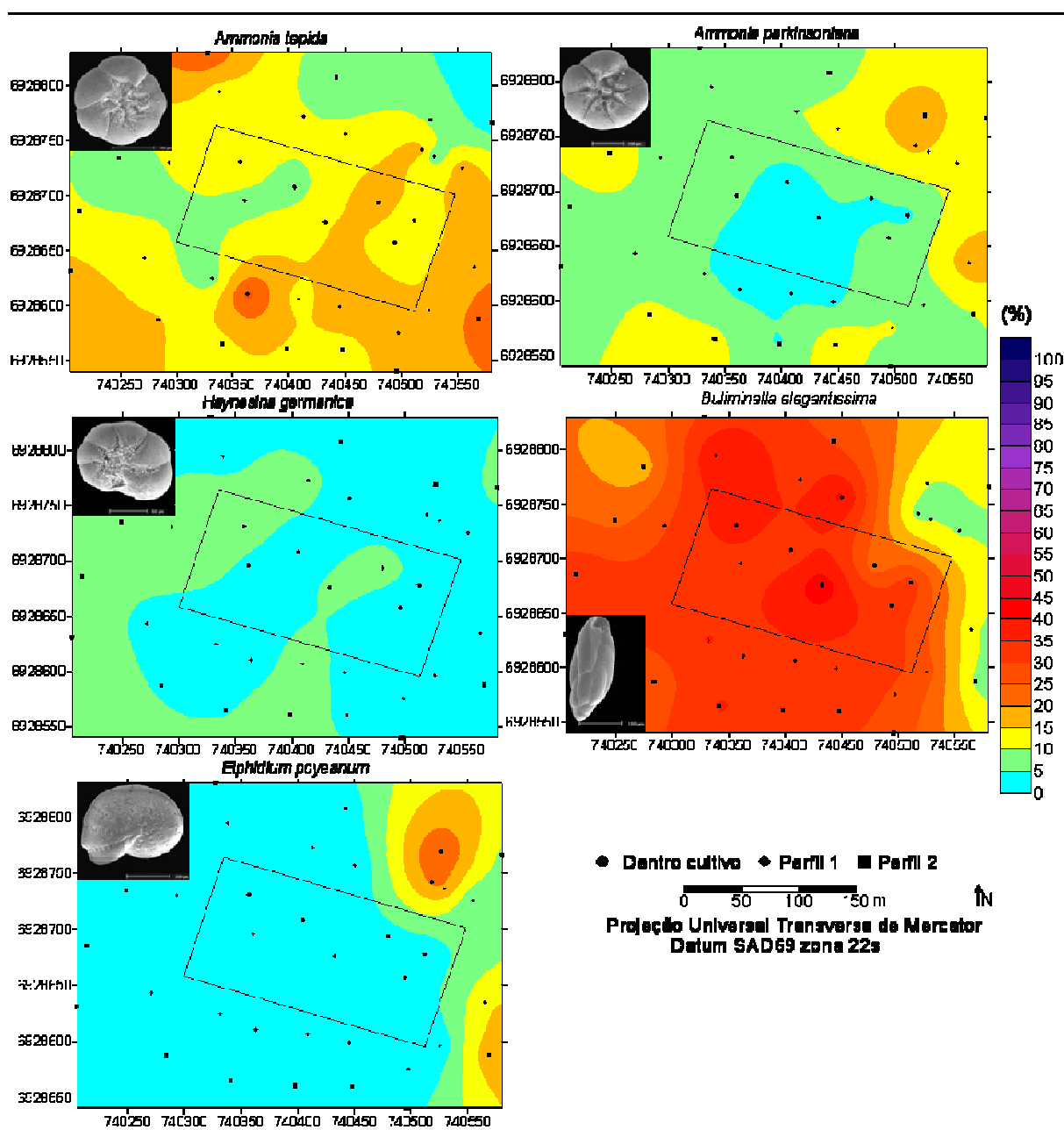
A espécie *Ammonia parkinsoniana* (8 %) também teve uma distribuição voltada tanto às áreas marginais como às áreas mais profundas em direção ao interior da Baía, mas esta espécie apresentou uma sensibilidade à presença do cultivo, com diminuição da sua frequência relativa na área abaixo do mesmo (Figura 60). Como já retratado, esta espécie é conhecida por ser mais sensível a mudanças físico-químicas no ambiente (SAMIR, 2000). A sua diminuição na área abaixo do cultivo pode indicar, portanto, uma influência do aporte do cultivo nas alterações biogeoquímicas do sedimento abaixo do mesmo.

O *Elphidium poyeanum* (6 % de frequência) teve uma distribuição bem definida voltada às áreas marginais da costa e não apresentou influências do cultivo (Figura 60).

A espécie dominante *Buliminella elegantissima*, representou 27 % da população total. Esta juntamente com a *Haynesina germanica* foram mais ocorrentes nas áreas mais interiores da Baía, onde há maior influência das correntes marinhas e onde estão

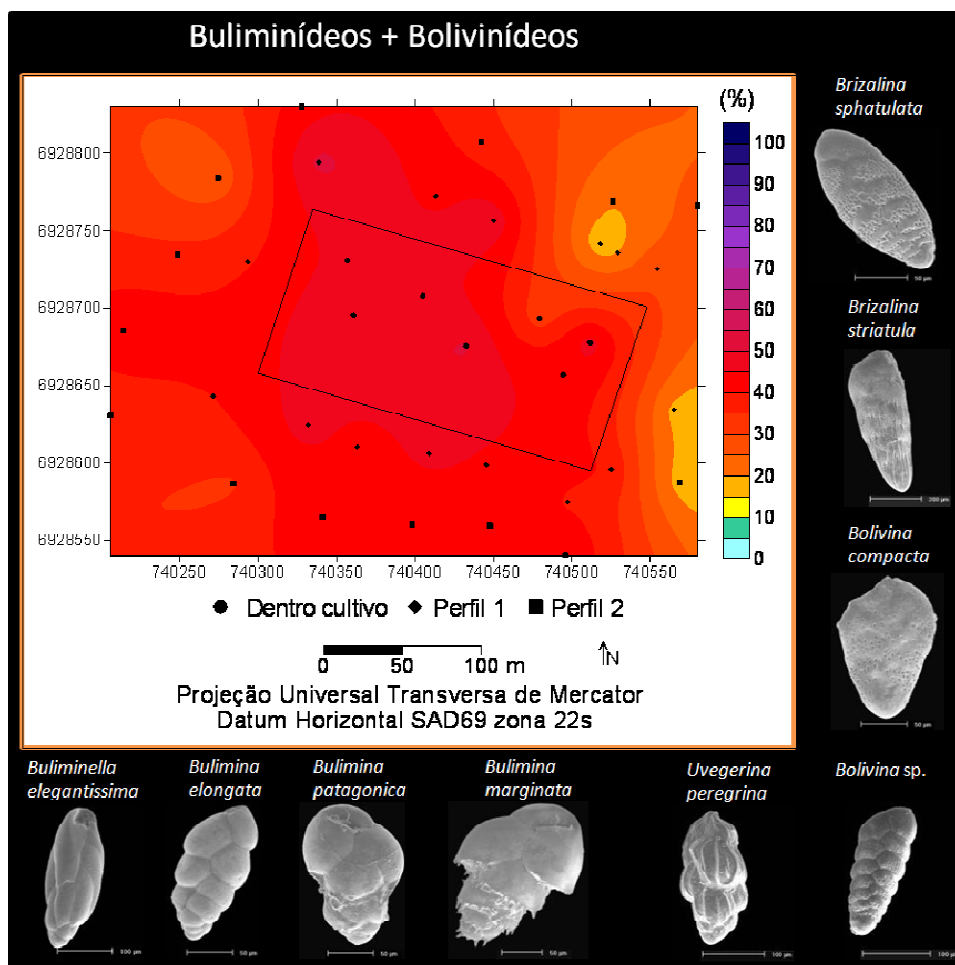


os depósitos lamosos organicamente enriquecidos. Ambas as espécies são conhecidas por tolerar ambientes com baixos teores de oxigênio (ALVE, 1995; DEBENAY & GUILLOU, 2002), indicando que essas áreas mais profundas e lamosas do interior da Baía podem estar sujeitas a tendências de hipoxia no sedimento superficial. A espécie *Buliminella elegantissima* apresentou também um favorecimento da sua distribuição na área sob influência do cultivo (Figura 60).



**FIGURA 60:** Mapas de distribuição da frequência relativa das espécies dominantes no sítio Praia do Museu.

Os buliminídeos e bolivinídeos, em geral, foram bastante abundantes em toda a área (38 % da população total). Sua distribuição foi semelhante à espécie *Buliminella elegantíssima*, mais voltada ao interior da Baía, nas áreas de maior influência marinha e nos depósitos lamosos. Mas, também apresentou um favorecimento determinado pela presença do cultivo (Figura 61).



**FIGURA 61:** Mapas de distribuição da frequência relativa das espécies bioindicadoras de enriquecimento orgânico, buliminídeos + bolivinídeos, no sítio Praia do Museu.

Estes grupos de espécies são mais tolerantes a ambientes susceptíveis a períodos de hipoxia, tornando-os mais competitivos em áreas sujeitas a tais condições (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993). Por ser um ambiente lamoso, a área do sítio Praia do Museu já é naturalmente enriquecida por compostos orgânicos, sendo que com a presença do cultivo, este pode tê-la tornado ainda mais susceptível à tendência de hipoxia, favorecendo a dominância dessas espécies oportunistas. Tais

condições associadas à presença desse aporte, já foram registrados em alguns estudos sobre os impactos ambientais do cultivo. Segundo Bouchetti *et al.* (2007), numa área de cultivo de moluscos estudada na França (Marennes-Oléron Bay), durante o outono e inverno o aporte orgânico dos biodetritos vai se acumulando no sedimento, e com o aumento das temperaturas de primavera e verão há uma demanda bioquímica do oxigênio muito elevada para a remineralização desse aporte, causando eventos de hipoxia no sedimento superficial.

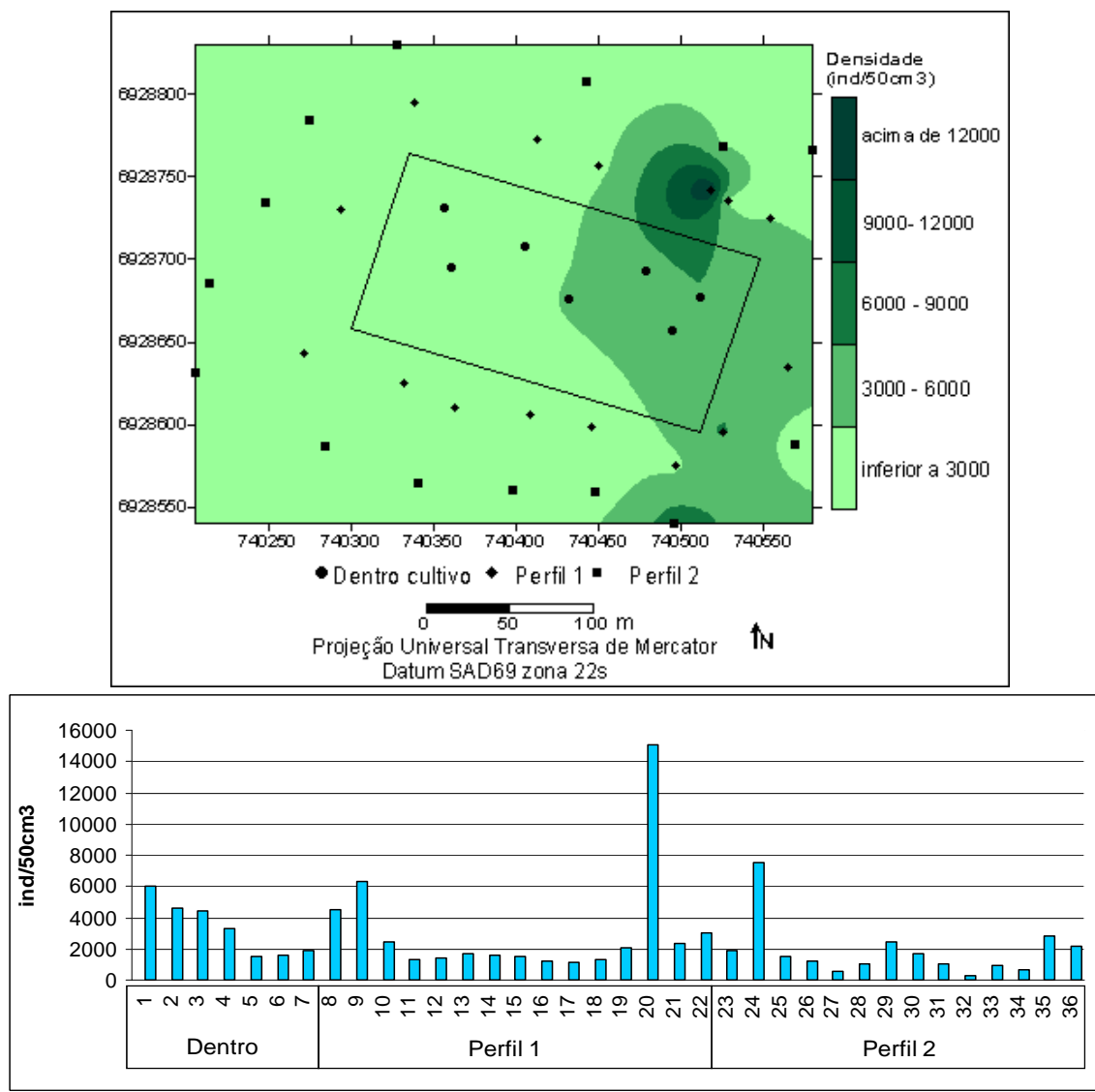
É necessário ressaltar, no entanto, que estamos trabalhando com a associação total acumulada ao longo de um determinado período, e que nos oferece uma condição média do local, sendo que eventos de curta duração são filtrados (DEBENAY, 2000). Este retrato sugere, portanto, uma área abaixo do cultivo, mais susceptível a uma condição média de tendência à hipoxia, sendo mais restrita e competitiva para o desenvolvimento de espécies mais sensíveis, e favorável às oportunistas.

#### 6.2.4.2. Índices e descritores ecológicos

Quanto aos índices ecológicos, fazendo uma análise comparativa entre as médias amostrais dos grupos, foram encontradas algumas respostas positivas e outras negativas, em relação à presença do cultivo.

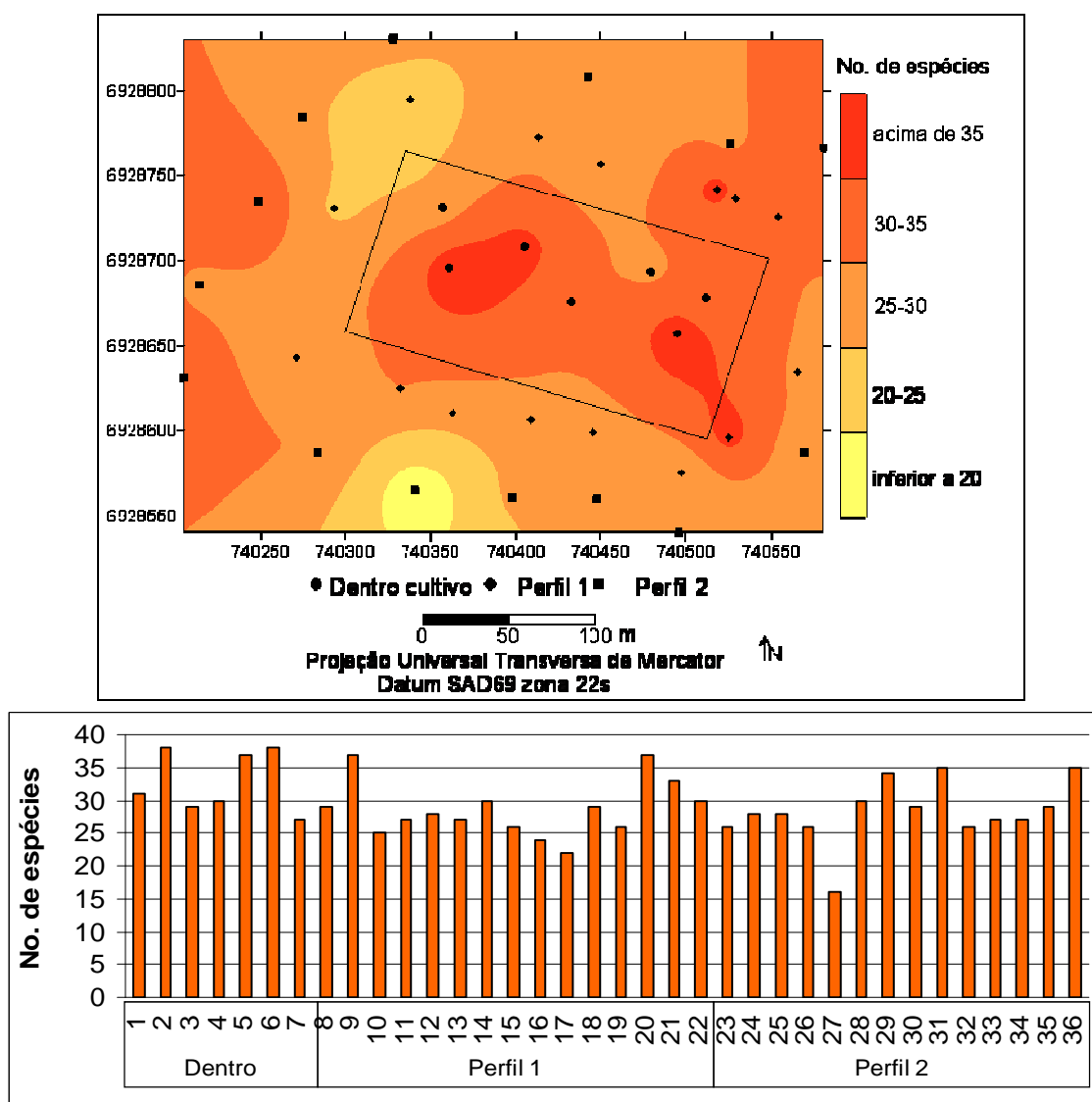
Em geral, a densidade estimada dos foraminíferos foi maior nas áreas mais próximas à costa, a leste da área de estudo (Figura 62). O valor máximo estimado foi de 15041 ind/50cm<sup>3</sup> numa estação do perfil 1 (20) localizada próximo à costa. As áreas marginais são normalmente mais sujeitas à ocorrência de *blooms* de foraminíferos, devido à maior influência dos aportes continentais (Nichols, 1974). Mas além deste fator, essa área conta com a contribuição do aporte do cultivo, que parece favorecer a abundância desses organismos com o aumento do aporte orgânico, principalmente nessa área próximo à costa. Comparando as densidades médias das estações do cultivo e do perfil 1, a densidade foi de 3349 e 3130 ind/50cm<sup>3</sup>, respectivamente, enquanto que no perfil 2 foi quase a metade, com 1846 ind/50cm<sup>3</sup> (Figura 62 e Tabela 10). O fluxo de matéria orgânica provindo do cultivo pode aumentar a população dos organismos bentônicos, quando este não excede a capacidade de assimilação do meio

(GRALL & CHAUVAUD, 2002). Isso indica uma influência positiva do cultivo sobre a produtividade bentônica na área de influência direta e indireta do sítio.



**FIGURA 62: Mapa e gráfico da distribuição da densidade estimada (ind/50cm<sup>3</sup> de sedimento úmido) nas estações no sítio Praia do Museu.**

Assim como a densidade, a riqueza também apresentou uma resposta positiva em relação à presença do cultivo. O mapa de distribuição da figura 63 mostra o gradiente da riqueza favorecida pelo cultivo na área de influência direta. O número médio de espécies encontradas dentro do cultivo foi de  $33 \pm 5$ , enquanto que fora foi de  $29 \pm 4$  e  $28 \pm 5$ , nos perfis externos (Tabela 10).



**FIGURA 63: Mapa e gráfico da distribuição da riqueza (no. de espécies) ao longo das estações do sítio Praia do Museu.**

Algumas espécies de foraminíferos podem ocorrer em associação a bancos de moluscos (NICHOLS, 1954). As estruturas do cultivo e os próprios moluscos funcionam como recifes artificiais para espécies de hábitos epibiontes e epífitas, aumentando a riqueza e diversidade de espécies do ambiente. Além disso, o aumento da produtividade do ambiente pode favorecer o aparecimento de mais espécies, quando este ainda mantém condições ambientais favoráveis à permanência dessas espécies (GRALL & CHAUVAUD, 2002).

TABELA 10: Índices ecológicos da fauna foraminífera do sítio Praia do Museu.

Dentro_Cultivo								
Est.	1	2	3	4	5	6	7	média±desv.
Dens.	6017	4656	4458	3301	1528	1579	1906	3349 ±1760
S	31	38	29	30	37	38	27	33 ±5
H'	2,6	2,6	2,7	2,2	2,8	2,7	2,4	2,6 ±0,2
J'	0,75	0,72	0,80	0,65	0,79	0,75	0,72	0,74 ±0,05
D'	0,15	0,14	0,11	0,24	0,12	0,14	0,18	0,15 ±0,04

Perfil 1																
Est.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	média±desv.
Dens.	4512	6331	2410	1309	1434	1723	1554	1518	1216	1169	1333	2096	15041	2317	2980	3130 ±3588
S	29	37	25	27	28	27	30	26	24	22	29	26	37	33	30	29 ±4
H'	2,6	2,8	2,5	2,4	2,6	2,3	2,7	2,5	2,5	2,3	2,6	2,3	2,7	2,9	2,8	2,6 ±0,2
J'	0,78	0,78	0,77	0,74	0,77	0,69	0,78	0,78	0,79	0,74	0,77	0,70	0,76	0,82	0,83	0,77 ±0,04
D'	0,10	0,12	0,14	0,16	0,15	0,19	0,15	0,14	0,13	0,19	0,14	0,20	0,09	0,08	0,08	0,14 ±0,04

Perfil 2															
Est.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	média±desv.
Dens.	1857	7554	1490	1267	574	1040	2401	1712	1051	309	972	631	2795	2195	1846 ±1795
S	26	28	28	26	16	30	34	29	35	26	27	27	29	35	28 ±5
H'	2,5	2,6	2,5	2,4	2,1	2,6	2,5	2,6	2,8	2,6	2,3	2,5	2,6	3,1	2,6 ±0,2
J'	0,76	0,77	0,76	0,73	0,77	0,76	0,71	0,76	0,80	0,81	0,70	0,76	0,79	0,88	0,77 ±0,04
D'	0,13	0,13	0,14	0,16	0,18	0,13	0,15	0,15	0,10	0,10	0,18	0,14	0,11	0,06	0,13 ±0,03

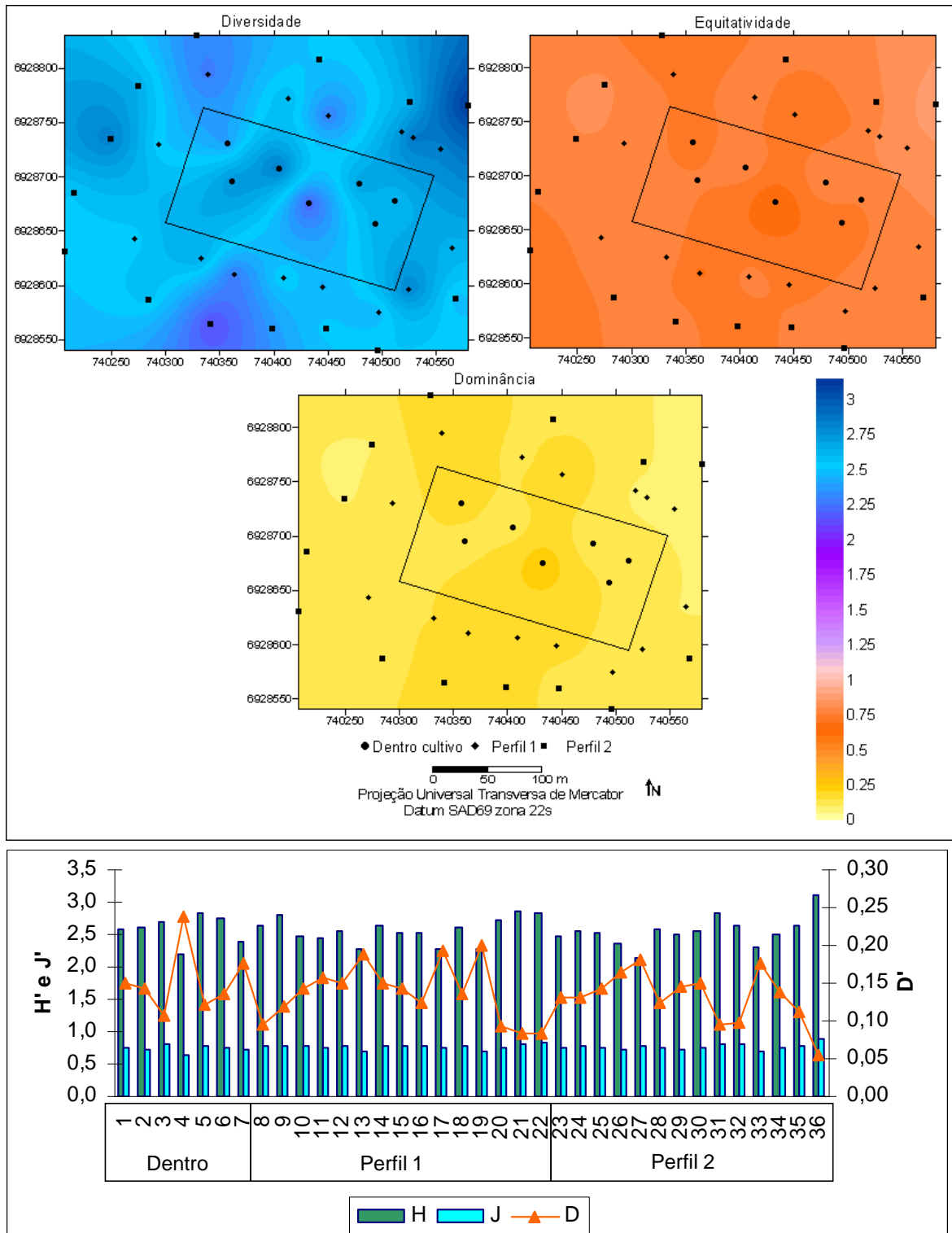
Dens.= densidade estimada (ind/50cm<sup>3</sup>); S= riqueza (no. de espécies); H'= diversidade; J'= equitatividade; D'= dominância.

Quanto aos índices ecológicos, de modo geral, a diversidade de Shannon oscilou entre 2,1 a 3,1 em toda a área e a princípio não foi encontrada nenhuma diferença em relação ao cultivo. A média dos três grupos foi a mesma, com  $2,7 \pm 0,2$ . Já o índice de equitatividade de Pielou demonstrou uma diferença no cultivo (Figura 64), com média de  $0,74 \pm 0,05$  dentro, contra  $0,77 \pm 0,04$  nos dois perfis externos. A menor equitatividade abaixo do cultivo pode ser em decorrência da dominância de espécies mais tolerantes às alterações geoquímicas provocadas pelo aporte do cultivo. De fato o índice de dominância de Simpson foi ligeiramente maior na área do cultivo, com uma média de  $0,15 \pm 0,04$  dentro, contra  $0,14 \pm 0,04$  e  $0,13 \pm 0,03$  nos perfis externos (Tabela 10).

No cálculo da diversidade ponderada a diferença entre os grupos ficou mais ressaltada com diferentes respostas encontradas em relação ao cultivo. Na área dentro do cultivo o índice foi de 12,65, no perfil externo 1 foi 18,53 e no perfil 2 foi 16,74. Isso denota um efeito negativo do aporte do cultivo na área sob influência direta e um efeito positivo na área sob influência indireta do perfil 1. Acredita-se que o perfil 3 represente a diversidade do compartimento bentônico lamoso da Baía Sul sob menor influência dos cultivos.

O aumento da densidade e riqueza de espécies indica um favorecimento na produtividade do ambiente (ODUM, 1988). O cultivo exerce essa influência positiva, principalmente nas áreas mais próximas à costa. No entanto, a dominância de espécies também foi maior na área do cultivo, indicando que há um favorecimento de espécies mais oportunistas, que respondem mais rapidamente ao aumento no fluxo orgânico e são mais tolerantes às condições restritivas de possíveis alterações biogeoquímicas no sedimento.

Assim, o cultivo do sítio Praia do Museu apresenta um grau de impactação no ambiente bentônico em estágio mais inicial. Mas, somente estes fatores não podem ser usados como medida de estresse ambiental, pois podem variar bastante dependendo das condições locais de cada ambiente (BURONE *et al.*, 2006), sendo ainda necessário avaliar todos os parâmetros em conjunto para chegar a resultados mais conclusivos.



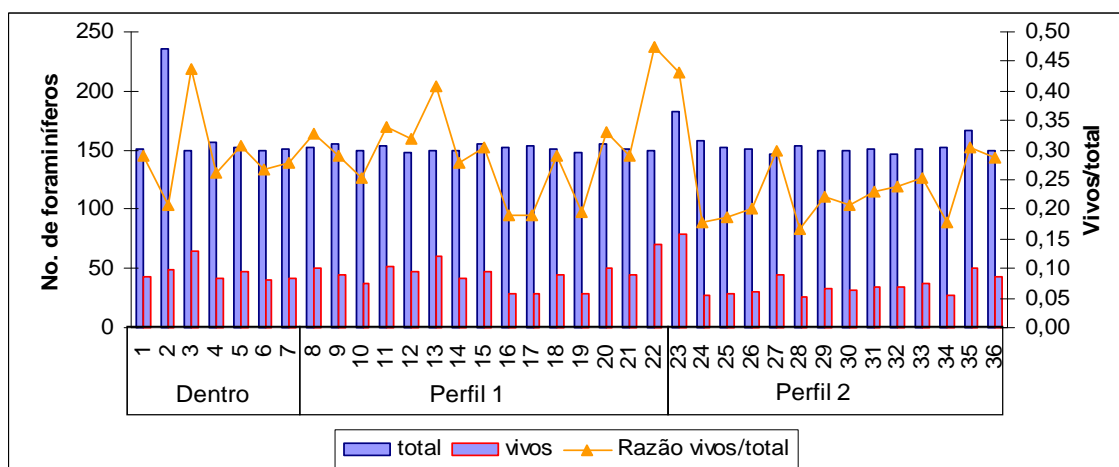
**FIGURA 64:** Mapa e gráfico de distribuição dos índices de diversidade ( $H'$ ), equitatividade ( $J'$ ) e dominância ( $D'$ ) ao longo das estações do sítio Praia do Museu.



Com relação aos descritores populacionais, o cultivo do sítio Praia do Museu também demonstrou alguns indícios de influência negativa no compartimento bentônico. A porcentagem média de testas piritizadas foi praticamente o dobro na área do cultivo, com  $10 \pm 4$  % dentro, contra  $6 \pm 3$  e  $5 \pm 3$  % nos perfis externos (Tabela 11). Isso demonstra uma maior tendência redutora do sedimento na área do cultivo, reforçando essa hipótese discutida nos itens anteriores.

A biometria também apresentou um ligeiro gradiente, em relação ao cultivo, com uma média de  $0,14 \pm 0,01$  mm dentro, contra  $0,15 \pm 0,02$  mm e  $0,16 \pm 0,02$  nos perfis 1 e 2, respectivamente (Tabela 11). A menor biometria na área do cultivo reforça a idéia de um ambiente mais restritivo e susceptível ao estresse ambiental, favorecendo abundância de espécies oportunistas (estrategistas r) (SETTY, 1982).

A razão vivos/total apresentou um comportamento semelhante na área do cultivo e no perfil externo 1, com uma média de 0,29 dentro e 0,30 no perfil 1, mas ambos diferentes do perfil 2, que teve uma média menor de 0,24 (Tabela 11 e Figura 65). Os valores mais elevados nas áreas sob influência direta e indireta do cultivo, indicam um ambiente com maior tendência de deposição (SETTY, 1982), e demonstram que o fluxo do cultivo provavelmente atinge uma área mais ampla que a definida pelos seus limites físicos (também no perfil 1). As estações 22 e 23, fora do cultivo, que apresentaram uma razão alta de vivos/total, localizam-se próximas à costa, onde possivelmente há uma influência de aporte continental (Figura 65).



**FIGURA 65:** Gráfico de distribuição do número total de indivíduos triados, com o número de vivos e a razão entre estes, no sítio Praia do Museu.

TABELA 11: Descritores populacionais da fauna foraminífera do sitio Praia do Museu.

Grupos	Estação	Piritizados (%)	Biometria (mm)	Vivos/total	Infauna/Epifauna	<i>A.tepida/A.parkinsoniana</i>
dentro	1	7	0,16	0,29	1,0	3
	2	12	0,13	0,21	1,1	2
	3	11	0,14	0,44	0,6	4
	4	6	0,14	0,26	1,1	3
	5	14	0,14	0,31	1,2	4
	6	6	0,14	0,27	1,2	2
	7	15	0,14	0,28	0,9	2
	md±ds	10±4	0,14±0,01	0,29±0,07	1,0±0,2	3±1
P1	8	5	0,16	0,33	0,3	1
	9	5	0,14	0,29	0,8	2
	10	7	0,13	0,25	0,8	2
	11	5	0,13	0,34	0,9	5
	12	3	0,14	0,32	1,1	3
	13	7	0,14	0,41	0,8	7
	14	10	0,15	0,28	1,1	1
	15	3	0,13	0,30	0,9	2
	16	2	0,14	0,19	0,9	1
	17	8	0,13	0,19	1,4	1
	18	7	0,13	0,29	1,0	1
	19	3	0,14	0,20	1,3	1
	20	8	0,20	0,33	0,3	1
	21	9	0,19	0,29	0,4	0
22	1	0,17	0,47	0,5	2	
	md±ds	6±3	0,15±0,02	0,30±0,08	0,8±0,3	2±2
P2	23	6	0,18	0,43	0,3	2
	24	3	0,16	0,18	1,1	3
	25	4	0,15	0,19	1,1	1
	26	2	0,15	0,20	1,0	3
	27	1	0,15	0,30	1,0	1
	28	5	0,16	0,17	1,0	1
	29	1	0,15	0,22	0,7	3
	30	8	0,15	0,21	1,0	1
	31	5	0,15	0,23	1,0	0
	32	3	0,14	0,24	0,6	2
	33	2	0,15	0,25	0,8	3
	34	9	0,15	0,18	1,1	1
	35	8	0,18	0,31	0,3	1
	36	10	0,20	0,29	0,5	0
	md±ds	5±3	0,16±0,02	0,24±0,07	0,8±0,3	2±1

Razão I/E (infauna / epifauna) apresentou um gradiente em relação ao distanciamento do cultivo com um valor médio de  $1,0 \pm 0,2$  na área logo abaixo do mesmo,  $0,8 \pm 0,3$  no perfil externo 1 e  $0,8 \pm 0,3$  no perfil externo 2. O aumento desse índice na área abaixo do cultivo indica uma maior contribuição de matéria orgânica em forma de biodetritos (BURONE & PIRES-VANIN, 2006).

O índice *A. tepida*/*A. parkinsoniana* dentro do cultivo foi de  $3 \pm 1$ , enquanto que no perfil 1 foi de  $2 \pm 2$  e  $2 \pm 1$  no perfil 2. A maior proporção de *A. tepida*, espécie mais resistente que a *A. parkinsoniana*, a variações ambientais (SAMIR, 2000), demonstra um ambiente mais restritivo na área sob influência direta do cultivo.

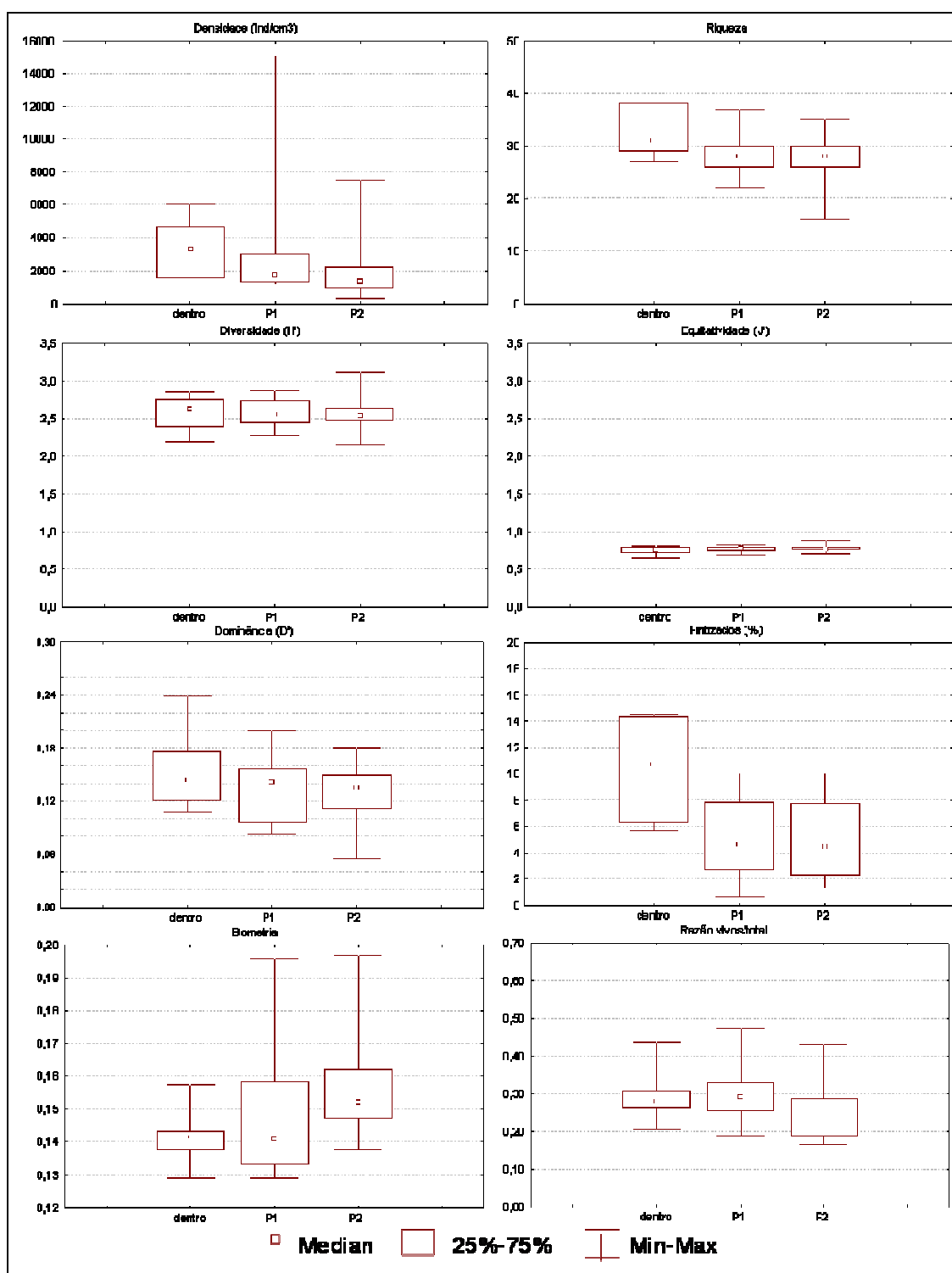
#### 6.2.4.3. Testes estatísticos

Na análise de variância (ANOVA), os descritores biológicos significativamente diferentes entre os grupos, foram: a frequência da *Ammonia parkinsoniana* ( $H= 7,12$ ), dos bolivinídeos + buliminídeos ( $H= 6,50$ ), a densidade estimada ( $H= 6,14$ ), porcentagem de testas piritizadas ( $H= 7,52$ ), biometria ( $H= 7,44$ ), e a razão vivos/total ( $H= 6,09$ ), considerando um nível de significância superior a 95 % (Tabela 12).

TABELA 12: Síntese estatística da análise de variância com os descritores biológicos do sítio Praia do Museu. Valores significativos assinalados em vermelho ( $p < 0,05$ ).

VARIAVEL	Grupo	Contagem	H	valor-P
	Dentro	7		
	P1	15		
	P2	14		
Cal. hialinos	Varição		0,30	0,86
Porcel.	Varição		5,86	0,05
Aglutinantes	Varição		1,78	0,41
<i>A. tepida</i>	Varição		0,86	0,65
<i>A. parkinsoniana</i>	Varição		7,12	0,03
<i>E. poyeanum</i>	Varição		0,96	0,62
<i>B. elegantissima</i>	Varição		3,94	0,14
<i>H. germanica.</i>	Varição		4,14	0,13
Bol+Bul	Varição		6,50	0,04
Densidade	Varição		6,14	0,05
Riqueza	Varição		5,43	0,07
Diversidade	Varição		0,59	0,75
Equitatividade	Varição		1,70	0,43
Dominância	Varição		0,66	0,72
Piritizados	Varição		7,52	0,02
Biometria	Varição	1080	17,44	0,00
Vivos/total	Varição		6,09	0,05

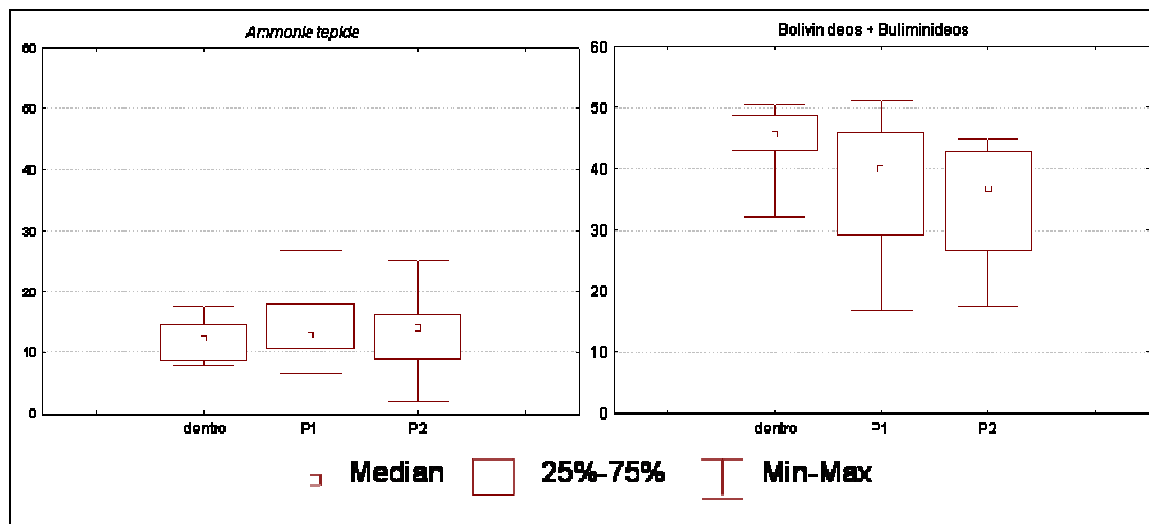
Analisando os gráficos do comportamento estatístico dos descritores (Figura 66 e 67), todos os descritores, exceto a porcentagem de testas piritizadas, apresentaram um gradiente entre os três grupos, sugerindo uma influência do cultivo, em menor grau, também na área indireta, ou seja, num raio de até 30 m de distância (perfil 1).



**FIGURA 66:** Comportamento estatístico dos descritores ecológicos em cada grupo do sítio Praia do Museu.

A espécie *Ammonia tepida* apresentou um comportamento semelhante nos três grupos de estação, não demonstrando um favorecimento em função do cultivo. Já os

buliminídeos e bolivinídeos tiveram uma distribuição claramente favorecida pelo cultivo (Figura 67).

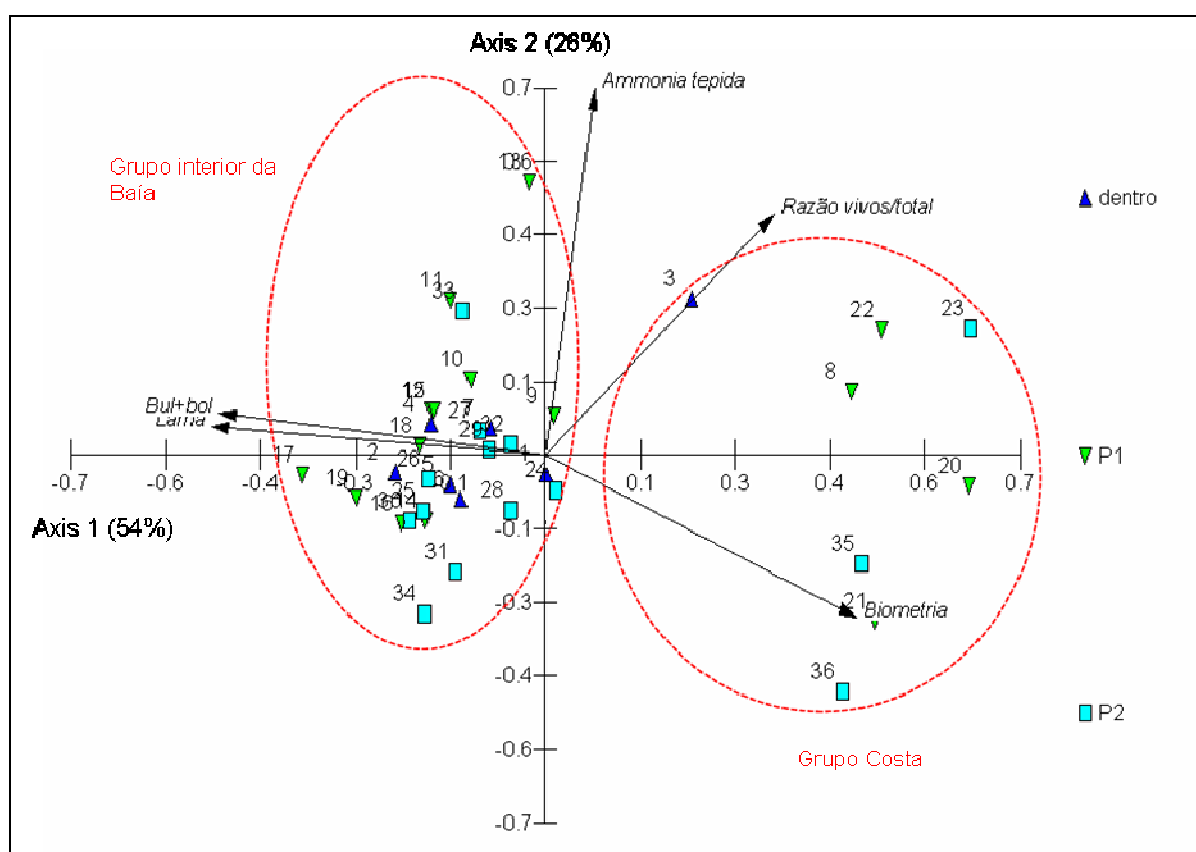


**FIGURA 67: Comportamento da frequência relativa média das espécies bioindicadoras de enriquecimento orgânico, nos grupos de estações do sítio Praia do Museu.**

Como já comentado, *Ammonia tepida* é uma espécie herbívora, que se alimenta de microalgas bentônicas e responde rápido ao incremento do aporte orgânico no meio, sendo amplamente utilizada em trabalhos de monitoramento e diagnóstico ambiental, como espécie bioindicadora (ALVE, 1995). Os buliminídeos e bolivinídeos são espécies detritívoras e suportam melhor a ambientes não somente organicamente enriquecidos, mas também, com tendências de hipoxia (SEN GUPTA & MACHAIN, 1993). Como a área do sítio Praia do Museu possui tais características já em seu ambiente natural, era esperado uma maior dominância de buliminídeos e bolivinídeos. Com a presença do cultivo, aumentando o fluxo de aporte orgânico no ambiente, o efeito da tendência do sedimento à hipoxia pode ser potencializado na área sob influência direta do cultivo. Essa mudança na dominância da *Ammonia tepida* em favor dos buliminídeos e bolivinídeos, principalmente da espécie *Buliminella elegantissima*, em decorrência de diferentes condições do ambiente, já foi retratado em outros trabalhos de monitoramento e diagnóstico ambiental (BURONE *et al.*, 2006; BURONE *et al.*, 2007).

### 6.2.5. Identificação de padrões espaciais

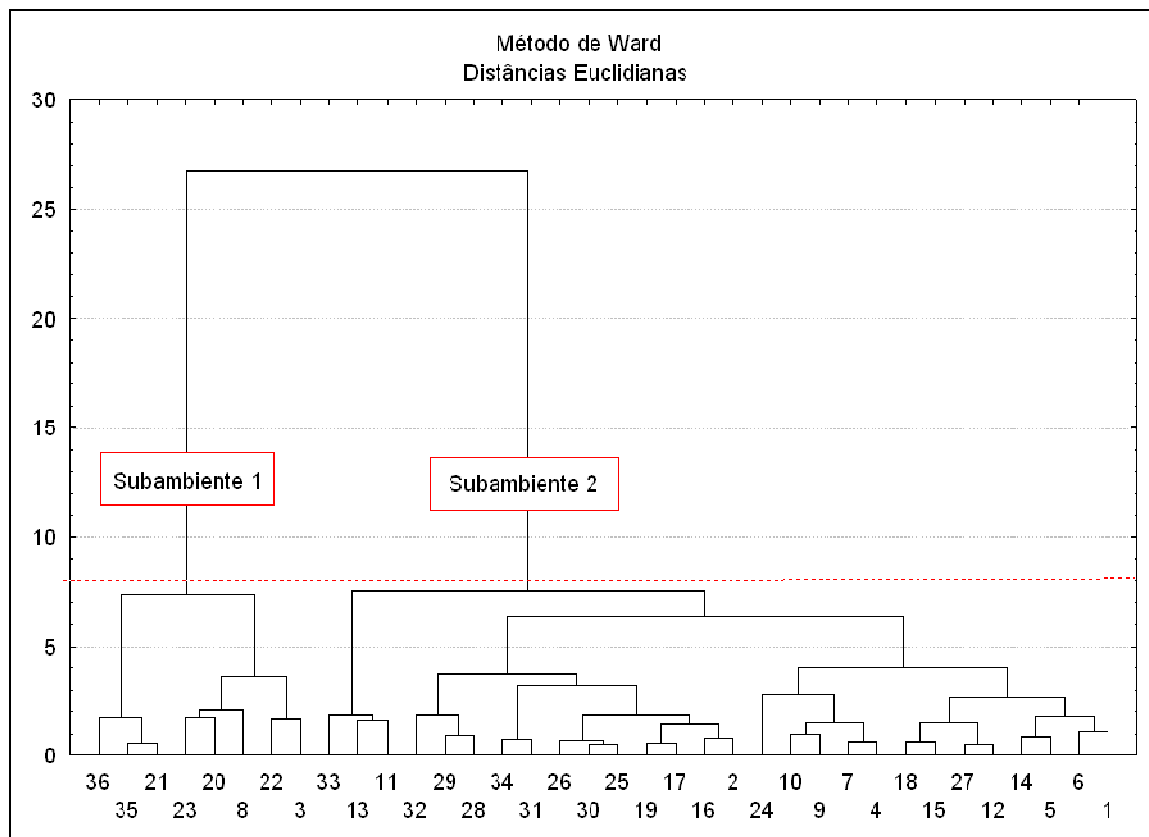
Aplicando-se a análise dos principais componentes (PCA) na matriz de dados bióticos e abióticos, com os mesmos descritores do sítio Alto Ribeirão, o eixo 1 explicou 54 % da variância total da distribuição das estações, e o eixo 2, 26 %. As estações se posicionaram ao longo do eixo 1 refletindo o gradiente transversal da linha de costa-Baía adentro, determinado principalmente pelo teor de lama, frequência relativa dos buliminídeos e bolivinídeos e biometria das testas. Essa mesma distribuição do gradiente ambiental também foi observada no sítio Alto Ribeirão, mas desta vez, o sítio Praia do Museu não apresentou nenhuma diferenciação das estações do cultivo com os perfis externos (Figura 68).



**FIGURA 68:** Análise dos principais componentes (PCA), dos parâmetros biossedimentológicos do sítio Praia do Museu. Dentro= cultivo; P1= perfil 1; P2= perfil 2. Em destaque nos círculos estão os grupos dos sub-ambientes.

Na análise de agrupamento das estações (modo Q), com o método de Ward e a Distância Euclidiana, foram identificados apenas 2 sub-ambientes no sítio Praia do Museu, utilizando nível de corte 8 (mesmo do sítio anterior) (Figura 69). Nesta área não

foi encontrado um ambiente de transição nem uma área característica da presença do aporte dos biodetritos do cultivo (Figura 70).

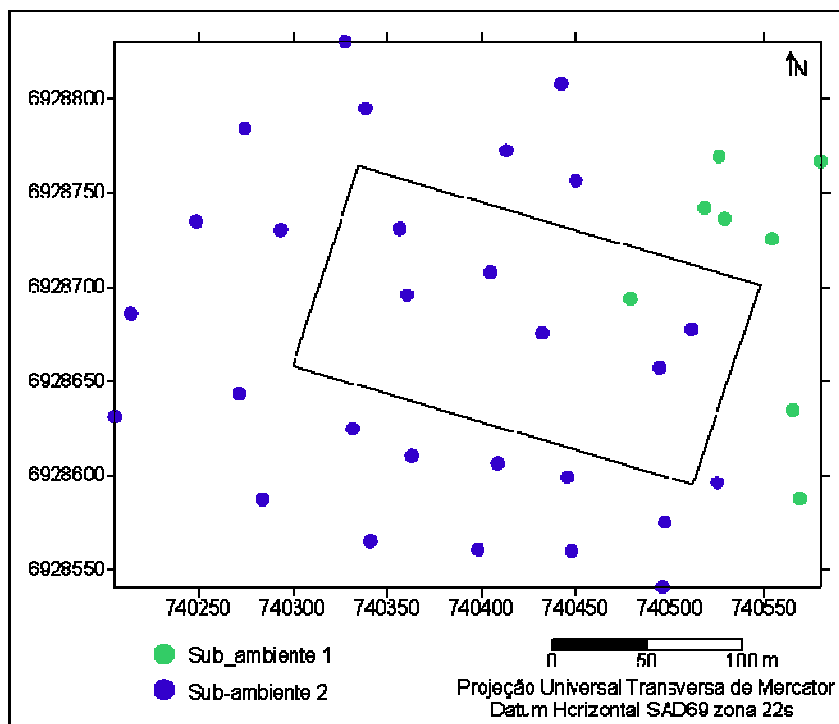


**FIGURA 69: Análise de agrupamento das estações (modo Q) do sítio Praia do Museu. Método de Ward em distância euclidiana. Nível de corte 8.**

Sub-ambiente 1 (áreas rasas - costa): este representa o grupo das estações marginais à linha de costa (Figura 70), onde há menor teor de lama (média de 11 %), os organismos são de testas maiores (média 0,18 mm), e razão vivos/total é maior (0,36) (Tabela 13). Ou seja são os bancos arenosos das áreas rasas próximas à costa.

Sub-ambiente 2 (áreas mais profundas - Baía adentro): este agrupou a maior parte das estações do sítio (28 estações), não fazendo distinção das estações do cultivo com os perfis externos (Figuras 69 e 70). Caracterizou-se por um ambiente de elevado teor de lama (média 81 %), abundância de buliminídeos e bolivinídeos, organismos de tamanho reduzido (média 0,14 mm), e menor razão vivos/total (0,25) (Tabela 13). Este sub-ambiente caracterizou as áreas mais profundas em direção ao

interior da Baía, sendo que parte dele está localizada no canal de circulação que percorre paralelamente à costa nesta área (MOLLERI, 2005).



**FIGURA 70: Mapa de distribuição dos sub-ambientes do sítio Praia do Museu.**

TABELA 13: Síntese estatística dos parâmetros bioossedimentológicos dos sub-ambientes do sítio Praia do Museu.

Sub-ambientes	Sub 1 (costa)	Sub 2 (Baía)
Lama (%)	11 ±13	81 ±20
<i>A. tepida</i>	14 ±7	13 ±5
Buliminídeos+Bolivinídeos	23 ±6	43 ±5
Biometria (mm)	0,18 ±0,02	0,14 ±0,01
Vivos/total	0,36 ±0,07	0,25 ±0,06

TABELA 14: Análise de variância Kruskal Wallis dos parâmetros bioossedimentológicos nos sub-ambientes do sítio Praia do Museu.

VARIÁVEL	Grupo	Contagem	H	valor-P
	Sub 1	8		
	Sub 2	28		
Lama	Varição		17,84	0,00
<i>A. tepida</i>	Varição		0,5	0,48
Bul+Bol	Varição		17,2	0,00
Biometria	Varição		13,91	0,00
Vivos/total	Varição		11,34	0,00



Segundo a análise de variância de Kruskal Wallis, todos os descritores foram significativamente diferentes entres os sub-ambientes, exceto a espécie *Ammonia tepida*, que teve comportamentos semelhantes (Tabela 14 e Figura 71).

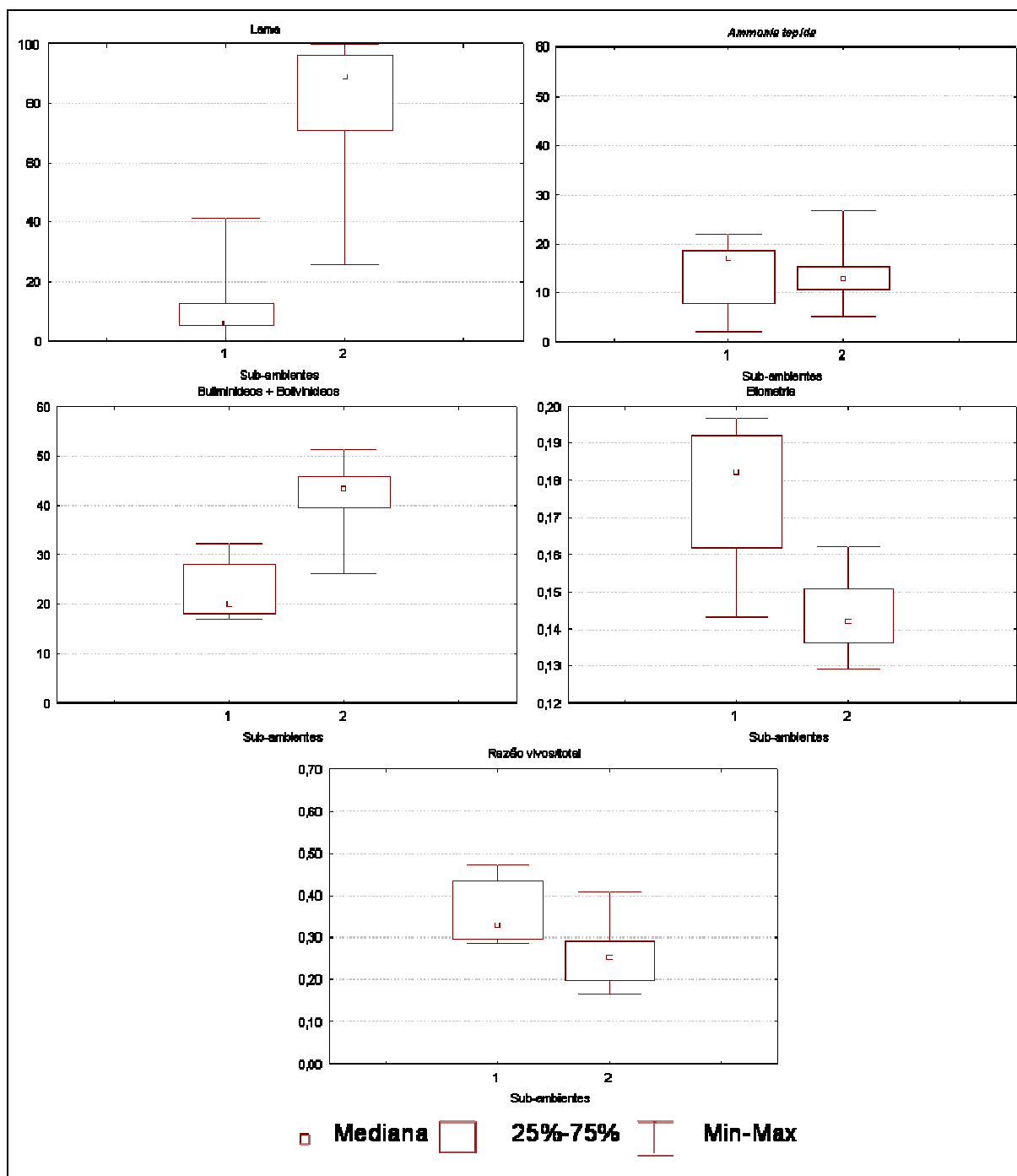


FIGURA 71: Comportamento estatístico dos parâmetros biossedimentológicos nos sub-ambientes do sítio Praia do Museu.

### 6.3. INTEGRAÇÃO DOS DADOS

Reunindo os dados dos dois sítios, foi criada uma matriz de correlação de Spearman (para dados não paramétricos), com o objetivo de avaliar o grau de correlação entre as variáveis bióticas e abióticas e verificar como estas responderam às principais características do ambiente natural e sob influência do cultivo (Tabela 15).

A porcentagem de cascalho apresentou correlação positiva com diversos descritores ecológicos: a frequência relativa dos porcelanáceos ( $r=0,64$ ), densidade de testas estimada ( $r=0,47$ ), diversidade ( $r=0,45$ ), equitatividade ( $r=0,47$ ), biometria ( $r=0,69$ ) e a razão vivos/total ( $r=0,61$ ). A granulometria mais grossa, associada à maior presença de porcelanáceos, organismos de maior biometria e elevada razão vivos/total, caracteriza locais sob ação constante de agentes hidrodinâmicos de turbulência, capazes de remobilizar o sedimento (NICHOLS, 1974). A relação positiva com a densidade e diversidade de espécies também caracteriza um ambiente de elevada produtividade (NICHOLS, 1974). A correlação positiva com a equitatividade denota um ambiente em equilíbrio entre as espécies, sem restringir o crescimento de algumas em detrimento do favorecimento de outras, oportunistas (ODUM, 1988). Assim, apesar dessa área ser um ambiente de alta produtividade, há um equilíbrio ecológico entre as espécies presentes no meio. Estas condições caracterizaram os bancos de areia e cascalho, marginais à costa, sendo áreas que sofrem influência de aportes continentais, proporcionando uma produtividade alta e sob ação constante de ondas que atuam junto à costa, retrabalhando o sedimento.

Já o teor de lama, se relacionou positivamente com a porcentagem de matéria orgânica total ( $r=0,88$ ), o carbonato biodetrítico ( $r=0,64$ ), a frequência relativa dos buliminídeos e bolivinídeos ( $r=0,72$ ), e o índice de dominância de Simpson ( $r=0,69$ ). A relação de dependência da distribuição da matéria orgânica total com a lama nos sedimentos costeiros (MAHIQUES *et al.*, 1999; FLEMMING, 2000), foi bastante forte na área estudada ( $r=0,88$ ), o que pode ter mascarado um pouco os efeitos da presença de aportes orgânicos em locais específicos, como na área abaixo do cultivo. Bonetti *et al.* (2006) também não encontraram diferenças significativas no teor de matéria orgânica total em áreas lamosas, sob influência de cultivo nas baías Norte de Sul (SC). Os

autores discutem a eficiência desse descritor como indicador do aporte do cultivo devido à dificuldade de diferenciar este de outras fontes de matéria orgânica presentes no ambiente, além dos diversos processos que atuam na remineralização e assimilação da matéria orgânica, sofrendo constantes processos de alteração.

Já a relação da lama com o carbonato biodetrítico não é muito comum nos ambientes costeiros, mas ocorre normalmente quando associados a estoques de moluscos naturais e de cultivo (VILAS *et al.*, 2005), tornando esta uma ferramenta potencial para estudos na determinação dos impactos do cultivo. No entanto, não são somente os restos de conchas de moluscos que contribuem com esse aporte no ambiente, outras fontes como os próprios foraminíferos também são importantes contribuidores do carbonato no sedimento marinho (BARBOSA & SEOANE, 2004). Não obstante, o teor de carbonato biodetrítico se relacionou positivamente com a abundância relativa de buliminídeos e bolivinídeos ( $r=0,41$ ), que por sua vez, foram abundantes nos depósitos lamosos. Como já discutido, este pode ser, portanto, um aporte tanto relacionado às conchas desprendidas do cultivo, como ao aumento na produtividade do ambiente (GRANT *et al.*, 1995). No caso das áreas estudadas, ambos fatores parecem estar influenciando nos teores de carbonato biodetrítico.

A distribuição dos aglutinantes associada às fácies lamosas organicamente enriquecidas, já é bem discutida na literatura (DEBENAY, 2000), assim como os grupos de espécies hialinas de buliminídeos e bolivinídeos (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993; BONETTI, 2000). Os ambientes lamosos possuem uma menor disponibilidade de oxigênio dissolvido devido ao reduzido espaço intersticial entre os grãos de sedimentos. Além disso, como esses depósitos ocorrem associados à matéria orgânica, esta ainda gera uma demanda bioquímica do oxigênio para a sua remineralização, sendo este um dos principais fatores que contribuem para a depleção do oxigênio no ambiente. Assim, os depósitos lamosos são ambientes mais restritivos ao desenvolvimento de espécies sensíveis e favorecem a dominância de espécies oportunistas, tolerantes a tais condições (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993). As fácies lamosas das áreas estudadas na Baía Sul se caracterizaram, portanto, como ambientes organicamente enriquecidos e com dominância de espécies oportunistas, principalmente de buliminídeos e bolivinídeos.

TABELA 15: Coeficiente (r) da Correlação de Spearman entre os dados bióticos e abióticos dos sítios Alto Ribeirão e Praia do Museu. Valores significativos com nível de  $p < 0,05$ , assinalados em vermelho.

	Casc.	Lama	MOT	CaCO <sub>3</sub>	Cal.	Porcel.	Aglut.	<i>A. tepida</i>	Bul+Bol	Dens.	S	H'	J'	D'	Pirit.	Biom.
Lama	-0,87															
MOT	-0,80	0,88														
CaCO <sub>3</sub>	-0,56	0,63	0,64													
Calcáreos	-0,11	0,14	0,18	0,11												
Porcelanáceos	0,64	-0,7	-0,71	-0,31	-0,32											
Aglutinantes	-0,39	0,36	0,34	0,09	-0,65	-0,39										
<i>Ammonia tep.</i>	0,16	-0,09	-0,1	0,06	0,46	-0,01	-0,48									
Bul+Bol	-0,74	0,72	0,72	0,41	0,3	-0,66	0,24	-0,17								
Densidade	0,47	-0,56	-0,64	-0,47	0,23	0,49	-0,58	0,25	-0,38							
S	0,24	-0,33	-0,29	-0,13	-0,27	0,37	-0,04	-0,38	-0,16	0,35						
H'	0,45	-0,57	-0,58	-0,42	-0,54	0,65	0,05	-0,40	-0,53	0,37	0,75					
J'	0,47	-0,58	-0,65	-0,52	-0,53	0,65	0,07	-0,25	-0,67	0,30	0,31	0,84				
D'	-0,58	0,69	0,72	0,56	0,51	-0,69	0,02	0,23	0,75	-0,43	-0,51	-0,91	-0,93			
Piritizados	0,20	-0,30	-0,35	-0,21	-0,31	0,38	0,05	0,30	-0,30	0,29	0,26	0,40	0,38	-0,41		
Biometria	0,69	-0,70	-0,68	-0,55	-0,21	0,58	-0,25	-0,12	-0,67	0,41	0,36	0,56	0,55	-0,66	0,27	
Vivos/total	0,61	-0,63	-0,62	-0,22	-0,11	0,67	-0,40	0,29	-0,59	0,30	0,12	0,38	0,49	-0,47	0,27	0,36

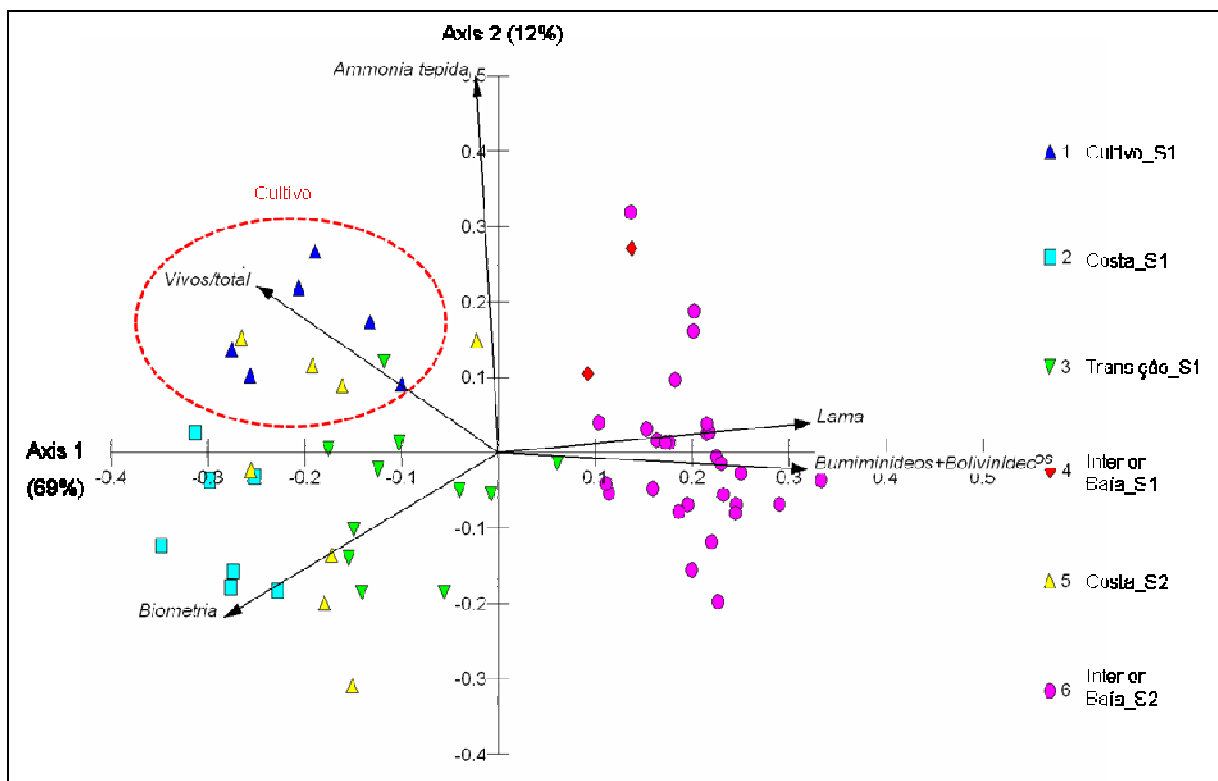
Casc.= cascalho; MOT= matéria orgânica total; CaCO<sub>3</sub>= carbonato biodetrítico; Cal.= testas calcárias hialinas; Porcel.= testas porcelanáceos; Aglut.= testas aglutinantes; Bul+Bol= Buliminídeos+ Bolivinídeos; Dens.= densidade total da população (ind/50cm<sup>3</sup>); S= riqueza (espécies por amostra); H'= diversidade de Shannon; J'= equitatividade de Pielou; D'= dominância de Simpson; Pirit.= testas piritizadas; Biom= biometria das testas.

Estes foram os dois principais tipos de ambientes sedimentares encontrados nas áreas estudadas da Baía Sul e que tiveram sua distribuição orientada no gradiente transversal do sentido linha de costa- Baía adentro.

A espécie *Ammonia tepida*, foi abundante em toda a área estudada e não apresentou nenhuma relação de dependência significativa com os fatores abióticos analisados, mas em compensação teve uma correlação negativa com os descritores bióticos de riqueza ( $r=-0,38$ ) e diversidade ( $r=-0,40$ ). Isso reafirma o comportamento dessa espécie como oportunista (BURONE *et al.*, 2007) nessa área, com maior abundância em áreas mais restritivas. O fato de não ter apresentado uma dependência significativa com os descritores abióticos, pode torná-la uma ferramenta melhor de ser usada em ambientes com uma heterogeneidade sedimentológica muito grande, indicando os locais sob efeito dos aportes orgânicos “independentemente” das variações sedimentológicas da área, como foi o caso das áreas deste estudo. Segundo Bouchet *et al.* (2007), *A. tepida* foi a espécie mais resistente às alterações biogeoquímicas provocadas pelo acúmulo de biodepósito em cultivos de ostra *Crassostrea gigas*, na baía de Marennes-Oléron (França).

Aplicando-se a análise de PCA com os mesmos descritores biossedimentológicos dos sub-ambientes encontrados nos sítios Alto Ribeirão e Praia do Museu, foi possível verificar melhor as diferenças existentes entre os sítios. O eixo 1 explicou 69 % da distribuição das estações, enquanto que o eixo 2 explicou 12 %.

O sítio Alto Ribeirão foi representado pelos 4 primeiros sub-ambientes (1-cultivo, 2-costa, 3-transição e 4-áreas profundas) e o sítio Praia do Museu pelos dois últimos (5-costa e 6- áreas profundas) (Figura 72). Analisando o gráfico, foi possível identificar dois padrões de sedimentação distintos, presentes nos sítios: a fácies arenosa, nas áreas mais rasas, próximas à costa e com organismos de testas maiores, representadas pelas estações no lado esquerdo do gráfico; e a fácies lamosa, nas profundidades maiores, com maior porcentagem de buliminídeos e bolivinídeos, representadas pelas estações no lado direito do gráfico.



**FIGURA 72: Análise dos Principais Componentes com os sub-ambientes dos sítios Alto Ribeirão e Praia do Museu.**

A maioria das estações do sítio Alto Ribeirão se agrupou na fácies arenosa (sub-ambientes 1, 2 e 3), inclusive o cultivo, que se diferenciou das demais estações, principalmente, pela maior frequência de *Ammonia tepida* e maior razão vivos/total, demarcando a presença de uma área sob efeito do aporte do cultivo. Já no sítio Praia do Museu, as estações localizadas no interior do cultivo apresentaram as mesmas características biossedimentológicas das demais estações da fácies lamosa e não distinguiram a presença do aporte de biodetritos do cultivo.

Os dois sítios apresentaram comportamentos diferenciados quanto às respostas ambientais frente à biodeposição do cultivo, com diferentes graus de impacto no compartimento bentônico. Como já discutido nos capítulos introdutórios, diversos fatores interferem nessa dinâmica, mas os principais avaliados neste trabalho foram: o gradiente hidrodinâmico e batimétrico de cada local.

No sítio Alto Ribeirão a menor intensidade hidrodinâmica permitiu a formação de uma área sob influência do aporte dos biodetritos liberados pelo cultivo e acumulados

no fundo, principalmente na área mais rasa e antiga do cultivo. No entanto, esta influência ainda é de pequena magnitude, com expressões ligeiras de alterações negativas nas características biossedimentológicas. Por ser um ambiente raso e de granulometria arenosa e areno-lamosa, este local mostrou-se estar sujeito à ação de fenômenos de turbulência, como ondas geradas por ventos locais persistentes. Normalmente a Baía é protegida de agentes mais intensos, mas em condições extremas como na passagem de sistemas de frontais ou ondulações provindas do Oceano Atlântico, estes podem provocar a ressuspensão de sedimentos nas áreas mais rasas da Baía (PRUDÊNCIO, 2003). Isso possibilita a remobilização de parte do biodepósito acumulado durante o ciclo produtivo, tornando-o novamente susceptível à dispersão pelas correntes (HARTSTEIN & STEVENS, 2005; SCHETTINI *et al.*, 2006). Mas, ainda que sob influência dessas forçantes, foi possível identificar uma área sob influência do aporte do cultivo com características biossedimentológicas diferenciadas, que demarcam indícios de impactação bentônica em estágio intermediário.

Já o sítio Praia do Museu, como está localizado numa área sob influência de correntes marinhas de maior intensidade e mais profunda, este não apresentou uma área tipicamente sob influência do aporte do cultivo com características biossedimentológicas diferenciadas. As maiores intensidades das correntes, principalmente das águas de fundo, aliada à maior profundidade deste local, não permitem a sedimentação das partículas desprendidas do cultivo logo abaixo das suas estruturas, sendo capazes de dispersar as fezes e pseudofezes numa área mais ampla. Isso aumenta o grau de diluição das partículas no ambiente e, conseqüentemente, a capacidade de assimilação do mesmo (JUSUP *et al.*, 2007). Assim, não há acúmulo do aporte orgânico concentrado num local específico, que possa promover efeitos expressivos de impactos resultantes da produção de biodepósito pelo cultivo.

Chamberlain *et al.*, (2001) e Hartstein & Rowden (2004) encontraram situações semelhantes, analisando locais com diferentes graus de exposição hidrodinâmica, no qual identificaram a presença do biodepósito nos locais de menor energia hidrodinâmica e sua ausência naqueles com maior exposição.

## 7. CONCLUSÕES

O estudo bioossedimentológico e hidrodinâmico permitiu inferir diferentes níveis energéticos a que cada sítio está sujeito, bem como, identificar as forçantes de acordo com as especificidades de cada local. Do ponto de vista hidrodinâmico, o sítio Alto Ribeirão apresentou características de um ambiente com circulação mais restrita. Não obstante, foi possível notar, que apesar de ser uma área abrigada, por ser um local raso está sujeito a fenômenos de turbulência, como ondas geradas por ventos locais. Em condições de ventos intensos, estes podem atuar na ressuspensão de sedimentos de fundo e tornar parte dos biodetritos do cultivo novamente susceptível à dispersão pelas correntes. Já o sítio Praia do Museu, situado num ponto mais próximo da abertura sul da Baía e sob influência de um canal de circulação disposto paralelamente à costa, apresentou características de condições de hidrodinâmica moderada. Neste local, há uma maior renovação das águas marinhas favorecida pelas correntes de preamar e as correntes de fundo, nas condições estudadas, foram capazes de ressuspender sedimentos, numa proporção bem maior que o sítio Alto Ribeirão.

Ambos os sítios localizam-se em áreas com relevo de fundo em declive, aumentando as profundidades em direção ao interior da Baía. Em geral, o sítio Alto Ribeirão apresentou profundidades mais rasas e foi possível notar a presença de uma pequena camada de saliência abaixo das estruturas do cultivo, principalmente na parte mais rasa e antiga. Já o sítio Praia do Museu com maiores profundidades, demarcadas pela presença do canal, não apresentou a formação da saliência abaixo do cultivo.

O sítio Alto Ribeirão teve uma granulometria predominantemente arenosa e areno-lamosa pobremente selecionada. Foram observadas algumas mudanças no padrão de distribuição dos descritores sedimentológicos na área do cultivo, principalmente com aumento nos teores de lama e diminuição do grau de seleção. Já o sítio Praia do Museu teve predominância de sedimentos mais finos (areia argilosa e silte argiloso) e grau de seleção de moderado a pobremente selecionado. Neste sítio, o cultivo não apresentou influência na acumulação de finos, mas apenas no grau de seleção, com um padrão mais pobremente selecionado abaixo do cultivo. Esta,



provavelmente, é mais uma influência da estrutura do cultivo no padrão de sedimentação local do que da biodeposição propriamente dita.

Quanto aos constituintes orgânicos, no sítio Alto Ribeirão foi possível notar um ligeiro aumento dos teores de matéria orgânica total e carbonato biodetrítico na área do cultivo. Já no sítio Praia do Museu apenas o carbonato biodetrítico teve um aumento na área de influência direta do cultivo. Neste caso, esse aumento foi relacionado à produtividade do ambiente bentônico, sendo, portanto, um impacto positivo do cultivo.

A espécie dominante do sítio Alto Ribeirão foi *Ammonia tepida*, que respondeu favoravelmente à presença do cultivo, assim como as populações de buliminídeos e bolivinídeos, bioindicadoras de enriquecimento orgânico. O cultivo apresentou respostas de distrofia na fauna de foraminíferos com: queda de densidade, riqueza e diversidade de espécies, sendo características de um ambiente mais restritivo. Já no sítio Praia do Museu, a espécie dominante foi *Buliminella elegantissima*, que também apresentou uma distribuição favorecida pelo cultivo, assim como o grupo dos buliminídeos e bolivinídeos. Mas desta vez, o cultivo promoveu um aumento na produtividade do ambiente, com maior densidade e riqueza de foraminíferos na área abaixo. No entanto, também houve um aumento na dominância de espécies, porcentagem de testas piritizadas e redução do tamanho das testas, que são aspectos biológicos característicos de um ambiente mais restritivo.

A maioria das diferenças encontradas nos padrões espaciais dos descritores biossedimentológicos do sítio Alto Ribeirão não puderam ser comprovadas estatisticamente nos teste de ANOVA, principalmente, em decorrência da elevada heterogeneidade ambiental, devido ao forte gradiente transversal e reduzido número de amostras representativas de cada grupo. Já o sítio Praia do Museu teve uma maior homogeneidade sedimentológica e por ser uma área de maior extensão, contou com um número maior de amostras por grupo, assim, as alterações provocadas pelo cultivo puderam ser avaliadas nos testes ANOVA. As análises multivariadas foram mais eficientes na avaliação das influências do cultivo, evidenciando melhor as principais características do ambiente e as alterações provocadas pelo aporte do cultivo.

Na análise do PCA, os descritores que melhor descreveram e sintetizaram as características do ambiente e da influência do cultivo, foram: a porcentagem de lama, frequência relativa de buliminídeos e bolivinídeos, e de *Ammonia tepida*, biometria das testas e razão vivos/total. Estes descritores diferenciaram os principais tipos de fácies sedimentares existentes nos dois sítios, que posteriormente foram identificados na análise de agrupamento das estações, como sub-ambientes de condições equivalentes. Os descritores que melhor diferenciaram as estações sob influência do aporte do cultivo foram: a frequência de *Ammonia tepida* e a razão vivos/total, enquanto os demais caracterizaram melhor a dinâmica do próprio ambiente.

O sítio Alto Ribeirão apresentou 4 sub-ambientes, sendo um característico dos bancos de areia e cascalho marginais à costa, um transicional em direção ao interior da Baía, outro nas áreas mais profundas e um específico do aporte do cultivo. O sub-ambiente do cultivo reuniu as estações localizadas na área de influência direta, na parte mais rasa e antiga, e ainda duas estações dos perfis externos: uma sob influência indireta do cultivo (no perfil 1), e outra (no perfil 2), sob influência de outros tipos de aportes presentes no ambiente. As estações situadas na área mais recente e profunda do cultivo agruparam-se no sub-ambiente das estações adjacentes, externas ao cultivo. Além da maior profundidade que minimiza os efeitos da biodeposição, esta parte do cultivo possuía apenas 5 meses de atividade produtiva (da data das coletas), o que provavelmente não tenha sido tempo suficiente para a formação de um ambiente com características biossedimentológicas específicas do aporte do cultivo.

O sítio Praia do Museu apresentou apenas dois sub-ambientes, um representando as áreas mais rasas, marginal à costa, e um das áreas mais profundas em direção ao interior da Baía. Apesar do cultivo ter demonstrado algumas influências no compartimento bentônico, o aporte do cultivo não foi suficiente para gerar um sub-ambiente com características biossedimentológicas específicas, sendo os impactos promovidos pelo cultivo de menor grandeza.

O grau de correlação entre os constituintes bióticos e abióticos permitiu sintetizar as principais características do ambiente, já apontadas nas análises anteriores. A heterogeneidade biossedimentológica foi determinada principalmente pelo gradiente

transversal da linha de costa- Baía adentro. A área mais marginal à costa é formada pelos bancos arenosos, expostos aos agentes hidrodinâmicos de turbulência, como as ondas que atuam junto à costa, e possuem uma elevada produtividade bentônica, marcada pela alta densidade e diversidade de espécies de foraminíferos. Já as áreas mais profundas são marcadas pela presença de depósitos lamosos organicamente enriquecidos com dominância das populações de buliminídeos e bolivinídeos e organismos pequenos, devido às condições mais restritivas.

A frequência relativa de *Ammonia tepida* foi um descritor que caracterizou bem a presença do aporte do cultivo por ter se mostrado “independente” aos demais tensores ambientais. Esta não se correlacionou com os descritores abióticos, que por sua vez, não traçaram bem a influência do cultivo no meio, devido à elevada heterogeneidade ambiental, mas se relacionou negativamente com os índices de riqueza e diversidade, confirmando o comportamento de espécie bioindicadora de condições restritivas.

Por fim, foi possível diferenciar alguns aspectos da dinâmica de biodeposição a qual cada sítio está sujeito, identificando os principais fatores que contribuíram nessa diferenciação. No sítio Alto Ribeirão, devido ao menor grau de exposição à energia hidrodinâmica e menor profundidade, o aporte liberado pelo cultivo se concentra na área logo abaixo das estruturas do cultivo, possibilitando a formação de um sub-ambiente sob influência desse aporte, com condições biossedimentológicas diferenciadas das áreas adjacentes. Este, por sua vez, foi caracterizado como um ambiente de maior instabilidade ecológica, com dominância de espécies oportunistas, e elevada taxa de sedimentação, devido ao acúmulo dos biodetritos do cultivo.

Já no sítio Praia do Museu, a maior exposição à energia hidrodinâmica e profundidade, possibilita a maior dispersão das fezes e pseudofezes liberadas pelo cultivo, diluindo as partículas numa área mais ampla e, conseqüentemente, aumentando a capacidade assimiladora do ambiente. Isso possibilita a minimização dos impactos provocados pelo cultivo, sem que haja acúmulo orgânico num local específico. Assim, o cultivo possibilitou até mesmo a ocorrência de algumas respostas positivas, com o aumento na produtividade bentônica. Mas, alguns impactos negativos também foram observados como uma maior tendência redutora dos sedimentos e dominância

de grupos de espécies oportunistas, na área abaixo do cultivo. Apesar disso, o sítio não apresentou a formação de um ambiente específico sob influência do acúmulo dos biodetritos evidenciado pelas características biossedimentológicas. Assim, mesmo com um comportamento hidrodinâmico moderado, as maiores correntes, principalmente nas águas de fundo, associadas às maiores profundidades, foram condições suficientes para a minimização dos impactos do cultivo, evitando o acúmulo do aporte.

São diversos os fatores que interferem na dinâmica de biodeposição do cultivo e na assimilação do meio, mas neste trabalho os diferentes graus de exposição à energia hidrodinâmica e configurações do relevo de fundo, revelaram-se como fatores cruciais na minimização dos impactos gerados pelo cultivo. Locais sob influência de intensidades de correntes maiores, ainda que sejam moderadas, mas com profundidades mais elevadas, podem de fato minimizar os efeitos provocados pelo cultivo no ambiente. Essas áreas são, portanto, mais indicadas à implantação de sistemas de cultivo de moluscos. Já as áreas de circulação mais restrita, principalmente em ambientes rasos, que possibilitam a sedimentação das partículas em locais restritos, são mais susceptíveis ao acúmulo de biodetritos no ambiente bentônico. Nas áreas mais rasas, chama-se atenção também para o fato destas áreas estarem sujeitos à influência de agentes de turbulência em eventos oceano-climatológicos intensos, que podem provocar a ressuspensão dos biodetritos, o que pode gerar consequências negativas ao ambiente com a liberação de substâncias tóxicas. Sendo assim, não são locais propícios à instalação de sistemas de cultivo de moluscos marinhos, ou recomenda-se ao menos trabalhar com densidades mais reduzidas.

O presente trabalho mostrou-se, portanto, eficiente na identificação de alguns impactos provocados pelo cultivo no ambiente bentônico, evidenciando a importância das condições locais, principalmente hidrodinâmicas e topográficas, frente aos graus de impactação. Além, disso pôde contribuir com a elaboração de uma proposta metodológica eficiente e de boa viabilidade, para estudos de impactos ambientais na atividade de cultivo de moluscos marinhos e para a seleção de áreas mais propícias ao cultivo.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as diversas técnicas utilizadas para descrever e avaliar os impactos causados pelo cultivo de moluscos em duas áreas da Baía Sul (SC), foi possível selecionar algumas que foram capazes de sintetizar os principais efeitos e classificar as áreas quanto ao nível de impactação. A amostragem abordou uma área de bastante heterogeneidade ambiental, o que dificultou os processos de análise e comparação dos grupos de estações em cada área. Ainda assim, foi possível selecionar ferramentas que explicaram bem a variabilidade dos tensores naturais e que conseguiram diferenciar a área sob efeito do biodepósito do cultivo.

Este trabalho, também pôde contribuir como base de dados para estudos de ecologia de populações de foraminíferos bentônicos e das variabilidades dos descritores ecológicos em resposta aos diferentes níveis de tensores de estresse, natural e antrópico, causado por cultivos de moluscos em ambientes costeiros.

Os dados adquiridos podem ser aplicados no futuro a modelos de fluxos de biodeposição e capacidade de suporte voltados à implementação e/ou adequação de sistemas de cultivo de moluscos. Além de ser utilizado como base de estudos para o aperfeiçoamento e ajustes dos modelos já existentes.

Essa avaliação ambiental deve ser bem inferida nos processos de tomada de decisão para a seleção de áreas propícias ao desenvolvimento do cultivo. A atividade quando bem dimensionada e projetada, não causa impactos negativos no ambiente, mas caso contrário pode ser um potencial poluidor. Os estudos avaliando os processos de dispersão dos aportes e da capacidade assimiladora do ambiente devem seguir com metodologias amostrais específicas, selecionadas de acordo com as características oceanográficas de cada área, visto a complexidade dos diversos fatores envolvidos nesses processos. Para tal, deve-se trabalhar em conjunto com equipes multidisciplinares, possibilitando evoluir em estudos práticos e eficientes, para a melhoria das técnicas de aplicação nos processos de ordenamento da atividade de cultivo de moluscos.

Recomenda-se, aprofundar os estudos relacionados à compreensão dos diversos fatores que interferem na dinâmica de biodeposição e interações do cultivo com o meio, avaliando outras áreas com diferentes graus hidrodinâmicos e condições batimétricas. Deve-se realizar estudos específicos do comportamento do biodepósito, com modelos que possam aferir em valores mínimos de correntes capazes de prevenir a formação do biodepósito, assim como outros processos que atuam na remobilização e dispersão. Assim como, avaliar quais são os efeitos no ambiente quando se amplia a área de dispersão das fezes e pseudofezes. As partículas são mais diluídas, mas em compensação a área sob influência do cultivo é mais ampla, não devendo ser descartados os possíveis efeitos na coluna d'água e no compartimento bentônico. Deve-se avaliar, também, as áreas que permitem a acumulação do biodepósito sob condições ambientais normais, mas que em eventos oceano-climatológicos mais intensos, podem ressuspender o biodepósito provocando efeitos negativos, como a liberação de substâncias tóxicas na coluna d'água.

Há, portanto, ainda muito que se avançar nos estudos sobre os diferentes níveis de impactação do cultivo com as diferentes respostas do ambiente, no comportamento médio e nas flutuações ao longo do ano, considerando os principais fatores que condicionam essas interações. Contudo, a integração dos trabalhos já realizados permite um maior detalhamento e direcionamento para as pesquisas futuras, ajustando os trabalhos e possibilitando chegar a resultados mais conclusivos e práticos. Tudo isso com o objetivo principal de oferecer subsídios científicos para o melhoramento da atividade de cultivo de moluscos em vista da preservação do ambiente, buscando sistemas sustentáveis.

## **8. 1. CONTINUIDADE DO ESTUDO**

Sugestões para trabalhos futuros:

- Estudar a variação inter-anual dos biodepósitos, avaliando as condições sazonais na dinâmica de biodeposição;

- Realizar uma testemunhagem nas áreas abaixo o cultivo a fim de quantificar a taxa de biodeposição e avaliar a fauna foraminífera antes da presença do cultivo;
- Realizar uma caracterização hidrodinâmica mais detalhada com diferentes condições climato-oceanográficas, avaliando as principais forçantes e suas interações com a dinâmica de biodeposição;
- Determinar dos constituintes orgânicos de carbono, nitrogênio e fósforo identificando as diferenças do aporte do cultivo;
- Determinar isótopos da matéria orgânica ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ), identificando a origem e qualidade da matéria orgânica nos sítios de cultivo;
- Quantificar as taxas de biodeposição do cultivo e as respostas ambientais frente a diferentes condições de cultivo e do ambiente;
- Elaborar e aplicar modelos de previsão de biodeposição e capacidade de suporte do ambiente adaptados às realidades locais da área estudada e do sistema de cultivo utilizado;
- Mapear áreas mais propícias à instalação de sistemas de cultivo de moluscos com auxílio de técnicas de geoprocessamento, *SIG* e Sensoriamento Remoto, tendo como base os estudos prévios de condições favoráveis.

## REFERÊNCIAS

ALVE, E. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a Review. **Journal Foraminiferal Research** v. 25, p. 190-203, 1995.

ARANA, L. A. V. **Modos de apropriação e gestão patrimonial de recursos costeiros: estudo de caso sobre o potencial e os riscos do cultivo de moluscos marinhos na baía de Florianópolis, Santa Catarina**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. Doutorado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, 2000.

BARBOSA, C. F. & SEOANE, J. C. S. **Micropaleontologia de foraminíferos do Quaternário**. In: Oceanografia – Um Cenário Tropical, org. Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S & Costa, M. F. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Ciências, Departamento de Oceanografia, Recife, p. 87-107, 2004.

BARCELLOS, R. L. **Distribuição da matéria orgânica sedimentar e o processo sedimentar atual no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP)**. Instituto Oceanográfico. São Paulo, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado 2v. 2005.

BARG, U. C. **Guidelines of the promotion of environmental management of coastal aquaculture development**. FAO Fisheries Technical Paper, 328, 122p, 1992.

BOLTOVSKOY, E. & WRIGHT, R. **Recent Foraminifera**. Junk, the Hague, 515p, 1976.

BONETTI, C. **Foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos. Estudo aplicado ao sistema estuarino de Santos-São Vicente (SP-Brasil)**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000. Doutorado, Instituto Oceanográfico, 2000.

BONETTI, C.; BONETTI FILHO, J. & BARCELLOS, R. L. **Caracterização sedimentar e geoquímica de sistemas de cultivo de moluscos**. In: Gilberto F. Barroso et al. (org).



Sistemas de cultivos aquícolas costeiros no Brasil: Recursos, tecnologias e aspectos ambientais e sócio-econômicos. Rio de Janeiro, Museu Nacional, cap. 16, 2006.

BONETTI, C.; BONETTI FILHO, J. & BELTRAME, E. The influence of natural and anthropogenic agents in the determination of sedimentary environments at Itapocu estuarine-lagoonal system, Santa Catarina, Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 39, ICS Proceedings, Brazil, 2004.

BOUCHETI, V., DEBENAY, J. & SAURIAU, P. Effects of short-term environmental disturbances on living benthic foraminifera during the Pacific oyster summer mortality in the Marennes-Oléron Bay (France). **Marine Environmental Research**, v. 64, pp. 358-383. 2007.

BOYD, A. J. & HEASMAN, K. Shellfish mariculture in the Benguela system: water flow patterns within a mussel farm in Saldanha Bay, South Africa. **Journal of Shellfish Research**, v. 17, n.1, p. 25-32, 1998.

BRICKER, S. B., FERREIRA, J. G. & SIMOS T. Na integrated methology for assessment of estuarine trophic status. **Ecological Modelling**. 169:39-60. 2003.

BURONE, L.; MUNIZ, P.; PIRES-VANIN, A. M. S. & RODRIGUES, M. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern – Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 75, n.1, p. 77-90, 2003.

BURONE L. & PIRES-VANIN, A. M. FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES IN UBATUBA BAY SOUTH-EASTERN BRAZILIAN COAST. **Scientia Marina**, 70 (2), 203-217. 2006.

BURONE L, VENTURINI N., SPRECHMANN P., VALENTE P. E MUNIZ P. Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay. **Marine Pollution Bulletin** v. 52, p. 61-73, 2006.

BURONE L, VALENTE P., PIRES-VANIN, A. M. DE MELLO E SOUZA, S. H., MAHIQUES, M. M., BRAGA, E. Benthic foraminiferal variability on a monthly scale in a subtropical bay moderately affected by urban sewage. **Scientia Marina** v. 71 (4), p. 775-792, 2007.

CAMARGO, M. G. **SYSGRAN para Windows: Sistema de Análises granulométricas**, versão 3.0, 1997.

CARTER, R. W. G. **Coastal Environments - An introduction to physical, ecological and Cultural systems of coastlines**. London: Academic Press, 617p. 1995.

CARNFORD, P.; DOWD, M.; GRANT, J.; HARGRAVE, B. & MCGLADDERY, S. **Ecosystem level effects of marine bivalve aquaculture**. In: Fisheries and Oceans Canada. A Scientific review of the potential effects of aquaculture in aquatic ecosystems. Volume I. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2450, p.51-95, 2003.

CARUSO, F. **Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina escala 1:100.000, texto explicativo e mapa**. Florianópolis - SC. 28p. 1993.

CHAMBERLAIN, J.; FERNANDES, T. F.; READ, P.; NICKELL, D. & DAVIES, I. M. Impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis* L.) culture on the surrounding surficial sediments. **ICES Journal of Marine Sciences**, v. 58, p. 411-416, 2001.

COIMBRA, A. M.; GÓES, A. M. & YAMAMOTO, J. K. Análise granulométrica de sedimentos. **Apontamentos de Sedimentologia**: São Paulo, Universidade de São Paulo, 1991.

CROMEY, C. J.; NICKELL, T. C & BLACK, K. D. DEPOMOD- Modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. **Aquaculture**, v. 214, p. 211-239, 2002.

DAME, R. F. **Ecology of Marine Bivalves - an ecosystem approach**. CRC Marine Science Series, CRC Press 254p. 1996.

DEBENAY J-P. 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**, v. 20 no. 3, p. 267-282, 1990.

DEBENAY, J-P.; GUILLOU, J-J.; REDOIS, F. & GESLIN, E. **Distribution trends of foraminiferal assemblages in paralic environments – A base for using foraminifera as bioindicadores**. In: Environmental Micropaleontology – The Application of Microfossil to Environmental Geology. Ed. R. Martins. Springer. Cap. 2, p. 39-64, 2000.

DEBENAY JP & GUILLOU J J. Ecological transitions Indicates by Foraminiferal Assemblages in Paralic Environments. **Estuaries** vol 25, no. 6A p 1107-1120 December 2002.

DHN. **Tábuas das marés: Porto de Florianópolis**. Disponível em: [www.dhn.mar.mil.br/chm/tabuas](http://www.dhn.mar.mil.br/chm/tabuas). 1998.

DULEBA W., COIMBRA J. C. S., PETRI S., BARBOSA C. F., **Foraminíferos, tecamebas e ostracodes recentes utilizados como bioindicadores em estudos ambientais brasileiros**. In: Quartenário do Brasil. Eds. Souza C. R. G., Suguio K., Oliveira A. M. S., de-Oliveira P. E., Holos Editora Ribeirão Preto. Cap. 9 p. 176- 202, 2005.

EPAGRI/IGEOF, Empresa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina e Instituto de Geração de Oportunidades em Florianópolis. **Escritório Municipal de Agropecuária Pesca e Abastecimento- Dados dos produtores, Áreas de cultivo e Mapa de localização**. Município de Florianópolis, 2004.

EPAGRI, Empresa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. 2005. **Produção de Moluscos (mexilhões e ostras) em 2005 no Estado de Santa Catarina**. Disponível em: <http://www.epagri.rct-sc.br/epagri/index.jsp>. Acesso em: 12/05/2006. 2005.

FERREIRA, J. F.; MAGALHÃES, A. R. M. & FREITAS, M. Biofouling on the brazilian marine mussel culture. Twelfth International Malacological Congress, Vigo Spain, 1995.

FERREIRA J. F. & MAGALHÃES, A R. M., **Cultivo de mexilhões**. In: Aquacultura Experiências Brasileiras, eds. C. R. Poli , A T. B. Poli, E. Andreatta, E. Beltrame. Multitarefa Editora Ltda, Florianópolis, Brasil, p. 221-250, 2004.

FLEMMING, B. W. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis of ternary diagrams. **Continental Shelf Research**, v. 20, p.1125-1137, 2000.

FOLK, R. L. & WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27: 3-7, 1957.

FREITAS, M. **Incrustações biológicas no mexilhão *Perna perna* (Mollusca Bivalva), cultivado na Ilha de Ratoles, SC: efeito da exposição ao ar.** Florianópolis Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. Mestrado, Programa de Pós-graduação em Aqüicultura. 1997.

FRENCH, P. W. **Coastal defences: processes, problems and solutions.** London: Taylor & Francis, 384p, 2001.

GESLIN, E.; DEDENAY, J-P.; DULEBA, W. & BONETTI, C. Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: comparison between polluted and non-polluted areas. **Marine Micropaleontology**, v. 45, p. 151-168, 2002.

GRALL, J. & CHAUVAUD, L. Marine eutrofication and benthos: the need for new approaches and concepts. **Global Change Biology**, v. 8, p. 813-830, 2002.

GRANT, J.; HATCHER, A.; SCOTT, D. B.; POCKLINGTON, P.; SCHAFER, C. T. & WINTER, G. A multidisciplinary approach to evaluating benthic impacts of shellfish aquaculture. **Estuaries**, v. 18, p. 124-144, 1995.

GRENZ, C.; HERMIN, D.; BAUDINET, D. & DAUMUS, R. In situ biogeochemical and bacterial variation of sediments enriched with mussel biodeposits. **Hydrobiologia**, v. 207, p. 153-160, 1990.

GROSS, M. G. Carbon determination. *In*: Carver, R. E. (Ed) *Procedures in Sedimentology Petrology*. Wiley Interscience, New York, p. 49-94, 1971.

HARTSTEIN, N. D. & ROWDEN, A. A. Effect of biodeposits from mussel culture on macroinvertebrate assemblages at sites of different hydrodynamic regime. **Marine Environmental Research**, v. 57, p. 339-357, 2004.

HARTSTEIN, N. D. & STEVENS, C. L. Deposition beneath long-line mussel farms. **Aquaculture Engineering**, v. 33, p. 192-213, 2005.

JORGENSEN, E. Material flux in the sediment. In: Jorgensen B. & Richardsonk. (eds). **Coastal and estuarine studies**. American Geophysical Union, p. 115-135, 1996.

JUSUP M., GECEK S. & LEGOVIC T. Impact of aquacultures on the marine ecosystem: Modelling benthic carbon loading over variable depth. **Ecological Modelling** 200, p. 459-466. 2007.

KASPAR, H. F.; GILLESPIE, P. A.; BOYER, I. C. & MACKENZIE, A. L. Effects of mussel aquaculture on the nitrogen cycle and benthic communities in Kenepuru Sound, Marlborough Sounds, New Zealand. **Marine Biology**, v. 85, p. 127-136, 1985.

KJERFVE, B. RIBEIRO C. H. A., DIAS G. T. M., FILIPPO A. M. & QUARESMA V. S. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. **Continental Shelf Research**, v. 17. n. 13, p. 1609-1643, 1997.

KOVACH, W. L. MVSP – **A multivariate statistical package for windows**, ver 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth Wales. 1999.

LEIPNITZ, I. I., LEIPNITZ, B.; ROSSI A R. 1999. A new proposal on biogeographic division based on foraminifers from the North and Northeastern Regions of the Brazilian Continental. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, p. 923-933. In: Duleba W., Coimbra J. C. S., Petri S., Barbosa C. F., **Foraminíferos, tecamebas e ostracodes recentes utilizados como bioindicadores em estudos ambientais brasileiros**. In: Quartenário do Brasil. Eds. Souza C. R. G., Suguio K., Oliveira A. M. S., de-Oliveira P. E., Holos Editora Ribeirão Preto. Cap. 9 p. 176- 202, 2005.

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

MAA, Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Cultivo de Moluscos Bivalves- Principais Entraves na Cadeia Produtiva de Moluscos Bivalves Cultivados, *in* AGROPECUÁRIA, M. D. A. E., ed., Mercado da Pesca. 2005.

MAHIQUES, M. M.; MISHIMA, Y. & RODRIGUES, M. Characteristics of the sedimentary organic matter on the inner and middle continental shelf between Guanabara Bay and São Francisco do Sul, southeastern Brazilian margin. **Continental Shelf Research**, v 19: 775-798, 1999.

MARONE, E.; GUIMARÃES, M. R. F. & CAMARGO, R. **Sugestões metodológicas para estudos hidrográficos em ambientes estuarinos**. Centro de Estudos do Mar UFPR – Projeto Petrobrás-Oceânica. 1997.

MARENZI, A. W. C. **Influência do cultivo de mexilhões sobre o habitat bentônico da Enseada da Armação do Itapocoroy, Penha, SC**. Tese de doutorado, Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, 113p, 2002.

MATTSON, J. & LINDÉN, O. Benthic macrofauna succession under mussels, *Mytilus edulis* L. (Bivalvia), cultured on hanging long lines. **Sarsia**, v. 68, p. 97-102, 1983.

MAZOUNI, N.; GAERTNER, J.C. & DESLOUS-PAOLI, J. M. Composition of biofouling communities on suspended oyster cultures: an *in situ* study of their interactions with the water column. **Marine Ecology Progress Series**, v. 214, p. 93-102, 2001.

MELO, E.; MARTINS, R. P. & FRANCO, D. Standing wave tide at Florianópolis Bay (Brazil) and its influence on bay pollution, **Anais do Bordomer 97- Aménagement et Protection de L'Environnement Littoral**, Bordeaux, France. 1997.

MCKINDSEY, C. W., THEMAYER, H., LANDRY, T., SILCERT, W.. Review of Recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. **Aquaculture** V. 261, P.451-462. 2006.

MELLO, L. G M. **Taxas de biodeposição e clareamento do Mexilhão *Perna perna* em ambiente de cultivo** Florianópolis Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. Mestrado, Programa de Pós-graduação em Aqüicultura. 1999.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M. & KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. São Paulo, SP. Ed. USP (Acadêmica, 42). 2002.

MOLLERI, G. S. F. **Análise morfo-sedimentar da Baía Sul/SC com base em técnicas de geoprocessamento.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Monografia, Departamento de Geociências, Programa de Graduação em Geografia. 2005.

MURRAY, JW. Ecology and paleocology of benthic foraminifera. London, Logman Scientific & Technical, p. 397, 1991.

MURRAY, J. W. **When does Environmental Variability Become Environmental Change? The Proxy Record of Benthic Foraminifera.** In: Environmental Micropaleontology – The Application of Microfossil to Environmental Geology. Ed. R. Martins. Springer. Cap. 1, p 7-38, 2000.

NICHOLS, M.M. **Foraminifera in estuarine classification.** In: H.T. Odum, B.J. Copeland and E.A. McMahan (editores), Coastal ecological systems of the United States, pp. 85–103, 1974.

ODUM E P. **Ecologia.** Copyright Ed. Guanabara, 1988.

OTERO, X. L.; CALVO DE ANTA, R. M. & MACÍAS, F. Sulphur partitioning in sediments and biodeposits below mussel rafts in the Ría de Arousa (Galicia, NW Spain). **Marine and Environmental Research**, v. 61, p. 305-325, 2006.

PAULILO, M. I. S. **Maricultura e território em Santa Catarina – Brasil.** Florianópolis Universidade Federal de Santa Catarina. Cadernos de Pesquisa, No. 31, Agosto 2002. ISSN – 1677-7166. 2002.

PEARSON, T. H. & ROSENBERG, R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. **Oceanography and Marine Biology Annual Review**, n. 16, p. 229-311, 1978.

PÉREZ-CAMACHO, A.; LABERTA, U. & BEIRAS, R. Growth of mussels (*Mytilus edulis galloprovincialis*) on cultivation rafts: influence of seed source, cultivation site and phytoplankton availability. **Aquaculture**, v. 138, p. 349-362, 1995.

PEJRUP, M., 1988. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: de Boer, P.L., van Gelder, A., Nio, S.D. (Eds.), **Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies**. Reidel, Dordrecht, pp. 289-300.

PIELOU, E. C. **Mathematical Ecology**. John Wiley and Sons. 1969.

PRUDÊNCIO, R. S. **Estudo numérico da circulação induzida pela maré na Baía de Florianópolis**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. Mestrado, Centro Tecnológico Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, 2003.

QUEIROZ, J. F. D.; LAURENÇO, J. N. D. P. & KITAMURA, P. C., eds. **A Embrapa e Aquicultura Demanda e Prioridades de Pesquisa: Informações tecnológicas** (Texto para Discussão 11): Brasília, DF, ISSN-1677-7166, 21 p., 2002.

RABALAIS, N. N. Nitrogen in aquatic ecosystems. Royal Swedish Academy of Sciences: **Ambio** v. 31 no. 2, 2002.

RODRIGUES A. R., EICHLER P. P. & EICHLER B. B. Utilização de Foraminíferos no monitoramento do canal de Bertiooga (SP, Brasil). **Revista Atlântica** vol 25 p. 35 a 51. 2003.

SALLES, C. M. **Estreito de Santa Catarina - oceanografia dinâmica**, Florianópolis. 1991.

SAMIR, A. M. The response of benthic foraminifera and ostracodes to various pollution sources: A study from two lagoons in Egypt. **Journal of Foraminiferal Research**, 30, 83–98. 2000.

SARÀ, G. & MAZZOLA, A. The carrying capacity for Mediterranean bivalve suspension feeders: evidence from analyses of food availability and hydrodynamics and their integration into a local model. **Ecological Modelling**, v. 179, p. 281-296, 2004.

SEN GUPTA B. K. & MACHAIN-CASTILLO. Benthic foraminifera in oxygen-poor habitats. **Marine Micropaleontology**, 20, p.183-201, 1993.



SETTY, M G ANANTHA PADMANABHA. Recente Marine Microfauna from the Continental Margin, West Coast of India. **Journal of Scientific and Industrial Research**, vol. 41, PP. 674-679. Novembro 1982.

SCHAFFER, C. T.; WINTERS, G. V.; SCOTT, D. B.; POCKLINGTON, P.; COLE, F. E. & HONIG, C. "Survey of living foraminifera and polychaete populations at some canadian aquaculture sites: potential for impact mapping and monitoring." **Journal of Foraminifera Research** v. 25(3): p. 236-259, 1995.

SCHETTINI, C.A.F.; D'AQUINO, C.A. & CARVALHO, C.E.V. Fine sediment dynamics under blue mussel aquaculture plots in semi-sheltered bight: the Armação do Itapocoroy, SC, Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), 1746 - 1751. Itajaí, SC, Brazil, ISSN 0749-0208. 2006.

SCOTT, D. B.; SCHAFFER, C. T.; HONIG, C. & YOUNGER, D. C. Temporal variations of benthic foraminiferal assemblages under or near aquaculture operations: documentation of impact history. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 25, n.3, p. 224-235, 1995.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on silt-clay ratios. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 9, p. 62-76, 1954.

SILVA, L. F. D. **Identificação de sub-ambientes na Baía Sul (SC) com base na análise de variáveis oceanográficas-sedimentares**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geografia, 2002.

SMITH, V. H.; TILMAN, G. D. & NEKOLA, J. C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems, **Environmental Pollution**. V 100, p. 179-196, 1999.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1973.

TOSK, T. Foraminifers in the Fossil Record: Implications for an Ecological Zonation Model. **Origins**, v. 15(1), p. 8-18, 1988.

THE ROCK-COLOR CHART COMMITTEE. Rock-color chart. **The Geological Society of America**. 1991.

TRUCCOLO, E. C. **Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul SC**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, 1998.

VILAS, F., BERNABEU, A. M. & MÉNDEZ, G. Sediment distribution pattern in the Rias Baixas (NW Spain): main facies and hydrodynamic dependence. **Journal of Marine Systems**, v. 54, p. 261-276, 2005.

WALTON, W. R. Techniques for recognition of living foraminifera. **Contrib. Cushman Found. Foram. Res.**, 3: 56-60. 1952.

## **ANEXOS**

TABELA 16: Ficha de campo das coletas de sedimento do sítio Alto Ribeirão.

<b>Campo Sedimento_ Sítio Alto Ribeirão</b>							
<b>Estação</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Algas</b>	<b>COR</b>	<b>Textura</b>	<b>Constituintes biológicos</b>
1	740823	6933370	2,1	biofilme	marron escuro	arenosa	bastante conchas, tubos poliquetas
2	740786	6933345	2,2	biofilme	preto	lama-arenosa	bastante conchas de mexilhão
3	740783	6933392	2,5	biofilme	preto esverdeado	areia lamosa	bastante conchas, tubos poliquetas
4	cultivo 740738	6933373	2,6	biofilme	preto esverdeado	areia lamosa	bastante conchas, tubos poliquetas
5	740720	6933406	2,8	biofilme	marron escuro	areia lamosa	média conchas
6	740699	6933383	3	biofilme	marron-cinza	areia lamosa	médio conchas
7	740709	6933421	2,9	biofilme	cinza-oliva	areia lamosa	médio conchas e tubo poliqueta
8	740832	6933345	2,3	biofilme	marron amarelado	areia lamosa	médio conchas e tubo poliqueta e mexilhão
9	740805	6933297	2,4	biofilme	marron-cinza	areia lamosa	médio conchas
10	740745	6933325	2,7	biofilme	cinza esverdeado	areia lamosa	médio conchas e tubo poliqueta
11	740693	6933337	3	biofilme	cinza-oliva esverdeado	areia lamosa	bastante conchas
12	Perfil 1 740645	6933351	3,4	biofilme	cinza esverdeado escuro	lama-arenosa	médio conchas e tubo poliqueta
13	740676	6933432	3,3	biofilme	cinza esverdeado escuro	lama-arenosa	médio conchas e tubo poliqueta
14	740715	6933495	3,1	biofilme	cinza esverdeado escuro	lama-arenosa	médio conchas e tubo poliqueta
15	740754	6933456	3	biofilme	cinza esverdeado escuro	areia-lamosa	médio conchas
16	740809	6933430	2,8	biofilme	cinza-oliva	areia-lamosa	bastante conchas
17	740850	6933405	2,6	biofilme	cinza-oliva	areia-lamosa	bastante conchas
18	740880	6933323	2,4	biofilme	cinza-oliva	areia-lamosa	bastante conchas, tubos poliquetas
19	740805	6933250	2,6	biofilme	cinza-oliva	areia-lamosa	bastante conchas, tubos poliquetas
20	740715	6933277	3,3	biofilme	cinza-oliva	areia-lamosa	bastante conchas, tubos poliquetas
21	740623	6933306	3,7	biofilme	cinza esverdeado escuro	lama-arenosa	médio conchas
22	Perfil 2 740560	6933368	4,1	biofilme	cinza esverdeado escuro	lama-arenosa	ausente
23	740622	6933452	3,8	biofilme	cinza esverdeado escuro	lama-arenosa	médio conchas
24	740681	6933558	3,5	biofilme	cinza esverdeado escuro	lama-arenosa	médio conchas
25	740744	6933518	3	biofilme	marron amarelado	areia lamosa	bastante conchas
26	740802	6933476	2,8	biofilme	marron amarelado	arenosa	bastante conchas
27	740865	6933446	2,5	biofilme	marron amarelado	arenosa	bastante conchas e tubo de poliqueta

TABELA 17: Ficha de campo das coletas de sedimento do sítio Praia do Museu.

<b>Campo Sedimento - Sítio Ponta do Caiacanga</b>								
<b>Est.</b>	<b>grupo</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Algas</b>	<b>Cor</b>	<b>Textura</b>	<b>Constituintes biológicos</b>
1		740512	6928678	3,3	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-areia média	cracas, conchas de mexilhão, tubo de poliqueta
2		740494	6928657	3,6	biofilme	preto esverdeado	lama-areia média	média presença de conchas
3		740479	6928693	3,7	biofilme	cinza esverdeado	lama bem arenosa	conchas de mexilhão (cultivo) e do ambiente
4	dentro	740433	6928676	4,2	biofilme	cinza-oliva	lama-areia média	conchas peq, tubo de poliqueta
5		740405	6928708	4,2	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-areia	conchas peq
6		740361	6928696	4,6	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-areia	tubo de poliqueta
7		740357	6928731	4,7	biofilme	cinza-oliva	argila compacta	média presença de conchas
8		740565	6928635	2,3	biofilme	cinza-oliva	areia lamosa	conchas pequenas e médias
9		740525	6928596	3,1	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama areia média	algumas conchas, 1 bivalve do ambiente
10		740497	6928575	3,6	biofilme	cinza-oliva	lama-pouca areia muito fina	nenhuma concha
11		740445	6928599	4	biofilme	cinza-oliva	lama pura areia muito fina	nenhuma concha
12		740409	6928606	4,2	biofilme	cinza-oliva	lama	nenhuma concha
13		740363	6928610	4,2	biofilme	cinza-oliva	lama-arenoso	pouco
14		740332	6928625	4,7	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-arenoso	pouco
15	Perfil 1	740271	6928643	5,1	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-arenoso	média presença de conchas
16		740294	6928730	5,2	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama pura areia muito fina	nenhuma concha
17		740339	6928794	4,7	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-arenoso	tubo de poliqueta
18		740413	6928772	4,1	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-arenoso	pouco
19		740450	6928756	3,8	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-arenoso	média presença de conchas
20		740518	6928742	3,1	não	cinza-esverdeado escuro	areia (cascalho)-lamosa	bastante conchas

TABELA 17 (Continuação): Ficha de campo das coletas de sedimento do sítio Praia do Museu.

Est.	grupo	x	y	Prof. (m)	Algas	Cor	Textura	Constituintes biológicos
22		740554	6928725	2,1	biofilme	Marron-oliva	areia (cascalho)-lamosa	bastante conchas
23		740569	6928588	2,3	não	cinza-oliva	areia (cascalho)-lamosa	bastante conchas
24		740496	6928540	3,4	não	cinza-oliva	lama-arenoso	bastante conchas
25		740448	6928560	4,2	biofilme	cinza-oliva	lama-arenosa	pouco
26		740398	6928561	4,6	pouca	cinza-oliva	lama-arenosa	pouco
27		740341	6928565	4,7	biofilme	cinza-oliva	lama-arenosa	pouco
28		740284	6928587	5,1	biofilme	cinza-oliva	lama-arenosa	nenhuma concha
29		740206	6928631	5,5	biofilme	cinza-oliva	lama-arenosa	nenhuma concha
30	Perfil 2	740214	6928686	5,3	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-arenosa	média presença de conchas
31		740249	6928735	5,6	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-arenosa	nenhuma concha
32		740275	6928784	5,5	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-arenosa	pouco
33		740328	6928830	5	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-arenosa	pouco
34		740442	6928808	4	biofilme	cinza-esverdeado escuro	lama-areia	conchas média e 1 folha
35		740526	6928769	3	não	cinza oliva	areia grossa com lodo	bastante conchas
36		740580	6928766	2,1	não	Marron-amarelado	areia lamosa	bastante conchas e bolacha do mar

TABELA 18: Síntese da distribuição granulométrica da área de amostragem do sítio Alto Ribeirão, segundo a classificação de Folk & Ward (md = diâmetro médio, mz = mediana, dp = grau de seleção, ski = assimetria, kg = curtose).

Estação	md	mz	dp	ski	kg	Classificação granulométrica	Grau de seleção	Assimetria	Curtose
1	2,35	2,57	1,07	-0,37	2,08	Areia fina	Pobrememente selecionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
2	4,01	2,89	2,28	0,71	1,72	Silte grosso	Muito pobrememente selecionado	Muito positiva	Muito leptocúrtica
3	2,75	2,73	1,65	0,28	4,20	Areia fina	Pobrememente selecionado	Positiva	Extrem. leptocúrtica
4	2,97	2,85	1,30	0,50	3,61	Areia fina	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Extrem. leptocúrtica
5	2,11	2,64	1,98	-0,19	2,13	Areia fina	Pobrememente selecionado	Negativa	Muito leptocúrtica
6	2,82	2,80	1,41	0,33	4,49	Areia fina	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Extrem. leptocúrtica
7	2,55	2,71	1,43	0,05	2,55	Areia fina	Pobrememente selecionado	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica
8	2,53	2,63	1,34	0,02	2,97	Areia fina	Pobrememente selecionado	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica
9	2,64	2,70	1,62	0,19	3,74	Areia fina	Pobrememente selecionado	Positiva	Extrem. leptocúrtica
10	2,77	2,74	1,24	0,36	3,70	Areia fina	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Extrem. leptocúrtica
11	2,94	2,86	1,13	0,48	3,53	Areia fina	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Extrem. leptocúrtica
12	4,13	3,30	1,96	0,73	1,72	Silte grosso	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Muito leptocúrtica
13	3,99	3,20	1,91	0,75	2,28	Areia muito fina	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Muito leptocúrtica
14	2,92	2,90	1,92	0,14	4,21	Areia fina	Pobrememente selecionado	Positiva	Extrem. leptocúrtica
15	2,53	2,67	1,54	0,03	3,24	Areia fina	Pobrememente selecionado	Aprox. simétrica	Extrem. leptocúrtica
16	2,62	2,66	0,92	-0,05	1,85	Areia fina	Moderadamente selecionado	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica
17	2,73	2,70	1,28	0,34	3,56	Areia fina	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Extrem. leptocúrtica
18	2,58	2,63	1,56	0,15	3,42	Areia fina	Pobrememente selecionado	Positiva	Extrem. leptocúrtica
19	1,54	2,08	1,94	-0,10	1,04	Areia média	Pobrememente selecionado	Aprox. simétrica	Mesocúrtica
20	2,47	2,61	1,31	-0,01	2,41	Areia fina	Pobrememente selecionado	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica
21	4,27	3,42	2,00	0,71	1,51	Silte grosso	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Muito leptocúrtica
22	6,75	6,52	2,05	0,15	0,61	Silte fino	Muito pobrememente selecionado	Positiva	Muito platicúrtica
23	6,34	5,71	2,13	0,37	0,71	Silte fino	Muito pobrememente selecionado	Muito positiva	Platicúrtica
24	3,67	3,16	1,68	0,69	2,38	Areia muito fina	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Muito leptocúrtica
25	0,97	0,77	1,62	0,32	0,48	Areia grossa	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Muito platicúrtica
26	2,09	2,54	1,47	-0,40	1,47	Areia fina	Pobrememente selecionado	Muito negativa	Leptocúrtica
27	2,78	2,76	1,35	0,25	4,51	Areia fina	Pobrememente selecionado	Positiva	Extrem. leptocúrtica

TABELA 19: Síntese da distribuição granulométrica da área de amostragem do sítio Praia do Museu, segundo a classificação de Folk & Ward (md = diâmetro médio, mz = mediana, dp = grau de seleção, ski = assimetria, kg = curtose).

Estação	md	mz	dp	ski	kg	Classificação granulométrica	Grau de seleção	Assimetria	Curtose
1	5,12	4,18	2,28	0,56	0,96	Silte médio	Muito pobremente selecionado	Muito positiva	Mesocúrtica
2	6,24	5,94	2,32	0,17	0,69	Silte fino	Muito pobremente selecionado	Positiva	Platicúrtica
3	4,63	3,64	2,15	0,68	0,91	Silte grosso	Muito pobremente selecionado	Muito positiva	Mesocúrtica
4	5,13	4,57	2,09	0,42	0,91	Silte médio	Muito pobremente selecionado	Muito positiva	Mesocúrtica
5	6,00	5,62	2,23	0,19	0,91	Silte fino	Muito pobremente selecionado	Positiva	Mesocúrtica
6	4,62	4,13	2,51	0,25	1,08	Silte grosso	Muito pobremente selecionado	Positiva	Mesocúrtica
7	4,44	4,24	1,87	0,04	0,83	Silte grosso	Pobremente selecionado	Aprox. simétrica	Platicúrtica
8	-0,18	-0,93	0,57	2,03	2,12	Areia muito grossa	Moderadamente selecionado	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica
9	4,40	3,77	2,01	0,53	1,23	Silte grosso	Muito pobremente selecionado	Muito positiva	Leptocúrtica
10	5,15	4,58	2,15	0,40	0,87	Silte médio	Muito pobremente selecionado	Muito positiva	Platicúrtica
11	6,52	6,22	2,19	0,15	0,71	Silte fino	Muito pobremente selecionado	Positiva	Platicúrtica
12	5,89	6,22	0,97	-0,46	0,79	Silte médio	Moderadamente selecionado	Muito negativa	Platicúrtica
13	6,34	6,62	1,46	-0,17	0,86	Silte fino	Pobremente selecionado	Negativa	Platicúrtica
14	6,77	6,64	2,06	0,08	0,64	Silte fino	Muito pobremente selecionado	Aprox. simétrica	Muito platicúrtica
15	7,01	7,08	2,18	-0,07	0,58	Silte muito fino	Muito pobremente selecionado	Aprox. simétrica	Muito platicúrtica
16	7,01	7,07	2,17	-0,06	0,58	Silte muito fino	Muito pobremente selecionado	Aprox. simétrica	Muito platicúrtica
17	6,97	7,01	2,20	-0,05	0,58	Silte fino	Muito pobremente selecionado	Aprox. simétrica	Muito platicúrtica
18	5,45	5,86	1,36	-0,45	0,86	Silte médio	Pobremente selecionado	Muito negativa	Platicúrtica
19	5,74	6,04	1,08	-0,41	0,83	Silte médio	Pobremente selecionado	Muito negativa	Platicúrtica
20	1,62	1,49	1,65	0,17	1,14	Areia média	Pobremente selecionado	Positiva	Leptocúrtica
21	1,06	0,89	2,08	0,39	1,49	Areia média	Muito pobremente selecionado	Muito positiva	Leptocúrtica
22	1,89	1,88	1,23	0,22	2,73	Areia média	Pobremente selecionado	Positiva	Muito leptocúrtica
23	0,76	0,84	1,48	0,19	0,88	Areia grossa	Pobremente selecionado	Positiva	Platicúrtica
24	2,99	3,00	2,37	0,15	1,63	Areia fina	Muito pobremente selecionado	Positiva	Muito leptocúrtica
25	6,49	6,14	2,18	0,18	0,70	Silte fino	Muito pobremente selecionado	Positiva	Platicúrtica
26	5,64	5,80	1,05	-0,25	0,88	Silte médio	Pobremente selecionado	Negativa	Platicúrtica
27	6,49	6,17	2,29	0,13	0,68	Silte fino	Muito pobremente selecionado	Positiva	Platicúrtica
28	4,99	5,23	1,08	-0,27	1,07	Silte grosso	Pobremente selecionado	Negativa	Mesocúrtica
29	5,60	5,91	1,19	-0,39	0,80	Silte médio	Pobremente selecionado	Muito negativa	Platicúrtica



TABELA 19 (Continuação): Síntese da distribuição granulométrica da área de amostragem do sítio Praia do Museu...

<b>Estação</b>	<b>md</b>	<b>mz</b>	<b>dp</b>	<b>ski</b>	<b>kg</b>	<b>Classificação granulométrica</b>	<b>Grau de seleção</b>	<b>Assimetria</b>	<b>Curtose</b>
30	6,00	6,32	0,91	-0,50	1,11	Silte fino	Moderadamente selecionado	Muito negativa	Mesocúrtica
31	5,96	6,27	0,92	-0,48	0,92	Silte médio	Moderadamente selecionado	Muito negativa	Mesocúrtica
32	5,64	5,66	0,91	-0,06	0,89	Silte médio	Moderadamente selecionado	Aprox. simétrica	Platicúrtica
33	7,01	7,03	2,03	-0,01	0,58	Silte muito fino	Muito pobremente selecionado	Aprox. simétrica	Muito platicúrtica
34	5,79	6,02	0,97	-0,33	0,77	Silte médio	Moderadamente selecionado	Muito negativa	Platicúrtica
35	0,83	0,79	1,51	0,28	1,29	Areia grossa	Pobremente selecionado	Positiva	Leptocúrtica
36	2,64	2,23	1,60	0,61	2,56	Areia fina	Pobremente selecionado	Muito positiva	Muito leptocúrtica

TABELA 20: Porcentagem de matéria orgânica total, carbonato biodetrítico, classes granulométricas (Wentworth, 1922), nas estações do sítio Alto Ribeirão, com a profundidade correspondente. Dentro é abaixo do cultivo, P1 é o perfil externo 1 e P2 é o perfil externo 2.

<b>Estação</b>	<b>grupos</b>	<b>%MOT</b>	<b>%CaCO3</b>	<b>% Cascalho</b>	<b>% Silte</b>	<b>% Argila</b>	<b>%Lama</b>
1	dentro	0,15	6,24	2,48	2,20	2,84	5,04
2	dentro	2,21	13,97	0,32	16,57	9,72	26,29
3	dentro	0,89	11,24	1,50	5,92	6,80	12,72
4	dentro	0,49	2,87	1,31	7,71	5,21	12,91
5	dentro	0,03	3,82	5,78	3,13	4,64	7,77
6	dentro	0,14	3,40	1,42	4,75	5,36	10,11
7	dentro	0,06	3,15	0,95	0,00	9,78	9,68
8	P1	0,01	4,32	2,24	4,34	3,91	8,24
9	P1	0,00	4,75	1,78	4,44	5,54	9,98
10	P1	0,29	3,27	0,52	5,05	4,78	9,82
11	P1	0,07	3,10	0,34	4,95	4,82	9,77
12	P1	1,22	4,37	0,00	19,19	10,03	29,22
13	P1	1,46	3,68	0,00	15,29	9,96	25,25
14	P1	0,97	3,91	3,95	8,85	5,76	14,61
15	P1	0,65	3,95	1,96	4,23	4,40	8,63
16	P1	0,35	8,42	0,68	4,39	4,33	8,72
17	P1	0,50	6,29	1,55	5,60	4,67	10,27
18	P2	0,33	14,46	2,83	6,19	4,78	10,97
19	P2	0,25	4,62	10,23	3,87	3,47	7,34
20	P2	0,60	2,50	1,09	4,13	3,30	7,43
21	P2	2,22	4,21	0,00	23,87	10,32	34,19
22	P2	3,99	12,92	0,00	69,25	29,54	98,79
23	P2	2,26	12,40	0,00	67,74	24,16	91,90
24	P2	0,08	5,37	0,00	15,19	8,83	24,02
25	P2	0,00	3,18	17,36	1,79	2,44	4,22
26	P2	0,00	4,59	4,87	2,93	2,91	5,84
27	P2	0,25	16,09	1,36	6,82	4,37	11,20

TABELA 21: Porcentagem de matéria orgânica total, carbonato biodetrítico, classes granulométricas (Wentworth, 1922), nas estações do sítio Ponta do Caicanga, com a profundidade correspondente. Dentro é abaixo do cultivo, P1 é o perfil externo 1 e P2 é o perfil externo 2.

<b>Estação</b>	<b>grupos</b>	<b>%MOT</b>	<b>%CaCO3</b>	<b>% Cascalho</b>	<b>% Silte</b>	<b>% Argila</b>	<b>%Lama</b>
<b>1</b>	dentro	2,61	9,23	0,00	37,19	16,58	53,77
<b>2</b>	dentro	3,21	11,15	0,00	51,96	24,13	76,09
<b>3</b>	dentro	3,80	13,71	0,00	29,28	12,02	41,30
<b>4</b>	dentro	4,57	16,97	0,00	52,73	12,83	65,56
<b>5</b>	dentro	4,99	12,80	0,00	62,29	19,60	81,89
<b>6</b>	dentro	4,82	15,72	0,00	41,69	10,64	52,33
<b>7</b>	dentro	5,26	17,94	0,00	52,04	1,83	53,87
<b>8</b>	P1	0,29	2,67	54,04	0,02	0,05	0,07
<b>9</b>	P1	2,69	9,36	1,07	35,63	8,98	44,61
<b>10</b>	P1	3,67	12,09	0,00	51,13	13,28	64,41
<b>11</b>	P1	3,60	14,37	0,00	62,76	26,11	88,87
<b>12</b>	P1	4,95	13,41	0,00	94,43	3,03	97,46
<b>13</b>	P1	5,58	20,13	0,00	90,44	7,68	98,12
<b>14</b>	P1	4,49	11,01	0,00	66,16	29,16	95,32
<b>15</b>	P1	4,37	7,39	0,00	54,96	38,62	93,58
<b>16</b>	P1	5,16	7,05	0,00	54,92	38,67	93,59
<b>17</b>	P1	4,55	8,34	0,00	54,80	38,13	92,93
<b>18</b>	P1	6,66	15,85	0,00	81,11	1,85	82,96
<b>19</b>	P1	6,52	8,68	0,00	88,10	3,63	91,73
<b>20</b>	P1	0,00	5,02	3,56	2,68	3,52	6,21
<b>21</b>	P1	0,00	8,73	9,96	4,52	4,36	8,87
<b>22</b>	P1	0,08	4,99	1,40	2,15	3,86	6,01
<b>23</b>	P2	0,78	6,69	15,25	1,52	3,34	4,87
<b>24</b>	P2	1,92	5,74	2,69	18,26	7,07	25,33
<b>25</b>	P2	5,54	10,06	0,00	63,28	25,97	89,25
<b>26</b>	P2	5,86	10,34	0,00	89,50	2,64	92,14
<b>27</b>	P2	6,36	11,05	0,00	58,04	27,89	85,93
<b>28</b>	P2	5,53	11,70	0,00	79,36	2,13	81,49
<b>29</b>	P2	5,37	10,87	0,00	84,03	2,99	87,02

TABELA 21 (Continuação): Porcentagem de matéria orgânica total...

<b>Estação</b>	<b>grupos</b>	<b>%MOT</b>	<b>%CaCO3</b>	<b>% Cascalho</b>	<b>% Silte</b>	<b>% Argila</b>	<b>%Lama</b>
<b>30</b>	P2	9,39	10,12	0,00	94,82	3,66	98,48
<b>31</b>	P2	5,93	11,02	0,00	95,22	3,00	98,22
<b>32</b>	P2	7,81	11,72	0,00	95,77	2,29	98,06
<b>33</b>	P2	8,52	12,05	0,00	64,61	35,10	99,71
<b>34</b>	P2	4,98	9,97	0,00	93,76	3,71	97,47
<b>35</b>	P2	0,59	6,15	10,14	2,97	2,69	5,66
<b>36</b>	P2	1,28	5,32	0,48	11,39	4,77	16,16

TABELA 22: Distribuição da frequência relativa das espécies encontradas ao longo das estações do sítio Alto Ribeirão. A notação “x” refere-se às espécies raras, não contadas entre os primeiros 150 indivíduos. M=morfotipo (modo de vida); I=infauna; E=epifauna.

Grupos	Estações	Dentro_Cultivo						Perfil 1										Perfil 2												
		M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
<b>Calcáreos</b>																														
			1	1	1					1			1					1	1	1										
	I												1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
	I		0	1	1	0	x	3	1	x	3	3	x	0	1	x	1	3	x											
	E																													
	E																													
	E		1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	x	0	0	0	1	0	
	I		0	0	0	0	0	1	0																					
	E		1	0	0	0	4	6	1	0	0	2	0	1	x	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	0	0	
	E		0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	x	0	1	0	1	0	1	1	0	x	1	0	1	x	1	1	1	
	E		0	1	0	0	0	2	0	0	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	0	x	0	1	0	0	1	0	1	
	E		1	4	3	2	1	3	3	3	7	5	2	5	7	2	1	3	2	5	3	2	3	3	8	2	4	3	5	
	E		1	1	1	1	0	1	1	x	1	0	0	x	0	1	0	0	1	1	x	1	1	0	0	1	0	1	7	
	E																													
	E		0	0	0	0	x	x	1	0	0	0	0	0	x	x	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	
	E		1	1	x	0	0	x	0	1	1	0	x	0	0	x	0	1	1	3	0	x	0	0	0	0	0	1	1	0
	E		0	0	1	1	1	0	0	1	x	0	0	x	0	x	1	0	0	2	x	x	2	1	2	1	1	1	0	
	E		0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	E		22	13	27	13	26	14	3	13	20	22	11	13	7	15	9	16	17	12	9	9	13	28	19	13	16	15	5	
	E		12	19	16	25	12	8	15	15	5	14	15	14	14	15	11	20	18	18	18	19	10	15	20	14	11	14	18	
	E		4	4	4	0	3	3	2	2	1	3	13	7	4	7	9	9	6	2	12	9	5	3	1	7	7	3	3	
	E									0	0	0	3	0	1	x	x	x	3	1	x	0	0	0	0	0	0	2	1	
	E		5	3	5	1	2	0	2	3	2	1	0	1	2	3	3	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	2	1	
	E		2	1	3	0	3	1	2	3	1	1	0	3	1	1	2	1	2	1	0	3	x	x	1	1	3	1	3	
	E		7	3	3	6	11	13	11	16	5	7	17	2	7	5	22	7	5	13	9	12	6	5	1	4	6	9	6	

TABELA 22 (Continuação): Distribuição da freqüência relativa das espécies encontradas ao longo das estações do sítio Alto Ribeirão. M=morfotipo (modo de vida); I=infauna; E=epifauna.

Grupos		Dentro_Cultivo						Perfil 1										Perfil 2										
Estações	M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>Buliminella elegantissima</i>	I	10	8	11	17	10	18	11	9	17	8	13	17	17	16	8	3	6	5	7	9	16	18	18	19	10	6	7
<i>Fursekoina pontoni</i>	I	0	0	0	0	1	1	3	1	x	0	1	1	1	1	0	0	1	x	x	1	1	0	1	1	1	0	0
<i>Brizalina sphaulata</i>	I	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0										
<i>Bolivina compacta</i>	I	1	2	1	0	0	1	1	3	3	3	0	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	0	3	1	1
<i>Brizalina striatula</i>	I	6	3	2	4	7	5	5	6	4	5	7	9	7	9	5	3	4	6	2	9	6	4	3	7	8	7	4
<i>Hopkinsina pacifica</i>	I	x	1	1	1	1	1	3	1	x	x	1	1	1	1	1	1	x	0	2	1	3	1	1	1	1	1	0
<i>Bulimina elongata</i>	I	x	1	0	1	1	0	2	0	2	0	1	1	2	1	1	1	2	1	x	1	2	1	0	1	1	0	0
<i>Bulimina patagonica</i>	I	0	0	1	2	x	0	1	1	0	1	0	1	0	x	1	0	0	0	0	1	1	0	3	0	0	0	0
<i>Bulimina marginata</i>	I	0	0	1	0	0	1	2	1	x	1	0	1	0	1	0	1	x	x	1	0	1	0	0	1	1	1	0
<i>Jovens</i>		1	5	7	1	3	1	1	3	11	4	0	2	3	3	5	3	9	2	6	3	5	5	7	3	3	7	3
<b>Porcelanáceos</b>																												
<i>Wiesnerella auriculata</i>	E								0	0	0	0	0	0	0	x	0	0										
<i>Quinqueloculina</i> sp.1	E	x	0	0	0	0	0	0											0	0	x	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cycloforina</i> sp.	E								1	0	0	0	0	0	0	0	0	1										
<i>Triloculina cultmata</i>	E	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	1	1	0	0	0	x	0	0	1
<i>Triloculina trigonula</i>	E																		0	x	0	0	0	0	0	0	0	x
<i>Triloculina circulares</i>	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	X	0	0	x	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triloculina</i> sp. 2	E	3	1	0	0	x	3	6	1	1	3	3	1	x	2	1	3	2	X	1	5	1	0	x	2	3	2	5
<i>Quinqueloculina lamarkiana</i>	E	0	0	0	0	0	x	0	0	x	0	x	0	0	0	1	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	1	1
<i>Massilina</i> sp.	E																		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Miliolinella</i> sp.1	E								0	0	0	0	0	0	0	0	0	1										
<i>Miliolinella subrotunda</i>	E	x	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0										
<i>Miliolinella elongata</i>	E	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Miliolinella</i> sp.2	E								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
<i>Quinqueloculina laevigata</i>	E	1	0	1	0	1	2	5	5	x	2	x	1	1	3	3	3	1	2	3	2	2	1	0	x	3	1	1
<i>Quinqueloculina</i> sp.2	E	0	0	1	0	0	1	0											0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quebrados</i>		1	9	6	1	3	0	2	1	2	2	1	1	7	5	3	2	5	3	1	3	1	3	1	2	1	1	5



TABELA 23: Frequência relativa das espécies de foraminíferos encontradas no sítio Praia do Museu. A notação “x” refere-se às espécies raras, não encontradas entre os primeiros 150 indivíduos. M=morfotipo (modo de vida); I=infauna; E=epifauna.

Grupos		Dentro_Cultivo							Perfil 1														Perfil 2																
Estações	M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
<b>Calcáreos</b>																																							
Planctônico		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
<i>Lagena striata</i>	I	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Fissurina lucida</i>	I	4	3	3	0	2	2	1	1	1	1	4	2	0	0	4	6	3	3	3	1	3	1	1	2	3	2	4	4	2	4	5	4	2	0	1	2		
<i>Cornuspira planorbis</i>	E								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0																
<i>Cornuspira involens</i>	E								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cassidulina crassa</i>	E	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	3		
<i>Buliminella elongata</i>	I	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0																
<i>Pseudononion atlanticum</i>	E	2	0	1	1	1	1	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	2	0		
<i>Nonionella opima</i>	E	1	0	1	0	0	2	0	0	1	1	1	0	2	2	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0		
<i>Nonionella auris</i>	E	0	0	3	0	1	1	0	0	2	1	0	2	0	3	0	0	0	1	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
<i>H. germanica</i>	E	4	2	7	5	3	4	7	2	4	3	4	7	3	3	6	11	5	8	2	4	x	1	3	5	4	9	5	5	10	9	6	3	5	2	1	8		
<i>Discorbis</i> sp. 1	E								0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
<i>Discorbis</i> sp. 2	E	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
<i>Discorbis</i> sp. 3	E	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
<i>Discorbis</i> sp. 4	E								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	3		
<i>Rosalina</i> sp. 2	E	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1		
<i>Rosalina</i> sp. 3	E	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Ammonia tepida</i>	E	12	12	17	15	8	9	14	19	15	18	19	13	27	7	13	11	12	11	11	17	7	18	22	16	13	15	14	15	16	11	6	15	25	5	9	2		
<i>A. parkinsoniana</i>	E	4	6	5	5	2	6	8	18	6	11	4	5	4	5	8	8	10	10	13	17	15	12	10	6	14	5	12	11	6	8	14	6	8	7	18	10		
<i>A. rolshauseni</i>	E	2	5	9	4	4	1	4	6	4	3	6	3	1	2	2	4	0	3	3	3	2	1	2	4	0	3	3	1	7	3	4	1	2	1	1	2		
<i>Elphidium excavatum</i>	E	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
<i>Elphidium gunteri</i>	E	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	2	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0		
<i>Elphidium williamsoni</i>	E	1	1	2	0	1	3	1	2	2	0	1	0	0	2	2	0	0	1	0	1	2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2		
<i>Elphidium poyeanum</i>	E	1	3	3	1	3	2	2	14	1	0	1	1	2	3	1	1	1	1	0	21	19	5	19	3	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	25	9		



TABELA 23 (Continuação): Frequência relativa das espécies de foraminíferos encontradas no sítio Praia do Museu...

Grupos	Estações	M	Dentro_Cultivo							Perfil 1														Perfil 2															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
<i>B. elegantissima</i>	I		33	32	22	43	31	33	38	11	28	29	32	33	32	35	32	30	40	32	41	8	10	9	9	28	31	34	35	27	29	34	24	17	31	30	10	12	
<i>Fursenkoina pontoni</i>	I		1	0	1	1	1	0	0	x	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Bolivina</i> sp.	I		1	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	
<i>Brizalina sphaulata</i>	I									0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																
<i>Bolivina compacta</i>	I		6	0	2	0	1	3	1	3	1	0	2	2	2	1	2	0	1	1	1	2	1	3	2	2	1	4	0	2	1	1	4	1	2	3	2	3	
<i>Brizalina striatula</i>	I		3	7	1	2	5	6	3	2	4	5	5	2	5	3	3	2	4	3	2	4	6	13	5	8	4	0	7	2	3	3	4	3	4	2	5	9	
<i>Hopkinsina pacífica</i>	I		2	1	0	1	3	3	0	1	1	2	1	1	2	3	2	3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	3	1	0	1	0	
<i>Bulimina elongata</i>	I		0	0	1	1	1	2	1	0	1	1	1	3	1	0	0	4	1	2	2	1	0	1	0	1	2	2	1	2	0	1	1	0	1	1	1	1	
<i>Bulimina patagonica</i>	I		0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
<i>Bulimina marginata</i>	I		2	1	1	1	1	1	2	1	2	0	2	1	0	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3	1	0	1	1	1	2	1	1	2	0	0	
<i>Uvigerina peregrina</i>	I																							0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
Jovens			3	3	2	4	1	3	1	5	4	3	3	3	1	1	5	0	1	1	0	1	1	7	10	4	4	3	5	2	5	4	3	1	1	0	2	8	
<b>Porcelanáceos</b>																																							
<i>Wiesnerella auriculata</i>	E									0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0																
<i>Q. laevigata</i>	E		1	0	1	1	1	1	1	2	1	3	1	3	2	2	1	1	0	0	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	
<i>Quinqueloculina</i> sp.1	E									0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0																
<i>Triloculina cultmata</i>	E									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Triloculina trigonula</i>	E									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0														
<i>Triloculina circulares</i>	E																							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
<i>Triloculina</i> sp	E		0	0	2	0	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
<i>Miliolinella subrotunda</i>	E									x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Miliolinella elongata</i>	E									0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0																
<i>Cycloforina</i> sp.	E									0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
<i>Miliolinella</i> sp. 1	E		1	0	0	1	0	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
<i>Quinqueloculina</i> sp.2	E		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1															
Quebrados			2	1	4	1	1	0	0	0	2	1	1	3	1	1	1	0	0	0	1	2	2	3	3	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	



## ANEXO TAXONÔMICO

Reino PROTISTA

Subreino PROTOZOOA

Filo SARCOMASTIGOPHORA Honigberg & Balamoth, 1963

Subfilo SARCODINA Schamarda, 1871

Superclasse RHIZOPODA van Siebold, 1842

Classe GRANULORETICULOSA de Saedeleer

ORDEM Arcellinida Kent, 1880

<u>Superfamília ARCELLINIDA, Ehrenberg,</u> 1843	<i>Centropix constricta</i> Ehrenberg, 1841
Família CENTROPYXIIDAE, Jung, 1942	Família DIFFLUGIIDAE
Gênero <i>Centropix</i> Stein, 1859	Gênero <i>Lagenodifflugia</i> Mediolli & Scott, 1983
<i>Centropix aculeata</i> Ehrenberg, 1843	<i>Lagenodifflugia vas</i> Leidy, 1874

ORDEM FORAMINIFERA Eichwald, 1830

<b>Subordem HAPLOPHRAGMIINA</b> Wedekind, 1937	<u>Superfamília HORMOSINACEA</u> Haeckel 1894
<u>Superfamília AMMODICACEA</u> Reuss, 1862	Família HORMOSINIDAE Haeckel 1894
Família AMMODISCIDAE Reuss 1862	Subfamília REOPHACINAE Cushman 1910
Subfamília Ammovertellininae Reuss 1986	Gênero <i>Reophax</i> de Montfort 1808
Gênero <i>Glomospira</i> Rzehak 1885	<i>Reophax scottii</i>
<i>Glomospira</i> aff. <i>glomerata</i>	<i>Reophax nana</i> (Rumbler 1911)
Gênero <i>Agglutinella</i>	<i>Reophax scorpiurus</i> (Montfort, 1808)
<i>Agglutinella</i> sp.	<u>Superfamília LITUOLACEA</u> Blainville, 1827
<u>Superfamília RZEHAKINACEA</u> Cushman, 1933	Família HAPLOPHRAGMOIDIDAE Maync, 1952
Família RZEHAKINIDAE Cushman, 1933	Gênero <i>Haplophragmoides</i> Cushman, 1910
Gênero <i>Miliammina</i> Heron-Allen & Earland, 1930	<i>Haplophragmoides</i> sp.
<i>Miliammina fusca</i> (Brady, 1870)	Família LITUOLIDAE de Blainville, 1827
	Subfamília AMMOMARGINULININAE Podobina, 1978
	Gênero <i>Ammobaculites</i> Cushman, 1910
	<i>Ammobaculites exiguus</i> (Cushman &

Brönnimann, 1948)

Gênero *Ammotium* Loeblich & Tappan,  
1953

*Ammotium salsum* (Cushman &  
Brönnimann, 1948)

Superfamília VERNEUILINACEA Cushman,  
1911

Família VERNEUILINIDAE Cushman, 1911

Subfamília VERNEUILININAE Cushman,  
1911

Gênero *Gaudryina* d'Orbigny, 1839

*Gaudryina exilis* Cushman & Brönnimann,  
1948

**Subordem TEXTULARIINA Delage &  
Hérourad, 1896**

Superfamília TEXTULARIACEA  
Ehrenberg, 1838

Família EGGEERELLIDAE Cushman, 1937

Subfamília EGGERELLIDAE Cushman  
1937

Gênero *Eggerelloides* Haynes, 1973

*Eggerelloides scabrum* (Williamson, 1858)

Família TEXTULARIIDAE Ehrenberg,  
1838

Subfamília TEXTULARIINAE  
Ehrenberg, 1838

Gênero *Bigenerina* d'Orbigny, 1826

*Bigenerina* sp.

Gênero *Textularia* DeFrance *in de*  
Blainville, 1824

*Textularia earlandi* Parker, 1952

**Subordem TROCHAMMINA**  
**Brönnimann & Whittaker, 1988**

Superfamília TROCHAMMINACEA  
Schwager, 1877

Família TROCHAMMINIDAE Schwager,  
1877

Subfamília TROCHAMMININAE  
Schwager, 1877

Gênero *Trochammina* Parker & Jones,  
1859

*Trochammina inflata* Montagu, 1808

Gênero *Paratrochammina* Brönnimann,  
1879

*Paratrochammina clossi* Brönnimann 1979  
*Paratrochammina* sp.

Subfamília ROTALIAMMININAE  
(Saidova, 1981)

Gênero *Tiphotrochammina* Saunders,  
1957

*Tiphotrochammina comprimata* Cushman &  
Brönnimann, 1948

Gênero *Rotalimina* Cushman 1924

*Rotalimina chintinosa* Collins, 1958

Subfamília POLYSTOMAMMININAE  
(Brönnimann & Beurlen, 1977)

Gênero *Deuterammina* Brönnimann,  
1976

Subgênero *Lepidodeuterammina*  
Brönnimann & Whittaker 1983

*Lepidodeuterammina* sp. 1

*Lepidodeuterammina* sp. 2

Família REMANEICIDAE Loeblich &  
Tappan, 1964

Subfamília ASTEROTROCHAMMININAE  
Brönnimann, Zaninetti & Whittaker, 1983

Gênero *Asterotrochammina* Bermúdez &  
Seigle, 1963

*Asterotrochammina camposi* Brönnimann,  
1978

Gênero *Asteroparatrochammina*  
Brönnimann & Zaninetti

*Asteroparatrochammina* sp.

**Subordem MILIOLINA Delage &  
Hérourad, 1896**

SUPERFAMÍLIA CORNUSPIRACEA  
(Schultze, 1854)  
Família CORNUSPIRIDAE (Schultze,  
1854)  
Subfamília CORNUSPIRINAE (Schultze,  
1854)  
Gênero *Cornuspira* Scultze, 1854

*Cornuspira planorbis* (Schultze)  
*Cornuspira involvens* (Reuss, 1850)

Gênero *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826

*Quinqueloculina* sp. 1  
*Quinqueloculina* sp. 2  
*Quinqueloculina* sp. 3  
*Quinqueloculina seminulla*  
*Quinqueloculina milleti* (Wiesner, 1898)  
*Quinqueloculina laevigata* (d'Orbigny, 1826)  
*Quinqueloculina lamarckiana*

SUPERFAMÍLIA MILIOLACEA Ehrenberg,  
1839  
Família HAUNERINIDAE Schwager, 1876  
Subfamília HAUNERINIDAE Schwager,  
1876  
Gênero *Cycloforina* Luczkowska, 1972

*Cycloforina* sp.

Gênero *Wiesnerella* Wiesner, 1931

*Wiesnerella auriculata*

Gênero *Milionella* Wiesner, 1931

*Milionella* sp. 1  
*Miliolinella elongata*  
*Miliolinella subrotunda* (Montagu, 1803)  
*Miliolinella* sp. 2

Gênero *Massilina* Schlumberger, 1893

*Massilina* sp.

Gênero *Triloculina* d'Orbigny, 1826

*Triloculina cultmata*  
*Triloculina* sp.  
*Triloculina circulares* (Borneman, 1855)  
*Triloculina trigonula* (Lamarck, 1840)

**Subordem LAGENINA Delage &  
Hérouard, 1896**

Superfamília NODOSARIACEA Ehrenberg,  
1838  
Família LAGENIDAE Reuss, 1862  
Gênero *Lagena* Walker & Jacob, 1798

*Lagena striata*

Família ELLIPSOLAGENIDAE Sivestri,  
1923  
Subfamília ELLIPSOLAGENINAE Silvestri,  
1923  
Gênero *Fissurina* Reuss, 1850

*Fissurina lucida* (Williamson, 1848)

**Subordem ROTALIINA Delage &  
Hérouard 1896**

Superfamília BOLIVINIDAE Glaessner,  
1937  
Família BOLIVINIDAE Glaessner, 1937  
Gênero *Bolivina* d'Orbigny, 1839

*Bolivina* sp.  
*Bolivina compacta*

Gênero *Brizalina* Costa, 1856

*Brizalina spathulata* (Williamson)  
*Brizalina striatula*

Superfamília BULIMINACEA Jones, 1875  
Família BULIMINIDAE Jones, 1875  
Gênero *Bulimina* d'Orbigny, 1826

*Bulimina elongata*  
*Bulimina marginata* d'Orbigny, 1826  
*Bulimina patagonica* d'Orbigny

Família BULIMINELLIDAE Hofker, 1951  
Gênero *Buliminella* Cushman, 1911

*Buliminella elegantissima* d'Orbigny, 1826  
*Buliminella elongata*

Subfamília UVEGERININAE Haeckel 1894  
Gênero *Uvegerina* d'Orbigny 1826

*Uvegernira peregrina* Cushman, 1923

Superfamília TURRILINACEA Cushman,  
1927

Família STAINFORTHIDAE Reiss, 1963  
Gênero *Hopkinsina* Howe & Wallace, 1932

*Hopkinsina pacifica*

Superfamília FURSENKOINACEA Loeblich  
& Tappan, 1961

Família FURSENKOINIDAE Loeblich &  
Tappan, 1961  
Gênero *Fursenkoina* Loeblich & Tappan,  
1961

*Fursenkoina pontoni* Cushman

Superfamília CASSIDULINACEA d'Orbigny,  
1839

Família CASSIDULINIDAE d'Orbigny, 1839  
Subfamília CASSIDULININAE d'Orbigny,  
1839  
Gênero *Cassidulina* d'Orbigny, 1826

*Cassidulina crassa* d'Orbigny

Superfamília DISCORBACEA Ehrenberg,  
1838

Família DICORBIDAE Ehrenberg, 1838  
Gênero *Discorbis* Lamark, 1804

*Discorbis* sp. 1

*Discorbis* sp. 2

*Discorbis* sp. 3

*Discorbis* sp. 4

Família ROSALINIDAE Reiss, 1963  
Gênero *Rosalina* d'Orbigny, 1826

*Rosalina* sp. 1

*Rosalina* sp. 2

*Rosalina* sp. 3

Superfamília NONIONACEA  
Schultze, 1854

Família NONIONIDAE (Schultze, 1854)

Subfamília NONIONINAE (Schultze,  
1854)

Gênero *Haynesina* Banner & Culver,  
1978

*Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840)

Gênero *Nonionella* Cushman, 1926

*Nonionella auris*

*Nonionella opima* Cushman, 1947

Gênero *Pseudononion* Asano, 1936

*Pseudononion atlanticum* Cushman, 1947

Superfamília ROTALINACEA  
Ehrenberg, 1839

Família ELPHIDIIDAE (Galloway, 1923)  
Subfamília ELPHIDIINAE (Galloway,  
1933)  
Gênero *Elphidium* de Montfort, 1808

*Criboelphidium williamsoni* (Haynes, 1973)

= *Elphidium williamsoni* (Haynes, 1973)

*Criboelphidium poyeanum* (d'Orbigny,  
1840) = *Elphidium poyeanum* (d'Orbigny,  
1840)

*Criboelphidium excavatum* (Terquem,  
1875)

*Criboelphidium gunteri* (Cole, 1931) =  
*Elphidium gunteri* Cole, 1931

Família ROTALIIDAE (Ehrenberg, 1839)

Subfamília AMMONINAE Saidova,  
1981

Gênero *Ammonia* Brünnich, 1772

*Ammonia tepida* (Cushman, 1986) e

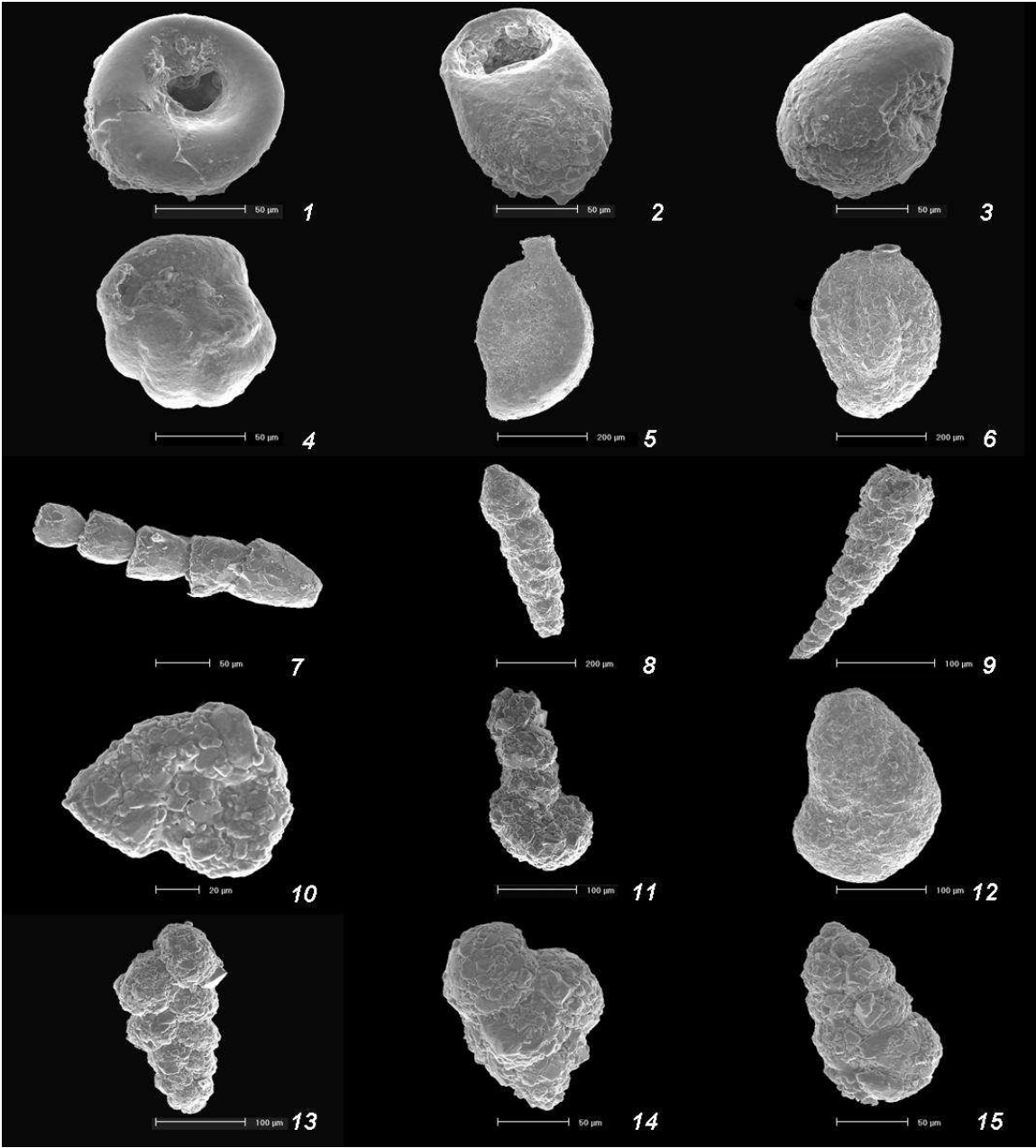
*Ammonia parkinsoniana* d'Orbigny,  
1839

*Ammonia rolshauseni* (Cushman &  
Bermudez, 1946)

**PRANCHA I**

1. *Centropix aculeata*
2. *Centropix constricta*
3. *Lagenodiffugia vas*
4. *Glomospira* aff. *glomerata*
5. *Agglutinella* sp.
6. *Milamina fusca*
7. *Reophax scotti*
8. *Reophax nana*
9. *Reophax scorpiurus*
10. *Haplophragmoides* sp.
11. *Ammobaculites exiguus*
12. *Ammotium salsum*
13. *Gaudryina exilis*
14. *Eggerelloides scabrum*
15. *Bigenerina* sp.

**Prancha I**

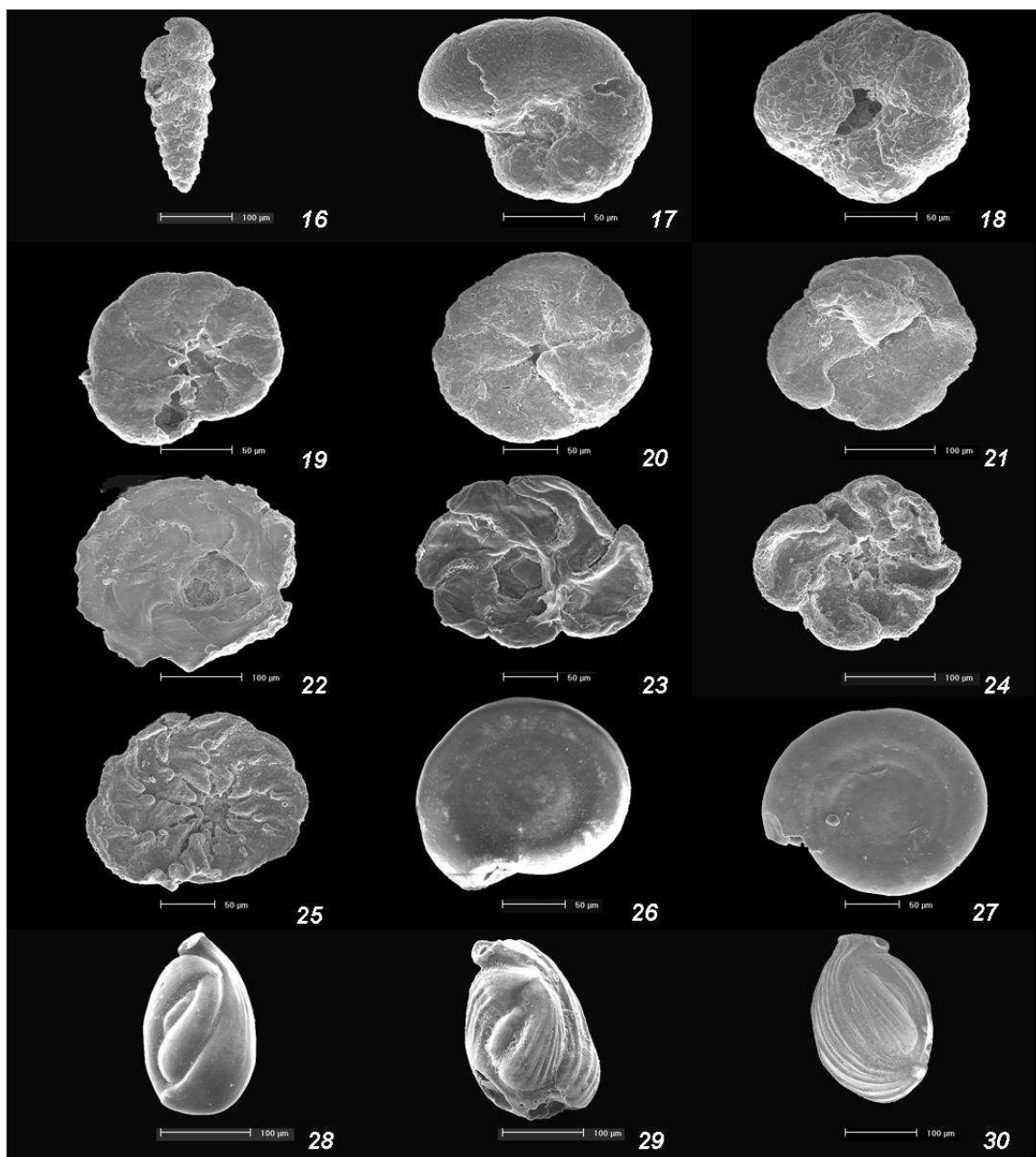




**PRANCHA II**

16. *Textularia earlandi*
17. *Trochammina inflata*
18. *Paratrochammina clossi*
19. *Asteroparatrochammina* sp.
20. *Paratrochammina* sp.
21. *Tiphotrochammina comprimata*
22. *Rotalimmina chitinsa*
23. *Leptodeuterammina* sp. 1
24. *Leptodeuterammina* sp. 2
25. *Asterotrochammina camposi*
26. *Cornuspira planorbis*
27. *Cornuspira involvens*
28. *Quinqueloculina* sp. 1
29. *Quinqueloculina* sp. 2
30. *Quinqueloculina* sp. 3

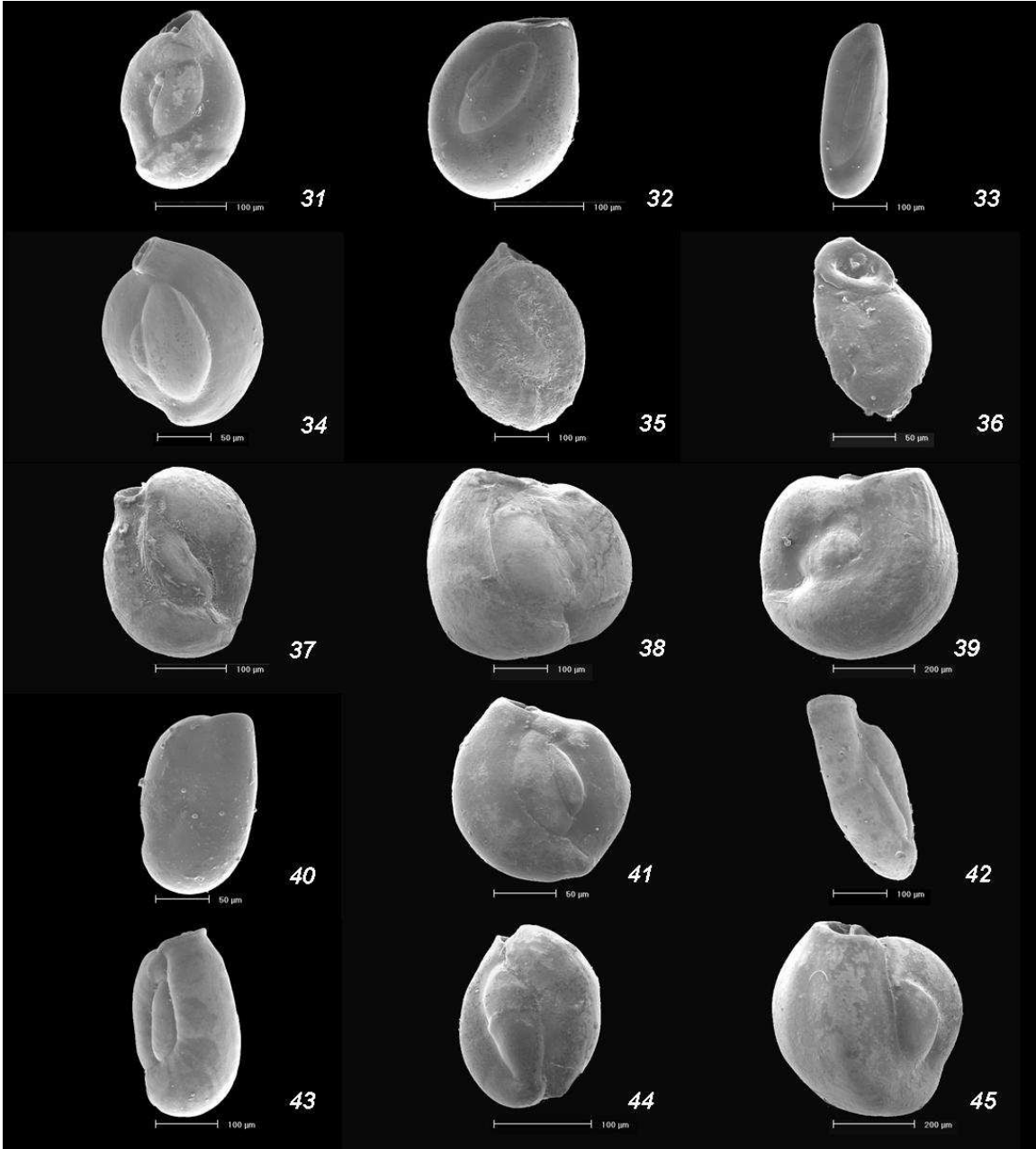
**Prancha II**



**PRANCHA III**

31. *Quinqueloculina seminulla*
32. *Quinqueloculina milletti*
33. *Quinqueloculina laevigata*
34. *Quinqueloculina lamarckiana*
35. *Cycloforina* sp.
36. *Wiesnerella auriculata*
37. *Miliolinella elongata*
38. *Miliolinella subrotunda*
39. *Miliolinella* sp. 1
40. *Miliolinella* sp. 2
41. *Massilina* sp.
42. *Triloculina cultmata*
43. *Triloculina* sp.
44. *Triloculina circulares*
45. *Triloculina trigonula*

**Prancha III**



**PRANCHA IV**

46. *Lagena strialuta*

47. *Fissurina lucida*

48. *Bolivina* sp.

49. *Bolivina compacta*

50. *Brizalina sphaatulata*

51. *Brizalina striatula*

52. *Bulimina elongata*

53. *Bulimina patagonica*

54. *Bulimina marginata*

55. *Buliminella elegantissima*

56. *Buliminella elongata*

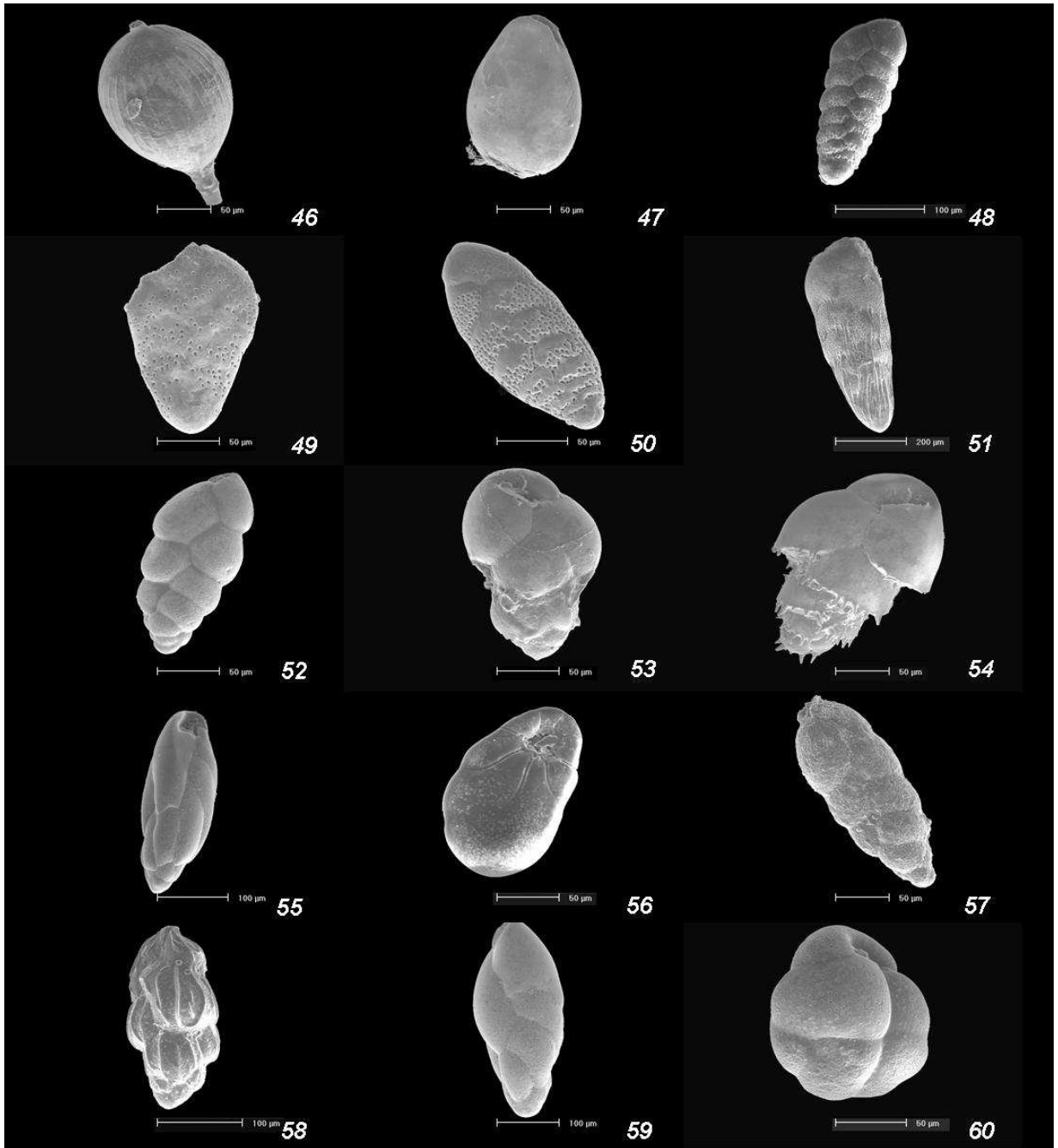
57. *Hopkinsina pacifica*

58. *Uvegerina peregrina*

59. *Fursenkoina pontoni*

60. *Cassidulina crassa*

**Prancha IV**



**PRANCHA V**

61. *Discorbis* sp. 1

62. *Discorbis* sp. 2

63. *Discorbis* sp. 3

64. *Discorbis* sp. 4

65. *Rosalina* sp. 1

66. *Rosalina* sp. 2

67. *Rosalina* sp. 3

68. *Haynesina germanica*

69. *Nonionella opima*

70. *Nonionella auris*

71. *Pseudononion atlanticum*

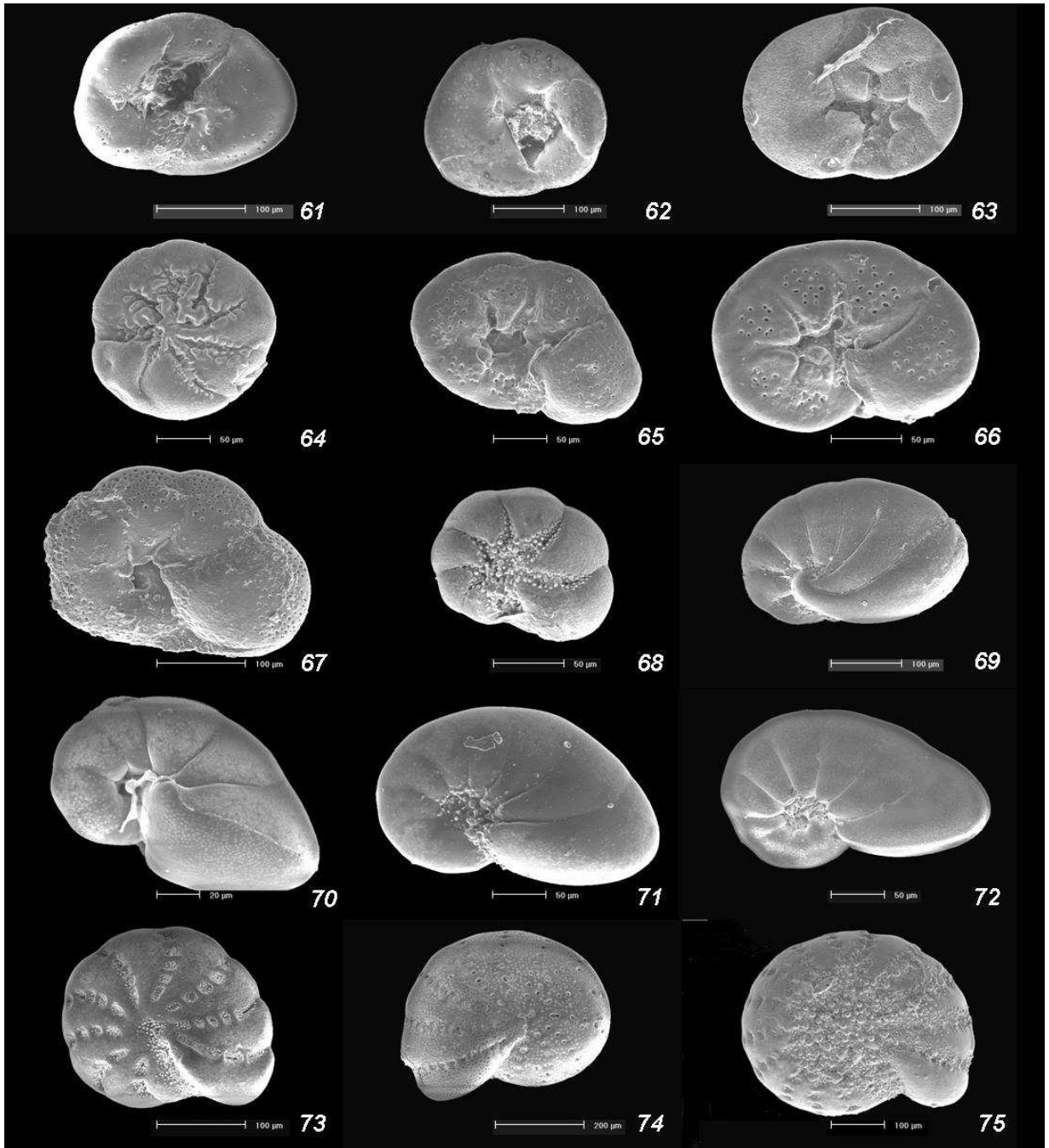
72. *Pseudononion atlanticum*

73. *Elphidium williamsoni*

74. *Elphidium poyeanum*

75. *Elphidium escavatum*

**Prancha V**





**PRANCHA VI**

76. *Elphidium gunteri*

77. *Ammonia tepida*

78. *Ammonia parkinsoniana*

79. *Ammonia rolshauseni*

80. Planctônico

**Prancha VI**

