

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VADER ZULIANE BRAGA

**COMPOSIÇÃO E VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DO
MICROFITOBENTOS NA PRAIA ARENOSA DO VILLAGE
(PONTAL DO SUL, PARANÁ, BRASIL)**

PONTAL DO PARANÁ
2008

VADER ZULIANE BRAGA

**COMPOSIÇÃO E VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DO
MICROFITOBENTOS NA PRAIA ARENOSA DO VILLAGE
(PONTAL DO SUL, PARANÁ, BRASIL)**

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

Orientador: Prof. Dr. Paulo da Cunha Lana

PONTAL DO PARANÁ

2008

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço minha família pelo apoio, dedicação e oportunidades que me ofereceram em todos os momentos de minha vida. Meus pais, Sonia e Sérgio (*in memoriam*), meus avós, Nair e Izidoro, meus tios, Silene e Marinho, e primos, Matheus e Paula. Demais familiares que mesmo muito distantes sempre acreditaram e me apoiaram nas minhas decisões e deram força e estímulo para minha formação. Por tudo isso, muito obrigado!!!

Ao Prof. Dr. Paulo da Cunha Lana por ter sido, um grande idealizador e orientador deste trabalho. Além disso, muito obrigado pela orientação e confiança em depositada em mim ao longo do meu período de trabalho no laboratório.

Aos Profs. Drs. Carlos A. Borzone, Frederico Brandini, Eunice Machado, Mauricio Camargo, Franciane Pellizzari, e Marinês Garcia pela ajuda, conversas, e dicas para o melhor desenvolvimento deste trabalho.

A aqueles que têm sido meus irmãos em Pontal, Breno e Felipe, sempre dispostos a ajudar em todos os aspectos. Muito obrigado, sem vocês este trabalho seria praticamente impossível de ser realizado.

À CDM2004, a última turma de Ciências do Mar, por esses cinco anos juntos. Valeu galera!

Ao pessoal dos laboratórios de bentos por toda a ajuda, conversas e risadas.

Aos professores que tiveram de fato uma importante participação na minha formação: Carlos Borzone, César Martins, Eunice Machado, Frederico Brandini, Mauricio Camargo, Mauricio Noemberg, Hedda Kolm, Paulo Lana, Marcelo Lamour, Ricardo Krull e Wilson Soares. Obrigado!

À todos meus amigos do CEM, tanto alunos quanto funcionários, que acompanharam e me apoiaram no desenvolvimento desse trabalho e na minha formação. Obrigado a todos!!!

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica PIBIC-CNPq edital 2007/2008.

RESUMO

O microfítobentos (MFB) é formado por organismos unicelulares, principalmente diatomáceas, euglenófitas e cianobactérias, que vivem associados a substratos marinhos, podendo colonizar diferentes habitats desde as zonas de arrebatção de ondas até áreas lodosas de planícies interiores. Considerado um dos principais produtores primários do ambiente bêntico, o MFB faz parte da base da cadeia alimentar de vários organismos, além de oxigenar o sedimento. Apesar da sua importância, são poucos os estudos sobre este compartimento bêntico em praias arenosas expostas. O presente trabalho visou caracterizar a composição e variabilidade espaço-temporal de uma mancha de MFB desde seu surgimento até o seu desaparecimento na praia do Village (Pontal do Paraná), durante 10 dias, com cinco coletas intervaladas por um dia. A praia foi amostrada em 3 transectos e 5 níveis, desde a linha de detritos (*driftline*) até a zona de espraiamento. Com a ajuda de um corer de 2 cm de diâmetro foram retiradas 15 amostras de sedimento (5 em cada transecto) em cada dia de coleta. Em laboratório, cada amostra foi dividida em estratos (0-1; 1-2; 3-5; 5-7 cm). As microalgas foram contadas e identificadas em microscópio óptico (400x) em uma câmera de *Fuchs-Rosenthal*. Análises do sedimento e dos pigmentos (clorofila-*a* e feoftina) também foram realizadas. A densidade do MFB (número de células por volume), densidade total de indivíduos, densidade de *Euglena* sp., concentração de clorofila e número de táxons presentes foram consideradas como variáveis dependentes de dois fatores fixos (nível e estrato). A variabilidade biológica foi analisada por meio de uma ANOVA bifatorial, no programa Statistica 7.0. Para analisar as interações dos fatores bióticos com os abióticos foi aplicada uma análise de correspondência canônica (CCA). A areia variou de fina e muito bem selecionada no primeiro nível a muito fina e muito bem selecionada nos demais. A salinidade do mar e da água de percolação, medida com um refratômetro, variou de 34 a 36 e de 12 a 24, respectivamente. Foram registrados 18 táxons diferentes. As densidades dos seis táxons mais abundantes – *Euglena* sp. (70,4% do total), *Fragilaria* sp. (4,24%), *Navicula* sp. 5 (3,72%), *Navicula* sp. 4, (3,40%), *Navicula bullata* (3,39%) e *Diploneis* sp. (3,29%) – corresponderam a 88,5% do total de indivíduos encontrados. As concentrações de clorofila-*a* variaram de não detectável a 6,6 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de sedimento. Como esperado, a concentração de clorofila-*a* foi uma função da densidade total dos organismos e da densidade de *Euglena* sp., espécie dominante. Valores de feoftina, na maioria dos casos, apresentaram uma curva inversa à da clorofila-*a*, uma vez que a feoftina é produto da degradação dos pigmentos fotossintéticos. Durante o período amostrado, a mancha surgiu, cresceu e desapareceu. No entanto, o desaparecimento visual do biofilme na superfície do sedimento não foi confirmado pelas análises químicas e biológicas das amostras, indicando que a mancha ainda estava presente, porém não visível na superfície. Foram encontradas diferenças significativas nos tratamentos *Nível* e *Estratos* e na interação destes tratamentos, demonstrando que o padrão de distribuição do microfítobentos é complexo e varia marcadamente ao longo do tempo, dependendo de fatores abióticos, como principalmente temperatura (ar e sedimento), salinidade (mar e lençol freático) e radiação solar. Foram encontradas também evidências claras de migração vertical para extratos sub-superficiais próximo a linha da água, mecanismo provavelmente utilizado para reduzir as chances de ressuspensão por ação de ondas durante a preamar.

Palavras-chave: microfítobentos, *Euglena* sp., manchas verdes, praias arenosas, padrões de distribuição.

ABSTRACT

Microphytobenthos (MFB) is composed by unicellular organisms such as diatoms, euglenophyta, and cyanobacteria that live associated to the water-sediment interface and inhabit various types of substrates since surf zones to intertidal sandflats. Considered the most important primary producers in the benthic compartment, MFB is the food-chain base to many organisms, besides oxygenating the sediment. In spite of their importance, there are few studies concerning exposed sandy beaches. This study attempted to characterize the composition and spatial-temporal variability of a MFB green patch since its appearance till death in the Village beach (Pontal do Paraná, Brazil), for 10 days. Five samplings were done in one day intervals, and replicate samples were collected within three transects with five levels, since driftline until the swash zone. A 2 cm diameter corer was used to collect 15 sediment samples (5 in each transect) per sampling day. In laboratory, each corer was sectioned into separate quotes for analyses at the following depth intervals: 0-1; 1-2; 3-5; 5-7 cm. The MFB organisms were counted and identified under optical microscope (400x) with a Fuchs-Rosenthal chamber. Sediment and pigment (chlorophyll-*a* and feoftina) analysis were also done. MFB density (number of cells per quote), total density, *Euglena* sp. density, chlorophyll concentrations and number of species were considered the dependent variables of two fixed factors (*level and stratum*). The biological variability was analyzed by bifatorial ANOVA, with the software Statistica 7.0. Interaction assessment of biotic and abiotic factors was done using canonical correlation analysis (CCA). The sediment varied as fine and very well-sorted in the first level, and very fine and very well-sorted in the other ones. Sea and pore water salinity were measured with a manual refractometer and showed a 34-36 and 12-24 variation, respectively. Eighteen species were registered and the densities of the six predominant species were: *Euglena* sp. (70,4% of the total), *Fragilaria* sp. (4,24%), *Navicula* sp. 5 (3,72%), *Navicula* sp. 4, (3,40%), *Navicula bullata* (3,39%) and *Diploneis* sp. (3,29%) – which corresponded to 88,5% of the total individuals. As we expected, the chlorophyll concentration varied as a function of the total density of organisms and as the *Euglena* sp. density, the dominant specie. Feoftina concentrations, in most of the cases, presented an inverse chlorophyll curve, since it is the degradation product of chlorophyll. During this study period, the patch appeared, grew and disappeared. However, the visual biofilm absence in the sediment surface was not confirmed by chemical and biological analysis, indicating that the patch was still present but invisible in the surface. Significant differences between *Level* and *Strata* treatments and in the interaction of treatments showed a MFB complex and temporally variable distribution pattern, depending on abiotic factors such as temperature (air and sediment), salinity (sea and pore water) and PAR radiation. The clear evidence of vertical migration to sub-surface stratum near the tide line suggest a relation with a mechanism to reduce the resuspension caused by wave and tide currents action.

Key-words: microphytobenthos, *Euglena* sp., green stain, sand beaches, distribution patterns.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ÁREA DE ESTUDO - LITORAL DO PARANÁ - BALNEÁRIO VILLAGE (FOTOGRAFIA AÉREA FONTE: PREFEITURA MUNICIPAL PONTAL DO PARANÁ.....	16
FIGURA 2 – PLANEJAMENTO AMOSTRAL COM DETALHAMENTO DOS NÍVEIS PRAIAIS, ONDE O NÍVEL 1 CORRESPONDE A LINHA DE DETRITOS E O NÍVEL 5 A LINHA DA ÁGUA.	18
FIGURA 3 - AMOSTRADOR (CORER) CONSTRUÍDO A PARTIR DE UMA SERINGA DESCARTÁVEL DE 60 ML COM A PONTA CORTADA E ESQUEMA DE ESTRATIFICAÇÃO REALIZADA EM LABORATÓRIO.	20
FIGURA 4 - VARIAÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR, SALINIDADE DO MAR E DO LENÇOL FREÁTICO, RADIAÇÃO SOLAR, E INTENSIDADE E DIREÇÃO DOS VENTOS AO LONGO DO PERÍODO DE AMOSTRAGEM.	25
FIGURA 5 - FREQUÊNCIA GRANULOMÉTRICA EM PHI PARA OS CINCO NÍVEIS PRAIAIS	26
FIGURA 6 - VARIAÇÃO NOS TEORES (%) DE CaCO_3 E MATÉRIA ORGÂNICA (M.O.) NOS CINCO NÍVEIS DA PRAIA DO VILLAGE	27
FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO DA MANCHA DE MFB AO LONGO DO ESTUDO, EXPRESSA PELA PERCENTAGEM DE COBERTURA POR ÁREA. O EIXO X SUPERIOR CORRESPONDE À LINHA DE DETRITOS E O INFERIOR À LINHA D'ÁGUA..	28
FIGURA 8 - VARIAÇÃO HORIZONTAL (ENTRE NÍVEIS) E VERTICAL (ENTRE ESTRATOS) DAS MÉDIAS E ERROS PADRÕES DA DENSIDADE TOTAL DE ORGANISMOS, DENSIDADE DE EUGLENA SP E CONCENTRAÇÕES DE CLOROFILA-A E FEOFITINA AO LONGO DOS NOVE DIAS DE PERSISTÊNCIA DA MANCHA.....	30
FIGURA 9 - DENSIDADE TOTAL DE ORGANISMOS DO MFB AO LONGO DOS NÍVEIS PRAIAS, EM DIFERENTES OS ESTRATOS VERTICAIS	34
FIGURA 10 - MDS DE TODOS OS DADOS BIOLÓGICOS CLASSIFICADOS POR DIA DE AMOSTRAGEM, COM INDICAÇÃO DOS OUTLIERS EXCLUÍDOS NAS ANÁLISES POSTERIORES (FORA DO QUADRADO COM LINHA SEGMENTADA) DADOS TRANSFORMADOS POR LOG (X+1).....	38
FIGURA 11 - MDS DE TODOS OS DADOS BIOLÓGICOS CLASSIFICADOS POR NÍVEL PRAIAL, DADOS TRANSFORMADOS POR LOG (X+1).....	40
FIGURA 12 - MDS DE TODOS OS DADOS BIOLÓGICOS CLASSIFICADOS POR ESTRATO, DADOS TRANSFORMADOS POR LOG (X+1)	41

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - SUMÁRIO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA BI-FATORIAL (ANOVA) PARA OS DESCRITORES (DENSIDADE TOTAL, NÚMERO DE TÁXONS PRESENTES, DENSIDADE DE *EUGLENA* SP., E CLOROFILA-A) DO MICROFITOBENTOS, PARA OS CINCO AMOSTRAGENS. OUTRA ANÁLISE DE VARIÂNCIA BI-FATORIAL GLOBAL UTILIZANDO OS DIAS (TEMPO) E OS TRANSECTOS COMO RÉPLICA . P > 0.05 - NÃO SIGNIFICATIVO (N.S.), P < 0.05 (*), P < 0.01(**), P < 0.001(***)..... 31
- TABELA 2 - SUMÁRIO FINAL DO MODELO CCA. NOVE DESCRITORES ABIÓTICOS FORAM USADOS SIMULTANEAMENTE PARA EXPLICAR A VARIABILIDADE DE UMA MATRIZ DE 6 ESPÉCIES X 15 SÍTIOS DE AMOSTRAGEM..... 37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1 Área de estudo.....	15
3.2 Amostras de campo.....	17
3.3 Análises de laboratório.....	19
3.4 Processamento dos dados.....	21
4. RESULTADOS.....	24
4.1 Caracterização do ambiente.....	24
4.2 Padrões gerais de variação espacial e temporal do microfitobentos.....	27
5. DISCUSSÃO	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
8. APÊNDICES.....	58

1. INTRODUÇÃO

O microfitobentos (MFB) é formado por organismos unicelulares, principalmente diatomáceas, euglenófitas e cianobactérias, que vivem associados a substratos marinhos. Este agrupamento de vários grupos taxonômicos coloniza diferentes áreas, desde sedimentos de zonas de arrebentação de ondas até áreas lodosas de lagoas interiores, sendo fortemente condicionado pelas taxas de radiação solar no sedimento (JESUS, 2005).

A distribuição do microfitobentos apresenta marcada heterogeneidade espacial e temporal nas praias arenosas, cujas zonas entre marés são colonizadas por manchas facilmente visualizadas durante as marés baixas e que tendem a desaparecer rapidamente quando condições “ótimas” não estão presentes. A ocorrência e a distribuição das manchas são influenciadas por fatores químicos (disponibilidade de nutrientes), físicos (influência de ciclos de maré, ondas, radiação luminosa incidente, chuvas e ventos), geológicos (tipo de sedimento, compactação e fluxos de sedimento) e biológicos (presença de herbívoros e presença de plantas superiores). A distribuição do MFB pode ser ainda fortemente afetada por atividades humanas, principalmente quando há eutrofização das praias ou distúrbios no sedimento.

Uma das principais características do MFB é a capacidade de produzir películas mucilaginosas ou biofilmes na interface sedimento-água, devido ao metabolismo das diatomáceas, que são frequentemente o grupo dominante. Os biofilmes tem cores diferentes dependendo da composição florística. Quando dominado por diatomáceas, a cor é dourada-acastanhada e quando é dominado por

outras espécies, como euglenófitas, a cor é predominantemente verde (MACINTYRE *et al.*, 1996).

Apesar de concentrado nos milímetros ou centímetros superficiais do substrato, o MFB pode estender-se até o limite da penetração luminosa, com registros de até 7 cm de profundidade (WELKER *et al.*, 2002). Isto só se torna possível porque estes organismos têm mecanismos adaptativos de migração vertical, altamente dependentes das condições de luz, disponibilidade de nutrientes e taxas de dessecação (PERKINS *et al.*, 2003). Eventualmente podem ser ressuspensos na coluna d'água pela ação de correntes de marés e de ondas.

A migração é uma característica atribuída a biofilmes dominados por diatomáceas, que frequentemente deslocam-se para a superfície do sedimento quando a baixa-mar coincide com períodos diurnos ou para o interior do sedimento antecipando a preamar. Este movimento de foto-regulação tem sido visto também como uma estratégia adaptativa para evitar a ressuspensão das células na coluna de água e a herbívoros (KROMKAMP *et al.*, 1998; PERKINS *et al.*, 2003; SERÔDIO, 2005).

O biofilme algal, além de contribuir para aumentar a estabilidade do sedimento (DE BROUWER *et al.*, 2000; WILTSHIRE, 2000), constitui uma verdadeira barreira física entre o sedimento e a coluna da água, afetando o fluxo de nutrientes e gases dissolvidos. Ao mesmo tempo, oxigena a interface sedimento-coluna da água e contribui, através da produção primária, para reduzir o *input* de nutrientes em excesso, particularmente o fosfato e a amônia, reduzindo a eutrofização do meio (SUNDBÄCK, 2003).

O MFB suporta redes tróficas que incluem o macrobentos e principalmente os organismos da meiofauna, como nematódios, copépodes e ostrácodes (PINCKNEY,

2004). Neste sentido, é importante não só para a biomassa total, mas principalmente para a produção primária como um todo e, conseqüentemente, para a produção de oxigênio no ambiente bêntico (STEYAERT, 2003). De fato, manchas do MFB na região entre-marés podem ter quilômetros quadrados de extensão, o que atesta sua enorme contribuição para a produção primária local (JESUS *et al.*, 2005). Sua biomassa, em geral elevada, é geralmente estimada em termos de abundância de clorofila-a por peso de sedimento ou por área (BARRANGUET, 1997).

A variabilidade temporal do MFB tende a ser caracterizada por fases estáveis e instáveis (BROTAS, 2002). Na fase estável, há uma grande produção do microfitobentos, condicionada pela disponibilidade de luz, nutrientes e espaço. Já na fase instável verifica-se uma dispersão para a coluna d' água por bioturbação, ação do vento ou correntes de marés. Neste sentido, ocorre uma verdadeira justaposição de ciclos temporais, como o regime de marés. Além destas variações temporais de curto prazo, o microfitobentos se caracteriza por marcadas variações inter-anuais e sazonais (KOH *et al.*, 2007).

Apesar da sua relevância ecológica, a composição e a contribuição potencial do MFB para o metabolismo e funcionamento das praias arenosas expostas permanecem pouco conhecidas, tanto em escala global como ao longo do litoral brasileiro. No Brasil há pouquíssimos estudos sobre a variabilidade espacial e temporal ou sobre as taxas de produção do microfitobentos de praias arenosas. VAROLI & SOUZA (1990) amostraram a região estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia. Também VAROLI & SOUZA (1991) estudaram a variação da biomassa do MFB na região entre-marés de uma praia arenosa do Guarujá (São Paulo), a partir das concentrações de pigmentos fotossintetizantes. Contudo, apenas o

centímetro superficial foi amostrado e analisado quantitativamente, não sendo investigada a composição específica do MFB em nenhum dos estudos.

O microfitobentos tem sido objeto de estudos recentes (BILLERBECK *et al.* 2006; KOH *et al.* 2007; EASLEY *et al.* 2005), e especialmente que consideram seu potencial como fonte alternativa de produção de biocombustível (SILVA *et al.*, 2008; TEIXEIRA *et al.*, 2006)

Fonseca (1998) estudou o microfitobentos de planícies de maré e encontrou concentrações de clorofila-*a* de 1,5 a 53,4 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de sedimento. Estas áreas estudadas são relativamente próximas ao sitio do presente trabalho. Isso demonstra a capacidade do microfitobentos colonizar diferentes áreas com morfodinamicas completamente diferentes. Fonseca também observou relações diretas do MFB com os fatores: concentrações de salinidade, presença de chuvas, e temperaturas.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral analisar um ciclo de vida de uma mancha de microfitobentos na região entre-marés da praia do Village (Pontal do Paraná, Paraná), em pequenas escalas de espaço (10 000 m²) e tempo (dez dias), através do acompanhamento de uma mancha dominada por euglenóides, desde o aparecimento até o aparente desaparecimento.

Os objetivos específicos são:

- Analisar a composição específica do MFB na região entre-marés;
- Analisar a distribuição espacial (horizontal e vertical) e a variabilidade temporal em pequena escala, através do acompanhamento, desenvolvimento e desaparecimento de uma mancha (“patch”)
- Analisar os padrões de distribuição espacial e variabilidade temporal em relação às forçantes ambientais, como os níveis de maré, taxas de precipitação, intensidade luminosa, direção e intensidade dos ventos, salinidade e temperatura.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O município de Pontal do Paraná (Paraná) tem 22 quilômetros de praias arenosas distribuídas em 48 balneários, onde predominam atividades de turismo, pesca em pequena escala, comércio e artesanato. A área de estudo foi a praia do Balneário Village, que mantém a vegetação de restinga relativamente preservada, além de sofrer impacto mais reduzido do movimento de turistas. Nos arredores da área de estudo, há ranchos de pesca artesanal, onde os pescadores desembarcam e limpam os peixes capturados. Na área observam-se também pequenos sangradouros ou córregos de escoamento da água de chuva acumulada na restinga.

A praia do balneário de Atami, adjacente à área de estudo, é considerada a primeira praia livre da influência do delta de maré vazante do estuário da Baía de Paranaguá. Está sujeita a um regime de maré semidiurno, com altura significativa variando entre 0,5 m e 2 m, com a temperatura da água entre 17°C e 29,2°C e salinidade entre 29,9 e 33,5 (BORZONE *et al.*, 1996). A praia é caracterizada pela sua baixa declividade em um estágio morfodinâmico dissipativo, com sedimento tipicamente quartzoso e pelo predomínio tanto de areias finas quanto muito finas (SOARES *et al.*, 1997).

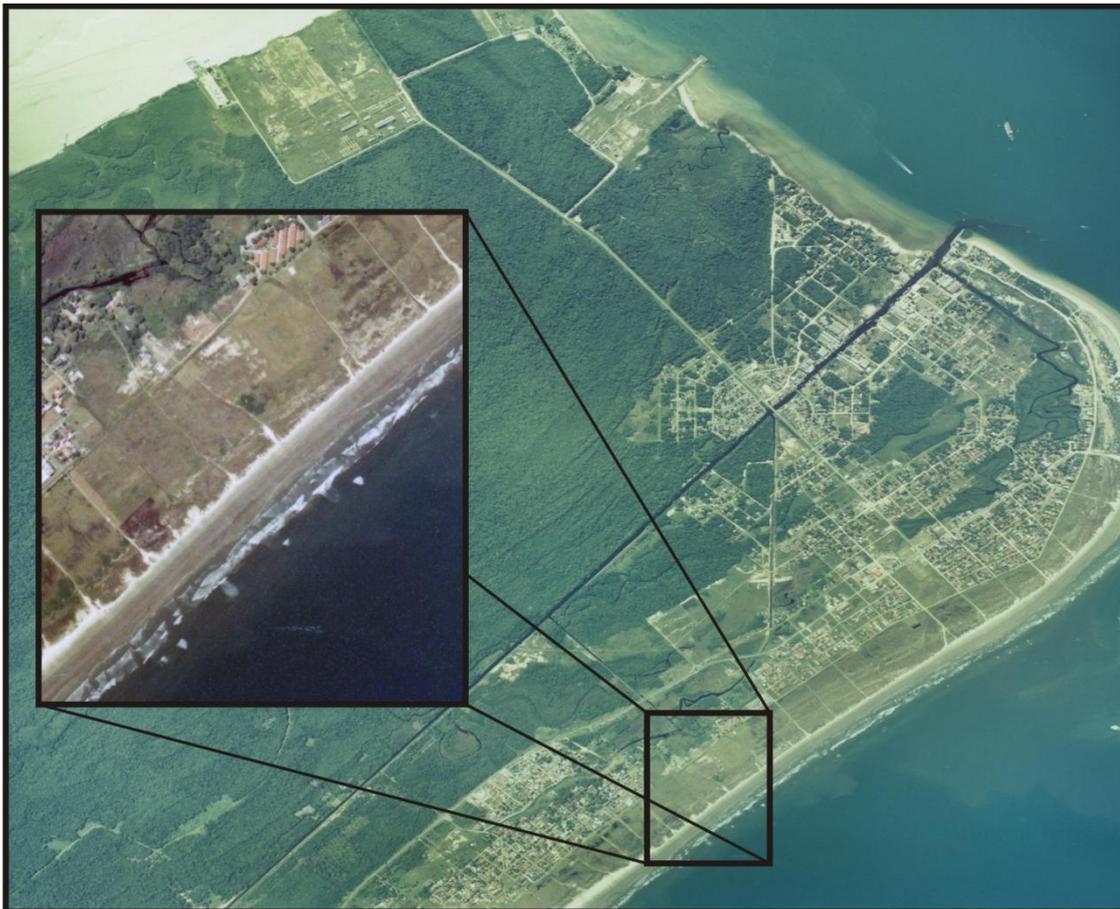
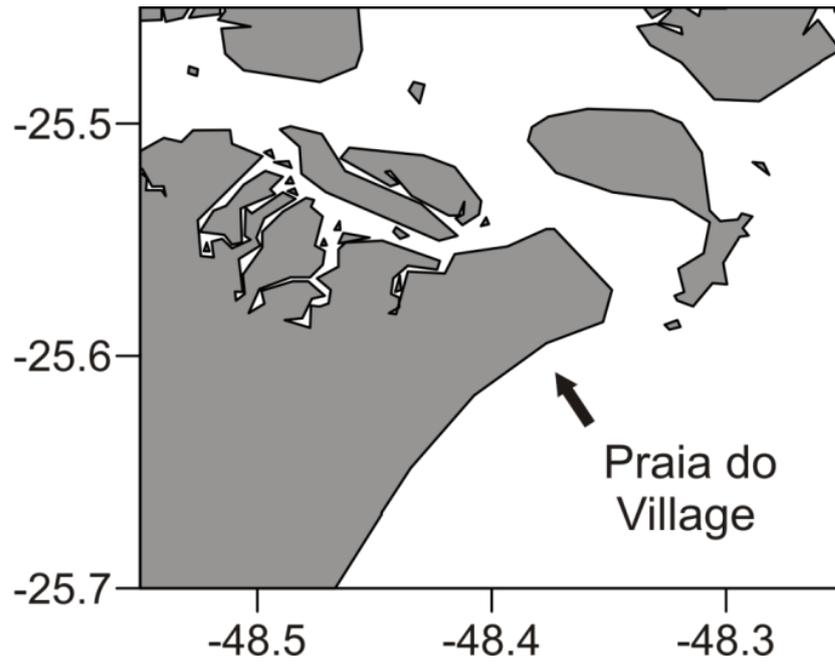


FIGURA 1 - ÁREA DE ESTUDO - LITORAL DO PARANÁ - BALNEÁRIO VILLAGE
(FOTOGRAFIA AÉREA FONTE: PREFEITURA MUNICIPAL PONTAL DO PARANÁ)

3.2 Amostragens de campo

Para analisar a distribuição e variabilidade espaço-temporal do microfitobentos foi adotado um planejamento amostral do tipo estratificado aleatório com cinco coletas intervaladas por um dia, a partir de 4 de março de 2008, período de final de verão, durante as baixas-mares, acompanhando uma mancha desde seu aparecimento, desenvolvimento e aparente desaparecimento.

Foi inicialmente estabelecida uma área quadrangular que delimitava a mancha com cerca de 10.000 metros quadrados (100 m x 100 m), tangenciando em seu limite inferior a linha da água em situação de baixa-mar de sizígia e em seu limite superior a linha de detritos, orientada pela preamar. Dentro dessa área, foram estabelecidos 3 transectos replicados, dispostos perpendicularmente à linha da água. Ao longo de cada transecto, foram estabelecidos cinco níveis praias paralelos à linha da água (Figura 2).

Na área retangular foi realizada uma estimativa visual da percentagem de cobertura pela mancha de microfitobentos, utilizando o método de contagem seqüencial de quadrats de 1 m por 1 m subdivididos em 100 partes (10 cm X 10 cm), nos cinco níveis da praia. As percentagens de recobrimento foram registradas em planilhas de campo. Em laboratório, os dados foram planilhados e processados no software *Surfer 8 - Golden Software*, no qual foram gerados mapas temáticos de recobrimento do MFB ao longo da praia, durante os cinco dias amostrados, totalizando um acompanhamento de dez dias da mancha.

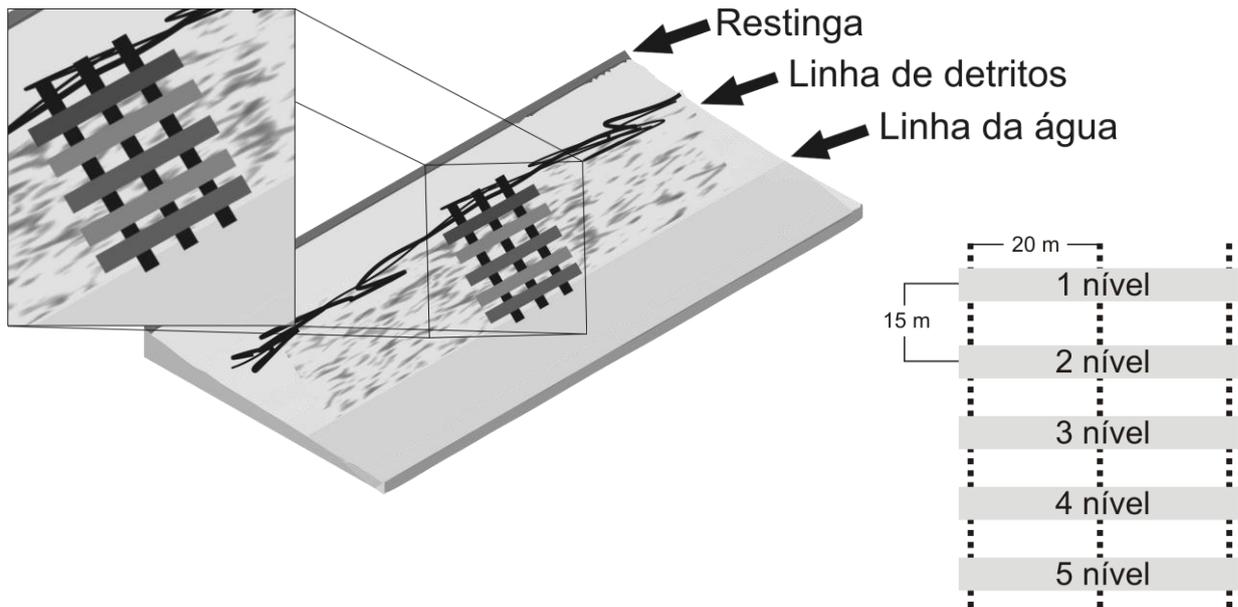


FIGURA 2 – PLANEJAMENTO AMOSTRAL COM DETALHAMENTO DOS NÍVEIS PRAIAIS, ONDE O NÍVEL 1 CORRESPONDE A LINHA DE DETRITOS E O NÍVEL 5 A LINHA DA ÁGUA.

Durante esse período em cada nível praiial foi registrada a temperatura do sedimento com um termômetro digital de haste metálica (*Digital Pocket Thermometer - Thermopres*) durante todas as coletas. Nos buracos aonde foram retiradas as amostras para granulometria também foi amostrada a água do lençol freático para determinação da salinidade da água de percolação, posteriormente medida com um refratômetro de mão da marca *ATAGO*. No primeiro dia de acompanhamento foram retiradas amostras de sedimento para granulometria em cada nível praiial com ajuda de um corer de PVC de 15 cm de altura e 10 de diâmetro.

Para a coleta das amostras quali-quantitativas do microfítobentos foi utilizado um corer construído a partir de uma seringa plástica de 60 ml com a ponta cortada, delimitando uma área de amostragem de 3 cm de diâmetro e 7 cm de altura (Figura 3). Foram tomadas 5 amostras aleatórias em cada um dos 3 transectos (réplicas), que correspondem aos 5 níveis praiiais, em cada dia de coleta (5 níveis praiiais X 3

réplicas X 5 dias de acompanhamento = 75 amostras). As amostras foram acondicionadas em saco plástico preto, em posição vertical, dentro de caixa térmica com gelo para a redução da movimentação e da migração vertical. As amostras foram rapidamente encaminhadas ao laboratório para a estratificação e separação das alíquotas.

A intensidade de radiação solar e a direção e intensidade dos ventos dos dias de coleta foram tomados da estação meteorológica do Centro de Estudos do Mar.

3.3 Análises de laboratório

As amostras tomadas com os corers foram sub-divididas em quatro estratos: superfície – 1 cm; 1 cm - 3 cm; 3 cm - 5 cm; 5 – 7 cm de profundidade. De cada estrato foi tomada uma alíquota de 0,5 cm³ de sedimento fixada com formol a 4% e acondicionada em *ependorfs* para as análises biológicas. Outra alíquota de cerca de 2 gramas foi acondicionada em *ependorfs* e congelada para análises químicas dos pigmentos fotossintéticos.

As alíquotas para análises biológicas foram agitadas por 45 segundos, sendo a parte sobrenadante da microflora colhida com uma pipeta *Pasteur* e depositada em hemocitômetro (câmara de *Fuchs-Rosenthal*), que permite a contagem de microalgas presentes em um volume de 3,2 mm³ de formol. Para evitar erros de contagem no hemocitômetro, foi adotado como procedimento a contagem total da área disponível, não sendo feitas sub-amostragens na câmara. Foram utilizados dois microscópios ópticos com aumento de 40x (*OLIMPUS CX40* e *MOTIC BA300*, com câmera digital acoplada). As espécies encontradas foram fotografadas com câmera digital (Anexo). Os dados biológicos foram planilhados no aplicativo *Excel 2007*.

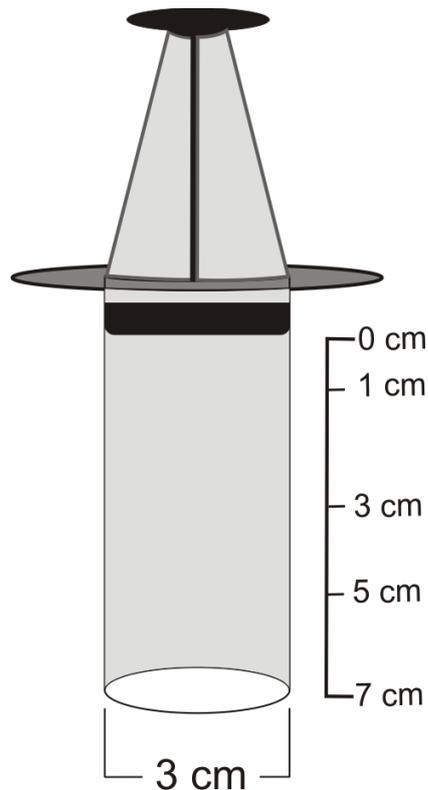


FIGURA 3 - AMOSTRADOR (*CORER*) CONSTRUÍDO A PARTIR DE UMA SERINGA DESCARTÁVEL DE 60 ML COM A PONTA CORTADA E ESQUEMA DE ESTRATIFICAÇÃO REALIZADA EM LABORATÓRIO.

As amostras biológicas foram identificadas até o menor nível de resolução taxonômica ou reconhecidas como morfotipos e contadas para determinação da densidade total (densidade/volume - cm^3 de sedimento) e da densidade dos táxons ou espécies individuais.

As concentrações de clorofila-*a* e feoftina foram determinadas, empregando-se o método colorimétrico de STRICKLAND & PARSONS (1972) e as equações de

LORENZEN (1967). Foi utilizado 1 g do sedimento descongelado, pesado em uma balança digital de precisão, sempre evitando a incidência de luz. As amostras foram colocadas em tubos de ensaio para extração dos pigmentos com acetona P.A. Depois da adição do reagente, tubos de ensaio foram homogeneizados em um agitador da marca Quimis e levados para freezer, onde permaneceram para extração dos pigmentos por no mínimo 20 horas. Após esse procedimento, as amostras foram colocadas em uma centrífuga *Excelsa Baby 206* a 2500 rpm por 20 minutos. As concentrações dos pigmentos fotossintetizantes foi determinada posteriormente através de leitura da absorbância do comprimento de onda 665 nm no espectrofotômetro UV Shimadzu 1601 antes e após a adição de HCl 1N. A diferença entre as absorbâncias da amostras não acidificadas e as acidificadas forneceu as concentrações de clorofila-*a* e feofitina.

O sedimento coletado no transecto central dos cinco níveis praias foi analisado seguindo o procedimento padrão para análises granulométricas do laboratório de geologia marinha (LOGEO). Os parâmetros estatísticos do sedimento como a média, grau de seleção, assimetria e curtose foram calculados seguindo o método algébrico das Medidas dos Momentos, pelo programa SYSGRAN 3.0 (CAMARGO, 2006).

3.4 Processamento dos dados

Os níveis praias e os estratos foram adotados como fatores fixos. As densidades de *Euglena* sp., *Navicula bullata*, *Fragilaria* sp, *Diploneis fallacia*, *Navicula* sp 5, *Navicula* sp 4, densidade total, número de táxons e as concentrações de clorofila-*a* e feofitina foram tratadas como variáveis dependentes

Para testar as diferenças entre os tratamentos (estratos e níveis praias) foi utilizada uma análise de variância (ANOVA) bi-fatorial no programa *Statistica 7*. A estimativa dos componentes de variância é um importante passo para a interpretação ecológica da ANOVA, pois permite avaliar a contribuição de um dado fator para a variabilidade de uma variável-resposta qualquer (GRAHAM & EDWARDS, 2001). Foi adotado o seguinte modelo linear:

$$X_{ijk} = \mu + \text{Nivel}_i + \text{Estrato}_j + (\text{Nivel} * \text{Estrato})_{ij} + e_{ijk}$$

Os pressupostos de normalidade e homocedasticidade da ANOVA foram verificados mediante a realização dos testes de Bartlett e o Shapiro-Wilks aplicados aos dados biológicos. Como os *p-valores* foram inferiores a 0,05, os dados biológicos (com exceção do número de táxons) foram transformados para raiz quarta, obtendo deste modo *p-valores* superiores a 0,05.

Devido à falta de réplicas na escala temporal, as análises de cada período amostral foram feitas separadamente para cada amostragem, evitando-se uma análise tri-fatorial com o tempo como fator fixo. Porém, para testar o padrão global de distribuição do MFB foi realizada uma segunda ANOVA bi-fatorial desta vez tomando o tempo e os transectos como réplicas, obtendo-se desta forma um teste mais robusto. Posteriormente foi utilizado o teste *post-hoc* LSD, de FISHER para testar par a par quais tratamentos apresentavam diferenças significativas nos testes.

Para descrever as tendências de variação das variáveis biológicas, análises multivariadas de proximidade (MDS ou análise de escalonamento multidimensional) utilizou-se o aplicativo PRIMER. As médias dos valores obtidos nos transectos, tomando-se como atributos as densidades de *Euglena* sp., *Navicula bullata*,

Fragilaria sp, *Diploneis fallacia*, *Navicula* sp 5, *Navicula* sp 4 e a densidade total do microfitobentos, foram normalizadas e transformadas para $\log(x+1)$. A partir de uma primeira análise do MDS, os pontos que apresentaram muita dispersão foram considerados *outliers* e retirados da análise, possibilitando uma melhor visualização dos resultados obtidos.

Para analisar as interações dos fatores bióticos com os abióticos foi aplicada uma análise de correspondência canônica (CCA), rotina do programa *MVSP*, no qual foram gerados dois gráficos, um para os dados bióticos, e outro para os pontos de amostragem, de modo a permitir a discriminação dos principais fatores ambientais explicadores da distribuição dos organismos.

Os gráficos foram gerados no programa *Origin 8 Pro* com base nas médias dos tratamentos (nível e estratos) e seus respectivos erros padrões.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterização do ambiente

Os estudos nos primeiros cinco dias do ciclo da mancha foram sob condições de verão, com insolação elevada (máx. 657 W.m^{-2}), ausência de nuvens, elevadas temperaturas do ar (máx. $35,5^{\circ}\text{C}$) e ventos fracos (min. $1,2 \text{ m.s}^{-1}$). Já no sétimo dia surgiram nuvens e ventos mais intensos, que se mantiveram durante o dia todo. No nono dia de coleta, houve uma drástica mudança do tempo, com ocorrência de nuvens e chuvas constantes. A radiação solar neste dia foi inferior a 30 W.m^{-2} , com temperaturas mais baixas (min. 22°C) e ventos fortes, atingindo até $7,5 \text{ m.s}^{-1}$ (Figura 4).

A salinidade da água do mar variou de 34 a 36 (Figura 4). As variações da salinidade da água de percolação foram mais significativas, variando entre 12 a 24, com valores máximos nos dias 1 e 7 e mínimos no nono dia, já como resultado das fortes chuvas.

A temperatura do sedimento não variou significativamente entre os dias de amostragem, mas foi em média mais alta nos níveis 4 e 5, mais próximos à linha da água.

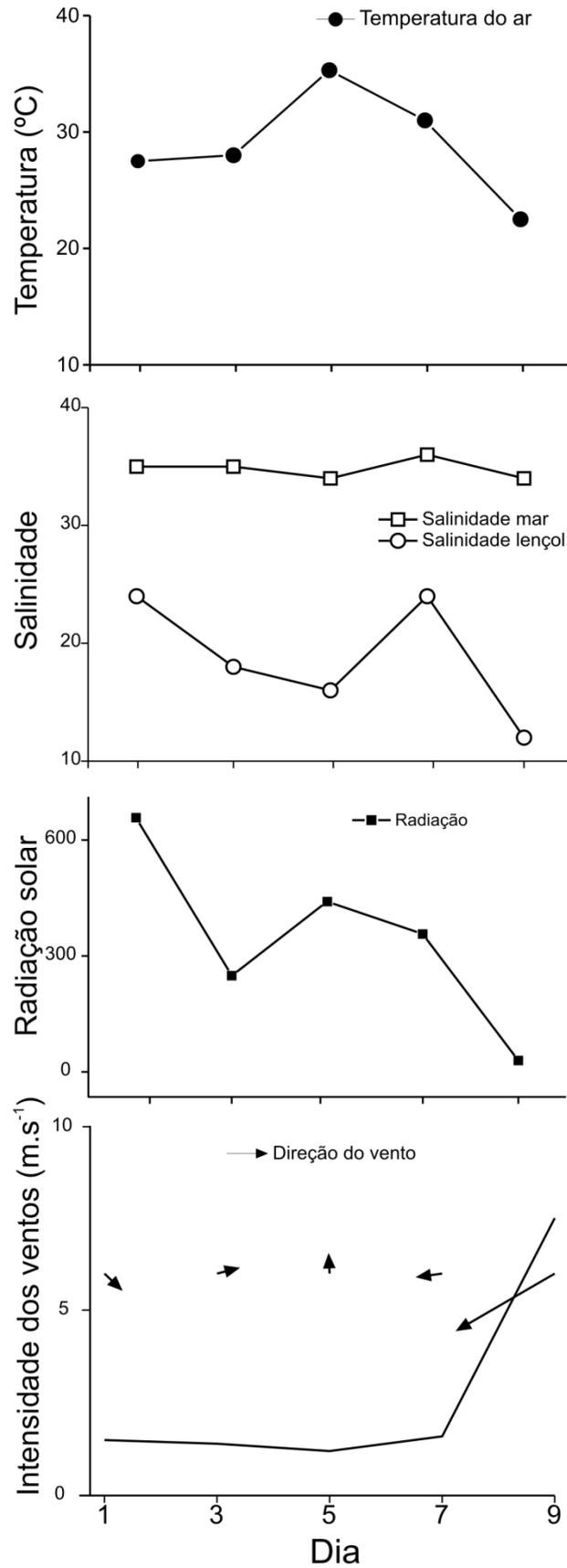


FIGURA 4 - VARIAÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR, SALINIDADE DO MAR E DO LENÇOL FREÁTICO, RADIAÇÃO SOLAR, E INTENSIDADE E DIREÇÃO DOS VENTOS AO LONGO DO PERÍODO DE AMOSTRAGEM.

O tamanho médio dos grãos variou entre os níveis praias. No nível superior, próximo a linha de detritos, o sedimento foi caracterizado como areia fina com alto grau de seleção (Figura 5), e baixas concentrações de matéria orgânica e CaCO_3 (Figura 6). Já os sedimentos dos níveis inferiores foram classificados como areia muito fina, com alto grau de seleção. Nestes níveis inferiores, a taxa de matéria orgânica manteve-se praticamente constante e os teores de CaCO_3 apresentaram maior variação, com valor máximo obtido no terceiro nível.

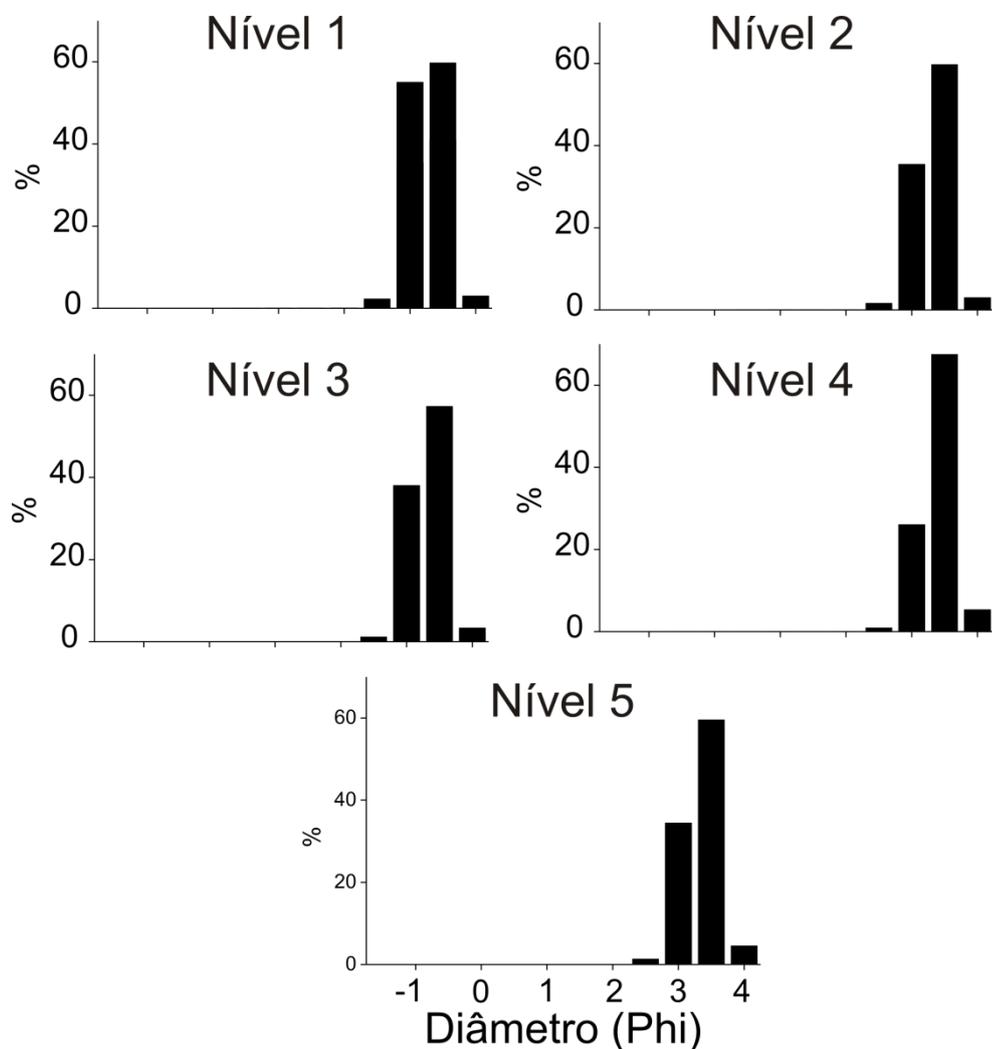


FIGURA 5 - FREQUÊNCIA GRANULOMÉTRICA EM PHI PARA OS CINCO NÍVEIS PRAIAS

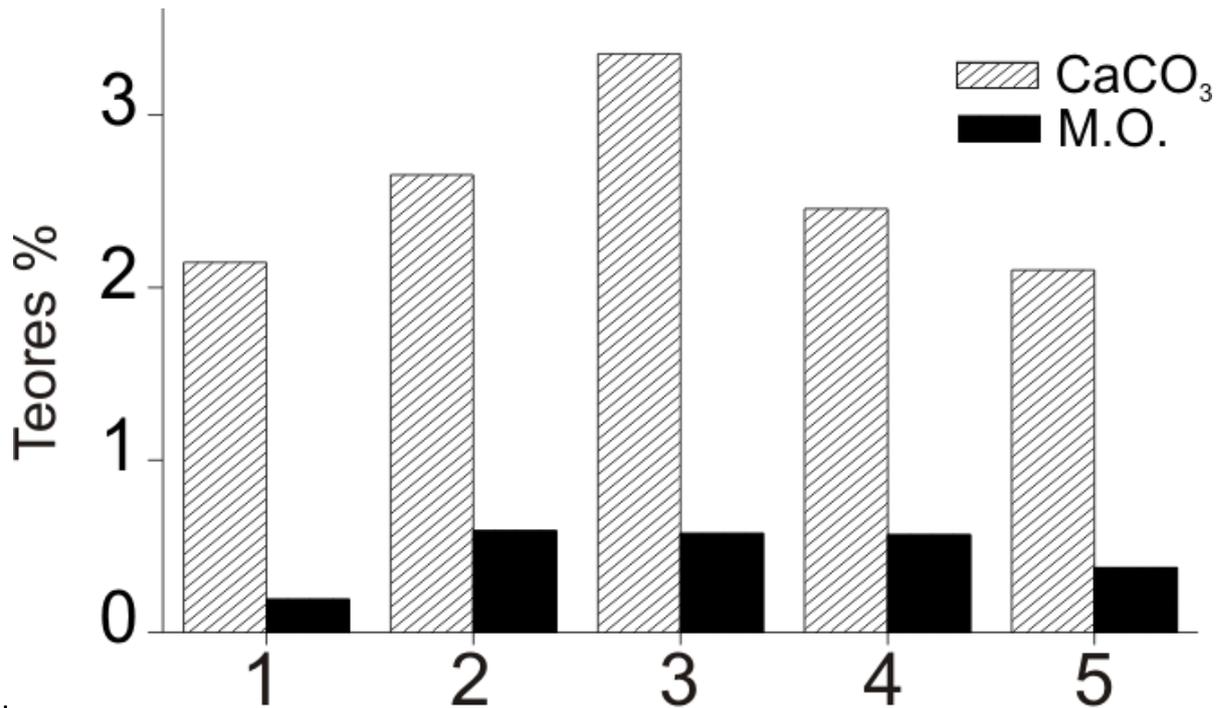


FIGURA 6 - VARIAÇÃO NOS TEORES (%) DE CaCO₃ E MATÉRIA ORGÂNICA (M.O.) NOS CINCO NÍVEIS DA PRAIA DO VILLAGE

4.2 Padrões gerais de variação espacial e temporal do microfitobentos

Os mapas de cobertura (Figura 7), gerados pela interpolação de valores nos diversos níveis e transectos, são uma representação visual da distribuição da mancha ao longo do estudo. Foram gerados mapas apenas para as quatro primeiras coletas (Figura 7), pois no nono dia (quinta coleta) já não havia mancha visível. No primeiro dia (Coleta 1), quando a mancha surge, a sua distribuição atingia 25 metros. Já no terceiro e quinto dia (Coleta 2 e 3, respectivamente) a presença da mancha se distribuiu por 30 metros. Porém, no sétimo dia (Coleta 4) a mancha começou a se retrair e no nono dia já não foi mais visualizada em superfície.

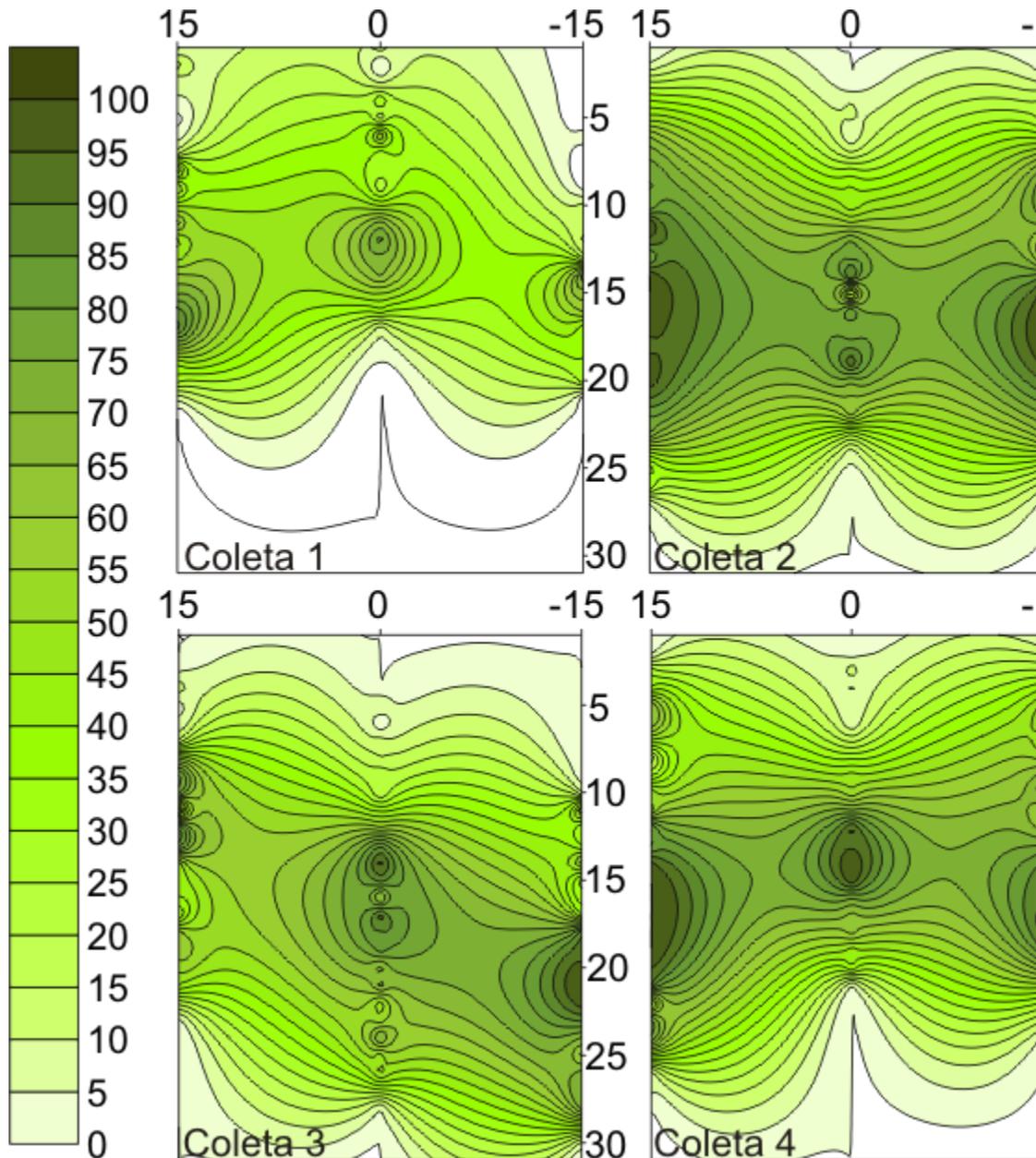


FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO DA MANCHA DE MFB AO LONGO DO ESTUDO, EXPRESSA PELA PORCENTAGEM DE COBERTURA POR ÁREA. O EIXO X SUPERIOR CORRESPONDE À LINHA DE DETRITOS E O INFERIOR À LINHA D'ÁGUA

Foram identificados 18 táxons diferentes, listados no Apêndice 1. Os seis mais abundantes corresponderam a 88,5% do total de indivíduos encontrados: o euglenóide *Euglena* sp. (69,91%) seguido pelas diatomáceas *Fragilaria* sp (4,21%), *Navicula* sp 5, (3,70%), *Navicula* sp 4, (3,38%), *Navicula bullata* (3,37%) e *Diploneis*

fallacia (3,26%). A densidade da *Euglena* sp., espécie dominante (70%), apresentou o mesmo padrão da densidade total, também como esperado. As densidades de organismos variaram de 33.480, no sétimo de acompanhamento da mancha dentro do quinto nível praiar, à 857.460 células por cm³, no quinto dia de acompanhamento no terceiro nível praiar.

Como esperado, a concentração de clorofila-*a* variou em função da densidade total dos organismos, tanto nos estratos quanto nos níveis praias (Figura 8). A curva de distribuição de feofitina, produto da degradação dos pigmentos fotossintéticos, foi geralmente inversa à da clorofila-*a*. A maior concentração de clorofila-*a*, 6,63 µg.g⁻¹, ocorreu no primeiro dia amostragem na superfície do sedimento do segundo nível praiar. Já as concentrações inferiores a 0,026 µg.g⁻¹ não puderam ser detectadas devido a problemas metodológicos.

No primeiro dia de coleta (Tabela 1) houve diferenças significativas na densidade total dos organismos entre tratamentos *Nível*Estrato*, mostrando elevada heterogeneidade espacial na distribuição do microfitobentos tanto entre estratos quanto entre níveis praias. O número de táxons também variou significativamente entre tratamentos. A densidade de *Euglena* sp., a densidade total de organismos e a concentração de clorofila-*a* foram maiores no nível 2 (Figura 8 - Dia 1). A densidade de *Euglena* sp. e as concentrações de clorofila-*a* também variaram significativamente quando níveis e estratos foram tratados isoladamente.

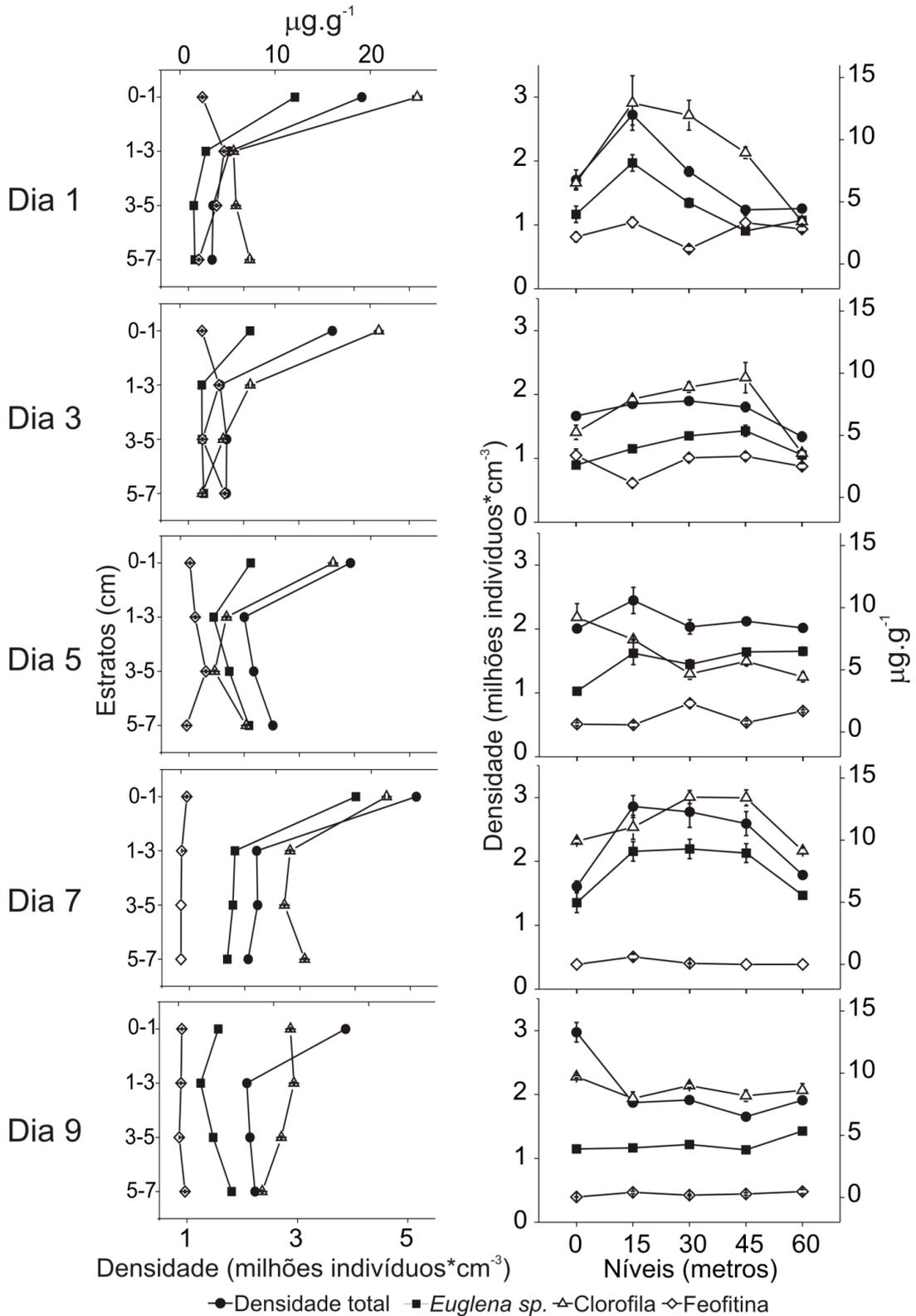


FIGURA 8 - VARIAÇÃO HORIZONTAL (ENTRE NÍVEIS) E VERTICAL (ENTRE ESTRATOS) DAS MÉDIAS E ERROS PADRÕES DA DENSIDADE TOTAL DE ORGANISMOS, DENSIDADE DE EUGLENA SP E CONCENTRAÇÕES DE CLOROFILA-A E FEOFITINA AO LONGO DOS NOVE DIAS DE PERSISTÊNCIA DA MANCHA.

TABELA 1 - SUMÁRIO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA BI-FATORIAL (ANOVA) PARA OS DESCRITORES (DENSIDADE TOTAL, NÚMERO DE TÁXONS PRESENTES, DENSIDADE DE *EUGLENA* SP., E CLOROFILA-A) DO MICROFITOBENTOS, PARA OS CINCO AMOSTRAGENS. OUTRA ANÁLISE DE VARIÂNCIA BI-FATORIAL GLOBAL UTILIZANDO OS DIAS (TEMPO) E OS TRANSECTOS COMO RÉPLICA . P > 0.05 - NÃO SIGNIFICATIVO (N.S.), P < 0.05 (*), P < 0.01(**), P < 0.001(***)

Fonte de Variação	gl	Dia 1								Dia 3								Dia 5							
		Dens. total		n. de táxons		<i>Euglena</i>		Clorofila		Dens. total		n. de táxons		<i>Euglena</i>		Clorofila		Dens. total		n. de táxons		<i>Euglena</i>		Clorofila	
		F	P	F	p	F	p	F	P	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	P
Nível	4	10,01	***	5,401	**	5,540	*	1,269	n.s.	3,650	*	3,189	*	4,310	**	1,280	n.s.	0,530	n.s.	0,755	n.s.	3,250	n.s.	1,883	n.s.
Estrato	3	25,59	***	7,155	***	10,86	***	5,770	**	26,20	***	8,429	***	7,800	***	10,85	***	9,100	***	11,37	***	1,900	*	11,66	***
Nível*Estrato	12	2,330	*	4,168	***	1,060	n.s.	0,765	n.s.	1,930	n.s.	0,896	n.s.	0,610	n.s.	0,977	n.s.	5,140	***	0,804	n.s.	3,170	**	1,656	n.s.

Fonte de Variação	gl	Dia 7								Dia 9								Global							
		Dens. total		n. de táxons		<i>Euglena</i>		Clorofila		Dens. total		n. de táxons		<i>Euglena</i>		Clorofila		Dens. total		n. de táxons		<i>Euglena</i>		Clorofila	
		F	P	F	p	F	p	F	P	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	P
Nível	4	3,320	*	2,609	*	3,14	*	2,174	n.s.	3,25	*	1,629	n.s.	4,310	**	1,280	n.s.	4,200	**	1,520	n.s.	6,200	***	0,707	n.s.
Estrato	3	11,65	***	7,994	***	7,92	***	11,07	***	11,84	***	1,783	n.s.	7,800	***	10,85	***	53,50	***	18,32	***	17,20	***	18,85	***
Nível*Estrato	12	0,540	n.s.	0,268	n.s.	0,48	n.s.	1,592	n.s.	1,99	n.s.	0,667	n.s.	0,610	n.s.	0,977	n.s.	3,900	***	1,500	n.s.	1,600	n.s.	1,390	n.s.

No terceiro dia a mancha de MFB, expandiu-se horizontalmente (Figura 7). Todas as variáveis microfitobênticas, com exceção da clorofila-a, variaram significativamente entre os níveis praias. Da mesma forma, houve diferenças significativas entre estratos, devido à migração, para todas as variáveis biológicas (Tabela 1). No quinto nível praias, mais próximo à linha d'água, foram observados os menores valores das variáveis biológicas (Figura 8).

A mancha continuou a se desenvolver no quinto dia (Figura 7). A densidade total não variou ao longo do gradiente praias, porém houve variações na interação *Estrato*Nível*. Neste dia, o número de táxons variou significativamente verticalmente, como resultado de suas distintas capacidades de migração à procura de melhores condições. No sétimo dia, a concentração de clorofila-a foi mais elevada nos níveis mais superiores da praia (níveis 1, 2 e 3). Contudo, a densidade total e a densidade de *Euglena* sp. foram mais elevadas em níveis intermediários (2, 3 e 4). Todas as variáveis biológicas diferiram significativamente entre estratos, sendo o superior o mais abundante em MFB e clorofila-a (Figura 7).

No nono dia de acompanhamento, a mancha superficial já não era visualizada, embora organismos microfitobênticos continuassem a ser encontrados nas amostras. A maior densidade total e os maiores valores de clorofila-a foram registrados no primeiro nível praias, mais próximo à linha de detritos. No entanto, as maiores concentrações de clorofila-a foram registradas no estrato de 1-3 cm, mostrando que grande parte do MFB estava concentrado nos estratos sub-superficiais, não sendo visualizado em superfície. De fato, todas as variáveis, com exceção do número de táxons, diferiram significativamente entre estratos.

De forma geral, as distribuições horizontais e verticais do microfitobentos estiveram estreitamente relacionadas (Figura 9). Nos níveis superiores da praia,

próximos à linha de detritos, o microfitobentos se concentra no estrato superior. Já nos níveis mais próximos à linha da água, em situação de baixa-mar, os organismos tendem a se concentrar em estratos intermediários e profundos, como observado nos dias 5 e 9. A mancha já não foi registrada no nono dia, como evidência óbvia de que sua visualização depende da concentração dos organismos na interface sedimento-ar, por sua vez altamente correlacionada com as condições climáticas vigentes.

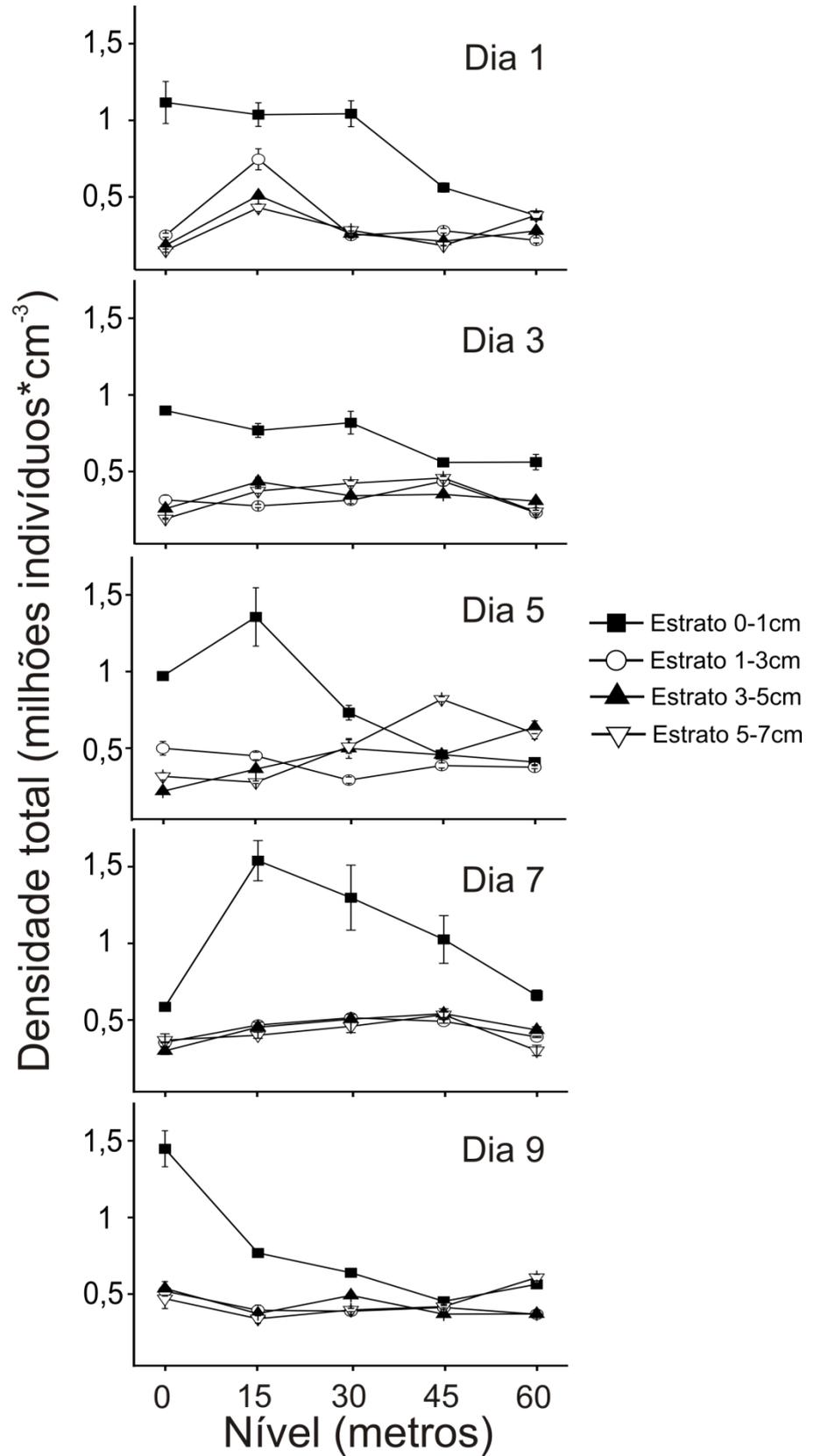


FIGURA 9 - DENSIDADE TOTAL DE ORGANISMOS DO MFB AO LONGO DOS NÍVEIS PRAIAS, EM DIFERENTES OS ESTRATOS VERTICAIS

As análises do CCA foram bastante informativas (Figura 10), considerando os baixos autovalores resultantes (Tabela 2). A ordenação dos táxons na análise de correspondência canônica (Figura 10 A) foi condicionada ao longo do eixo 1 principalmente pelos gradientes de salinidade, tanto do mar quanto do lençol freático, e pelas temperaturas do ar e do sedimento. O tamanho médio do grão (TMG) também foi um fator explicador relevante. Em conjunto, estes fatores explicaram 91,6% dos casos amostrados. A *Euglena* sp, foi a espécie mais influenciada devido a dominância numérica, sua presença esteve claramente associada a condições meteorológicas mais estáveis, com taxas de insolação, temperatura e umidade elevadas. Por outro lado, as diatomáceas *Navicula* sp 4 e *Navicula* sp 5 foram mais associadas às condições de instabilidade, presentes a partir do sétimo dia.

A CCA dos casos (Figura 10 B) indicou um padrão semelhante, com o agrupamento das amostras dos primeiros dias de coleta na parte superior do eixo 1, explicado principalmente pela maior radiação, umidade média e salinidade do lençol freático. As amostras do último dia de coleta foram ordenadas na parte direita do eixo 1 e inferior do eixo 2, associando-se com temperaturas mais baixas, menor taxa de insolação e ventos mais intensos.

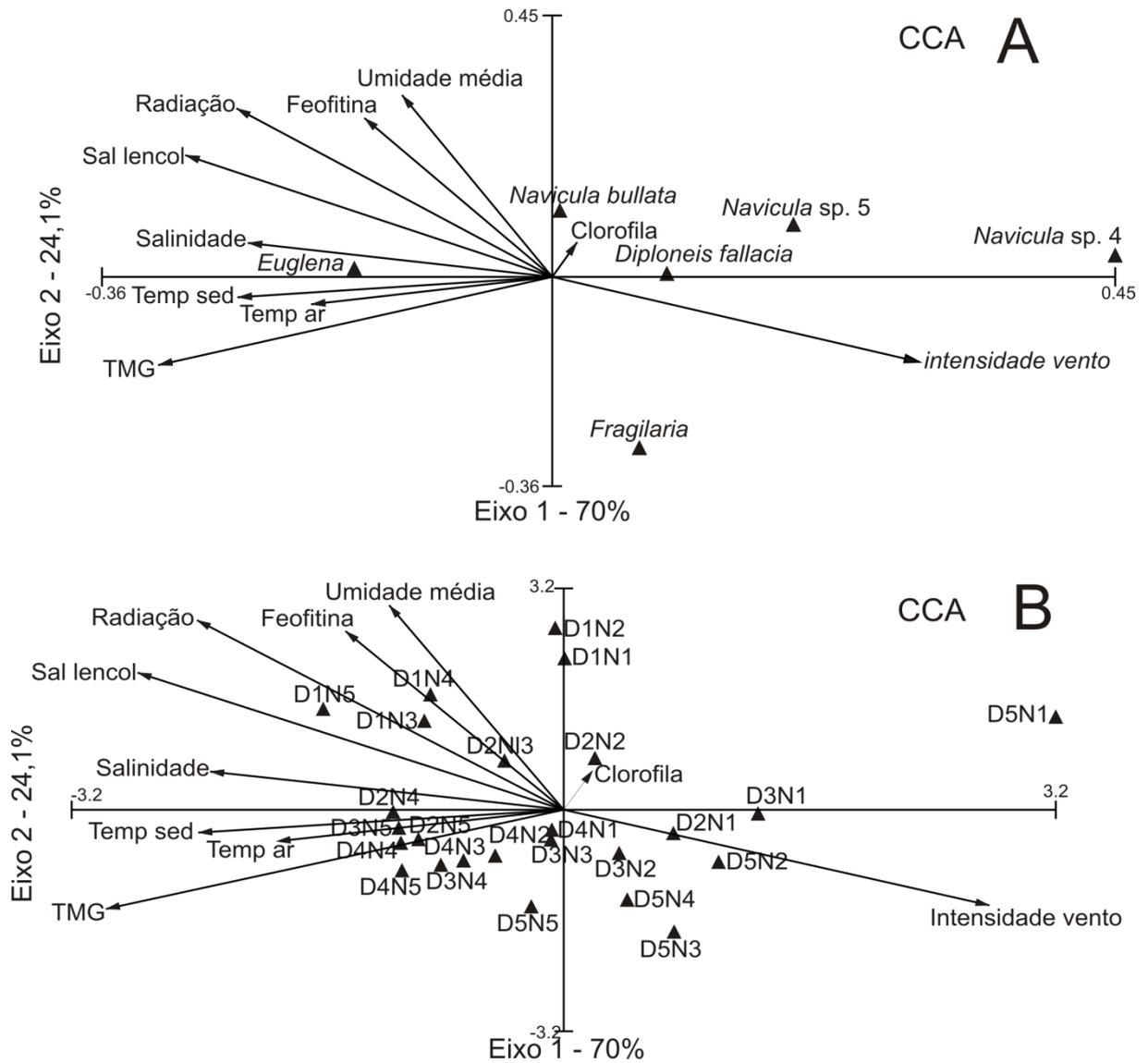


FIGURA 10 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (CCA): NA PARTE SUPERIOR (A) PARA AS ESPÉCIES E NA PARTE INFERIOR (B) PARA OS NÍVEIS PRAIAIS. ILUSTRANDO OS EIXOS 1 E 2 PARA AMOSTRAS DA PRAIA DO VILLAGE EM TODAS AS OCASIÕES DE COLETA. VETORES REPRESENTANDO AS VARIÁVEIS: TAMANHO MÉDIO DO GRÃO EM PHI (TMG), TEMPERATURA DO SEDIMENTO (TEMP SED) E DO AR (TEMP AR) EM GRAUS CELSIUS, SALINIDADE DO LENÇOL FREÁTICO (SAL LENÇOL) E DO MAR (SALINIDADE) EM UPS, CONCENTRAÇÃO DE FEOFITINA TRANSFORMADA PELA RAIZ QUARTA (FEOFITINA)

TABELA 2 - SUMÁRIO FINAL DO MODELO CCA. NOVE DESCRITORES ABIÓTICOS FORAM USADOS SIMULTANEAMENTE PARA EXPLICAR A VARIABILIDADE DE UMA MATRIZ DE 6 ESPÉCIES X 15 SÍTIOS DE AMOSTRAGEM

	Eixo	1	2	3	4	Inércia total
Autovalores:		0.035	0.012	0.002	0.000	0.066
Espécies X Ambiente		0.927	0.883	0.618	0.341	
% de variância acumulada						
Espécies		52.6	70.7	74.3	74.9	
Espécies X Ambiente		70.0	94.1	99.0	99.7	
Soma dos autovalores						0.066
Soma dos autovalores canônicos						0.049

Uma primeira análise de proximidade realizada sobre todos os dados não mostrou a princípio claros padrões de proximidade ou distância entre as médias das amostras biológicas (Figura 10). Para refinar a análise, optou-se pela exclusão de amostras consideradas *outliers* dos dias 1, 2 e 4.

Após a retirada destes pontos, as análises mostraram tendências de variação muito mais claras, que confirmam os padrões já evidenciados pelas análises visuais de distribuição e pela análise de variância.

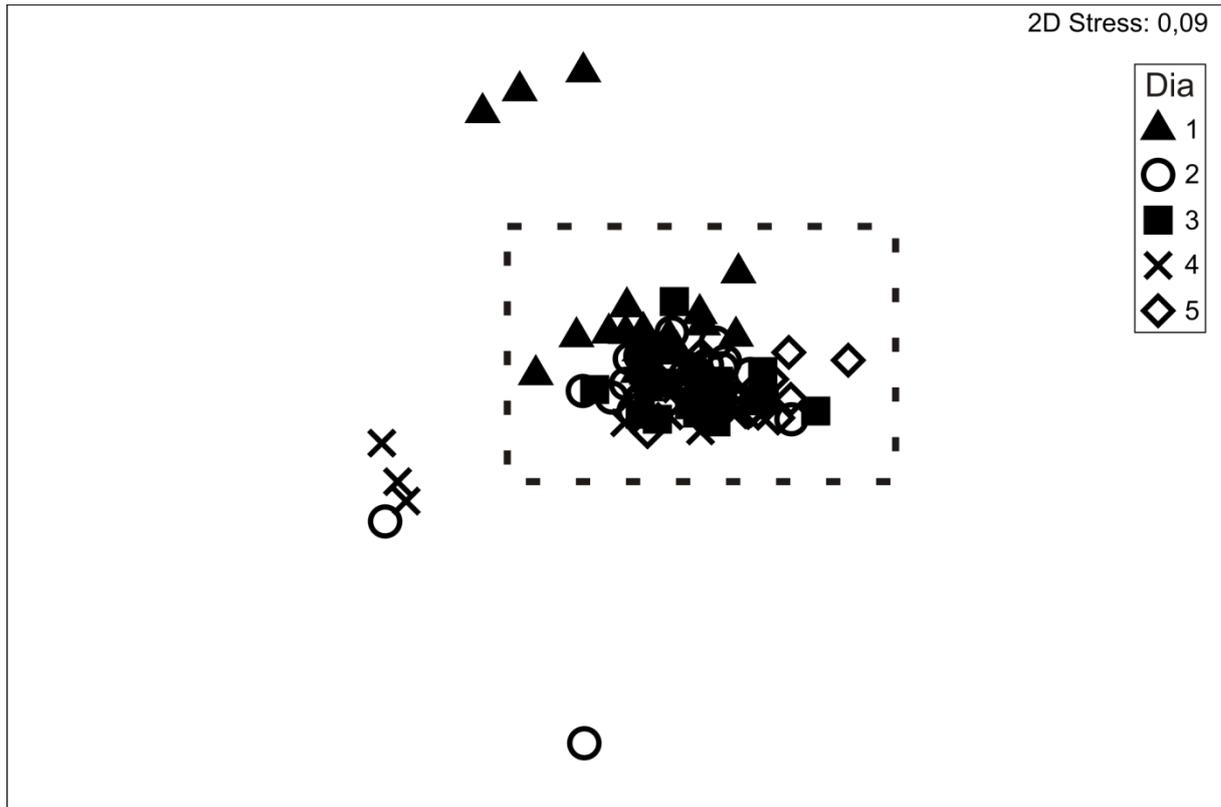


FIGURA 10 - MDS DE TODOS OS DADOS BIOLÓGICOS CLASSIFICADOS POR DIA DE AMOSTRAGEM, COM INDICAÇÃO DOS OUTLIERS EXCLUÍDOS NAS ANÁLISES POSTERIORES (FORA DO QUADRADO COM LINHA SEGMENTADA) DADOS TRANSFORMADOS POR LOG (X+1)

A análise de proximidade com o fator *dia* mostrou um claro gradiente temporal desde o primeiro até o último dia do estudo, com as amostras do primeiro e último dias distanciando-se das demais, que se situaram em posição intermediária (Figura 11). Este padrão confirma as análises anteriores, refletindo uma seqüência de amostras ao longo da persistência e aparente desaparecimento da mancha.

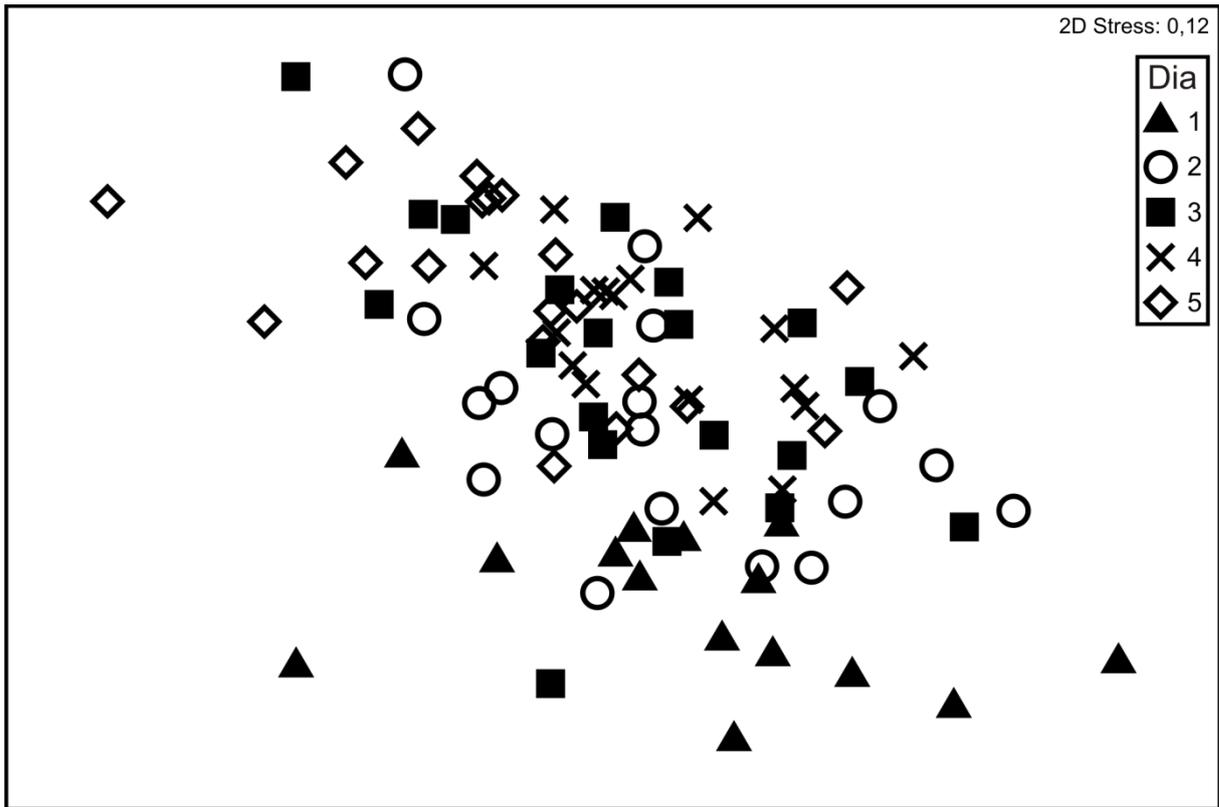


FIGURA 11 - MDS DE TODOS OS DADOS BIOLÓGICOS CLASSIFICADOS POR DIA DE AMOSTRAGEM, DADOS TRANSFORMADOS POR LOG (X+1)

A análise de proximidade tomando os *níveis praias* como fator (Figura 12), mostra igualmente um gradiente de variação separando os níveis praias próximos à linha de detritos (nível 1 e 2) dos demais, próximos à linha da água.

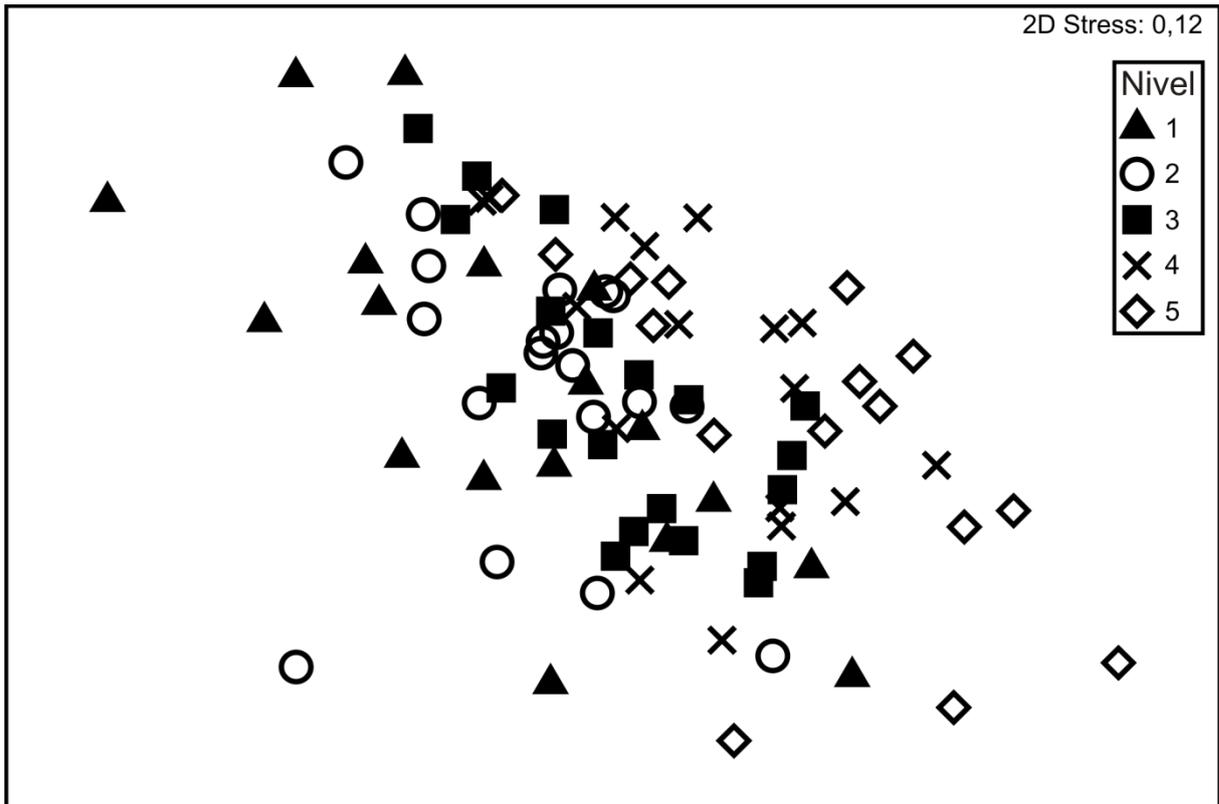


FIGURA 11 - MDS DE TODOS OS DADOS BIOLÓGICOS CLASSIFICADOS POR NÍVEL PRAIAL, DADOS TRANSFORMADOS POR LOG (X+1)

A análise de proximidade tomando-se os estratos como fator mostrou um padrão mais ambíguo de distribuição das amostras, sem gradientes muito evidentes (Figura 13). Apesar de uma certa separação dos estratos superficiais (0-1 cm), não há um claro padrão de estratificação nos demais níveis, provavelmente por causa da elevada capacidade de migração dos organismos.

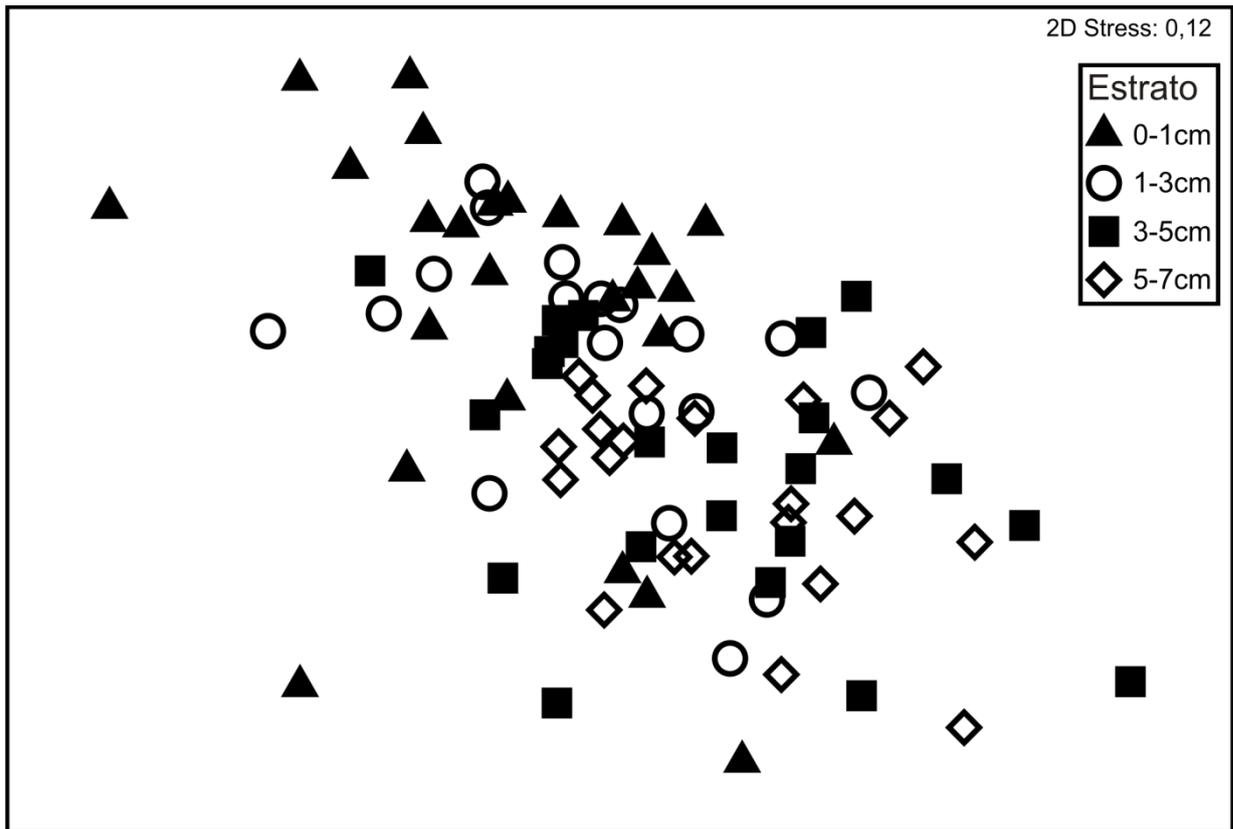


FIGURA 12 - MDS DE TODOS OS DADOS BIOLÓGICOS CLASSIFICADOS POR ESTRATO, DADOS TRANSFORMADOS POR LOG (X+1)

5. DISCUSSÃO

Regiões entre marés de praias arenosas dissipativas são áreas de transição que alternam condições de imersão, durante as preamares, e de emersão, durante as baixa-mares. Essas praias são basicamente planos inclinados, sobre os quais a água e os sedimentos são trabalhados de formas muito variáveis ao longo do tempo e do espaço. Da mesma forma que a morfodinâmica praial afeta a ocorrência e distribuição dos organismos macrofaunais (BORZONE & SOUZA, 1997), a distribuição do microfitobentos é fortemente condicionada pelo tempo de emersão, pelas taxas de dessecação e pela movimentação e eventual ressuspensão dos grãos do sedimento.

Manchas de microfitobentos em ambientes de baixa energia, como praias estuarinas, assumem formas mais homogêneas, podendo recobrir enormes áreas (MACINTYRE *et al.*, 1996). Contudo, em ambientes de maior energia e sedimento mais arenosos, como as praias expostas, as manchas apresentam formas mais irregulares, mas contínuas, simulando um padrão de escoamento, provavelmente causado por fluxos superficiais ou sub-superficiais de água rica em nutrientes. De fato, este é o formato mais comum nas manchas observadas nas praias arenosas expostas da região (obs. pess).

Apesar de sua aparente “mobilidade” ao longo da região entre marés, o limite superior das manchas é geralmente definido pela linha de detritos, por causa das elevadas taxas de dessecação. Por outro lado, as manchas podem se estender até os fundos de plataforma interna, embora sua composição específica e as espécies presentes sejam muito distintas, com a dominância de diatomáceas cêntricas e penadas, além de cianobactérias (QUEIROZ *et al.*, 2004).

Na área estudada a mancha de microfitobentos foi composta basicamente por *Euglena* sp¹. e diatomáceas. Os euglenóides foram os organismos dominantes da floração microfitobentônica estudada, dando à mancha sua coloração tipicamente esverdeada e sendo responsáveis pelos rápidos processos de migração vertical e horizontal, devido à sua mobilidade e estratégias de vida (KINGSTON, 1999). Espécies de *Euglena* possuem corpos fusiformes e flagelos robustos, adaptações que as tornam muito aptas para migrações verticais. Isto permite inferir que as rápidas alterações nos padrões de distribuição observados nesse estudo resultaram de migrações verticais de uma associação dominada por euglenóides. Por outro lado, a distribuição horizontal parece ser definida primariamente pelo transporte passivo por fluxos de água em superfície ou subsuperfície, como sugerido pelos padrões de escoamento observados em campo (obs. pess.).

Apesar da dominância dos euglenóides, houve evidências de uma mudança na composição florística da mancha ao longo do tempo, com o aumento da contribuição relativa de diatomáceas durante condições meteorológicas instáveis e a redução na densidade de *Euglena* sp. Neste sentido, é possível especular que as populações de euglenóides se comportaram de maneira mais oportunista, respondendo mais rapidamente às alterações ambientais.

Apesar das diferenças metodológicas, as densidades de MFB encontradas nesse trabalho são comparáveis às encontradas por outros autores, como GARCIA-BAPTISTA (1994), que registrou densidades totais de organismos integrantes do MFB de até 2.746.885 células por cm³.

¹ Segundo informações pessoais da Dra. Marinês Garcia (Universidade Federal de Pelotas - Instituto de Biologia), é possível que a espécie tratada seja *Euglena viridis*. Como identificações consistentes de euglenóides dependem de técnicas de microscopia eletrônica, não disponíveis no decorrer do estudo, os organismos foram mantidos em nível genérico, não se descartando a possibilidade de que mais de uma espécie ocorra no local.

As condições meteorológicas dos primeiros sete dias do estudo, com poucas nuvens e taxas de insolação elevadas, favoreceram o desenvolvimento da mancha em superfície, facilmente visualizada pela coloração verde e intensa produção de biofilme, causadas pela floração ou pela migração dos organismos para a superfície em busca de luz e nutrientes. HAY *et al.* (1993) sugeriram que a descida da maré, com a exposição do substrato a taxas elevadas de insolação, afetaria a distribuição do microfitobentos, forçando a sua migração vertical para a subsuperfície. Este padrão não foi observado no presente estudo, pelo menos nos primeiros sete dias, já que a mancha foi persistente, independente das taxas de insolação prevalentes.

Por outro lado, a partir do sétimo e nono dia de observação, ventos fortes e céu muito nublado com baixa insolação foram provavelmente responsáveis pelo aparente “desaparecimento” da mancha em superfície, embora ela tenha permanecido em subsuperfície, com a migração dos organismos para os estratos inferiores. Neste contexto, o desaparecimento visual da mancha não indica que a comunidade microfitobêntica desapareceu, mas que apenas não apresentou a formação do biofilme superficial resultante da concentração dos indivíduos na superfície do sedimento. Embora a amostragem físico-química não tenha sido estratificada, a queda na salinidade da água de percolação, da temperatura do ar e do sedimento, associada às mudanças meteorológicas, também explicaram grande parte da variação do MFB no final do estudo.

Foi observado um claro padrão de concentração dos organismos nos níveis praias intermediários, considerados ótimos para seu desenvolvimento, em função do desnível das marés, da redução da ressuspensão e dos níveis ótimos de insolação. De fato, populações de *Euglena* migram para a superfície do sedimento de regiões entre-marés durante as marés baixas, formando manchas mono-

específicas (KINGSTON, 1999). A radiação solar é reduzida aproximadamente três ordens de grandeza quando absorvida pela água do mar. Portanto, o MFB desenvolve-se durante a maré baixa (GUARINI *et al.*, 1997), quando estão presentes as condições ideais de radiação e temperatura.

Apesar de geralmente concentrado nos milímetros ou centímetros superficiais do substrato, o MFB pode estender-se até o limite da penetração luminosa, com registros de até 7 centímetros de profundidade (WELKER *et al.*, 2002). A análise de correspondência canônica indicou que a distribuição e a abundância do MFB foram condicionadas pela granulometria do sedimento. Sedimentos mais finos, com predominância de argila e silte e ricos em nutrientes e matéria orgânica, são substratos ideais para a colonização de manchas de MFB geralmente restritas à superfície (STEYAERT *et al.*, 2003). Sedimentos arenosos, com melhores condições de oxigenação e fluxos nos espaços intersticiais, tendem a ser mais favoráveis para o desenvolvimento de organismos também em sub-superfície, desde que tenham capacidade de migração vertical. A praia do Village apresenta características dissipativas com grande fonte de nutrientes e material orgânico produzido na zona de arrebentação e a composição arenosa além disso a praia estudada é enriquecida com nutrientes e material orgânico proveniente de diversas fontes, como os sangradouros temporários que drenam a vegetação de restinga adjacente e o próprio lençol freático.

A concentração do MFB em estratos inferiores nos níveis praias próximos da linha d'água foi um padrão observado em todos os dias de coleta, mostrando grande sincronismo da distribuição dos organismos com os níveis de maré. Este padrão recorrente de migração para estratos sub-superficiais próximo à linha d'água é

provavelmente um mecanismo adaptativo para evitar a ressuspensão provocada pelas ondas e correntes durante a preamar.

JOINT *et al.*, (1982), em um estudo sobre a distribuição vertical do microfitobentos em estratos na escala de 1 milímetro, partiram do pressuposto de que não seria possível detectar padrões de migração mesmo nessa escala adotada, que seria duas ordens de grandeza maior do que o tamanho médio das diatomáceas bênticas. No entanto, observaram padrões sistemáticos de migração vertical de microalgas no sedimento de acordo com o ciclo de marés. Embora a estratificação adotada no presente estudo fosse ainda maior, na escala de cm, foi ainda possível detectar com consistência claros padrões de migração vertical ao longo dos dias, embora resultados mais refinados pudessem ser obtidos com estratos mais finos e numerosos. Diatomáceas do MFB tais como *Diploneis* spp. e *Navicula* sp. podem reconhecidamente migrar durante meio ciclo de maré por distâncias de até 200 vezes o seu comprimento (JOINT *et al.*, 1982).

A migração vertical dos organismos do microfitobentos em curtas escalas temporais foi estudada por EASLEY *et al.*, (2005). Réplicas diárias e amostras estratificadas com resolução de milímetros, desde a superfície até 2,5 cm de profundidade, permitiram definir três padrões distintos de comportamento da microflora bêntica em uma praia arenosa semi-exposta da Carolina do Sul (USA): migração para a sub-superfície durante períodos de imersão; nenhuma mudança; ou transferência da biomassa do substrato para a coluna da água, por ressuspensão. Uma crítica pode ser feita à interpretação de Easley *et al.* (2005), já que seu estudo foi restrito aos 2,5 cm superficiais do sedimento. Os organismos supostamente transferidos para a coluna d'água por ressuspensão poderiam, na verdade, ter migrado para estratos mais profundos.

Ao contrário do que acontece com o material vegetal produzido por manguezais, restingas e outras formações costeiras, geralmente refratários e de baixa palatabilidade, os organismos do microfitobentos são reconhecidamente mais nutritivos e palatáveis para herbívoros, podendo ser pastados rapidamente (PETERSON, 1981; UNDERWOOD & PATERSON, 1993). Há evidências de que os herbívoros da macro- e meiofauna de praias estuarinas e expostas controlam as populações do microfitobentos, reduzindo a biomassa (ASMUS & ASMUS, 1985; REISS, 2007; UNDERWOOD & PATERSON, 1993). De fato, uma análise experimental de VOLKENBORN *et al.* (2007) mostrou que a concentração de clorofila-*a* é significativamente maior em áreas com exclusão da fauna pastadora devido à grande pressão exercida sobre o MFB.

Os elevados valores de feofitina principalmente em subsuperfície, em geral inversamente correlacionados com os de clorofila, podem ser uma evidência adicional do pastoreio (SHUMAN & LORENZEN, 1975) ou de senescência das populações (POPOVICH *et al.*, 2008).

A clorofila-*a* variou de concentrações não detectáveis até $6,6 \mu\text{g.g}^{-1}$ de sedimento úmido no estrato superior das amostras, como expressão da elevada variabilidade biológica em pequenas escalas espaciais e curtas escalas de tempo. Apesar da presença de clorofila-*a* ser um indício biológico direto da presença de microfitobentos, sua concentração não deve ser utilizada como único atributo descritivo, até mesmo por questões metodológicas. As análises utilizando espectrofotometria com uma cubeta de 1 cm de comprimento ótico não foram suficientemente acuradas para detectar o MFB em todas as amostras. Foram registradas elevadas densidades de microalgas mesmo em estratos inferiores, onde não foi possível a detecção de pigmentos pela baixa sensibilidade do método

analítico. Para amostras de sedimento com baixos teores de pigmentos fotossintéticos, devem ser utilizadas cubetas com percurso óptico de 5 ou 10 cm. Por outro lado, a contagem direta de indivíduos, apesar de mais trabalhosa e demorada, é mais precisa e acurada do que os métodos convencionais derivados de estudos do plâncton, baseados em contagens em alíquotas da água intersticial.

Outro critério importante que deve ser considerado em estimativas de abundância do microfitobentos é a concentração intracelular de clorofila. Algumas espécies podem apresentar cloroplastos grandes, altas concentrações de clorofila intracelular, o que levaria a uma superestimativa da abundância. Por outro lado, a espécie dominante *Euglena* sp. é um organismo que tem como característica principal a alternância de comportamento autótrofo e heterótrofo, com menor concentração intracelular de clorofila-a.

Florações com intensa produção primária tendem a ser observados em ambientes de menor energia, como lagunas e planícies costeiras. VAROLI & SOUZA (1991) quantificaram o microfitobentos na camada superficial do sedimento em baixios entre-marés do complexo lagunar de Cananéia-Iguape, com concentração de clorofila, entre 1 e 870 mg.m⁻². Estes valores extremamente elevados, provavelmente causados por uma floração com intensa produção primária numa área de baixa energia como é característica da região. Porém, a restrição das estimativas ao centímetro superficial do sedimento pode ter mascarado os reais processos de migração vertical e estratificação. WILTSHIRE (2000) encontrou valores de até 700 µg de clorofila-a.g⁻¹ de sedimento seco numa planície entre marés do estuário do Eden na Escócia, ressaltando-se que padronizou a unidade como concentração por sedimento seco e que o valor máximo foi registrado em

apenas um dos estratos, onde possivelmente se concentrou grande parte da biomassa da mancha de microfitobentos.

Fonseca (1998) em uma planície de maré na baía de Paranaguá encontrou muito mais organismos do que o presente estudo, cerca de 143.10^{15} indivíduos por cm^3 . Esta grande diferença talvez possa ser explicada devido ao menor hidrodinamismo em áreas internas, do que em praias com grande ação de correntes e ondas que ressuspendem o MFB. Fonseca também encontrou nessa planície de maré espécies similares as encontradas no presente estudo, demonstrando grande adaptação destas espécies a diferentes habitats.

A floração observada no presente trabalho foi menos espetacular em termos de abundância de organismos e biomassa produzida, porém mais contínua. Além de mais persistentes, os organismos tendem a manter concentrações expressivas mesmo em estratos mais profundos do sedimento. Estas evidências sugerem fortemente que o compartimento microfitobêntico de praias arenosas expostas pode, de fato, a base de redes tróficas bênticas, além de transferir energia para a coluna d'água, por ressuspensão, durante eventos meteorológicos extremos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 - A mancha estudada apresentou forma irregular, mas contínua, simulando um padrão de escoamento, provavelmente causado por fluxos superficiais ou sub-superficiais de água rica em nutrientes. Nos primeiros dias de observação, os organismos tenderam a se concentrar na superfície quando as condições de radiação solar, umidade, maré, temperatura (ar e sedimento) e nutrientes eram mais favoráveis. As condições climáticas prevalentes a partir do sétimo dia de observação e intensificadas no último, com ventos fortes e céu muito nublado com baixa insolação, foram provavelmente responsáveis pelo aparente “desaparecimento” da mancha em superfície, embora ela tenha permanecido em subsuperfície, com a migração dos organismos para os estratos inferiores.

2 - A mancha foi primariamente formada por *Euglena* sp. e secundariamente por diatomáceas. Os euglenóides foram responsáveis pelos rápidos processos de migração vertical, devido à sua mobilidade e estratégias de vida. Por outro lado, a distribuição horizontal parece ser definida primariamente pelo transporte passivo por fluxos de água em superfície ou subsuperfície, como sugerido pelos padrões de escoamento observados em campo.

3 - Apesar da dominância dos euglenóides, ocorreu uma mudança na composição florística da mancha ao longo do tempo, com o aumento da contribuição relativa de diatomáceas durante condições meteorológicas instáveis e a redução na densidade de *Euglena* sp. É possível especular que as populações de euglenóides se comportaram de maneira mais oportunista, respondendo mais rapidamente às alterações ambientais.

4 - Houve uma clara concentração dos organismos nos níveis praias intermediários, considerados ótimos para seu desenvolvimento, em função do desnível das marés, da redução da ressuspensão e dos níveis ótimos de insolação. O aparente desaparecimento da mancha no quinto nível praias, próximo à linha d'água, todos os dias de coleta, poderia ser interpretado como um limite de sua distribuição. Entretanto, as análises mostraram que na realidade os organismos migram para estratos sub-superficiais, como provável resposta adaptativa para evitar ressuspensão pela maré.

5 - Os métodos analíticos devem ser selecionados com cautela utilizando-se percursos ópticos adequados, de acordo com a concentração de pigmentos esperada. A concentração dos pigmentos fotossintéticos se mostrou um grande aliado para a determinação de biomassa das microalgas, mas as contagens diretas não devem ser abandonadas, por quantificarem com maior exatidão a biomassa presente, além de permitir a identificação e caracterização da associação microfitobêntica.

6 - Os elevados valores de feofitina, em geral inversamente correlacionados com os de clorofila, principalmente em subsuperfície, podem ser uma evidência de pastoreio intensivo por herbívoros ou de senescência das populações

7 - A floração observada no presente trabalho foi menos espetacular em termos de abundância de organismos e biomassa produzida do que as florações descritas em ambientes de menor energia e mais ricos em nutrientes. Por outro lado, além de mais persistentes, os organismos tendem a manter concentrações expressivas mesmo em estratos mais profundos do sedimento, sugerindo que o microfitobentos local pode ser de fato a base de redes tróficas bênticas praias, além

de transferir energia para a coluna d'água, por ressuspensão durante eventos meteorológicos extremos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASMUS, H.; ASMUS R. The importance of grazing food chain for energy flow and production in three intertidal sand bottom communities of the northern Wadden Sea. **Helgoland Marine Research**, v.39, p. 273-301, 1985.
- BARRANGUET, C. The Role of Microphytobenthic Primary Production in a Mediterranean Mussel Culture Area. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 44, 753 – 765, 1997.
- BARROS, F.; BORZONE, C. A.; ROSSO, S. Macroinfauna of Six Beaches near Guaratuba Bay, Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 44, n. 4, p. 351 - 364, 2001.
- BILLERBECK, M.; RØY,R.; BOSSELMANN, K.; HUETTEL, M. Benthic photosynthesis in submerged Wadden Sea intertidal flats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 71, p. 704-716, 2007.
- BORZONE, C. A.; SOUZA, J. R. B. ; SOARES, A. G. . Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. *Revista Chilena de Historia Natural*, Chile, v. 69, p. 565-577, 1996.
- BORZONE, C. A. ; SOUZA, J. R. B. . Estrutura da macrofauna bentônica no supra, meso e infralitoral de uma praia arenosa do sul do Brasil. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 3, p. 197-212, 1997.
- BROTAS V., **Ecologia do microfitobentos ou a cor dos lodos**. Fragmentos de Ecologia. Escolar Editora, p.207-221, 2002.
- CAMARGO, M. G. SYSGRAM para Windows: sistema de análises granulométricas. **Revista Brasileira de Geociências**. 2006.
- COTOVICZ JÚNIOR, L. C. **Dinâmica geoquímica do fósforo (P) nos sedimentos recentes da Baía de Guaratuba, Paraná**. 99 f. Monografia (Setor de Ciência da Terra). - Universidade Federal do Paraná, 2006.
- DE BROUWER, J. F. C.; BJELIC, S.; DE DECKERE, E. M. G. T.; STAL, L. J. Interplay between biology and sedimentology in a mudflat (Biezelingse Ham, Westerschelde, The Netherlands). **Continental Shelf Research**, v. 20, n. 1, p. 1159 - 1177, 2000.

EASLEY, J.T.; HYMEL, S.N.; PLANTE, C.J.. Temporal patterns of benthic microalgal migration on a semi-protected beach. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. v.64, p.486-496, 2005.

GUARINI J.M.; BLANCHARD G.F.; GROS F. Quantification of the microphytobenthic primary production in European intertidal mudflats - a modelling approach. **Continental Shelf Research**, v. 20, n. 1, p. 1771 - 1788 2000.

JESUS, B. M. F. B. **Ecophysiology and spatial distribution of microphytobenthic biofilms**. Lisboa, 2005. 258 f. Doutorado (Faculdade de Ciências - Departamento de Biologia). Universidade de Lisboa.

JESUS, B.; MENDES, C. R.; BROTAS, V.; PATERSON, D. M. Effects of sediments type on microphytobenthos vertical distribution: modelling the productive biomass and improving ground truth measurements. **Journal of Experimental marine Biology and Ecology**, v. 332, p. 60 - 74, 2005.

JOINT, I.R.; GEE, J.M.; WARWICK, R.M. Determination of fine-scale vertical distribution of microbes and meiofauna in an intertidal sediment. **Marine Biology**. v. 72, p. 157-164, 1982.

LORENZEN, C.J. Determination of chlorophyll and phaeopigmentes: Spectrophotometric equations. **Limnol Oceanogr.**, v. 12, p.343-346, 1967.

MACINTYRE, H. L.; GEIDER, R. J.; MILLER, D. C. Microphytobenthos: The Ecological Role of the "Secret Garden" of Unvegetated, Shallow-Water Marine Habitats. I. Distribution, Abundance and Primary Production. **Estuarine Research Federation**, v. 19, n. 2A, p. 186 - 201, 1996.

KINGSTON, M.B. Effect of light on vertical migration and photosynthesis of *Euglena proxima* (Euglenophyta). **J. Phycol.** v.35, p.245-253, 1999.

KOH, C.-H.; KHIM, J. S.; ARAKI, H.; YAMANISHI, H.; KOGA, K. Within-day and seasonal patterns of microphytobenthos biomass determined by co-measurements of sediments and water column chlorophylls in the intertidal mudflats of Nanaura, Saga, Ariake Sea, Japan. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 72, p. 42 - 52, 2007.

KROMKAMP, J., BARRANGUET, C., PEENE, J., Determination of microphytobenthos PSII quantum efficiency and photosynthetic activity by means of

variable chlorophyll fluorescence. **Marine Ecology Progress Series**. v. 162, p. 45–55, 1998.

PELLIZZARI, F.; BORZONE, C.A.; PEZZUTO, P.R.; ZEHNDER-ALVES, L. The contribution of microphytobenthos for the scallop *Euvola ziczac* (Bivalvia: Pectinidae) feeding in a shallow area of the south-eastern Brazilian continental shelf. **Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom**, V. 85, p. 1-7, 2005.

PERKINS R. G.; HONEYWILL C.; CONSALVEY M.; AUSTIN H.A.; TOLHURST T.J.; PATERSON D.M. Changes in microphytobenthic chlorophyll a and EPS resulting from sediment compaction due to de-watering: opposing patterns in concentration and content. **Continental Shelf Research**, v. 23, 6, p. 575-586, 2003.

PINCKNEY, J.L.; CARMAN, K.R.; LUMSDEN, S.E.; HYMEL, S.N.. Microalgal-meiofaunal trophic relationships in muddy intertidal estuarine sediments. **Aquatic Microbial Ecology**, v.31 p.99-108, 2003.

POPOVICH C.A.; SPETTER C.V.; MARCOVECCHIO J.E.; FREIJE R.H.. Dissolved Nutrient Availability During Winter Diatom Bloom In A Turbid And Shallow Estuary (Bahía Blanca, Argentina). **Journal of Coastal Research**, v.24, p.95-102, 2008.

QUEIROZ, R.L.; BRANDINI, F.P.; PELLIZZARI, F.M. Dynamics of microalgal communities in the water-column/sediment interface of the inner shelf of Paraná state, southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.52(3/4) p.183-194, 2004.

REISS, H.; WIEKING, G.; KRÖNCKE, I. Microphytobenthos of the Dogger Bank: a comparison between shallow and deep areas using phytopigment composition of the sediment. **Marine Biology**. v.150, p. 1061 - 1071, 2007.

RIETHMÜLLER, R.; HEINEKE, M.; KÜHL, H.; KEUKER-RÜDIGER, R. Chlorophyll a concentration as an index of sediment surface stabilisation by microphytobenthos? **Continental Shelf Research**, v. 20, p. 1351 - 1372, 2002.

SERÔDIO, J., VIEIRA, S., CRUZ, S., BARROSO, F.,. Short-term variability in the photosynthetic activity of microphytobenthos as detected by measuring rapid light curves using variable fluorescence. **Marine Biology**. v.146, p. 903 - 914, 2005.

SILVA P.R.F.; FREITAS T.F.S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural Santa Maria**, v.38 p.843-85, 2008.

SHUMAN, F. & LORENZEN, C. Quantitative degradation of chlorophyll by a marine herbivore. **Limnol. Oceanogr.** v. 20: p. 580-586, 1975.

SOARES, C. R.; ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.. Morfodinâmica de ambientes atuais, evolução da planície durante o Quaternário e problemas de erosão costeira. Curitiba: **Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**, v. 1. 127 p, 1997.

SUNDABÄCK, K.; NILSSON, P.; NILSSON, C.; JÖNSSON, B. Balance Between Autotrophic and Heterotrophic Components and Processes in Microbenthic Communities of Sandy Sediments: A Field Study. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 43, p. 689 - 706, 1996.

STEYAERT M., VANAVERBEKE J., VANREUSEL A., BARRANGUET C., LUCAS C. e VINCX M. The importance of fine-scale, vertical profiles in characterising nematode community structure. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 58, p. 353 - 366, 2003.

TEIXEIRA, P.C.N.; TEIXEIRA, C.M.L.L. Potencial de geração de combustíveis a partir de microalgas. Resumo expandido: **CONAE**, Dezembro de 2006.

UNDERWOOD G. J. C. ; PATERSON D. M. Seasonal changes in diatom biomass, sediment stability and biogenic stabilization in the Severn Estuary. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 73, p. 871-887, 1993.

VAROLI, F. M. F. & SOUSA, E. C. P. M. Macrofauna e biomassa microfítobentônica da região estuarino-lagunar Iguape-Cananéia (25°00'S - 48°00'W) São Paulo, Brasil. **Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul E Sudeste Brasileira: Estrutura, Função E Manejo**, São Paulo, v. 2, p. 95 - 107, 1990.

VAROLI, F. M. F. & SOUSA, E. C. P. M. Avaliação da macrofauna bentônica e do microfítobentos da região entremarés da praia da Enseada, Guarujá (23°30'S e 46°05'W - 46°30'W). **Anais...Simpósio sobre Oceanografia**, p.164, 1991.

VOLKENBORN, N.; HEDTKAMP, S.I.C; VAN BEUSEKOM, J.E.E.; REISE, K. Effects of bioturbation and bioirrigation by lugworms (*Arenicola marina*) on physical and chemical sediment properties and implications for intertidal habitat succession. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Volume 74, p. 331-343, 2007.

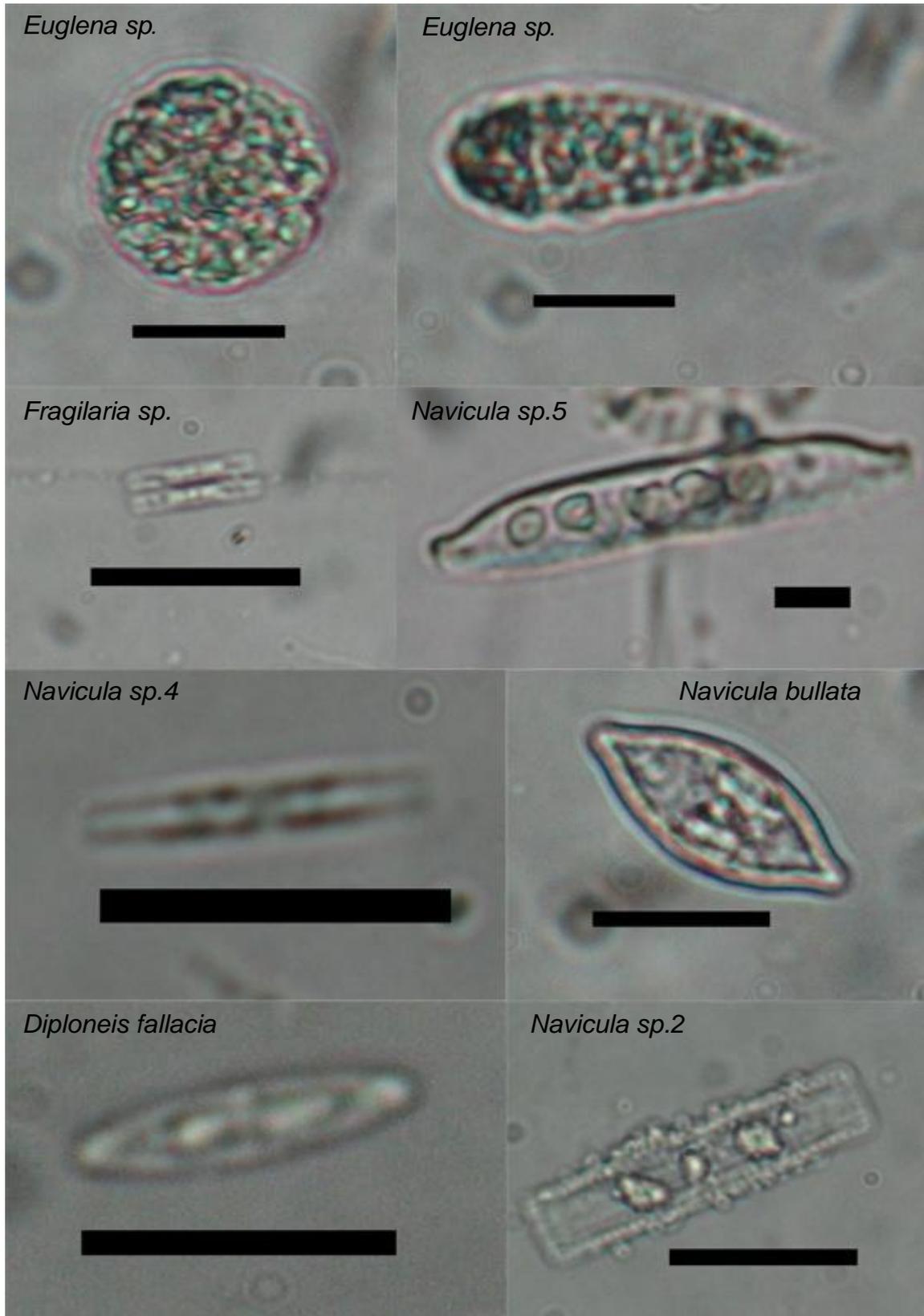
WELKER, C.; SDRIGOTTI, E.; COVELLI, S.; FAGANELI, J. Microphytobenthos in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea): Relationship with Labile Sedimentary Organic Matter and Nutrients. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 55, p. 259 - 273, 2002.

WILTSHIRE, K. H. Algae and associated pigments of intertidal sediments, new observations and methods. **Limnologica**, v. 30, p. 205 - 214, 2000.

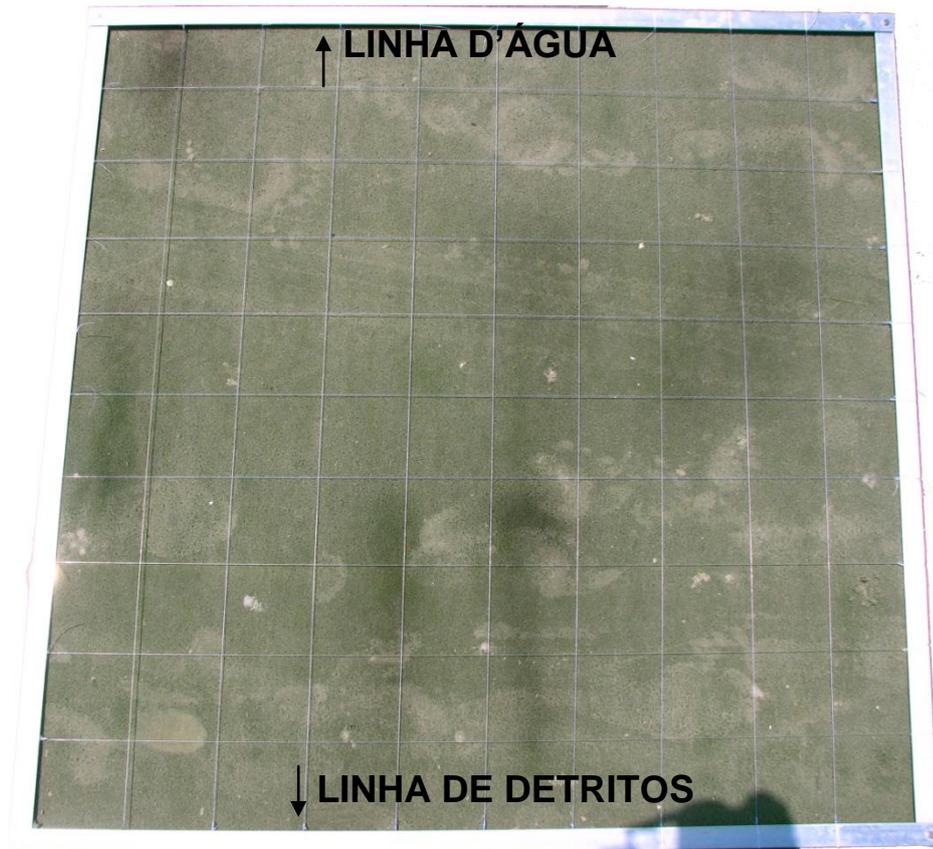
8. APÊNDICES

ANEXO 1 - LISTA DE ESPÉCIES ENCONTRADAS E DOMINÂNCIAS RELATIVAS.

Táxons	Dominância
<i>Euglena</i> sp.	69,91%
<i>Fragilaria</i> sp.	4,21%
<i>Navicula</i> sp.5	3,70%
<i>Navicula</i> sp.4	3,38%
<i>Navicula bullata</i>	3,37%
<i>Diploneis fallacia</i>	3,26%
<i>Navicula</i> sp.2	3,11%
<i>Navicula</i> sp.3	1,55%
<i>Melosira</i> sp.1	1,31%
<i>Diploneis</i> sp.	1,31%
<i>Navicula</i> sp.6	1,12%
<i>Achnanthes</i> sp.2	1,09%
Espécie não identificada 1	1,03%
Espécie não identificada 2	0,54%
Espécie não identificada 3	0,37%
<i>Anabaena</i> sp.	0,32%
<i>Melosira</i> sp.2	0,24%
<i>Achnanthes</i> sp.1	0,17%
18 táxons	100,00%



ANEXO 2 - PRANCHA COM FOTOGRAFIAS DIGITAIS DAS SEIS ESPÉCIES DOMINANTES. A ESCALA ESTÁ REPRESENTADA EM BARRAS VERTICAIS QUE REPRESENTAM 0,01 MM



ANEXO 3 - FOTOGRAFIA DIGITAL DE UM QUADRATE 1M X 1M. MANCHAS APRESENTANDO PADRÃO DE ESCORRIMENTO.