

14. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA E ZOOPLANCTÔNICA.....	1
14.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
14.2. METODOLOGIA.....	3
14.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
14.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
14.5. CRONOGRAMA	71
14.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
14.7. EQUIPE TÉCNICA.....	74

14. Programa de Monitoramento da Comunidade Fitoplanctônica e Zooplanctônica

14.1. Introdução e Objetivos

14.1.1. Comunidade Fitoplanctônica

O fitoplâncton é importante não só por constituir uma das fontes primárias de energia para o meio aquático, como também por desempenhar um papel fundamental na captura do CO₂ atmosférico. Por meio do processo de fotossíntese, o fitoplâncton é capaz de fixar mais de 50 Gt de carbono por ano, o equivalente a aproximadamente metade da produção primária global (Falkowski *et al.* 1998).

Devido ao seu tamanho pequeno e ciclo de vida de alguns dias, constitui uma ferramenta fundamental como indicador de qualidade ambiental.

A composição do fitoplâncton em um corpo de água muda continuamente em dominância e diversidade de acordo com as mudanças físicas (luz, temperatura, turbulência), químicas (nutrientes inorgânicos, quelantes, vitaminas) e biológicas (competição, predação) (Hallegraeff & Reid, 1986).

Fatores físico-químicos afetam a sucessão e a dinâmica do fitoplâncton. Descargas de água doce afetam o tempo de residência disponível para o crescimento dos diferentes taxa do fitoplâncton, e também influencia na sucessão do fitoplâncton marinho, estuarino e de água doce à medida que impede a entrada da água do mar para dentro do estuário.

Os três principais grupos, Bacillariophyta, Dinophyta e Chlorophyta, estão separados temporalmente pelas estações do ano e espacialmente, ao longo do estuário, de acordo com o fluxo e salinidade. Bacillariophyta exibe a maior taxa de crescimento em ambientes turbulentos. Dinophyta, é dominada por poucas espécies de água salobra, possuem a menor taxa de crescimento e ocorrem em locais com fluxo pequeno de água. Chlorophyta possuem taxas de crescimento intermediárias e é restrita a ambientes de água doce. No estuário, os nutrientes

parecem ser menos importantes do que o fluxo e salinidade na regulação da sucessão do fitoplâncton (Chan & Hamilton, 2001).

O fitoplâncton no estuário, também está sob a influência dos gradientes de salinidade e mudanças entre o sedimento e a coluna de água adjacente. Muitas das diatomáceas amostradas no plâncton são de origem bentônica como: *Entomoneis paludosa*, *Gyrosigma balticum*, *G. fasciola*, *G. acuminatum*, *Pleurosigma strigosum*, *P. normanii*, *Nitzschia pusilla*, *Cylindrotheca closterium*, *N. sigma* ou formas meroplanctônicas *Thalassiosira decipiens*, *Cyclotella striata*, *C. meneghiniana*, *Paralia sulcata*, *Actinoptychus senarius*, comuns nas camadas superficiais do sedimento. Na presença de água doce são observadas algas do perifiton como: *Melosira varians*, *M. moniliformis*, *Bacillaria paxillifer*, *Achnanthes spp.* Portanto, a riqueza de espécies no plâncton é aumentada por suspensão de microalgas epipelica-epífitas como se fosse um processo de migração do ambiente bentônico para a coluna d'água (Cloern & Dufford, 2005).

14.1.2. Comunidade Zooplanctônica

Os organismos zooplanctônicos possuem um papel central na trama trófica de ecossistemas costeiros e estuarinos, como consumidores, presas e competidores, e sua atividade metabólica tem importantes implicações para a ciclagem de compostos orgânicos e inorgânicos na coluna de água. Várias espécies de crustáceos e de peixes utilizam os estuários como zonas de berçário e crescimento e em muitos casos ocorrem sob a forma de ovos e larvas compondo a comunidade zooplanctônica. Além disto, o recrutamento de muitas espécies de importância econômica depende da disponibilidade adequada de alimento planctônico. Várias forças físicas e químicas atuam sobre o zooplâncton, com reflexos diretos (retenção, advecção, mortalidade) e indiretos (disponibilidade de alimento, predação, competição por espaço ou recursos) sobre a produtividade e a variabilidade espacial e temporal do ecossistema.

Alterações na qualidade ambiental dos sistemas estuarinos podem afetar os organismos zooplanctônicos. Entre os impactos mais importantes estão as mudanças na circulação da água nas áreas de influência de empreendimentos

portuários. Alterações na magnitude e nos padrões espaciais e temporais das correntes estuarinas podem afetar o deslocamento passivo e ativo (por migração vertical) do zooplâncton. Estas mudanças na circulação podem gerar impactos sobre parâmetros físicos e químicos da água, como a salinidade e a turbidez. Caso estes impactos sejam significativos, ocasionam a desestruturação de associações de espécies nas áreas de influência direta e indireta do complexo do porto e, em alguns casos, sua substituição por outras. A atividade portuária pode ainda contribuir para a introdução de contaminantes orgânicos e inorgânicos no ecossistema aquático, com consequências para os processos biogeoquímicos envolvendo o zooplâncton. Não menos relevante é a possibilidade de introdução de espécies exóticas pelo vetor do transporte marítimo, incluindo a água de lastro e a bioincrustação, neste caso de organismos bentônicos que produzem larvas meroplânctônicas.

14.2. Metodologia

Para a avaliação da Comunidade de fitoplâncton e zooplâncton, foram realizadas coletas em janeiro (Campanha Prévia - verão) e julho de 2010 (primeira Campanha - inverno). A rede amostral do programa em questão é composta por um total de 50 pontos de coleta, sendo 40 pontos coincidentes ao estudo do meio biótico do EIA/RIMA (FRF, 2008) e 10 pontos adicionais na área dragada (meio do canal), conforme a Figura 14.2-1. Assim, o monitoramento irá ocorrer em toda a área diretamente afetada (ADA) e área de influência direta (AID) da obra de dragagem de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos, em pontos amostrados coincidentes aos do diagnóstico do meio biótico apresentado no EIA/RIMA (FRF, 2008).

Neste relatório são descritos e integrados os resultados das duas campanhas executadas até o momento.

Figura 14.2-1. Indicação dos 50 pontos amostrais das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas. Em amarelo os pontos indicados pelo EIA/RIMA (FRF, 2008) e em azul os pontos adicionais na área dragada.

14.2.1. Comunidade Fitoplanctônica

As amostras foram coletadas e imediatamente fixadas com solução de formalina neutralizada com hexametileno tetramina (0,4% concentração final). Para a contagem e identificação dos organismos do fitoplâncton, foram utilizadas câmaras de sedimentação com volume de 10ml, com 24 horas de sedimentação. Após esse tempo, a cubeta foi levada ao microscópio invertido (Zeiss - axiovert), segundo o método de Uthermöhl (1931). Para as frações do nanoplâncton (< que 20µm), a contagem foi feita em transectos com aumento final de 400X e do microfitoplâncton (> que 20µm) em toda a câmara com aumento final de 200X. Os resultados apresentaram a densidade celular total expressa em cel.l^{-1} . A identificação de dinoflagelados atecados (sem placas de celulose), como exemplo dos Gymnodiniales, foi feita após contagem em lâmina com imersão (1.600X de magnitude) para observar detalhes da estrutura. Para os dinoflagelados com placas de celulose, os indivíduos foram corados e as placas observadas também em 1.600X de magnitude. A identificação foi em nível de espécie quando possível seguindo as literaturas: Bicudo & Menezes (2006); Thomas (1997); Balech, *et al.* (1984); Caljon (1983); Elster & Ohle (1983); Dodge (1982). A ordem hierárquica seguiu a classificação no *algaebase* (www.algaebase.org/).

A estrutura da comunidade e a comparação entre os pontos de coleta foram dadas por meio dos cálculos de riqueza, índice de diversidade específica segundo Shannon-Wiener (H') (1948) e equitabilidade (J).

Riqueza (S): A riqueza foi estimada a partir do número de táxons encontrados em cada amostra

Índice de Diversidade de Shanon (H'):

$$H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i$$

Sendo $p_i = N_i/N$ total

Onde:

p_i - Abundância relativa de gêneros/espécies;

N_i - densidade de indivíduos de um dado gênero ou espécie (fitoplâncton);

N total- densidade total de organismos fitoplanctônicos.

Equitabilidade (J): calculada a partir do H' através da seguinte equação:

$$J = H' / \log_2 S$$

J- Equitabilidade

H'- índice de diversidade de Shannon-Weaver;

S- Riqueza específica

Para avaliar a similaridade entre os pontos e os dois períodos de coleta, foram aplicados os testes ANOSIM e SIMPER com a utilização do PRIMER na matriz de dados (espécies X ponto).

14.2.2. Comunidade Zooplanctônica

Foi utilizada uma rede cônico-cilíndrica, com 40 cm de diâmetro interno, 1,76 m de comprimento e malha de 200 μm . Na boca da rede, foi acoplado um fluxômetro (General Oceanics), devidamente calibrado, para a estimativa do volume filtrado pela rede durante os arrastos horizontais com duração de 3 minutos cada.

As amostras foram transferidas para frascos apropriados e preservadas em solução salina de formaldeído a 4%, tamponada.

O cálculo do volume de água filtrado nos arrastos foi feito de acordo com a seguinte expressão:

$$V = a * n * c$$

Onde:

V = volume de água filtrada pela rede (m^3);

a = área da boca da rede (m^2);

n = número de rotações do fluxômetro durante o arrasto;

c = taxa de calibração do fluxômetro (rotações por metro).

No laboratório, as amostras de zooplâncton foram fracionadas utilizando um quarteador do tipo Motoda (Motoda, 1959). As alíquotas, com no mínimo 300 organismos (Omori & Ikeda, 1984), foram analisadas sob estereomicroscópio binocular até o nível de gênero ou espécie para os organismos do holoplâncton e em grandes grupos para o meroplâncton. A identificação dos organismos do zooplâncton foi baseada nas seguintes referências: Todd *et al.* (1996), Boltovskoy (1981) e Boltovskoy (1999).

O cálculo do número de indivíduos por metro cúbico de água foi feito dividindo-se o número total de organismos encontrados para cada táxon identificado, pelo volume de água filtrado pela rede em cada ponto de coleta.

Os índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson foram calculados para cada ponto de coleta e separadamente para os organismos do holoplâncton e do meroplâncton/ticoplâncton.

O índice de diversidade de Shannon (H') mede o grau de incerteza em se prever a qual espécie pertencerá um indivíduo escolhido ao acaso. Portanto, quanto maior o valor, maior o grau de incerteza e em uma comunidade com somente uma espécie não há dúvidas quanto à qual espécie pertence um indivíduo retirado ao acaso, sendo então $H' = 0$. Em outras palavras, quanto maior o valor deste índice, maior a diversidade. O valor do índice de Shannon aumenta com o aumento do número de espécies e teoricamente pode atingir qualquer valor máximo, mas, na prática, valores maiores do que 5 são raros. A base logarítmica proposta inicialmente é \log_2 por sua relação com a Teoria da Informação (Krebs, 1999).

A obtenção deste índice para os pontos de coleta do presente estudo se deu a partir da seguinte fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i) * (\log_2 p_i)$$

Onde:

H' = índice de diversidade (bits/indivíduo)

s = número de espécies

p_i = proporção da espécie i na amostra

O índice de Simpson indica o grau de dominância existente em uma comunidade. Reflete a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso na comunidade pertencerem à mesma espécie. Varia de 0 a 1 e quanto mais alto for, maior a probabilidade dos dois indivíduos sorteados serem da mesma espécie, ou seja, maior a dominância e menor a diversidade. É calculado da seguinte maneira:

$$SI = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Onde:

s = número de espécies

p_i = proporção da espécie i na amostra

Para a análise de ordenação não-métrica multidimensional (N-MDS) as matrizes de dados de densidade do zooplâncton para cada campanha foi reduzida para 60 taxa, retirando da análise aqueles que ocorreram em 8% ou menos dos 50 pontos de coleta. Os dados de densidade foram transformados pela raiz quadrada e o índice de similaridade utilizado foi o de Bray-Curtis.

14.3. Resultados e Discussão

14.3.1. Comunidade Fitoplanctônica

Campanha de janeiro de 2010 (Campanha Prévia)

A composição do fitoplâncton, nos pontos de coleta amostrados no verão (campanha prévia), foi típica de regimes costeiros com influência de água doce e foi determinada principalmente pela estratificação salina. Nas 50 amostras coletadas, foram observados 281 taxa pertencentes aos filos Cyanobacteria, Chlorophyta, Bacillariophyta, Heterokontophyta, Myzozoa, Sarcomastigophora,

Euglenozoa, Charophyta, Chlorophyta, Ciliophora; inseridos em 16 classes e 52 ordens.

O fitoplâncton total variou entre $1,55 \times 10^6$ cels/l no Canal de São Vicente (P37) a $22,2 \times 10^6$ cels/l Canal de Santos (P9), (Figura 14.3.1-1). Estes são números intermediários entre os registrados por Frazão (2001) de 3,76 a $48,63 \times 10^6$ cels/l na baía de Santos e próximo ao emissário e os encontrados por Moser (2002), num período chuvoso, de 5×10^6 cels/l para o Canal de São Vicente e 1×10^6 cels/l no Canal de Santos.

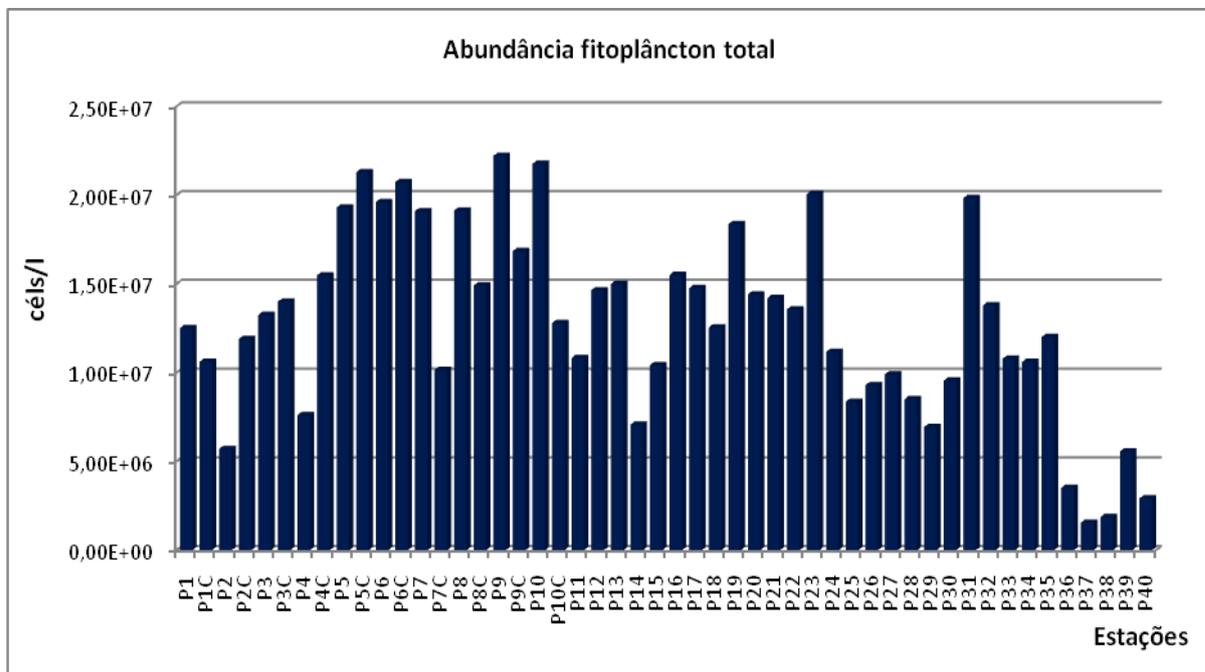


Figura 14.3.1-1. Abundância do fitoplâncton total nas 50 amostras coletadas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia) em números de células por litro.

A fração entre $2 \mu\text{m}$ e $20 \mu\text{m}$, foi a mais abundante em todo o estuário, variando entre $1,44 \times 10^6$ cels/l (P37) e 21×10^6 cels/l (P9), contribuindo com 89% dentro do nanoplâncton (P38) e 74% da população total (P33).

No nanoplâncton (células entre $2 \mu\text{m}$ e $20 \mu\text{m}$), o grupo dos flagelados, juntamente com os filos Bacillariophyta e Cyanobacteria foram os mais abundantes na região (Figura 14.3.1-2). Bacillariophyta foi o mais representativo e abundante depois dos flagelados nesta fração de tamanho. *Thalassiosira spp*

($8,74 \times 10^6$ céls/l no ponto P31), *Thalassiosira pseudonana* ($3,81 \times 10^6$ céls/l no P1), *Skeletonema costatum* ($3,12 \times 10^6$ céls/l no P5), *Leptocylindrus minimus* ($4,68 \times 10^6$ céls/l no P31) e, *Chaetoceros socialis* ($3,78 \times 10^6$ céls/l no P6), tiveram contribuição relativa entre 31% e 88% do total da população. Os gêneros de *Syneocystis* e *Microcystis* foram os mais abundantes do filo Cyanobacteria nesta classe de tamanho.

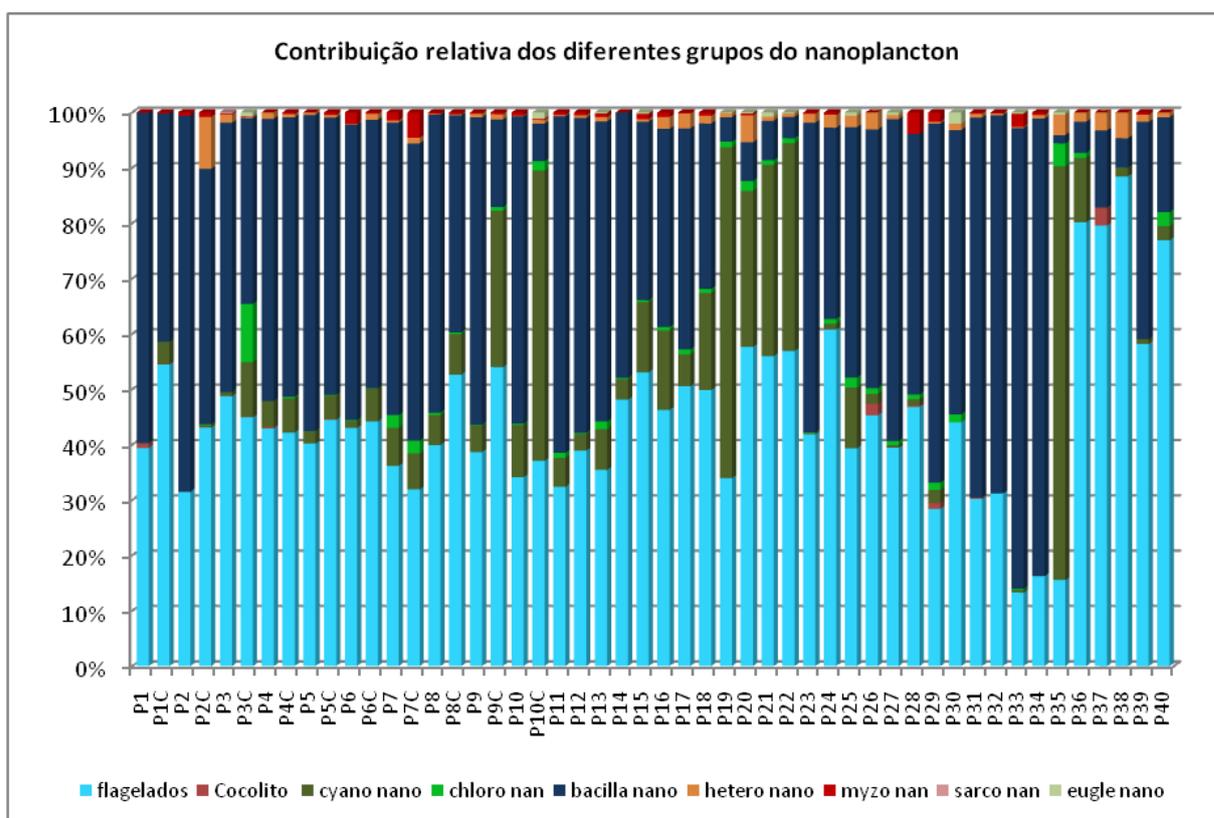


Figura 14.3.1-2. Contribuição relativa dos diferentes filos do nanoplâncton (tamanho entre $2\mu\text{m}$ e $20\mu\text{m}$) nas 50 amostras coletadas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia).

Cyanobacteria, Mizozoo (dinoflagelados), Bacillariophyta e Euglenozoa, são os filos mais representativos no microplâncton (Figura 14.3.1-3). Espécies marinhas como *Chaetoceros lacinosus*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Grammatophora marina*, *Guinardia striata*, grupo das *Pseudonitzschia* e *Nitzschiella*, mostram o domínio no ponto P23, localizado no Rio Diana, conforme observado no gráfico do filo Bacillariophyta, apresentando também domínio das diatomáceas. Estas são de origem de água doce como o

genero *Aulacoseira*. Ao adentrarmos o Canal de Santos, em direção às águas interiores, este domínio passa a ser das cianofíceas filamentosas, com a presença das espécies de *Cylindropermopsis raciborskii* ($1,3 \times 10^6$ céls/l no ponto P9C), *Planktolyngbea sp* ($3,5 \times 10^5$ céls/l no P9C) e *Planktothrix agardii* ($5,78 \times 10^5$ céls/l no P2). No canal de Bertioga a fração do microplâncton é dominada pelos dinoflagelados. No ponto P30, localizado na região do Canal de Bertioga, 96% da população foram constituídas por *Karenia mikimotoi*, com um número expressivo de $1,39 \times 10^6$ céls/l. *Peridinium quinquecorne* contribuiu com 36% da população no ponto P27. No Canal de São Vicente, o microplâncton foi dominado pelas Euglenales, com $4,54 \times 10^5$ céls/l no P35. Ao longo de todo o estuário, exceto para os pontos localizados na entrada do Canal de Santos, foi registrada a presença de *Mesodinium rubrum*, sua maior contribuição foi no ponto P8 com $1,02 \times 10^5$ ind./l, e maior representatividade dentro do Canal de Bertioga no P32 (21% do microplâncton).

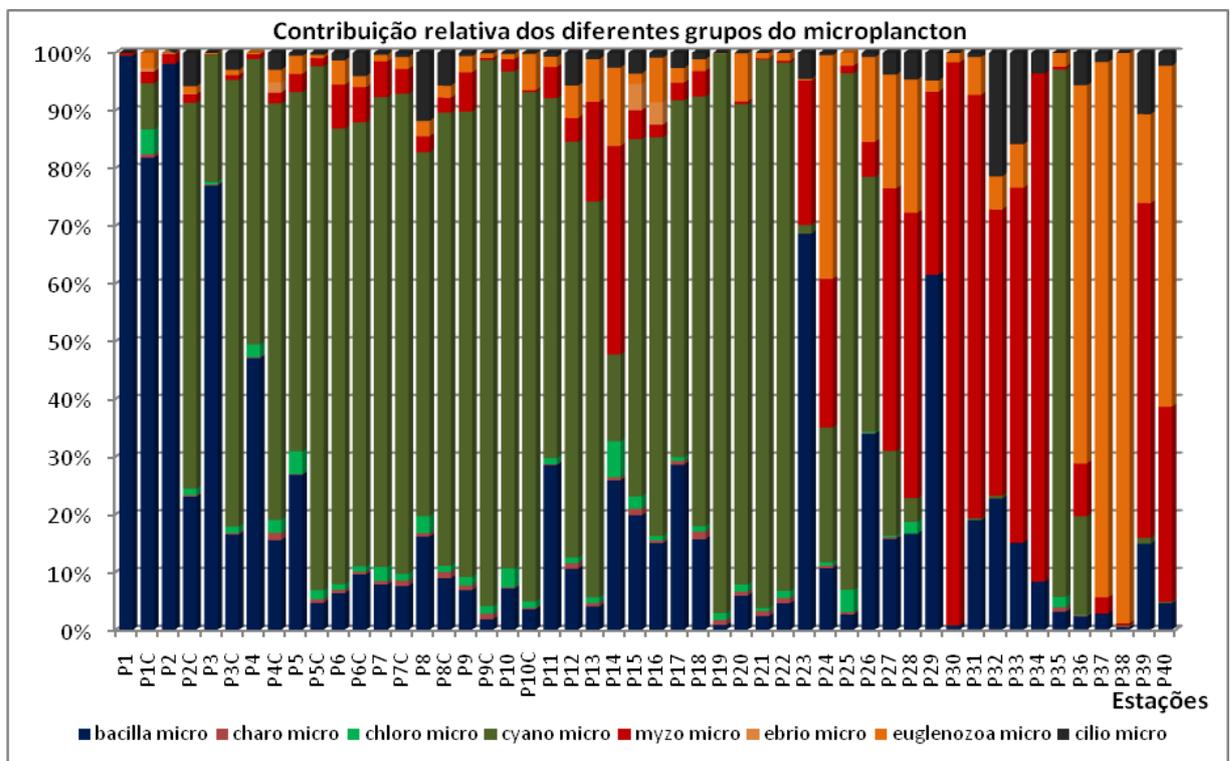


Figura 14.3.1-3. Contribuição relativa dos diferentes filós do microplâncton (tamanho entre 20µm e 200µm) nas 50 amostras coletadas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia).

A riqueza específica variou entre 16 espécies (ponto P37) e 62 espécies (P2). Os menores valores foram registrados nos pontos situados no interior do estuário, próximas e no Largo de Canéu e canal de São Vicente (Figura 14.3.1-4).

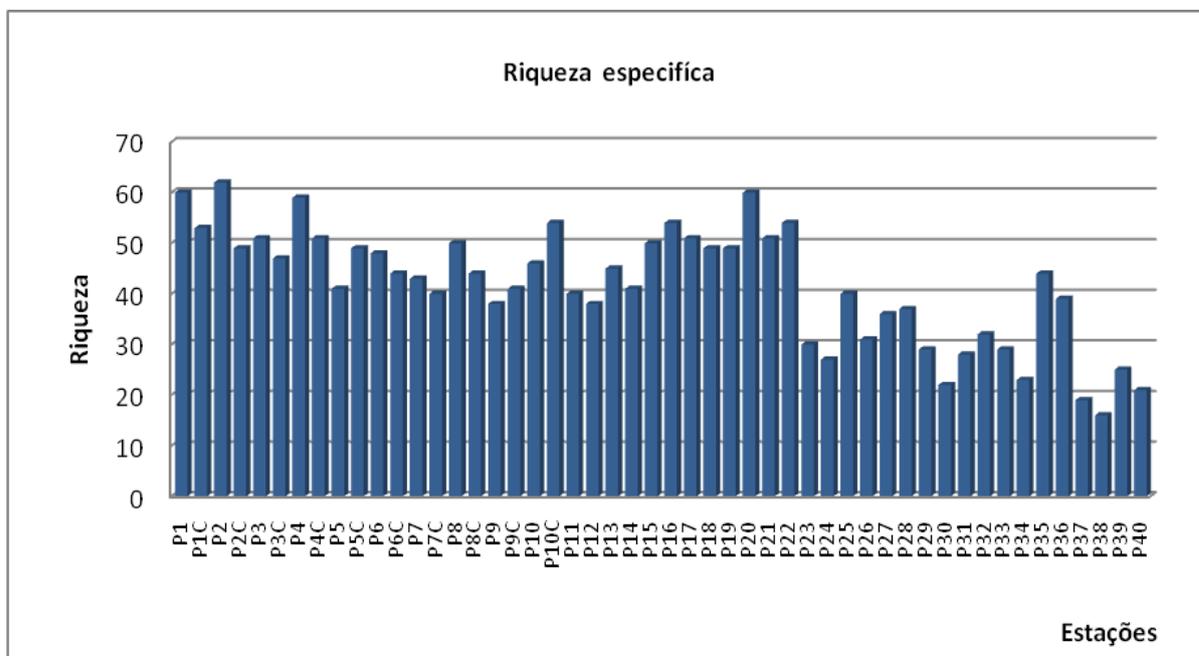


Figura 14.3.1-4. Riqueza específica do fitoplâncton registrada para as 50 amostras coletadas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia).

O índice de diversidade específica ficou acima de 2 bits na maioria dos pontos de coleta. Os menores valores foram obtidos nas amostras coletadas no Canal de Bertioiga nos pontos P33 e P34, nos quais foi observado valor de 0,6 bits (Figura 14.3.1-5).

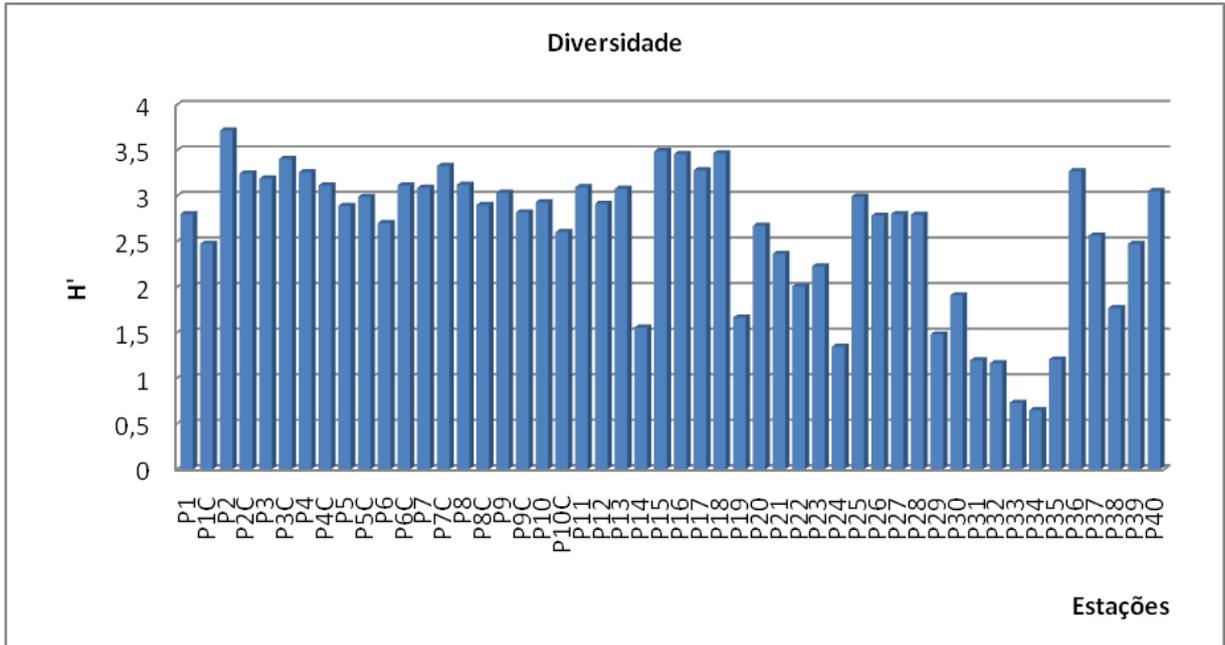


Figura 14.3.1-5. Diversidade específica do fitoplâncton nas 50 amostras coletadas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia)

Valores de equitabilidade variaram entre 0,14 (P34) e 0,7 (P40). Valores acima de 0,5 são encontrados nas amostras dentro do Canal de Santos da entrada até a parte interna, próximo à saída do Canal de Bertioga e no Canal de São Vicente (Figura 14.3.1-6).

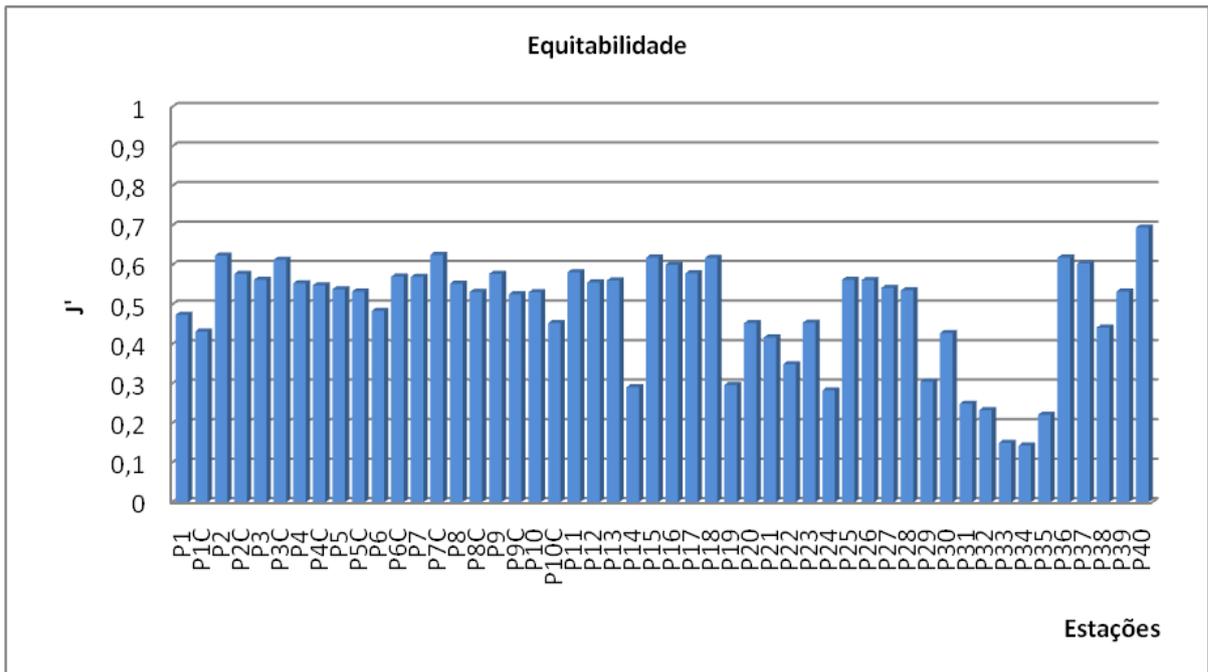


Figura 14.3.1-6. Equitabilidade nas 50 amostras coletadas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia).

Para as coletas de janeiro de 2010, o fitoplâncton no sistema estuarino de Santos foi composto por espécies neríticas marinhas capazes de suportar grandes variações de salinidade, espécies estuarinas e as encontradas em águas interiores, lagoas e represas. Foi constituído principalmente por organismos de pequeno tamanho denominado de nanoplâncton (entre 2 μ m e 20 μ m), representado pelos flagelados e os filós Bacillariophyta e Cyanobacteria.

Os índices de riqueza, diversidade e equitabilidade apontam para um ambiente que embora, possua uma diversidade relativamente alta, não possui um equilíbrio na sua composição (índices menores que 0,5 para equitabilidade). Isto se deve ao fato da alternância de domínios entre as diatomáceas, dinoflagelados e cianobacterias.

O florescimento é comum em regiões estuarinas. O fluxo de água doce promove a ressuspensão de fundo juntamente com nutrientes e formas de resistências (cistos) que, ao entrarem para a zona eufótica (camada de luz), iniciam o processo de divisão. A espécie mais adaptada às condições no momento foi a dominante.

Embora o florescimento seja um evento comum, o que deve ser ressaltado neste estudo é que, as espécies dominantes, com exceção da *Thalassiosira spp*, são consideradas tóxicas e ou potencialmente tóxicas a saber: Cyanobacteria: *Synechocystis sp*, *Microcystis sp*, *Anabaena sp*, *Cylindropermopsis raciborskii*, *Planktothrix agardii*; Mizozoa (Dinophyta): *Karenia mikimotoi*, *Karlodinium micrum*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum lima* e *Prorocentrum minutum*, *Scropsiella trochoida*; e dentro das Bacillariophyta as consideradas potencialmente tóxicas: grupo *Pseudonitzchia* e *Skeletonema costatum*.

Karenia mikimotoi, causou florescimento dentro do Canal de Bertioga, com $1,39 \times 10^6$ céls/l (96% da população do microplâncton). Esta espécie causa morte dos organismos tanto pela depleção do oxigênio como produção de toxina (Brevetoxina). A toxina não tem efeito sobre os seres humanos, mas em concentração acima de $2,3 \times 10^5$ céls/l foi letal para os peixes e organismos da macrofauna, na costa da Irlanda (McMahon & Silke, 1996).

As cianobacterias são bastante conhecidas pois os efeitos tóxicos afetam diretamente os seres humanos. Porém dados de florescimento em ambientes estuarinos não foram encontrados para se estabelecer uma referência.

Campanha de julho de 2010 (1ª Campanha)

A composição do fitoplâncton na campanha de inverno, realizada em julho de 2010 (1ª campanha), foi característica de regimes costeiro-estuarinos com pouca representatividade de espécies lacustres. Nas 50 amostras coletadas, foram registrados 244 taxa pertencentes aos filos Cyanobacteria, Chlorophyta, Bacillariophyta, Heterokontophyta, Myzozoa (Dinoflagellata), Sarcocystophora, Euglenozoa, Charophyta, Chlorophyta, Ciliophora; inseridos em 39 ordens. Bacillariophyta foi o maior filo com 23 ordens e 153 espécies, seguido por Dinoflagellata com 4 ordens e 27 espécies.

Numericamente, o fitoplâncton total variou entre $6,29 \times 10^5$ céls/L na Baía de Santos próximos à entrada do canal (P3) e $7,94 \times 10^6$ céls/L, no interior do Canal de Bertioga (P29) (Figura 14.3.1-7).

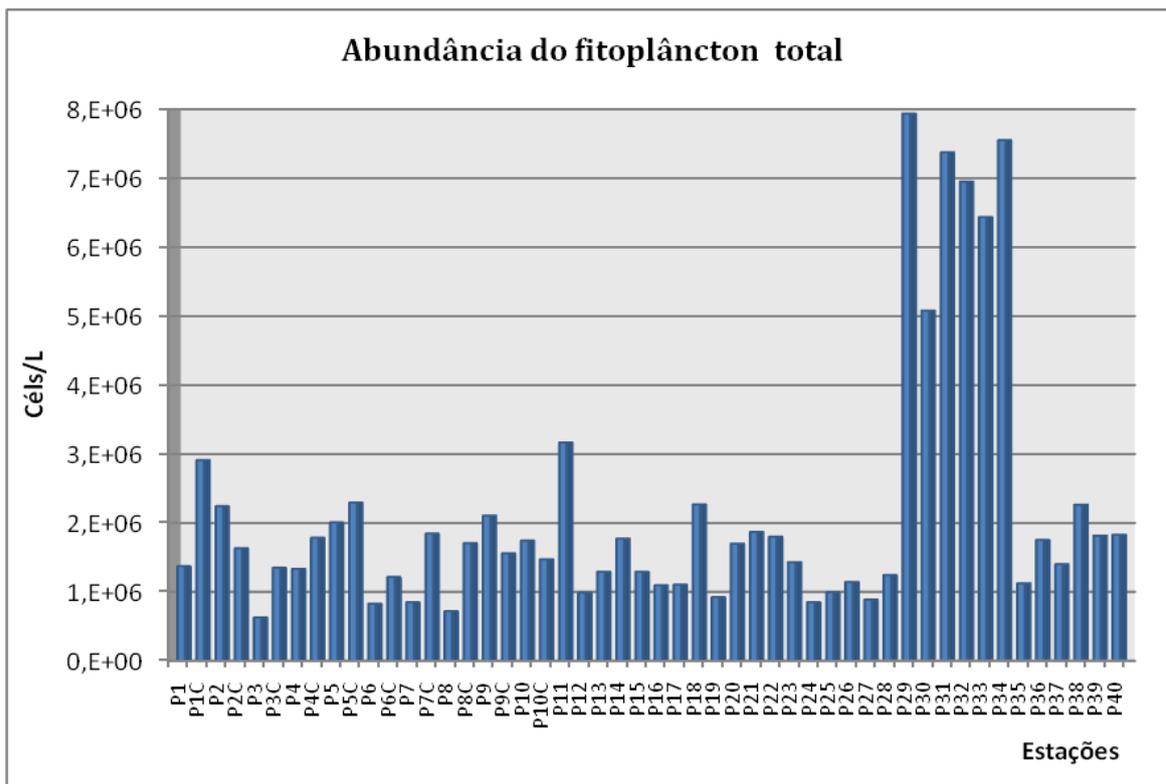


Figura 14.3.1-7. Abundância do fitoplâncton total nas 50 amostras coletadas em julho de 2010 (1ª Campanha) em números de células por litro.

Os flagelados juntamente com o nanoplâncton foram os mais abundantes em todo o estuário, chegando a compor quase a totalidade da população (acima de 99%) no Canal de Bertioga (P29 a P34) e Canal de São Vicente (P38 a P40). (Figura 14.3.1-8).

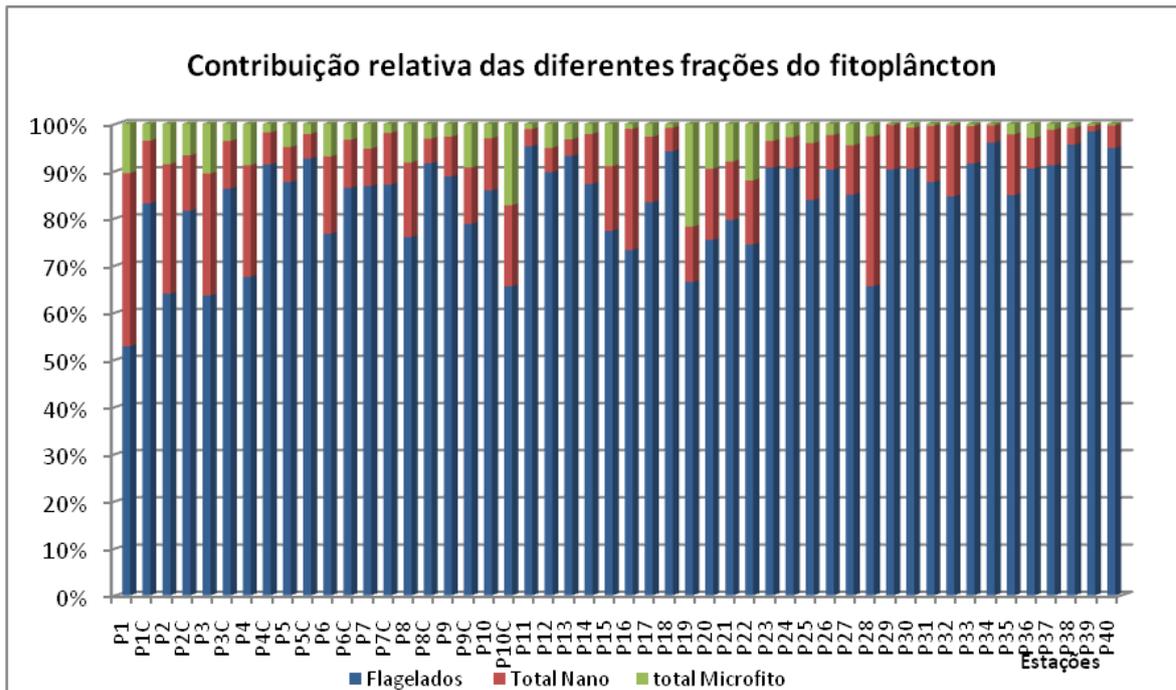


Figura 14.31.-8. Contribuição relativa, das diferentes frações do fitoplâncton total, coletadas em julho de 2010 (1ª Campanha) nos 50 pontos.

Dinophyta, Mizozoo (Dinoflagelata) e Cocolitoforídeos foram mais representativos dentro do grupo do nanoplâncton. As diatomáceas foram frequentes em todo o estuário, compondo 100% da fração pequena (entre 2µm e 20µm) no ponto P3. Os Cocolitoforídeos e os dinoflagelados também frequentes, mas menos abundantes, com o máximo de representatividade nos pontos P26 (56%) e P8C (52%) respectivamente. As cianofíceas foram mais abundantes no interior do estuário (Figura 14.3.1-9).

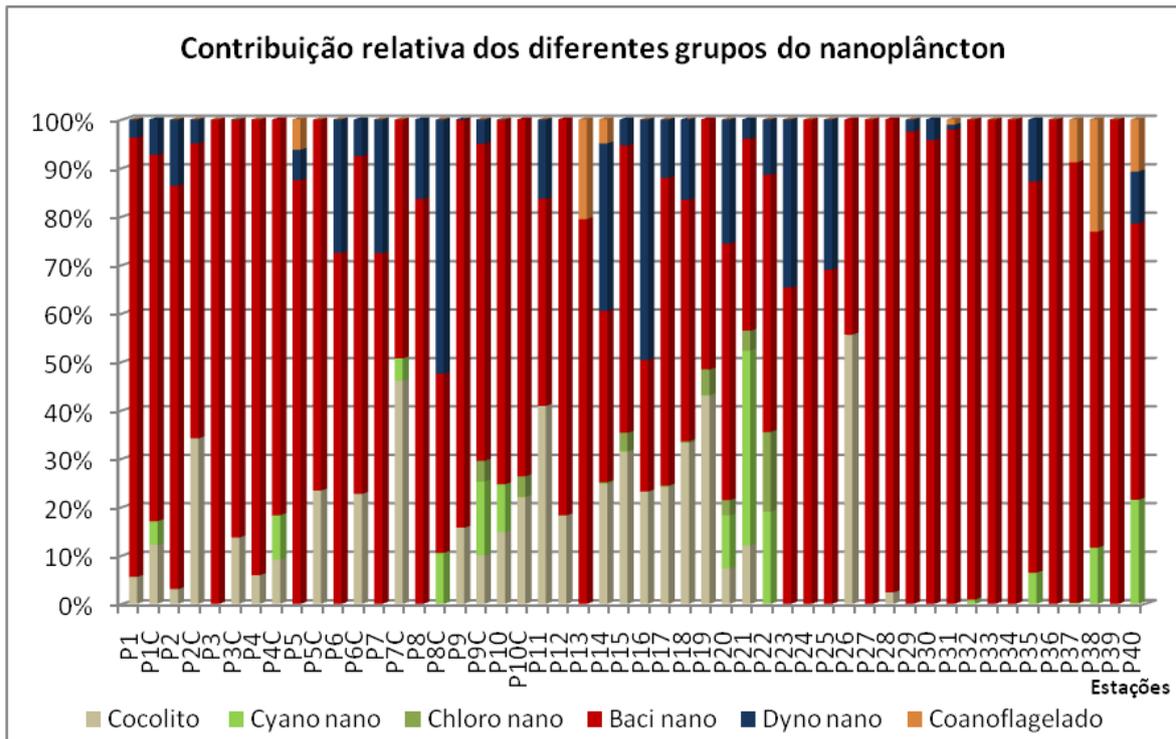


Figura 14.3.1-9. Contribuição relativa dos diferentes filos do nanoplâncton (tamanho entre 2µm e 20µm) nas 50 amostras coletadas em julho de 2010 (1ª Campanha).

Thalassiosira spp, *Skeletonema costatum* e *Thalassiosira pseudonana* foram frequentes e abundantes principalmente nas amostras dentro do Canal de Bertioga, enquanto que *Chaetoceros socialis*, *Chaetoceros curvissetus* e *Chaetoceros compressus*, foram mais abundantes nos pontos da Baía de Santos e entrada do Canal como pode ser observado na Figura 14.3.1-10 (A e B). Os Gymnodiniales, e o *Gymnodinium cf pygmaeum*, foram os dinoflagelados mais representativos, nesta fração de tamanho, com 65×10^3 céls/L (P20) e 37×10^3 céls/L (P2). Os cocolitos tiveram maior abundância no final do Canal de Santos (P7C), com 93×10^3 indivíduos por litro.

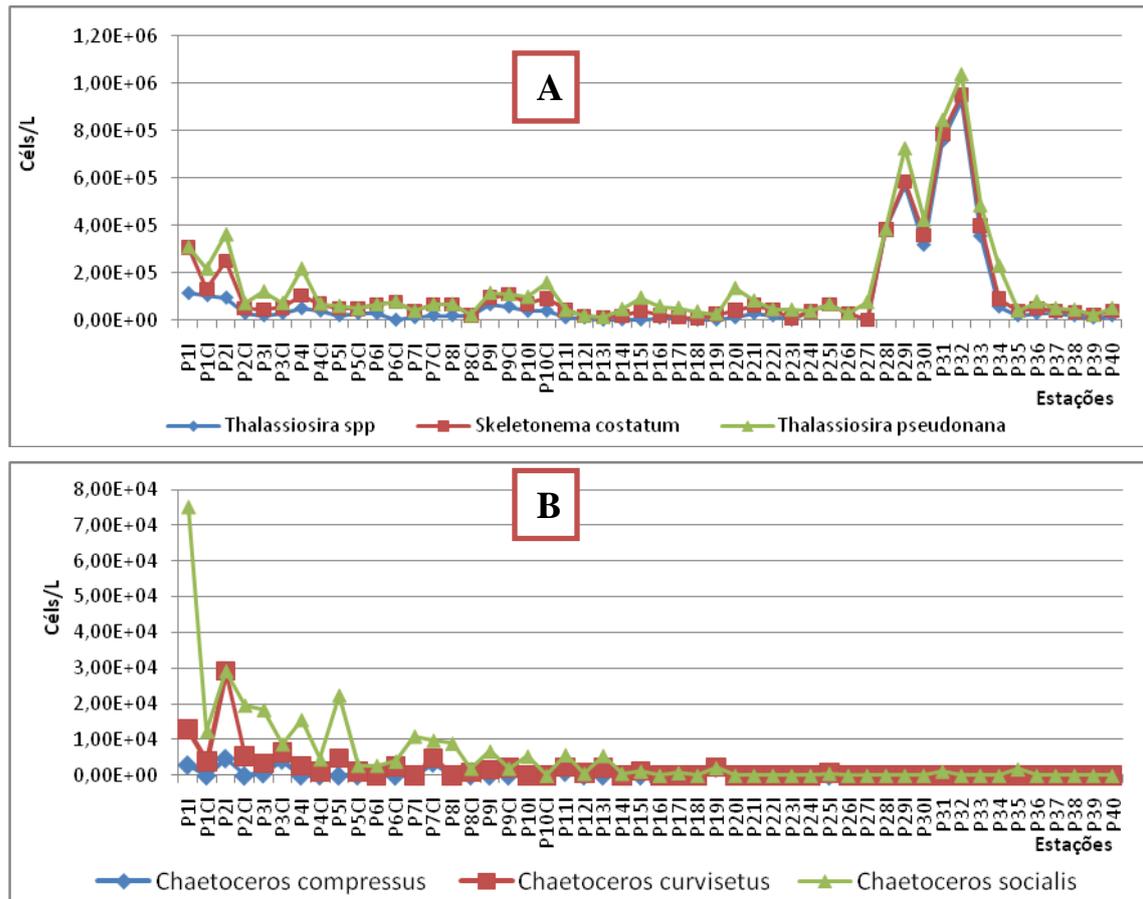


Figura 14.3.1-10. Principais espécies de diatomáceas do nanoplâncton nas amostras de inverno (1ª Campanha).

Bacillariophyta foi o filo mais representativo dentro do microfitoplâncton em todo o sistema estuarino, compondo mais de 90% nas amostras da Baía até o final do Canal de Santos, chegando à totalidade da população no ponto P8 (100%). O ciliado autótrofo *Mesodinium rubrum* é o segundo mais representativo, principalmente no Largo do Canéu e no Canal de São Vicente, com máximo de contribuição de 34% no P36. Myzozoa (Dinoflagellata) foi mais representativo em alguns pontos no interior do estuário (P18 e P23), Canal de Bertioga (P30) e no Canal de São Vicente, no P39, e com o máximo de contribuição no ponto P40 (16%). (Figura 14.3.1-11).

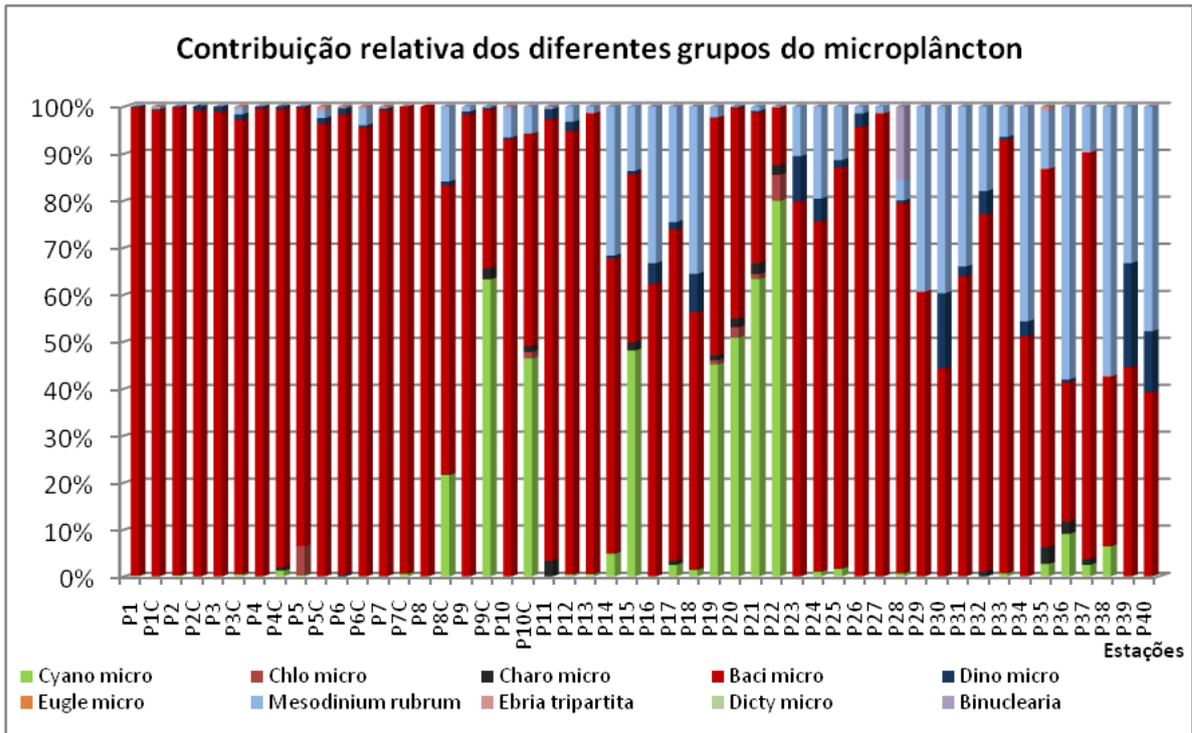


Figura 14.3.1-11. Contribuição relativa dos diferentes filos do microplâncton (tamanho entre 20µm e 200µm) nas 50 amostras coletadas em julho de 2010 (inverno).

No microfítolâncton, as diatomáceas mais frequentes e abundantes foram *Cylindrotheca closterium* (56×10^3 céls/L, P5), *Asterionellopsis glacialis* (38×10^3 céls/L, P2), *Thalassiosionema nitzschioide* (24×10^3 céls/L, P2), *Lithodesmium undulatum* (14×10^3 céls/L, P27), *Grammatophora marina* (14×10^3 céls/L, P1C), *Guinardia striata* (8×10^3 céls/L, P1), *Cymatosira lorenzianus* (6×10^3 céls/L, P19), *Paralia sulcata* (5×10^3 céls/L, P4C), *Odontella aurita* (2×10^3 céls/L, P6).

Os dinoflagelados foram o terceiro grupo mais representativo nas frações maiores. Dentre os mais frequentes e abundantes estão as espécies tóxicas de *Alexandrium tamarensis* com valor máximo de $1,8 \times 10^2$ céls/L, no Canal de Bertioga (P30) e *Karenia mikimotoi*, no interior do estuário com $1,4 \times 10^2$ céls/L (P23). *Prorocentrum micans* e *Gyrodinium lachryma* também foram frequentes, porém com abundância máxima de $2,0 \times 10^2$ céls/L.

Gêneros indicadores de águas menos salinas como *Pediastrum*, *Ankistrodesmus*, *Desmodesmus*, *Scenedesmus*, *Staurastrum*, *Aulacoseira*, entre

outros, estiveram presentes, mas restritos a locais rasos e salinidade abaixo de 25. (Figuras 14.3.1-12, 14.3.1-13 e 14.3.1-14).

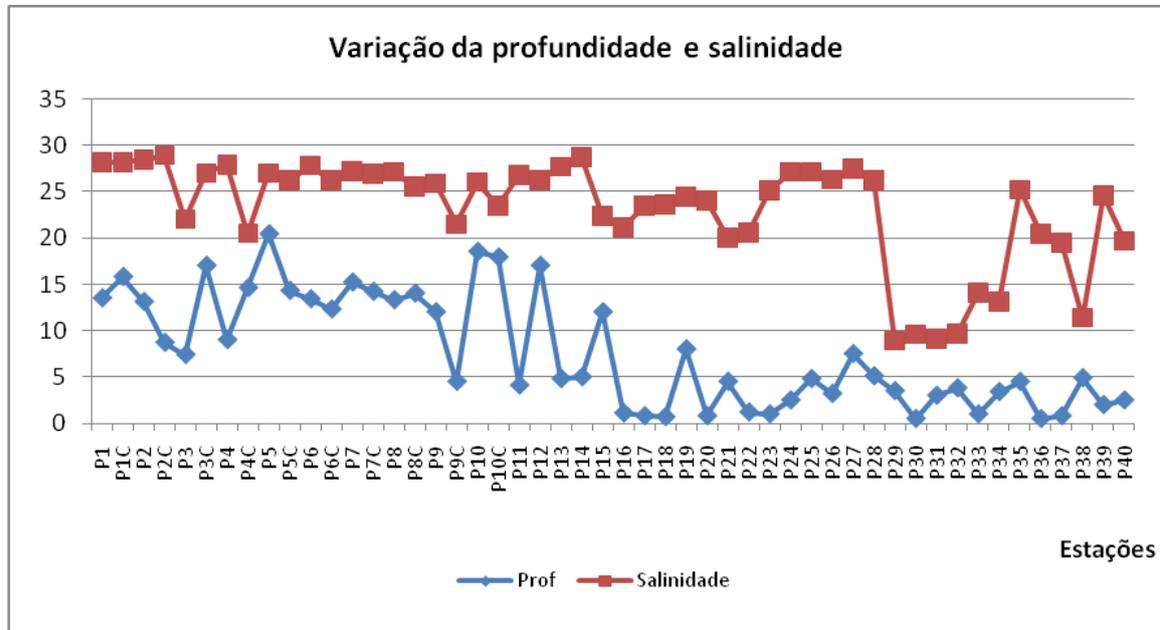


Figura 14.3.1-12. Variação da profundidade(m) e salinidade (ups) nos diferentes pontos amostrados no inverno (1ª Campanha), em todo o sistema estuarino.

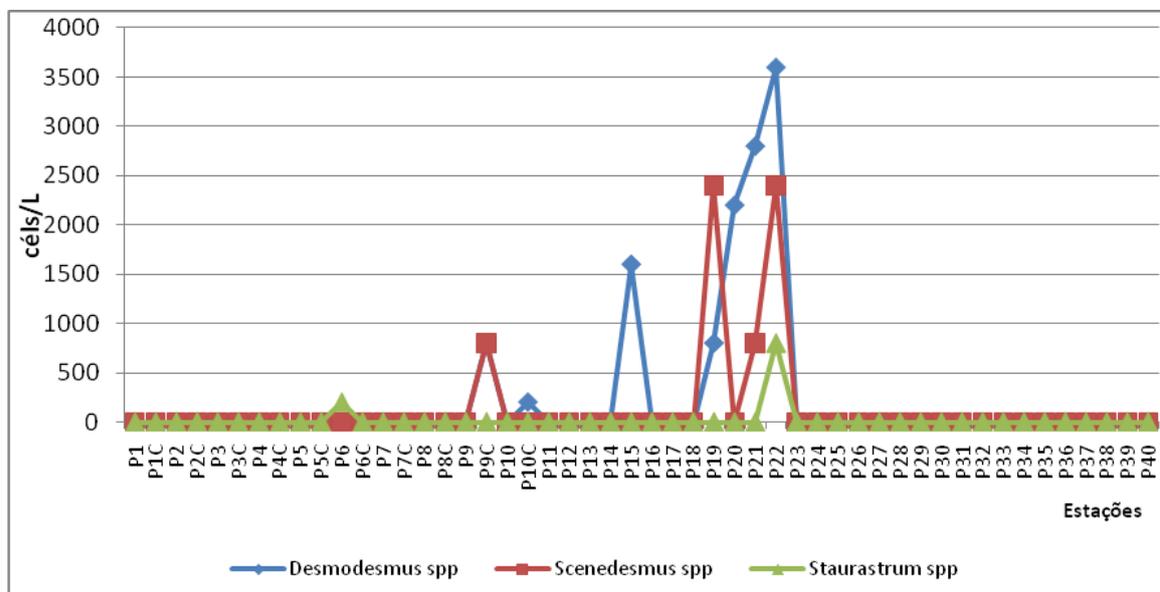


Figura 14.3.1-13. Distribuição (células/L) de *Desmodesmus spp*, *Scenedesmus spp* e *Saturastrum spp* nos 50 pontos amostrados no inverno (1ª Campanha).

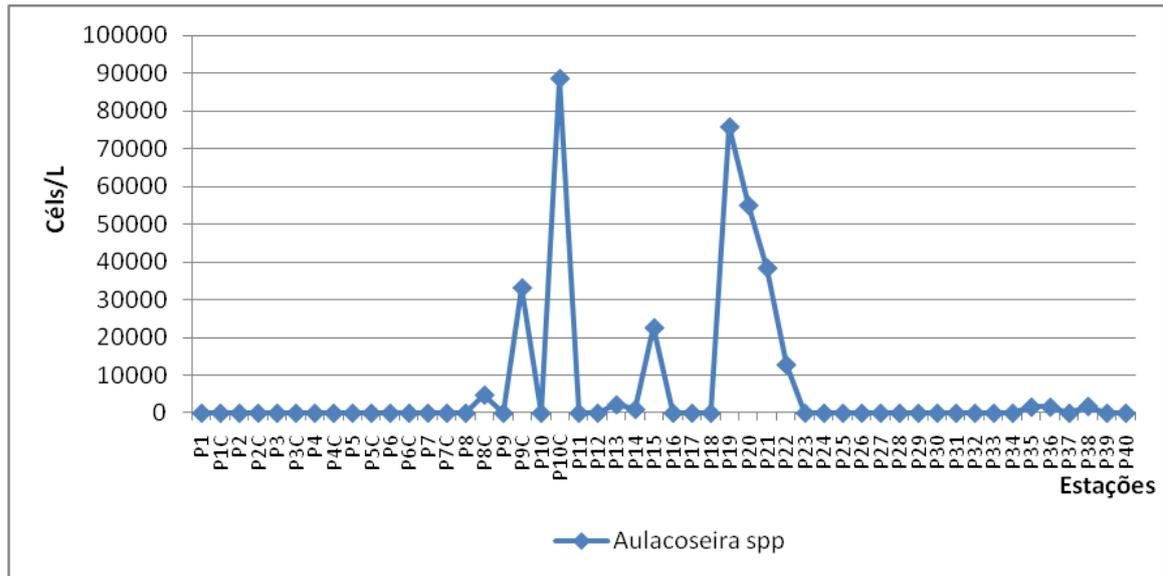


Figura 14.3.1-14. Distribuição (células/L) de *Aulacoseira spp* nos 50 pontos amostrados no inverno (1ª Campanha).

Ecologicamente, as diatomáceas podem ser classificadas como planctônicas, bênticas ou ticopelágicas. As primeiras e mais comuns, são as que são encontradas sempre na coluna d'água; as bênticas são as que vivem no sedimento e são encontradas na coluna d'água em processos que levam a ressuspensão de fundo. As ticopelágicas (meroplanctônicas) por sua vez são encontradas tanto no plâncton como nos bentos. Dentre as 9 espécies mais frequentes e abundantes citadas acima, *Thalassionema nitzschiode*, *Guinardia striata*, *Grammatophora marina*, são planctônicas. *Cylindrotheca closterium*, *Asterionellopsis glacialis*, *Lithodesmium undulatum*, *Paralia sulcata*, *Odontella aurita*, são ticopelágicas enquanto que a *Cymatosira lorenzianus* é bentônica. A maioria das espécies encontradas é planctônica. Gêneros de diatomáceas de fundo e/ou ticopelágicos como *Gyrosigma spp*, *Pleurosigma spp*, *Bacillaria spp*, *Navicula spp*, *Coscinodiscus spp*, *Amphora spp* ficaram restritos a pontos rasos.

Quanto aos dinoflagelados, 2 espécies tóxicas foram registradas: *Karenia mikimotoi* presente em 8 pontos em todo o estuário e com um máximo de abundância de 1.400 células/L no interior do Canal de Bertioga (P30) e *Alexandrium tamarense*, a qual ocorreu na maioria dos pontos no interior do estuário e também mais abundante no P30 com 1.800 células/L.

A riqueza específica mostrou gradiente, com valores mais elevados na Baía de Santos e dentro do Canal (42 espécies na P2c) diminuindo em direção ao interior, próximo ao Largo de Canéu, Canal de Bertioiga e mostrando seu menor índice (9 espécies) no Canal de São Vicente (P39) (Figura 14.3-15).

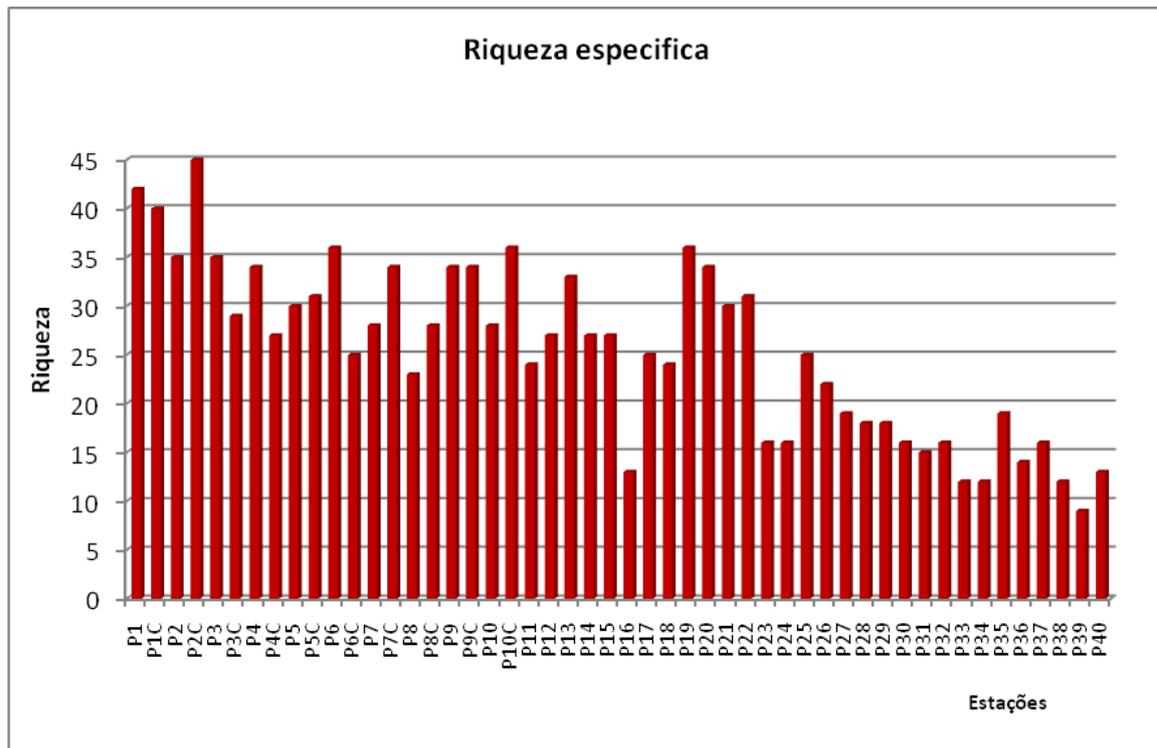


Figura 14.3.1-15. Riqueza específica do fitoplâncton registrada para as 50 amostras coletadas em julho de 2010 (1ª Campanha).

A diversidade (H') é expressa em bit por indivíduo. Valores maiores do que 3bits/ind são considerados altos, e valores menores do que 1bit/ind., baixos. A maior diversidade encontrada no inverno foi de 2,7 bits/ind. nos pontos dentro do Largo do Canéu próximos a saída do Canal de Santos (P8C e P13). Nas amostras da Baía e Canal de Santos, os valores ficaram acima de 2 bits/ind. decrescendo para índices menores que 1 bit/ind. em direção ao Canal de Bertioiga onde o menor valor (0,7 bit/ind.) foi registrado no ponto P29 (Figura 14.3.1-16).

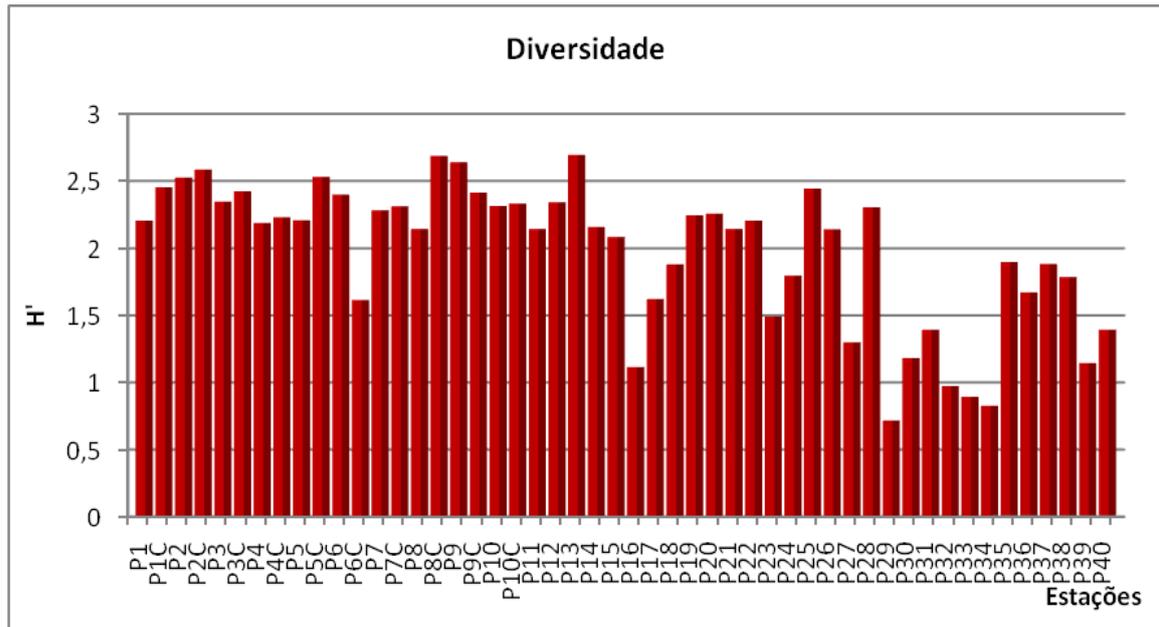


Figura 14.3.1-16. Diversidade específica do fitoplâncton nas 50 amostras coletadas em julho de 2010 (1ª Campanha).

A equitabilidade representa a razão entre o índice de diversidade e a diversidade máxima que a amostra pode alcançar considerando o total de indivíduos que possui. Seus valores variam entre 0 e 1. Valores iguais ou superiores a 0,5 foram encontrados na Baía e Canal de Santos, valores menores foram registrados para um ponto interno ao Largo do Canéu (P16), e no Canal de Bertioga com o menor índice registrado também no ponto P29 de 0,2 (Figura 14.3.1-17).

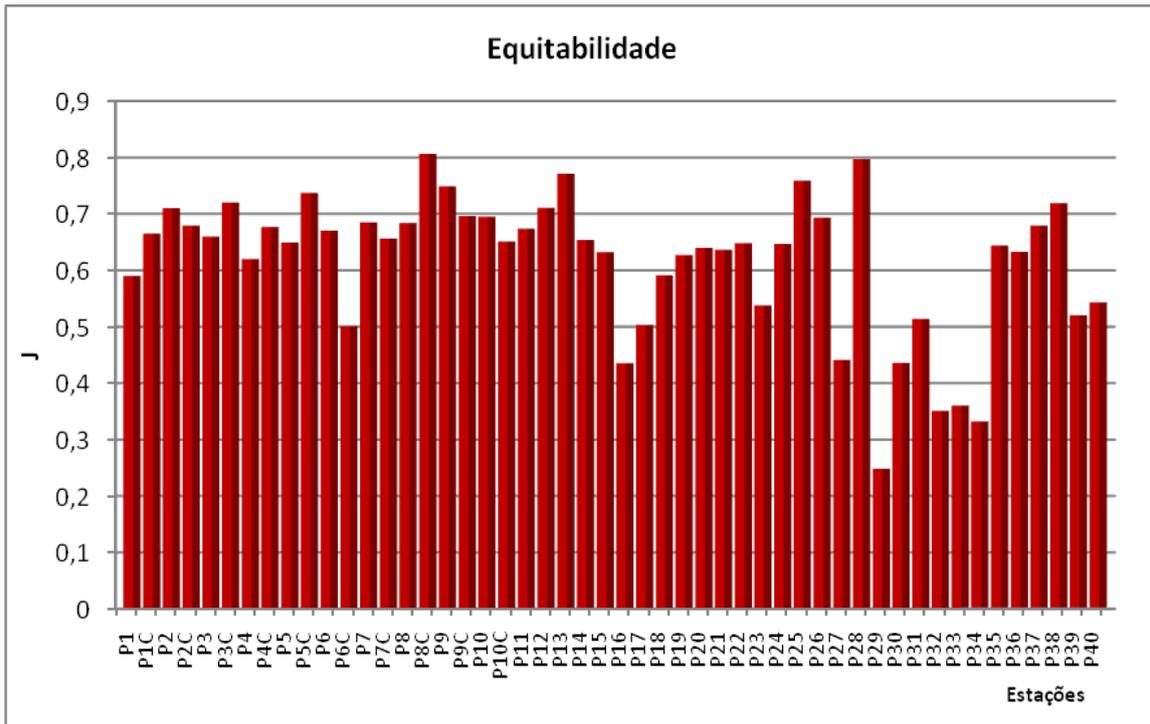


Figura 14.3.1-17. Equitabilidade nas 50 amostras coletadas em julho de 2010 (1ª Campanha).

As diatomáceas são dependentes do processo de turbulência para ressuspensão das células para dentro da zona eufótica, sendo mais competitivas que outros organismos do fitoplâncton nestas condições (Reynolds, 1997). Os dinoflagelados por sua vez se desenvolvem melhor em ambientes com baixo fluxo e maior tempo de residência (Chan & Hamilton, 2001).

A dominância nas duas frações de tamanho (nano e micro) das diatomáceas, indica processos de turbulências dentro da coluna d'água, que podem ter ocorrido por condições típicas de inverno como entrada de frentes frias, temperaturas mais amenas e ventos.

A distribuição espacial das espécies dentro do sistema estuarino foi determinada pela interação entre a salinidade, circulação e profundidade local.

Chaetoceros spp foram mais abundantes nas amostras da baía e dentro do canal, locais de salinidades e profundidades maiores. As *Thalassiosira spp* e *Coscinodiscus spp* se desenvolveram melhor no Canal de Bertioga, em profundidades rasas e favorecidas pelos pulsos de nutrientes indicados pela baixa salinidade, típicos de habitat turbulento, raso e rico em nutriente.

Espécies de origem menos salina, como *Desmodesmus spp*, *Monoraphidium spp*, *Scenedesmus spp*, *Staurastrum spp*, *Aulacoseira*, ficaram restritas ao interior do estuário no Largo do Canéu. Segundo Coquemala (2005), estas espécies se desenvolvem preferencialmente em ambientes rasos, meso-eutróficos, águas homogêneas e são sensíveis a estratificação, o que parece ser o caso dos pontos em questão.

Espécies bentônicas e meroplanctônicas (ticopelágicas), presentes no plâncton também confirmam a instabilidade da coluna em alguns pontos e a permanência na coluna vai depender do fluxo de água e profundidade local.

Karenia mikimotoi e *Alexandrium tamarense* merecem destaque, dentre as espécies de dinoflagelados registrados no estuário, por produzirem toxina e apresentarem potencial para formação de *bloom*. A produção de saxitoxina pode ser cumulativa em organismos filtradores e letal para peixes e organismos maiores da macrofauna.

A espécie de *A. tamarense* foi observada pela primeira vez na costa do Rio Grande do Sul em 1996. Ocorrências de *bloom* na Argentina são registradas desde o ano de 1980, 1995 (14,6 x 10³ céls/L) e 1998 (4,5 x 10³ céls/L) (Gayoso, 2001). São diversos os mecanismos que levam à produção de toxina nas diferentes espécies, e atualmente é objeto de estudo em todo o mundo. Embora a abundância registrada para o inverno (1^a Campanha) de ambas as espécies foram baixas, cabe lembrar que ocorreu um registro de *boom* de *Karenia mikimotoi* nas coletas de verão (Campanha Prévia) (Fundespa, 2010).

A riqueza específica no sistema estuarino durante inverno (1^a Campanha) foi menor que a registrada para o verão (Campanha Prévia). Os baixos valores de diversidade e equitabilidade, principalmente no Canal de Bertioga (P32, P33 e P34), são explicados pela dominância das diatomáceas, tanto no nano quanto no microfítoplâncton, das espécies *Skeletonema costatum* e *Thalassiosira spp*, e do ciliado autotrófico *Mesodinium rubrum*.

Análise integrada dos dados - campanhas de janeiro e julho de 2010

O teste ANOSIM, possui valores entre (-1) (0) (+1). Quando o resultado é zero significa que as amostras são iguais; (1) que as amostras são totalmente diferentes e (-1) que a diferença encontrada entre os pontos do mesmo período são maiores que a diferença entre os 2 períodos. O teste aplicado para o estudo resultou: (ANOSIM; R= 0,813, p=0,001), mostrando claramente a diferença entre as amostras coletadas nos 2 períodos, indicando que a diferença sazonal é muito maior que a diferença entre as amostras coletadas no mesmo período (Figura 14.3.1-18).

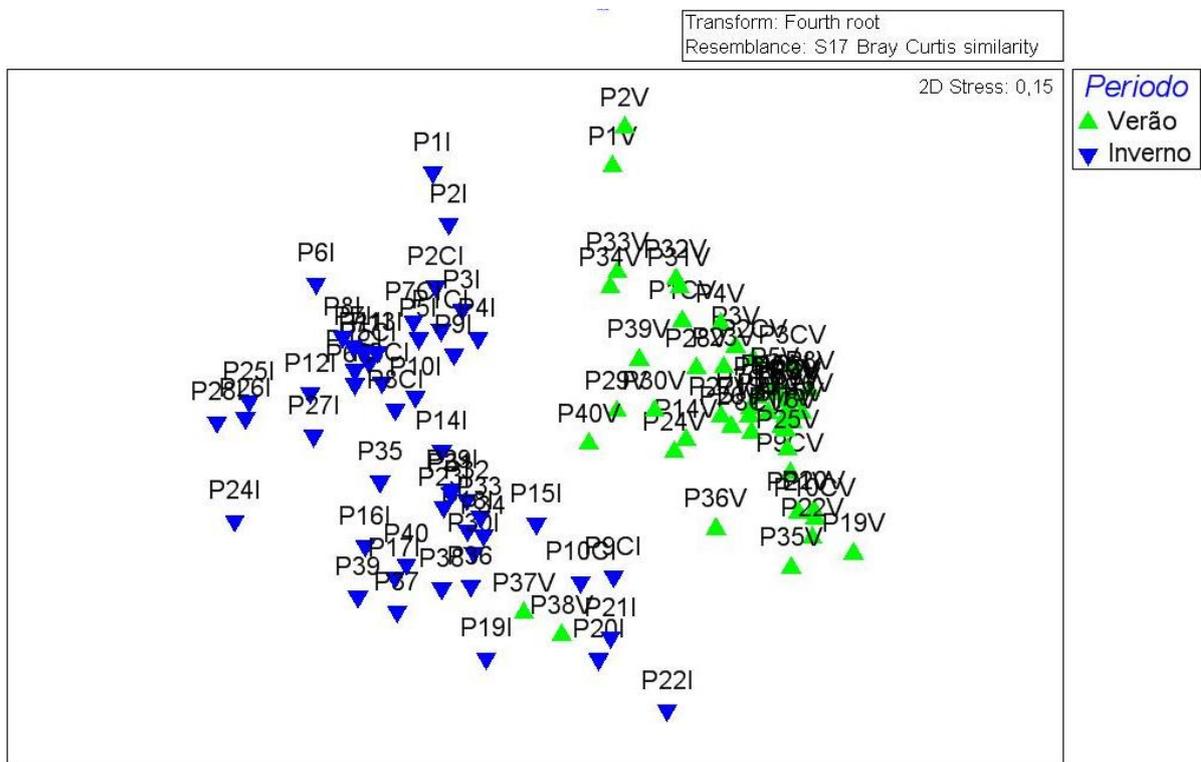


Figura 14.3.1-18. Resultado da análise de ordenação (ANOSIM). Similaridade Bray Curtis. Em verde: amostras de verão; em azul amostras de inverno.

O teste Simper indicou que as espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade entre as amostras de verão (Campanha Prévia) e inverno (1ª Campanha) foram as frequentes e abundantes no verão e ausente ou restrita a poucos pontos no inverno como *Chaetoceros socialis*, *Thalassiosira pseudonana*, *Skeletonema costatum*, *Cylindropermopsis raciborskii*, *Leptocylindrus minimus*, *Chaetoceros debilis*, *Planktothrix agardhii*, *Karenia*

mikimotoi, *Monoraphidium contortum*, *Lithodesmium undullatum*, *Cylindrotheca closterium*, entre outras.

14.3.2. Comunidade Zooplanctônica

Campanha de janeiro de 2010 (Campanha Prévia)

Os grupos zooplanctônicos detectados nas amostras do sistema estuarino de Santos-Bertioga, durante a campanha de janeiro de 2010, (campanha prévia) estão listados na Tabela 14.3.2-1. As identificações, realizadas até o nível de espécie para a maioria dos grupos holoplanctônicos, como Copepoda, Cladocera, Appendicularia e Chaetognatha, indicam que a composição taxonômica do zooplâncton nas áreas estudadas é similar a outros estuários do sudeste-sul do Brasil, como a baía de Paranaguá e o complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (Neumann-Leitão, 1994/95; Brandini *et al.*, 1997).

Além das espécies tipicamente estuarinas e marinho-eurihalinas, nas amostras da campanha em análise foram encontradas espécies indicadoras de intrusão marinha, como os copépodes *Clausocalanus furcatus*, *Calocalanus pavoninus* e *Subeucalanus pileatus*, além de várias espécies indicadoras de influência de águas continentais. Entre estas se destacaram espécies de cladóceros não registradas anteriormente em sistemas estuarinos do litoral paulista, como *Bosmina longirostris* e *Diaphanosoma birgei*. Foram encontrados também muitos gêneros de copépodes de água doce ou de baixa salinidade, incluindo *Acanthocyclops*, *Apocyclops*, *Macrocylops*, *Thermocyclops*, entre outros (Tabela 14.3.2-1). Estes organismos característicos de áreas oligohalinas foram amostrados pela primeira vez em coletas de plâncton na região de Santos porque a campanha contemplou setores internos do sistema estuarino, onde a salinidade era provavelmente baixa. Além disto, nos estudos sobre zooplâncton estuarino estes organismos não são geralmente identificados até espécie e permanecem sob o nível de família ou ordem, impossibilitando sua utilização como indicadores de águas menos salinas.

Tabela 14.3.2-1. Lista de táxons zooplancctônicos no sistema estuarino de Santos-Bertioga, amostragem de janeiro de 2010 (Campanha Prévia).

Foraminifera	Copepoda
Radiolaria	<i>Parvocalanus crassirostris</i>
<i>Sticholonche zanclea</i>	<i>Paracalanus indicus</i>
Tintinnida	<i>Paracalanus parvus</i>
Hydrozoa	<i>Paracalanus quasimodo</i>
Campanulariidae	<i>Clausocalanus furcatus</i>
<i>Clytia sp.</i>	<i>Calocalanus pavoninus</i>
<i>Obelia sp.</i>	<i>Subeucalanus pileatus</i>
Polychaeta (larvas e adultos)	<i>Centropages furcatus</i>
Gastropoda (larvas)	<i>Pseudodiaptomus acutus</i>
Bivalvia (larvas)	<i>Temora turbinata</i>
Bryozoa (larva cyphonauta)	<i>Acartia lilljeborgi</i>
Insecta (larvas)	<i>Acartia tonsa</i>
Acarida	<i>Labidocera fluviatilis</i>
Ostracoda	<i>Paracyclopina longifurca</i>
Amphipoda	<i>Microsetella</i> spp. copepodito
Corophiidea (adultos)	<i>Microsetella norvegica</i>
Caprellidae (adultos)	<i>Clytemnestra rostrata</i>
Gammaridea	<i>Euterpina acutifrons</i>
Isopoda	<i>Macrosetella gracilis</i>
Sphaeromatidae (adultos)	<i>Clytemnestra scutelata</i>
Decapoda (larvas e megalopas)	<i>Metis</i> sp.
Luciferidae	<i>Leptocaris</i> sp.
<i>Lucifer faxoni</i>	<i>Tegastes</i> sp.
Brachyura (larvas)	<i>Oithona</i> spp. copepodito
Porcellanidae (larvas)	<i>Oithona plumifera</i>
Stomatopoda (larvas)	<i>Oithona plumifera</i> copepodito
Cladocera	<i>Oithona hebes</i>
<i>Bosmina</i> sp.	<i>Oithona oswaldocruzi</i>
<i>Bosmina longirostris</i>	<i>Oithona oculata</i>
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	<i>Oithona nana</i>
<i>Simocephalus</i> sp.	<i>Oithona simplex</i>
<i>Moina</i> sp.	<i>Corycaeus</i> sp. copepodito
<i>Moina minuta</i>	<i>Corycaeus giesbrechti</i>
<i>Penilia avirostris</i>	
<i>Diaphanosoma birgei</i>	

Tabela 14.3.2-1 (continuação). Lista de táxons zooplancônicos no sistema estuarino de Santos-Bertioga, amostragem de janeiro de 2010 (Campanha Prévia).

Copepoda (continuação)	<i>Parasagitta tenuis</i>
<i>Clytemnestra scutelata</i>	<i>Parasagitta friderici</i>
<i>Metis</i> sp.	Echinodermata (larva)
<i>Leptocaris</i> sp.	Chordata
<i>Tegastes</i> sp.	Ascidiacea (larva)
<i>Oithona</i> spp. copepodito	Larvacea
<i>Oithona plumifera</i>	Juvenis
<i>Oithona plumifera</i> copepodito	<i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i>
<i>Oithona hebes</i>	<i>Oikopleura (Coecaria) longicauda</i>
<i>Oithona oswaldocruzi</i>	<i>Oikopleura (Vexillaria) rufenses</i>
<i>Oithona oculata</i>	Vertebrata
<i>Oithona nana</i>	Pisces (ovos e larvas)
<i>Oithona simplex</i>	Carangidae (larvas)
<i>Acanthocyclops</i> sp. 1	<i>Trachurus</i> sp. (larva)
<i>Apocyclops procerus</i>	Gobiidae
<i>Halicyclops crassirostris</i>	<i>Bathygobius soporator</i> (larva)
<i>Halicyclops oraeeburnensis</i>	Achiridae
<i>Macrocyclus albidus principalis</i>	<i>Achirus lineatus</i> (larva)
<i>Mesocyclops</i> sp. 1	Sygnathidae (larvas)
<i>Metacyclops mendocinus</i>	
<i>Microcyclops</i> sp. 1	
<i>Paracyclops</i> sp. 1	
<i>Thermocyclops decipiens</i>	
<i>Tropocyclops prasinus meridionalis</i>	
<i>Tropocyclops priscinalis</i>	
<i>Farranula gracilis</i>	
<i>Oncaea</i> spp. copepodito	
<i>Oncaea curta</i>	
<i>Oncaea mediterranea</i>	
<i>Oncaea venusta</i>	
<i>Hemicyclops thalassius</i>	
<i>Sapphirina</i> sp. copepodito	
<i>Ergasilus</i> sp.	
Monstrilloida (adultos)	
Cyclopinidae (copepoditos e adultos)	
Cirripedia (larvas cypris e náuplios)	
Chaetognata	
Juvenis	
<i>Flaccisagitta enflata</i>	

Os índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o holoplâncton variaram de acordo com o gradiente espacial estuarino. Os valores mais altos do índice de Shannon ocorreram nos setores externos do canal de navegação, diminuindo gradativamente em direção aos pontos mais internos, a tendência oposta sendo observada para o índice de Simpson (Figuras 14.3.2-1 a 14.3.2-4). Este resultado retrata a maior influência da intrusão marinha ao longo do canal dragado, em oposição aos setores mais rasos e internos do estuário.

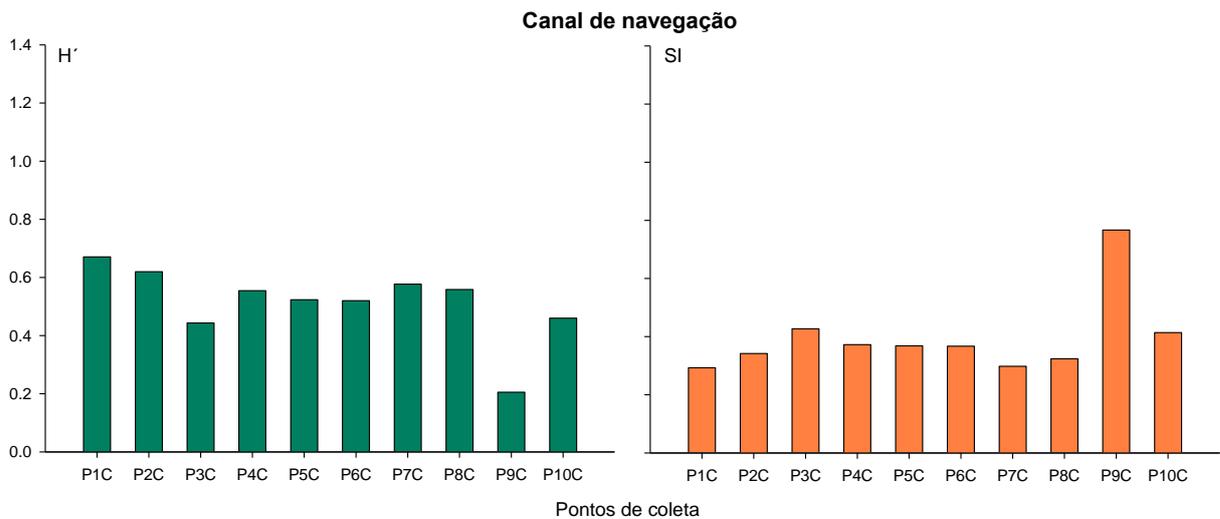


Figura 14.3.2-1. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o holoplâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de navegação em janeiro de 2010 (campanha prévia).

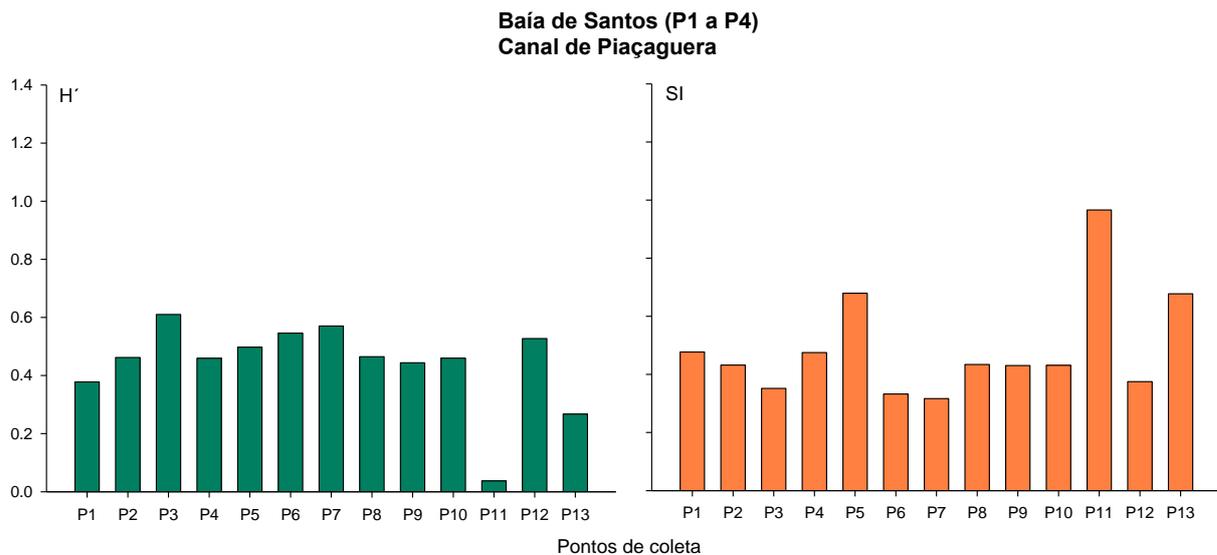


Figura 14.3.2-2. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o holoplâncton encontrado nos pontos de coleta na Baía de Santos e no Canal de Piaçaguera em janeiro de 2010 (campanha prévia).

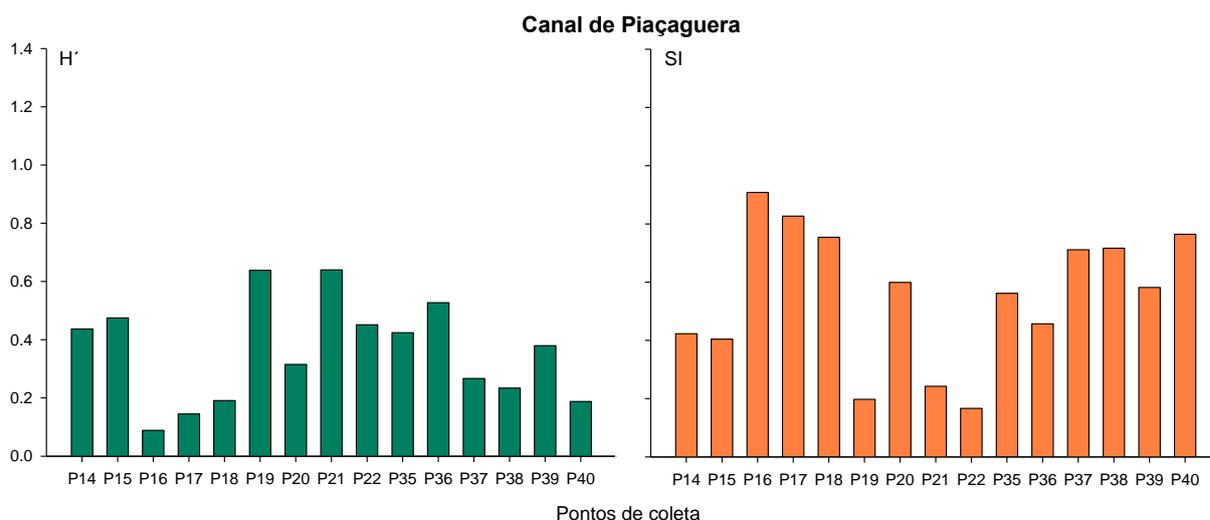


Figura 14.3.2-3. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o holoplâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de Piaçaguera em janeiro de 2010 (campanha prévia).

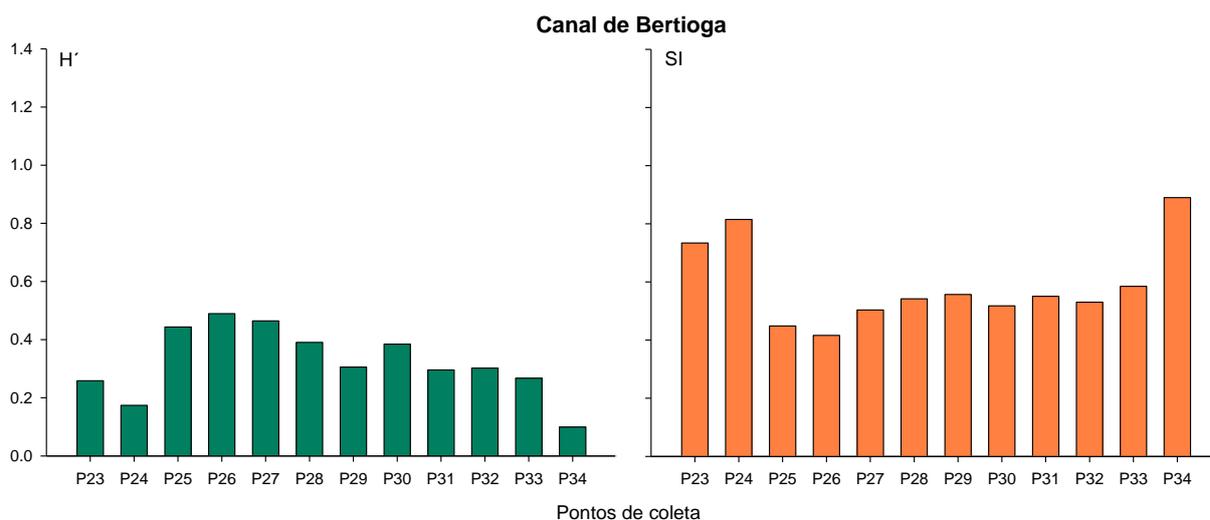


Figura 14.3.2-4. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o holoplâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de Bertioga em janeiro de 2010 (campanha prévia).

Ao contrário do holoplâncton, as diversidades do mero- e ticoplâncton foram mais elevadas nos setores intermediários do sistema estuarino, particularmente em pontos do canal de Piaçaguera (Figuras 14.3.2-5 a 14.3.2-8). Esta tendência foi acompanhada pelo índice de Simpson, com valores inversos ao índice de Shannon. Este resultado reflete a maior contribuição de formas larvais de organismos bentônicos estuarinos nas áreas rasas, assim como a ocorrência de pequenos invertebrados bentônicos nas amostras de plâncton (ticoplâncton),

decorrente da influência da ressuspensão de sedimentos nestas mesmas áreas. Considerando que o mero- e ticoplâncton puderam ser identificados somente em níveis supragenéricos, a Figura 14.3.2-9 ilustra o efeito do maior número de grupos nestas categorias sobre o número total de táxons, corroborando os resultados obtidos para os índices ecológicos no sistema estuarino.

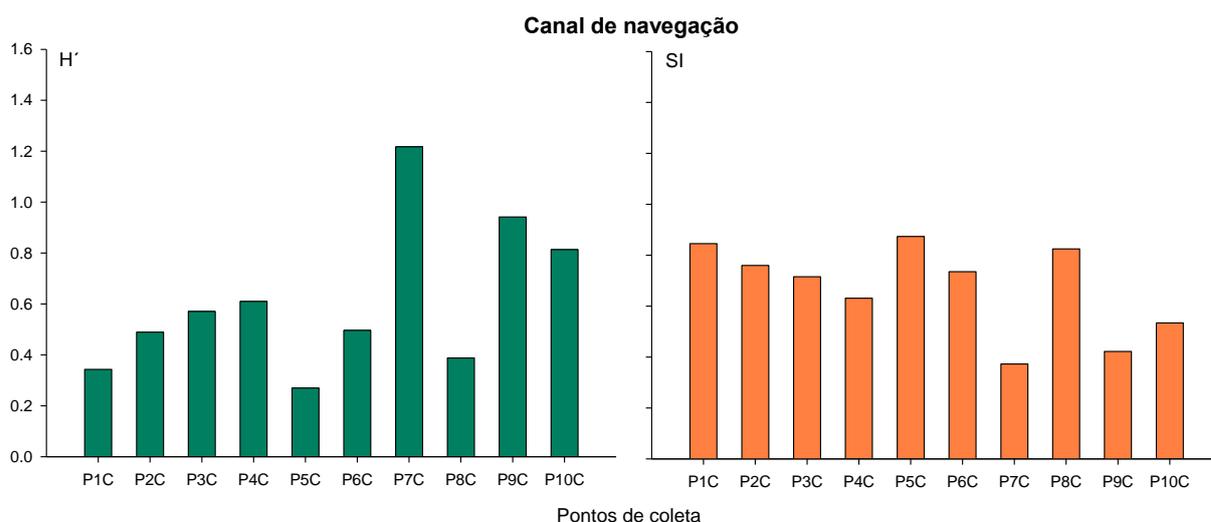


Figura 14.3.2-5. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o mero e ticoplâncton encontrados nos pontos de coleta no Canal de navegação em janeiro de 2010 (campanha prévia).

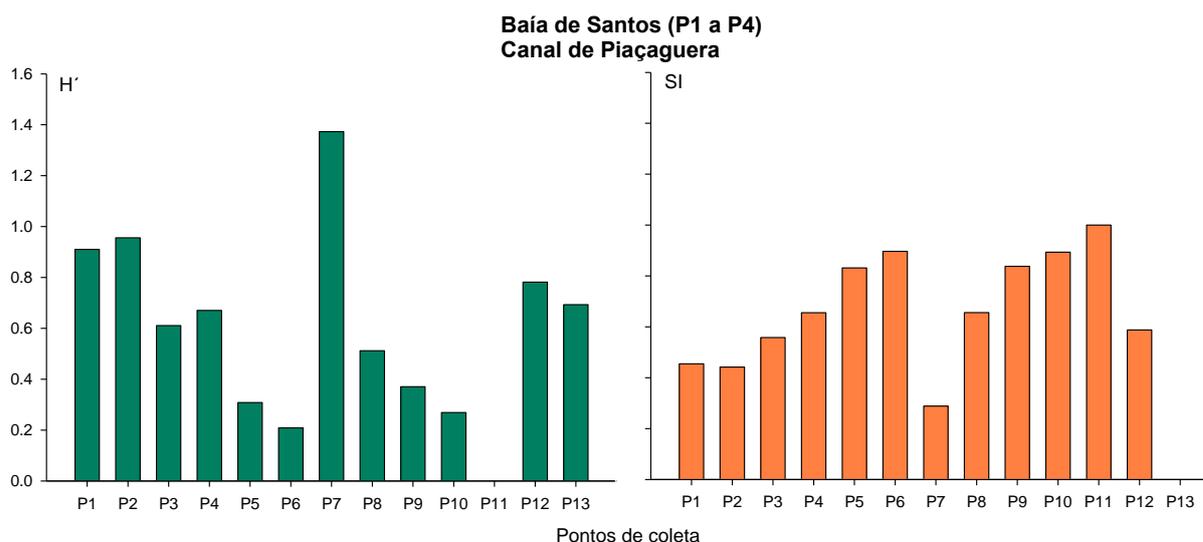


Figura 14.3.2-6. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o mero e ticoplâncton encontrados nos pontos de coleta na Baía de Santos e no Canal de Piaçaguera em janeiro de 2010 (campanha prévia).

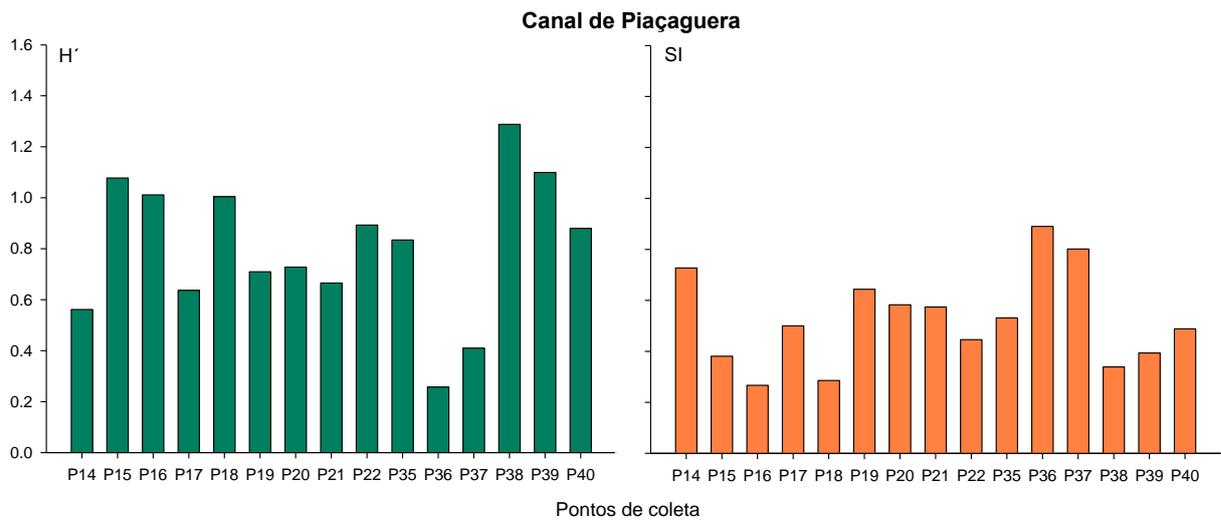


Figura 14.3.2-7. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o mero e ticooplâncton encontrados nos pontos de coleta no Canal de Piaçaguera em janeiro de 2010 (campanha prévia).

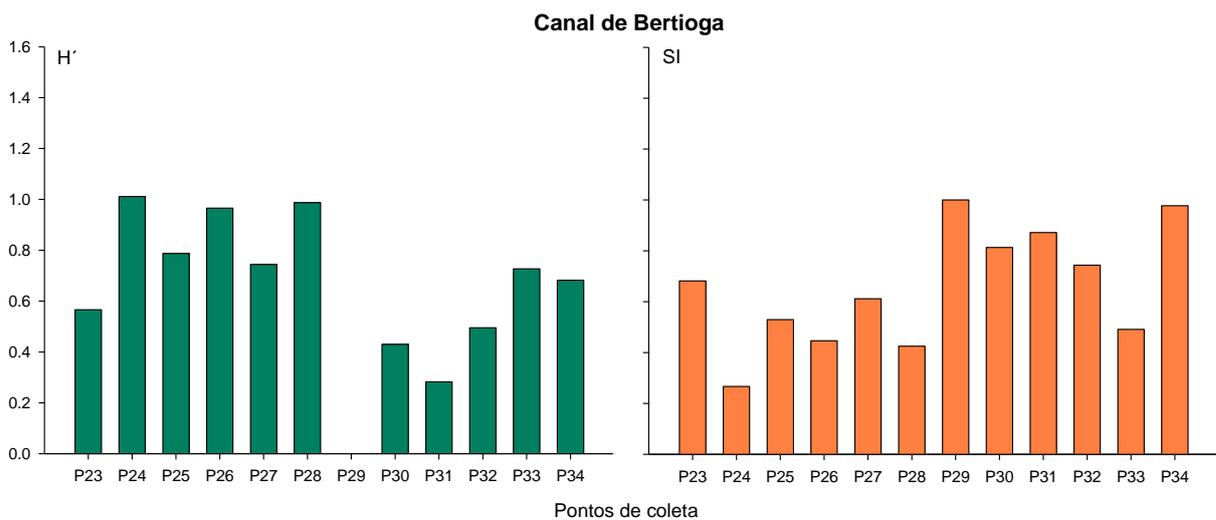


Figura 14.3.2-8. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o mero e ticooplâncton encontrados nos pontos de coleta no Canal de Bertioga em janeiro de 2010 (campanha prévia).

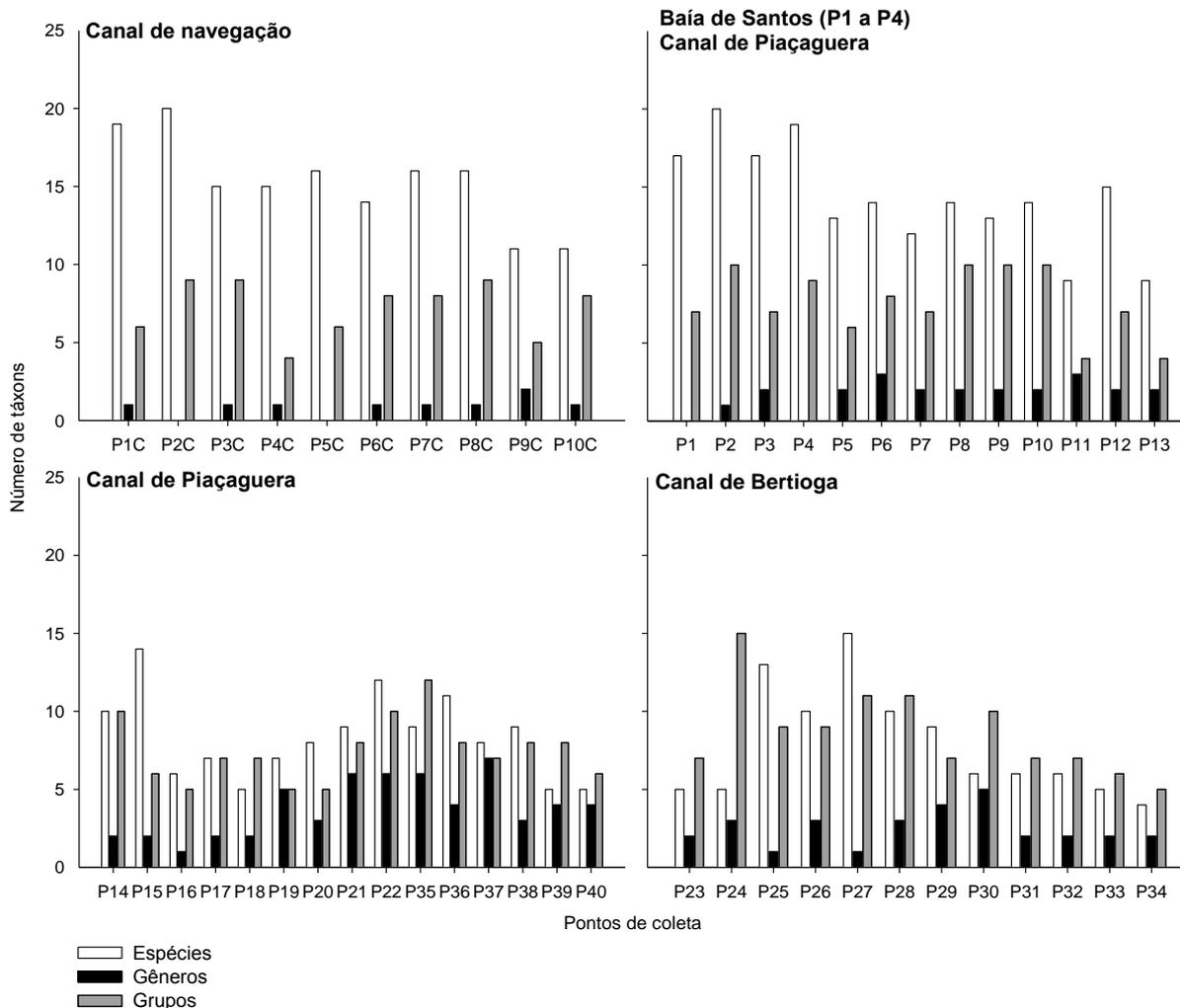


Figura 14.3.2-9. Número de táxons classificados em espécies, gêneros e níveis supragenéricos na região da Baía de Santos e canais de Piaçaguera e Bertioga em janeiro de 2010 (campanha prévia).

Nas amostras coletadas em janeiro de 2010 (Campanha Prévia), a dominância dos Copepoda foi nítida, conforme mostra a Figura 14.3.2-10. Este padrão é comum em áreas estuarinas do Brasil (Neumann-Leitão, 1994/95), mas, na campanha em análise, a abundância de outros grupos holoplanctônicos foi extremamente baixa, com ocorrência significativa apenas de Chaetognatha, em pontos da Baía de Santos. Estes resultados diferem das observações reportadas no EIA-RIMA do empreendimento, onde outros grupos foram relatados como subdominantes, incluindo Urochordata e Cnidaria (FRF, 2008), que contribuíram com quase 40% da abundância em alguns pontos. Esta variabilidade na composição e na diversidade dos grupos holoplanctônicos decorre da própria dinâmica estuarina, em particular das mudanças na circulação durante as diferentes fases da maré, que promovem uma alternância nos grupos dominantes conforme o grau de intrusão marinha ou de aporte continental. No caso do

meroplâncton, números relativamente elevados foram obtidos nos pontos intermediários e internos do sistema estuarino, mas estes organismos foram normalmente muito menos abundantes do que os Copepoda (Figura 14.3.2-10).

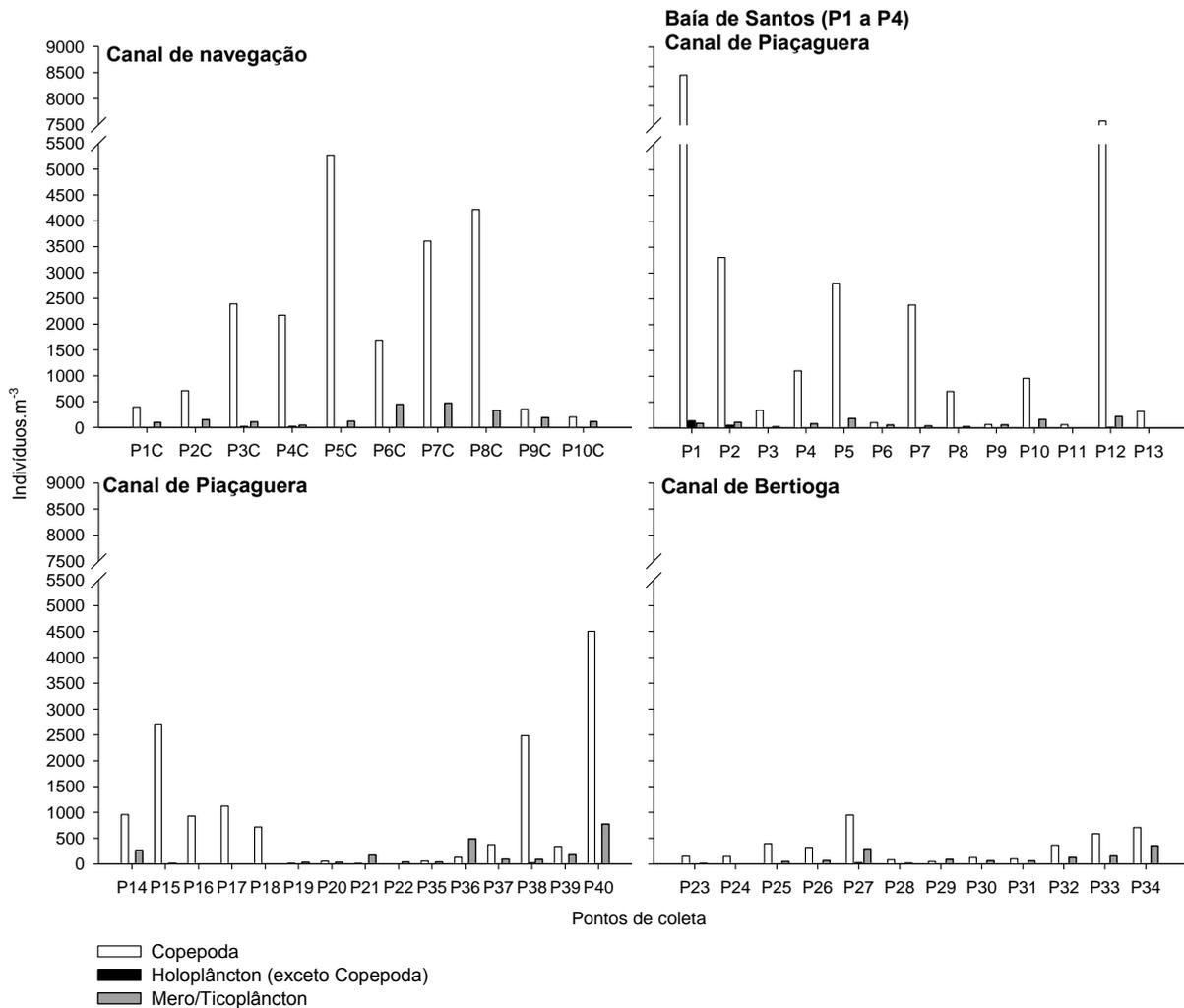


Figura 14.3.2-10. Abundância do zooplâncton nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga em janeiro de 2010 (campanha prévia).

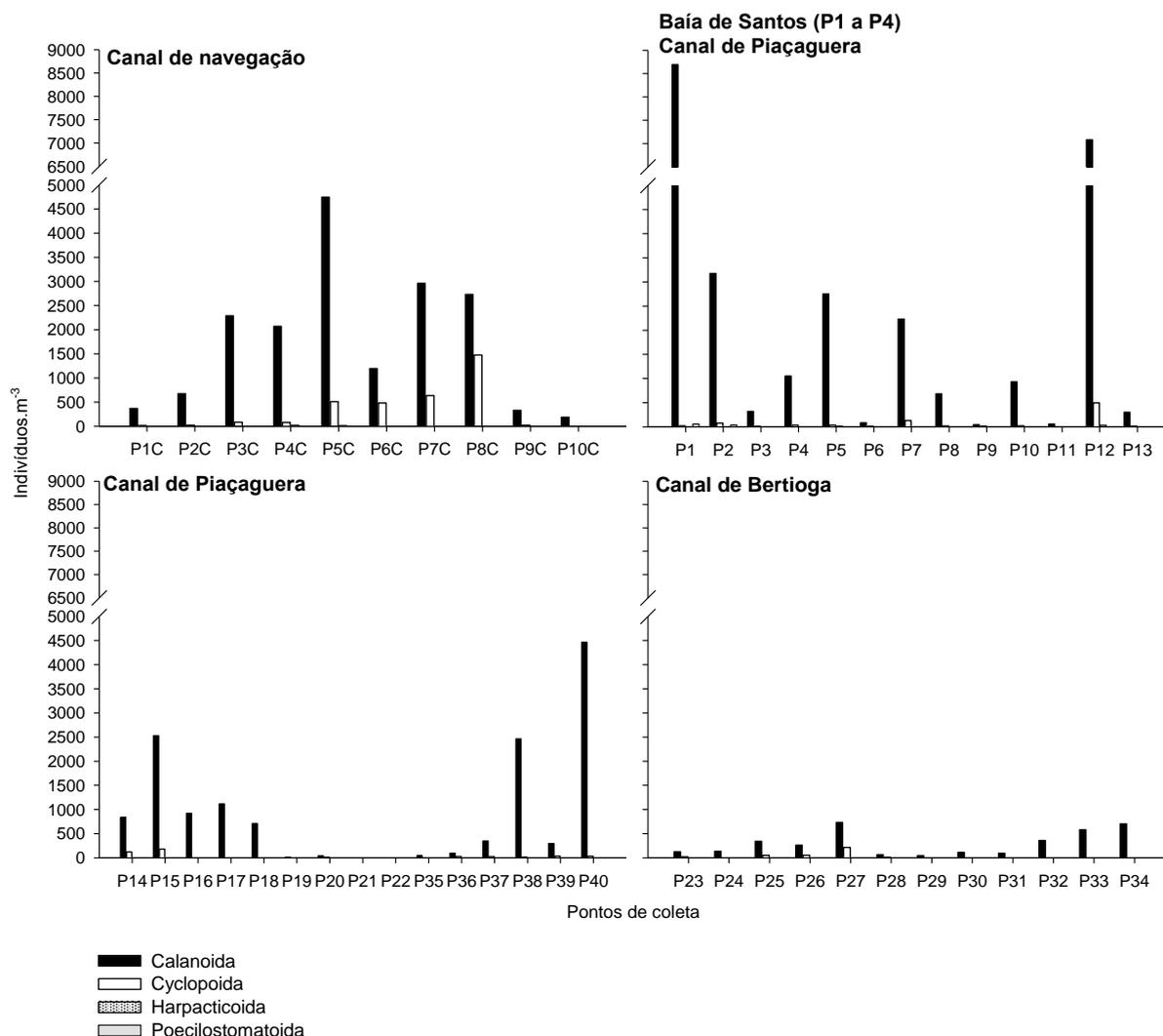


Figura 14.3.2-11. Abundância das ordens de Copepoda nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga em janeiro de 2010 (campanha prévia).

Entre os Copepoda, a ordem Calanoida foi dominante em todos os pontos e, na maioria deles, pelo menos uma ordem de grandeza mais abundante que as demais ordens (Figura 14.3.2-11). Os calanóides foram caracterizados por altas abundâncias de duas famílias, Acartiidae e Paracalanidae (Figura 14.3.2-12), representadas principalmente pelas espécies *Acartia lilljeborgi*, *A. tonsa* e *Parvocalanus crassirostris*. No caso da ordem subdominante, Cyclopoida, duas espécies foram numericamente importantes, *Oithona hebes* e *O. oswaldocruzi*, com o predomínio da primeira (Figura 14.3.2-13). Todas as espécies citadas são comuns em ambientes costeiros e estuarinos da costa sul-sudeste do Brasil (Lopes, 2007), sendo *Acartia lilljeborgi* e *Parvocalanus crassirostris* indicadoras de

intrusão marinha e *Acartia tonsa* e *Oithona oswaldocruzi* indicadoras de ambientes meso- a oligohalinos. Considerando estas cinco espécies, *A. lilljeborgi*, *P. crassirostris* e *O. hebes* foram as mais abundantes, indicando o predomínio da influência marinha nos diferentes setores estudados, com exceção de parte do canal de Piaçaguera e do Rio Casqueiro, onde ocorreram espécies tipicamente de água doce.

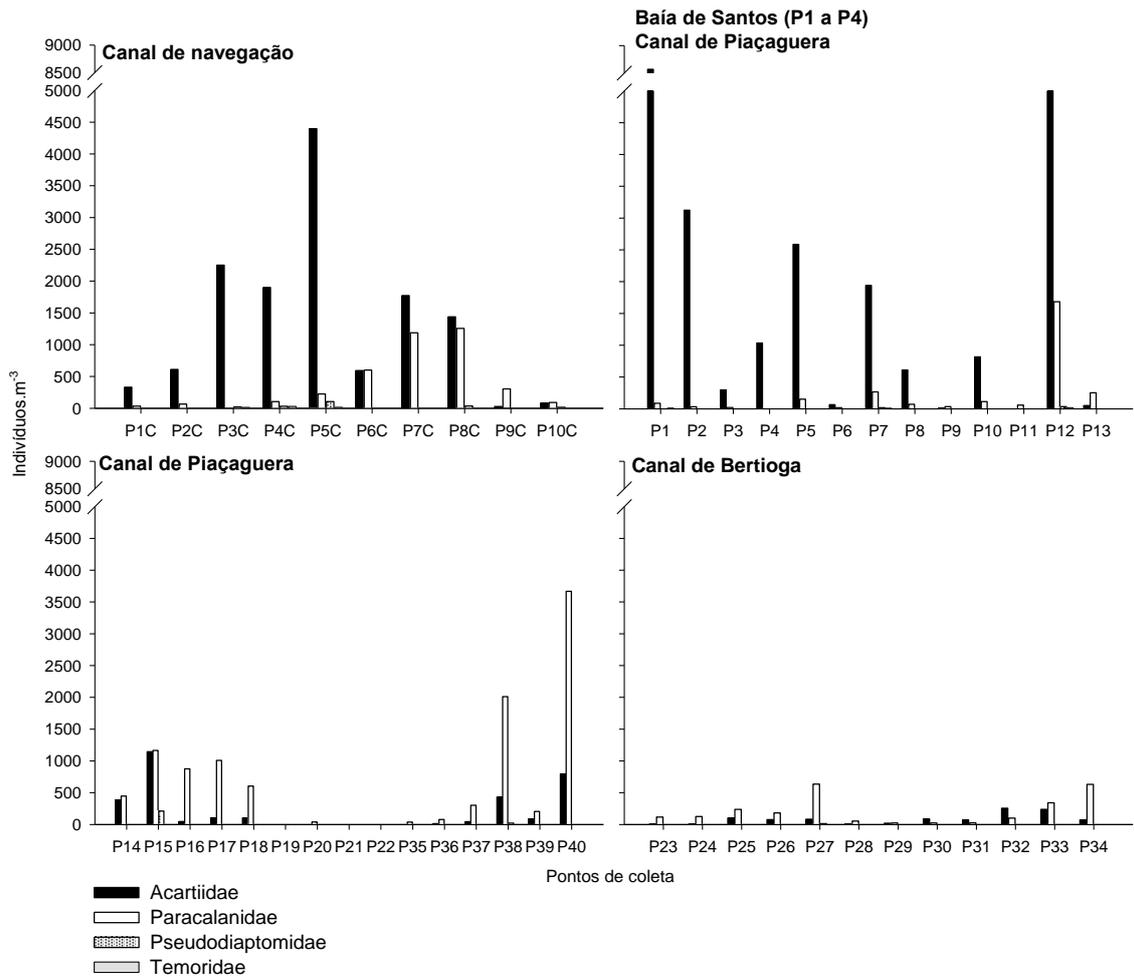


Figura 14.3.2-12. Abundância das famílias da ordem Calanoida (Copepoda) nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga em janeiro de 2010 (campanha prévia).

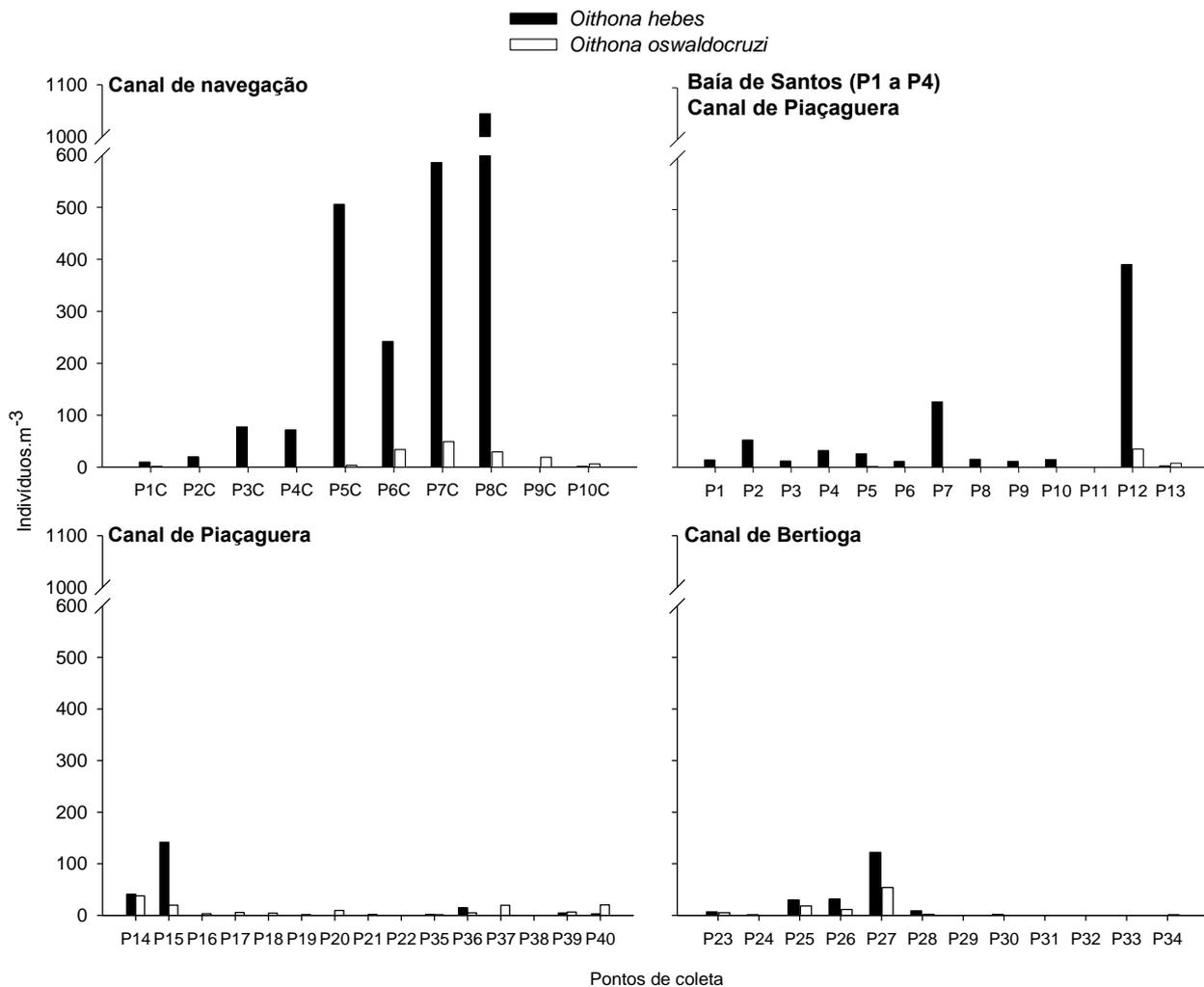


Figura 14.3.2-13. Abundância de *Oithona hebes* e *Oithona oswaldocruzi* (Oithonidae: Cyclopoida) na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga em janeiro de 2010 (campanha prévia).

Com relação ao mero e ticoplâncton (Figuras 14.3.2-14 e 14.3.2-15), o grupo dominante foi o dos Cirripedia em todos os pontos, desde a Baía de Santos até as zonas oligohalinas do sistema estuarino, com máximos nos setores intermediário e interno do canal de Piaçaguera e no rio Casqueiro. O segundo grupo meroplânctônico em termos de abundância foi Decapoda, formado basicamente por larvas de Brachyura, presentes em maior número nas áreas intermediárias a internas do estuário. Presentes em quantidades pouco expressivas, Polychaeta, Mollusca, larvas de peixes e Amphipoda, também ocorreram principalmente nestes setores (Figuras 14.3.2-14 e 14.3.2-15).

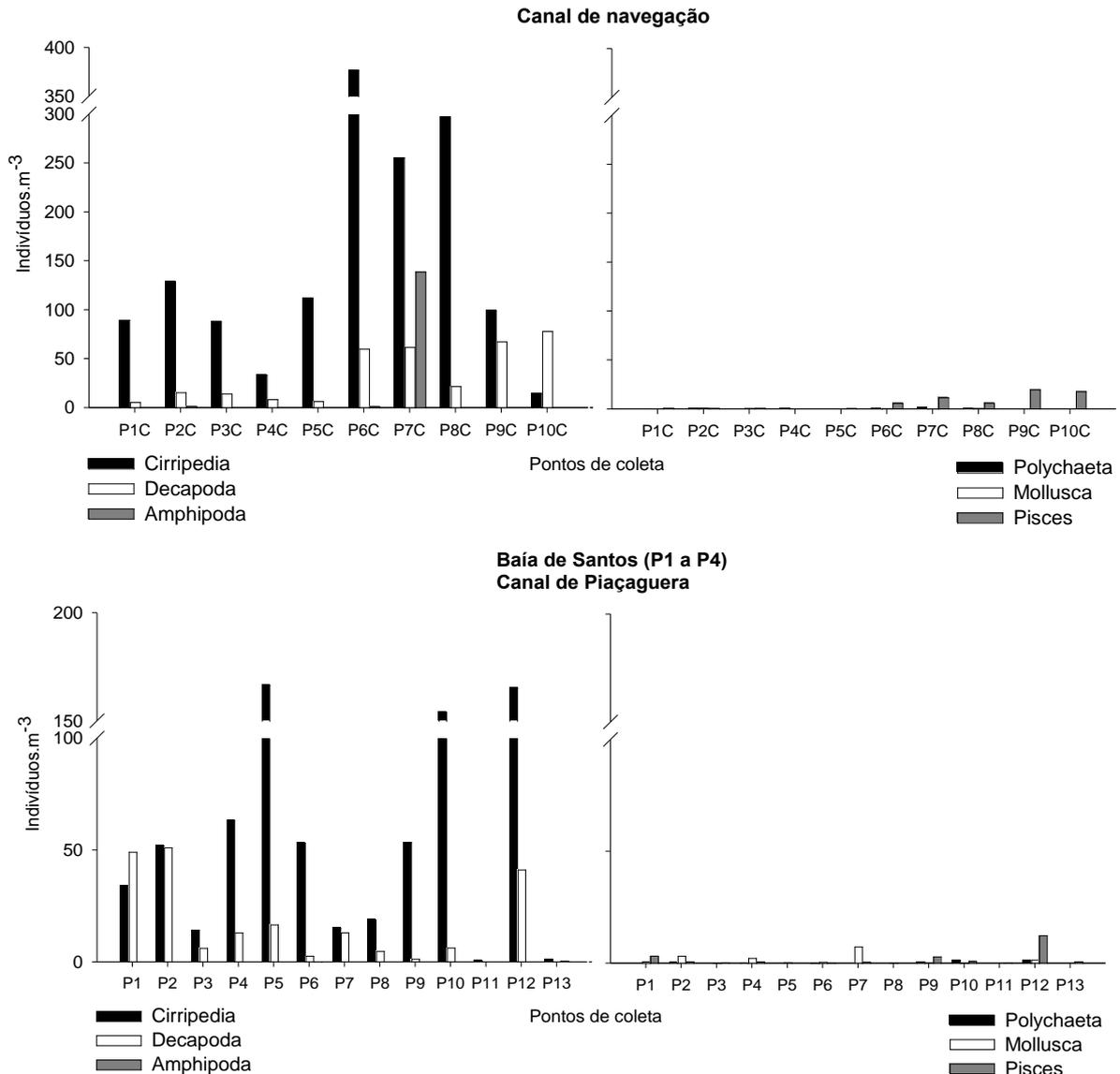


Figura 14.3.2-14. Abundância dos grupos do meroplâncton e ticoplâncton nos pontos de coleta no canal de navegação, Baía de Santos e setor externo do canal de Piaçaguera em janeiro de 2010 (campanha prévia).

A análise de ordenação N-MDS, realizada entre os 50 pontos de coleta com base na raiz quadrada dos valores de densidade dos 111 táxons identificados, permitiu a separação dos pontos em 5 grupos (Figura 14.3.2-16). Os resultados do teste ANOSIM mostraram que todos os grupos formados são estatisticamente diferentes (Tabela 14.3.2-2).

O grupo A foi formado por 17 das 24 amostras coletadas na Baía de Santos/Canal de Navegação (área 1), que apresentaram os maiores valores de densidade e o maior número de táxons (ocorrência de 72 dos 111 táxons

identificados). *Acartia tonsa*, *A. lilljeborgi*, copepoditos de *Acartia* spp. e de *Pseudodiaptomus* spp., *Parvocalanus crassirostris*, *Oithona hebes*, machos de *Oithona* spp., *Euterpina acutifrons*, *Temora turbinata*, larvas de Cirripedia e de Brachyura e juvenis da família Sagittidae foram os principais representantes deste grupo.

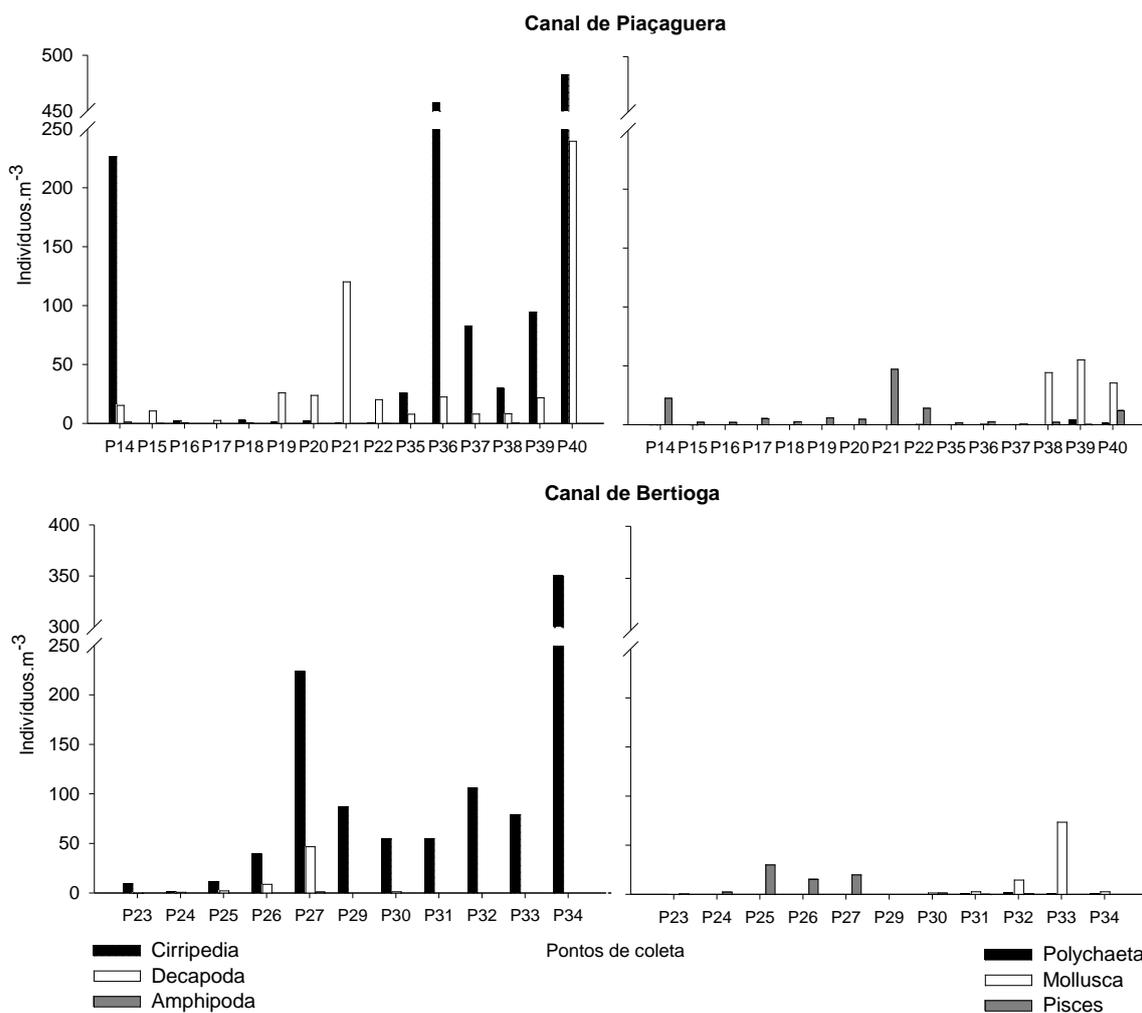


Figura 14.3.2-15. Abundância dos grupos do meroplâncton e ticoplâncton nos pontos de coleta no setor interno do canal de Piaçaguera e no canal de Bertioga em janeiro de 2010 (campanha prévia).

O grupo B foi composto por amostras coletadas nas áreas 1 (citada acima) e 3 (Canal de Bertioga) (Figura 14.3.2-16) e, embora a composição de táxons seja semelhante à encontrada no grupo A, apresentou baixa densidade zooplancônica e uma maior contribuição de larvas de Polychaeta e dos copépodes *Oithona*

oswaldocruzi e *Ergasilus* sp. Por sua vez, a composição e densidade zooplanctônica do grupo C se mostrou bem diferente do A e mais semelhante ao do grupo D (Tabela 14.3.2-2). Larvas e ovos de peixes mostraram uma maior contribuição para a formação deste grupo, assim como larvas de gastrópodes e hidromedusas.

Apesar dos pontos estarem de bem separados espacialmente, o P35 da área 2 (Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro) se agrupou com outros três pontos da área 3 devido à presença de hidromedusas, isópodes, náuplios de copépodes e larvas de gastrópodes, que não foram identificadas nos quatro pontos que formaram o grupo D. Este, em comparação com os demais grupos, foi o mais diferente, com baixos valores de densidade zooplanctônica e menor número de táxons (ocorrência de apenas 38 dos 111 táxons identificados). Larvas de peixes, de decápodes e de cirrípedes, além dos copépodes *Parvocalanus crassirostris*, *Oithona oswaldocruzi*, *Acartia tonsa* e *Paracyclopsina longifurca*, foram os táxons mais abundantes. No entanto, a principal característica deste grupo foi a presença de espécies típicas de água doce, como os cladóceros *Bosmina longirostris*, *Bosmina* sp., *Diaphanosoma birgei*, *Simocephalus* sp., *Ceriodaphnia* sp. e os copépodes *Thermocyclops decipiens*, *Acanthocyclops* sp. 1, *Microcyclops* sp.1, *Mesocyclops* sp.1, *Paracyclops* sp.1, *Tropocyclops prasinus meridionalis*, *T. priscinalis* e copepoditos da família Cyclopidae.

Como pode ser visto na Tabela 14.3.2-2, apesar de estatisticamente diferentes, os grupos A e E foram os de menor valor de R, portanto, os mais semelhantes entre si. Agruparam as amostras mais abundantes e mais ricas, com alta abundância relativa de *Acartia tonsa*, *A. lilljeborgi*, copepoditos de *Acartia* spp., *Parvocalanus crassirostris* e *Oithona hebes*. Por outro lado, a composição dos táxons foi um tanto diferente, uma vez que dos 88 táxons identificados (somando ambos os grupos), 32 ocorreram apenas em pontos que formaram o grupo A, enquanto que 16 apenas nas do grupo E. Dentre estes, destacaram-se três cladóceros (*Simocephalus* sp., *Moina minuta*, *Diaphanosoma birgei*) e três copépodes (*Apocyclops procerus*, *Halicyclops crassirostris*, *Paracyclops* sp. 1), todos típicos de regiões menos salinas ou de água doce, confirmando a influência marinha sobre a Baía de Santos e o Canal de Navegação (grupo A) em

contrapartida com a natureza mais estuarina do Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro (grupo E) assim como do Canal de Bertioiga (grupo D).

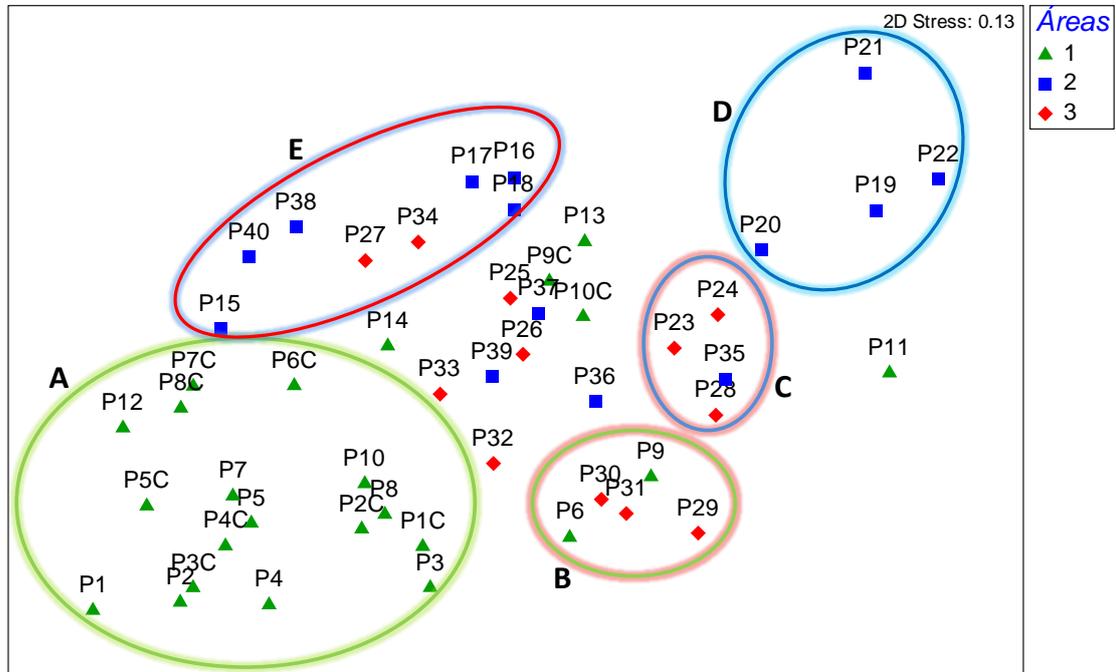


Figura 14.3.2-16. Análise de Ordenação N-MDS dos 50 pontos de coleta de janeiro de 2010 (campanha prévia) baseada na raiz quadrada dos valores de densidade dos táxons identificados e na similaridade de Bray-Curtis. Áreas: 1 – Baía de Santos e Canal de navegação; 2 – Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro; 3 – Canal de Bertioiga.

Tabela 14.3.2-2. Resultados do teste pareado ANOSIM realizado entre os grupos obtidos na Análise de Similaridade N-MDS para a campanha de janeiro de 2010 (campanha prévia). Valores significativos: < 5%.

Grupos	R estatístico	Nível de significância (%)
A - B	0.880	0.1
A - C	0.987	0.1
A - D	1	0.1
A - E	0.809	0.1
B - C	0.881	0.8
B - D	1	0.8
B - E	0.904	0.1
C - D	0.865	2.9
C - E	0.818	0.2
D - E	0.983	0.2
R global = 0.882		

Campanha de julho de 2010 (1ª Campanha)

Os grupos zooplanctônicos detectados nas amostras do sistema estuarino de Santos-Bertioga, durante a campanha de julho de 2010 (primeira campanha de monitoramento), estão listados na Tabela 14.3.2-3. As identificações, realizadas até o nível de espécie para a maioria dos grupos holoplanctônicos, como Copepoda, Cladocera, Appendicularia e Chaetognatha, indicam novamente que a composição taxonômica do zooplâncton nas áreas estudadas é similar a outros estuários do sudeste-sul do Brasil, conforme citado anteriormente.

Na campanha de inverno, não houve uma contribuição significativa de espécies indicadoras de águas continentais. A área de estudo foi caracterizada por espécies tipicamente estuarinas e marinho-eurihalinas, seguidas por espécies indicadoras de intrusão marinha, como os copépodes *Clausocalanus furcatus*, e *Subeucalanus pileatus* e algumas espécies de *Oikopleura* (Larvacea). Nas imagens abaixo (Figura 14.3.2-17) estão ilustrados alguns táxons zooplanctônicos encontrados na campanha de inverno.

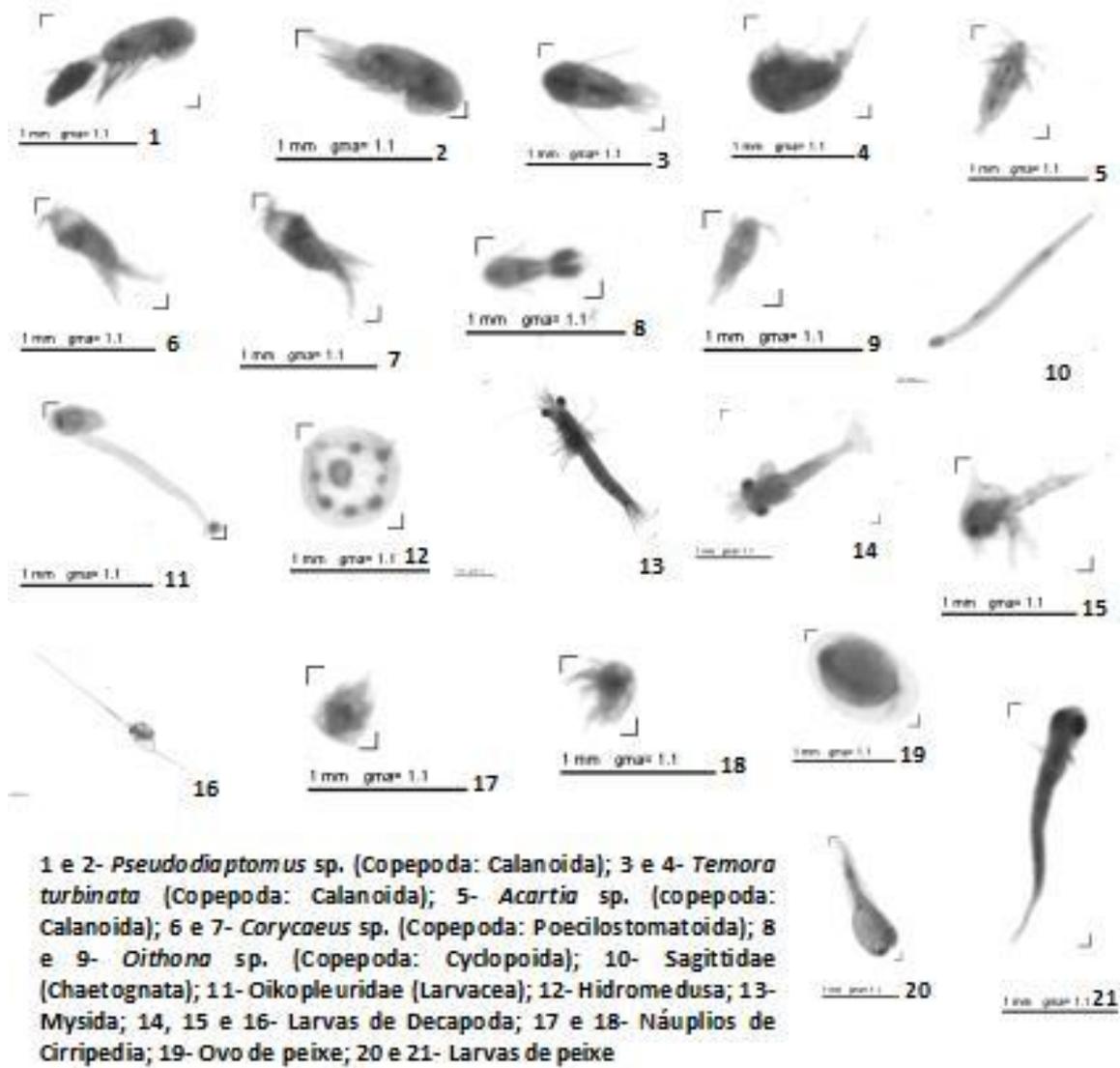


Figura 14.3.2-17. Ilustração de alguns táxons zooplancônicos encontrados na campanha de inverno (1ª campanha).

Tabela 14.3.2-3. Lista de táxons zooplancctônicos no sistema estuarino de Santos-Bertioga, amostragem de julho de 2010 (1ª campanha).

Reino Protista	Classe Ostracoda
Filo Sarcomastigophora	Classe Malacostraca
Subfilo Radiolaria	Ordem Mysida
<i>Sticholonche zanclea</i>	Família Mysidae
Reino Animalia	Ordem Amphipoda
	Subordem Corophiidea
Filo Cnidaria	Subordem Gammaridea
Classe Scyphozoa	
Ordem Semaestomeae	Ordem Isopoda
Família Ulmaridae	
<i>Aurelia</i> sp. (éfira)	Ordem Decapoda (larvas)
	Infraordem Caridea (larvas)
Classe Hydrozoa	Infraordem Brachyura (larvas)
Hidromedusas	Infraordem Anomura
Ordem Leptothecata	Família Porcellanidae (larvas)
Família Campanulariidae	
<i>Clytia</i> sp.	Ordem Stomatopoda (larvas)
<i>Obelia</i> sp.	
Família Loveneliidae	Classe Branchiopoda
<i>Eucheilota</i> sp.	Ordem Diplostraca
	Subordem Cladocera
Filo Annelida	Família Podonidae
Classe Polychaeta (larvas)	<i>Pseudevadne tergestina</i>
	Família Sididae
Filo Mollusca	<i>Diaphanosoma birgei</i>
Classe Gastropoda (larvas)	
Ordem Thecosomata	Classe Maxillopoda
Família Cavoliniidae	Subclasse Copepoda
<i>Creseis acicula</i>	Náuplios
	Ordem Calanoida
Classe Bivalvia (larvas)	Família Paracalanidae
	Paracalanidae (copepoditos)
Filo Bryozoa (larvas cifonauta)	<i>Parvocalanus crassirostris</i>
	<i>Paracalanus indicus</i>
Filo Arthropoda	<i>Paracalanus parvus</i>
Classe Arachnida	<i>Paracalanus quasimodo</i>
Ordem Acarida (ácaros marinhos)	<i>Paracalanus</i> spp.

Tabela 14.3.2-3 (continuação): Lista de táxons zooplanctônicos no sistema estuarino de Santos-Bertioga, amostragem de julho de 2010 (1ª campanha).

Copepoda (continuação)	Ordem Poecilostomatoida
Família Clausocalanidae	Família Corycaeidae
<i>Clausocalanus furcatus</i>	<i>Corycaeus</i> spp. (copepoditos)
Família Eucalanidae	<i>Corycaeus giesbrechti</i>
<i>Subeucalanus pileatus</i>	Família Oncaeidae
Família Centropagidae	<i>Oncaea</i> spp. (copepoditos)
<i>Centropages furcatus</i>	<i>Oncaea curta</i>
Família Pseudodiaptomidae	<i>Oncaea mediterranea</i>
<i>Pseudodiaptomus</i> spp. (copepoditos)	Família Clausidiidae
<i>Pseudodiaptomus acutus</i>	<i>Hemicyclops thalassius</i>
Família Temoridae	
<i>Temora stylifera</i>	Infraclasse Cirripedia
<i>Temora turbinata</i>	Náuplios
Família Pontellidae	Larvas cypris
<i>Labidocera</i> spp. (copepoditos)	
<i>Labidocera fluviatilis</i>	Filo Chaetognata
Família Acartiidae	Classe Sagitoida
<i>Acartia</i> spp. (copepoditos)	Família Sagittidae
<i>Acartia tonsa</i>	Juvenis
<i>Acartia lilljeborgi</i>	<i>Parasagitta tenuis</i>
Ordem Harpacticoida	<i>Parasagitta friderici</i>
não identificados	
Família Miraciidae	Filo Echinodermata
<i>Microsetella</i> spp. (copepoditos)	Classe Ophiuroidea (larvas)
<i>Microsetella norvegica</i>	Classe Echinoidea (larvas)
Família Euterpinidae	
<i>Euterpina acutifrons</i>	Filo Chordata
Família Clytemnestridae	Subfilo Tunicata (larvas)
<i>Clytemnestra</i> sp. (copepoditos)	Classe Larvacea
Ordem Cyclopoida	Família Oikopleuridae
não identificados	<i>Oikopleura</i> spp.
Família Oithonidae	<i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i>
<i>Oithona</i> spp. (copepoditos)	<i>Oikopleura (Coecaria) longicauda</i>
<i>Oithona plumifera</i>	<i>Oikopleura (Vexillaria) rufenses</i>
<i>Oithona hebes</i>	<i>Oikopleura (Coecaria) fusiformis</i>
<i>Oithona oswaldocruzi</i>	
<i>Oithona oculata</i>	Subfilo Vertebrata
	Superclasse Pisces
	Larvas
	Ovos

Em julho de 2010, os índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o holoplâncton variaram de forma similar a janeiro de 2010, com maiores valores de diversidade nos setores externos e de dominância nos setores internos (Figuras 14.3.2-18 a 14.3.2-21).

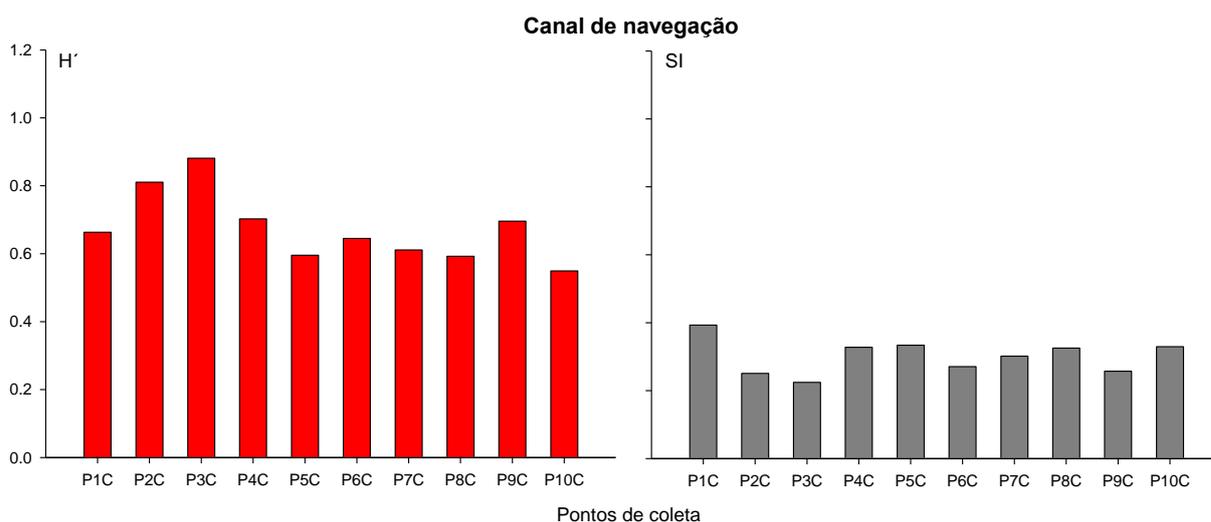


Figura 14.3.2-18. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o holoplâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de navegação no período de julho de 2010 (1ª campanha).

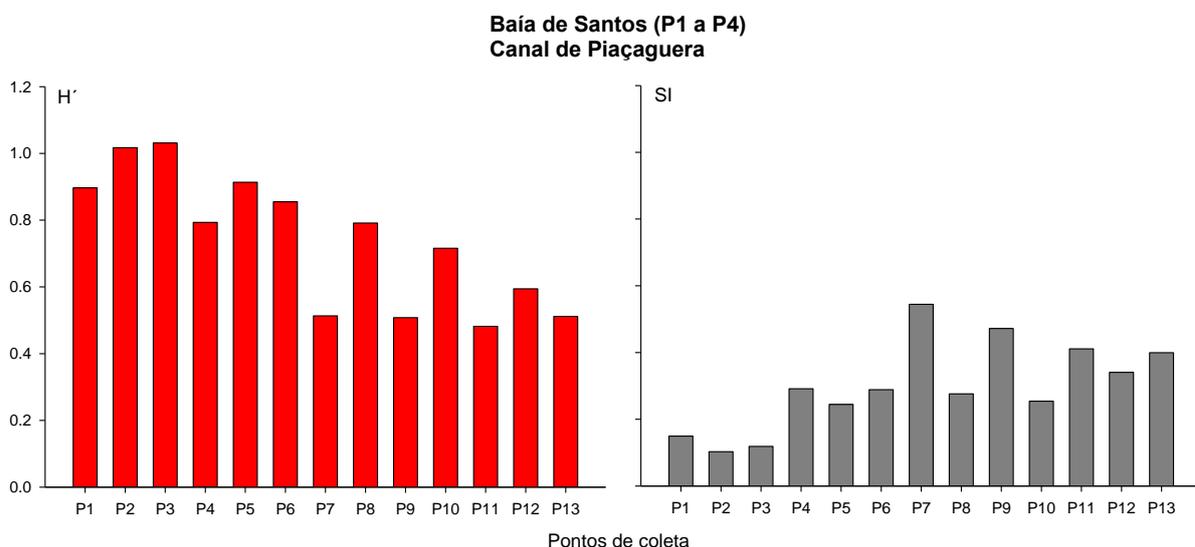


Figura 14.3.2-19. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o holoplâncton encontrado nos pontos de coleta na Baía de Santos e no Canal de Piaçaguera no período de julho de 2010 (1ª campanha).

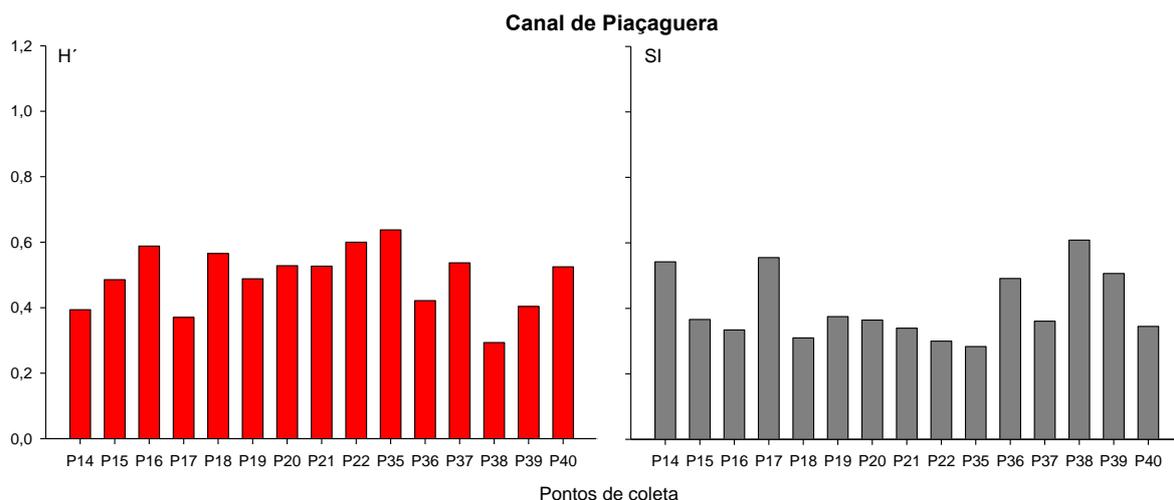


Figura 14.3.2-20. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o holoplâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de Piaçaguera no período de julho de 2010 (1ª campanha).

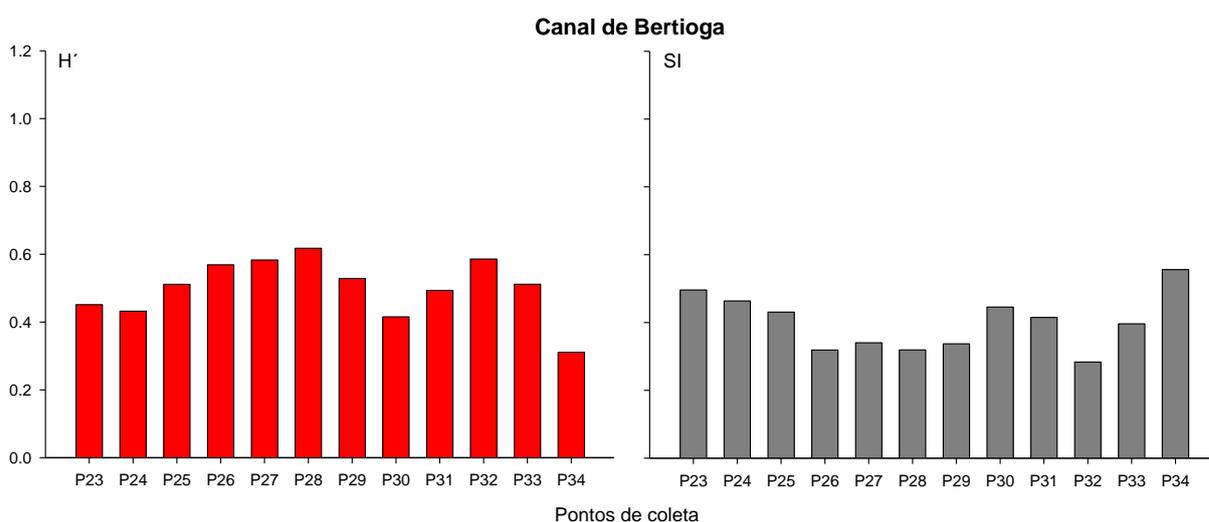


Figura 14.3.2-21. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o holoplâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de Bertioga no período de julho de 2010 (1ª campanha).

Na campanha de inverno, a diversidade do mero- e ticoplâncton não variou amplamente como no verão entre os setores externos, intermediários e internos do sistema estuarino (Figuras 14.3.2-22 a 14.3.2-25). Esta pequena variabilidade foi observada também no índice de dominância de Simpson. Considerando que o mero- e ticoplâncton foram identificados em nível supragenérico, a Figura 14.3.2-26 ilustra a baixa variabilidade espacial no número de táxons na categoria “Grupos”, corroborando os resultados obtidos para os índices ecológicos no sistema estuarino.

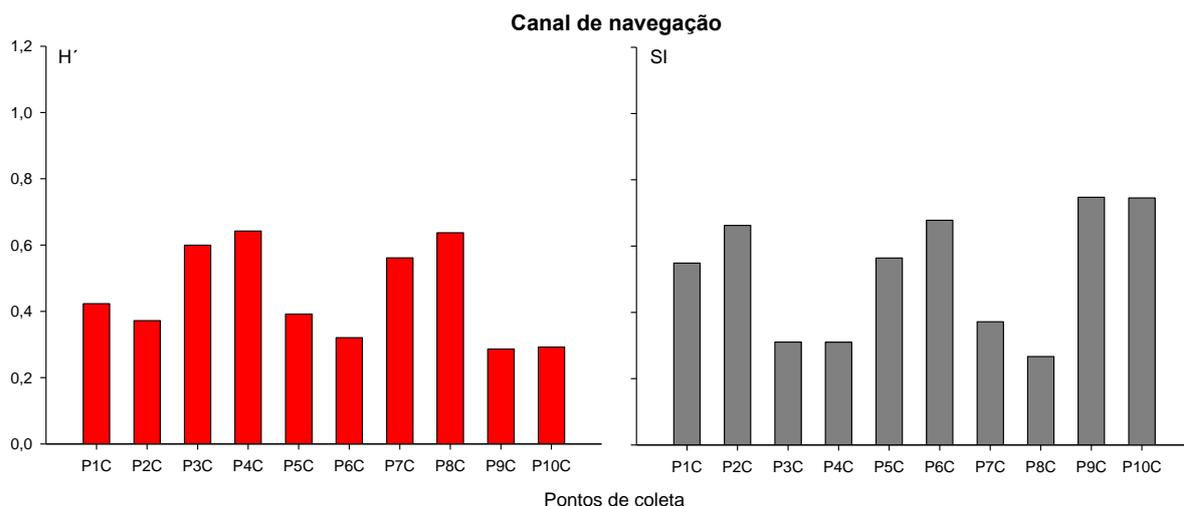


Figura 14.3.2-22. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o mero e ticolâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de navegação no período de julho de 2010 (1ª campanha).

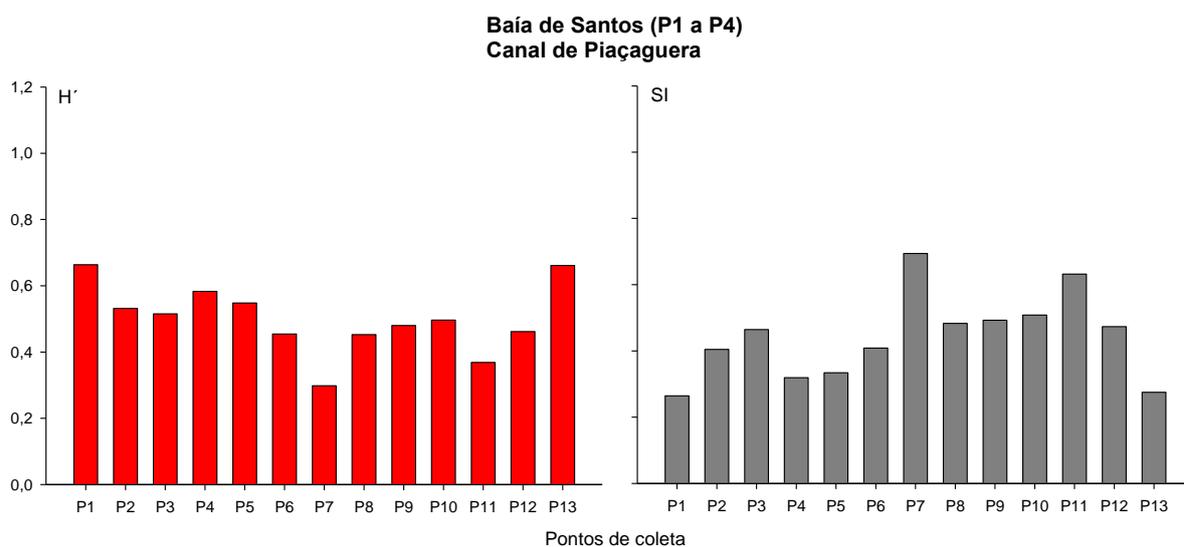


Figura 14.3.2-23. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o mero e ticolâncton encontrado nos pontos de coleta na Baía de Santos e no Canal de Piaçaguera no período de julho de 2010 (1ª campanha).

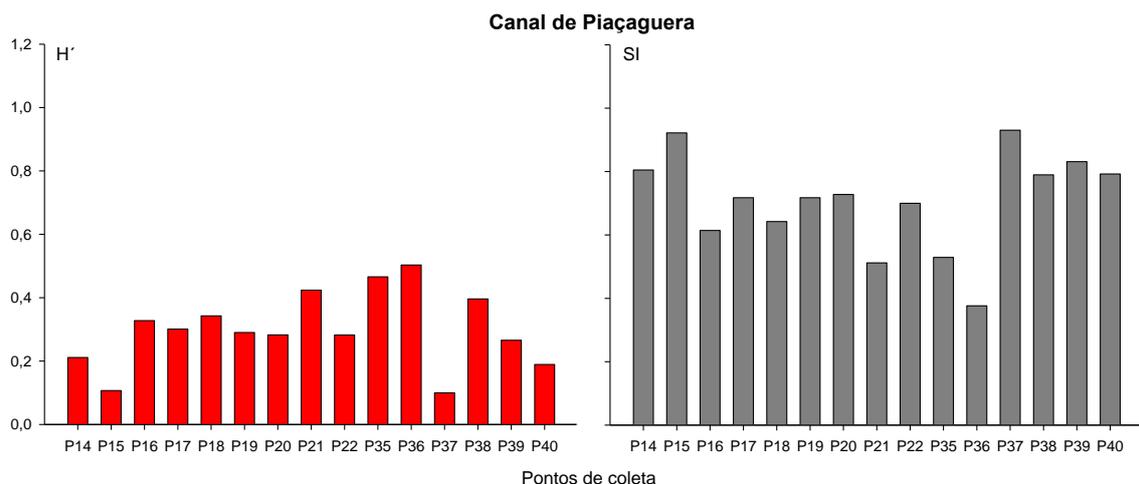


Figura 14.3.2-24. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o mero e ticolâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de Piaçaguera no período de julho de 2010 (1ª campanha).

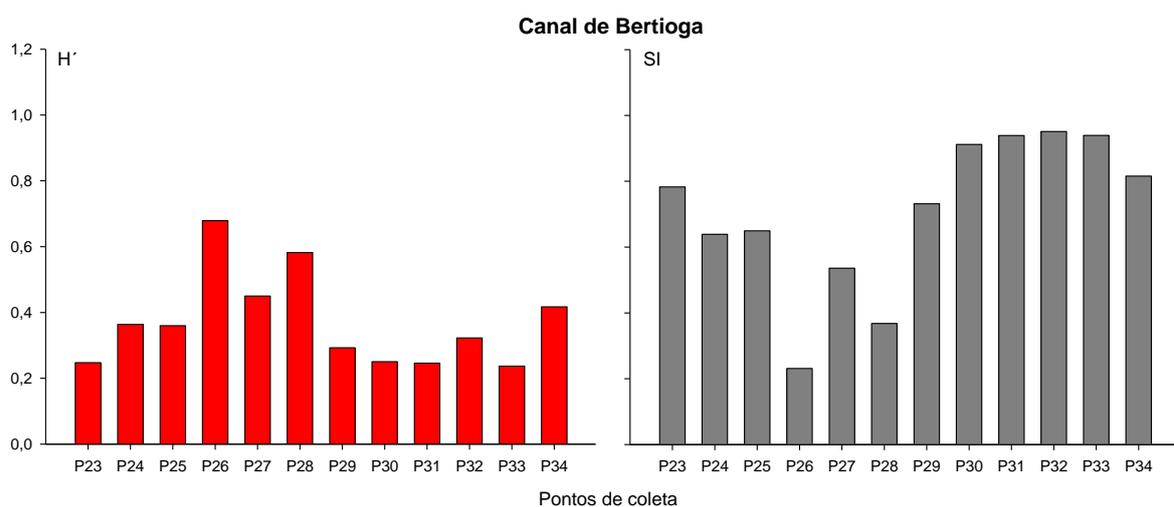


Figura 14.3.2-25. Valores dos índices de diversidade de Shannon e de dominância de Simpson para o mero e ticolâncton encontrado nos pontos de coleta no Canal de Bertioga no período de julho de 2010 (1ª campanha).

Na campanha de julho de 2010 a dominância de Copepoda foi mantida, conforme mostra a Figura 14.3.2-26, mas de forma menos evidente do que no verão. Na campanha em análise foram observadas altas abundâncias de outros grupos holoplanctônicos em vários pontos da Baía de Santos e do setor externo do canal de navegação, enquanto que o meroplâncton foi abundante em pontos mais internos dos canais de Piaçaguera e de Bertioga (Figura 14.3.2-26).

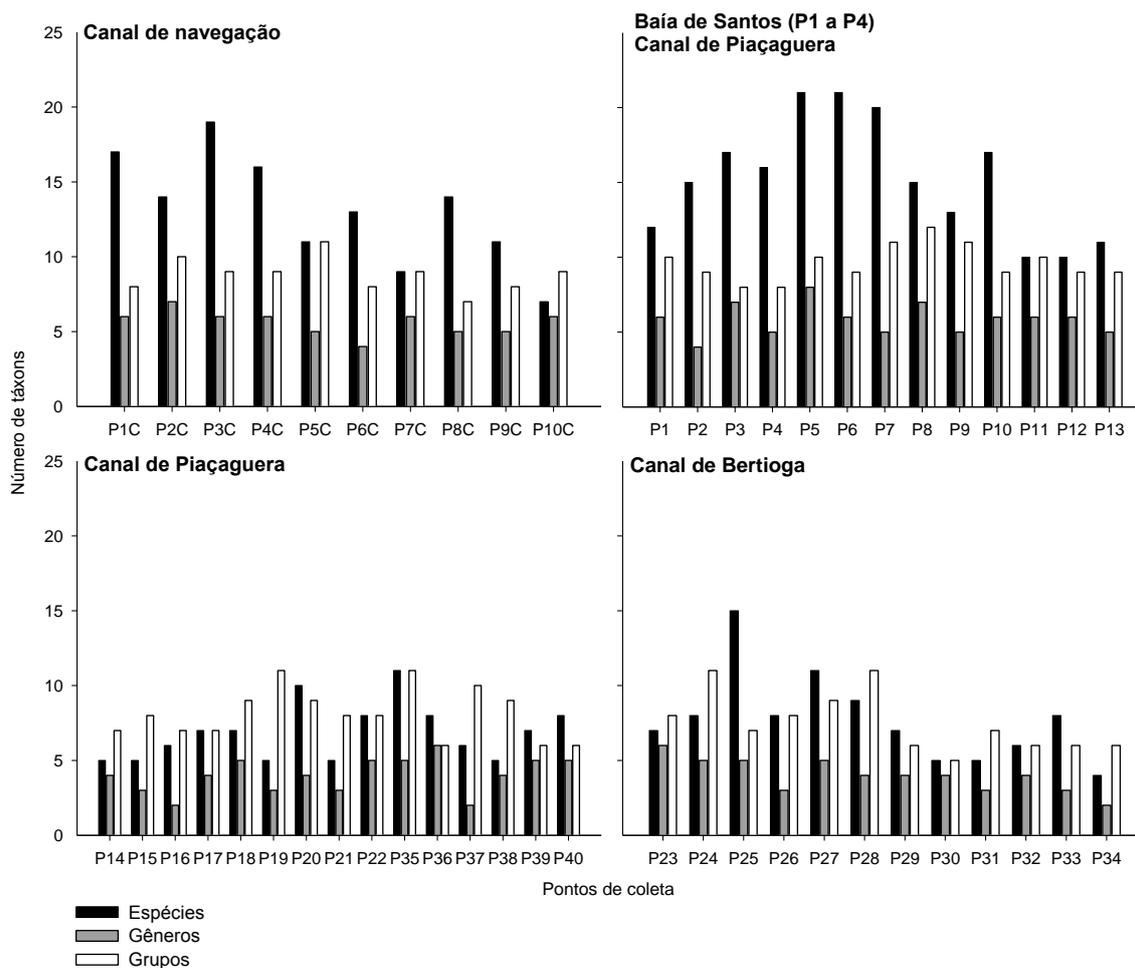


Figura 14.3.2-26. Número de indivíduos por metro cúbico das espécies, dos gêneros e dos outros níveis taxonômicos encontrados nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioiga no período de julho de 2010 (1ª campanha).

Entre os Copepoda, a dominância foi alternada entre a ordem Calanoida e a ordem Cyclopoida, diferindo do observado na campanha de verão (Figura 14.3.2-28). Os calanóides foram caracterizados por altas abundâncias de duas famílias, Acartiidae e Paracalanidae (Figura 14.3.2-29), representadas principalmente pelas espécies *Acartia lilljeborgi*, *A. tonsa* e *Parvocalanus crassirostris*. A família Pseudodiaptomidae foi também abundante em alguns pontos. No caso da ordem Cyclopoida, duas espécies foram numericamente importantes, *Oithona hebes* e *O. oswaldocruzi*, com o predomínio da primeira (Figura 14.3.2-30). Todas as espécies citadas são comuns em ambientes costeiros e estuarinos da costa sul-sudeste do Brasil, sendo *Acartia lilljeborgi*, *Parvocalanus crassirostris* e *Oithona plumifera* indicadoras de intrusão marinha e *Acartia tonsa* e *Oithona oswaldocruzi* indicadoras de ambientes meso- a oligohalinos. Considerando estas espécies, *A. lilljeborgi*, *P. crassirostris* e *O. hebes* foram as mais abundantes, assim como observado na campanha de verão, confirmando o predomínio da influência marinha nos diferentes setores estudados. No inverno, como citado anteriormente, não foram observadas espécies tipicamente de água doce em parte do canal de Piaçaguera e do Rio Casqueiro, como no verão.

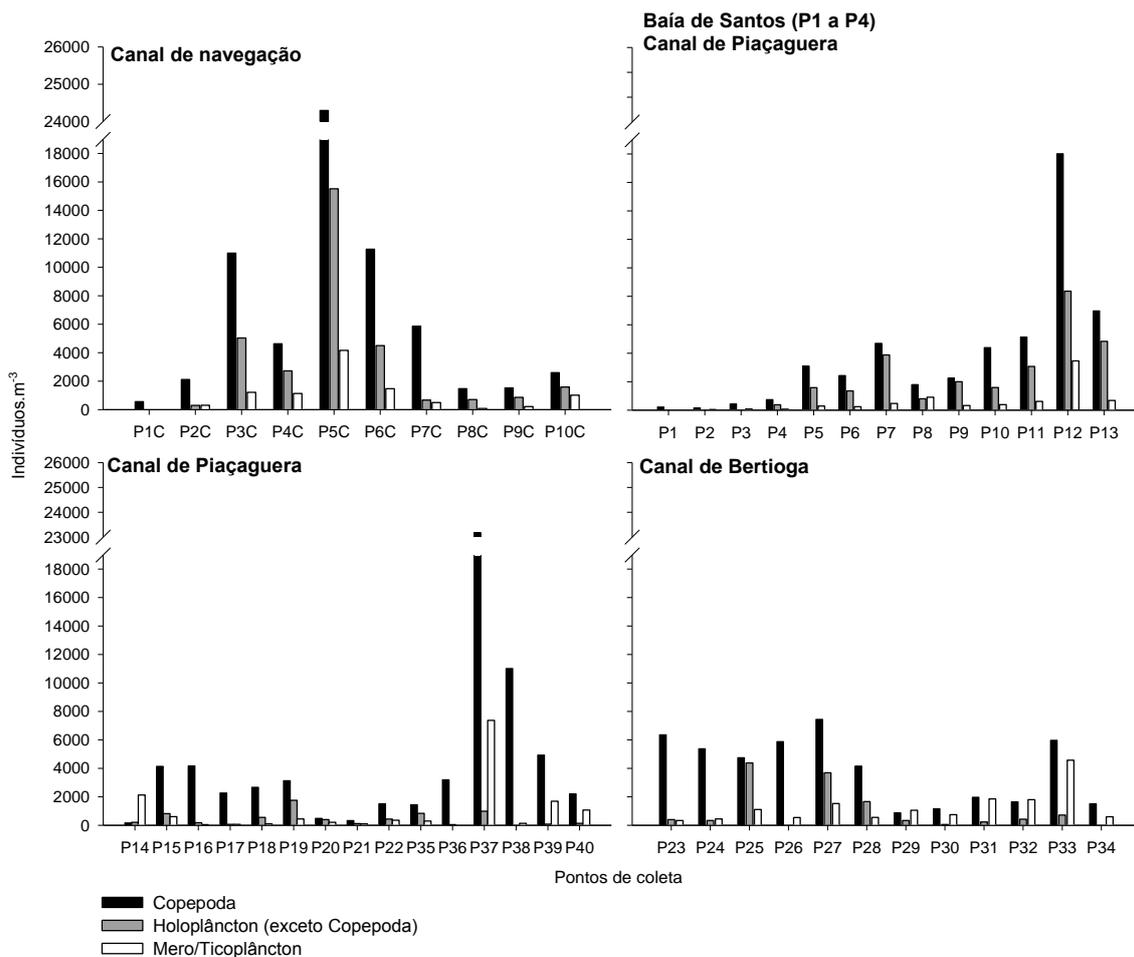


Figura 14.3.2-27. Número de indivíduos por metro cúbico do zooplâncton encontrados nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga no período de julho de 2010 (1ª campanha).

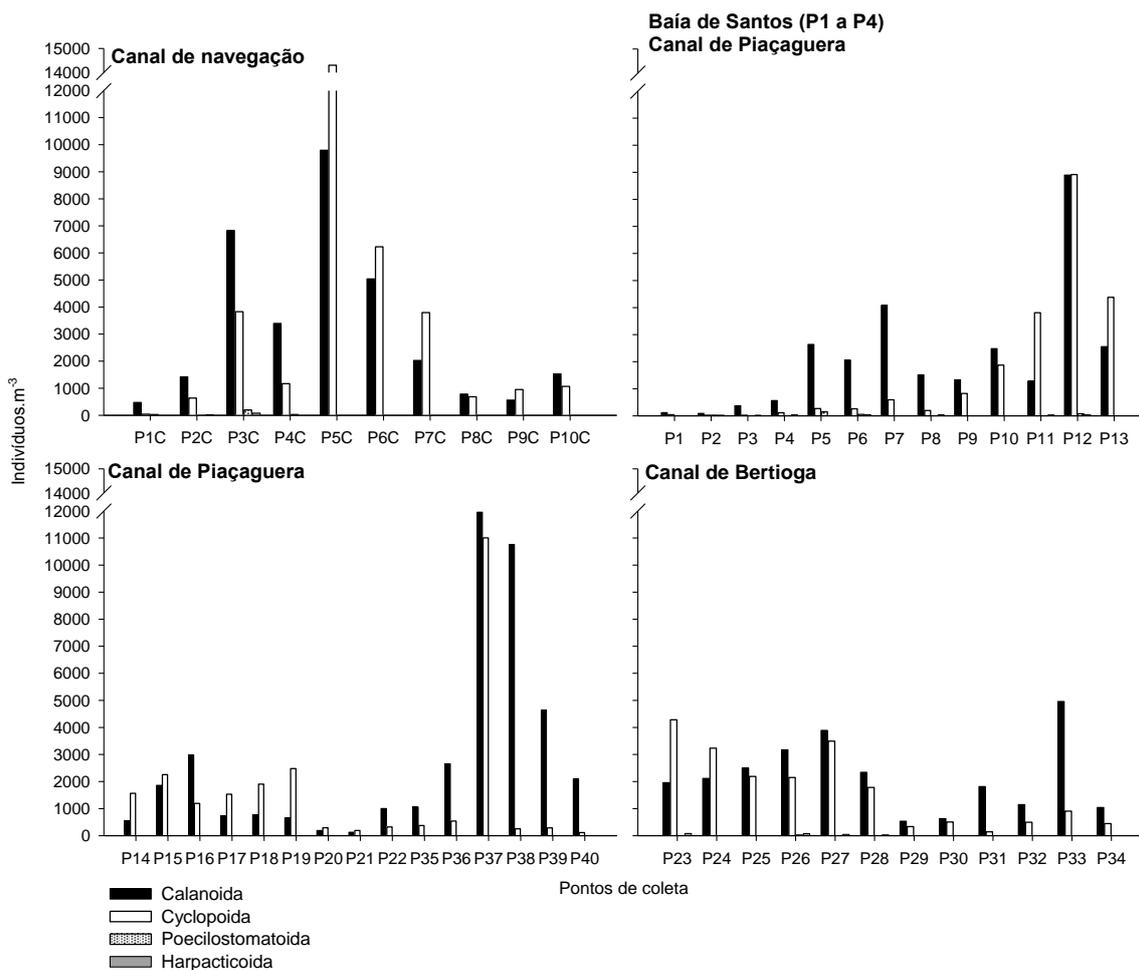


Figura 14.3.2-28. Número de indivíduos por metro cúbico da ordem de Copepoda encontrados nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga no período de julho de 2010 (1ª campanha).

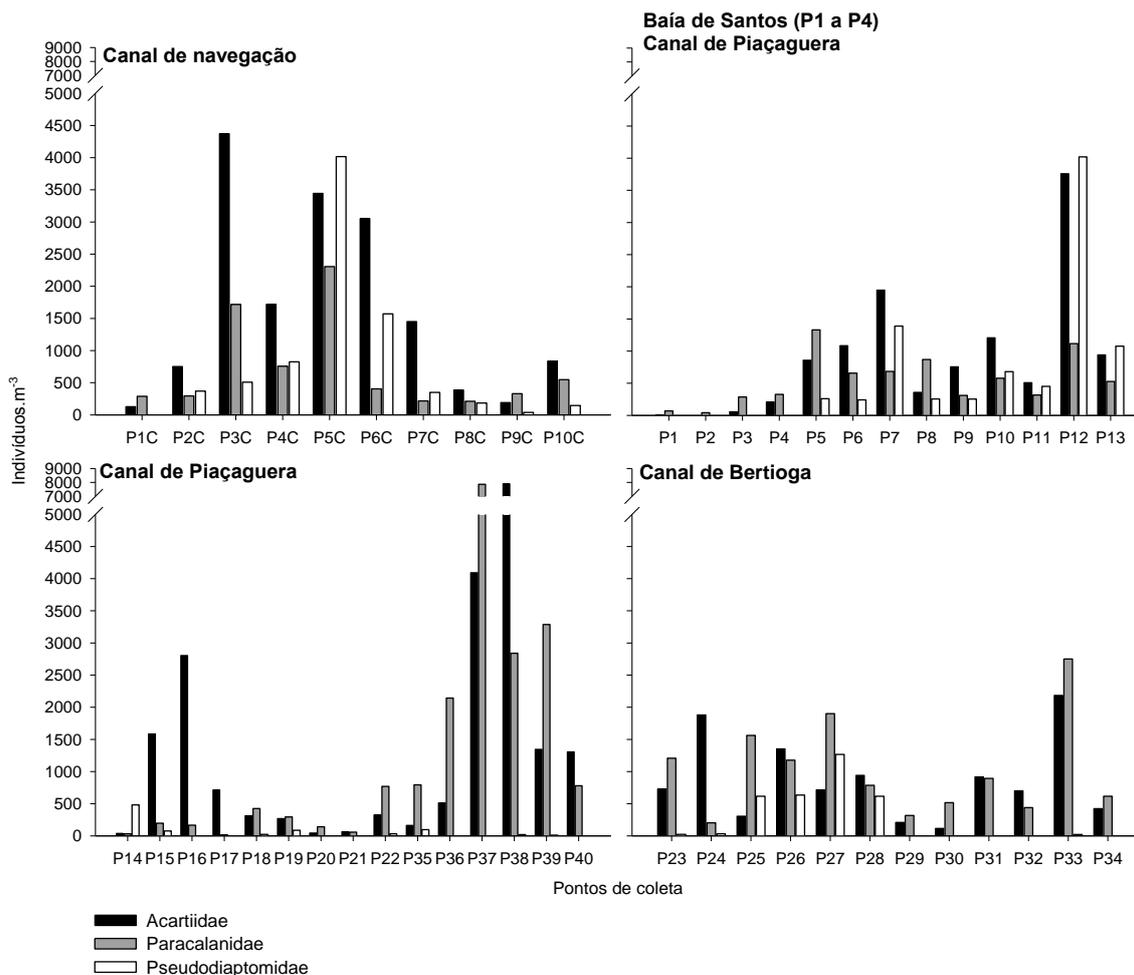


Figura 14.3.2-29. Número de indivíduos por metro cúbico das famílias dominantes da ordem Calanoida (Copepoda) encontrados nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga no período de julho de 2010 (1ª campanha).

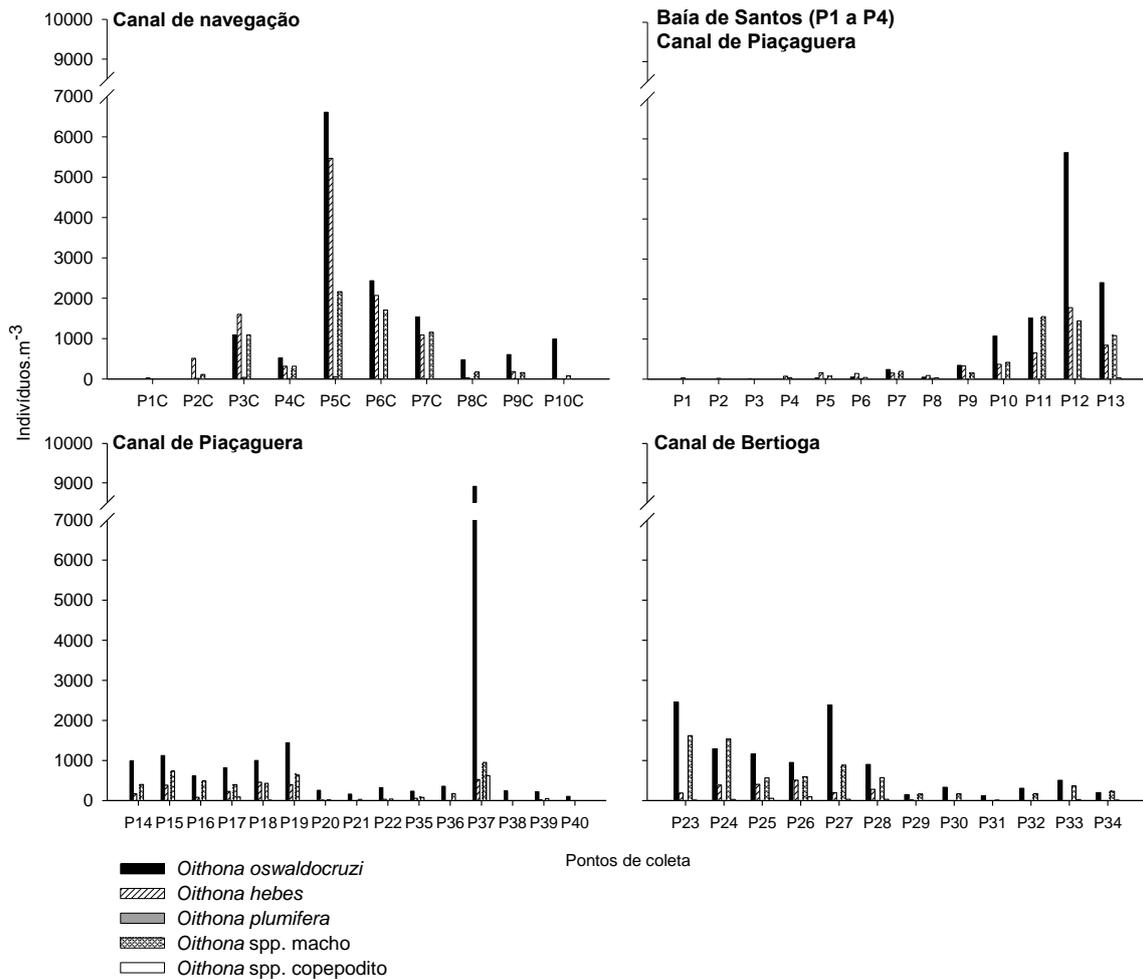


Figura 14.3.2-30. Número de indivíduos por metro cúbico das espécies da família Oithonidae (Copepoda: Cyclopoida), copepoditos e indivíduos machos do gênero encontrados nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga no período de julho de 2010 (1ª campanha).

O grupo subdominante do holoplâncton (após Copepoda) foi o dos Larvacea, gênero *Oikopleura*; os demais grupos tiveram baixas abundâncias (Figura 14.3.2-31). Espécies de *Oikopleura* são frequentes em ambientes estuarinos tropicais e subtropicais (Neumann-Leitão, 1994/95), inclusive na costa sul-sudeste do Brasil (Brandini *et al.*, 1997). Como as espécies de Larvacea estão normalmente associadas com a influência da intrusão marinha, a importância do grupo durante as amostragens de inverno fornece um elemento indicativo adicional da forte variabilidade sazonal observada na região estudada.

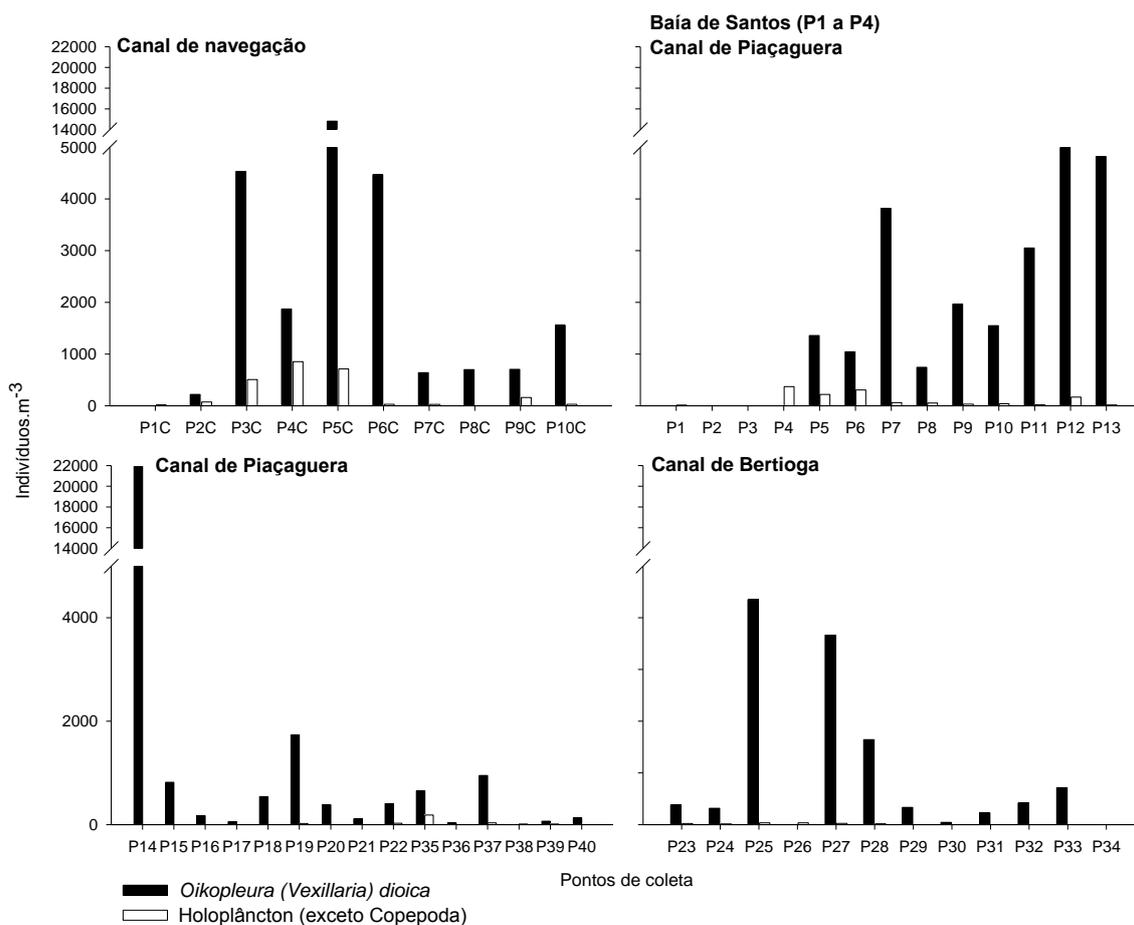


Figura 14.3.2-31. Número de indivíduos por metro cúbico da espécie *Oikopleura (Vexillaria) dioica* (Oikopleuridae: Copelata) e outros organismos do holoplâncton (exceto Copepoda) encontrados nos pontos de coleta na região da Baía de Santos e Canais de Piaçaguera e Bertioga no período de julho de 2010 (1ª campanha).

Com relação ao mero- e ticoplâncton (Figuras 14.3.2-32 a 14.3.2-35), o grupo dominante foi o dos Cirripedia, seguidos por Brachyura em todos os pontos, exceto em alguns localizados na Baía de Santos e pontos externos dos canais de navegação e Piaçaguera, onde a dominância se inverteu. Os máximos meroplancctônicos ocorreram nos setores intermediários e internos do Canal de Piaçaguera e de Bertioga, por influência dos Cirripedia. Este resultado contrasta com as observações do verão, quando as larvas de Brachyura estiveram presentes em maior número nas áreas intermediárias a internas do estuário. Presentes em quantidades pouco expressivas, Polychaeta, Mollusca, larvas de peixes e Amphipoda, também ocorreram principalmente nestes setores (Figuras 14.3.2-32 a 14.3.2-35).

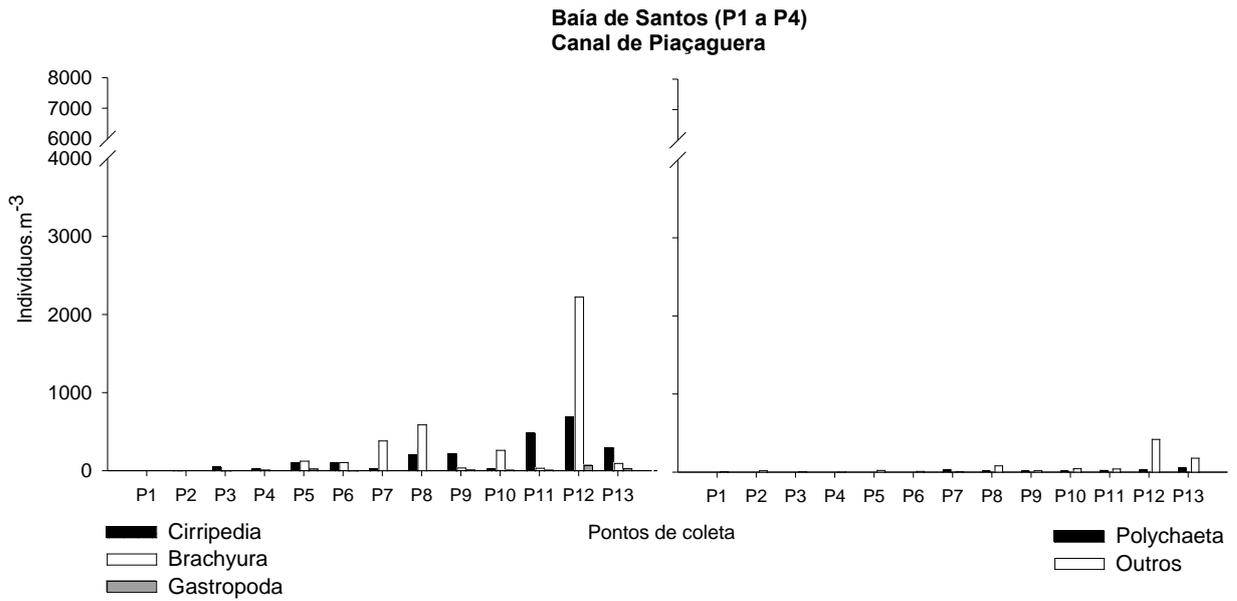


Figura 14.3.2-32. Número de indivíduos por metro cúbico dos organismos do meroplâncton e ticolâncton encontrados nos pontos de coleta no canal de navegação no período de janeiro de 2010 (campanha prévia).

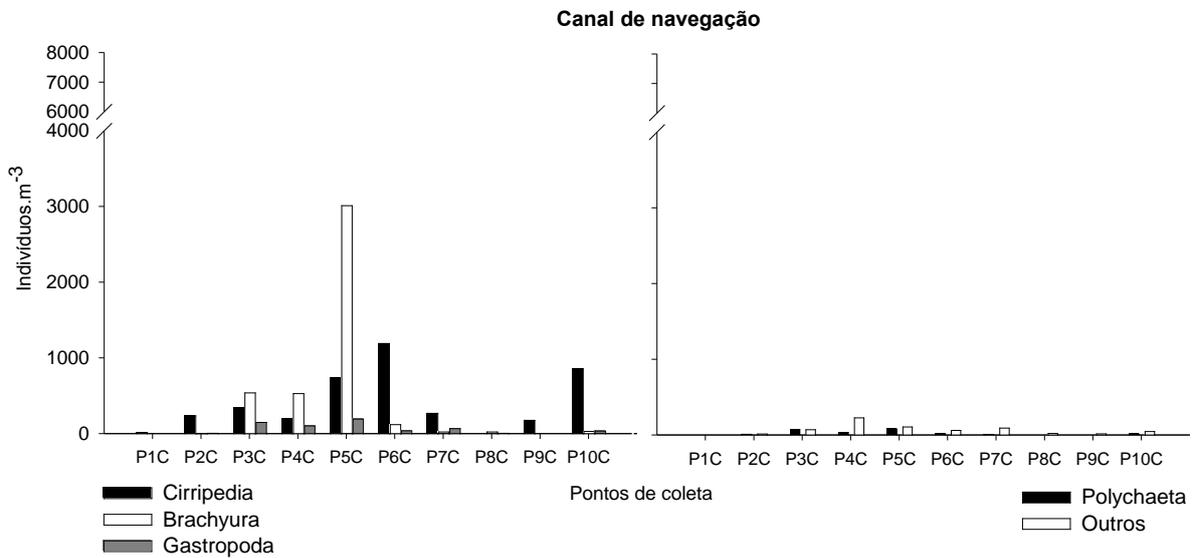


Figura 14.3.2-33. Número de indivíduos por metro cúbico dos organismos do meroplâncton e ticolâncton encontrados nos pontos de coleta na Baía de Santos e no Canal de Piaçaguera no período de julho de 2010 (1ª campanha).

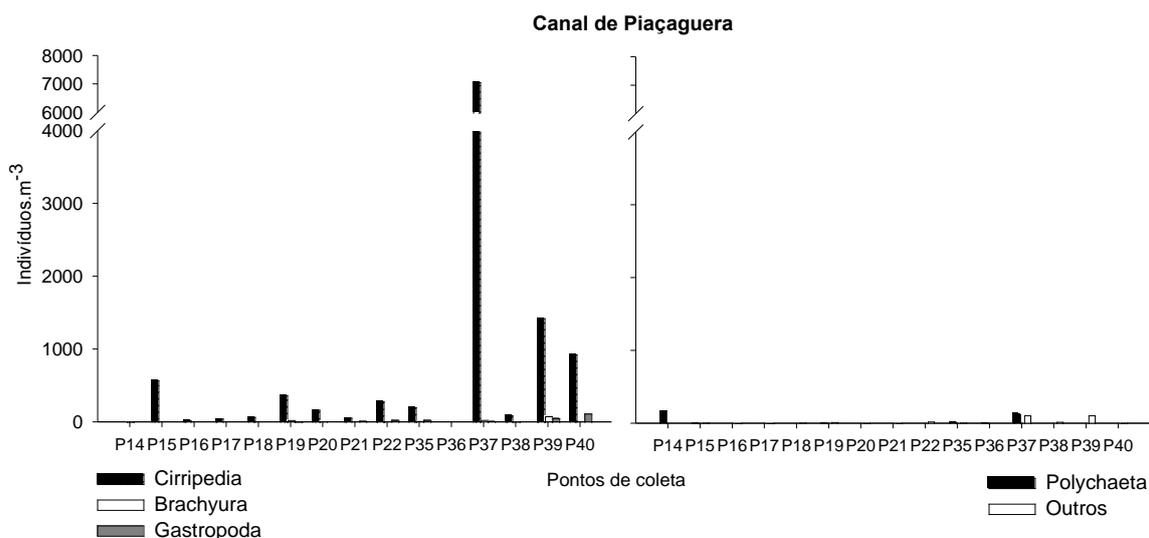


Figura 14.3.2-34. Número de indivíduos por metro cúbico dos organismos do meroplâncton e ticoplâncton encontrados nos pontos de coleta no Canal de Piaçaguera no período de julho de 2010 (1ª campanha).

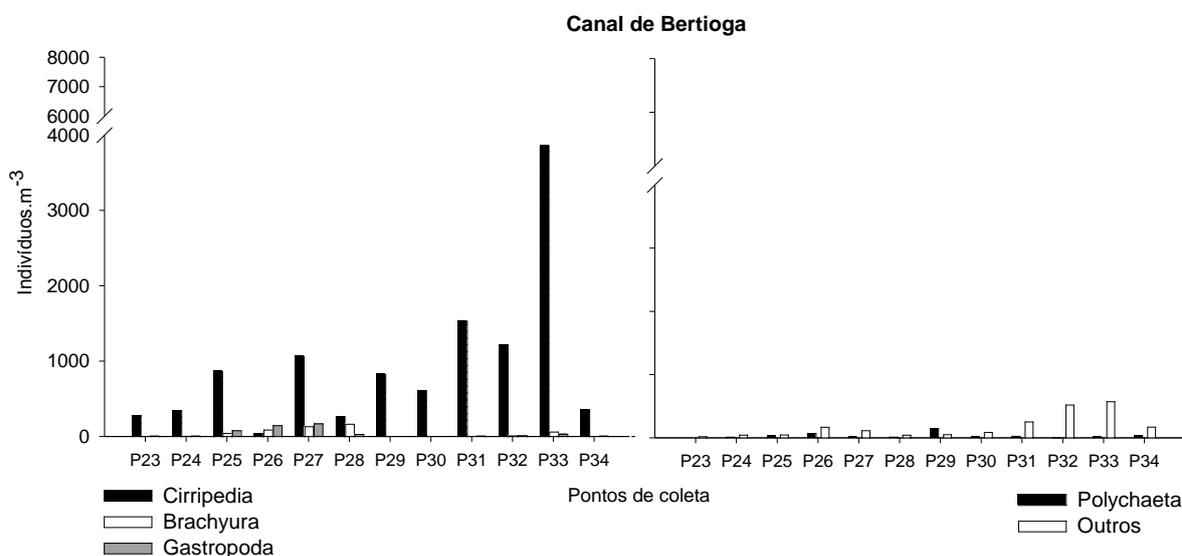


Figura 14.3.2-35. Número de indivíduos por metro cúbico dos organismos do meroplâncton e ticoplâncton encontrados nos pontos de coleta no Canal de Bertioga no período de julho de 2010 (1ª campanha).

A análise de ordenação N-MDS, realizada entre os 50 pontos de coleta com base na raiz quadrada dos valores de densidade de 60 táxons identificados no inverno (matriz reduzida), permitiu, primeiramente, a separação dos pontos em 2 grupos (Figura 14.3.2-36). O resultado do teste ANOSIM mostrou que os cinco pontos da Baía de Santos (grupo 1) são diferentes de todas as demais (grupo 2) (ANOSIM: $R = 0,913$, $p < 0,05$). Esta separação se deu, principalmente, pelos baixos valores de densidade zooplanctônica dos pontos do grupo 1 em comparação com as do grupo 2. Quanto à composição de espécies, os pontos da Baía de Santos se destacaram por apresentarem as únicas ocorrências de *Centropages furcatus* e de copepoditos de *Corycaeus giesbrechti* e, em comparação com os pontos mais próximos (situados no Canal de Navegação), pela alta densidade de *Euterpina acutifrons*, radiolários (*Sticholonche zanclea*) e larvas de Echinoidea e baixas densidades de *Oikopleura (Veillaria) dioica*, *Acartia spp.*, *Oithona hebes*, *O. oswaldocruzi*, copepoditos de *Pseudodiatomus* e de larvas de caranguejos braquiúros.

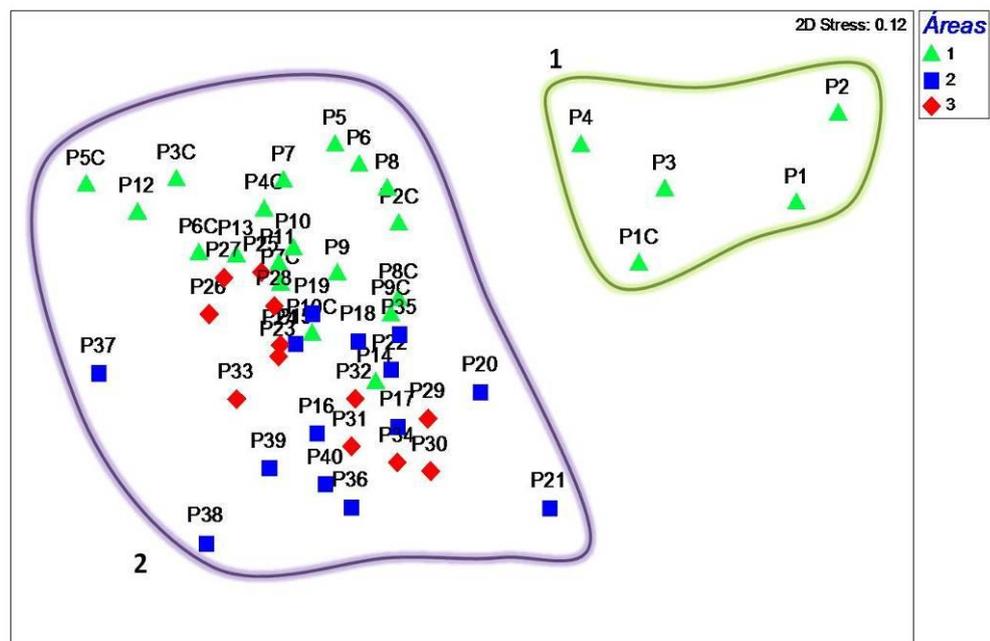


Figura 14.3.2-36. Análise de Ordenação N-MDS dos 50 pontos de coleta baseada na raiz quadrada dos valores de densidade de 60 táxons identificados (no inverno, 1ª campanha) e na similaridade de Bray-Curtis. Áreas: 1 – Baía de Santos e Canal de navegação; 2 – Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro; 3 – Canal de Bertioga.

Para visualizar melhor a distribuição dos pontos do grupo 2 optou-se por fazer uma análise de ordenação N-MDS apenas com os pontos desse grupo (Figura 14.3.2-37). Seu resultado mostrou a formação de seis grupos diferentes entre si (Tabela 14.3.2-4).

Apesar de semelhantes na composição de táxons e no local de amostragem dos pontos que os formaram (pontos do canal de navegação), os grupos A e B ficaram separados devido aos valores de densidade, uma vez que o grupo A apresentou uma média de aproximadamente 4.000 indivíduos m^{-3} , enquanto que o grupo B de 30.000 indivíduos m^{-3} . Em ambos os grupos, os larváceos *Oikopleura (Vexillaria) dioica*, os copépodes *Oithona hebes*, *Oithona* spp. (macho), *Parvocalanus crassirostris*, *Acartia tonsa*, *Acartia lilljeborgi*, *Pseudodiaptomus acutus* e copepoditos dos gêneros *Acartia* e *Pseudodiaptomus* e da família Paracalanidae, bem como larvas de Brachyura e de Cirripedia foram os organismos mais abundantes. Além disso, o grupo A apresentou maior riqueza que o grupo B (respectivamente, 52 e 44 dos 60 táxons analisados).

O grupo C, composto por pontos do final do canal de navegação/início do canal de Piaçaguera, mostrou maior dominância e menor riqueza de táxons (40 dos 60 táxons), com poucas larvas de caranguejos braquiúros e de copépodes dos gêneros *Acartia* e *Pseudodiaptomus*. Nele houve uma inversão de dominância, com *Oithona oswaldocruzi* mais abundante que *Oikopleura (Vexillaria) dioica*.

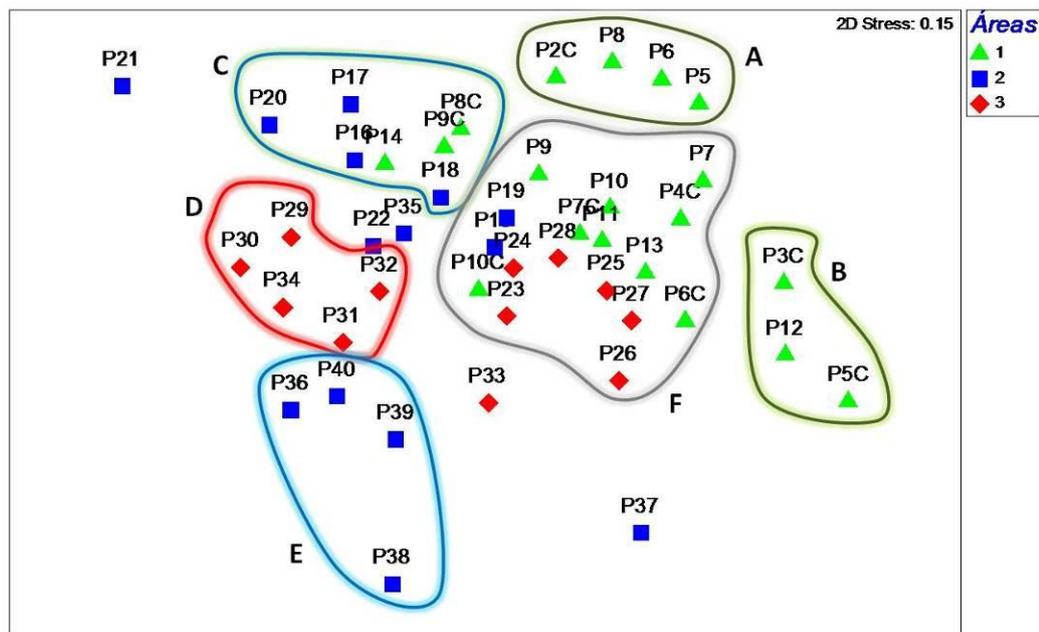


Figura 14.3.2-37. Análise de Ordenação N-MDS dos pontos de coleta que formaram o grupo 2 da Figura 14.3.2-36, baseada na raiz quadrada dos valores de densidade de 58 táxons identificados (no inverno, 1ª campanha) e na similaridade de Bray-Curtis. Áreas: 1 – Baía de Santos e Canal de navegação; 2 – Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro; 3 – Canal de Bertioga.

Apesar de distantes geograficamente, os grupos D (formado por cinco dos seis pontos mais internos do canal de Bertioga) e E (formado por quatro dos seis pontos do Rio Casqueiro) foram os mais similares entre si (Tabela 14.3.2-4). Ambos foram formados por um baixo número de táxons (25 e 29 dos 60 táxons analisados, respectivamente) e apresentaram composição zooplancônica similar, cujos principais representantes foram os copépodes *Parvocalanus crassirostris*, *Oithona oswaldocruzi* e copepoditos de Paracalanidae e *Acartia* spp. e larvas de Cirripedia. Por outro lado, os valores de densidade dos pontos do grupo D foram inferiores aos do grupo E (médias de 2.850 e 6.130 indivíduos m⁻³, respectivamente), além de algumas diferenças pontuais na composição e densidade de táxons.

Tabela 14.3.2-4. Resultados do teste pareado ANOSIM realizado entre os grupos obtidos na Análise de Ordenação N-MDS da Figura 14.3.2-36, referentes a organismos da 1ª campanha. Valores significativos: < 5%.

Grupos	R estatístico	Nível de significância (%)
A-B	1	2.90
A-C	0.918	0.30
A-D	1	0.80
A-E	1	2.90
A-F	0.756	0.10
B-C	1	0.80
B-D	1	1.80
B-E	1	2.90
B-F	0.694	0.30
C-D	0.751	0.10
C-E	0.976	0.30
C-F	0.635	0.10
D-E	0.625	0.80
D-F	0.893	0.10
E-F	0.965	0.10
R global = 0.82		

Por sua vez, o grupo F foi o único formado por pontos das três áreas de amostragem (Baía de Santos/Canal de navegação; Canal de Piaçaguera/Rio Casqueiro e Canal de Bertioga), apresentando maiores semelhanças com os grupos A, B e C e menores com os grupos D e E (Tabela 14.3.2-4). Vale ressaltar que foram realizadas algumas tentativas tanto de subdivisão deste grupo bem como de inclusão de alguns pontos que formaram o grupo F em outros grupos, mas nenhuma delas mostrou diferença significativa pela análise ANOSIM. Os pontos P21, P22, P33, P35 e P37 não se enquadraram em nenhum dos grupos formados.

Análise integrada dos dados - campanhas de janeiro e julho de 2010

Para comparar os dados de densidade e composição zooplancônica obtidos nas campanhas de verão e de inverno de 2010 foram realizadas quatro análises de ordenação N-MDS; uma incluindo todas as 100 amostras coletadas em ambas

as campanhas (Figura 14.3.2-38) e outras três separando os pontos de coleta de acordo com a área de amostragem (Figuras 14.3.2-39 a 14.3.2-41).

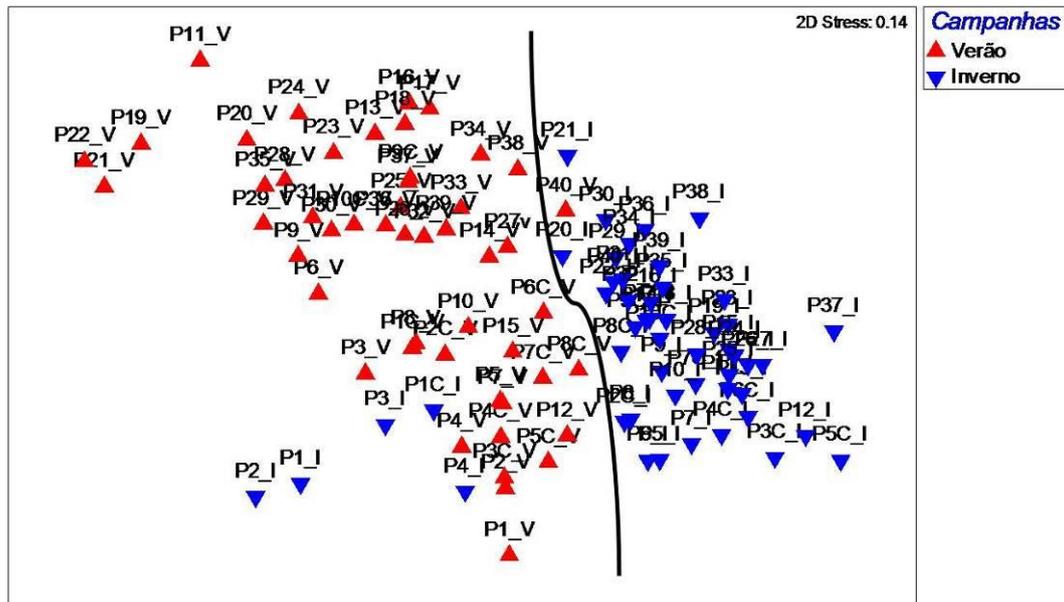


Figura 14.3.2-38. Análise de Ordenação N-MDS entre as 100 amostras coletadas nas campanhas de verão e de inverno de 2010, considerando as três áreas de amostragem, baseada na raiz quadrada dos valores de densidade de 126 táxons identificados e na similaridade de Bray-Curtis.

Nos resultados da primeira análise (Figura 14.3.2-38) nota-se uma nítida separação entre as campanhas de verão e de inverno (Anosim: $R = 0,589$, $p < 0,01$). Esta separação ocorreu tanto em função da densidade quanto da composição e diversidade de táxons. No geral, as amostras zooplanctônicas coletadas na campanha de inverno foram mais densas que nas de verão (média e desvio padrão de 7.075 ± 8.362 ind. m^{-3} e 1.500 ± 2.000 ind. m^{-3} , respectivamente). Quanto à composição dos táxons, *Parvocalanus crassirostris*, *Acartia tonsa*, copepoditos de *Acartia* spp., *Oithona hebes*, *O. oswaldocruzi*, machos de *Oithona* spp. e larvas de caranguejos Brachyura e de cracas (Cirripedia) foram observadas tanto no verão quanto no inverno. Por outro lado, *Acartia lillgeborgi* e ovos e larvas de peixes foram mais abundantes no verão, enquanto que *Oikopleura (Vexillaria) dioica*, *Paracalanus parvus*, *Oncaea curta*, copepoditos de Paracalanidae, *Pseudodiaptomus* spp. e *Oithona* spp., náuplios

de Copepoda e representantes meroplânctônicos foram mais abundantes no inverno. Também de forma geral, os valores de diversidade dos organismos holoplânctônicos foram maiores na campanha de inverno (máximo de 1,03 e 0,67 bits, no inverno e verão, respectivamente), enquanto que para os organismos meroplânctônicos foi verificado o contrário (máximo de 0,68 e 1,37 bits, no inverno e verão, respectivamente).

Outro dado interessante ilustrado na Figura 14.3.2-38 foi que os pontos da campanha de inverno ficaram mais unidos, ou seja, foram mais similares entre si (com exceção daquelas mais similares ao verão), enquanto que os de verão mostraram uma separação entre as amostras coletadas na Baía de Santos/Canal de Navegação (área 1) e as coletadas nas demais áreas (Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro: área 2; Canal de Bertioga: área 3). Isto se deu tanto em função da densidade, que foi superior nos pontos da área 1 (Mann-Whitney, $p=0,0026$), quanto devido à presença de espécies indicadoras de influência de águas continentais, como os cladóceros *Bosmina longirostris* e *Diaphanosoma birgei* e os copépodes *Acanthocyclops*, *Apocyclops*, *Macrocylops*, *Thermocyclops*, nos pontos das áreas 2 e 3. Estas ocorrências não foram verificadas na campanha de inverno.

Ao analisar apenas os pontos coletados na Baía de Santos/Canal de Navegação de ambas as campanhas (Figura 14.3.2-39), também foi possível verificar a separação das mesmas em dois grupos. Além das diferenças gerais já descritas entre as duas campanhas quanto à densidade e composição de espécies, na campanha de verão, não houve separação entre os pontos da Baía de Santos e do Canal de navegação, enquanto que na campanha de inverno essas áreas foram nitidamente separadas.

Comparando a composição de táxons identificados nas campanhas de verão e inverno no Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro (Figura 14.3.2-40), verificou-se que 54% deles ocorreram apenas na campanha de verão, incluindo espécies indicadoras de águas continentais. Por outro lado, 14% dos táxons foram identificados em maior densidade no inverno, destacando-se *Oikopleura (Vexillaria) dioica* e copepoditos de Paracalanidae.

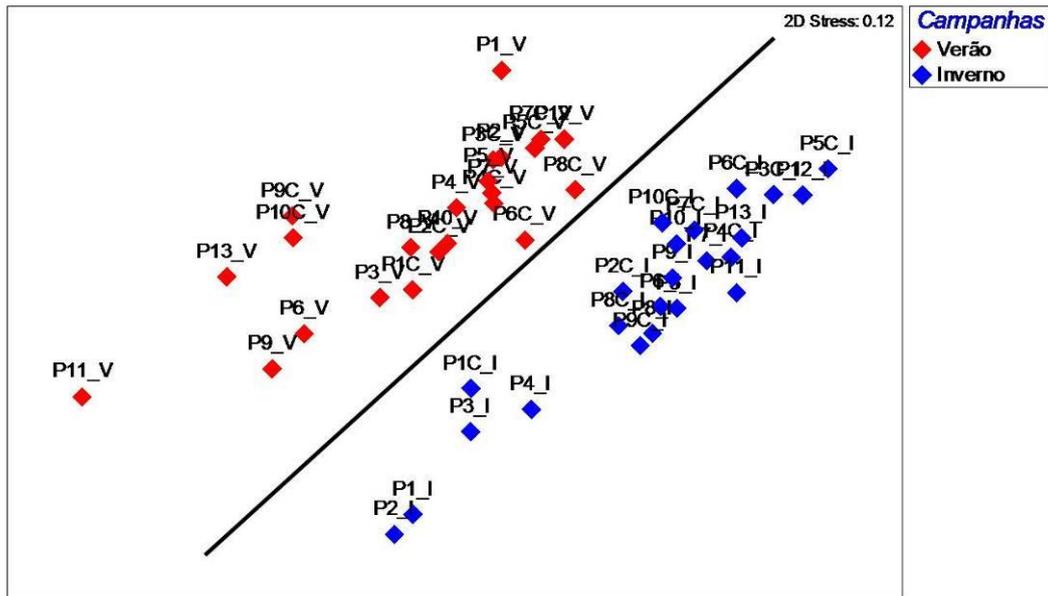


Figura 14.3.2-39. Análise de Ordenação N-MDS entre as 46 amostras coletadas nas campanhas de verão e de inverno, considerando apenas a Área 1 (Baía de Santos e canal de navegação), baseada na raiz quadrada dos valores de densidade de 71 táxons identificados e na similaridade de Bray-Curtis.

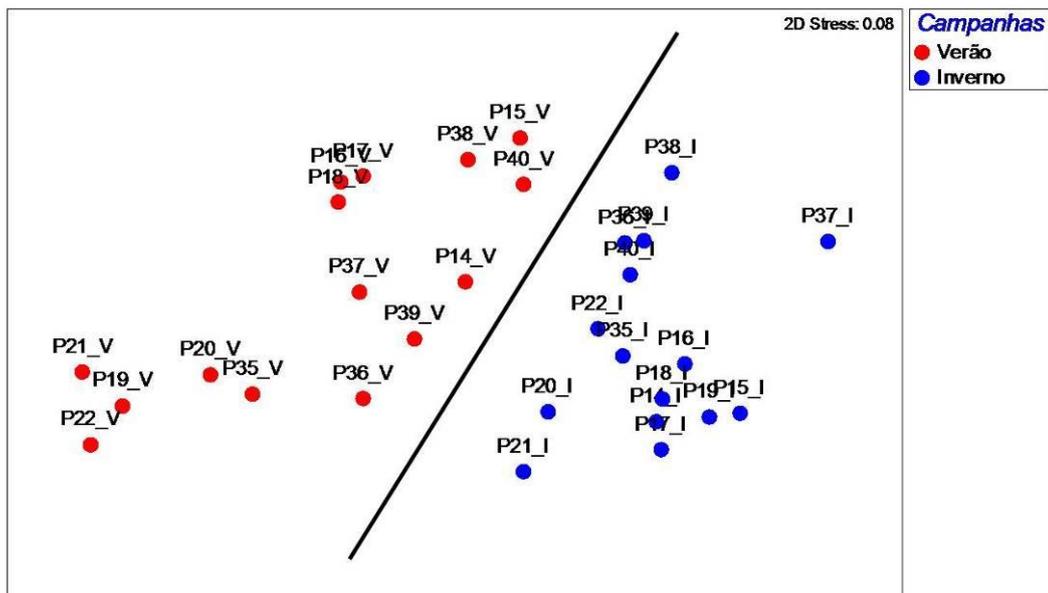


Figura 14.3.2-40. Análise de Ordenação N-MDS entre as 30 amostras coletadas nas campanhas de verão e de inverno, considerando apenas a Área 2 (Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro), baseada na raiz quadrada dos valores de densidade de 58 táxons identificados e na similaridade de Bray-Curtis.

Ao contrário da área 2 (Canal de Piaçaguera e Rio Casqueiro), o Canal de Bertioga (Fig. 14.3.2-41) teve uma composição taxonômica similar no verão e no inverno, mas os pontos do inverno tiveram maiores densidades zooplanctônicas que os de verão (teste de Mann-Whitney: $p < 0,0001$). Em ambas as campanhas, *Parvocalanus crassirostris*, *Acartia tonsa*, *Oithona hebes*, *O. oswalsocruzi*, machos de *Oithona* spp., copepoditos de *Acartia* spp. e náuplios de Copepoda estiveram entre os táxons mais representativos. Por outro lado, *Oikopleura (Vexillaria) dioica* só foi identificada na campanha de inverno nesta área e com altos valores de densidade. Outra característica dessa área de amostragem está no fato de que em ambas as campanhas os pontos situados na transição entre o Canal de Piaçaguera e Canal de Bertioga (P24-P28) separaram-se dos pontos mais internos do Canal de Bertioga (P29-P34). Tanto no verão quanto no inverno, os pontos da área de transição foram mais ricos em táxons e com maiores densidades de ovos e larvas de peixes, larvas de caranguejos braquiúros e copépodes do gênero *Oithona*.

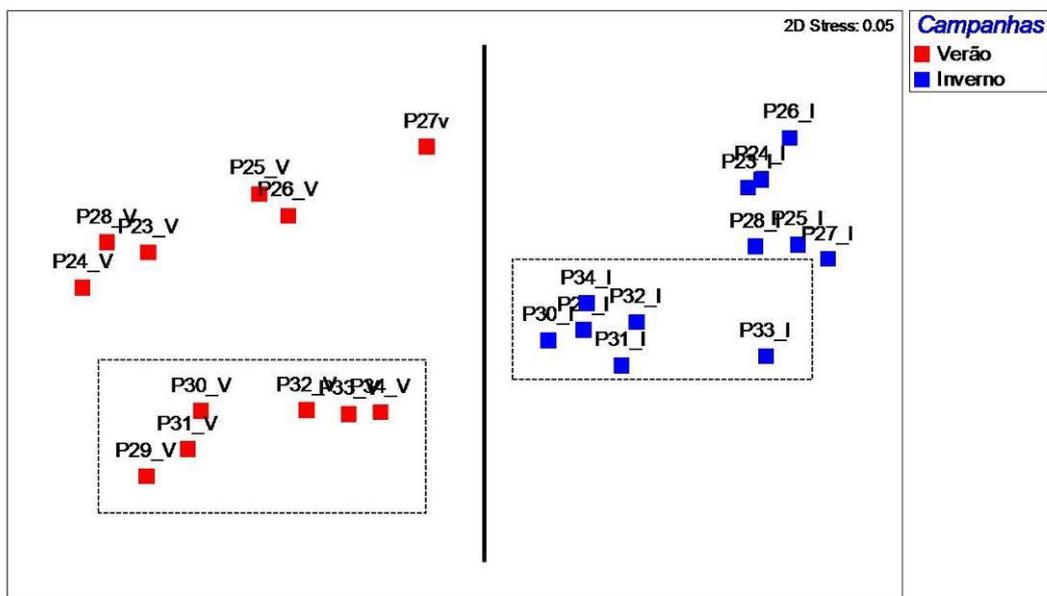


Figura 14.3.2-41. Análise de Ordenação N-MDS entre as 24 amostras coletadas nas campanhas de verão e de inverno, considerando apenas a Área 3 (Canal de Bertioga), baseada na raiz quadrada dos valores de densidade de 60 táxons identificados e na similaridade de Bray-Curtis.

14.4. Considerações Finais

14.4.1. Comunidade Fitoplanctônica

O fitoplâncton no Sistema Estuarino de Santos foi composto por espécies marinhas, estuarinas e de água doce, dominadas pelas frações do nanoplâncton (celulas entre 2µm e 20µm).

No verão, correspondente a Campanha Prévia realizada em janeiro de 2010, a abundância e distribuição obedeceram os padrões halinos conferidos pelo regime hidrográfico. Gêneros característicos de ambientes lacustres como *Desmosdemium*, *Scenesdesmus*, *Ankitrodesmus* e *Pediastrum*, foram registrados até nos pontos dentro do canal.

No inverno, 1ª Campanha realizada em julho de 2010, a distribuição foi resultante de padrões halinos e fluxo de corrente. Em regiões de baixa salinidade e águas mais calmas, como no Largo do Canéu, foram registradas espécies características de ambientes lacustres como os citados anteriormente. Salinidades baixas com processos de turbulências foram domínios das diatomáceas estuarinas como *Thalassiosira spp* e *Skeletonema costatum*.

Espécies bentônicas e meroplanctônicas (ticopelágicas) foram encontradas na coluna d'água, indicando processos de ressuspensão de fundo ocasionados pelo aumento do fluxo de corrente em quase todo o canal. A causa pode ser as condições de inverno, como a entrada de frentes e aumento na intensidade dos ventos. Estas hipóteses poderão ser confirmadas após término da dragagem, a partir dos resultados dos estudos sobre a hidrodinâmica (Programa 6 - Monitoramento e Modelagem dos Parâmetros Hidrodinâmicos e Oceânicos).

Com a diminuição da descarga de água doce de origem continental no inverno, houve a diminuição dos gêneros de Cyanobacteria: *Synechocystis*, *Anabaena*, *Cylindropermopsis raciborskii*, *Planktothix agardii*; e dentro das Bacillariophyta as consideradas potencialmente tóxicas: grupo Pseudonitzchia.

O dinoflagelado *Karenia mikimotoi* que formou *bloom* no verão, campanha pré-dragagem, ($1,8 \times 10^6$ céls/L) no interior do Canal de Bertioga (P30), esteve

presente, no inverno, em menor frequência e em menor número ($1,4 \times 10^3$ céls/L), no mesmo local.

A espécie de *Alexandrium tamarense* não foi registrada nas amostras de verão, e no inverno ocorreram na maioria em pontos no interior do estuário sendo mais abundante também no ponto P30 (1,8 céls/L).

14.4.2. Comunidade Zooplânctônica

Os resultados das campanhas de janeiro (Campanha Prévia - verão) e julho (1ª Campanha - inverno) de 2010, no sistema estuarino de Santos-Bertioga, indicam uma comunidade zooplânctônica típica de ambientes estuarinos, dominada por espécies de copépodes marinho-eurihalinas e, secundariamente, por espécies oligohalinas. Estas últimas tiveram importância para a composição e a densidade do zooplâncton durante o verão, período de maior pluviosidade, quando o aporte de água continental no estuário é mais intenso. Várias espécies de copépodes e de cladóceros oligohalinas e de água doce foram detectadas pela primeira vez neste complexo estuarino. As larvas meroplânctônicas, representadas principalmente por náuplios de cirripédios e zoeas de braquiúros, foram mais abundantes no inverno. Estas diferenças sazonais foram representadas quantitativamente nas análises estatísticas executadas com os dados de densidade dos táxons mais frequentes.

Os dados obtidos foram comparáveis com os resultados do EIA-RIMA (FRF, 2008) em relação à abundância total do zooplâncton e à dominância de Copepoda, mas houve diferenças em alguns aspectos mais específicos. Entre estes, se destacam as baixas proporções de grupos holo- e meroplânctônicos (exceto Copepoda) em janeiro de 2010 e a presença das espécies de água doce no mesmo período.

Os dados descritos nesta seção representam uma base importante para a detecção de eventuais impactos da atividade de dragagem sobre esta comunidade biológica, pois retratam tanto a variabilidade espacial (costa-estuário) quanto sazonal (verão-inverno).

14.5. Cronograma

O programa de monitoramento das comunidades fitoplancônicas e zooplancônicas ocorrerá no período de 18 meses, contemplando os períodos de verão e inverno.

O cronograma de trabalho específico para o monitoramento da comunidade planctônica está resumido conforme Tabela 14.5-1.

Tabela 14.5-1. Cronograma de atividades.

ATIVIDADES	MÊS																	
	2010												2011					
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun
Programa 14																		
Mobilização	■																	
Plano de Trabalho	■																	
Coletas e Atividades de Campo	■						■						■					
Triagem das Amostras		■	■	■				■	■				■	■	■			
Identificação dos organismos			■	■	■				■	■				■	■	■		
Elaboração de Relatórios Semestral					■	■					■	■					■	■

14.6. Referências Bibliográficas

Balech, E.; Akselman, R.; Bernarvides, H.R. & Negri, R.M. (1984). Suplemento a los dinoflagelados Del Atlantico Sudoccidental. Revista de Investigation y desarrollo pesquero, 4. 309p.

Bicudo, C.E.M & Menezes, M. (2006). Generos de algas de águas continentais do Brasil. Rima Editora, 498 p.

Boltovskoy, D. (1981). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata, INIDEP, 936 p.

Boltovskoy, D. (1999). South Atlantic zooplankton. Backhuys Publishers, Vol. 2, 1705 p.

Brandini, F.P.; Lopes, R.M.; Gutseit, K.S.; Spach, H.L. & Sassi, R. (1997). Planctonologia na plataforma continental do Brasil: diagnose e revisão bibliográfica. Rio de Janeiro, MMA, FEMAR, 196 p.

- Caljon, A. (1983). Brackish-water phytoplankton of the Flemish lowland. Dr. W. Junk Publishers. Developments in hydrobiology, 18. 272 p.
- Chan, U.T. & Hamilton, D.P. (2001). Effect of freshwater on the succession and biomass of phytoplankton in a seasonal estuary. *Mar & fresh Res.* 52 (6) 869-884.
- Cloern, J.E & Dufford, R. (2005). Phytoplankton community ecology: principles applied in San Francisco Bay. *Mar Ecol Prog Ser* vol 285, 11-28 .
- Coquemala, V. (2005). Variação anual do fitoplâncton do reservatório de Passaúna, Paraná. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre na Universidade do Paraná, 92 p
- Dodge, J.D. (1982). Marine Dinoflagellates of the British Isles.
- Elster, H.-J. & Ohle, W. (1983). Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der limnologie und ihren Nachbargebieten. Stuttgart. Band XVI, 7. Teil, 1. Hälfte. 1044 p.
- Falkowski, P.G.; Barber, R.T.; Smetacek, V. (1998). Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production. *Science* 281:200-206.
- Frazão, L. R. (2001), Eutrofização por esgotos domésticos e sua relação com a ecologia e fisiologia do fitoplâncton marinho no litoral do Estado de São Paulo: Ubatuba, Praia Grande e Santos. Master of Science Dissertation. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. São Paulo, Brazil. 158 pp.
- Fundação Ricardo Franco, (2008). Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA): projeto de aprofundamento do canal de navegação do Porto de Santos, Santos, SP. São Paulo.
- Fundespa, (2010). Relatório Técnico Semestral do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos - RTS – 0618-140910.1447p.
- Gayoso, A.M. (2001). Observations on *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech and other dinoflagellate populations in Golfo Nuevo, Patagonia Argentina. *J. Plank. Res.* 23(5) 463-468.

- Hallegraef, G.M. & Reid, D.D. (1986). Phytoplankton species successions and their hydrological environment at coastal station off Sydney. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 37, 361-377.
- Krebs, C.J. (1999). *Ecological Methodology*. Addison-Welsey Educational Publishers Inc.: California, 620 p.
- Lopes, R.M. (2007) Marine zooplankton studies in Brazil: an overview. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 411: 161-174.
- McMahon, T., Silke, J., 1996. Winter toxicity of unknown aetiology in mussels. *Harmful Algal News* 14, 2.
- Moser, G.A.O. Aspectos da eutrofização no sistema estuarino de Santos: distribuição espaço-temporal da biomassa e produtividade primária fitoplanctônica e transporte instantâneo de sal, clorofila-a, material em suspensão e nutrientes. 2002. 410p. 2 vol. Tese (Doutorado em Oceanografia biológica), Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 2002.
- Motoda, S. (1959) Devices of simple plankton apparatus. *Men. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 7: 73-94.
- Neumann-Leitão, S. (1994/1995). Resenha literária sobre zooplâncton estuarino no Brasil. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, 23: 25-53.
- Omori, M. and Ikeda, T. (1984), *Methods in marine zooplankton ecology*. New York : Wiley-Interscience Publication. 331 pp.
- Reynolds, C.S. (1997). Vegetation process in the pelagic: a model for ecosystems theory. In: Kinne, O. *Excellence in ecology*. Germany: Ecology Institute, 371p
- Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27: 379-423.
- Thomas, C.R. (1997). *Identifying Marine Phytoplankton*, Eds. Academic Press, New York, 858 pp.
- Tood, C.D.; Laverack, M.S.; Boxshall, G.A. (1996). *Coastal marine zooplankton. A practical manual for students*. Cambridge University Press, 106 p.

Utermöhl, N. 1931. Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons.
Verh. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., 5 : 567-596.

<www.algaebase.org> Acesso em: 15 dez 2010.

14.7. Equipe Técnica

Dr. Salvador Airton Gaeta

Dr. Rubens Mendes Lopes

MSc. Daniela Rimold Cunha - Oceanógrafa

Paula Duran Nagata Perugino - Oceanógrafa

Rafael Rugna Ciglione – Oceanógrafo

Newton Dalessandro - Biólogo

Everton Kotarski – Oceanógrafo (cursando)