

## II.6.2.9 Comunidades Planctônicas

Em atendimento ao Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA nº 8/2014, neste item será caracterizada a estrutura das comunidades planctônicas (fitoplâncton, bacterioplâncton, zooplâncton e ictioplâncton), considerando-se aspectos espaciais e temporais presentes na área de estudo, definida com base nos fatores ambientais físicos e bióticos (vide item II.5), englobando a área oceânica adjacente aos estados do Pará e Maranhão.

### 1. Considerações Gerais

Os organismos planctônicos são formados pelo bacterio-, fito-, zoo- e ictioplâncton, que estabelecem relações intra e interespecíficas complexas, competindo por espaço e recursos orgânicos e inorgânicos na coluna d'água (BRANDINI *et al.*, 1997). O estudo do plâncton é de extrema importância, pois estes organismos constituem a base da cadeia alimentar pelágica nos oceanos, onde os elementos fotoautotróficos (fitoplâncton) transformam macronutrientes inorgânicos em matéria orgânica e a colocam à disposição dos demais níveis tróficos da teia alimentar (CALAZANS, 2011).

A estrutura da comunidade planctônica em oceanos é um importante fator na regulação da exportação de carbono orgânico para áreas oceânicas mais profundas (TREMBLAY&LEGENDRE, 1994). O picofitoplâncton, por exemplo, é responsável por cerca de 70% da biomassa e produção primária nos oceanos tropicais e subtropicais (MARAÑÓN *et al.*, 2001). Além disso, dados sobre a mortalidade e o crescimento durante o período larval são essenciais para a biologia pesqueira, pois os fenômenos ocorridos nessa fase são determinantes para o recrutamento, afetando o estoque disponível para a captura (HUNTER, 1976).

De acordo com Brandini *et al.* (1997), as variações no regime meteorológico, as características geomorfológicas regionais, os impactos antropogênicos e o regime hidrográfico particular de cada região, em conjunto, estabelecem as características taxonômicas e a dinâmica espaço-temporal das comunidades planctônicas. Este autor afirma ainda que alterações na comunidade planctônica ocasionam profundas mudanças estruturais em todos os níveis tróficos do ecossistema marinho. Pelo seu caráter dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda, a comunidade planctônica responde rapidamente às alterações físico-químicas do meio aquático.

Para caracterizar a área oceânica em estudo serão utilizados dados secundários de áreas adjacentes e com características similares, como referência de dados regionais, além de dados primários, obtidos em Campanha de Caracterização Ambiental (*Baseline*) realizada nos blocos onde está prevista a perfuração de poços, como referência de dados locais (BG/AECOM, 2015).

Os principais trabalhos em área adjacentes utilizados na caracterização regional são o REVIZEE Score Norte e o PIATAM OCEANO, cujas descrições são feitas a seguir. Destaca-se que, em ambos os casos, optou-se por utilizar os dados de forma genérica quando a região foi semelhante ou contígua à área de estudo, excetuando-se os dados oriundos estritamente de áreas fluviais, estuarinas, águas rasas ou defronte ao estado do Amapá, por exemplo. O **Mapa II.6.2.9.1**, apresentado no final do item, mostra a localização das estações de coleta do plâncton do REVIZEE Score Norte e do PIATAM OCEANO, de acordo com a base de informações georreferenciadas disponibilizadas em PIATAM OCEANO (2008).

- REVIZEE Score Norte (BRANDINI *et al.*, 1997; REVIZEE, 2006; PIATAM OCEANO, 2008): O Programa “Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva” – REVIZEE – visou ampliar o conhecimento do ambiente marinho na ZEE brasileira. O Score Norte abrangeu estudos do cabo Orange - AP até a foz do rio Parnaíba - MA/PI. A maioria dos trabalhos realizados se concentra na região da desembocadura da foz e áreas contíguas dos rios Amazonas e Tocantins (Golfo do Maranhão). Foram publicados estudos do fito, zoo e ictioplâncton.
- PIATAM OCEANO (PIATAM OCEANO, 2008): O nome do projeto significa “Monitoramento das Áreas de Atuação da Petrobras: Potenciais Impactos e Riscos Ambientais da Indústria do Petróleo e Gás no Amazonas”, e também caracterizou a área oceânica da região norte. Foi reunida uma série de informações técnico-científicas produzidas a partir de 1960. No presente diagnóstico foram utilizados os dados do fito e zooplâncton, que estiveram concentrados na área de influência do rio Amazonas (principalmente) e Golfo do Maranhão.

## 2. Metodologia

A seguir será feita a descrição da metodologia utilizada na Campanha, doravante chamada de *Baseline* Barreirinhas, uma vez que a metodologia utilizada em REVIZEE Score Norte e PIATAM OCEANO abrange uma série de trabalhos publicados ou estão em forma de síntese.

O *Baseline* Barreirinhas ocorreu entre os dias 23 de setembro e 14 de outubro de 2014, correspondente ao período de primavera. A malha amostral compreendeu 22 estações (nomeadas de 1 a 22) distribuídos ao longo dos Blocos onde está prevista a perfuração de poços exploratórios (BAR-M-252, 340, 342, 344 e 388), cuja configuração foi apresentada na **Figura II.6.1.2.2** e as coordenadas e datas de coleta das amostras de água na **Tabela II.6.1.2.3**, ambos no **item II.6.1.2** (Qualidade da Água e Sedimento). Destaca-se que, dentre os 22 pontos de coleta, sete correspondem a locações propostas para a instalação de poços exploratórios, nomeados de A a G, chamadas de “LOC” na **Tabela II.6.2.9.1** (BG/AECOM, 2015).

O fitoplâncton foi amostrado nas profundidades sub-superfície, acima da termoclina e meio da termoclina, enquanto que o bacterioplâncton foi amostrado nas mesmas profundidades e também abaixo da termoclina (**Tabela II.6.2.9.1**). As amostras foram retiradas diretamente de garrafas oceanográficas tipo *Go-Flo* e *Niskin* em sistema rossete. A profundidade da termoclina foi definida em campo com uso de CTD modelo *SeaBird* SBE 19*plus* acoplado à rossete, responsável pela perfilagem de temperatura e salinidade ao longo da coluna d’água (BG/AECOM, 2015).

**TABELA II.6.2.9.1 – Profundidade local e por estrato de amostragem para cada estação de água no *Baseline* Barreirinhas (BG/AECOM, 2015).**

Blocos	Estações	Profundidades de coleta (m)				
		Local	Sub-superfície (SUP)	Acima Termoclina (AT)	Meio Termoclina (TC)	Abaixo Termoclina (AB)
BAR-M-344	1 (LOC-A)	1.990	5	125	200	300
	2 (LOC-B)	2.250	5	100	200	300
	3 (LOC-C)	1.854	5	100	150	300
	4	2.560	5	125	200	280
	5	2.404	5	110	160	250
BAR-M-388	6	860	5	120	200	270
	7	385	5	120	220	350
	8	1.262	5	120	220	350
	9 (LOC-D)	1.890	5	125	200	270
BAR-M-342	10	1.900	5	120	180	270
	11 (LOC-F)	2.400	5	120	170	350
	12	2.215	5	140	170	350
	13	2.240	5	140	170	350
BAR-M-340	14	2.195	5	130	180	350
	15	2.480	5	150	200	280
	16	850	5	140	200	300
	17 (LOC-E)	1.650	5	120	200	270
	18	2.223	5	140	200	350
BAR-M-252	19	1.620	5	120	200	350
	20 (LOC-G)	2.114	5	120	200	370
	21	1.750	5	120	200	350
	22	1.834	5	135	200	360

As amostras de fitoplâncton foram fixadas em formalina neutralizada a 4% e as amostras de bacterioplâncton foram inicialmente transferidas para tubos estéreis da marca *Falcon*<sup>TM</sup> de 15 mL. Em seguida, para a determinação do bacterioplâncton autotrófico, 1,7 mL de amostra retirada do tubo *Falcon*<sup>TM</sup> foi transferida para criotubos da *Eppendorfs Tubes*® de 2,0 mL, sendo imediatamente fixados com solução de paraformaldeído a 1 % (concentração final). Para determinação do bacterioplâncton heterotrófico, 1,7 mL de amostra foi transferido para tubos *Eppendorfs Tubes*® de 2,0 mL e imediatamente fixado com solução de paraformaldeído a 1 % + glutaraldeído 0,01% (concentração final). Após 10 minutos de resfriamento, os tubos *Eppendorfs Tubes*® contendo as amostras fixadas, foram congelados e mantidos em nitrogênio líquido para a preservação do estado fisiológico das células e de seus pigmentos (BG/AECOM, 2015).

As demais amostras do plâncton foram obtidas através de arrastos oblíquos desde a profundidade abaixo da termoclina até a superfície, com uso de inclinômetro e fluxômetros calibrados. As redes utilizadas foram do tipo sistema bongô (330 e 500 µm) para o ictioplâncton e a rede cilíndrico-cônica de 200 µm para o zooplâncton. Os arrastos tiveram duração média de 10 minutos em velocidade aproximada de 2 nós. As amostras foram preservadas com formol 4% tamponado com bórax (BG/AECOM, 2015).

A **Tabela II.6.2.9.2** resume os métodos de campo utilizados no *Baseline* Barreirinhas para as amostras do plâncton.

**TABELA II.6.2.9.2 – Parâmetros e métodos de campo para o *Baseline* Barreirinhas (BG/AECOM, 2015).**

Parâmetro	Volume da amostra obtida	Recipiente	Preservação/ Fixação	Conservação
Fitoplâncton	2 L	Pet plástico	Formol 4%	Temperatura ambiente
Zoo e ictioplâncton	500 mL (cada)	Pet plástico	Formol 4%	Temperatura ambiente
Bacterioplâncton (autotrófico e heterotrófico)	2 mL (cada)	<i>Eppendorfs Tubes</i> ® (2 cada)	Concentrações finais: Paraformaldeído 1% (autotrófico) / Paraformaldeído 1% + gluiteraldeído 0,01% (heterotrófico)	Nitrogênio Líquido

A análise das amostras de bacterioplâncton foi realizada pelo Laboratório de Hidrobiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e as amostras de fito, zoo e ictioplâncton foram analisadas pelo Departamento de Oceanografia e Limnologia (DEOLI) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). O último também foi responsável pela interpretação dos dados do plâncton disponibilizada em BG/AECOM (2015).

A composição específica e densidade do microfitoplâncton foram determinadas a partir de análise em microscópio invertido Zeiss adaptado com contraste de fase, sob o aumento final de 400x para uma identificação ao maior nível taxonômico possível. Salienta-se que somente foram identificados e quantificados organismos do microfitoplâncton, de tamanho entre 20 e 200  $\mu\text{m}$  (SIEBURTH, 1978), por conta do uso da microscopia óptica que limita a análise de frações menores do plâncton. O número de indivíduos por volume da amostra é expresso em células por litro.

A abundância dos microrganismos do bacterioplâncton foi obtida por contagens e identificações através da citometria de fluxo seguindo a descrição de GASOL & DEL GIORGIO (2000) e ANDRADE *et al.* (2003), sendo utilizado um citômetro de fluxo FacsCalibur (Becton & Dickinson) com a configuração óptica padrão: laser de 488 nm com 20 mW de potência, e os canais FL1 530 $\pm$ 15 nm (verde), FL2 585 $\pm$ 21 nm (laranja) e FL3 661 $\pm$ 10 nm (vermelho). A concentração de microesferas fluorescentes na solução de trabalho (referência interna e calibração das contagens) foi aferida através de microscopia de epifluorescência seguindo a descrição de LEBARON *et al.* (1994).

Os organismos zooplancetônicos foram contados, triados e identificados sob microscópio estereoscópico e microscópio ótico. A densidade dos organismos zooplancetônicos coletados foi padronizada em indivíduos por metro cúbico de água filtrada (ind.m<sup>-3</sup>). Para o ictioplâncton, a triagem separou as larvas e ovos de peixes e a densidade foi calculada também com base no volume de água filtrada (BG/AECOM, 2015).

### 3. Plâncton no Brasil

Em águas tropicais e subtropicais, o desenvolvimento da comunidade planctônica depende fundamentalmente da disponibilidade de macronutrientes inorgânicos na zona eufótica, principalmente nitrogênio, uma vez que o regime diário de luz necessária para as reações fotossintéticas é suficiente em qualquer época do ano (BRANDINI *et al.*, 1997; ODUM, 1997).

Em linhas gerais, a coluna de água de uma região tropical, permanente ou sazonalmente estratificada, se divide em três setores superpostos: (i) a camada superior da zona eufótica, na qual a luz é suficiente, mas nutrientes são limitantes devido ao consumo constante pelo fitoplâncton e a ausência de reposição desses elementos; (ii) a camada inferior da zona eufótica, na qual a luz passa a ser limitante apesar da maior disponibilidade de nutrientes por difusão molecular a partir de águas frias profundas; (iii) a camada afótica, na qual só existem respiração e processos bacterianos regenerativos, onde nutrientes são abundantes, mas não existe luz suficiente para a reação fotossintética (BRANDINI *et al.*, 1997; ODUM, 1997).

As características hidrográficas têm implicações imediatas sobre a composição e a biomassa da comunidade planctônica e, por consequência, nos estoques biológicos do topo da teia alimentar, onde estão incluídos organismos de interesse comercial. Na costa brasileira predominam águas oligotróficas transportadas pela Corrente do Brasil (regiões Nordeste, Central e Sul) e pela Corrente Norte do Brasil (regiões Nordeste e Norte), cujas diferenças regionais na geomorfologia da plataforma continental, condicionam a composição, distribuição espacial e a dinâmica temporal do plâncton (BRANDINI *et al.*, 1997; SILVEIRA *et al.*, 2000).

Na plataforma da Região Norte, que abrange os estados do Amapá, Pará e Maranhão, as fontes novas de nutrientes para a zona eufótica são a regeneração bêntica dos setores rasos costeiros e a drenagem continental, com destaque para o Rio Parnaíba, na divisa entre o Piauí e o Maranhão, e o Golfo do Maranhão, e ainda aporte atmosféricos e eventos de ressurgências (raros na região norte). Em geral, prevalece o sistema de produção do tipo regenerativo, no qual o nitrogênio inorgânico está disponível sob a forma de compostos reduzidos (ex. amônia) oriundos da excreção da comunidade planctônica e regeneração bacteriana na coluna de água (BRANDINI *et al.*, 1997).

### 4. Plâncton na Área de Estudo

#### A) Fitoplâncton

##### Composição específica

O fitoplâncton, principal produtor primário, é constituído por um conjunto de microalgas unicelulares que através da fotossíntese desenvolve-se na zona eufótica formando a base da teia alimentar marinha (LALLI & PARSONS, 1993). Mudanças na comunidade planctônica ocasionam profundas modificações estruturais em todos os demais níveis tróficos do ecossistema marinho. Sendo assim, estudos sobre o conhecimento da composição, abundância e ecologia dos organismos fitoplactônicos é de suma importância, uma vez que estes constituem a base da teia alimentar aquática e ainda funcionam como excelentes indicadores ambientais, em decorrência do seu caráter dinâmico e sensibilidade em resposta às alterações do meio (SANTANA, 2004).

Durante o Projeto ICITA (*International Cooperative Investigation of the Tropical Atlantic*), a bordo do CT “Bertioga” do Ministério da Marinha, foi avaliada a importância do nanoplâncton para a produção primária de águas tropicais, ao longo de uma radial perpendicular à costa paraense. A produção fitoplanctônica (produção primária) em áreas oceânicas é cerca de 5% da produção costeira e que, tanto em águas oceânicas quanto em águas costeiras produtivas, o nanoplâncton contribui, em média, com respectivamente 90% e 78% da produção primária e da densidade do fitoplâncton total. O picoplâncton, (dimensões menores que 2µm), como as bactérias, por sua vez, pode ser responsável por até 100% da produção primária diária produzida nas águas equatoriais da região Norte (BRANDINI *et al.*, 1997).

A seguir são apresentadas compilações da literatura acerca dos dados existentes sobre a biota fitoplanctônica na região, como apresentado no Relatório final das atividades desenvolvidas no 2º cruzeiro oceanográfico do REVIZEE, correspondente às subáreas do I e V da Norte II (**Tabela II.6.2.9.3**) (REVIZEE/NORTE, 1999 *apud* BP/TOTAL/QUEIROZ GALVAO/PIR2, 2015).

**TABELA II.6.2.9.3 – Número de espécies fitoplanctônicas identificadas para cada grupo taxonômico, suas contribuições relativas e dados de ocorrência na costa norte do Brasil. Fonte: REVIZEE/NORTE (1999 *apud* BP/TOTAL/QUEIROZ GALVAO/PIR2, 2015).**

Grupos e categorias taxonômicas	Nº de espécies identificadas no litoral brasileiro	Nº de espécies identificadas na Costa Norte	Percentual relativo de ocorrência (Costa Norte x Brasil)
Diatomophyceae (diatomáceas)	783	207	26,4
Dinophyceae (dinoflagelados)	364	136	37,4
Prymnesiophyceae (cocolitoforídeos)	96	9	9,4
Chlorophyta (clorofíceas)	66	50	75,8
Dictyochophyceae (silicoflagelados)	9	1	11,1
Prasinophyceae	7	-	-
Cryptophyceae	5	1	20,0
Chrysophyceae	4	-	-
Euglenophyceae	4	1	25,0
Raphidophyceae	1	-	-
Xantophyceae	1	-	-

A comunidade microfitoplanctônica no *Baseline* Barreirinhas esteve representada por um total de 52 taxa genéricos e infragenéricos distribuídos em três divisões: Bacillariophyta (32), Dynophyta (17) e Cianobacteria (3). Dentre essas divisões, as diatomáceas (Bacillariophyta) se destacam como o grupo mais representativo, chegando a contribuir com até 64% (BG/AECOM, 2015).

Os 32 taxa pertencentes às diatomáceas encontram-se distribuídos em 8 gêneros e 20 espécies, sendo o gênero *Chaetoceros* o mais representativo com 8 espécies. Em relação à divisão Dynophyta (dinoflagelados), ocorreram 7 gêneros e 11 espécies, com destaque para o gênero *Ceratium* de maior ocorrência, representado por 4 espécies. As cianobactérias estiveram representadas por três taxa, com um representante da Ordem Oscillatoriales não identificada e espécimes de *Synechococcus* e *Prochlorococcus*, identificados por citometria de fluxo (BG/AECOM, 2015). A abundância e distribuição dos últimos taxa será discutida no item de bacterioplâncton.

Considerando as três camadas (sub-superfície, acima da termoclina e no meio da termoclina), a que apresentou maior número de espécies foi a sub-superfície com a ocorrência de 38 espécies, totalizando 100% das espécies identificadas, seguido da camada acima da termoclina com 23 espécies e apenas 7 espécies para a camada do meio da termoclina (BG/AECOM, 2015) (Tabela II.6.2.9.4).

**TABELA II.6.2.9.4 – Ocorrência (x) das espécies microfitoplanctônicas nas camadas sub-superficiais, acima da termoclina e meio da termoclina, identificadas no *Baseline* Barreirinhas. Fonte: BG/AECOM (2015).**

Taxa	Sub-superfície	Acima da termoclina	Meio da termoclina
<b>CYANOBACTÉRIAS</b>			
Oscillatoriales	x		
<b>BACILLARIOPHYTA</b>			
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	x	x	x
<i>Chaetoceros affinis</i>	x		
<i>Chaetoceros compressus</i>	x		
<i>Chaetoceros contortus</i>	x		
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	x		
<i>Chaetoceros decipiens</i>	x		
<i>Chaetoceros didymus</i>	x	x	
<i>Chaetoceros lorentzianus</i>	x		
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	x	x	
<i>Chaetoceros subtilis</i>	x	x	
<i>Coscinodiscus granii</i>	x	x	
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	x	x	
<i>Cyclotella striata</i>	x	x	
<i>Hemiaulus indicus</i>	x	x	
<i>Proboscia alata</i>	x	x	x
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	x	x	
<i>Rhizosolenia hebetata</i>	x	x	
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	x	x	
<i>Rhizosolenia pungens</i>	x	x	
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	x	x	x
<i>Navicula sp.</i>	x	x	
<i>Nitzschia sp.</i>	x		
<i>Pseudo-nitzschia sp.</i>	x	x	
<b>DINOPHYTA</b>			
<i>Ceratium furca</i>	x		
<i>Ceratium fusus</i>	x	x	
<i>Ceratium horridum</i>	x	x	
<i>Ceratium lineatum</i>	x		
<i>Gymnodinium sp.</i>	x	x	x
<i>Pyrophacus sp.</i>	x		
<i>Peridinium sp.</i>	x	x	
<i>Podolompas sp.</i>	x		
<i>Protoperdinium sp1</i>	x		
<i>Protoperdinium sp2</i>	x		
<i>Prorocentrum triestinum</i>	x		

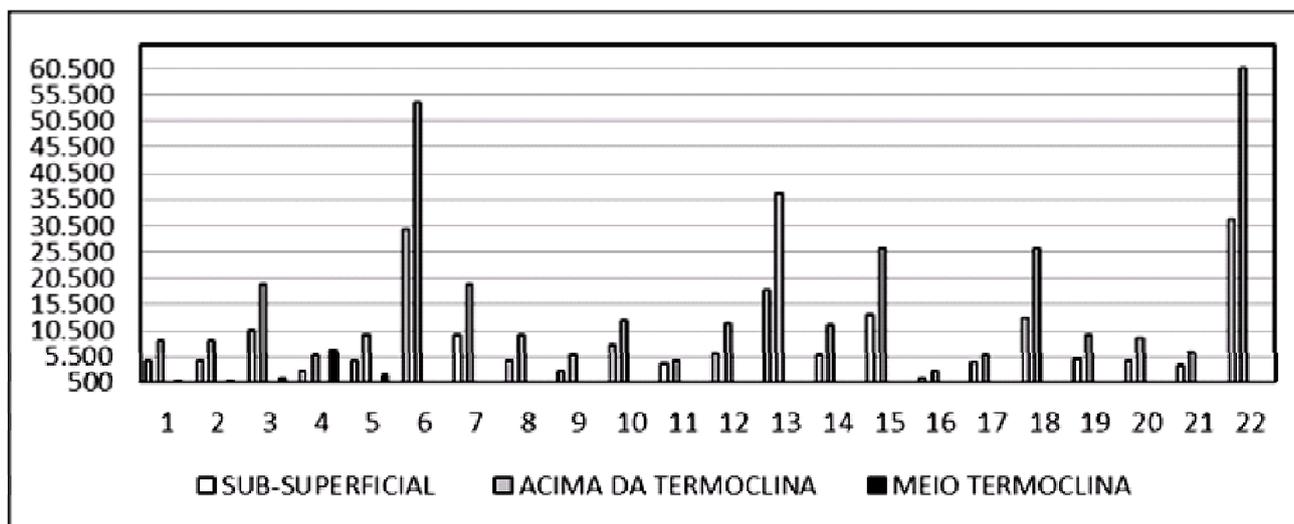
A predominância dos taxa de diatomáceas e dinoflagelados na comunidade microfítotoplantônica é comum nos ambientes oceânicos, sendo reportada por diversos autores para regiões no Atlântico Sul (e.g., OLGUÍN *et al.*, 2006). Segundo HALLEGRAEFF (1984) a importância das diatomáceas está associada a sua grande participação na produção primária marinha e sua biodiversidade.

No REVIZEE Score Norte foram identificados 179 taxa (LABOHIDRO, 2004). Já o PIATAM OCEANO (2008) aponta que o microfítotoplâncton marinho e estuarino do Maranhão, coletado em profundidade superior a 30 m, é constituído principalmente por diatomáceas, como no verificado no *Baseline* Barreirinhas. Das 687 espécies identificadas, 80% corresponderam à divisão Bacillariophyta.

### Densidade

No *Baseline* Barreirinhas, na camada sub-superficial os valores de densidade fitoplanctônica variaram de 1.443 cels.L<sup>-1</sup> a 29.853 cels.L<sup>-1</sup>, com média 8.874 cels.L<sup>-1</sup>, Em relação a camada acima da termoclina, com profundidades variando de 120 a 150 metros, os valores registrados foram: mínimo de 2.902 cels.L<sup>-1</sup> L e máximo de 60.638 cels/L<sup>-1</sup> e média de 16.582 cels.L<sup>-1</sup>. Na camada do meio da termoclina, com profundidades variando de 150 a 200 metros, a densidade mínima foi registrada na estação 13 com 984 cels.L<sup>-1</sup> e máxima de 1.968 cels.L<sup>-1</sup> estação 14, valores médios de 2.295 cels.L<sup>-1</sup> (**Figura II.6.2.9.1**) (BG/AECOM, 2015).

O grupo das diatomáceas foi dominante nas três camadas, com 161.250 cels.L<sup>-1</sup> na sub superficial, 76.181 cels.L<sup>-1</sup> na camada acima da termoclina e 12.480 cels.L<sup>-1</sup> na camada situada no meio da termoclina. Em seguida, vem o grupo dos dinoflagelados e, com valores bem reduzidos nas duas primeiras camadas, as cianobactérias (**Tabela II.6.2.9.5**) (BG/AECOM, 2015).



**FIGURA II.6.2.9.1 – Valores de densidade microfítotoplantônica (cels.L<sup>-1</sup> – eixo y) nas camadas sub-superficial, acima da termoclina e meio da termoclina registrados por estação (1 a 22) no *Baseline* Barreirinhas. Fonte: BG/AECOM (2015).**

**TABELA II.6.2.9.5 – Densidade do microfitoplâncton (cel.L<sup>-1</sup>) por grupo nas três camadas amostradas no *Baseline* Barreirinhas. Fonte: (BG/AECOM, 2015).**

Profundidade	Grupo do Microfitoplâncton	Densidade (cels.L <sup>-1</sup> )
SUB-SUPERFICIAL	Diatomáceas	161.250
	Dinoflagelados	22.106
	Cianobactérias	11.865
ACIMA DA TERMOCLINA	Diatomáceas	76.181
	Dinoflagelados	9.318
	Cianobactérias	3.847
MEIO DA TERMOCLINA	Diatomáceas	12.480
	Dinoflagelados	960
	Cianobactérias	-

O trabalho de PIATAM OCEANO (2008) quantificou uma densidade média do fitoplâncton para o Maranhão igual a 278.776 cels.L<sup>-1</sup>, superior ao encontrado no *Baseline* Barreirinhas provavelmente por conta da biomassa associada à zona costeira. Salienta-se que a plataforma continental do norte do Brasil, comparada às demais regiões, contém uma baixa produtividade pelágica, pois os ventos alísios impossibilitam a ocorrência de ressurgências costeiras (YONEDA, 1999; DAY *et al.*, 1989).

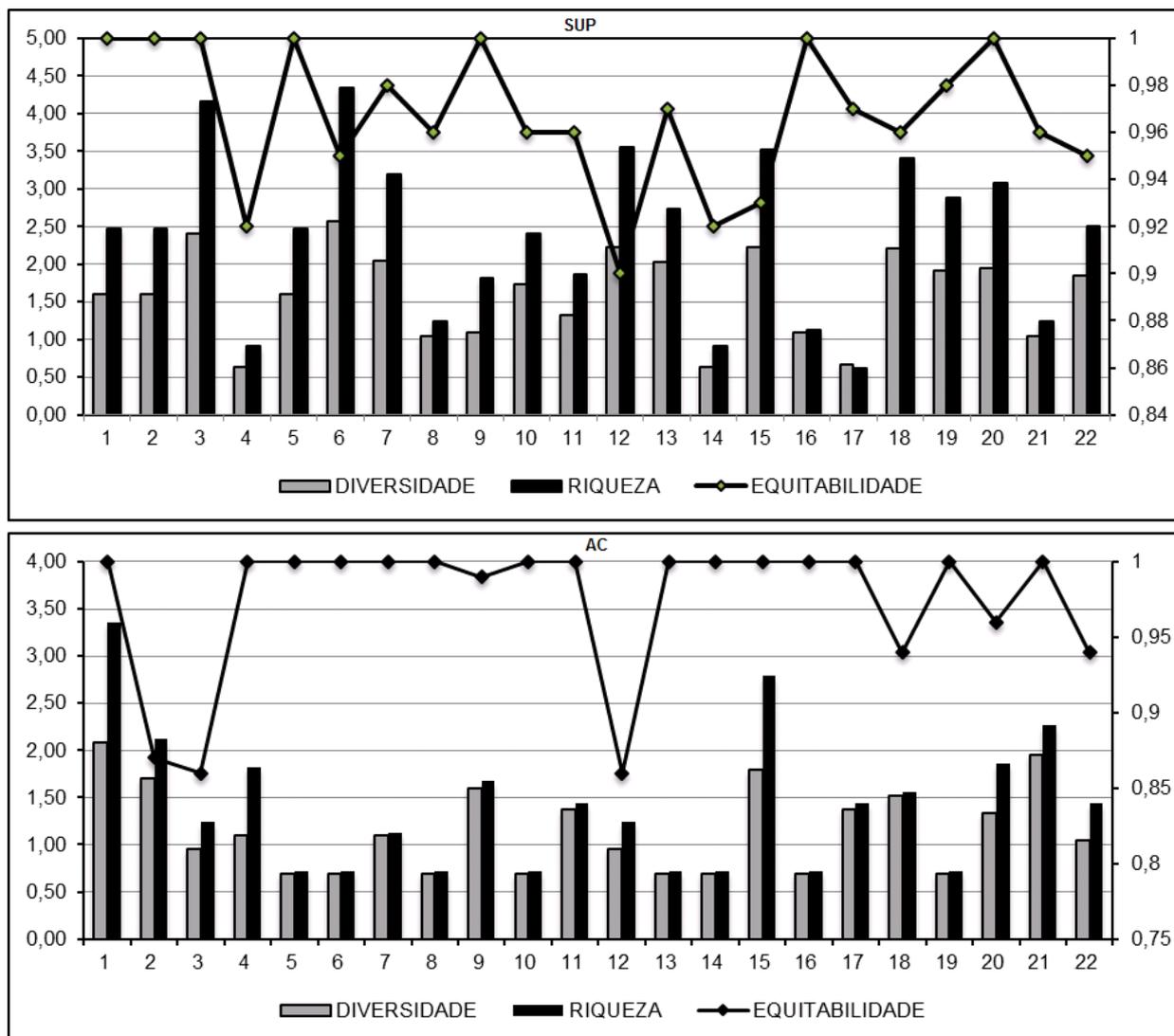
### Índices Ecológicos

O índice de diversidade específica da comunidade microfitoplanctônica, que foi calculado segundo Shannon (1948), mostram que a região estudada apresentou de muito baixa a média diversidade de espécies conforme o estabelecido por Valentin *et al.* (1991), onde valores maiores que 3 bits.cel<sup>-1</sup> indicam alta diversidade, entre 2 e 3 bits.cel<sup>-1</sup> indicam média diversidade, entre 1 e 2 bits.cel<sup>-1</sup> baixa diversidade e menores que 1 bits.cel<sup>-1</sup> indicam muito baixa diversidade.

No *Baseline* Barreirinhas, no estrato da superfície houve predomínio de diversidade baixa seguida de média (valor médio e desvio padrão igual a 1,62 e 0,59 bits.cel<sup>-1</sup>), enquanto que na camada acima da termoclina o predomínio foi de diversidade muito baixa e baixa, nesta ordem (valor médio de 1,15 e 0,46 bits.cel<sup>-1</sup>). No meio da termoclina, a maioria dos pontos amostrais tiveram um único registro de espécie, impossibilitando a obtenção dos índices bióticos empregados (**Figura II.6.2.9.2**) (BG/AECOM, 2015).

A riqueza foi avaliada através do número de taxa pelo Índice de Riqueza de Margalef - IRM (MARGALEF, 1958), que foi estimado pela fórmula:  $R = (S - 1) / \log N$ . Onde: S é o número de taxa presente na amostra e N é número de indivíduos na amostra (abundância). O valor médio e de desvio padrão da riqueza foi de  $2,41 \pm 1,08$ . Segundo Valentin *et al.* (1991), valores de riqueza maiores que 5,0 significam grande riqueza de espécies no local de estudo, e a riqueza do *Baseline* Barreirinhas está abaixo deste valor (**Figura II.6.2.9.2**) (BG/AECOM, 2015).

A equitabilidade (E) foi calculada segundo Pielou (1977) que apresenta valores entre 0 e 1, sendo considerados altos ou equitativos os valores superiores a 0,5. Os resultados do *Baseline* Barreirinhas mostraram que a comunidade fitoplanctônica é uniforme (semelhantes abundâncias das espécies), conferindo média e desvio padrão de  $0,97 \pm 0,03$  (**Figura II.6.2.9.2**) (BG/AECOM, 2015).



**FIGURA II.6.2.9.2 – Valores dos índices bióticos diversidade ( $H'$  – eixo da esquerda), Equitabilidade ( $J$  – eixo da direita) e Riqueza ( $R$  – eixo da esquerda) por estação registrados no *Baseline* Barreirinhas, na camada sub-superficial (SUP) e acima da termoclina (AC). Fonte: BG/AECOM (2015).**

## B) Bacterioplâncton

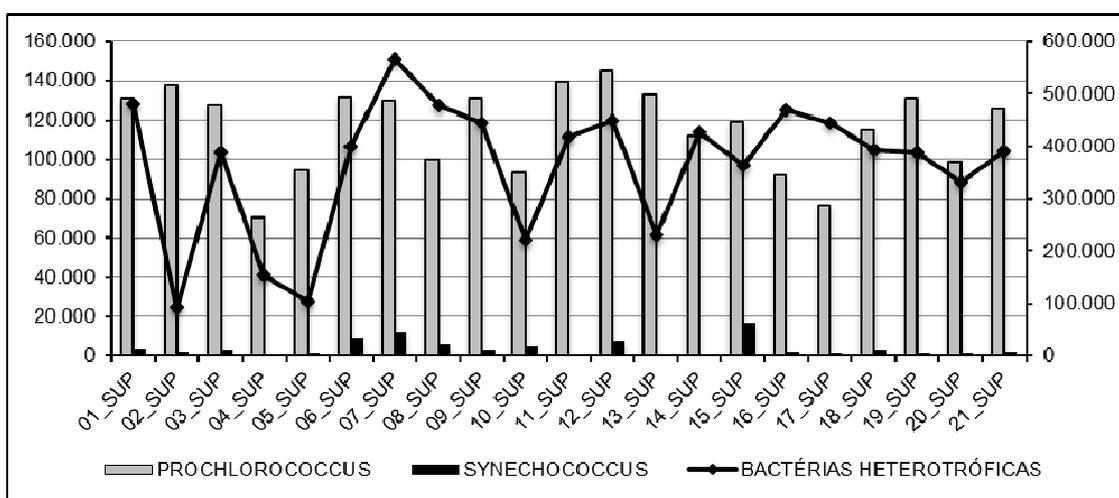
As bactérias do plâncton são compostas por organismos procariontes autótrofos e heterótrofos, possuindo diversos papéis na dinâmica dos ecossistemas pelágicos, a saber: (i) são agentes remineralizadores da matéria orgânica particulada e dissolvida, liberando nutrientes inorgânicos (principalmente nitrogênio); (ii) processam cerca de metade da produção primária dos mares, transformando o material orgânico dissolvido consumido em material particulado através da denominada “alça microbiana”; (iii) algumas cianobactérias fixam nitrogênio molecular (produção nova via atmosférica); (iv) competem com o fitoplâncton por nutrientes, afetando a produção primária na zona eutrófica (ARRIETA *et al.*, 2004; AZAM *et al.*, 1983; BRANDINI *et al.*, 1997).

Apesar de sua importância, pouco é conhecido sobre a diversidade da comunidade de bactérias do plâncton, incluindo a região Norte do Brasil, o que se deve, principalmente, à dificuldade de identificação destes organismos. Por exemplo, tanto o REVIZEE Score Norte como o PIATAM OCEANO não avaliaram este compartimento da biota aquática (BRANDINI *et al.*, 1997; REVIZEE, 2006; PIATAM OCEANO, 2008).

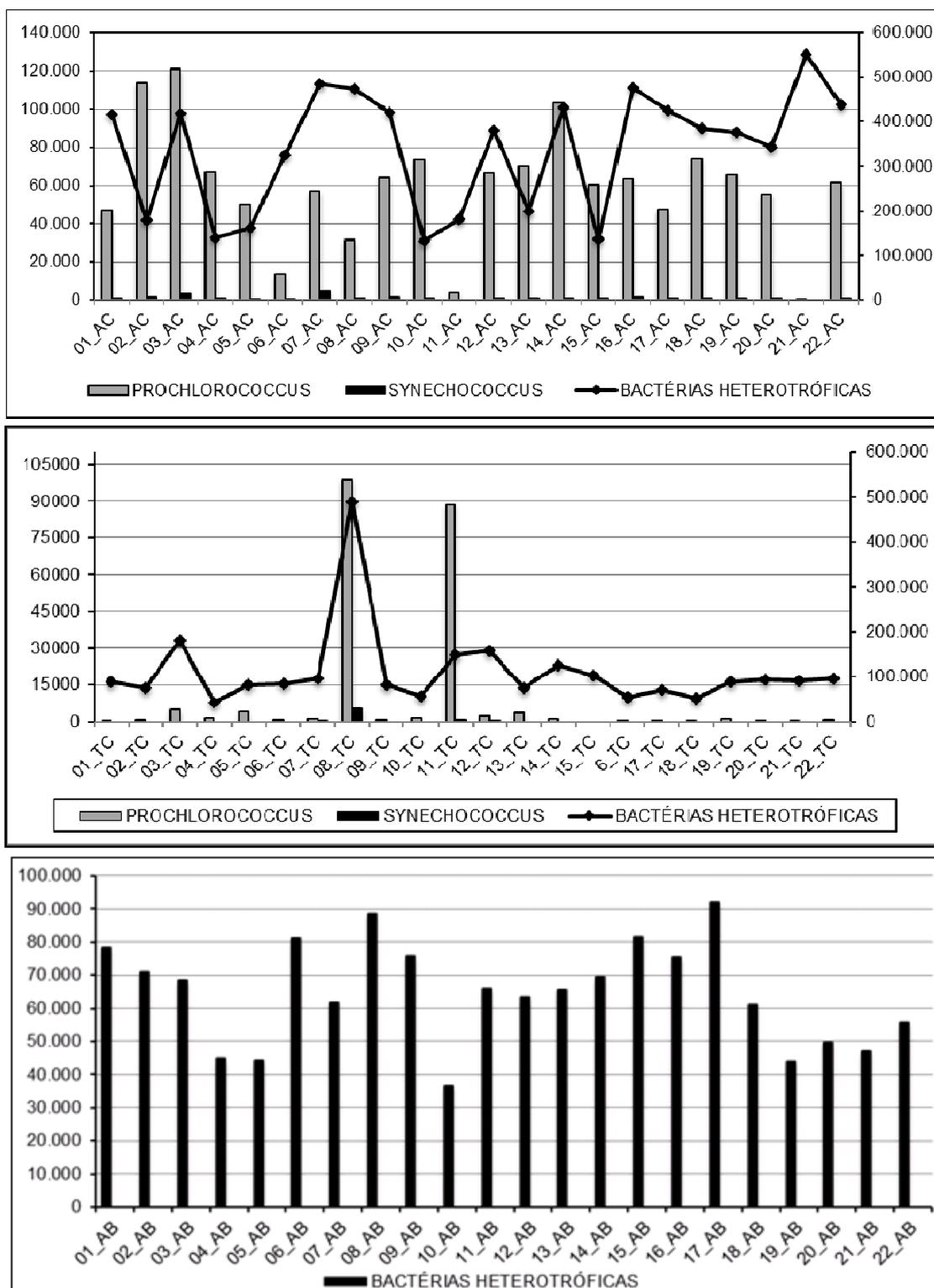
O *Baseline* Barreirinhas identificou no bacterioplâncton organismos heterotróficos e autotróficos, sendo os últimos representados pelas taxa *Prochlorococcus* e *Synechococcus* sp (cianobactérias). As bactérias autotróficas não foram detectadas na camada abaixo da termoclina, enquanto que as demais bactérias estiveram presentes nos quatro estratos avaliados (BG/AECOM, 2015).

Na camada sub-superficial o valor médio de bactérias heterotróficas foi igual a 345.791  $\text{cels.L}^{-1}$ , das bactérias *Prochlorococcus* sp. foi igual a 115.761  $\text{cels.L}^{-1}$  e de *Synechococcus* sp. igual a 3.946  $\text{cels.L}^{-1}$ . Acima da termoclina, os valores médios das bactérias heterotróficas, *Prochlorococcus* sp. e *Synechococcus* sp. foram iguais a 339.643  $\text{cels.L}^{-1}$ , 59.466  $\text{cels.L}^{-1}$  e de 1.091  $\text{cels.L}^{-1}$ , respectivamente, sendo que a última espécie não foi encontrada na estação 21 (Bloco BAR-M-252). No meio da termoclina os valores médios foram iguais a 110.488  $\text{cels.L}^{-1}$  e 9.720  $\text{cels.L}^{-1}$  para as bactérias heterotróficas e *Prochlorococcus* sp., nesta ordem. A microalga *Synechococcus* ocorreu em poucas estações, com valores mínimo e máximo iguais a 95 e 5.316  $\text{cels.L}^{-1}$ , respectivamente. Abaixo da termoclina as bactérias heterotróficas apresentaram densidade mínima e máxima iguais a 36.535 e 92.120  $\text{cels.L}^{-1}$ , respectivamente (**Figura II.6.2.9.3**) (BG/AECOM, 2015).

O procarionte fotossintetizante *Prochlorococcus* sp. comumente ocorre em elevadas densidades nos primeiros 200 m de coluna d'água, ultrapassando as densidades da coexistente *Synechococcus* sp. (também com elevada densidade), o que foi verificado no *Baseline* Barreirinhas. Em geral, as densidades bacterianas diminuíram em direção à termoclina. Este comportamento é observado mesmo em ambientes oligotróficos, como as águas oceânicas, devido à capacidade de ambas de assimilação das formas reduzidas do nitrogênio, como amônia e ureia (PARTENSKY *et al.*, 1999; MOORE *et al.*, 2002). As bactérias heterotróficas também são importantes devido à intensa participação na "alça microbiana", consumindo principalmente ortofosfato e nitrogênio inorgânico dissolvido (KIRSCHMAN, 1994).



(continua)



**FIGURA II.6.2.9.3 – Valores de densidade de bactérias heterotróficas (cels.L<sup>-1</sup>) e autotróficas (*Prochlorococcus* sp. e *Synechococcus* sp.) registrados nas camadas sub-superficial (SUP), acima da termoclina (AC), meio da termoclina (TC) e abaixo da termoclina (AB) do *Baseline* Barreirinhas. Para os três primeiros gráficos, o eixo da direita corresponde às bactérias heterotróficas e da esquerda às autotróficas. Fonte: BG/AECOM (2015).**

## C) Zooplâncton

### Composição específica

Como o segundo nível da cadeia trófica marinha, o zooplâncton tem papel fundamental nos processos de formação, transformação e exportação de partículas biogênicas, provenientes da zona eufótica, para as camadas mais profundas. A produção de matéria orgânica pelo zooplâncton pode ocorrer através da mudança de exoesqueleto, restos de organismos mortos, e produção de pelotas fecais que ao se decomporem contribuem para a formação de neve marinha que se depositam nas regiões mais profundas. Já o transporte da matéria orgânica é realizado, principalmente, através da migração vertical, comumente realizada por esses organismos (HERNANDEZ, 1999).

Montú (1994) trabalhou na identificação de anfípodes (Amphipoda: Hyperiidea) de amostras cedidas pelo SOSC (Smithsonian Oceanographic Sorting Center), coletadas pelo R/V Baependi e Oregon durante o Projeto Equaland I entre fevereiro e março de 1963. A área amostrada compreende a região costeira e oceânica defronte aos estados do Amapá, Pará e Maranhão, entre as coordenadas 00°15'S-09°06'5" e 51°8'0"W-40°58'0"W. Foram identificadas espécies pertencentes a 13 famílias distribuídas em 20 gêneros, a saber: *Scina curvidactyla*, *Paraphronima gracilis*, *Paraphronima crassipes*, *Vibilia chuni*, *Vibilia stebbingi*, *Hyperietta vosseleri*, *Lestrigonus bengalensis*, *Phronima stebbingi*, *Phronima sedentária*, *Phronima elongata*, *Achylomera blossevillei*, *Primno macropa*, *Lycaeopsis themistoides*, *Eupronoe armata*, *Eupronoe maculata*, *Sympronoe parva*, *Amphithyrus bispinosus*, *Brachyscelus cruscolum*, *Hemithyphis rapax*, *Parathyphis promotorii*, *Oxycephalus piscatoris*, *Calamorrhynchus pellucidus*, *Oxycephalus armatus*, *Streetsia porcella*, *Simorhynchotus antennarius* e *Thyropus sphaeroma*.

No Relatório final das atividades desenvolvidas no 2º cruzeiro oceanográfico, correspondente às subáreas do I e V da Norte II (REVIZEE/Norte, 1999 *apud* BP/TOTAL/QUEIROZ GALVAO/PIR2, 2015), são apresentadas compilações da literatura acerca dos dados existentes sobre a biota zooplanctônica na região norte, expostas a seguir na **Tabela II.6.2.9.6**.

**TABELA II.6.2.9.6 – Espécies zooplanctônicas identificadas para cada táxon, suas contribuições relativas e dados de ocorrência na costa norte do Brasil. Fonte: REVIZEE/Norte (1999 *apud* BP/TOTAL/QUEIROZ GALVAO/PIR2, 2015).**

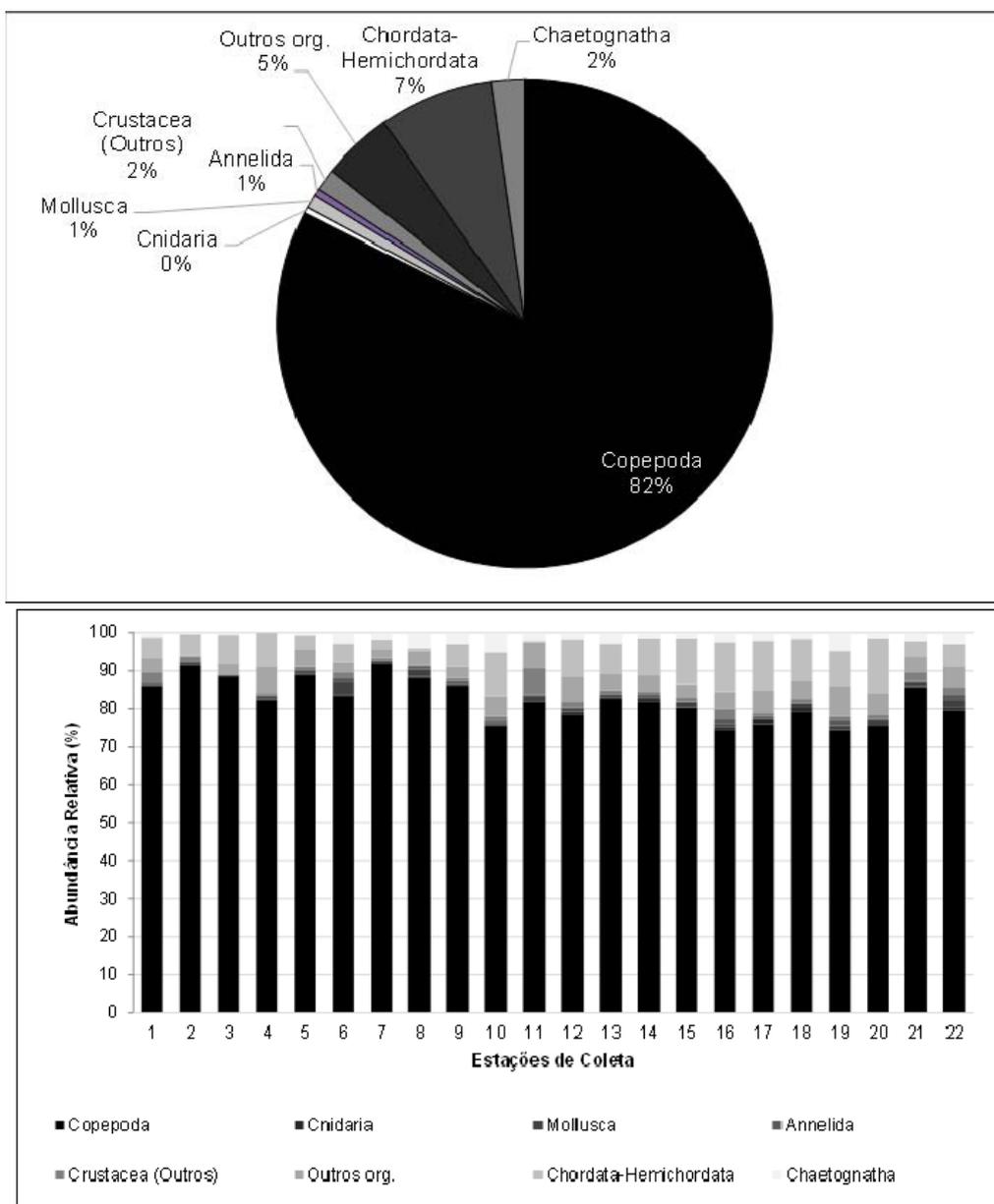
Grupos e categorias taxonômicas	Nº de espécies identificadas no litoral brasileiro	Nº de espécies identificadas na Costa Norte	Percentual relativo de ocorrência (Costa Norte x Brasil)
Siphonophorae	71	-	-
Hydromedusae	94	37	39,4
Scyphomedusa	7	-	-
Ctenophora	3	-	-
Turbellaria	13	-	-
Rotifera	70	17	24,3
Mollusca – Pteropoda	51	17	33,3
Mollusca (meroplâncton)	8	-	-
Annelida – Polychaeta (holo e meroplân.)	40	13	32,5
Crustacea – Cladocera	58	7	12,1

Grupos e categorias taxonômicas	Nº de espécies identificadas no litoral brasileiro	Nº de espécies identificadas na Costa Norte	Percentual relativo de ocorrência (Costa Norte x Brasil)
Crustacea – Mysidacea	9	-	-
Crustacea – Ostracoda	5	1	20,0
Crustacea – Amphipoda	31	29	93,5
Crustacea – vários grupos (meroplâncton)	13	5	38,4
Crustacea – Decapoda (holo e meroplâncton)	51	8	15,7
Crustacea – Euphausiacea	31	2	6,5
Crustacea – Copepoda Calanoida	223	131	58,7
Crustacea – Copepoda Cyclopoida	48	17	35,4
Crustacea – Copepoda Poecilostomatoida	60	11	18,3
Crustacea – Copepoda Harpacticoida	16	8	50,0
Chaetognatha	24	10	41,6
Appendicularia	29	3	10,3
Thaliacea	22	2	9,1

No *Baseline* Barreirinhas, o zooplâncton esteve representado pelos Filos Sarcomastigophora, Cnidaria, Mollusca, Annelida, Crustacea, Bryozoa, Chaetognatha, Hemichordata e Chordata, considerando as formas adultas, juvenis, larvas e ovos. Foram identificados 143 taxa, contados a partir dos infragenéricos, dos quais 79 são da subclasse Copepoda. O inventário e o registro fotográfico dos organismos do zooplâncton encontram-se no Relatório do *Baseline* Barreirinhas (BG/AECOM, 2015). Melo (2004 *apud* PIATAM OCEANO, 2008), na plataforma continental Amazônia, em sete perfis perpendiculares à costa do Pará e Amapá (mais a oeste da área dos blocos em estudo), também identificou estes filios, acrescido do filo Echinodermata.

Em termos de abundância relativa, considerando o total da densidade de todos os filios que ocorreram nas amostras coletadas durante coleta das amostras, os Copepoda foram os mais abundantes com 82%, seguidos por Chordata-Hemichordata, com 7%. Outros organismos com 5%, e Crustacea e Chaetognatha ocorreram com 2% de abundância relativa cada, e os demais filios foram raros com menos de 2%. Quanto à abundância relativa dos filios por estação, Copepoda destacou-se em todas as estações (**Figura II.6.2.9.4**) (BG/AECOM, 2015).

A comunidade zooplancônica do *Baseline* Barreirinhas esteve constituída na sua maioria por 94% de organismos holoplancônicos, sendo Copepoda o grupo mais representativo, e 6% de organismos meroplancônicos, estes últimos concentrados nas estações mais próximas à costa de cada perfil (BG/AECOM, 2015).



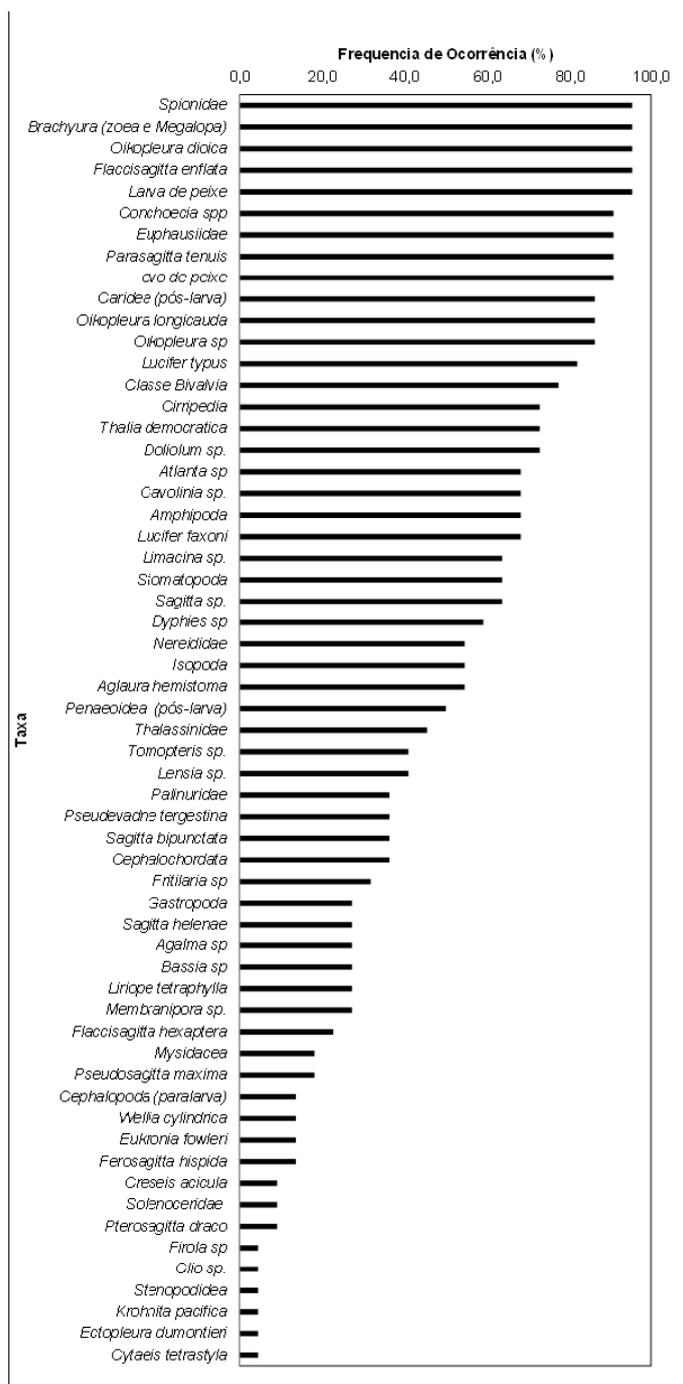
**FIGURA II.6.2.9.4 – Abundância relativa de cada filo para a toda a campanha (superior) e por estação de coleta (inferior) do *Baseline* Barreirinhas. Fonte: BG/AECOM (2015).**

A frequência de ocorrência (Fo) foi calculada a partir da fórmula  $Fo = (Ta \times 100) / TA$ , onde: Ta é o número de amostras onde o táxon ocorreu e TA é o total de amostras ( $\geq 75\%$ : muito frequente;  $75\% - 50\%$ : frequente;  $50\% - 25\%$ : pouco frequente e  $\leq 25\%$ : esporádica) (BG/AECOM, 2015).

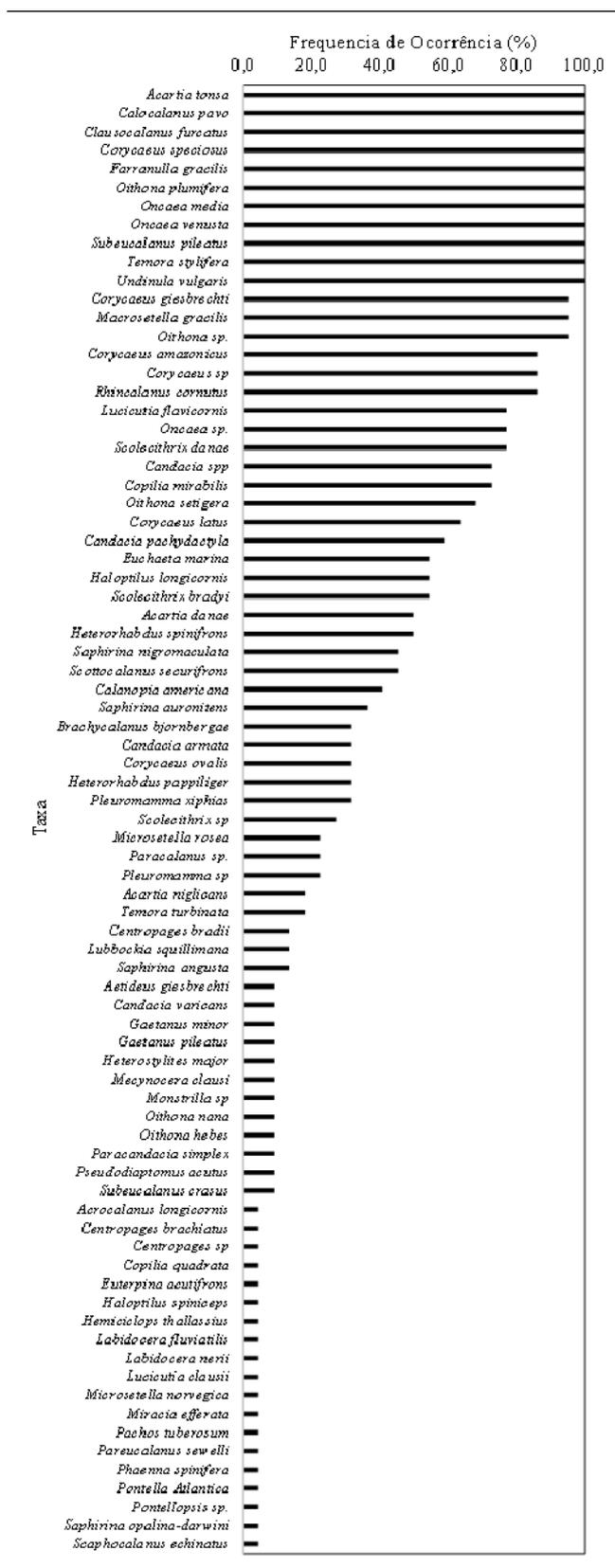
Dentre os organismos zooplânctônicos encontrados nas amostras do *Baseline* Barreirinhas, exceto Copepoda, foram considerados muito frequentes, 14 taxa, correspondendo a 24% da comunidade: Brachyura (larvas), Caridea (larvas), *Lucifer typus* (adultos), *Oikopleura dioica*, *Flaccisagitta enflata*, *Parasagitta tenuis*, Família *Spionidae*, Ovos e Larvas de peixes, *Conchoecia* spp, Euphausiidae, *Oikopleura longicauda*, *Oikopleura* sp e a Classe Bivalvia.

Como freqüentes, estiveram representados 15 taxa, constituindo 25% do zooplâncton: *Atlanta* sp, Cirripedia (larvas), *Thalia democrática*, *Doliulum* sp, *Cavolinia* sp, Amphipoda, *Lucifer faxoni*, *Limacina* sp, Stomatopoda, *Sagitta* spp, *Dyphes* sp, Nereidae, Isopoda, *Aglaura hemistoma*. Os demais taxa foram pouco frequentes (14 taxa), com um total de 24% da população; e esporádicos, com 16 taxa, correspondendo a 27% da comunidade zooplânctonica (**Figura II.6.2.9.5, Figura II.6.2.9.6 e Figura II.6.2.9.7**) (BG/AECOM, 2015).

Dentre os Copepoda foram muito freqüentes 20 espécies, constituindo 25% da comunidade de Copepoda: *Acartia tonsa*, *Calocalanus pavo*, *Clausocalanus furcatus*, *Corycaeus speciosus*, *Farranulla gracilis*, *Oithona plumifera*, *Oncaea media*, *Oncaea venusta*, *Subeucalanus pileatus*, *Temora stylifera*, *Undinula vulgaris*, *Corycaeus giesbrechti*, *Macrosetella gracilis*, *Oithona* spp, *Corycaeus amazonicus*, *Corycaeus* sp, *Rhincalanus cornutus*, *Lucicutia flavicornis*, *Oncaea* sp, e *Scolecithrix danae*. Como frequentes foram registradas 10 espécies, correspondendo a 13% dos Copepoda: *Candacia* spp, *Copilia mirabilis*, *Oithona setigera*, *Corycaeus latus*, *Candacia pachydactyla*, *Euchaeta marina*, *Haloptilus longicornis*, *Scolecithrix bradyi*, *Acartia danae* e *Heterorhabdus spinifrons*. As demais espécies foram enquadradas na categoria de pouco frequentes, foram incluídas 10 espécies, com um total de 13% da população, e esporádicos, com 39 espécies, correspondendo a 49% da população identificada de Copepoda (**Figura II.6.2.9.5 e Figura II.6.2.9.6; Figura II.6.2.9.7**) (BG/AECOM, 2015).



**FIGURA II.6.2.9.5 – Frequência de ocorrência do zooplâncton, exceto Copepoda, no Baseline Barreirinhas. Fonte: BG/AECOM (2015).**



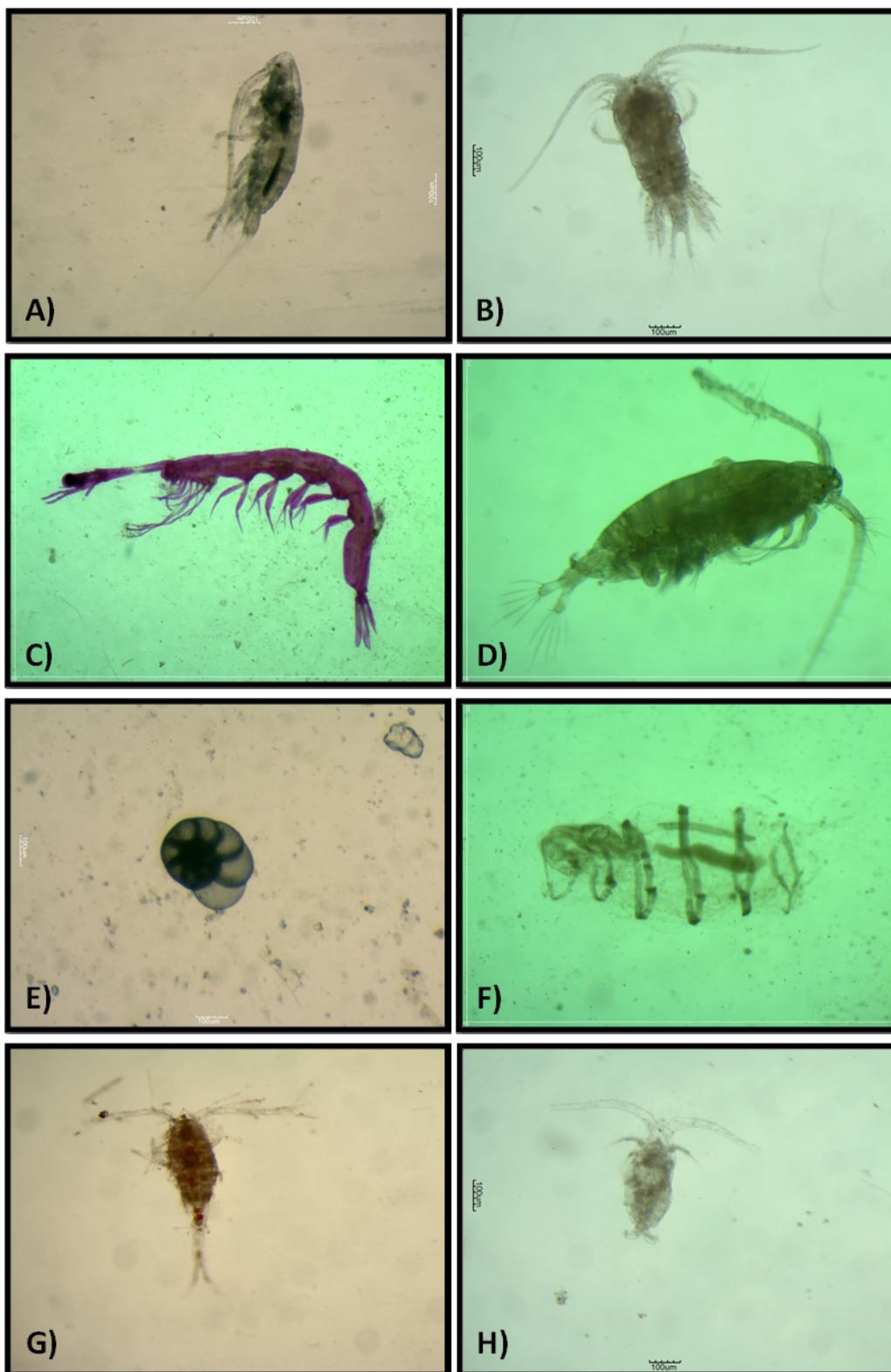
**FIGURA II.6.2.9.6 – Frequência de ocorrência das espécies de Copepoda no *Baseline* Barreirinhas. Fonte: BG/AECOM (2015).**

Dentre a lista de espécies identificadas no *Baseline* Barreirinhas, estão várias ocorrências como primeira citação para o Estado do Maranhão, a saber: *Aetideus giesbrechti*, *Haloptilus spiniceps*, *Heterorhabdus spinifrons* e *Scolecithrix bradyi*. O táxon *A. giesbrechti* e *H. spiniceps* são espécies epi e mesopelágica, ocorrendo em águas tropicais e subtropicais. Em relação à descrição morfológica, ainda são muito raros os trabalhos enfocando essas características. Já *H. spinifrons* é uma espécie mesopelágica que ocorre em águas oceânicas, tropicais e subtropicais. *S. bradyi* também é uma espécie epi e mesopelágica que ocorre nestas águas (BG/AECOM, 2015; RAZOULS, 2015).

Dentre os copépodos que se destacaram no *Baseline* Barreirinhas, seis foram registradas como dominantes nas amostras de Calef & Grice (1967) para a foz do Amazonas: *Undinula vulgaris*, *Euchaeta marina*, *Clausocalanus furcatus*, *Scolecitrix danae*, *Calocalanus pavo* e *Oithona plumifera*. Estes autores, também mencionaram como dominante a espécie *Lucicutia flavicornis*, também representativa no *Baseline* BG/AECOM (2015) (**Figura II.6.2.9.7**).

A espécie *Clausocalanus furcatus* também se destacou no *Baseline* Barreirinhas chegando a 50% do zooplâncton em algumas amostras, é caracterizada por ter ampla distribuição, ocorrendo circunglobalmente em águas epipelágicas dos oceanos tropicais e subtropicais (FROST & FLEMINGER, 1968), com abundâncias relativas maiores em ambientes muito oligotróficos, estando entre as três mais abundantes do Atlântico Tropical (WEBBER & ROFF, 1995). Foi a espécie mais abundante da foz do Amazonas nos estudos realizados por Calef & Grice (1967) e uma das mais abundantes nos estudos de Melo (2004) no nordeste. *C. furcatus* se move continuamente e rapidamente, explorando áreas em sucessões próximas; esta espécie não cria uma corrente para alimentação e parece perceber alimento a curtas distâncias, sendo seletiva na ingestão (MAZZOCCHI & PAFFENHÖFER, 1999).

No REVIZEE Score Norte verificou-se em área compreendida entre os estados do Pará e Maranhão a presença de quetognatos, com destaque para *Sagitta tenuis*, *S. friderici*, *S. enflata* (mais frequente e abundante), *S. hidpida*, *S. helenae*, *S. bipunctata*, *S. serratodentata*, *Kronitta subtilis* e *K. pacifica* (PIATAM OCEANO, 2008). As espécies *S. helenae* e *S. bipunctata* também foram identificadas no *Baseline* Barreirinhas. A **Figura II.6.2.9.7** a seguir mostra alguns registros fotográficos das espécies do ictioplâncton.



**FIGURA II.6.2.9.7 – Registro fotográfico de espécies de zooplâncton. A) *Undinula vulgaris*; B) *Temora stylifera*; C) *Lucifer faxoni*; D) *Pontelopsis* sp; E) Foraminifera; F) *Doliulum* sp. G) *Oithona plumifera*; H) *Calocalanus pavo*. Fonte: BG/AECOM (2015).**

## Densidade

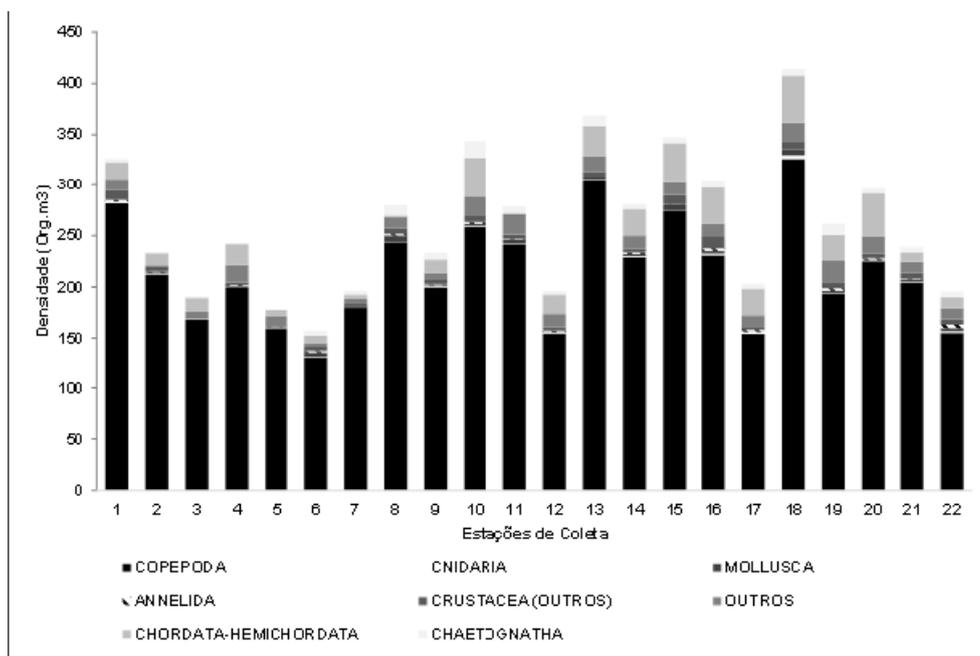
Os valores de densidade por estação variaram entre 131 e 326 org.m<sup>-3</sup>, com contribuição majoritária de copépodes (**Figura II.6.2.9.8** e **Figura II.6.2.9.9**) (BG/AECOM, 2015).

Dentre as comunidades biológicas, o conhecimento do zooplâncton é de grande relevância, principalmente na trofodinâmica constituindo elo importante na transferência de energia e participando dos vários processos complexos que envolvem o fluxo da matéria (LONGHURST & PAULY, 1987). Segundo Hopkins *et al.* (1981) e Angel (1996) ocorre uma mudança brusca na comunidade pelágica ao longo da quebra da plataforma das margens continentais, relacionado à redução na densidade e aumento na biodiversidade no sentido nerítico-oceânico.

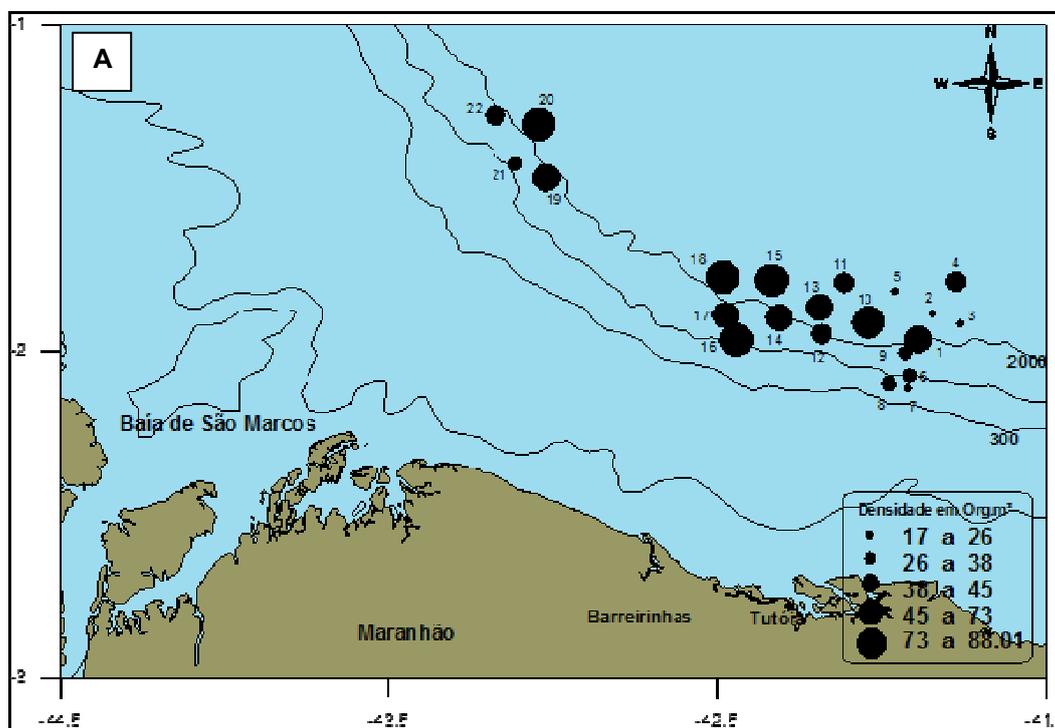
Segundo REVIZEE (2006), na região norte, durante o período de menores vazões dos rios (novembro-dezembro), a densidade total de mesozooplâncton (acima de 200 µm) é inferior a 20 organismos.m<sup>-3</sup> em 80% da plataforma continental. Máximos superiores a 30 organismos.m<sup>-3</sup> (até 85 organismos.m<sup>-3</sup>) ocorrem nas áreas mais costeiras, ao noroeste da baía de São Marcos e, em menor escala, próximo à foz do rio Parnaíba. Durante o período de maior vazão (junho), o padrão de distribuição espacial do mesozooplâncton permanece, porém com ocorrência de máximos de 30 organismos.m<sup>-3</sup> do rio Parnaíba até a baía de São Marcos, resultante da maior influência da descarga do rio. As ordens de grandeza foram inferiores à observada no *Baseline* Barreirinhas.

O trabalho de Melo (2004 *apud* PIATAM OCEANO, 2008) em frente aos estados do Amapá e Pará, citado na avaliação da composição específica do zooplâncton, detectou biomassa que variou entre 11,0 e 388,6 mg.m<sup>-3</sup>, sendo considerada baixa. Segundo PIATAM OCEANO (2008), no estado do Maranhão o grupo dominante é dos copépodos, que representam mais de 50% da densidade total. Ambas as avaliações foram similares às verificadas no *Baseline* Barreirinhas.

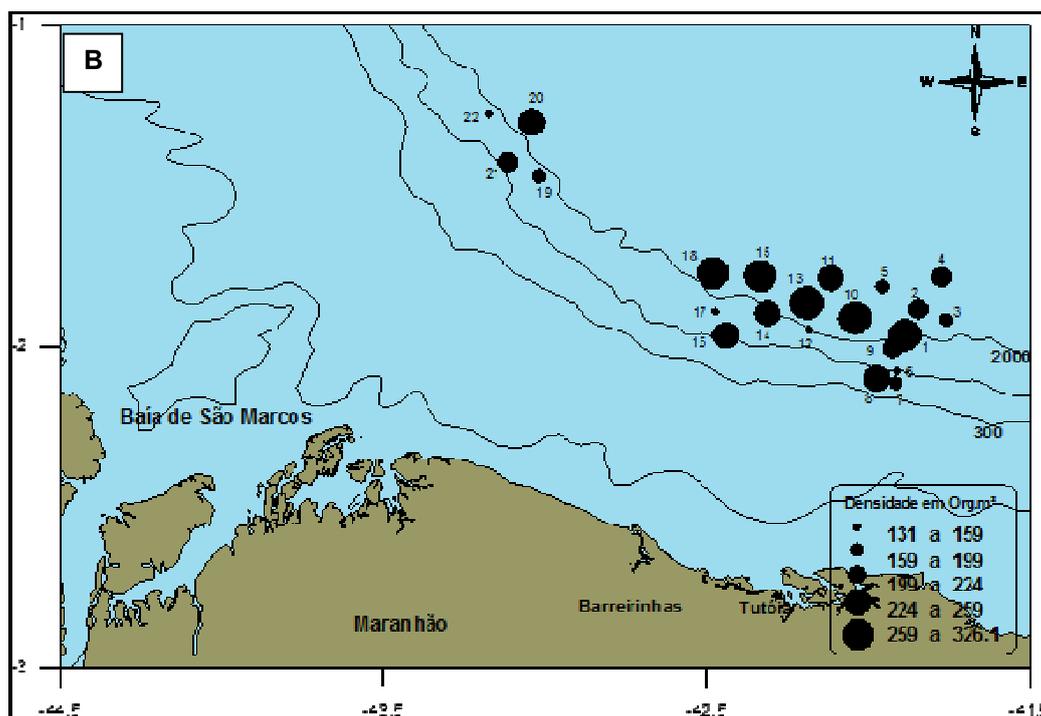
Destaca-se que, segundo BARTH & HAUILA (1968 *apud* BRANDINI, 1997), em estudo sobre a avaliação da variabilidade espacial da biomassa do zooplâncton na área norte do Brasil, observaram um nítido gradiente de abundância zooplanctônica, com maior ocorrência na região costeira e diminuição em direção oceânica.



**FIGURA II.6.2.9.8 – Distribuição da densidade do zooplâncton (org.m<sup>-3</sup>), por estação de coleta no *Baseline* Barreirinhas. Fonte: BG/AECOM (2015).**



(continua)



**FIGURA II.6.2.9.9 – Distribuição na área de estudo da densidade do zooplâncton no *Baseline* Barreirinhas (sem os Copepoda – A) e dos Copepoda (B). Fonte: BG/AECOM (2015).**

## Índices Ecológicos

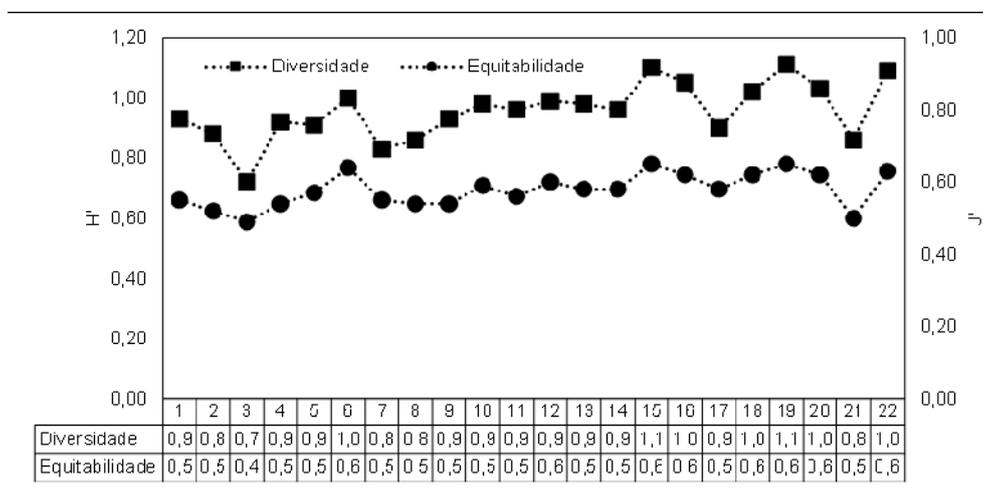
Para o índice de Shannon das amostras do *Baseline*, não foi observado um padrão de distribuição claro na área estudada, sendo os valores baixos, com média geral de  $0,96 \text{ bits.ind}^{-1}$ . Os valores oscilaram entre 73 e  $1,2 \text{ bits.ind}^{-1}$  (**Figura II.6.2.9.9**). REVIZEE (2006) também apontam para uma diversidade relativamente baixa (em torno de  $2 \text{ bits.ind}^{-1}$ ), diminuindo durante o período de cheia.

A análise da equitabilidade mostrou que, assim como a diversidade, não existe um padrão de distribuição claro. A média geral foi de 0,59, indicando ser uma comunidade equitativa. O mínimo foi igual a 0,49 e o máximo foi igual a 0,66 (**Figura II.6.2.9.10**).

A taxa com que novas espécies são adicionadas ao inventário, fornece pistas importantes sobre a riqueza de espécies, e de fato sobre a distribuição da abundância de espécies como um todo (MAGURRAN, 2013). Quando se leva em consideração a diversidade de espécies, normalmente se verifica um padrão de aumento da área nerítica para a oceânica. Vários são as causas desse gradiente e existem múltiplos caminhos nos quais os mecanismos atuam e interagem para produzir os padrões encontrados (GILLER, 1984).

Dentre as hipóteses, a mais aceita da existência de maior diversidade na área oceânica é a do favorecimento ambiental, que tem sido usado para explicar alta diversidade nos trópicos, que são geralmente livres de tempestades e onde as temperaturas são elevadas e relativamente uniformes. Ocorrem precipitações pluviométricas, porém isto afeta menos as espécies que as mudanças de temperatura em áreas temperadas e polares (MACARTHUR, 1972). O decréscimo na diversidade seria causado por estressores ambientais onde

somente um número limitado de espécies poderia sobreviver. O número de espécies deveria assim, aumentar com a estabilidade ambiental, pois ambientes instáveis aumentam as chances de extinção de uma espécie. Confirmando esta hipótese, alguns pesquisadores (WHITTAKER, 1972; CONNELL, 1980) acreditam que a instabilidade ambiental é o maior fator limitante na diversidade de espécies.



**FIGURA II.6.2.9.10 – Índice de diversidade de Shannon-Winner ( $H'$  – eixo da esquerda) e Equitabilidade de Pielou ( $J'$  – eixo da direita) do zooplâncton no *Baseline* Barreirinhas. Fonte: BG/AECOM (2015).**

#### D) Ictioplâncton

##### Composição específica

O ictioplâncton é constituído, por ovos, larvas e juvenis de peixe, sendo fundamental seu conhecimento para entender melhor a distribuição de muitas espécies de peixes teleósteos que habitam esta região (BRANDINI *et al.*, 1997). A região norte apresenta grande importância em relação aos recursos pesqueiros, entretanto, há pouco conhecimento sobre as espécies que ocorrem na região (BITTENCOURT, 2004).

A **Tabela II.6.2.9.7** sintetiza as famílias mais abundantes e frequentes evidenciadas em REVIZEE/Norte, que segundo o relatório não possuem área de desova exclusiva, ocorrendo desde as áreas costeiras como nas oceânicas (1999 *apud* BP/TOTAL/QUEIROZ GALVAO/PIR2, 2015).

**TABELA II.6.2.9.7 – Densidade das famílias ictioplanctônicas encontradas na Costa Norte. Fonte: REVIZEE/Norte (1999 *apud* BP/TOTAL/QUEIROZ GALVAO/PIR2, 2015).**

Família	rede de Nêuston (500µm)	rede de Bongo (500µm)	rede de Bongo (300µm)
Acanthuridae	-	1	1
Balistidae	-	2	-
Bathylagidae	-	1	-
Bothidae	2	13	15
Bramidae	-	1	1
Bregmacerotidae	-	1	2
Carangidae	45	5	5
Clupeidae	3	-	-

Família	rede de Nêuston (500µm)	rede de Bongo (500µm)	rede de Bongo (300µm)
Cynoglossidae	-	1	-
Diotontidae	-	-	1
Engraulidae	1	-	-
Exocoetidae	-	-	1
Gempelidae	1	-	-
Gobiidae	2	519	432
Gonostomatidae	-	8	34
Monacanthidae	-	3	14
Myctophidae	5	50	64
Paralepididae	-	5	9
Paralichthyidae	-	13	7
Pleuronectidae	1	6	2
Pomacentridae	-	1	3
Priacantidae	1	2	-
Scaridae	3	10	13
Scombridae	-	2	2
Scorpaenidae	-	1	1
Ovos	767	27	52
Outros	12	73	41

No *Baseline* Barreirinhas, foram encontradas 730 larvas e 6.164 ovos de peixes. Deste total, 435 larvas e 5.478 ovos foram da amostragem com malha de abertura de 330 µm e 295 larvas e 686 ovos na malha de abertura de 500µm. A composição ictioplancônica refere-se a 37 famílias e 25 espécies, como descrito na **Tabela II.6.2.9.8**.

**TABELA II.6.2.9.8 – Ocorrência de larvas de peixes coletadas com rede de plâncton malha de 330 µm e 500 µm no *Baseline* Barreirinhas (X = presente; - ausente). Fonte: BG/AECOM (2015).**

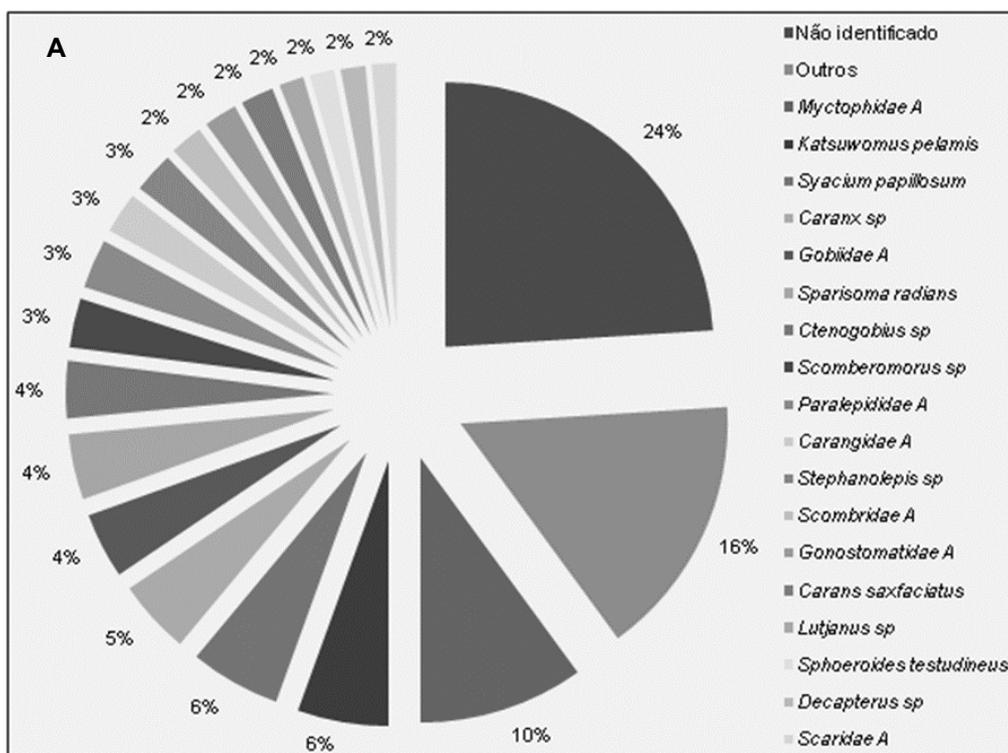
Família	Taxa	Malha de 330 µm	Malha de 500 µm
Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i>	X	-
Bothidae	<i>Bothus ocellatus</i>	X	*
	<i>Bothus sp</i>	-	*
	<i>Crossorhombus sp</i>	X	-
	<i>Bothidae A</i>	X	-
	<i>Xanthichthys sp</i>	X	-
Bramidae	<i>Brama sp</i>	-	*
Callionymidae	<i>Callionymus bairdi</i>	X	-
	<i>Callionymus sp</i>	X	*
	<i>Callionymidae A</i>	X	*
Carangidae	<i>Caranx saxfaciatus</i>	X	*
	<i>Caranx sp</i>	X	*
	<i>Caranx crysos</i>	X	-
	<i>Decapturus punctatus</i>	X	-
	<i>Seriola sp</i>	-	*
	<i>Carangidae A</i>	X	*
	<i>Symphurus civitatum</i>	-	*
	<i>Symphurus sp</i>	X	-
Cynoglossidae	<i>Cynoglossidae A</i>	X	-
	<i>Congridae A</i>	X	-
Congridae	<i>Congridae A</i>	X	-
Exocoetidae	<i>Exocoetus</i>	X	-
	<i>Exocoetidae A</i>	X	-

Família	Taxa	Malha de 330 µm	Malha de 500 µm
Gempylidae	<i>Gempylus serpens</i>	-	*
	<i>Nasiarchus nasutus</i>	-	*
	<i>Gempylidae A</i>	X	-
Gerridae	<i>Eucinostomus sp</i>	X	*
	<i>Gerreidae A</i>	X	*
Gobiidae	<i>Ctenogobius saepepallens</i>	X	-
	<i>Ctenogobius sp</i>	X	*
	<i>Gobiidae A</i>	X	*
Gonostomathidae	<i>Gonostomathidae A</i>	X	*
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus sp</i>	-	*
	<i>Hemiramphus sp</i>	X	-
	<i>Hemiramphidae A</i>	-	*
Hypoptychidae	<i>Aulichthys japonicus</i>	X	-
Holocentridae	<i>Sargocentro Vexillarium</i>	X	*
Lutjanidae	<i>Lutjanus sp</i>	X	-
	<i>Lutjanidae A</i>	X	*
Melamphaidae	<i>Melamphaidae A</i>	X	*
Monacanthidae	<i>Stephanolepis sp</i>	X	-
	<i>Stephanolepis hispidus</i>	X	-
	<i>Monacanthus sp</i>	X	*
	<i>Monacanthus ciliatus</i>	-	*
Myctophidae	<i>Myctophidae A</i>	X	*
Moringuidae	<i>Neoconger vermiformis</i>	-	*
	<i>Moringuidae A</i>	-	*
Molidae	<i>Ranzania laevis</i>	X	-
Microstomatidae	<i>Nansenia cândida</i>	X	-
Ophichthidae	<i>Ophichthus sp</i>	X	*
	<i>Ophichthidae A</i>	X	-
Paralepididae	<i>Paralepididae A</i>	X	*
Paralichthidae	<i>Syacium papillosum</i>	X	*
Priacanthidae	<i>Priacanthidae A</i>	X	*
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus sp</i>	-	*
	<i>Sparisoma radians</i>	X	*
	<i>Scarus sp</i>	X	*
Sciaenidae	<i>Sciaenidae A</i>	X	*
	<i>Auxis sp</i>	-	*
	<i>Auxis rochei</i>	X	*
Scombridae	<i>Katsuwomes pelamis</i>	X	*
	<i>Scomberomorus sp</i>	X	-
	<i>Thunnus sp</i>	X	-
	<i>Scombridae A</i>	X	*
	<i>Epinephelus sp</i>	X	*
Serranidae	<i>Epinephelus striatus</i>	-	*
	<i>Serranidae A</i>	X	*
Syngnathidae	<i>Corythoichthys sp</i>	X	*
Sternoptychidae	<i>Valencionnellus sp</i>	-	*
Synodontidae	<i>Synodus sp</i>	X	-
	<i>Synodontidae A</i>	X	-
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides maculatus</i>	-	*
	<i>Sphoeroides testudine</i>	X	-
	<i>Sphoeroides sp</i>	X	*
	<i>Colomesus psittacus</i>	-	*
	<i>Tetraodontidae A</i>	X	-

Família	Taxa	Malha de 330 µm	Malha de 500 µm
Trachipteridae	<i>Trachipterus</i> sp	x	-
	<i>Trachipteridae</i> A	x	-
Não identificado		*	x

De acordo com abundância relativa das larvas e ovos de peixe coletadas com a rede de malha de 330 µm a família Myctophidae foi a que teve obtive a maior representação (10%), seguida dos scombrídeos representados pela espécie *Katsuwomos pelamis* (6%), do paralichthídeo *Sycium papillosum* (6%), do carangídeo *Caranx* sp (5%), dos gobiídeos *Sparisoma radians* e *Ctenogobius* sp. (4% cada). O scombrídeo *Scomberomorus* sp., a Paralepididae, a Carangidae e o monacanthídeo *Stephanolepis* sp obtiveram cada um 3% da abundância relativa. Os demais taxa obtiveram 2% do total de larvas capturadas. Um total de 24% dos taxa não foram identificados (**Figura II.6.2.9.11**) (BG/AECOM, 2015).

Quanto à abundância relativa correspondente a coleta de rede com malha de 500 µm, os Myctophidae também foram dominantes em relação às outras larvas identificadas, com 18% da abundância relativa. Os “Não identificados” com 13%, seguida de *Syacium papillosum* e “outros” com 7% cada, depois da *Sparisoma radians* (6%) e *Callionymus* sp. (5%). O taxa *Caranx saxfaciatus*, Scombridae e Gobiidae apresentaram 4% cada, seguidos de Scaridae, Paralepididae, Carangidae, *Monacanthus* sp e *Epinephelus* sp com 3% cada. Os demais representados graficamente obtiveram entre 1 e 2% da abundância relativa (**Figura II.6.2.9.11**) (BG/AECOM, 2015).

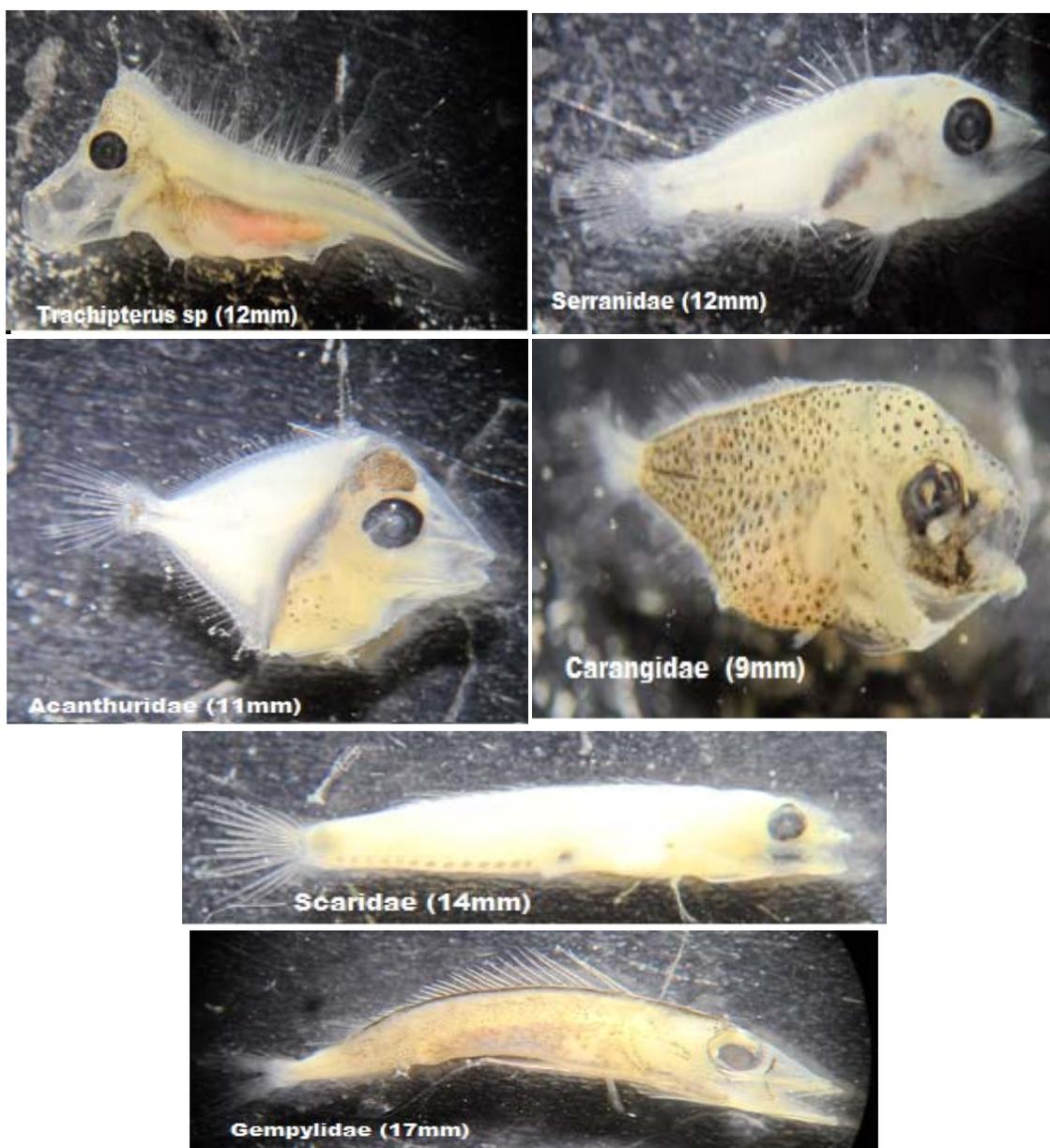


(continua)



Silveira (2003, 2008 e 2011) na mesma área de estudo registraram também uma elevada distribuição dos Myctophidae. De acordo com Souza *et al.* (2010) a distribuição desta família é influenciada pelas massas de águas tropicais, o que pode explicar a distribuição na área estudada. O paralichthideo *Syacium papillosum* e o scombrideo *Katsuwmos pelamis* contribuíram também com uma elevada abundância na área de estudo do *Baseline*. Estes indivíduos possuem características pelágicas oceânicas, e as larvas e ovos pelágicos (FISHBASE, 2014), o que pode proporcionar uma elevada captura destes indivíduos (BG/AECOM. 2015).

As demais larvas presentes na amostragem do *Baseline* Barreirinhas, na sua maioria são pelágicas, sendo importante para os dados numéricos. Ressalta-se que, além dos peixes pelágicos e demersais de plataforma, os peixes mesopelágicos contribuem também para a formação da comunidade ictioplânctônica (BG/AECOM. 2015). A **Figura II.6.2.9.12** a seguir mostra alguns registros fotográficos das larvas do ictioplâncton.



(continua)



FIGURA II.6.2.9.12 – Registro fotográfico das larvas do ictioplâncton. Fonte: BG/AECOM (2015).

**Densidade**

Os valores de densidades registradas no *Baseline* Barreirinhas entre os pontos de coletas com a rede de malha 330 µm variaram 0,14 a 1,77 larvas.100m<sup>-3</sup>. Em geral os valores de densidade estiveram abaixo de 1,2 larvas.100m<sup>-3</sup> durante o período amostral. Com a rede de abertura de malha de 500 µm as densidades variaram de 0,07 a 0,94 larvas.100m<sup>-3</sup>, sendo inferiores a 1 larvas.100m<sup>-3</sup> em todas as estações (**Figura II.6.2.9.13**) (BG/AECOM, 2015).

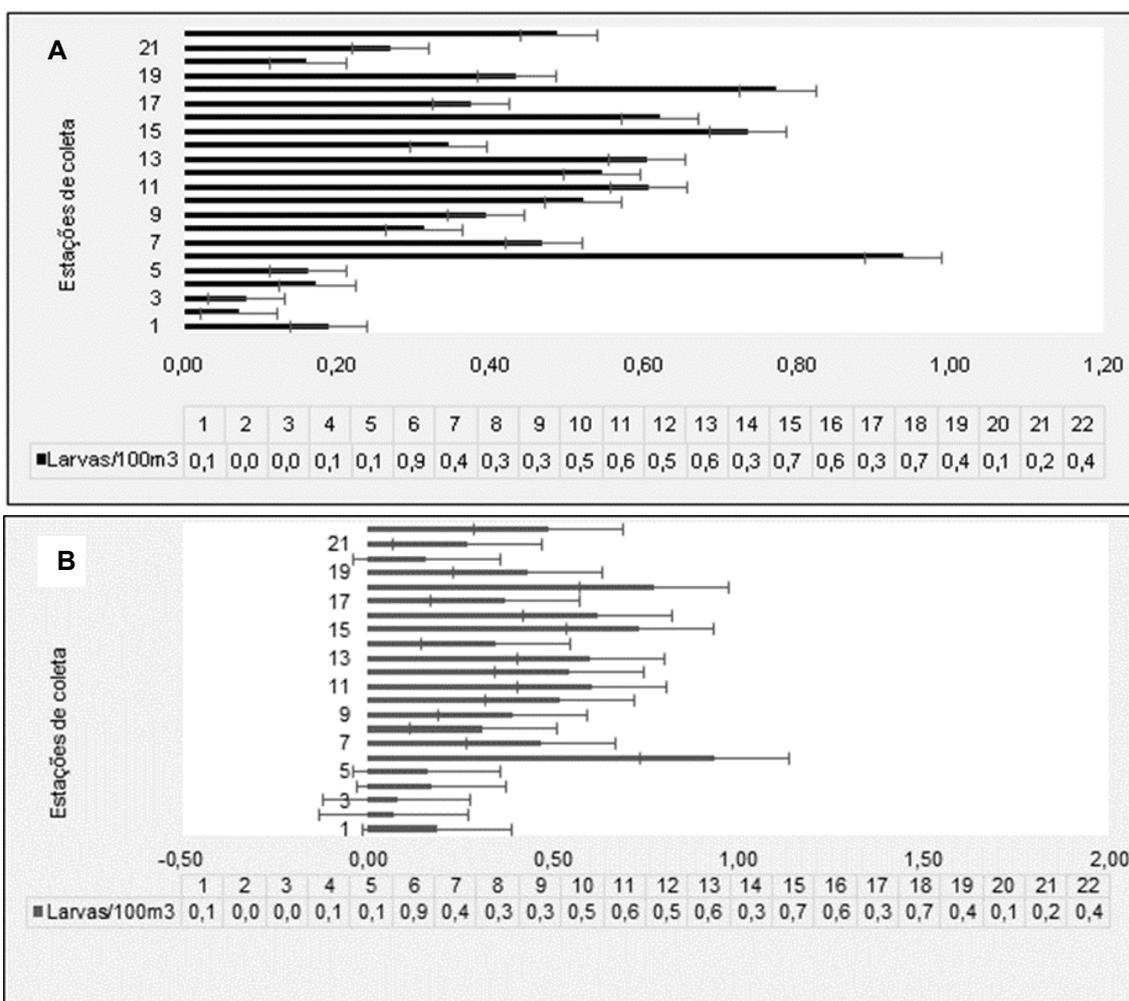
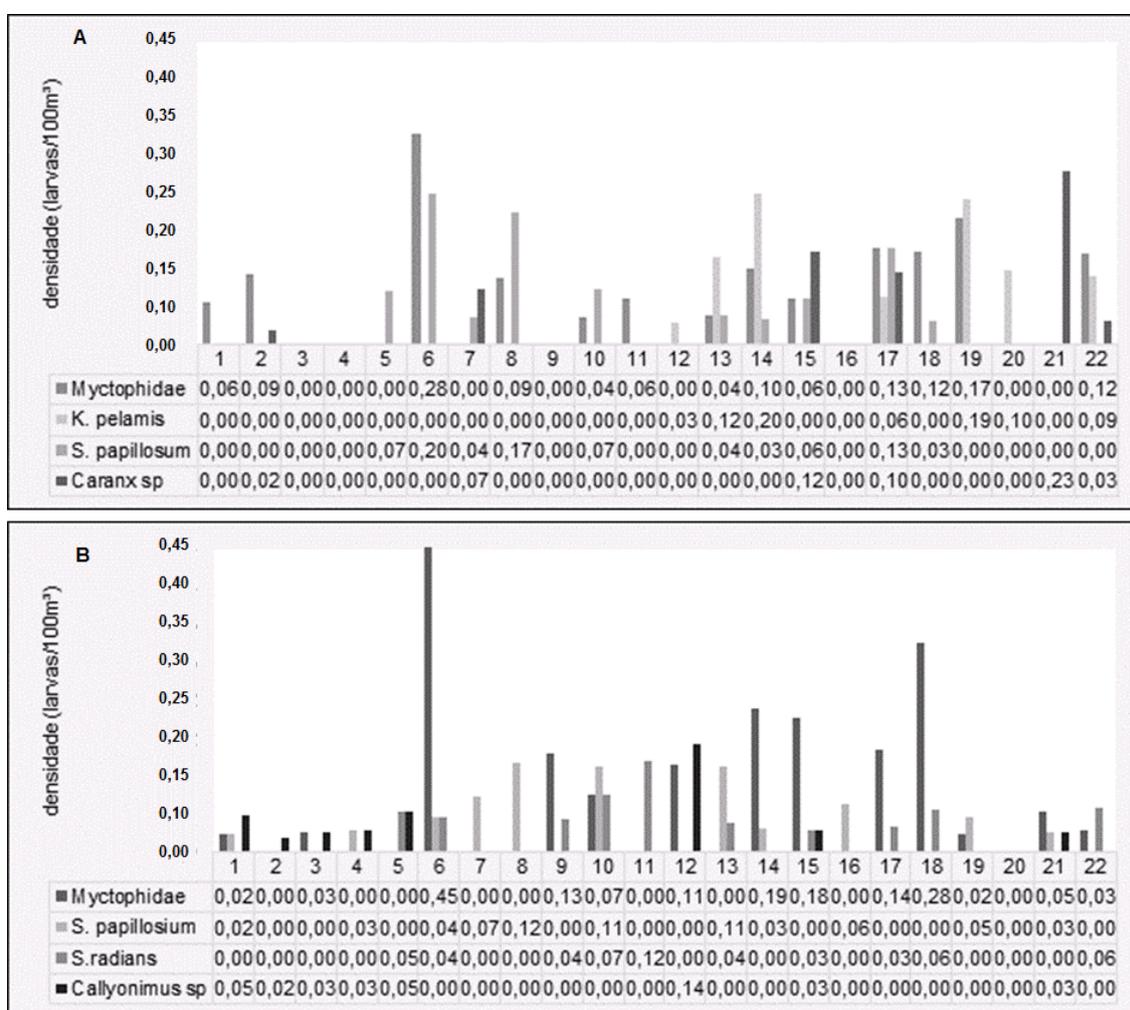


FIGURA II.6.2.9.13– Variação na densidade de larvas de peixes (média ± desvio padrão) registradas com rede malhas 330µm (A) e 500µm (B) no *Baseline* Barreirinhas. Fonte: BG/AECOM (2015).

Os valores de densidade registrados para as espécies: Myctophidae, *K. pelamis*, *S. papillosum* e *Caranx sp* que foram mais abundantes nas amostragens com a rede de malha de 330 µm variaram de 0,0 a 0,2 larvas.100m<sup>-3</sup>. Com relação às amostragens com a rede de malha de 500 µm os valores de densidade registrados para Myctophidae que foi mais abundante variaram de 0,0 a 0,4 larvas.100m<sup>-3</sup>. Para *S.papillosum*, *S. radians* e *Callyonimus sp* a variação nos valores de densidade foi de 0,0 a 0,1 larvas.100m<sup>-3</sup> (Figura II.6.2.9.14) (BG/AECOM, 2015).

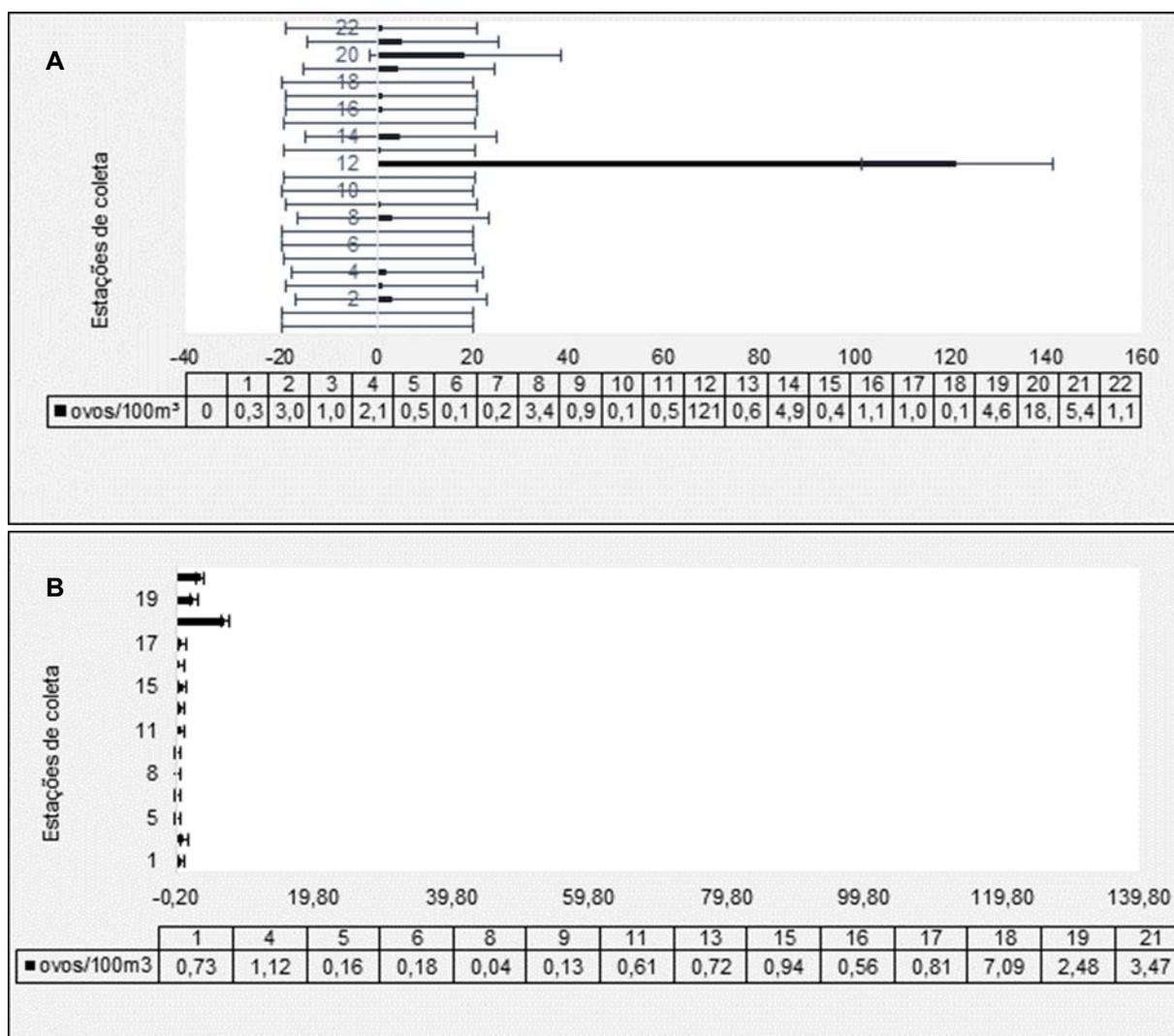
Segundo REVIZEE (2006), as densidades de larvas de peixes são relativamente baixas (< 80 ind.m<sup>-3</sup>), na região entre as Reentrâncias Maranhenses e a foz do rio Parnaíba, com os máximos sendo observados na região nerítica.



**FIGURA II.6.2.9.14 – Variação na densidade de larvas de peixes (larvas.100m<sup>-3</sup>) registradas com rede de malhas 330µm (A) e 500µm (B) no *Baseline* Barreirinhas. Fonte: BG/AECOM (2015).**

No *Baseline* Barreirinhas, o maior valor de densidade de ovos foi igual a 121,3 ovos.100 m<sup>-3</sup> na malha de 330 µm, e o menor valor igual a 0,15 ovos.100 m<sup>-3</sup>. Quanto ao valor de densidade registrado nas amostras coletadas com a rede de malha 500 µm, o maior valor equivaleu a 7,09 ovos.100 m<sup>-3</sup> e o menor a 0,04 ovos.100 m<sup>-3</sup>. Ressalta-se que nas amostras com rede de malha de 500 µm foi registrado ocorrência de ovos em somente 14 das 22 estações. Nas demais estações não houve registro de ovos (**Figura II.6.2.9.15**) BG/AECOM (2015).

De acordo com REVIZEE (2006), as maiores densidades de ovos se concentram nas águas mais costeiras (máx. de 6.442 ind.m<sup>-3</sup>). As famílias Carangidae, Myctophidae e Gobiidae são os representantes mais frequentes encontrados na maioria das amostras.

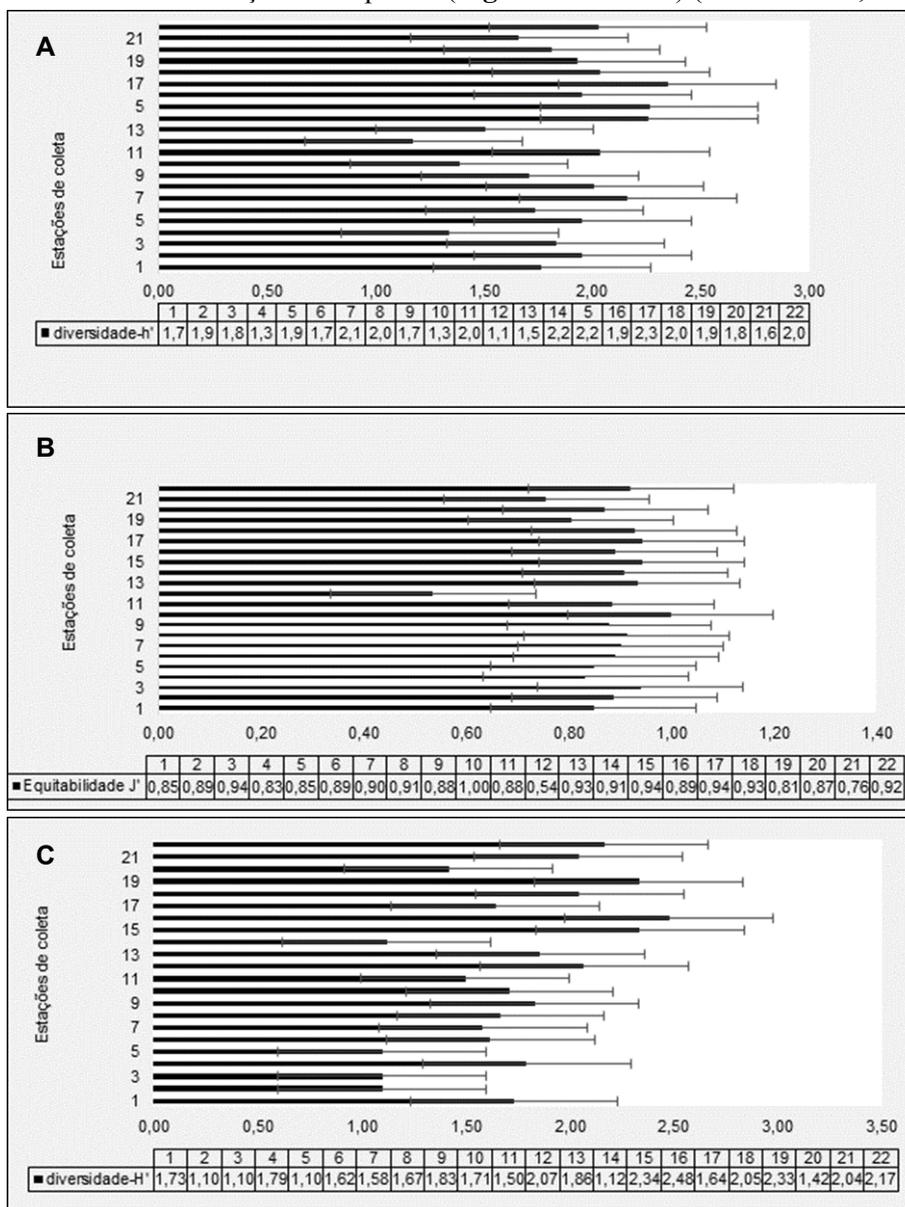


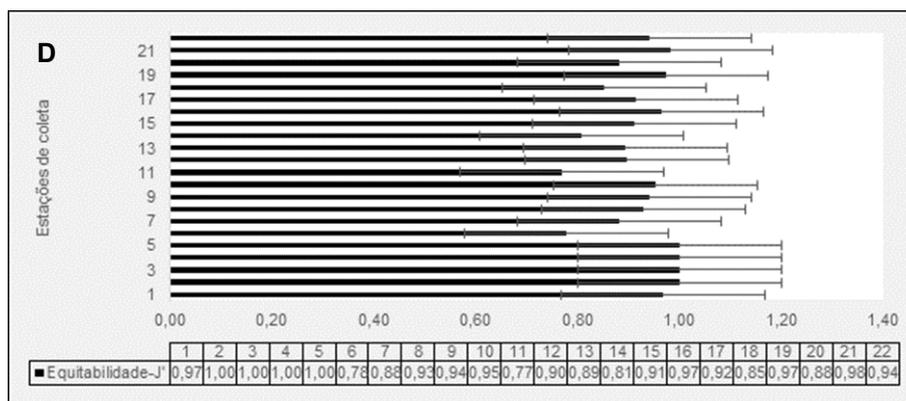
**FIGURA II.6.2.9.15 – Variação da densidade de ovos de peixes (média ± desvio padrão) registrada com rede malha 500 µm no *Baseline* Barreirinhas. Fonte: BG/AECOM (2015).**

## Índices Ecológicos

No *Baseline* Barreirinhas, os dados da rede de malha 330  $\mu\text{m}$  mostraram maiores índices de diversidade maiores que 1  $\text{bits}\cdot\text{ind}^{-1}$ , com valor máximo de 2,35  $\text{bits}\cdot\text{ind}^{-1}$ , considerado médio de acordo com a classificação de Valentin *et al.* (1991). Quanto ao índice de equitabilidade os valores pouco diferiram, com valor máximo igual a 1 revelando a homogeneidade da comunidade (**Figura II.6.2.9.16**) (BG/AECOM, 2015).

Para a malha de 500  $\mu\text{m}$ , o *Baseline* Barreirinhas também apresentou índices de diversidade maiores que 1  $\text{bits}\cdot\text{ind}^{-1}$ , com valor máximo de 2,48  $\text{bits}\cdot\text{ind}^{-1}$  (médio segundo Valentin *et al.*, 1991). Quanto à equitabilidade, os maiores valores foram iguais a 1. Quanto ao índice de riqueza de espécies nas estações amostradas com rede de malha de 330  $\mu\text{m}$  e com a de 500  $\mu\text{m}$  foram semelhantes. Este índice mostrou uma contribuição satisfatória na distribuição das espécies (**Figura II.6.2.9.16**) (BG/AECOM, 2015).





**FIGURA II.6.2.9.16 – Variação da diversidade de Shannon (média ± desvio padrão) e equitabilidade de Pielou (média ± desvio padrão) das larvas de peixes coletadas com rede de malha de 330µm (A e B) 500µm (C e D) nas estações de 1 a 22 na Bacia de Barreirinhas, 2014.**

### E) Meroplâncton

Os organismos do zooplâncton podem ser divididos em holoplâncton, que são permanentemente planctônicos, e em meroplâncton, que passam somente uma parte da vida no plâncton (MORRISSEY & SUMICH, 2012). Como exemplos de meroplâncton podem ser citados os ovos e/ou as fases larvais de esponjas marinhas, corais, moluscos, caranguejos, camarões, lagostas e peixes (SILVA & CABRAL, 2010, BRANDINI *et al.*,1997). De acordo com Magris *et al.* (2005), o meroplâncton participa com uma parcela importante da biomassa nos ambientes estuarinos em determinados períodos do ano. Segundo estes autores a comunidade meroplancônica é constituída por larvas de espécies neríticas e costeiras.

A identificação e descrição das espécies de larvas do zoo e ictioplâncton foi realizada nos itens acima (C e D). Neste item é abordada a identificação das espécies de crustáceos, moluscos e peixes de interesse econômico, raras, endêmicas e ameaçadas de extinção, além da verificação nas listagens oficiais em atendimento ao TR CGPEG/DILIC/IBAMA nº 8/2014 (portarias do IBAMA nº 1522/89, 45/92, IN IBAMA nº 03/03, IN MMA nº 05/04, MMA nº52/2005, lista IUCN 2014.3 e anexos da lista CITES). Salienta-se que a comparação com as portarias do IBAMA nº 62/97 e 37-N /92 não são pertinentes por trataram de espécies de morcego/aves e flora terrestre, respectivamente.

Dentre as espécies do zooplâncton (malha de 200 µm) do *Baseline* Barreirinhas nenhuma é indicada nas listagens oficiais. Para as espécies do ictioplâncton (malhas de 330 e 500 µm), nenhuma espécie consta nas listagens oficiais supracitadas, mas algumas aparecem como “menor preocupação” (do inglês *least concern*) na lista IUCN 2014.3 (*Acanthurus bahianus*, *Caranx crysos*, *Neoconger vermiformis*, *Sparisoma radians*, *Auxis rochei*, *Sphoeroides maculatus* e *Colomesus psittacus*) e a espécie *Epinephelus striatus* é apontada como “ameaçada” nesta lista (do inglês *endangered*) (BG/AECOM, 2015).

Em relação ao interesse econômico, dentre as espécies de moluscos, crustáceos e peixes levantadas para a área de estudo (vide item II.6.2.2 – Recursos Pesqueiros), citam-se os taxa *Epinephelus* sp. (garoupa) e *Caranx crysos* (garajuba) que foram identificados no meroplâncton do *Baseline* Barreirinhas (BG/AECOM, 2015). As características ecológicas desses taxa pode ser visualizada no referido item.

## 5. Áreas Prioritárias para a Conservação

No relatório técnico do Ministério do Meio Ambiente (MMA) sobre “Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeiras e marinhas” (MMA, 2002) e na sua atualização (MMA, 2007) foram definidas áreas prioritárias para a conservação de diversos organismos no Brasil.

A área prioritária do plâncton é citada apenas em MMA (2002) e, por conservadorismo, optou-se por apresentar a área deste documento (Parcel Manuel Luís), mesmo não sendo o mais atualizado e apontar que a importância biológica da área é insuficientemente conhecida. Contudo, as descrições da importância, prioridade e característica são apresentadas em MMA (2007). Logo, a **Tabela II.6.2.9.9** apresenta as descrições segundo MMA (2007), enquanto que a **Figura II.6.2.9.17** apresenta a delimitação da área prioritária de ambos os documentos.

**TABELA II.6.2.9.9 – Área prioritária para conservação de plâncton presente na áreas costeiras e marinhas da região de estudo e seu entorno. Fonte: MMA (2007).**

Nome	Importância/Prioridade	Característica
Zm104 (Manuel Luís)	Extremamente Alta/ Extremamente Alta	Banco de recife de coral importante por seu endemismo. Limite extremo de ocorrência de recifes de coral no Brasil. Alta biodiversidade. Bancos de algas calcárias.

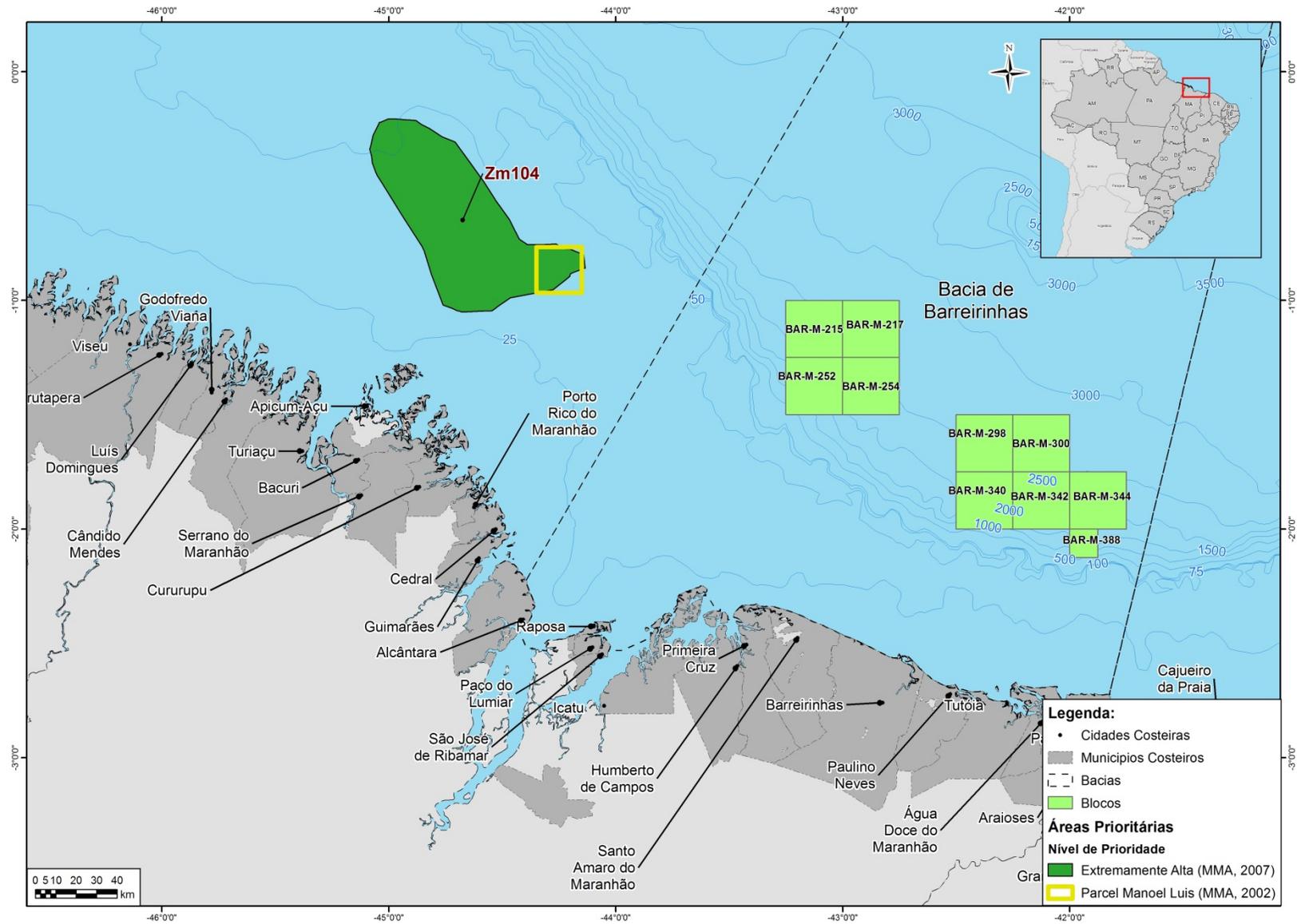


FIGURA II.6.2.9.17 – Áreas prioritárias para a conservação de plâncton na região de estudo (MMA, 2002; 2007).

## 6. Considerações Finais

A comunidade planctônica da área de estudo foi caracterizada a partir dos resultados da campanha *Baseline* (blocos BAR-M-344, BAR-M-388, BAR-M-342, BAR-M-340 e BAR-M-252), tornando o diagnóstico rico e robusto, uma vez que os dados pretéritos do Norte do país são escassos e muitas vezes com caráter regional.

Na comunidade fitoplanctônica, as diatomáceas foram as mais representativas dentro do microfitoplâncton, mantendo os mesmos padrões verificados em regiões oceânicas. Quanto às células do pico- e nanoplâncton, representadas pelo bacterioplâncton, houve um predomínio das células autotróficas em relação às heterotróficas, sendo dominante em todas as estações de coleta *Prochlorococcus* sp., resultado também esperado para águas oligotróficas.

O macrozooplâncton foi caracterizado pelo predomínio de espécies holoplanctônicas, sendo Copepoda o grupo mais diverso e abundante e indicador de águas oceânicas oligotróficas, beneficiados pela Corrente Norte do Brasil. As larvas do ictioplâncton estiveram bem representadas pelo grupo Myctophidae, cuja distribuição é influenciada pelas massas de águas tropicais. As larvas estiveram compostas principalmente por organismos pelágicos e demersais de plataforma, mas também por peixes mesopelágicos.

Nenhuma espécie do zooplâncton foi identificada nas listagens oficiais pertinentes (portarias do IBAMA nº 1522/89, 45/92, IN IBAMA nº 03/03, IN MMA nº 05/04, MMA nº 52/2005, lista IUCN 2014.3 e anexos da lista CITES) para avaliação das existências raras, endêmicas e/ou ameaçadas de extinção. Quanto ao ictioplâncton, algumas espécies do meroplâncton apareceram apenas na lista IUCN 2014.3: taxa *Acanthurus bahianus*, *Caranx crysos*, *Neoconger vermiformis*, *Sparisoma radians*, *Auxis rochei*, *Sphoeroides maculatus* e *Colomesus psittacus* como “menor preocupação” e espécie *Epinephelus striatus* como “ameaçada”. Quanto ao interesse econômico, os taxa *Epinephelus* sp. (garoupa) e *Caranx crysos* (garajuba) foram identificados no ictio/meroplâncton.

Por fim, foi identificada uma área prioritária para conservação do plâncton no documento MMA (2002), o Parcel Manuel Luís, mas em MMA (2007) não há definição de área prioritária para este grupo no Parcel ou outra região na área de estudo. Assim, optou-se conservativamente por considerar ambas as áreas do Parcel Manuel Luís como prioritárias para a conservação dos organismos do plâncton.

## **MAPA II.6.2.9.1**

# **Mapa de Localização das Estações de Coleta de Plâncton**