



MESOOZOOPLÂNCTON E MASSAS D'ÁGUA NA BAÍA DE GUANABARA: DEZ ANOS DE MONITORAMENTO

Jean Louis Valentin^{1*}, Giovanna Venâncio Gouvêa¹ & Cláudio Leandro Gomes¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha, Av. Carlos Chagas Filho, 373, Cidade universitária, Ilha do Fundão, CEP: 21941-902, Rio de Janeiro, Brasil.

E-mail: jeanlv@globo.com (*autor correspondente); gi.ovanna@yahoo.com.br; sumogomes@yahoo.com.br

Resumo: O presente trabalho é fruto de pesquisas desenvolvidas no âmbito do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – PELD/ CNPq, sobre o mesozooplâncton da Baía de Guanabara. A Baía de Guanabara é um dos ecossistemas mais eutrofizados e poluídos do mundo. Sua estrutura hidrológica é peculiar devido à uma dupla estratificação da sua coluna d'água: térmica, decorrente da entrada da Água Central do Atlântico Sul no fundo, e halina, com baixa salinidade na superfície devido ao efluente continental. Apesar de uma grande disponibilidade em biomassa primária, observa-se uma degradação das comunidades mesozooplanctônicas nas áreas mais internas. Constitui o objetivo principal desse estudo, analisar a composição e abundância dos principais elementos de mesozooplâncton da baía ao longo de uma década. Nos formulamos a hipótese de um efeito das mudanças hidrológicas, reveladoras das condições climáticas globais, sobre as comunidades mesozooplanctônicas. As coletas foram efetuadas durante 10 anos, 2 a 3 vezes ao mês, com rede de 200 µm de abertura de malha em arrastos verticais numa estação fixa. O mesozooplâncton foi dominado pelos copepodos *Acartia tonsa*, *Paracalanus* spp, *Temora turbinata*, *Oncea venusta* e *Oithona hebes*, seguido de Appendicularia, Chaetognatha e Cladocera. As flutuações de densidade e de composição são essencialmente decorrentes da influência sazonal e da estratificação da coluna d'água causada por mudanças de massas d'água. A ausência de variação interanual da densidade do mesozooplâncton pode ser explicada pela insuficiência da série temporal e/ou pela eficiência, mesmo que parcial, do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara do Governo do Estado de Rio de Janeiro. Prosseguir com o monitoramento de longo prazo é essencial para poder detectar eventual alteração na densidade e composição das comunidades mesozooplanctônicas da baía.

Palavras chaves: zooplâncton; distribuição temporal, estrutura hidrológica, baía tropical eutrofizada, PELD

MESOOZOOPLANKTON AND WATER MASSES IN THE GUANABARA BAY: TEN YEARS MONITORING. This work was made from the Long Term Ecological Research program -LTER /CNPq, on the mesozooplankton of the Guanabara Bay. Guanabara Bay is one of the most eutrophicated and polluted ecosystem in the world. Its hydrological structure is singular due to a double stratification of its water column: thermal, due to an input of cold water on the bottom from the South Atlantic Central Water, and haline, with low salinity at the surface due to continental flow. In spite of high primary biomass availability, we observed a decay of mesozooplankton community at inner areas of the bay. The main objective of this study is to analyze composition and abundance of the main mesozooplanktonic organisms throughout a ten years monitoring. We hypothesized that there is an effect of hydrological changes on mesozooplankton community due to climate change. Sampling was made 2-3 times per month during 10 years, with a plankton net (mesh size 200 µm) hauled vertically at a fixed station. The mesozooplankton was dominated by the copepods *Acartia*

tonsa, *Paracalanus* spp, *Temora turbinata*, *Oncea venusta*, *Oithona hebes*, followed by the Appendicularian, Chaetognatha and Cladocera. Variations were due to seasonal influence and stratification of the water column caused by changes in water masses. The reason of undetected long-term variation of the mesozooplankton at Guanabara Bay could be due to insufficient sampling time or/and the partially effective efficiency of the Program for Remediation of Guanabara Bay implemented by the government of Rio de Janeiro State. The continuity of the long-term monitoring is needed to show changes of the density and composition of mesozooplankton at the Guanabara Bay.

Keywords: Zooplankton; time distribution, hydrological structure; tropical eutrophic bay, LTER

INTRODUÇÃO

Os organismos do plâncton heterotrófico de tamanho compreendido entre 200 e 2000µm, chamados de mesozooplâncton, representam um compartimento importante para o funcionamento da rede trófica pelágica. Pela sua abundância e diversidade eles constituem o principal elo de transferência da matéria e energia entre os níveis tróficos superiores que incluem a maioria dos recursos vivos de interesse econômico e a alça microbiana que sustenta a cadeia alimentar dos metazoários em ecossistemas aquáticos (Pomeroy 1974, Azam *et al.* 1983)

Esse papel do mesozooplâncton é ainda mais relevante em áreas costeiras, estuários e baías de regiões tropicais em razão da maior complexidade da rede trófica desses ambientes onde dominam os elementos da alça microbiana, bacterioplâncton, flagelados e ciliados. Nesses ambientes, geralmente sujeitos a forte impacto antrópico, soma-se a influência das mudanças climáticas globais que imprimem importantes variações nas condições meteorológicas (precipitações) e conseqüentemente nas características hidrológicas locais (Godhantaraman 2013)

Somente um monitoramento por série temporal longa da comunidade planctônica e das variáveis abióticas permitirá a detecção de eventual tendência evolutiva da composição e abundância das populações planctônicas. Exemplos de estudos do mesozooplâncton baseados em série temporal longa são numerosos na literatura e nas diversas regiões climáticas do globo, sejam frias e temperado-frias, tal como no Mar Báltico (Möllmann *et al.* 2000), temperadas (no Mar Mediterrâneo, Berline *et al.* 2012, Mazzocchi *et al.* 2012, na Chesapeake Bay, Kimmel & Roman 2004, na Bay of Biscay, Bod *et al.* 2012) ou tropicais e subtropicais (no Golfe de Guiné, Wiafe *et al.* 2008, na

costa do Chile, Escribano *et al.* 2012, na lagoa dos Patos, Brasil, Teixeira-Amaral *et al.* 2017).

É neste contexto que se situa a Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, que se transformou ao longo das décadas em um dos ecossistemas mais eutrofizados e poluídos do mundo, com elevada biomassa primária e desenvolvimento de populações fitoplanctônicas característicos desses ambientes (Mayr *et al.* 1989, Villac & Tenenbaum 2010, Odebrecht *et al.* 2018).

Apesar de essa grande disponibilidade em biomassa primária, observa-se uma nítida degradação das comunidades mesozooplanctônicas nas áreas mais internas, com diminuição da diversidade específica concomitante à exclusão de grupos inteiros, e o decréscimo da densidade da maioria dos organismos (Valentin *et al.* 1999a, 1999b). Uma explicação pode ser encontrada nas relações tróficas da cadeia alimentar planctônica da baía. Um estudo recente sobre a trofodinâmica do plâncton na Baía de Guanabara (Leles *et al.* 2017) revela a dependência alimentar dos copépodes de maior porte sobre a disponibilidade do microplâncton, enquanto que o tamanho do nanoplâncton, dominante nas águas mais internas, não é considerado adequado para os filtradores do mesozooplâncton.

São relativamente antigas e numerosas as pesquisas realizadas sobre o zooplâncton da Baía de Guanabara. Somente nos últimos vinte anos, estudos mais específicos foram realizados sobre determinados grupos, em especial os quetognatos (Marazzo & Nogueira 1996), os cladóceros (Marazzo & Valentin 2000a, 2000b, 2003a, 2003b, Valentin & Marazzo 2003), as larvas de Decapoda (Fernandes *et al.* 2002), o ictioplâncton (Castro *et al.* 2005) e o bacterioplâncton (Gregoracci *et al.* 2012, Guenther *et al.* 2012).

Além do fator antrópico, a Baía de Guanabara se caracteriza pela sua estrutura hidrológica peculiar, com uma dupla estratificação da sua coluna d'água: halina, com baixa salinidade na superfície devido ao efluente continental durante os períodos de intensas precipitações, e térmica, decorrente da entrada da Água Central do Atlântico Sul, oriunda da ressurgência de Cabo Frio e transportadas pelas correntes de maré principalmente em período de sizígia (amplitude 1,4 m).

Assim, constitui o objetivo principal desse estudo, analisar a composição e abundância dos principais elementos de mesozooplâncton da Baía de Guanabara ao longo de uma década, formulando a hipótese de um efeito das mudanças hidrológicas, ou seja da variação em frequência e intensidade da ocorrência de águas distintas, continentais e

oceânicas, reveladoras das condições climáticas globais, sobre as variações sazonal e interanual desse importante compartimento da rede trófica planctônica da baía.

MÉTODOS

As coletas de mesozooplâncton foram efetuadas durante 10 anos (de 23/8/2003 até 30/11/2013) com rede de 200 μm de abertura de malha, equipada de um fluxometro calibrado da *General Oceanics*, (Modelo 2030 Series Mechanical Flowmeters), em arrastos verticais entre o fundo (20 m) e a superfície na estação fixa situada no canal central da baía ($22^{\circ}54'04''\text{S}$, $43^{\circ}08'53''\text{W}$, Figure 1), onde ocorrem as trocas de água com o oceano. Esse ponto de coleta foi escolhido por fornecer, a



Figura 1. Localização da estação de coleta na Baía de Guanabara (*)

Figure 1. Study area and sampling station at the Guanabara Bay (*)

menor custo, um máximo de informações sobre as comunidades mesozooplânctônicas e das suas alterações em função do tempo e da ocorrência de água de origem distinta. A frequência foi de 2 a 3 amostragens por mês, resultando num total de 409 amostras coletadas e um volume de água filtrada médio de 4,5 m³. As amostras foram fixadas em formaldeído 4 % tamponado com tetraborato de sódio. Temperatura e salinidade foram medidas na coluna d'água com o auxílio de um termo-salinômetro (Hanna HI 9828). No laboratório, os copépodes foram contados e identificados até a espécie e os outros zooplânctons computados por grandes grupos. Em amostras com abundância excessiva as contagens foram efetuadas após sub-amostragem com fracionador Folsom (Sell & Evans 1982). As densidades de organismos são expressas em número de indivíduos por m³ de água filtrada. A tendência temporal da densidade dos principais organismos foi avaliada levando em conta os picos extremos de densidade (*outliers*). A variação interanual foi estimada a partir da correlação linear

de Pearson entre os valores máximos e o tempo. Para a análise do efeito sazonal, a mediana, os segundo e terceiro quartil e os valores extremos (*outliers*) foram calculados para cada mês do ano, considerando a totalidade do período de 10 anos. O número *n* de dados em cada mês variou entre 26 e 41. É considerado *outlier*, dado superior a 1,5 vezes o intervalo entre o segundo e o terceiro quartil da distribuição, critério definido pelo Programa STATISTICA v. 7, STATSOFT (2005).

RESULTADOS

As condições termo-halinas das águas da Baía de Guanabara são extremamente variáveis, próprias a todo sistema estuarino. O ponto de coletas do canal central revela diversas parcelas de água com características diferentes identificadas no diagrama TS (Figura 2): águas de temperatura elevada (20 – 28 °C) e baixa salinidade (29-32) que correspondem às águas mais internas da baía sob influência continental (BG). São águas essencialmente

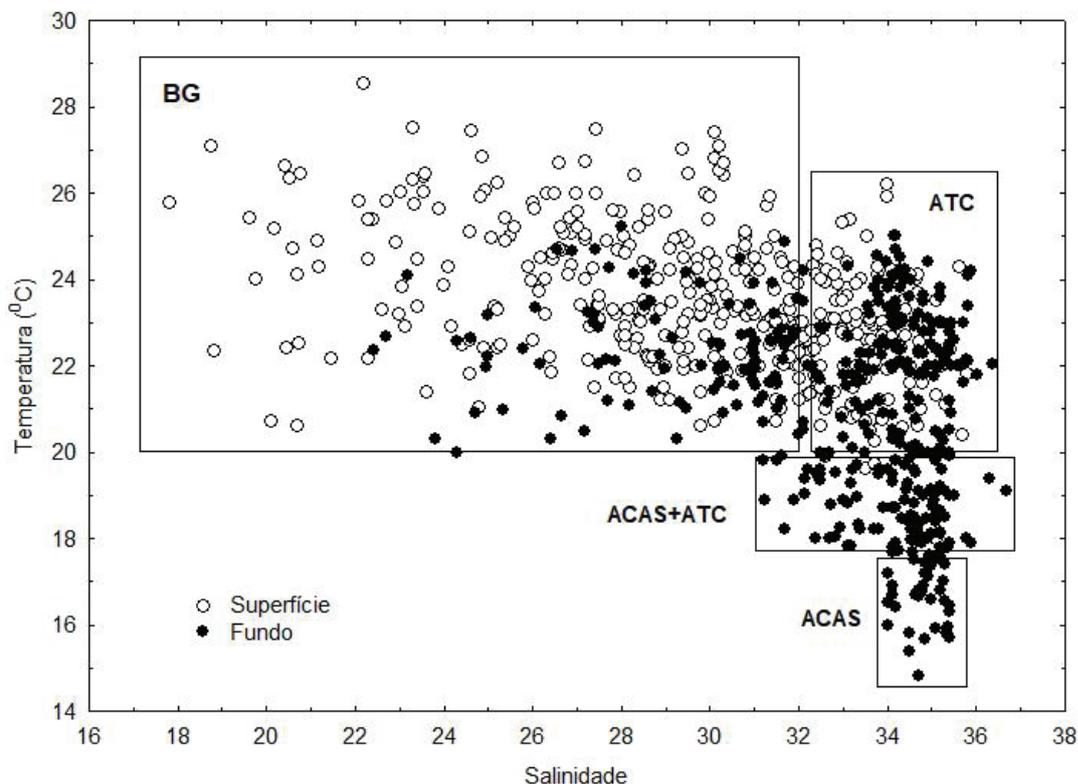


Figura 2. Diagrama TS das massas d'água na estação de coleta. Foram identificadas a Água Central do Atlântico Sul (ACAS); a Água Tropical Costeira (ATC) e a Água típica da Baía de Guanabara (BG)

Figure 2. TS diagram of the water masses at the sampling station. The occurrences of the South Atlantic Central Water (ACAS), tropical coastal water (ATC) and water from Guanabara Bay (BG) are indicated. Black circles= bottom, open circles=surface.

superficiais, embora podendo ocupar toda a coluna em ocasiões de homogeneidade e mistura termohalina. Nessa mesma faixa de temperatura (20-28 °C) mas com salinidade maior (32-36,5) ocorre a Água Tropical Costeira (ATC), enquanto que as salinidades entre 34 e 36 e as temperaturas abaixo de 18 °C revelam, junto ao fundo, a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), oriunda da ressurgência de Cabo Frio. Com temperatura entre 18 e 20 °C e salinidade > 32, temos uma situação de mistura entre ATC e ACAS, condições propícias ao aumento da produção pelágica.

A forte variabilidade das características termohalinas da Baía de Guanabara no ponto de coleta se mantem ao longo dos dez anos de medidas, destacando-se os efeitos sazonais e interanuais. Das 409 medidas de temperatura na superfície cerca de 80 % encontram-se na faixa de 20 a 26 °C (média 23,4 °C), alcançando máximo de 28,5 °C e mínimo de 19,6 °C. Em profundidade a variabilidade é ainda mais pronunciada, principalmente no verão, com média 20,9 °C, máxima 25,2 °C, e mínima 14,8 °C. Notamos que cerca de 10 % das temperaturas do fundo tem valores inferiores a 18 °C, identificando a presença da ACAS (Figura 3B). A variação sazonal da temperatura apresenta um padrão inverso

entre a superfície e o fundo da estação. De fato, a temperatura média na superfície é superior a 24 °C nos meses de primavera-verão, inferior a 23 °C nos demais meses, enquanto que no fundo o padrão é inverso ($T < 21.8$ °C na primavera-verão, > 21 °C o resto do ano), imprimindo uma forte estratificação térmica na coluna d'água com diferença de 6 °C entre a superfície e o fundo (Figura 4B).

As variações de salinidade seguem um padrão inverso ao da temperatura. As águas de superfície são sempre de menor salinidade e elevada variância (média 29, máx. 35,8, min. 17,8). No fundo, a salinidade média é maior que na superfície (32,6). Observamos, entretanto, ocorrência de alguns valores baixos (< 30 , mínimo 22,4) (Figura 3A). Novamente o fator sazonal é preponderante com forte estratificação halina da coluna nos meses de novembro a março (diferença de 7 a 8 entre a superfície e o fundo) (Figura 4A).

Quanto aos copépodes, eles são presentes em todas as 409 amostras (Tabela 1). Com densidade média de cerca de 9.900 ind.m⁻³, máxima de 65.000 ind.m⁻³, eles são dominantes na maioria das amostras contribuindo em média a 67 % da densidade total do mesozoplâncton (máximo de 98 %). Trinta espécies foram identificadas, as

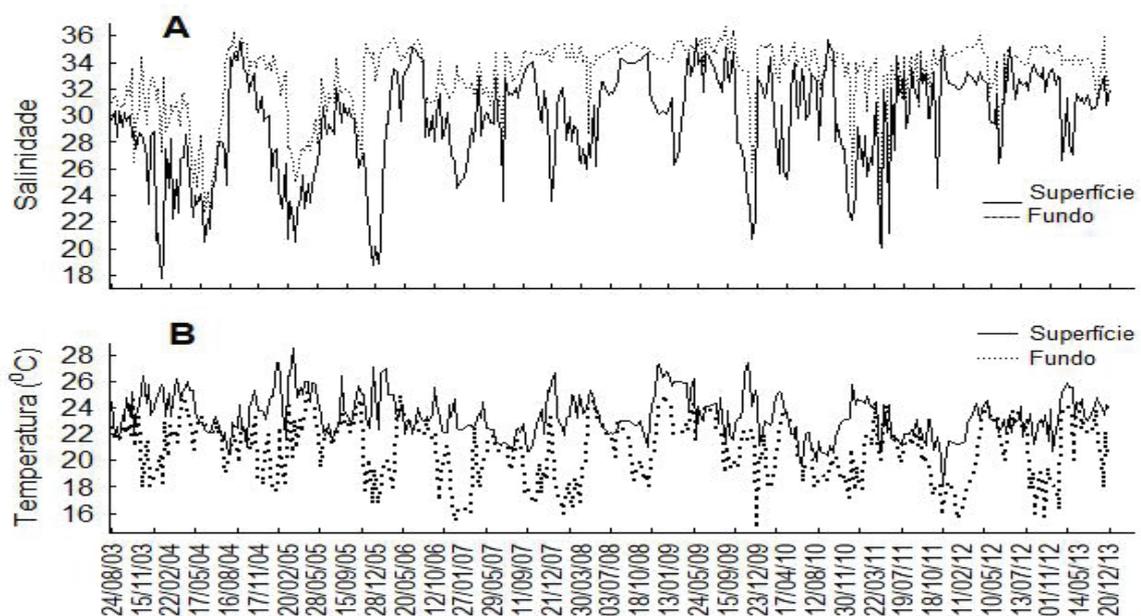


Figura 3. Variação interanual da salinidade (A) e temperatura (B) na superfície e no fundo da estação de coleta durante os 10 anos de amostragem na Baía de Guanabara.

Figure 3. Interannual variation of salinity (A) and temperature (B) at the surface (black line) and near the bottom (dashed line) at the sampling station during the 10 years sampling at the Guanabara Bay.

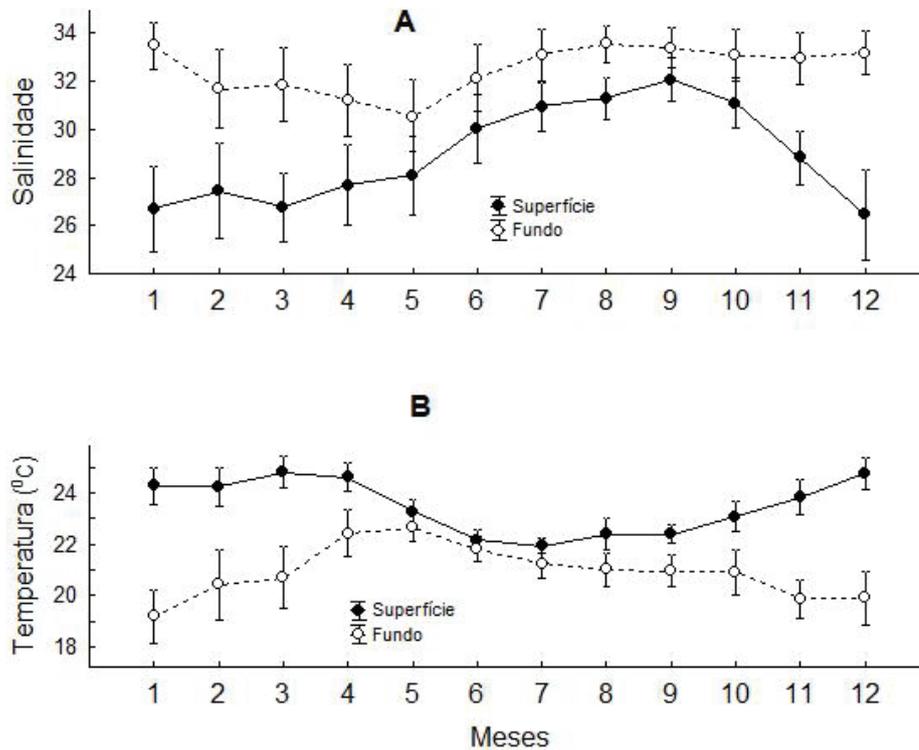


Figura 4. Variação mensal da salinidade (A) e temperatura (B) na superfície e no fundo da estação de coleta (média \pm erro padrão) durante os 10 anos de amostragem na Baía de Guanabara.

Figure 4. Monthly variation of salinity (A) and temperature (B) at the surface (black line) and near the bottom (dashed line) at the sampling station (mean \pm standard error) during the 10 years sampling at the Guanabara Bay.

quais são essencialmente *Acartia tonsa* (média 32,4%, máx. 42%) e *Paracalanus* sp (*P. parvus* + *P. quasimodo*) (média 33,6%, máx. 54,5%), além de *Temora turbinata* (média 17,3% , máx. 83%), *Oithona hebes* (média 7,9%, máx. 63,2%) e *Oncea venusta* (média 5,8%, máx. 58,6%) .

As demais espécies ocorrem em menos de 50% das amostras com contribuição média inferior a 1% da densidade total, mas podendo em determinados momentos alcançar uma contribuição máxima relevante: *Calanopia americana* (17,5%), *Temora stylifera* (15%), *Acartia (Odontacartia) lilljeborgi* (14,3%), *Ctenocalanus citer* (10,8%), *Subeucalanus pileatus* (10,7%), *Microsetella rosea* (10,2%), *Labidocera fluviatilis* (10,2%), *Corycaeus (Onchocorycaeus) giesbrechti* (9%) e *Oitona plumifera* (8,8%). Observamos, além disso, a ocorrência de *Calanoides carinatus*, de baixa participação em termo de densidade (máx. 4,5%) (Tabela 2).

Os Appendicularia constituem o segundo grupo de maior contribuição à densidade total

do mesozooplâncton (97% das amostras). Com densidade média de 2.790 ind.m⁻³, máxima de 24.000 ind.m⁻³, este táxon representa cerca de 21% da densidade total, podendo, porém, alcançar densidade superior à dos copépodes. Foi o caso das amostras de maio-junho 2012 com valores entre 46-70% da densidade total e maio de 2009 (75-78%) (Tabela 1).

Cladocera, dominado pela espécie *Penilia avirostris* (90%) ocorre em 55% das amostras (Tabela 1). Geralmente em baixa densidade (média 173 ind.m⁻³), o grupo se caracteriza por intensos e repentinos aumentos da densidade em determinadas épocas, geralmente de dezembro a março, onde as densidades podem alcançar 5.800 ind.m⁻³.

Embora o método de coleta não seja o mais adequado para a amostragem do ictioplâncton, verificamos que esse grupo tem densidade expressiva no canal central da baía (média 271 ind.m⁻³, máx. 17.283 ind.m⁻³), participando de 2 a 40 % da densidade total (Tabela 1).

Tabela 1. Principais grupos mesozooplânctônicos: densidades média, mediana e máxima, frequência de ocorrência (Freq %) e contribuições média e máxima à densidade total do mesozooplâncton (em %) (N = 409 amostras) durante os 10 anos de amostragem na Baía de Guanabara. (*) sub-estimado por razão metodológica.

Table 1. Main mesozooplankton groups: mean, median and maximum density, frequency (Freq %) and mean and maximum contribution (%) to the total density (N = 409 samples) during the 10 years sampling at the Guanabara Bay. (*) sub estimated for methodological reasons.

	Densidade (ind.m ⁻³)			Freq %	% densidade total	
	Média	Mediana	Max		Média	Max
Copepoda	9962	7603	65610	100	69,31	98,25
Amphipoda	7	0	1794	15	0,05	6,45
Appendicularia	2791	1759	24194	97	19,42	77,54
Chaetognatha	156	97	1720	85	1,09	11,87
Cnidaria	200	102	2574	86	1,39	19,73
Ctenophora (*)	1	0	49	7	0,01	0,57
Ictioplâncton (*)	271	71	17283	75	1,88	39,92
Isopoda	1	0	81	4	0,00	0,29
Larvas de Decapoda	90	47	1539	82	0,63	10,50
Luciferidae	3	0	125	17	0,02	0,69
Mysidacea	145	9	3448	59	1,01	10,03
Polychaeta	24	0	1139	48	0,17	5,97
Doliolidae	4	0	243	10	0,03	1,50
Salpidae	2	0	140	8	0,02	1,72
Siphonophorae	15	0	517	24	0,10	3,76
Cladocera	173	5	6305	55	1,20	51,65
Ostracoda	0	0	7	0	0,00	0,03

É relevante observar a ocorrência dos elementos predadores do mesozooplâncton que participam episodicamente à rede trófica do sistema planctônico da baía. Destacamos Cnidaria com densidade média de 200 ind.m⁻³ (máx. 2.574 ind.m⁻³) representando em média 1,4% da densidade total (máx. 19,7%), Chaetognatha com densidade média de 156 ind.m⁻³ (máx. 1.720 ind.m⁻³) participando de 1 a 12% da densidade total e as larvas de Decapoda (média 90 ind.m⁻³; máx. 1.539 ind.m⁻³) correspondendo a menos de 1% da densidade total, podendo porem alcançar cerca de 11%. Outros grupos participam também da comunidade mesozooplânctônica na entrada da baía: Mysidacea (máx. 3.448 ind.m⁻³; 10% da densidade total), Polychaeta (máx. 1.139 ind.m⁻³; 6,0% de densidade total), Thaliacea (Salpida + Doliolida, máx. 380 ind.m⁻³; 3,3% da densidade total) (Tabela 1).

Há um padrão comum de variação temporal dos principais componentes do mesozooplâncton

da Baía de Guanabara ao longo dos 10 anos de amostragem. Entre 80 e 95% das densidades são inferiores ou iguais a 5.000 ind.m⁻³ (*Acartia tonsa*, *Paracalanus* sp, *Temora turbinata* e *Appendicularia*), a 2.000 ind.m⁻³ (*Oithona hebes* e *Oithona venusta*) ou a 200 ind.m⁻³ (*Chaetognatha*, *Cladocera* e demais organismos). A partir desse *background* de densidades, observa-se uma sucessão de picos máximos de curta duração que dá uma característica aparentemente aleatória á série temporal. Entretanto, analisando estatisticamente apenas as densidades superiores aos limites acima indicados, verificamos para alguns táxons uma correlação significativa com o tempo. Ela é positiva para os *Appendicularia* ($r = 0,360$, $p = 0,004$); a partir do ano 2009, os picos máximos passaram de um patamar inferior a 8.000 ind.m⁻³, para máximos superiores a 12.000 ind.m⁻³ (máx. 24.000 ind.m⁻³) no ano 2012. Ela é negativa para os copépodes *Temora turbinata* ($r = -0,520$, $p = 0,005$), as densidades máximas diminuindo de 15.000 ind.m⁻³ para 6.000 ind.m⁻³,

Tabela 2. Densidades (ind.m⁻³) média, mediana e máxima, frequência de ocorrência (Freq %) e contribuições média e máxima à densidade total dos copépodes (em %) (N = 409 amostras) durante os 10 anos de amostragem na Baía de Guanabara.

Table 2. Mean, median and maximum density, frequency (Freq %), and mean and maximum contribution (%) to the total density of copepods (N = 409 samples) during the 10 years sampling at the Guanabara Bay.

	Densidade (ind.m ⁻³)			Freq %	% copépodes	
	Média	Mediana	Máx.		Média	Máx.
<i>Acartia (Odontacartia) lilljeborgi</i>	41	0	2581	28	0,4	14,3
<i>Acartia tonsa</i>	3383	1780	34800	99	32,4	42,0
<i>Calanoides carinatus</i>	9	0	309	22	0,1	4,5
<i>Calanopia americana</i>	5	0	382	7	0,1	17,5
<i>Candacia armata</i>	0	0	29	1	0,0	0,1
<i>Centropages furcatus</i>	8	0	799	15	0,1	2,6
<i>Centropages gracilis</i>	0	0	30	3	0,0	0,4
<i>Clausocalanus furcatus</i>	7	0	832	10	0,0	3,5
<i>Clytemnestra rostrata</i>	2	0	103	9	0,0	1,1
<i>Corycaeus (Onchocorycaeus) giesbrechti</i>	37	0	913	40	0,4	9,0
<i>Corycaeus limbatus</i>	2	0	105	7	0,0	1,9
<i>Ctenocalanus citer</i>	45	0	2408	44	0,5	10,8
<i>Ctenocalanus vanus</i>	3	0	313	12	0,0	1,3
<i>Euterpina acutifrons</i>	7	0	308	18	0,1	2,9
<i>Hemicyclops tallassius</i>	16	0	1132	27	0,2	6,2
<i>Labidocera fluviatilis</i>	16	0	2732	9	0,1	10,2
<i>Megacalanus princeps</i>	1	0	181	5	0,0	4,1
<i>Microsetella gracilis</i>	0	0	6	0	0,0	0,4
<i>Microsetella norvegica</i>	0	0	12	0	0,0	0,2
<i>Microsetella rosea</i>	8	0	2524	1	0,0	10,2
<i>Oithona hebes</i>	625	214	12800	86	7,9	63,2
<i>Oithona oswaldocruzi</i>	3	0	215	9	0,0	1,2
<i>Oithona plumifera</i>	33	0	1036	45	0,4	8,8
<i>Oncaea venusta</i>	474	172	9799	86	5,8	58,6
<i>Paracalanus sp.</i>	3367	2040	42357	99	33,6	54,5
<i>Pseudodiaptomus acutus</i>	6	0	259	16	0,1	2,0
<i>Subeucalanus crassus</i>	1	0	82	5	0,0	1,6
<i>Subeucalanus pileatus</i>	36	0	2879	37	0,2	10,7
<i>Temora stylifera</i>	67	0	3017	38	0,5	15,0
<i>Temora turbinata</i>	1779	847	30537	96	17,3	83,0

e *Oithona hebes* ($r = -0,569$, $p = 0,007$) com valores passando de 7.000 ind.m⁻³ em 2005 para menos de 2.000 ind.m⁻³ no final do período de estudo. Nenhuma tendência significativa é porém verificada para os dois copépodes dominantes da baía, *Acartia tonsa* e *Paracalanus spp.*

Tal como observado para as condições termohalinas, o fator sazonal tem também efeito

sobre a densidade total do mesozooplâncton. É no período de outono-inverno que ocorrem as maiores densidades (> 6.000 ind.m⁻³). Entretanto, esse padrão de distribuição sazonal se manifesta diferentemente de acordo com a espécie ou grupo de organismos por ser um fator intrinsecamente ligado às condições físicas e meteorológicas e à ocorrência de parcelas de água diferente.

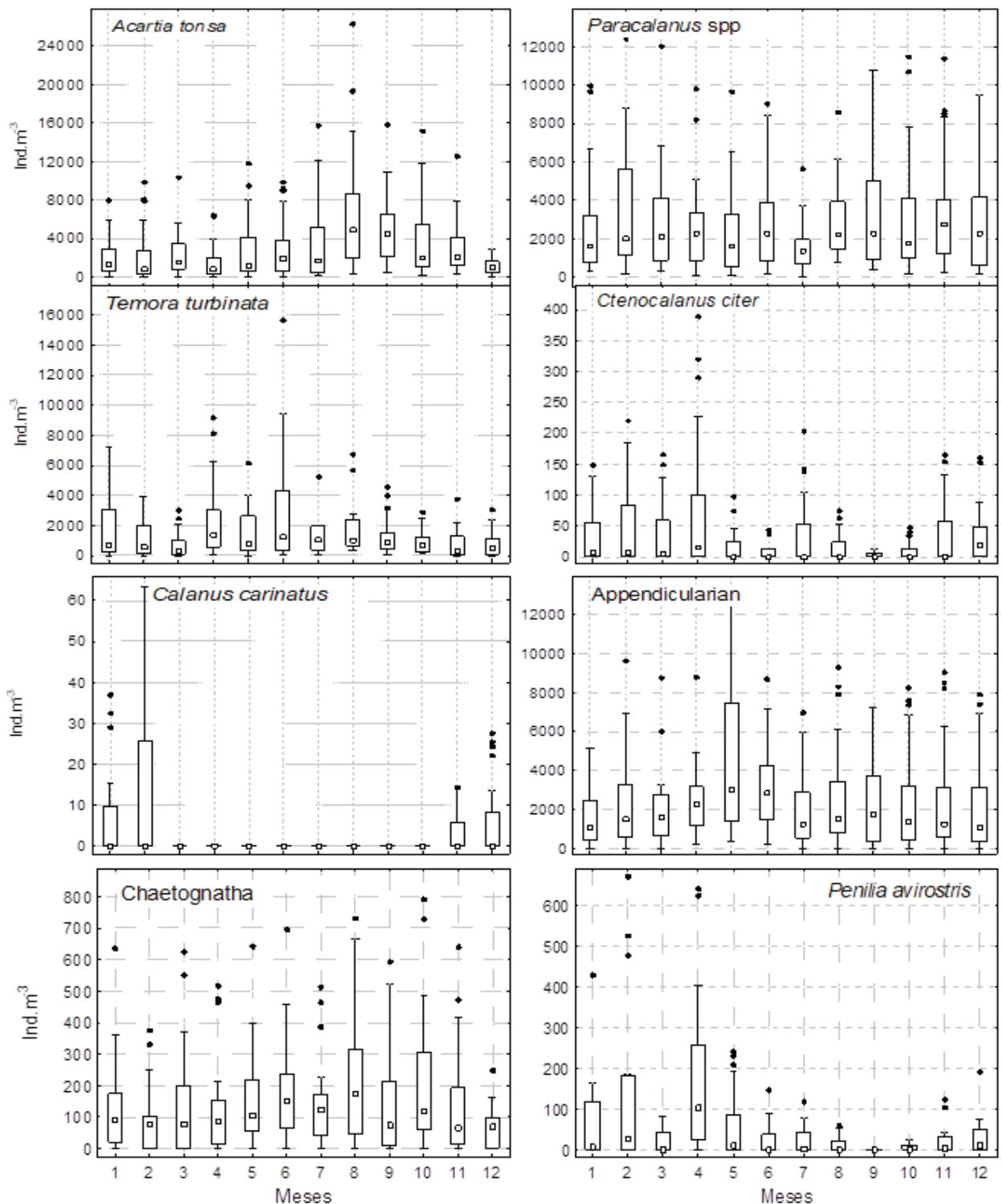


Figura 6. Variação mensal da densidade dos principais táxons do mesozoplâncton na estação de coleta nos 10 anos de amostragem. São apresentados a mediana, o primeiro e o terceiro quartil (ponto preto = “outliers”, barra = limite dos dados não outliers)

Figure 6. Monthly variation of mesozooplankton density at the sampling station during the 10 years sampling at the Guanabara Bay. Box represents median, first and third quartil (Black points = outlier values, Bar = limit of non-outlier values)

Nos exemplos apresentados na Figura 6, diversos padrões de distribuição sazonal aparecem: organismos com densidades máximas (a) no outono-inverno, tais como *Acartia tonsa* e *Temora turbinata*, (b) na primavera-verão, tais como *Calanoides carinatus*, *Ctenocalanus citer*, *Penilia avirostris*, *Paracalanus* spp, e (c) sem padrão sazonal, tais como os apendicularios e os quetognatos.

Conforme revelado no diagrama TS (Figura 2), o canal central da Baía de Guanabara recebe diversas águas de características distintas. A frequência de ocorrência e a densidade média e máxima de cada táxon do mesozooplâncton da coluna d'água foram calculadas em cada uma dessas quatro situações termo-halinas (Tabela 3).

Embora a amostragem do zooplâncton tenha sido feita por arrastos verticais, dando assim uma imagem integrada de toda a coluna d'água, mas não permitindo associar a composição e densidade do mesozooplâncton a cada parcela de água, podemos considerar que a presença de determinada parcela (BG, ATC, Mistura e ACAS) na coluna d'água possa repercutir sobre as comunidades em termos de frequência e/ou densidade média ou máxima. São detectadas diferenças entre as comunidades mesozooplânctônicas de acordo com a estrutura termo-halina da coluna d'água. Embora essas diferenças não possam ser estatisticamente testadas em razão da elevada variância intrínseca, verificamos que: (1) os copépodes ocorrem em todas as situações (100%), mas os picos de densidade são mais intensos na presença de ATC e BG (65.000 ind.m⁻³, contra 26.000 ind.m⁻³ em presença de ACAS), em razão da maior dominância de *Acartia tonsa* e *Paracalanus* sp nessas condições, (2) outros copépodes apresentam também maior densidade máxima em situação de ATC e/ou BG: *Temora turbinata* (30.537 ind.m⁻³ em BG), *Oithona hebes* (12.800 ind.m⁻³ com ATC), *Clausocalanus furcatus* e *Centropages furcatus* (832 ind.m⁻³ e 799 ind.m⁻³ com ATC respectivamente), (3) ao contrário, *Calanoides carinatus* e *Ctenocalanus citer* tem maior frequência (35,0 e 57,5% das amostras, respectivamente) e maior densidade máxima quando a ACAS está presente na coluna d'água (309 e 771 ind.m⁻³, respectivamente), (4) Appendicularian são encontrados em todas as situações com participação relativamente constante, exceto na ocorrência de ACAS quando o pico máximo (6.860 ind.m⁻³) é cerca da metade dos

observados nas outras situações, principalmente em presença de água tropical costeira - ATC (18.717 ind.m⁻³), (5) os elementos predadores, presentes entre 70 e 90% das amostras, tem densidades máximas com presença de ATC (1.072 ind.m⁻³ e 2.574 ind.m⁻³ para Chaetognatha e Cnidaria respectivamente) e de ATC+ ACAS (945 ind.m⁻³ para as larvas de Decapoda).

DISCUSSÃO

Foi realizado um monitoramento contínuo durante 10 anos do mesozooplâncton no canal central da Baía de Guanabara. A estrutura termo-halina da coluna d'água foi simultaneamente analisada, revelando forte estratificação durante os meses de primavera verão e de homogeneidade o resto do ano. O canal central constitui uma área de troca de diferentes parcelas de água sob influência continental (água do interior da baía) e oceânica (tropical costeira e profunda). Essa estrutura termo-halina e a presença de Água Central do Atlântico Sul - ACAS representam um padrão já detectado em pesquisas anteriores (Kjerfve *et al.* 1997, 2001, Leles *et al.* 2017).

A composição e a abundância do mesozooplâncton da Baía de Guanabara são regidas por fatores temporais, interanual e sazonal, e a conseguinte mudança de parcela d'água induzindo um padrão de densidade de alta variabilidade com valores máximos ocasionais extremamente elevados a partir de uma base de densidade relativamente constante ao longo do tempo, sustentando a base da teia trófica da baía. Essa base é dominada por copépodes (69-78% da densidade total), Appendicularia (19-78%), Chaetognatha (1-12%), Cnidaria (1-20%), Ictioplâncton (2-40%) e Cladocera (1-52%). Esse padrão é encontrado em todos os sistemas costeiros sujeitos à fatores climáticos e hidrodinâmicos próprios aos estuários (Livingston 2001).

A presença constante e frequentemente dominante dos copépodes na Baía de Guanabara, sua riqueza específica (30 espécies identificadas) e sua composição baseada em forte dominância de *Acartia tonsa*, *Paracalanus* spp (*P. parvus* + *P. quasimodo*), *Temora turbinata*, *Oithona hebes* e *Oncea venusta* são resultados equivalentes aos encontrados em estudos anteriores nessa mesma baía (Nogueira *et al.* 1988, Valentin *et al.* 1999b),

Tabela 3. Distribuição do mesozooplâncton em função das condições termohalinas. Densidade média e máxima (Ind.m⁻³) e frequência de ocorrência (%) dos principais táxons (ACAS: Água Central do Atlântico Sul, ATC: Água Tropical Costeira, BG: Água da Baía de Guanabara). Os valores máximos foram destacados em negrito e sublinhados.

Table 3. Mesozooplankton distribution along water masses. Mean and maximum density (ind.m⁻³) and frequency (%) at each water mass (ACAS = South Atlantic Central Water, ATC = tropical coastal water, BG = water from Guanabara Bay). Maximum density values are underlined and bold.

	ACAS (T < 18 °C)			ACAS+ATC (18 °C < T < 20 °C)			ATC (T > 20 °C S > 32)			BG (T > 20 °C S < 32)		
	Média	Max	Freq%	Média	Max	Freq%	Média	Max	Freq%	Média	Max	Freq%
Total mesozooplâncton	12792	35575	100,0	16255	43293	100,0	15097	78367	100,0	21170	<u>133759</u>	100,0
Total copépodes	7650	26445	100,0	9147	26492	100,0	8605	56538	100,0	10596	<u>65610</u>	100,0
<i>Acartia tonsa</i>	2265	8089	97,5	3002	19352	98,2	2939	19100	100,0	3217	<u>21665</u>	100,0
<i>Calanoides carinatus</i>	16	121	35,0	16	<u>309</u>	33,3	1	28	10,3	6	136	19,0
<i>Centropages furcatus</i>	1	29	5,0	1	24	10,5	3	22	25,6	20	<u>799</u>	21,6
<i>Clausocalanus furcatus</i>	2	78	5,0	2	66	10,5	1	10	12,8	17	<u>832</u>	13,8
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	72	<u>913</u>	45,0	45	454	43,9	39	366	64,1	24	676	27,6
<i>Ctenocalanus citer</i>	44	<u>771</u>	57,5	38	589	49,1	17	389	41,0	39	248	36,2
<i>Ctenocalanus vanus</i>	1	11	27,5	4	<u>150</u>	17,5	1	11	12,8	1	81	5,2
<i>Oithona hebes</i>	600	2812	95,0	435	3381	91,2	527	<u>12800</u>	82,1	942	7177	87,1
<i>Oncaea venusta</i>	380	6033	82,5	520	<u>9799</u>	82,5	638	3187	89,7	448	4938	88,8
<i>Paracalanus</i> sp.	2812	12445	100,0	3181	13142	100,0	2143	19300	100,0	3338	<u>42357</u>	99,1
<i>Temora turbinata</i>	1470	13617	95,0	1706	9214	94,7	2122	29590	97,4	2162	<u>30537</u>	97,4
Appendicularian	1821	6860	95,0	2649	11723	93,0	3483	<u>18717</u>	100,0	2483	12735	97,4
Chaetognatha	136	866	85,0	142	588	87,7	176	<u>1072</u>	92,3	166	792	85,3
Cnidaria	113	636	87,5	193	744	89,5	263	<u>2574</u>	89,7	220	1881	83,6
Larvas de Decapoda	45	156	77,5	93	<u>945</u>	73,7	87	648	89,7	101	767	80,2
Cladocera	274	5838	60,0	301	<u>6305</u>	61,4	80	1343	51,3	181	2075	60,3

bem como em outros ecossistemas estuarinos da costa brasileira: na Baía de Paranaguá (Miyashita *et al.* 2012), de Espírito Santos (Dias & Bonecker 2008, Sterza & Fernandes 2006), na costa de São Paulo (Eskinazi-Sant´Ana & Bjornberg 2006) e Rio Grande do Sul (Avila *et al.* 2009). Há de ressaltar, entretanto, a substituição, na Baía de Guanabara, da espécie *Acartia (Odontacartia) lilljeborgi*, dominante nos estudos anteriores e comumente encontrado em ambiente estuarino de maior salinidade (Júnior *et al.* 2013), pela espécie *Acartia tonsa*. *Acartia tonsa*, encontrada em outras regiões estuarinas do Brasil (Sterza *et al.* 2008, Ávila *et al.* 2009) teria, segundo Tester & Turner (1991, *apud* Alvarez-Cadena & Segura-Puertas 1997), seu sucesso assegurado pela tolerância das suas larvas nauplii à maior flutuação de salinidade, como observado na Baía de Guanabara.

O grupo dos Cladocera é dominado por *Penilia avirostris*, espécie que foi profundamente estudada por Marazzo & Valentin (2003b) nesse mesmo ponto do canal central, confirmando um padrão de distribuição típico desse grupo na Baía de Guanabara com picos repentinos de grande densidade, geralmente de dezembro a março. Nogueira *et al.* (1988) verificaram porém a ausência deste grupo nas águas mais interna da baía, fato a ser confirmado para emitir uma hipótese sobre a influência das condições da Baía de Guanabara sobre a distribuição desse importante grupo trófico.

A entrada de água costeira (ATC) contribui para um enriquecimento das comunidades zooplânctônicas com a introdução de espécies oceânicas costeiras, principalmente os copépodes *Paracalanus* spp, *Temora turbinata*, *Clausocalanus furcatus*, *Centropages furcatus* e *Oithona hebes* com frequências superiores à 80%. Embora menos frequentes (< 50%), outras espécies de copepodes (*Calanopia americana*, *Temora stylifera*, *Acartia (Odontacartia) lilljeborgi*, *Ctenocalanus citer*, *Subeucalanus pileatus*, *Microsetella rósea*, *Labidocera fluviatilis*, *Corycaeus (Onchocorycaeus) giesbrechti* e *Oithona plumifera*) completam a comunidade de copepodes indicadora de águas tropicais costeiras (Mckinnon & Duggan 2014). São organismos já citados nas águas costeiras próximas à entrada da Baía de Guanabara (Valentin 1984, Valentin *et al.* 1987a, 1987b).

Os apendiculários, eficientes filtradores, foram encontrados em águas mais internas

da baía em densidade expressiva (*Oikopleura dioica* > 800 ind.m⁻³) por Valentin *et al.* (1999b), fato provavelmente devido à uma maior disponibilidade de alimento nas águas internas. As águas com forte influência continental oriundas da bacia hidrográfica da baía oferecem condições tróficas favoráveis aos organismos filtradores em razão da elevada densidade em partículas nano e microplânctônicas (Schwamborn *et al.* 2004). Essas condições podem ser a hipótese mais plausível para explicar o crescimento significativo dos máximos de densidade de apendiculários observado ao longo desses 10 anos.

Em época de ressurgência, a Água Central do Atlântico Sul – ACAS, penetrando pelo canal central da baía, tem um efeito ambíguo sobre o mesozooplâncton. Ao mesmo tempo em que contribui para uma elevação da riqueza específica com a introdução, por exemplo, dos copépodes *Calanoides carinatus* e *Ctenocalanus vanus*, espécies indicadoras de água profunda na região de Cabo Frio (Valentin 1984, Valentin *et al.* 1987b), essas águas provocam uma diluição/dispersão dos organismos e, conseqüentemente, uma aparente diminuição das suas densidades.

Pesquisas ecológicas de longa duração-PELD constituem a ferramenta adequada para a detecção de tendências evolutivas do plâncton marinho, sendo adotada em diversas regiões oceânicas e costeiras do mundo. Especificamente para o mesozooplâncton, é possível evidenciar algumas semelhanças entre nossos resultados e os padrões de variação revelados na literatura.

Notamos, por exemplo, que a dominância dos copépodes *Acartia tonsa* e *Paracalanus parvus* nas parcelas d´água BG (típica da baía) e ATC (tropical costeira) corresponde à um mesmo padrão encontrado durante o monitoramento de 10 anos realizado na Lagoa dos Patos, RS, Brasil (Teixeira-Amaral *et al.* 2017, Muxagata & Teixeira-Amaral 2019) e de 16 anos na Baía de Chesapeake, USA (Kimmel & Roman 2004). Na Baía de Chesapeake a dinâmica do mesozooplâncton é também regida pelos fatores temperatura e principalmente salinidade, os quais, segundo os autores, contribuem para a proliferação em certas épocas de organismos gelatinosos (Ctenophora, Cnidaria) predadores do mesozooplâncton. Esses organismos estão também presentes na Baía de Guanabara (até 20% da densidade total).

Os táxons *Acartia* spp, *Paracalanus parvus*, *Temora* spp e Cladocera, que participam da base constante da teia trófica da Baía de Guanabara, são citados também na comunidade constante do mesozooplâncton em estação costeira do Mar Mediterrâneo, monitorado durante 20 anos por Mazzocchi *et al.* (2012), sendo *Acartia tonsa* substituído por *Acartia clausi* e *Temora turbinata* por *Temora stylifera*. Os autores atribuíam a esses táxons uma flexibilidade suficiente para a sua adaptação às condições ambientais.

Nosso monitoramento de 10 anos na Baía de Guanabara confirmou a ocorrência, a cada ano na primavera-verão, da água Central do Atlântico Sul – ACAS na camada inferior do canal central da baía, induzindo a formação de uma intensa termoclina e a ocorrência de táxons de afinidade profunda. Essa estratificação da coluna d'água constitui um fator importante na distribuição do mesozooplâncton, bem como de outros componentes do plâncton da baía tal como o bacterioplâncton (Signori *et al.* 2017). De fato, em todas as áreas oceânicas sujeitas à ressurgência, um monitoramento de longo prazo o confirma: no Golfo de Guinéa (Wiafe *et al.* 2008), na costa do Chile (Escribano *et al.* 2012), na Baía de Biscay, Espanha (Gonzalez-Gil *et al.* 2015). A compilação de 40 anos de dados coletados em numerosas estações do Atlântico tropical e subtropical acentua a importância da camada de mistura e do aquecimento superficial dos oceanos sobre a biomassa do mesozooplâncton e sua tendência (Finenko *et al.* 2003).

Em conclusão, a análise da composição e abundância dos táxons do mesozooplâncton realizada no âmbito do Programa PELD na Baía de Guanabara revelou o seguinte quadro evolutivo ao longo dos 10 anos de monitoramento: (1) a elevada variabilidade temporal da densidade do mesozooplâncton é reflexo do fator sazonal que se manifesta pela mudança de massas de água decorrente das condições climáticas e meteorológicas, (2) uma base de organismos é mantida que sustenta a teia trófica da baía. Partindo do princípio que há uma real e progressiva degradação da qualidade da água da baía, a ausência de tendência interanual pode ser explicada (1) pelo efeito do tratamento de esgoto, o qual, embora parcial, tem minimizado o impacto no canal central, e/ou (2) pela insuficiência do período de 10 anos para detectar mudança de longo prazo na

composição e abundância do mesozooplâncton, (3) a manutenção de uma elevada diversidade do mesozooplâncton ao longo dos 10 anos é decorrente da diversidade de massas d'água que alcançam o canal central da baía. A introdução de um plâncton costeiro e até profundo representa uma fonte de energia nova responsável pelos picos de abundância.

Como perspectiva para pesquisas futuras propomos, além da manutenção do Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração-PELD, uma integração das variáveis bióticas e abióticas na forma de um modelo de simulação. Somente assim será possível dar respostas a essas hipóteses e desvendar, pelo menos em parte, a complexidade do ecossistema da Baía de Guanabara.

AGRADECIMENTOS

A Francisco José Pinho de Mattos pelas coletas na Baía de Guanabara. As pesquisas foram efetuadas no âmbito do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa duração – PELD, com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq (Processos; 403809/2012-6, 558083/2009-9 e 441373/2016-0), da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ. (Processos E-26/110.144/2013 e E-26/111.584/2014) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- Alvarez-Cadena, J. N., Segura-Puertas, 1997. Zooplankton variability and copepod species assemblages from a tropical coastal lagoon. *Gulf Research Reports*, 9(4), 345–355
- Avila, T. R., Pedrozo, C. S. & Bersano, J. G. F., 2009. Variação temporal do zooplâncton da Praia de Tramandaí, Rio Grande do Sul, com ênfase em Copepoda. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, 99(1), 18–26
- Azam, F., Fenchel, T., Field, J. G., Ray, J. S., Meyer-Reh, L. A., Thingstad, F. 1983. The ecological role of water-column microbes in the sea. *Marine Ecology Progress Serie*, 10, 257–263
- Berline, L., Siokou-Frangou, I., Marasovic, I., Vidjak, O., Puelles, M. L. F. de, Mazzocchi, M. G., Assimakopoulou, G., Zervoudaki, S., Fonda-

- Umani, S., Conversi, A., Garcia-Comas, C., Ibanez, F., Gasparini, S., Stemann, L. & Gorsky, G. 2012. Intercomparison of six Mediterranean zooplankton time series. *Progress in Oceanography*, 97-100, 76–91, DOI: 10.1016/j.pocean.2011.11.011
- Bode, A., Alvarez-Ossorio, M. T., Miranda, A., López-Urrutia, A. & Valdés, L. 2012. Comparing copepod time-series in the North of Spain: Spatial autocorrelation of community composition. *Progress in Oceanography*, 97-100, 108–119, DOI: 10.1016/j.pocean.2011.11.013
- Castro, M. S. de, Bonecker, A. C. T., Valentin, J. L. 2005. Seasonal variation in fish larvae at the entrance of Guanabara Bay, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(1), 121–128,
- Dias, C. de O. & Bonecker, S. L. C. 2008. Inter-annual variability of planktonic copepods in a tropical bay in Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(4), 731–742 (DOI: 10.1590/S1516-89132008000400011)
- Escribano, R., Hidalgo, P., Fuentes, M. & Donoso, K. 2012. Zooplankton time series in the coastal zone off Chile: Variation in upwelling and responses of the copepod community. *Progress in Oceanography*, 97-100, 174–186, DOI: 10.1016/j.pocean.2011.11.006
- Eskinazi-Sant'Anna, E. M. & Björnberg, T. K. S. 2006. Seasonal dynamics of mesozooplankton in Brazilian coastal waters. *Hydrobiologia*, 563, 253–268, DOI: 10.1007/s10750-006-0014-6
- Fernandes, L. D. de A., Bonecker, S. L. C. & Valentin, J. L. 2002. Dynamic of Decapod Crustacean Larvae on the Entrance of Guanabara Bay. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(4), 491–498
- Finenko, Z. Z., Piontkovski, S. A., Williams, R. & Mishonov, A. V. 2003. Variability of phytoplankton mesozooplankton biomass in the subtropical and tropical Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 250, 125–144
- Godhantraman, N. 2013. Impacts of climate change on marine plankton communities in tropical marine coastal ecosystems, southeast coast of India. *Journal of Marine Science: Research & Development*, 3(3), 154, DOI: 10.4172/2155-9910
- Gonzalez-Gil, R., Taboada, F. G., Höfer, J. & Anadón, R. 2015. Winter mixing and coastal upwelling drive long-term changes in zooplankton in the Bay of Biscay (1993-2010). *Journal of Plankton Research*, 0(0), 1–15, DOI : 10.1093/plankt/fbv001
- Gregoracci, G. B., Nascimento, J. R., Cabral, A. S., Paranhos, R., Valentin, J. L., Thompson, C. C. & Thompson, F. L. 2012. Structuring of bacterioplankton diversity in a large tropical bay. *Plos One*, v. 7, p. e31408
- Guenther, M., Lima, I. V., Mugarabe, G., Tenenbaum, D. R., Gonzalez-Rodriguez, E. & Valentin, J. L. 2012. Small time scale plankton structure variations at the entrance of a tropical eutrophic bay (Guanabara Bay, Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, 60, 405–414
- Júnior, A. N. de S., Magalhães, A. Pereira, L. C. C. & Costa, R. M. da 2013. Zooplankton dynamics in a tropical Amazon estuary. *Journal of Coastal Research*, 65, 1230–1235, DOI: 10.2112/S165-208.1
- Kimmel, D. G. & Roman, M. R. 2004. Long-term trends in mesozooplankton abundance in Chesapeake Bay, USA: influence of freshwater input. *Marine Ecology Progress Series*, 267, 71–83
- Kjerfve, B., Lacerda, L. D. de & Dias, G. T. M. 2001. Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. In: U. Seeliger & B. Kjerfve (Eds.), *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*, *Ecological Studies* 144. pp. 107–117. Springer.
- Kjerfve, B., Ribeiro, C. H. A., Dias, G. T. M., Filippo, A. M. & Quaresma, V. S. 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental Shelf Research*, 17(13), 1609–1643
- Leles, S. G., Moser, G. A. O., Valentin, J. L. & Figueiredo, G. M. 2017. A Lagrangian study of plankton trophodynamics over a diel cycle in a eutrophic estuary under upwelling influence. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1–12. DOI: 10.1017/S0025315417001333
- Livingston, R. J. 2001. Eutrophication processes in coastal systems: origin and succession of plankton blooms and effects on secondary production in Gulf Coast estuaries. CRC Press: p. 327
- Marazzo, A. & Nogueira, C. S. R. 1996. Composition, spatial and temporal variations of chaetognaths in Guanabara bay, Brazil.

- Journal of Plankton Research, 18(12), 2367–2376
- Marazzo, A. & Valentin, J. L. 2000a. Daily variation of marine cladoceran densities in a tropical bay, Brazil. *Hydrobiologia*, 428, 205–208
- Marazzo, A. & Valentin, J. L. 2000b. A report of marine cladoceran *Evadne spinifera* Muller (Crustácea, Branchiopoda) in Guanabara Bay, Brazil. *Revista brasileira de Zoologia*, 17(4), 1101–1102
- Marazzo, A. & Valentin, J. L. 2003a. *Penilia avirostris* (Crustacea, Ctenopoda) in a tropical bay: variations in density and aspects of reproduction. *Acta Oecologica*, 24, S251–S257.
- Marazzo, A. & Valentin, J. L. 2003b. Population dynamics of *Penilia avirostris* (Dana, 1852) (Cladocera) in a tropical bay. *Crustaceana*, 76(7), 803–817
- Mayr, L. M., Tenenbaum, D. R., Villac, M. C., Paranhos, R., Nogueira, C. R., Bonecker, S. L. C. & Bonecker, A. C. T. 1989. Hydrobiological characterization of Guanabara Bay. In: O. T. Maggon & C. Nves (Eds.), *Coastline of Brazil*, pp. 124–139. New York: American Society of Civil Engineers.
- Mazzocchi, M. G., Dubroca, L., García-Comas, C., Di Capoa, I. & d'Alcalá, M. R. 2012. Stability and resilience in coastal copepod assemblages: The case of the Mediterranean long-term ecological research at Station MC (LTER-MC). *Progress in Oceanography*, 97-100, 135–151, DOI: 10.1016/j.pcean.2011.11.003
- Mckinnon, A. D. & Duggan, S. 2014. Community Ecology of Pelagic Copepods in Tropical Coastal Waters. In: L. Seuront (Edit.), *Copepods: Diversity, Habitat and Behavior*. pp. 25–49, Nova Science Publishers, Inc.
- Miyashita, L. K., Brandini, F. P., Martinelli-Filho, J. E., Fernandes, L. F. & Lopes, R. M. 2012. Comparison of zooplankton community structure between impacted and non-impacted áreas of Paranaguá Bay estuarine complex, south Brazil. *Journal of Natural History*, 46(25-25), 1557–1571. DOI: 10.1080/00222933.2012.691997
- Möllmann, C., Kornilovs, G. & Sidrevics, L. 2000. Long-term dynamics of main mesozooplankton species in the central Baltic Sea. *Journal of Plankton Research*, 22(11), 2015–2038
- Muxagata, E. & Teixeira-Amaral, P. 2019. Continuous monitoring of the micro and mesozooplankton of the Patos Lagoon estuary and adjacent coastal area. Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira – SiBBR. Sampling event dataset. DOI: 10.15468/1xkowr accessed via GBIF.org on 2020-01-14
- Nogueira, C. R., Bonecker, A. C. T. & Bonecker, S. L. C. 1988. Zooplâncton da Baía de Guanabara (RJ-Brasil). Composição e variações espaço-temporais. In: F. Brandini (Edit.), *Memórias do III Encontro Brasileiro de Plâncton*, 5-9 de dez. de 1988, Caiobá, PR, Brasil, pp. 151–156
- Odebrecht, C, Villac, M. C., Abreu, P. C., Haraguchi, L., Gomes, P. D. F. & Tenenbaum, D. R. 2018. Flagellates versus diatoms: phytoplankton trends in tropical and subtropical estuarine-coastal ecosystems. In: M. S. Hoffmeyer *et al.* (Eds.). *Plankton Ecology of the Southwestern Atlantic*. pp. 249–267, Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-77869-3_12
- Pomeroy, L. R. 1974. The ocean's food web: a changing paradigm. *BioScience*, 24, 499–504.
- Schwamborn, R., Bonecker, S. L. C., Galvão, I. B., Silva, T. A. & Neumann-Leitão, S. 2004. Mesozooplankton grazing under conditions of extreme eutrophication in Guanabara Bay, Brazil. *Journal of Plankton research*, 26(9), 983–992
- Sell, D. W. & Evans, M. S. 1982. A statistical analysis of subsampling and an evaluation of the Folsom plankton splitter. *Hydrobiologia*, 94, 223–230
- Signori, C. N., Valentin, J. L., Pollery, R. C. G. & Enrich-Prast, A. 2017. Temporal variability of dark carbon fixation and bacterial production and their relation with environmental factors in a tropical estuarine system. *Estuaries and Coasts*, 41(4), 1089–1101 DOI: 10.1007/s12237-017-0338-7
- STATSOFT, Inc. 2005. STATISTICA (Data Analysis Software System, version 7.1, www.statsoft.com
- Sterza, J. M. & Fernandes, L. F. L. 2006. Zooplankton community of the Vitoria Bay estuarine system (Southern Brazil). Characterization during a three-year study. *Brazilian Journal of Oceanography*, 54(2-3), 95–105 on-line version ISSN 1982-436X
- Sterza, J. M., Ovalle, A. R. C., Fernandes, L. F. L. 2008. Zooplankton distribution and abundance related to the hydrochemistry in a tropical bay (south-east Brazil). *Cahier de Biologie Marine*, 49, 229–245
- Teixeira-Amaral, P., Amaral, W. J. O., Ortiz, D. Ortiz de, Agostini, V. O. & Muxagata, E. 2017. Biota

of the Patos Lagoon estuary and adjacent marine coast: Long-term changes induced by natural and human-related Factors. In: C. Odebrecht, E. R. Secchi, P. C. Abreu & J. H. Muelbert (Eds.), Marine Biology Research, Issue 1: Thematic Issue No 9, 13, pp. 48–61, DOI: 10.1080/17451000.2016.1248850

Submitted: 23 August 2019

Accepted: 31 January 2020

Published on line: 15 June 2020

Associated Editor: Camila Barros and Nuria Pistón

- Valentin, J. L. 1984. Spatial structure of the zooplankton community in the Cabo Frio region (Brazil) influenced by coastal upwelling. *Hydrobiologia*, 113, 183–199
- Valentin, J. L., Monteiro-Ribas, W. & Mureb, M.A. 1987a. O zooplâncton das águas superficiais costeiras do litoral Fluminense: análise multivariada. *Ciência e Cultura*, 39(3), 265–271
- Valentin, J. L., Monteiro-Ribas, W., Mureb, M. A & Pessotti, E. 1987b. Sur quelques zooplanctontes abondants dans l'upwelling de Cabo Frio (Brésil). *Journal of Plankton Research*, 9(6), 1195–1216
- Valentin, J. L. & Marazzo, A. 2003. Modelling the population dynamics of *Penilia avirostris* (Branchiopoda, Ctenopoda) in a tropical bay. *Acta Oecologica*, 24, S369–S376
- Valentin, J. L., Tenenbaum, D. R., Bonecker, A., Bonecker, S. L. C., Nogueira, C. R., Paranhos, R. & Villac, M. C. 1999a. Caractéristiques hydrologiques de la baie de Guanabara (Rio de Janeiro, Brésil). *Journal de Recherche Océanographique*, 24(1), 33–41
- Valentin, J. L., Tenenbaum, D. R., Bonecker, A., Bonecker, S. L. C., Nogueira, C. R. & Villac, M. C. 1999b. O Sistema Planctônico da Baía de Guanabara: Síntese do Conhecimento. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, 35–59
- Villac, M. C. & Tenenbaum, D. R. 2010. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. I. Historical account of its biodiversity. *Biota Neotropica* (Edição em Português). Online, v. 10(2), 271--293
- Wiafe, G., Yaqub, H. B., Mensah, M. A. & Frid, C. L. J. 2008. Impact of climate change on long-term zooplankton biomass in the upwelling region of the Gulf of Guinea. *International Council for the Exploration of the Sea, Oxford Journals*, 318–324, DOI: 10.1093/icesjms/fsn042