

Efeito dos Efluentes de Produção sobre os Copépodos Calanoida no Canal de São Sebastião, São Paulo

Luz Amelia Vega-Pérez e Meiri A. Gurgel de Campos

Resumo ? A influência do emissário submarino de água de produção, oriunda do terminal marítimo da PETROBRÁS, sobre os copépodos Calanoida foi avaliada. Amostras de zooplâncton foram obtidas em 9 pontos distribuídos ao longo do Canal de São Sebastião em novembro de 2000. A ordem Calanoida reuniu 21 espécies pertencentes a 9 famílias e apresentou elevados índices de diversidade e equitatividade na área estudada. As famílias dominantes foram Temoridae, Paracalanidae e Clausocalanidae. A abundância, que oscilou entre 842 ind.m⁻³ e 9931 ind.m⁻³, e o baixo número de espécies indicam que o ambiente é oligo-mesotrófico e que sofre influência da água de produção.

Palavras-chave ? Copepoda Calanoida, distribuição, abundância, diversidade, emissário submarino, Canal de São Sebastião, São Paulo.

I. INTRODUÇÃO

Os crustáceos da classe Copepoda são os principais componentes do zooplâncton marinho, tanto em número de espécies [1] como em abundância e biomassa [2]. Caracterizam-se pela sua distribuição em agregados, sendo encontrados em maior número nas camadas de superfície. Essa distribuição está relacionada com os hábitos alimentares já que um grande número de espécies é herbívora e tem no fitoplâncton sua principal fonte de alimento. Como produtores secundários, os copépodos têm papel relevante na trofodinâmica do ecossistema pelágico marinho, uma vez que constituem o elo entre os produtores primários e as espécies de níveis tróficos superiores [3]. Além de constituir o principal item alimentar de várias espécies de peixes de interesse comercial [4], contribuem para a produção e transporte de matéria orgânica particulada da superfície para as camadas mais profundas [5]-[6]. Assim, qualquer mudança na sua composição e distribuição pode ocasionar profundas modificações na estrutura da cadeia trófica marinha.

Os copépodos caracterizam-se, também, por responder rapidamente às mudanças que ocorrem no seu habitat. Diferenças na sua distribuição espacial e nos valores de densidade, por exemplo, podem ser resultado da presença de poluentes ou de estresse ambiental [7]. Com base nessas

L. A. Vega-Pérez, lavega@usp.br; M. A. G. de Campos, meiri@usp.br, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo Praça do Oceanográfico 191 – Cidade Universitária 05508-900 São Paulo SP Brasil, Tel. +55-11-3091.6540, Fax +55-11-3091.6607.

Este trabalho foi financiado pela FUNDESPA.

características, algumas espécies de copépodos vêm sendo utilizadas, com muito sucesso, na avaliação e monitoramento de áreas sujeitas à poluição.

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do emissário submarino de água de produção, oriunda do terminal da PETROBRÁS, sobre a composição e abundância dos copépodos Calanoida do Canal de São Sebastião, Estado de São Paulo, em novembro de 2000.

II. MATERIAL E MÉTODOS

A. Área estudada

O Canal de São Sebastião, localizado na costa norte do Estado de São Paulo (23°41'S-45°19'W a 23° 53'S - 45°30'W), é limitado pela encosta da Serra do Mar e a ilha de São Sebastião. Possui forma de funil e apresenta-se curvado ao longo dos seus 25 km de extensão, com a parte mais estreita no centro (2 Km) e a mais larga ao norte (7,2 Km) e ao sul (5,6 Km). A profundidade varia de 20 m, na porção interna, a 50 m na externa [8]-[9]. As correntes no Canal de São Sebastião são predominantemente de nordeste e altamente variáveis no espaço e tempo. A Água Costeira (AC), com temperatura maior que 20°C e salinidade menor que 35, é a massa de água dominante no canal. Já a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que possui temperatura abaixo de 20°C, salinidade menor que 36,4 e elevados valores de nutrientes, pode ser encontrada nas camadas mais profundas, principalmente, na primavera e no verão [10].

O canal e as áreas adjacentes vem sofrendo ação antrópica constante, devido à construção do Porto de São Sebastião e de um terminal marítimo de óleo, bem como às atividades relacionadas com o turismo, utilização desordenada da faixa litorânea, lançamento de esgoto doméstico e frequentes derramamentos de petróleo[11].

B. Obtenção das amostras

As amostras de zooplâncton foram obtidas em 9 estações de coleta distribuídas ao longo do Canal de São Sebastião e próximas de 2 emissários submarinos, em novembro de 2000 (Fig. 1). Os arrastos verticais foram feitos com rede cônica cilíndrica, de 0,40 m de diâmetro de boca e de 0,200 mm abertura de malha, em profundidades que variaram de 9 m a 34 m. Paralelamente, dados de temperatura e salinidade foram obtidos em cada uma das estações. Após a coleta, as

amostras foram fixadas em solução de formol a 10%, neutralizado.

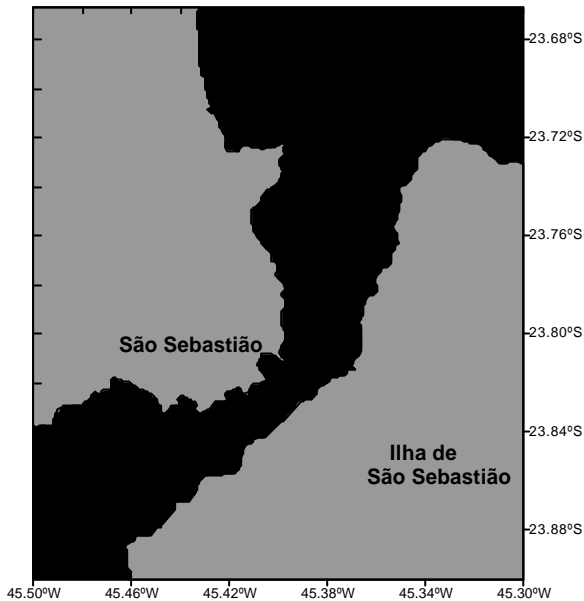


Fig. 1. Mapa do Canal de São Sebastião mostrando a localização das estações de coleta

Dependendo do seu volume, as amostras foram divididas, com auxílio do partidor cilíndrico do tipo Motoda, na 1/2, 1/4, 1/8 até 1/256 [12]. Os Copepoda presentes nas subamostras foram identificados em nível de espécie [13]-[15] e contados com auxílio de estereomicroscópio Wild M10. Os valores de abundância foram expressos em termos de indivíduos por m³.

De acordo com a sua frequência de ocorrência nas estações de coleta, as espécies de copépodos foram classificadas como: frequentes (F), comuns (C) e raras (R). Com a finalidade de caracterizar a abundância das espécies utilizaram-se como índices de diversidade os números de Hill e, para conhecer a igualdade de abundância das espécies, aplicou-se o índice de equitatividade de Hill modificado [16].

III. RESULTADOS

Em novembro de 2000, o Canal de São Sebastião foi dominado pela AC nas camadas de superfície (temperatura média de 24,4° C), sendo detectada a presença da ACAS, nas camadas mais profundas (temperatura 17,5° C). A salinidade variou de 34,8 a 35,7.

Em todas as estações de coleta verificou-se o predomínio dos Copepoda, onde constituíram 51% a 73% do zooplâncton. Dentre os Copepoda, 56% a 78% pertenciam à ordem Calanoida, que foi formada por 9 famílias: Temoridae, Paracalanidae, Clausocalanidae, Centropagidae, Eucalanidae, Pontellidae, Calocalanidae, Acartiidae e Scolecitrichidae. Dessas, as três primeiras foram as mais frequentes e, juntas, apresentaram um total de 11 espécies, sendo 6 delas pertencentes à família Paracalanidae. De um modo geral, a composição qualitativa da ordem Calanoida foi semelhante nas 9 estações de coleta.

De acordo com a sua frequência de ocorrência, das 21 espécies identificadas, 10 foram frequentes (*Parvocalanus crassirostris*, *Paracalanus indicus*, *Paracalanus nanus*, *Paracalanus quasimodo*, *Subeucalanus pileatus*, *Ctenocalanus vanus*, *Calocalanus stylirremis*, *Temora stylifera*, *Temora turbinata* e *Centropages velificatus*), 5 foram comuns (*Paracalanus aculeatus*, *Acrocalanus longicornis*, *Subeucalanus crassus*, *Ctenocalanus heronae* e *Pontellopsis regalis*) e 6 raras (*Subeucalanus monachus*, *Clausocalanus furcatus*, *Acartia dane*, *Acartia lilljeborgi*, *Labidocera fluviatilis* e *Scolecithrix bradyi*). Verificou-se, também, que os estágios iniciais de desenvolvimento (náuplios) dessas espécies foram frequentes nas amostras, embora não tenham sido numerosos.

Os números de Hill (N1 e N2) e o índice de equitatividade (E), calculados para cada estação de coleta, revelaram que as estações St. 1 (S=16) e St. 5 (S=15) foram as que apresentaram o maior número de espécies de copépodos, enquanto que a estação St. 12 (S=8) o menor número (Tabela I). Os índices de diversidade evidenciaram a presença de 4 a 8 espécies abundantes. A estação St. 12 (N2 = 3,52) foi a que apresentou a menor diversidade de espécies e a St. 1 (N2 = 6,47) a maior. O índice de equitatividade foi, de um modo geral, similar em 8 das 9 estações, sendo os elevados valores de E, N1 e N2 indicativos do predomínio de 5 espécies: *T. stylifera*, *P. quasimodo*, *P. indicus*, *Ct. vanus* e *C. velificatus*.

TABELA I
VALORES DOS ÍNDICES DE DIVERSIDADE (N1 E N2) E EQUITATIVIDADE (E) DE HILL DOS COPÉPODOS CALANOIDA COLETADOS NO CANAL DE SÃO SEBASTIÃO, EM NOVEMBRO DE 2000.

Estação	S	N1	N2	E
1	16	8,48	6,47	0,73
2	13	6,80	5,00	0,69
3	13	7,08	5,56	0,75
5	15	6,76	4,39	0,59
7	12	6,59	5,41	0,79
9	14	5,68	3,96	0,63
11	12	6,70	5,29	0,75
12	8	4,57	3,52	0,71
13	11	6,70	5,00	0,70

Em termos de abundância, a mais baixa foi registrada na estação St. 13 (568 ind.m⁻³), localizada na entrada do canal de São Sebastião e a cerca de 11.000 m do orifício mais ao norte do difusor 2. Os maiores valores de abundância foram obtidos na St. 3 (7102 ind.m⁻³), situada próxima à área do porto, a cerca de 1.500 m do orifício mais ao sul do difusor 1 do emissário submarino, e na St. 1 (6416 ind.m⁻³), localizada no centro do canal e mais ao sul do difusor 1 do emissário submarino (Figura 2). Em três estações, St. 5 (3003 ind.m⁻³), St. 7 (3162 ind.m⁻³) e St. 9 (3196 ind.m⁻³), o número de indivíduos por m³ registrado foi muito semelhante. Essas três estações estiveram situadas próximas aos difusores do emissário submarino, especialmente a estação St. 5 que esteve localizada a cerca de 500m do orifício mais ao sul do difusor 1 do emissário submarino.

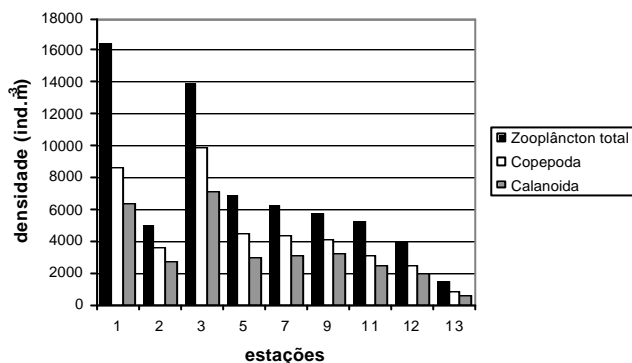


Fig. 2. Densidade (ind.m⁻³) do zooplâncton total, da Classe Copepoda e da Ordem Calanoida no Canal de São Sebastião, em novembro de 2000

As espécies que apresentaram as maiores densidades na área de estudo foram: *T. stylifera* (8737 ind.m⁻³), *P. quasimodo* (7262 ind.m⁻³), *P. indicus* (4759 ind.m⁻³) e *Ctenocalanus vanus* (3541 ind.m⁻³), todas reconhecidamente herbívoras e eventualmente onívoras.

IV. DISCUSSÃO

Os copépodos das ordens Calanoida e Poecilostomatoida são os principais componentes do zooplâncton costeiro e de plataforma [14],[17]-[18]. Estudos prévios sobre o zooplâncton do Canal de São Sebastião revelaram que os Calanoida foram o grupo dominante [8]. Os resultados aqui obtidos corroboram esses relatos, já que o predomínio dos copépodos dessa ordem também foi observado na área estudada. Com relação à composição qualitativa, o número de espécies encontradas (um total de 21) no presente trabalho foi superior ao registrado (9 espécies) em 1987 [11] e 1997 [8]. Entretanto, esse número é inferior ao obtido nas áreas adjacentes ao canal, onde os Calanoida foram constituídos por 43 espécies [19].

Estudos realizados sobre a comunidade planctônica do Canal de São Sebastião, antes da construção do emissário submarino de água de produção, oriunda do terminal marítimo da PETROBRÁS, mostraram que o fitoplâncton e zooplâncton apresentaram altos índices de diversidade e equitatividade [8]. Resultados semelhantes foram obtidos neste estudo, que foi realizado após a construção do emissário submarino, já que esses índices também foram elevados, como pode ser verificado na Tabela I.

Por outro lado, quando a equitatividade é baixa significa que há um aumento da produtividade e diminuição da diversidade [20]-[21]. Este seria o caso da estação St. 5, onde os baixos índices de equitatividade obtidos podem ser atribuídos, em parte, ao predomínio da espécie *T. stylifera*, seguida de *P. quasimodo*.

É conhecido que as alterações que ocorrem na estrutura da comunidade biótica, geralmente favorecem as formas menores, reduz a diversidade de espécies e aumenta a dominância de espécies exóticas ou "r" estrategistas. Além disso, tende a encurtar o comprimento da cadeia trófica e

reduzir significativamente a estabilidade da população [22]. Por outro lado, valores elevados de biomassa e abundância sugerem alterações da população como resultado de eutroficação excessiva, enquanto que valores mínimos de abundância indicam quadros severos de poluição ambiental [7].

Os valores de abundância dos copépodos Calanoida, registrados neste estudo foram bastante baixos e, por isso, característicos de ambientes oligo-mesotróficos. Esses valores foram semelhantes aos obtidos para o Canal de São Sebastião em outubro de 1991 [8], porém muito inferiores aos registrados em áreas adjacentes como a região de Ubatuba [23] e na plataforma interna de São Sebastião[19], que estão sob baixa ação antropogênica.

O canal de São Sebastião, devido à presença do porto de São Sebastião e de sua proximidade à cidade, está submetido a uma ação antropogênica constante representada principalmente pelo lançamento de esgoto doméstico e freqüentes derramamentos de petróleo. Além disso, a construção e instalação do terminal marítimo de óleo, "Duto e Terminais Centro Sul", significou uma nova fonte de contaminação do canal, a qual é feita através do lançamento da água de produção.

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que houve mudanças na composição, distribuição e abundância dos copépodos Calanoida devido, muito provavelmente, ao estresse provocado pelos efluentes lançados pelo emissário submarino de água de produção e à dificuldade encontrada na sua dispersão. Isto, apesar do sistema de circulação do Canal de São Sebastião ser bastante intenso [10], o que normalmente impediria a permanência prolongada desse tipo de efluentes na região.

Estudos futuros abordando esses aspectos são necessários e, de extrema importância, para poder identificar e avaliar as condições de estresse do ambiente, os agentes que as provocam e seus efeitos na estrutura da comunidade zooplancônica e sobre os copépodos em particular.

REFERÊNCIAS

- [1] A. G. Humes, "How many copepods?", *Hydrobiologia*, 292/293, pp. 1-7, 1994.
- [2] R. R. Hopcroft, and J. Roff, "Zooplankton growth rates: diel egg production in the copepods *Oithona*, *Euterpina* and *Corycaeus* from tropical waters", *J. Plankton Res.*, 18(5), pp. 789-803, 1996.
- [3] J. R. Palomares-García, and J. Gómez-Gutiérrez, "Copepod community structure at Baía Magdalena, Mexico during El Niño 1983-1984", *Estuar. coast. Shelf Sci.*, 43, pp. 583-595, 1996.
- [4] E. Saiz, A. Calbet, I. Trepas, X. Irigoien, and M. Alcaraz, "Food availability as a potential source of bias in the egg production method for copepods", *J. Plankton Res.*, 19(1), pp.1-14, 1997.
- [5] L. Mewebasa-Ndawula, "Changes in relative abundance of zooplankton in Northern Lake Vitoria, East Africa", *Hydrobiologia*, 272, pp. 259-264, 1994.
- [6] M. G. Grass, "Principles of oceanography", 7 ed., Prince Hall, 1995, 230p.
- [7] I. Siokou-Frangou, and E. Papanassiou, "Differentiation of zooplankton populations in the polluted area", *mar. Ecol.-Prog. Ser.*, 76, pp. 41-51, 1991.
- [8] S. M. F. Gíanesella-Galvão, F. M. P. Saldanha-Correa, H. S. L. Mesquita and E. Aidar, "Assessment of plankton community and environmental conditions in São Sebastião Channel prior to the construction of produced water outfall", *Rev. bras. oceanogr.*, 47(1), pp. 29-46, 1999.

- [9] L. S. Silva, "Condições oceanográficas no Canal de São Sebastião e na região costeira adjacente: variações sazonais entre fevereiro de 1994 e março de 1995", *Dissertação de Mestrado Instituto Oceanográfico Universidade de São Paulo*, 1995, 126p.
- [10] B. M. Castro Filho, L. B. Miranda, and S. Y. Miyao, "Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala", *Bolm Inst. oceanogr. (S Paulo)*, 35(2), pp. 135-151, 1987.
- [11] S. A. Gaeta, D. S. Abe, S. M. Susini, R. M. Lopes, and P. M. Metzler, "Produtividade primária, plâncton e covariáveis ambientais no Canal de São Sebastião durante o outono", *Rev. Brasil. Biol.*, 50(4), pp. 963-974, 1990.
- [12] M. Omori, and T. Ikeda, *Methods in marine zooplankton ecology*, John Wiley & Sons Publ., 1992, 332 p.
- [13] H. B. Ovre H. B. and M. Foyo, "Copepods of the Florida Current", in *Fauna Caribea n° 1. Crustacea*, part 1: Copepoda, 1967, 137 p.
- [14] T. K. S Björnberg, "Copepods", in: - *Atlas del zooplâncton del Atlântico Suddoccidental y métodos de trabajo con zooplâncton marino*, D. Boltovskoy, Ed. Mar del Plata: Inst. Nacional Invest. Desarrollo Pesquero, 1981, pp. 587-679.
- [15] J. M. Bradford-Grieve, E. L. Markchaseva, C. E. F. F. Rocha, and B. Abiahy, "Copepoda", in: *South Atlantic zooplankton*, vol. II, D. Boltovskoy, Ed. Leiden, The Netherlands: Backhyus Publishers, 1999, pp. 869-1098.
- [16] J. A. Ludwig and J. F. Reynolds, *Statistical Ecology – A primer on methods and computing*, USA: John Wiley & Sons, 1988, pp: 85-103.
- [17] H. M. Verhey, "Community structure, distribution and trophic ecology of zooplankton on the Agulhas Bank with special reference to copepods", *South African V. Sci.*, 90, pp. 154-165, 1994.
- [18] B. Chiahou, and M. Ramdani, "Système et distribution saisonnière des copépodes pélagiques de la Côté Atlantique Marocaine (Région d'el Jadida)", *J. Rech. océanographique*, 22 (3), pp. 75-80, 1997.
- [19] S. M. F. Ganesella-Galvão, E. Aidar, L. A. Vega-Pérez, and F. M. P. Saldanha-Correa, "Distribuição do plâncton na região costeira de São Sebastião", *Relat. téc. inst. oceanogr.*, 41, pp. 5-14, 1997.
- [20] D. R. Margalef, "La teoría de la información en ecología", *Mem. R. Ac. Cienc. Barcelona*, 32, pp. 373-449, 1957.
- [21] L. Legendre, "Phytoplankton organization in Baie des Chaleurs (Gulf St. Lawrence)", *Journ. Ecol.*, 61, pp. 135-149, 1973.
- [22] D. J. Rapport, "Evaluating ecosystem health", *J. Aquat. Ecosyst. Health*, I, pp. 15-24, 1994.
- [23] L. A. Vega-Peréz, "Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo", *Publção esp.oceanogr, S Paulo*, 10, pp. 65-84, 1993.