

ANÁLISE ECOLÓGICA DE UM PROCESSO DE ACUMULAÇÃO DA DIATOMÁCEA *Anaulus* sp. NA ZONA DE ARREBENTAÇÃO DA PRAIA DE NAVEGANTES (SANTA CATARINA, BRASIL)

RÖRIG, L. R.; RESGALLA Jr., C.; PEZZUTO, P. R.; ALVES, E. dos S. & MORELLI, F.

Resumo:

Este artigo relata um processo de acumulação da diatomácea *Anaulus* sp. na zona de arrebentação da praia de Navegantes (Santa Catarina, Brasil), relacionando-o com fatores ambientais e discutindo sua provável importância trófica no sistema praiial. Os resultados indicaram que este fenômeno, freqüente na área, e relacionado a passagem de sistemas frontais que aumentam a energia de onda na zona de arrebentação, disponibilizam grandes biomassas vegetais às cadeias tróficas pelágicas e bentônicas da praia. A verificação experimental de pastagem e predação do zooplâncton associado às microalgas, além da concentração de componentes do próprio zooplâncton e de peixes junto às acumulações, evidenciaram a ocorrência de fluxos tróficos durante os eventos. Tais fatos sugerem que a praia de Navegantes, a exemplo de diversas outras praias arenosas no mundo, possa ser considerada como um ecossistema costeiro altamente produtivo.

Palavras-chave: *Anaulus*, zona de arrebentação, *Metamysidopsis elongata*.

Abstract:

“Accumulation of the surf diatom *Anaulus* sp. at Navegantes Beach, Southern Brazil: An Ecological Approach”

This paper describes an accumulation process of the diatom *Anaulus* sp. in the surf zone of Navegantes beach (Santa Catarina, Brazil). Related environmental factors were analysed and trophic importance was discussed. The results showed that such periodical events, associated to the incidence of cold fronts and related increasing of wave energy on the surf zone, set a high vegetable biomass to pelagic and benthic food chains. The grazing and predation by zooplankton (experimentally indicated), as well as the concentration of zooplankton groups and fishes on the accumulations, indicate the occurrence of intense trophic fluxes during the events. These facts suggest that Navegantes beach, besides many sandy beaches of the world, could be also considered a very productive coastal ecosystem.

Key-words: *Anaulus*, surf-zone, *Metamysidopsis elongata*.

Introdução

Praias expostas, do tipo intermediário a dissipativo, sujeitas a forte ação de ondas, tendem a apresentar acumulações de diatomáceas na zona de arrebentação (Brown & McLachlan, 1990). Essas acumulações apresentam-se como manchas floculentas de coloração marrom na superfície da água e constituem uma importante fonte de biomassa vegetal às cadeias tróficas desses ambientes (Lewin & Mackas, 1972; Brown & McLachlan, 1990). Até o momento, sete espécies pertencentes a cinco gêneros foram registradas formando o fenômeno (***Aulacodiscus africanus***, ***Aulacodiscus kitonii***, ***Asterionella socialis***, ***Asterionella formosa***, ***Attheya armatus***, ***Asterionellopsis glacialis***, ***Anaulus australis***), sendo as manchas praticamente monoespecíficas ou, ocasionalmente, com duas ou mais espécies codominantes (Rapson, 1954; McLachlan & Lewin, 1981). Levantamentos recentes sobre a ocorrência desses fenômenos têm indicado que sua distribuição geográfica não apresenta um padrão global, abrangendo entre os 50° S e 50° N, com diferentes espécies apresentando limites biogeográficos estreitos (Campbell, 1994).

A formação dessas manchas, originalmente designadas como florações (Lewin & Schaefer, 1983), envolve a combinação de processos de migração vertical das células com fatores físicos relacionados a energia de onda (Talbot & Bate, 1988). Nas praias da África do Sul, Talbot *et al.* (1990) verificaram que ***Anaulus australis*** exibe uma periodicidade diária, onde as manchas sedimentam ao final da tarde, auxiliadas pela adesão de partículas em suspensão a um material mucilaginoso liberado pelas células, e retornam a superfície durante a manhã, quando as células livram-se da cobertura de mucilagem e sedimentos (Talbot & Bate, 1988). A maior parte das células, no entanto, permaneceria no sedimento, sendo que eventos de ressaca (aumentos na energia de onda) promoveriam ressuspensão de tais estoques e advecção em direção a praia, formando as densas acumulações. O retorno a condições menos dinâmicas promove a saída de estoques da zona de arrebentação e posterior sedimentação (Brown & McLachlan, 1990). Similaridades nas características morfodinâmicas das praias e nas feições gerais das acumulações evidenciam que tal processo seja comum a todas as espécies e locais de ocorrência (Talbot *et al.*, 1990).

No Brasil, acumulações de ***Asterionellopsis glacialis*** na zona de arrebentação de praias arenosas do Rio Grande do Sul, são freqüentes ao longo de todo o ano, tendo sido alvo de diversos estudos ecológicos (Gianuca, 1983; 1985; Odebrecht *et al.*, 1995). Acumulações mistas de ***A. glacialis*** e ***Anaulus sp.*** têm sido registradas em praias do Estado do Paraná (Rezende, 1995), com alternância no predomínio dessas espécies em diferentes eventos.

O presente trabalho descreve uma acumulação praticamente monoespecífica da diatomácea ***Anaulus sp.*** na zona de arrebentação da praia de Navegantes (Santa Catarina), relacionando-a com as condições físicas reinantes, discutindo sua provável

importância trófica no sistema praiial e analisando experimentalmente processos de pastagem e predação do zooplâncton associado.

Material & Métodos

Área de estudo

A praia de Navegantes (Fig. 1) localiza-se no estado de Santa Catarina, região sul do Brasil, imediatamente ao norte da desembocadura do rio Itajaí-açu ($26^{\circ}54'40''\text{S}$; $48^{\circ}39'00''\text{W}$). Trata-se de uma praia exposta, orientada no sentido NE-SW, com cerca de 9,6 km de extensão e, normalmente, apresentando uma zona de arrebetação bem desenvolvida. Seu estágio morfodinâmico varia temporalmente de intermediário a dissipativo, apresentando duas a três linhas de arrebetação (Klein, com. pess.). Aumentos bruscos na energia de onda são freqüentes, estando relacionados a passagem periódica de sistemas frontais na região.

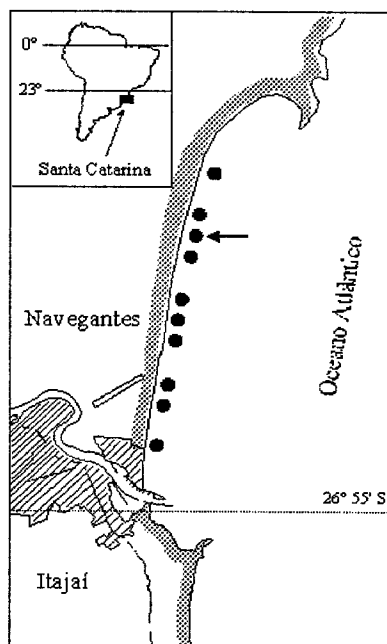


Figura 1. Localização da praia de Navegantes e das manchas de *Anaulus* sp. (indicadas com círculos pretos). A seta indica a posição da mancha em que foram realizadas as amostragens.

Dados físicos e morfodinâmicos

Medidas de largura da zona de arrebenção, número de linhas e tipo de arrebenção, altura significativa e período de onda foram efetuadas visualmente por um observador situado no topo do cordão de dunas. A velocidade e direção das correntes de deriva foram analisadas cronometrando-se o deslocamento de um flutuador por uma distância de 50m na zona de arrebenção, sendo que quando observadas correntes de retorno as estimativas foram efetuadas à esquerda e à direita das mesmas. Temperatura e salinidade da água foram medidos por termômetro e refratômetro. Através dos dados de altura significativa de onda ($H_{b1/3}$), período de onda (T) e velocidade aproximada de decantação das partículas de sedimento (Ws), já conhecida para a praia de Navegantes (Klein, com. pess.), foi estimado o parâmetro ômega ($\Omega = H_{b1/3}/Ws.T$), indicativo do estágio morfodinâmico instantâneo da praia. Todos os dados acima foram obtidos pela manhã em duas datas: 7 e 8 de outubro de 1995, durante o final de um processo de ressaca, motivado pela passagem de um sistema frontal ao dia 3 de outubro.

Fitoplâncton

Foram tomadas amostras de água superficial (primeiros 5 cm) dentro e fora de uma mancha de *Anaulu sp.*, aleatoriamente, escolhida na zona de arrebenção ao dia 8/10/1995. Essa camada superficial foi arbitrada como representativa do ambiente neustônico, onde, apesar da instabilidade determinada pela dinâmica da zona de arrebenção, ocorre a maior concentração de células (Talbot *et al.*, 1990). A coleta foi feita por três vezes em cada situação, sendo posteriormente misturadas para gerar uma amostra representativa de dentro e uma de fora da mancha. Triplicatas de 100ml destas amostras foram filtradas (filtro GF/F, 25mm) e os filtros utilizados para a determinação da concentração de clorofila-*a* por espectrofotometria (Parsons *et al.*, 1984a). Ao mesmo tempo, alíquotas de 200ml (uma para cada situação) foram fixadas em solução de lugol a 2% para posterior determinação da densidade de organismos fitoplanctônicos (Utermöhl, 1958). Foram também tomadas amostras de três depósitos de manchas sobre a praia para quantificação do número de células. Neste caso utilizou-se um cilindro de PVC com 3cm de diâmetro ($7,07\text{cm}^2$), retirando-se uma amostra de 0,5cm de profundidade. O material assim obtido (aproximadamente $3,53\text{cm}^3$ de sedimento) foi fixado em 10ml de solução de formol 4%, gerando amostras de duas fases: sedimento e líquido com material em suspensão. Para a quantificação, estas amostras foram agitadas e, após alguns segundos, foi retirado com conta-gotas o material líquido sobrenadante que continha as células em suspensão (Garcia-Baptista & Baptista, 1992). Tal procedimento foi repetido até separar cerca de 90% do líquido da amostra, o qual foi então tratado como amostra líquida para quantificação pelo método de Utermöhl (1958), atendendo para as correções de volume necessárias em função do processamento citado.

Além das amostragens acima, foi determinado o número, posição e dimensões aproximadas das manchas e depósitos das mesmas no sedimento do mesolitoral, a fim de obterem-se estimativas da abrangência dessas acumulações dentro do sistema.

Zooplâncton

Amostras de zooplâncton foram obtidas mediante arrastos superficiais horizontais na zona de arrebentação, dentro e fora das manchas de *Anaulus* sp., com uma rede cônica munida de fluxômetro (300mm de poro de malha e 50cm de diâmetro de boca), concomitantemente às amostragens do fitoplâncton. Análises do zooplâncton e medições do comprimento total de *Metamysidopsis elongata* (Crustacea: Mysidacea) foram realizadas em microscópio estereoscópico com oculares micrométricas, utilizando-se alíquotas de 10 % da amostra total.

Exemplares vivos de *M. elongata* foram mantidos em laboratório para a realização de experimentos de pastagem e predação. O experimento de pastagem consistiu na separação de 5 juvenis em frascos plásticos pretos de capacidade para 35ml (total de 15 frascos-teste), com 25 ml de água do mar ($25^{\circ}\text{C} \pm 2$ e salinidade 29) e células de *Anaulus* sp. (aproximadamente 50% da concentração de dentro da mancha). Foram também mantidos 5 frascos sem misidáceos para fins de controle. No início dos experimentos, a água de três frascos-teste foi filtrada (filtro GF/F, 25mm) para determinação de clorofila-*a* e feopigmentos (tempo zero). Ao final de cada hora, a partir da segunda (total de 5 horas), os conteúdos de 3 frascos com misidáceos + *Anaulus* sp. e um frasco de controle foram igualmente filtrados para análise da concentração final de clorofila-*a* e feopigmentos. Diminuição da clorofila-*a* e aumento em feopigmentos em relação ao controle foram interpretados como evidência de pastagem (Hargis, 1977; Omori & Ikeda, 1984).

Os experimentos de predação consistiram na manutenção de adultos de *M. elongata* em frascos com 100 ml de água do mar ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 32 de salinidade, incubados no escuro), contendo um misidáceo e 50 náuplios de *Artemia* sp. (total de 18 frascos-teste). Paralelamente foram mantidos 6 frascos apenas com 50 náuplios de *Artemia* sp. para fins de controle. Ao final de cada hora, 3 frascos de misidáceo+náuplios e 1 frasco de controle foram fixados com 5ml de formol a 40%. O material de cada frasco foi quantificado em microscópio estereoscópico quanto ao número de náuplios inteiros (fixados vivos), fragmentados (resultante da predação) e em decomposição (devido a mortalidade natural).

Resultados

As características físicas e morfodinâmicas da praia nos dias estudados mostraram uma tendência geral de evolução do sistema praiado de uma situação quase dissipativa para intermediária, caracterizada, por exemplo, pela redução na largura da zona de arrebentação, alteração do tipo de onda, presença de correntes de retorno e

incremento nas velocidades das correntes de deriva associadas às mesmas, evidenciando a ocorrência de células de circulação (Tab. I). Enquanto no primeiro dia as manchas apresentavam-se mais dispersas, no segundo dia apresentavam-se concentradas junto às correntes de retorno, tendo sido observadas 10 manchas com dimensões similares ao longo de toda a praia, além de igual número de depósitos sobre o sedimento no mesolitoral (Tab. II).

Tabela I. Variáveis físicas e morfodinâmicas na área estudada.

VARIÁVEIS	DATAS	
	7/10/95	8/10/95
Temperatura da água (°C)	22,0	21,6
Salinidade (‰)	29	29
Vento	SW fraco	SW fraco
Largura da Zona de Arrebentação (m)	90	70
Número de linhas de arrebentação	2	3
Tipo de arrebentação	derramamento-mergulhantes	mergulhantes-derramamento
Período médio das ondas (s)	10,8	12,4
Altura significativa das ondas (m)	1,08	0,68
Ômega (Ω)	5,10 (intermediário)	2,80 (intermediário)
Presença de correntes de retorno	não	sim
Velocidade e direção da deriva (m/s)	0,14 (N)	0,45 (S) e 0,52 (N)*

* Velocidades medidas nas laterais das correntes de retorno.

Tabela II. Dimensões gerais aproximadas da praia de Navegantes (SC) e das acumulações de *Anaulus sp.* durante o período estudado.

Comprimento da praia	9.600 m
Superfície da zona de arrebentação *	672.000 m ²
Superfície média das manchas	900 m ²
Número de manchas	10
Superfície total das manchas	9.000 m ²
Superfície sem manchas	663.000 m ²
Número de depósitos no mesolitoral	10
Superfície média dos depósitos	90.000 cm ²
Superfície total dos depósitos	900.000 cm ²

* valor obtido pelo produto entre o comprimento da praia e a largura da zona de arrebentação no dia 08.10.1995 (70 m).

A concentração de clorofila-*a* dentro da mancha foi cerca de 680 vezes maior que fora da mesma, evidenciando um alto grau de heterogeneidade na distribuição da biomassa fitoplanctônica (Tab. III). Os feopigmentos, no entanto, revelaram um comportamento diferente, com menor amplitude nas diferenças entre as concentrações dentro e fora da mancha (Tab. III). Por outro lado, a abrangência das manchas em termos de superfície relativa foi pequena, pois representou apenas 1,3% da superfície total da zona de arrebentação (Tab. II). Situação similar de heterogeneidade seria esperada ao nível do sedimento do mesolitoral, haja vista a ocorrência de depósitos somente junto aos locais com ocorrência de manchas.

Apesar da ocorrência de outras espécies fitoplanctônicas e fitobênticas (além de ciliados), *Anaulus sp.* mostrou-se dominante tanto dentro como fora da mancha, e no sedimento do mesolitoral (Tab. IV), caracterizando-se assim como principal produtor primário do ecossistema na situação estudada.

Em relação a identificação da espécie formadora das manchas, embora uma análise superficial (dimensões e forma das células) tenha sugerido ser *Anaulus australis* Drebes et Schulz (= *birostratus*) (com base em Drebes & Schulz, 1989), optou-se por deixá-la indefinida, pois seriam necessárias análises particulares e opinião de especialistas. Rezende (1995), que detectou *Anaulus sp.* em praias do litoral do Paraná, 150km ao norte (provavelmente a mesma espécie encontrada na praia de Navegantes), já chamou a atenção para a dificuldade de classificação em nível de espécies nesse gênero.

As densidades do zooplâncton, dentro e fora da mancha mostraram-se similares (419 e 394 org./m³, respectivamente), porém, sua composição específica foi bem distinta (Tab. V). Dentro da mancha os misidáceos (juvenis de *Metamysidopsis elongata*) foram os organismos dominantes (79,3%), enquanto que fora da mesma, a importância numérica dividiu-se entre misidáceos e copépodos (49,5% e 32,8%, respectivamente). Embora somente juvenis de misidáceos tenham sido encontrados no ambiente, o tamanho dos indivíduos dentro da mancha foi significativamente maior do que fora da mesma ($p < 0,0001$; teste K-S), sugerindo uma segregação espacial tanto a nível de grupos (copépodo e misidáceo) como a nível populacional (segregação etária dos misidáceos) (Fig. 2).

Tabela III. Concentrações de clorofila-*a* (microgramas por litro) e feopigmentos (microgramas por litro e percentual sobre a soma entre clorofila-*a* e feopigmentos) dentro e fora da mancha mostrada.

Local	Clorofila- <i>a</i>		Feopigmentos %
	mg/L	mg/L	
Dentro da Mancha	11.080,21	850,4	7
Fora da Mancha	16,24	7,79	32

Tabela IV. Densidades absolutas (células por litro ou células por cm²) e relativas (%) de organismos fitoplancônicos nos diferentes locais amostrados. O sinal “-” indica ausência.

Espécie	Densidade de células					
	dentro da mancha		fora da mancha		depósito	
	cél./L	%	cél./L	%	cél./cm ²	%
Diatomáceas						
Anulus australis	1,44x10 ¹⁰	100	2,6x10 ⁵	65	2,8x10 ⁶	99
Thalassionema nitzschioides	-	-	7x10 ⁴	18	3,2x10 ³	0,004
Navicula cancellata	-	-	1,6x10 ⁴	4	1,3x10 ⁴	0,007
Navicula sp.	-	-	3,2x10 ⁴	8	-	-
Thalassiosira sp.	-	-	1,1x10 ⁴	2	-	-
Coccinodiscus sp.	-	-	2,7x10 ³	0,1	-	-
Aulacodiscus sp.	-	-	-	-	9,6x10 ³	0,006
Fallacia pygmaea	-	-	-	-	1,6x10 ⁴	0,008
Campylosira cymbelliformis	-	-	-	-	1,3x10 ⁴	0,007
Thalassionema frauenfeldii	-	-	-	-	3,2x10 ³	0,004
Tropidoneis lepidoptera	-	-	-	-	1,3x10 ⁴	0,007
Total	1,44x10 ¹⁰	100	3,9x10 ⁵	95,1	2,9x10 ⁶	99,04
Dinoflagelados						
Prorocentrum micans	-	-	2,7x10 ³	0,1	-	-
Amphidinium sp.	-	-	-	-	2,3x10 ⁴	0,08
Total	-	-	2,7x10 ³	0,1	2,3x10 ⁴	0,08
Outros grupos						
Mesodinium rubrum*	-	-	1,1x10 ⁴	2	-	-
Dictyocha fibula	-	-	2,7x10 ³	0,1	-	-
Total	-	-	1,4x10 ⁴	2,1	-	-

* Embora **Mesodinium rubrum** seja um ciliado, incluiu-se o mesmo nesta tabela em função das microalgas endossimbiontes que a espécie apresenta.

Os experimentos de pastagem de juvenis de **M. elongata** sobre **Anulus sp.** indicaram um consumo temporalmente contínuo e em baixa taxa (Fig. 3A). Já a predação de adultos desta espécie sobre náuplios de **Artemia sp.** parece ter sido marcada por pulsos de altas taxas a cada 4 horas (Fig. 3B). Embora não tenham sido efetuados experimentos de pastagem com misidáceos adultos (devido a sua ausência no ambiente por ocasião das amostragens), os resultados sugerem que estes organismos podem comportar-se como omnívoros oportunistas com preferências alimentares, ritmos e taxas variáveis ao longo de sua ontogenia; processos freqüentemente verificados em muitos grupos planctônicos marinhos (Parsons *et al.*, 1984b).

Tabela V. Densidades absolutas (organismos/m³) e relativas (%) de organismos zooplantônicos nos diferentes locais amostrados. O sinal “-” indica ausência.

Grupos e Espécies	Dentro da mancha		Fora da mancha	
	Nº Org/m ³	%	Nº Org/m ³	%
- Dinoflagelados heterotróficos				
Noctiluca sp.	17	4,09	3	0,72
- Hydrozoa				
Hidromedusas	2	0,51	2	0,48
Siphonophorae Calycophorae	-	-	1	0,24
Total	2	0,51	3	0,72
- Echinodermata (larvas)	-	-	1	0,24
- Crustacea Cladocera				
Evadne tergestina	1	0,26	-	-
Penilia avirostris	31	7,42	16	4,07
Total	32	7,68	16	4,07
- Crustacea Ostracoda bentônico	1	0,26	-	-
- Crustacea Copepoda				
Acartia lilljeborgi	3	0,77	33	8,37
Oithona plumifera	-	-	1	0,24
Pseudocalanidae	-	-	6	1,44
Corycaeus sp.	1	0,26	3	0,72
Pseudodiaptomus richardi	-	-	2	0,48
Paracalanus sp.	1	0,26	1	0,24
Temora stylifera	2	0,51	2	0,48
Copepoditos	8	1,79	82	20,81
Total	15	3,59	130	32,78
- Crustacea Cirripedia - Nauplius	-	-	2	0,48
- Crustacea Isopoda	-	-	2	0,48
- Crustacea Amphipoda Gammaridea	9	2,05	35	8,85
- Crustacea Mysidacea				
Metamysidopsis elongata	332	79,28	195	49,52
- Crustacea Decapoda (Zoea)	3	0,77	2	0,48
- Chaetognatha				
Sagitta enflata	1	0,26	-	-
- Appendicularia	3	0,77	-	-
- Peixes (ovos)	3	0,77	7	1,67
TOTAL GERAL	419		394	

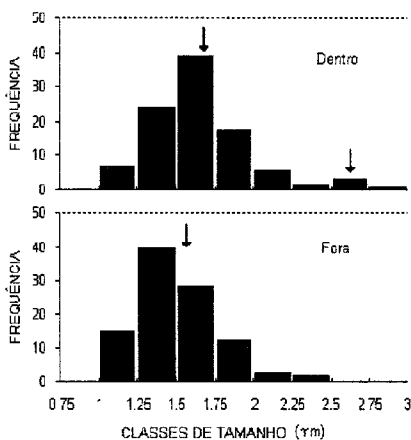


Figura 2. Distribuição das classes de tamanho de *Metamysdopsis elongata* nas amostras de dentro e fora da mancha de *Anulus sp.* As setas indicam as modas.

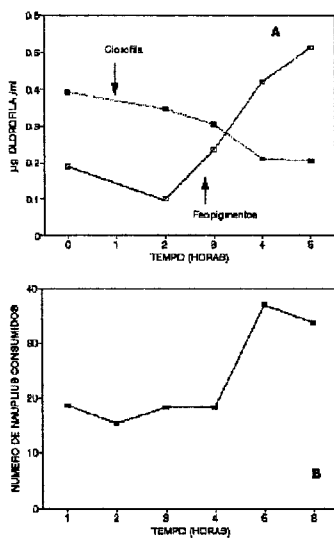


Figura 3. Clorofila-*a* de *Anulus sp.* consumida e fecopigmentos produzidos (A) e número de nauplius de *Artemia sp.* consumidos (B) por horas de incubação nos experimentos de pastagem e predação por *Metamysdopsis elongata*.

Discussão

Brown & McLachlan (1990), reunindo dados de diversos estudos em diferentes praias ao redor do mundo, estabeleceram que ocorrem dois tipos ecológicos de praia: os sistemas de praias de interface e os ecossistemas de praia e zona de arrebenção. Os primeiros corresponderiam a praias com pouca ou nenhuma zona de arrebenção, ausência de produtores primários residentes, baixa biomassa geral e, portanto, dependentes de importação de recursos a partir do mar. Os segundos, corresponderiam a praias com zonas de arrebenção bem desenvolvidas e significativa produção primária autóctone, relacionada a presença das chamadas diatomáceas de zona de arrebenção. As características físicas e morfodinâmicas destas praias possibilitam a manutenção dos ciclos de ressuspensão/ sedimentação/migração particulares deste grupo de diatomáceas que, com sua elevada e renovável biomassa sustentam as diversas cadeias tróficas desses ambientes. Tal caracterização tem sido confirmada para um número crescente de praias onde constata-se a ocorrência de processos similares de acumulação de diatomáceas. Pelos resultados obtidos neste trabalho, a praia de Navegantes trata-se de um exemplo típico. As altas densidades de células ($1,44 \times 10^{10}$ cél./l - *Anaulus sp.*) registradas neste evento assemelham-se aos valores médios registrados na praia do Cassino (Rio Grande do Sul, Brasil) ($1,48 \times 10^9$ cél./l - *Asterionellopsis glacialis*), onde já existem evidências do papel central das acumulações de diatomáceas na caracterização da mesma como ecossistema altamente produtivo.

Os elevados valores de clorofila-*a* associados a percentuais de feopigmentos relativamente baixos verificados dentro da mancha (Tab. III), poderiam estar indicando populações algais em bom estado fisiológico (Harris, 1986). Considerando-se a existência do ciclo de ressuspensão/sedimentação típico das diatomáceas de zona de arrebenção, pode-se supor que, apesar de os estoques manterem-se por muito tempo no ambiente bentônico (situação de ausência de manchas), deve haver um considerável crescimento populacional quando os mesmos passam para o ambiente neustônico (situação com manchas). Experimentos com o intuito de determinar a eficiência fotossintética da espécie formadora poderão testar tal hipótese que, se confirmada, indicaria uma adaptação fisiológica da mesma ao processo físico da ressuspensão. Ou seja, enquanto a biomassa inicial é fisicamente disponibilizada, a nova situação de luz encontrada no nêuston possibilitaria altas taxas de fotossíntese.

Além dos aportes na forma particulada, as diatomáceas liberam altas quantidades de material dissolvido, amplamente aproveitado pela alça microbiana. Experimentos realizados na África do Sul com *Anaulus australis* (a partir de amostras de zona de arrebenção), mostram que pelo menos 22% de sua produção primária é exsudada na forma dissolvida (McLachlan & Bate, 1984). Pode-se, portanto, esperar uma grande importância da alça microbiana na praia de Navegantes pois os fenômenos parecem apresentar um alto grau de similaridade com os descritos na África do Sul.

Do total de carbono disponibilizado nos eventos de acumulação, parte é consumido nas interações tróficas do próprio sistema e parte pode ser diretamente exportada por processos de advecção (McLachlan & Bate, 1984).

No tocante às interações tróficas, os misidáceos são conhecidos como omnívoros oportunistas, alimentando-se do item em maior abundância no meio (Clutter, 1969). Os resultados deste estudo confirmam que **M. elongata** pode apresentar tanto ação de pastagem sobre o fitoplâncton como predação animal (Fig. 3), o que favorece sua sobrevivência dentro e fora das manchas, e caracteriza sua importância durante os eventos de acumulações.

Diversos trabalhos têm sugerido que os misidáceos apresentam a capacidade de se manterem dentro de manchas para maior aproveitamento do alimento disponível, apesar do transporte promovido pelas correntes de deriva (Clutter, 1969; Clutter & Theilacker, 1971; Brown & McLachlan, 1990). Segundo o primeiro autor, misidáceos maiores apresentam maior capacidade de natação, sendo, conseqüentemente, mais eficazes na manutenção de sua posição espacial. Tal fato poderia justificar o maior tamanho dos organismos coletados dentro da mancha (Fig. 3). Além disso, se os processos físicos responsáveis pela acumulação passiva de **Anaulus sp.** nas correntes de retorno fossem aplicados a todo o zooplâncton, não seria justificada a grande dominância de **M. elongata** nesses locais (Tab. V). Em relação aos copépodos, as menores densidades no interior das manchas poderiam refletir uma maior predação pelos misidáceos, porém esta questão permanece por ser investigada. Ressalta-se, contudo, que segregações espaciais entre copépodos e misidáceos foram também encontradas por Bersano (1994) nas praias do Rio Grande do Sul. Segundo o autor, os copépodos seriam passivamente transportados, ao passo que os adultos de misidáceos superariam correntes de deriva, acumulando-se mesmo em áreas com velocidades de até 0,61m/s.

A constatação do esforço concentrado de pescadores artesanais e esportivos sobre as manchas, bem como observações realizadas pelos autores, sugerem uma alta incidência de peixes planctófagos e carnívoros no interior das mesmas. Tal fato, associado a verificação da pastagem e predação pelo zooplâncton, indicam a existência de intensos fluxos tróficos em diversos níveis na coluna de água. Além disto, os depósitos sobre a praia representariam aportes importantes ao bentos de meso e supralitoral.

De maneira geral verifica-se uma relação direta entre a intensidade de acumulação de diatomáceas e energia de onda nas praias onde estes fenômenos são registrados (Brown & McLachlan, 1990). No caso da praia de Navegantes, o início dos eventos é caracterizado por uma ampliação da zona de arrebentação, o que promoveria a ressuspensão dos estoques do sedimento, porém, sem a formação de acumulações devido à turbulência excessiva. Posteriormente, formam-se acumulações

nas áreas de cavas, onde a quebra de ondas é menos freqüente, havendo uma tendência de as correntes de deriva (predominantemente de sul para norte nesses eventos) concentrarem as mesmas junto ao promontório norte da praia. Nessas situações pode haver saída de material do sistema por efeito topográfico, pois a água empilha-se e tende a ser direcionada para o mar aberto pela presença do promontório. Com uma diminuição relativa da energia de onda, as acumulações distribuem-se ao longo de toda a praia, ficando sua posição associada às correntes de retorno. No final do processo, tais correntes devem mobilizar as acumulações em direção ao mar onde ocorre nova sedimentação. Estas situações representam diferentes estágios morfodinâmicos da praia, onde, no início, alta energia e virtual ausência de correntes de retorno caracterizam estágios dissipativos e, ao final, menor energia e presença evidente de correntes de retorno caracterizam estágios intermediários. As mudanças observadas de um dia para o outro nas características morfodinâmicas da praia durante este estudo (Tab. I), correspondem a parte deste padrão seqüencial. Os padrões de circulação celular, típicos de praias intermediárias a dissipativas, são fatores cruciais na manutenção dos estoques de diatomáceas de zona de arrebenção dentro dos limites do ecossistema praiial, permitindo a ciclicidade dos eventos (Brown & McLachlan, 1990). Para o caso da praia de Navegantes é interessante ressaltar que suas dimensões são pequenas se comparadas a outras praias ditas ativas para o fenômeno (por exemplo, a praia de Sundays River, na África do Sul tem cerca de 40km de extensão (McLachlan & Bate, 1984) e as praias do Rio Grande do Sul, Brasil, têm centenas de quilômetros). Possivelmente, Navegantes possui dimensões próximas do limite mínimo para a ocorrência efetiva das diatomáceas de zona de arrebenção com seus ciclos e conseqüências ecológicas. Tais fatos chamam a atenção para a realização de estudos sobre os padrões de circulação nesta praia, os quais permitirão compreender a dinâmica da acumulação, posicionamento e movimentação das manchas internamente e externamente ao ecossistema praiial.

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem a inserção da praia de Navegantes no conjunto de praias arenosas consideradas como ecossistemas auto-sustentáveis. Conclusões efetivas a esse respeito serão possíveis a medida que forem determinadas taxas de produção primária das acumulações, paralelamente a um monitoramento da freqüência e intensidade dos fenômenos quanto a biomassa disponibilizada e a um estudo detalhado dos padrões de circulação de água no ambiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas José Angel Alvarez Perez, pelas sugestões ao manuscrito; Carlos Augusto Schettini, pelos auxílios computacionais e João Luiz Baptista de Carvalho, pelas informações meteorológicas.

Referências bibliográficas

- BERSANO, J. G. 1994. *Zooplâncton da Zona de Arrebentação de Praias Arenosas Situadas ao Sul de Rio Grande (RS) - Primavera de 1990, Verão de 1991*. Tese de Mestrado. Universidade do Rio Grande. 163 pp.
- BROWN, A. C. & A. McLACHLAN 1990. *Ecology of Sandy Shores*. Elsevier, Amsterdam. 328 pp.
- CAMPBELL, E. E. 1994. Global species distribution of surf diatoms. *Sandy Beaches '94 - International Symposium on Sandy Beaches*, Valdívia. p. 21.
- CLUTTER, R. I. 1969. The microdistribution and social behavior of some pelagic mysid shrimps. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **3**: 125-150.
- CLUTTER, R. I. & G. H. THEILACKER 1971. Ecological efficiency of a pelagic mysid shrimp; estimates from growth, energy budget, and mortality studies. *Fishery Bulletin*, **69**(1): 93-115.
- DREBES, G. & D. SCHULZ 1989. *Anaulus australis* sp. nov. (Centrales, Baccillariophyceae) a new marine surf zone diatom, previously assigned to *A. birostratus* (Grunow) Grunow. *Botanica Marina*, **32**: 53-64.
- GARCIA-BAPTISTA, M. & L. R. M. BAPTISTA 1992. Algas psâmicas de Jardim Beira-Mar, Capão da Canoa, Rio Grande so Sul. *Revista Brasileira de Biologia*, **52**: 325-342.
- GIANUCA, N. M. 1983. A preliminary account of the ecology of sandy beaches in Southern Brazil. pp. 413-419. In: McLachlan, A. & T. Erasmus (eds). *Sandy Beaches as Ecosystems*. W. Junk Publishers. Hague.
- GIANUCA, N. M. 1985. *The Ecology of a Sandy Beach in Southern Brazil*. PhD. Thesis. University of Southampton. 330 pp.
- HARGIS, J. R. 1977. Comparison of techniques for the measurement of zooplankton filtration rates. *Limnology and Oceanography*, **22**: 942-945.
- HARRIS, G. P. 1986. *Phytoplankton Ecology - Structure, Function and Fluctuation*. Chapman and Hall, London. 384 pp.
- LEWIN, J. & D. MACKAS 1972. Blooms of the surf-zone diatoms along the coast of the Olympic Peninsula, Washington. I. Physiological investigations of *Chaetoceros armatum* and *Asterionella socialis* in laboratory cultures. *Marine Biology*, **16**: 171-181.

- LEWIN, J. & C. T. SCHAEFER 1983. The role of phytoplankton in surf ecosystems. pp. 381-389. In: McLachlan, A. & T. Erasmus (eds). *Sandy Beaches as Ecosystems*. W. Junk Publishers. Hague.
- MCLACHLAN, A. & G. BATE 1984. Carbon budget for a high energy surf zone. *Vie Millieu*, **34**(2/3): 67-77.
- McLACHLAN, A. & J. LEWIN 1981. Observations on surf phytoplankton blooms along the coast of South Africa. *Botanica Marina*, **16**: 113-138.
- ODEBRECHT, C.; A. Z. SEGATTO & C. A. FREITAS 1995. Surf-zone chlorophyll a variability at Cassino Beach, Southern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **41**: 81-90.
- OMORI, M. & T. IKEDA 1984. *Methods in Marine Zooplankton Ecology*. John Wiley & Sons, New York. 332 pp.
- PARSONS, T. R.; Y. MAITA & C. M. LALLI 1984a. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press, Oxford. 173 pp.
- PARSONS, T. R.; M. TAKAHASHI & B. HARGRAVE 1984b. *Biological Oceanographic Processes*. 3rd Ed. Pergamon Press, Oxford. 330 pp.
- RAPSON, A. M. 1954. Feeding and control of *Toheroa* (*Amphidesma ventricosum* Gray) (Eulamellibranchiata) populations in New Zealand. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **5**: 486-512.
- REZENDE, K. R. V. 1995. *Dinâmica Temporal do Fitoplâncton de Zona de Arrebentação da praia de Pontal do Sul (Paranaguá - PR)*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 130 pp.
- TALBOT, M. M. B. & G. C. BATE 1988. The use of false Buoyancies by the the surf diatom *Anaulus birostratus* in the formation and decay of cell patches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **26**: 155-167.
- TALBOT, M. M. B.; G. C. BATE & E. E. CAMPBELL 1990. A review of the ecology of surf-zone diatoms with special reference to *Anaulus australis*. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, **28**: 155-175.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitteilung Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, **9**: 1-38.

Endereço

RÖRIG, L. R.; RESGALLA Jr., C.; PEZZUTO, P. R.; ALVES, E. dos S. & MORELLI, F.
Faculdade de Ciências do Mar - Universidade do Vale do Itajaí. Rua Uruguai, 458 - Cx.
Postal, 360 - Itajaí - SC - Brasil, CEP 88302-202; Fone/Fax: (0473) 344-7633.
E-mail: oceano@melim.com.br