Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 36(1/2):1-16, 1988

O MICROFITOPLÂNCTON DAS ÁGUAS COSTEIRAS DO LITORAL FLUMINENSE (ESTADO DO RIO DE JANEIRO): LISTA DE ESPÉCIES E ASPECTOS ECOLÓGICOS

Nadja M. LINS DA SILVA; Jean L. VALENTIN & Christina T. B. BASTOS

Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira
(Rua Kioto, 253 - 28910 Arraial do Cabo, RJ)

Abstract

Phytoplankton of the coastal water between Cabo Frio and Rio de Janeiro were studied at the upwelling season (October, January and March). Qualitative and quantitative variations are analized in function of the hydrological conditions by means of a multivariate statistical treatment of data. Cabo Frio upwelling is responsible for occurrence of a thermocline in the euphotic layer which induces phytoplankton growth, beginning by small-sized species (Nitzschia spp, Skeletonema costatum) and evoluting to highest diversity and quantity of different microphytoplanktonic forms (Guinardia, Rhizosolenia, Chaetoceros, Thalassiothrix). When water column is sharply stratified, we observe Guanabara Bay influence, with high growth of Skeletonema costatum and high quantity of detritus together with blue-green algae and nanoplanktonic forms.

Descriptors: Phytoplankton, Coastal waters, Coastal upwelling, Species diversity, Multivariate analysis, Ecological succession, Rio de Janeiro: Brazil.
Descritores: Fitoplâncton, Águas costeiras, Ressurgência costeira, Diversidade das espécies, Análise multivariada, Sucessão ecológica, Rio de Janeiro.

Introdução

As águas marinhas que banham o litoral fluminense entre Cabo Frio e Rio de Janeiro, fazem parte do ecossistema da ressurgência de Cabo Frio, recebendo forte influência da subida da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Essa influência é de natureza física (baixas temperaturas, freqüentemente inferiores a 15°C), química (teores elevados de sais nutrientes) e biológica (transferência de populações, eutroficação).

As pesquisas sobre o microfitoplâncton até agora realizadas neste ecossistema abordaram principalmente os aspectos temporais numa estação fixa (Valentin *et al.*, 1985), ou geográficos na plataforma continental (Valentin *et al.*, 1987). Entretanto, existem evidências de que as maiores concentrações planctônicas ocorrem numa estreita faixa costeira entre Cabo Frio e Rio de Janeiro, área de intensa atividade pesqueira. Recentes medições de correntes confirmaram a existência de uma componente normal à costa. Essa corrente seria provavelmente responsável pelo represamento do plâncton ao longo da costa.

Estudos anteriores sobre a hidrologia da região evidenciaram uma nítida contribuição de águas costeiras quando, por ventos SW, ocorre um processo de subsidência com descida da ACAS e invasão de água superficial quente de origem oceânica (Corrente do Brasil), ou continental (água de baixa salinidade oriunda, em parte, da Baía de Guanabara).

Este trabalho teve por objetivo analisar com maiores detalhes, a estrutura do microfitoplâncton desta área costeira sujeita a uma alternância de diversas massas d'água, sua composição específica e os fatores responsáveis pela sua variabilidade. Embora sabendo que, em regiões tropicais, as frações pico e nanoplanctônicas são as vezes responsáveis pelas maiores taxas de produção primária, nosso trabalho limitou-se ao compartimento microfitoplanctônico (células

Contr. nº 689 do Inst. oceanogr. da Usp.

de tamanho maior que 20 micra), onde foi possível se fazer um estudo sistemático que permitiu uma caracterização das condições hidrológicas através das comunidades de espécies.

Este trabalho constituiu parte de um programa de pesquisas hidrobiológicas do litoral fluminense, cujos resultados encontram-se no prelo (Andre *et al.*) ou já publicados (Valentin *et al.*, 1987).

Métodos

As coletas d'água foram efetuadas com garrafa de Nansem nas profundidades de 0, 5, 15 e 30 metros, em 10 estações costeiras situadas entre Cabo Frio e a Baía de Guanabara, na ocasião de três comissões do AvPqOc SO OLIVEIRA: dia 17/10/84 (operação PLATAFORMA IV, chamada PL4 no texto), dia 02/01/85 (operação PLATAFORMA V, ou PL5) e dia 27/03/85 (operação PLATAFORMA VI ou PL6) (Fig. 1). As amostras de água (250 ml) destinadas ao estudo do microfitoplâncton foram imediatamente fixadas a bordo com formol neutralizado a 4 porcento. Para identificação e contagem das células, empregou-se o método de sedimentação de Utermohl (1958) com cubetas de 50 ml e um tempo de sedimentação de 48 horas. Foi utilizado o microscópio invertido marca Zeiss com aumento de 250 vezes. De maneira geral, foram contadas as células contidas em metade da câmara, exceto para as espécies mais abundantes (mais de 100 células em um diâmetro da câmara) que foram contadas em apenas 2 diâmetros. Na identificação das espécies utilizou-se principalmente trabalhos de Cleve-Euler (1951, 1952, 1953 e 1955), Cupp (1943), Hendey (1964), Peragallo & Peragallo (1965) e Steidinger & Williams (1970).

As variáveis físico-químicas foram analisadas simultaneamente e os resultados publicados separadamente (Andre *et al.*, no prelo).

Para facilitar a análise e a interpretação integrada dos dados reunidos, com intuito de definir os fatores ecológicos e seu impacto sobre as comunidades algais, fez-se necessário o uso de uma técnica estatística multivariada, a análise fatorial em componentes principais (ACP). A análise fatorial tem por objetivo simplificar e condensar a massa de dados iniciais, expressando a trama complexa de interrelações entre variáveis por um menor número de fatores. Além de evidenciar esses fatores, a análise fatorial facilita também uma definição das comunidades de espécies (Harmann, 1970). Os métodos multivariados são de uso freqüente em ecologia marinha, embora ainda pouco difundidos no Brasil, nesta área (Verdinelli, 1980; Valentin, 1981; Jacobi, 1987).

Resultados

Condições hidrológicas

As condições hidrológicas observadas durante as três comissões foram caracterizadas pela ocorrência do fenômeno da ressurgência com afloramento da ACAS (temperatura inferior a 18°C) ou presença de termoclina, e a influência de água costeira (salinidade inferior a 35,20 ppm). O diagrama TS (Fig. 2) ilustra esses diversos tipos de água.

Operação PLATAFORMA IV

Temperatura e salinidade

Nesta comissão, as águas frias de ressurgência afloraram em toda a extensão do litoral com temperaturas inferiores a

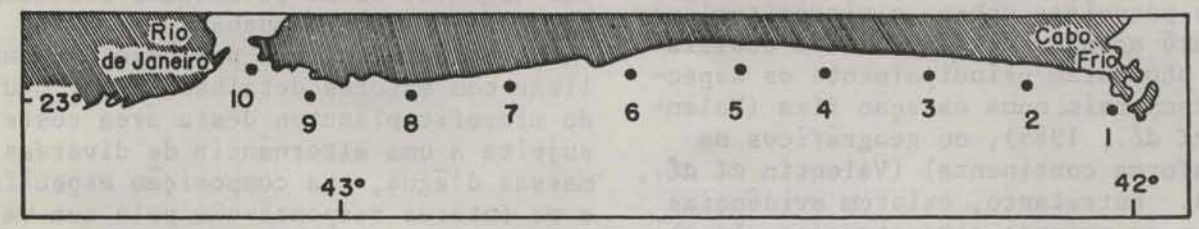

Fig. 1. Posição das estações de coleta das operações PLATAFORMA.

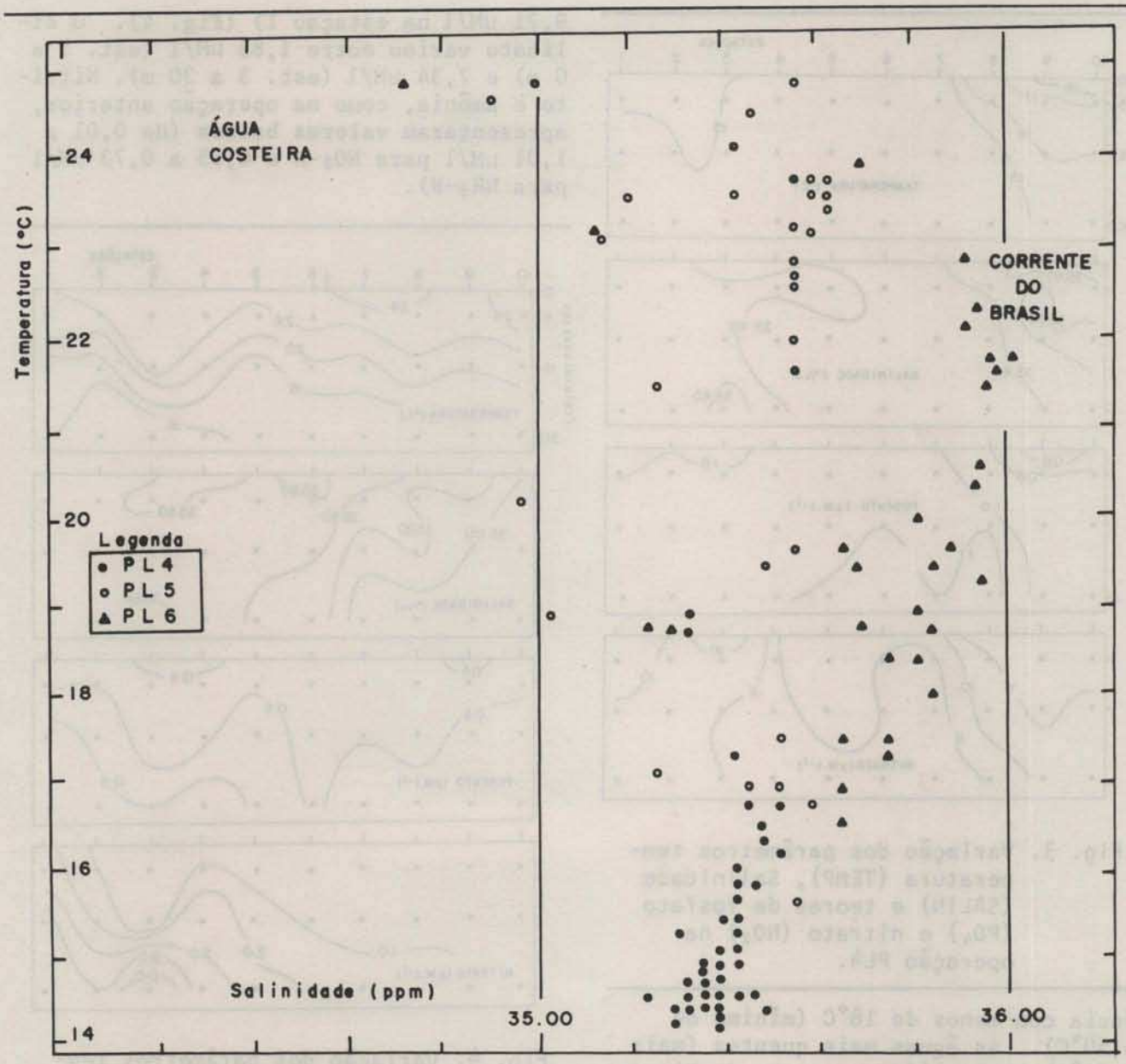

Fig. 2. Diagrama TS nas operações PL4, PL5 e PL6.

18°C na superfície e inferiores a 15°C no fundo (30 metros), com exceção das estações 9 e 10 (próximas ao Rio de Janeiro) onde as águas mostraram um leve aquecimento na superfície (18,5 e 18,7°C) mas permaneceram frias no fundo (16,0 e 15,4°C). A salinidade variou pouco nesta comissão (entre 35,30 e 35,50 ppm) (Fig. 3).

Nutrientes

De maneira geral, as águas frias têm teores de fosfato entre 0,7 e 1,1 µM/l e de nitrato entre 9,0 e 12,0 µM/l. Nas águas de superfície próximas ao Rio de Janeiro (estações 8, 9 e 10), os teores diminuiram respectivamente em 0,81, 0,56 e 0,60 µM/l para o fosfato e em 7,65, 7,88 e 7,30 µM/l para o nitrato (Fig. 3). Os teores em nitrito e amônia foram baixos (inferiores a 0,3 e 0,6 µM/l respectivamente) e os de silicato seguiram o mesmo padrão de variação que o nitrato (de 6,0 a 7,0 µM/l em água fria, de 4,0 a 6,0 µM/l nas estações 8 a 10).

Operação PLATAFORMA V

Temperatura e salinidade

A estrutura hidrológica foi caracterizada pela presença de uma termoclina a cerca de 20 m de profundidade. Uma camada de água superficial quente (18,0 a 24,8°C) se superpôs às águas de ressur-

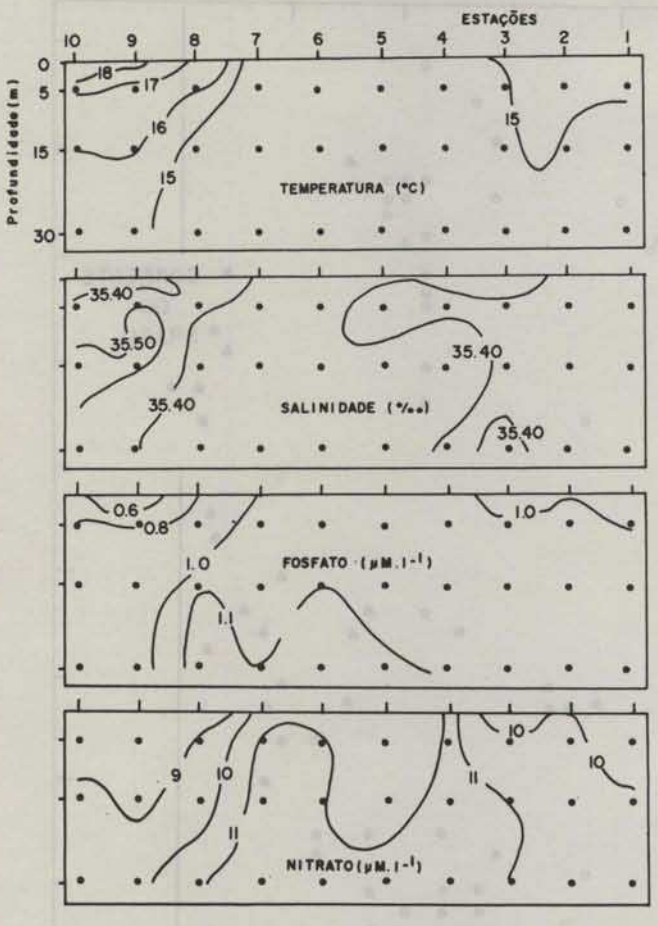

Fig. 3. Variação dos parâmetros temperatura (TEMP), Salinidade (SALIN) e teores de fosfato (PO_4) e nitrato (NO_3) na operação PL4.

gência com menos de 18°C (mínimo de 15,50°C). As águas mais quentes (mais de 24°C) se localizaram perto do Rio de Janeiro (estações 7 a 10), e as mais frias (entre 15,5 e 17,0°C) nas profundidades de 15 a 30 metros das estações 1 a 3, indicando uma maior subida da ACAS na área próxima a Cabo Frio. A salinidade variou entre 35,40 e 35,00 ppm no trecho entre as estações 1 e 7, e diminuiu abaixo de 35,20 ppm entre as estações 7 e 10 (Fig. 4)

Nutrientes

Os teores mais baixos de fosfato (0,31 e 0,51 µM/l) foram registrados na superfície e os mais altos (0,8 e 1,00 µM/l), no fundo, perto de Cabo Frio. Os nitratos seguiram o mesmo padrão de variação, com valores mínimos na superfície, entre 0,08 (est. 10 e 2,15 µM/l (est. 1) e valores máximos no fundo, próximo a Cabo Frio (de 4,77 µM/l na estação 4, até 9,71 µM/l na estação 1) (Fig. 4). O silicato variou entre 1,83 µM/l (est. 5 a 0 m) e 7,34 µM/l (est. 3 a 30 m). Nitrito e amônia, como na operação anterior, apresentaram valores baixos (de 0,01 a 1,01 µM/l para NO_2-N e 0,35 a 0,73 µM/l para NH_3-N).

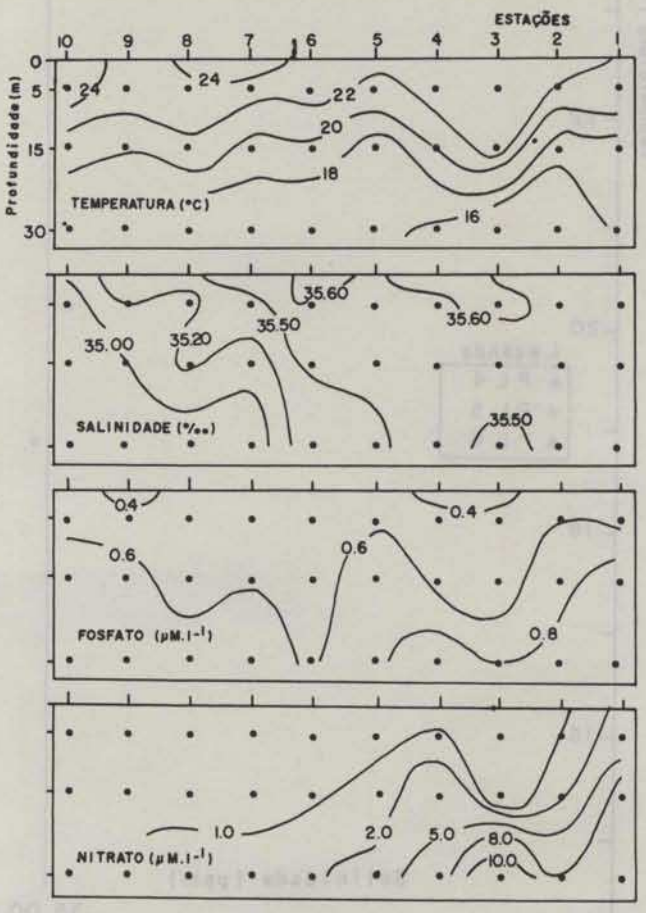

Fig. 4. Variação dos parâmetros temperatura (TEMP), Salinidade (SALIN) e teores de fosfato (PO_4) e nitrato (NO_3) na operação PL5.

Operação PLATAFORMA VI

Temperatura e salinidade

A estrutura termo-halina observada nesta operação foi praticamente idêntica à anterior, com presença de uma termoclina abaixo de 15 m de profundidade. Na superfície, a temperatura variou entre 19,4°C (est. 1) e 25,22°C (est. 10). As temperaturas mais baixas (menos de 18°C) foram registradas no fundo, com mínima de 16,4°C na estação 5. O diagrama de salinidade evidencia um núcleo de água da Corrente do Brasil (salinidade de 36,00 ppm) a 5 metros na estação 4, e a presença de água costeira (salinidade

inferior a 35,20 ppm) com significativa participação de água continental entre as estações 8 e 10 onde a salinidade diminuiu até 33,39 ppm em superfície (Fig. 5).

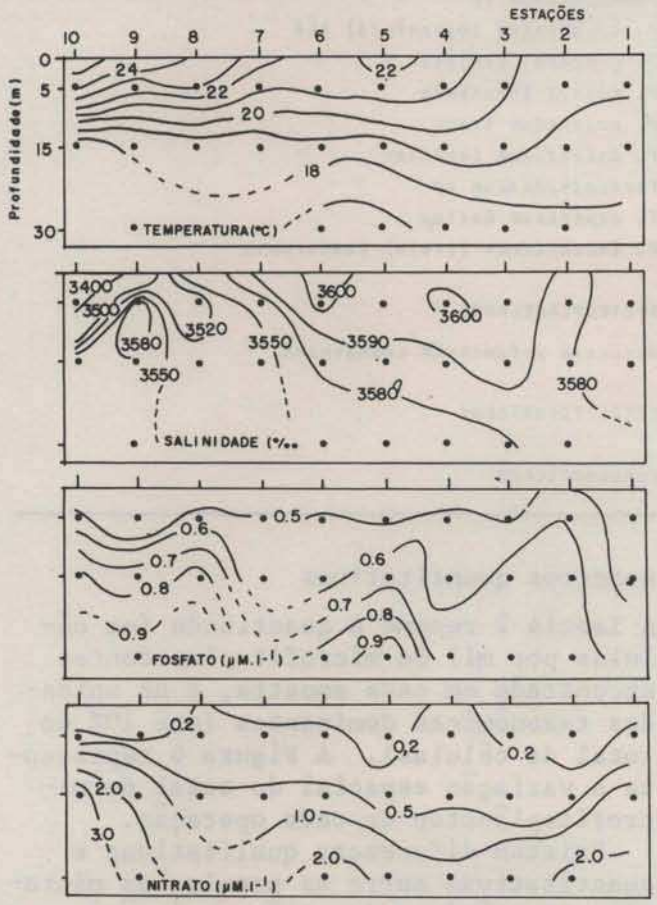

Fig. 5. Variação dos parâmetros temperatura (TEMP), Salinidade (SALIN) e teores de fosfato (PO_4) e nitrato (NO_3) na operação PL6.

Nutrientes

Os teores em fosfato variaram entre 0,40 e 0,96 µM/l e os de nitrato foram, na maioria, inferiores a 1,0 µM/l, com valores máximos entre 1,0 e 3,07 µM/l abaixo de 15 metros (Fig. 5). O silicato foi também baixo, entre 1,73 µM/l (est. 7) e 5,59 µM/l (est. 5). Os teores em nitrito e amônia não ultrapassam 1,0 µM/l.

O microfitoplâncton

Aspectos qualitativos

A Tabela 1 apresenta o inventário das espécies do microfitoplâncton encontradas durante as três operações. Esta lista não é exaustiva. Dúvidas permanecem quanto à identificação de alguns taxons, para os quais foram colocados apenas os nomes de gênero, família e até classe de acordo com o caso.

Foram repertoriados 103 taxons, divididos em 78 diatomáceas, 21 dinoflagelados, 2 silicoflagelados; alguns cocolitoforídeos e euglenofíceas foram contados mas não identificados. Mesmo levando em conta as indeterminações, as diatomáceas foram as mais diversificadas, sendo os gêneros mais representativos: *Rhizosolenia* (11 espécies e 2 formas), *Chaetoceros* (7 espécies e 3 variedades) e *Nitzschia* (6 espécies).

Tabela 1. O microfitoplâncton das águas costeiras do litoral fluminense. Inventário das espécies

DIATOMÁCEAS

Actinoptychus campanuliger A. Schmidt
Amphora sp.
A. biggibba Grunow
Asterionella glacialis Castracane
Basteriastrum sp.
Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey
Chaetoceros sp
C. compressus Lauder
C. curvisetus Cleve
C. decipiens Cleve
C. didymus var. *anglica* (Grunow) Gran
C. didymus var. *didymus* Ehrenberg
C. didymus var. *protuberans* (Lauder) Gran and Yendo
C. lorenzianus Grunow
C. pendulus Karsten
C. peruvianus Brightwell
Climacodium frauenfeldianum Grunow
Cocconeis sp
Corethron criophilum Castracane
Coscinodiscus sp
Cyclotella sp
Dactyliosolen antarcticus Castracane
Detonula pumila (Castracane) Schutt
Diploneis sp
D. bombus Ehrenberg
D. didyma (Ehrenberg) Ehrenberg
Ditylum brightwelli (T. West) Grunow
Eucampia cornuta (Cleve) Grunow
Guinardia flaccida (Castracane) H. Peragallo
Gyrosigma sp
Hemiaulus haucki Grunow
H. sinensis Greville
Leptocylindrus danicus Cleve
L. minimus Gran
Licmophora sp

Cont.

Tabela 1. Cont.

Margaritum tenebro (Leuduger-Fortmorel) H. Moreira
Melosira nummuloides (Dillwyn) Agardh
Navicula sp
N. membranacea Cleve
N. pennata Schmidt
Nitzschia sp
N. angularis Wm. Smith
N. closterium (Ehrenberg) Wm. Smith
N. delicatissima Cleve
N. panduriformis Gregory
N. sigma (Kutzing) Wm. Smith
N. spathulata (Wm. Smith) Brébisson
Paralia sulcata (Ehrenberg) Cleve
Pleurosigma sp
P. naviculaceum Brébisson
P. normani Ralfs
P. reversum Greg
Raphoneis amphyceros Ehrenberg
Rhizosolenia sp
R. alata f. alata (Brightwell)
R. alata f. gracillima (Cleve) Grunow
R. calcar-avis M. Schultz
R. delicatula Cleve
R. fragilissima Bergon
R. indica Peragallo
R. pungens Cleve
R. robusta Norman
R. setigera Brightwell
R. shrubsolei Cleve
R. stolterfothii H. Peragallo
R. styliformis Brightwell
Skeletonema costatum (Greville) Cleve
Streptotheca thamensis Schrubsole
Striatella unipunctata (Lyngbye) Agardh
Synedra sp
Thalassionema nitzschioides (Grunow) Van Heurck
Thalassiosira sp
T. eccentrica Ehrenberg (Cleve)
Thalassiotrix sp
T. frauenfeldi (Grunow) Grunow
T. longissima Cleve and Grunow
T. mediterranea Pavillard
T. mediterranea Pavillard var. *pacifica* Cupp

DINOFLAGELADOS

Ceratium sp
C. fusus (Ehrenberg) Dujardim
C. macroceros Ehrenberg
C. massiliense (Gourret) Jorgensen
C. trichoceros (Ehrenberg) Kofoid
C. tripos (O. F. Muller) Nitzsch
Dinophysis sp
D. tripos Gourret
Dissodinium robustum (Kofoid) Matzenauer
Ebria tripartita (Schumann) Lemmermann

Cont.

Tabela 1. Cont.

GYMNODINIACEAE

Oxytoxum sp
Podolampas sp
Prorocentrum sp
P. compressum (Ostenfeld) Abé
P. gracile Schiitt
P. micans Ehrenberg
P. rostratum Stein
P. triestinum Schiller
Protoperidinium sp
P. depressum Bailey
P. trochoideum (Stein) Lemmermann

SILICOFLAGELADOS

Mesocena polymorpha Lemmermann

COCOLITOFORÍDEOS

EUGLENOFÍCEOS

Aspectos quantitativos

A Tabela 2 resume a quantidade (em células por ml) de microfitoplanctontes encontrada em cada amostra, e as unidades taxonômicas dominantes (até 10% do total de células). A Figura 6 representa a variação espacial do total de microfitoplâncton de cada operação.

Existem diferenças qualitativas e quantitativas entre as populações microfitoplanctônicas das três comissões.

Durante PL4, as águas do litoral foram extremamente pobres quantitativamente. Na área próxima a Cabo Frio (estações 1 a 6), os valores de abundância não ultrapassaram 10 cel/ml, com populações compostas por *Nitzschia delicatissima* (est. 1), *Thalassiosira* sp., *Pleurosigma normani*, *Melosira numuloides* e uma pequena diatomácea cêntrica indeterminada (nas estações 1 a 6). Na porção do litoral próxima ao Rio de Janeiro, a quantidade de fitoplâncton aumentou sensivelmente com valores de 10 a 50 cel/ml, em razão sobretudo do desenvolvimento de *Thalassiosira* sp., que dominou nas estações 6, 7 e 8, e de *Skeletonema costatum* que dominou nas estações 9 e 10. Nesta última estação, situada na entrada da Baía de Guanabara, *Skeletonema costatum* atingiu densidades de 270 cel/ml na superfície e 172 cel/ml a 5 metros.

O microfitoplâncton coletado durante a operação PL5 revelou-se um pouco mais

Tabela 2. Variações quantitativas do microfitoplâncton durante as operações PLATAFORMA IV, V e VI e espécies dominantes (em % do total de células).
Código das espécies: Centri (cêntrica indeterminada), Cerati (*Ceratum* spp), Chaeto (*Chaetoceros* spp), Coccon (*Cocconeis* sp), Dinofl (Dinoflagelados), Dipbom (*Diploneis bombus*), Guifla (*Guinardia flaccida*), Gymnod (Gymnodiniaceae), Lepdan (*Leptocylindrus danicus*), Lepmin (*L. minimus*), Melnum (*Melosira nummuloides*), Nitzsc (*Nitzschia* spp), Nitclo (*Nitzschia closterium*), Nitdel (*N. delicatissima*), Parsul (*Paralia sulcata*), Penata (Penata indeterminada), Plenav (*Pleurosigma naviculaceum*), Plenor (*P. normani*), Promic (*Prorocentrum micans*), Protri (*Prorocentrum triestinum*), Protro (*Protoperidinium trochoideum*), Rhidel (*Rhizosolenia delicatula*), Rhifra (*R. fragilissima*), Rhisto (*R. stolterfothi*), Skecos (*Skeletonema costatum*), Thalas (*Thalassiossira* spp), Thanit (*Thalassionema nitzschioides*).
Amostra perdida ou de contagem impossível (-)

Estação	Profundidade (m)	Abundância (cel/ml)	Espécies dominantes (%)
PLATAFORMA IV			
1	0	7	Nitdel(79)
	5	4	Nitdel(18), Melnum(17), Thanit(12), Guifla(10)
	15	4	Nitdel(24), Penata(18), Lepmin(16), Lepdan(16)
	30	3	Plenor(24), Centri(19), Nitclo(16), Penata(11)
2	0	2	Plenor(41), Melnum(38)
	5	10	Thalas(81)
	15	3	Parsul(19), Plenor(12), Centri(10), Penata(10), Nitzsc(10), Nitdel(10)
	30	3	Centri(37), Penata(20), Nitclo(11)
3	0	5	Melnum(52), Thanit(11), Nitdel(10)
	5	1	Plenor(27), Rhidel(18), Thanit(18)
	15	3	Thalas(38), Thanit(10), Centri(10)
	30	6	Centri(54), Coccon(24)
4	0	7	Centri(52), Nitdel(12)
	5	6	Centri(40), Skecos(12)
	15	3	Thalas(39), Dinofl(24), Nitclo(11), Protri(11)
	30	2	Thalas(63), Plenor(11), Plenav(11)
5	0	1	Thalas(33), Plenor(13), Centri(13), Dinofl(13)
	5	3	Thalas(37), Melnum(13), Nitdel(13), Nitclo(11)
	15	5	Thalas(83)
	30	7	Penata(20), Plenor(18), Dipbom(10)
6	0	16	Thalas(72)
	5	2	Thalas(57), Nitdel(13), Rhisto(13)
	15	2	Centri(64)
	30	2	Penata(32), Lepdan(18), Skecos(14)
7	0	22	Thalas(82)
	5	52	Euglen(75), Thalas(10)
	15	13	Thalas(89)
	30	10	Thalas(76), Nitdel(10)

Cont.

Tabela 2. Cont.

Estação	Profundidade (m)	Abundância (cel/ml)	Espécies dominantes (%)
8	0	13	Thalas(39), Nitdel(26), Penata(10)
	5	12	Thalas(25), Nitdel(25), Nitclo(19)
	15	6	Nitclo(54), Dinofl(18)
	30	-	- - -
9	0	32	Skecos(89) + Oscillatoria
	5	2	Dinofl(38), Centri(31), Skecos(15)
	15	5	Skecos(27), Centri(24)
	30	7	Skecos(34), Penata(20)
10	0	270	Skecos(98) + Oscillatoria
	5	172	Skecos(96) + Oscillatoria
	15	5	Skecos(32), Penata(26), Dinof(18)
	30	-	- - -
PLATAFORMA V			
1	0	53	Nitzsc(82)
	5	14	Nitzsc(52), Euglen(24)
	15	2	Penata(23), Nitzsc(18)
	30	-	- -
2	0	16	Nitzsc(62), Nitclo(16), Rhisto(12)
	5	11	Nitzsc(80), Rhisto(10)
	15	1	Nitzsc(43), Penata(43)
	30	4	Nitzsc(52), Penata(20)
3	0	18	Nitzsc(76), Nitdel(15)
	5	37	Nitdel(80)
	15	312	Nitdel(66), Nitzsc(21)
	30	4	Penata(32), Plenor(10), Plenav(10)
4	0	112	Nitdel(50), Nitzsc(37), Nitclo(11)
	5	30	Nitdel(88)
	15	8	Penata(32), Nitdel(14), Parsul(12)
	30	207	Penata(93)
5	0	4	Nitzsc(36), Nitdel(12), Chaeto(10)
	5	9	Penata(86)
	15	9	Nitdel(22), Penata(20), Nitzsc(16), Guifla(11)
	30	3	Lepdan(30), Guifla(21), Centri(12)
6	0	247	Nitzsc(97) + Cianofíceas
	5	20	Skecos(31), Centri(26), Nitzsc(21)
	15	7	Nitdel(47), Nitzsc(43)
	30	7	Penata(21), Nitdel(18), Guifla(11), Cerati(11)

Cont.

Tabela 2. Cont.

Estação	Profundidade (m)	Abundância (cel/ml)	Espécies dominantes (%)
7	0	179	Nitzsc(85), Dinofl(11) + Cianofíceas
	5	23	Centri(42), Skecos(27) + Cianofíceas
	15	71	Nitzsc(71), Nitdel(27)
	30	-	- -
8	0	61	Nitzsc(68), Rhifra(10), Dinofl(10) + Cianofíceas
	5	6	Gymnod(28), Nitdel(26), Proto(17), Promic(13)
	15	198	Nitzsc(74), Dinofl(20) + Cianofíceas
	30	-	- -
9	0	51	Gymnod(69), Protro(14)
	5	90	Nitzsc(87) + Cianofíceas
	15	6	Nitzsc(58), Penata(19) + Detritos
	30	-	- -
10	0	21	Nitzsc(41), Dinofl(40) + Oscillatoria
	5	49	Nitzsc(42), Dinofl(32), Skecos(11)
	15	98	Nitzsc(60), Skecos(19), Dinofl(14)
	30	-	- - -
PLÁTAFORMA VI			
1	0	140	Nitdel(53), Lepdan(11), Chaeto(11), Rhifra(10)
	5	112	Nitdel(65)
	15	64	Nitdel(23), Nitzsc(20), Dinofl(14), Protro(14)
	30	-	- - - -
2	0	274	Nitdel(72)
	5	386	Nitdel(76)
	15	189	Nitdel(56)
	30	129	Nitdel(75)
3	0	391	Nitdel(75)
	5	431	Nitdel(87)
	15	162	Nitdel(82)
	30	140	Nitdel(82)
4	0	547	Nitdel(55), Rhisto(40)
	5	193	Nitdel(70), Rhisto(11)
	15	151	Nitdel(77)
	30	141	Nitdel(68), Dinofl(12)
5	0	312	Nitdel(89)
	5	122	Nitdel(82)
	15	114	Nitdel(96)
	30	65	Chaeto(29), Nitdel(28), Penata(21)

Cont.

Tabela 2. Cont.

Estação	Profundidade (m)	Abundância (cel/ml)	Espécies dominantes (%)
6	0	348	Nitdel(81)
	5	-	(muitos detritos)
	15	27	Nitdel(87)
	30	38	Nitdel(39), Proto(18)
7	0	153	Nitdel(71)
	5	-	(muitos detritos)
	15	198	Nitdel(75)
	30	-	-
8	0	437	Nitdel(65), Rhisto(10), Lepdan(10)
	5	320	Nitdel(85)
	15	338	Nitdel(51), Rhisto(26)
	30	-	- -
9	0	295	Nitzsc(54), Rhisto(19), Lepdan(11)
	5	-	(muitos detritos)
	15	406	Nitdel(49), Rhisto(19)
	30	-	(muitos detritos)
10	0	-	(muitos detritos + Cianofíceas)
	5	740	Nitdel(57), Lepdan(11), Rhisto(10) + Oscillatoria
	15	184	Nitdel(36), Rhisto(31)
	30	-	- -

abundante, com 62% dos valores acima de 10 cel/ml, 17% acima de 100 cel/ml (máximo de 312 cel/ml). A estrutura de repartição espacial dessas abundâncias não pareceu seguir nenhuma tendência. Os valores máximos e mínimos se alternaram sem coerência aparente, caracterizando uma estrutura populacional quantitativamente heterogênea. Do ponto de vista qualitativo, ao contrário, as populações foram mais homogêneas que na comissão anterior. Uma espécie do gênero *Nitzschia* e uma diatomácea penata, ambas de pequeno porte (cerca de 20 micra) e de difícil identificação, dominaram em quase todas as amostras. Em algumas amostras, foi *Nitzschia delicatissima* que causou um "bloom" (312 cel/ml na estação 3 a 15 m, 112 cel/ml na estação 4 a 0 m).

Durante a operação PL6, o microfitoplâncton apresentou-se nitidamente mais abundante, com 81% dos valores acima de 100 cel/ml e 42% acima de 200 cel/ml. *Nitzschia delicatissima* dominou em todas as amostras. As maiores densidades localizaram-se nos primeiros metros da coluna d'água, o máximo tendo sido registrado na estação 10 com 740 cel/ml (57% de *Nitzschia delicatissima*, 11% de *Leptocylindrus danicus* e 10% de *Rhizosolenia stolterfothii*).

Estudo ecológico

Em razão das limitações de capacidade de memória do computador, não foi possível incluir na análise multivariada, todos os dados disponíveis do microfitoplâncton. Realizamos uma seleção das espécies (ou unidades taxonômicas) mais representativas em freqüência e/ou abundância. Essa seleção permitiu, além disso, eliminar as espécies com grande número de valores nulos, as quais, no caso da análise em componentes principais baseada no coeficiente r de Pearson (e conseqüentemente na normalidade dos dados), distorcem fortemente os resultados levando à interpretações errôneas.

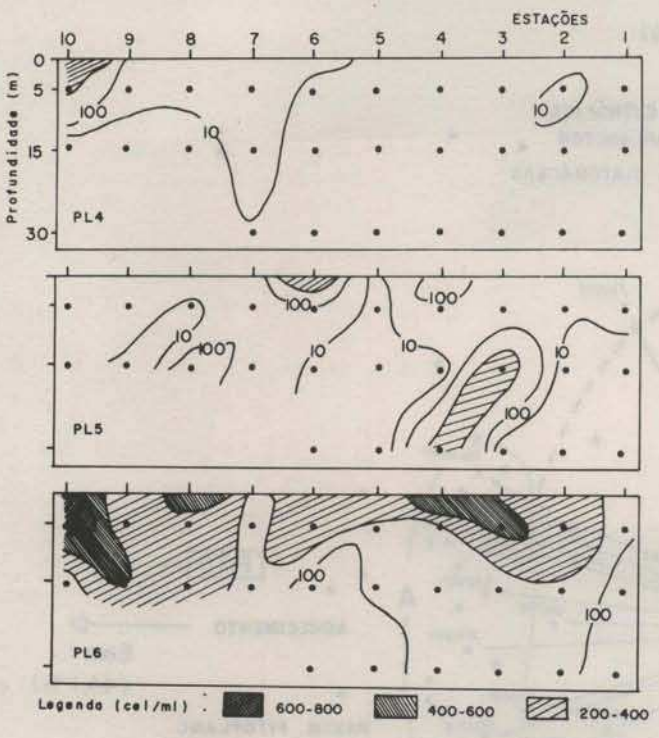

Fig. 6. Variações quantitativas do microfitoplâncton nas operações PL4, PL5 e PL6.

Tabela 3. Taxons do microfitoplâncton utilizado para a análise em componentes principais, com indicações de abundância máxima e percentagem de ocorrência nas amostras de cada operação

Codigo	Taxons	Operações PLATAFORMA IV	V	VI
ASTGLA	*Asterionella glaciatis*	* 3%	* 6%	** 45%
CENTRI	*Diatomacea centrica*	** 87	** 64	*** 65
CHAETO	*Chaetoceros* spp	* 8	* 21	***100
EUCCOR	*Eucampia cornuta*	0	0	** 62
GUIFLA	*Guinardia flaccida*	* 8	** 33	** 80
HEMSIN	*Hemiaulus sinensis*	* 5	* 6	***100
LEPDAN	*Leptocylindrus danicus*	* 18	** 49	****100
LEPMIN	*Leptocylindrus minimus*	* 8	** 33	*** 77
NITZSC	*Nitzschia* spp	*** 90	****100	*****100
PENATA	*Diatomacea pennata*	** 87	*** 94	*** 84
RHIFRA	*Rhizosolenia fragilissima*	* 5	** 64	*** 94
RHISTO	*Rhizosolenia stolterfothii*	* 13	** 70	****100
SKECOS	*Skeletonema costatum*	**** 32	*** 39	*** 55
THALAS	*Thalassiosira* spp	*** 50	* 21	** 45
THANIT	*Thalassionema nitzschioides*	** 42	* 33	*** 74
THARIX	*Thalassiothrix* spp	0	* 12	*** 90
DINOFL	Dinoflagelados indeterm.	** 47	*** 76	*** 87
PROROC	*Prorocentrum* spp	* 11	** 73	** 36
PROTOP	*Protoperidinium*	0	** 36	*** 90

***** > 10^5 células por litro
**** de 10^4 a 10^5
*** de 10^3 a 10^4
** de 10^2 a 10^3
* < 10^2

Mesmo assim, aplicamos uma transformação logarítmica aos dados para corrigir a dissimetria da distribuição.

A Tabela 3 apresenta as 19 variáveis selecionadas para a análise, com uma indicação de abundância máxima e da freqüência de ocorrência nas amostras.

Os resultados da análise fatorial em componentes principais são representados pela projeção das amostras e dos taxons nos planos fatoriais I-II e II-III (Figs 7 e 8). Nestes planos são também posicionadas as variáveis ambientais (Tab. 4) que foram introduzidas na análise como variáveis suplementares para facilitar a interpretaçao dos eixos.

Interpretação dos fatores

Eixo I

O primeiro componente (eixo I) é provocado pelo grupo de espécies (A) (Fig. 7) composto de *Chaetoceros* spp, *Hemiaulus sinensis*, *Thalassiotrix* spp, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia* spp, *Rhizosolenia fragilissima*, *R. stolterfothii* e *Eucampia* spp, cujas coordenadas no eixo I são fortemente positivas. Esses taxons estão exclusivamente ligados às amostras da operação PL 6, às temperaturas mais elevadas (conseqüentemente às menores concentrações de nutrientes), e são responsáveis pelas maiores quantidades de fitoplâncton e pela saturação das águas em oxigênio dissolvido, com mais de 5,20 ml/l. As variáveis suplementares FITOPK, TEMP e OXIG têm, efetivamente, uma projeção positiva no eixo I, próxima a este grupo de espécies (A). (Tab.4).

Este primeiro fator representa a variabilidade quantitativa global da estrutura populacional do microfitoplâncton em decorrência do aquecimento das águas profundas e do consumo de nutrientes.

Eixo II

O segundo fator evidenciado pela análise em componentes principais está ligado principalmente à ocorrência das diatomáceas *Thalassionema nitzschioides* (coeficiente de correlação com o eixo, r=0,470), *Thalassiosira* spp (r=0,463),

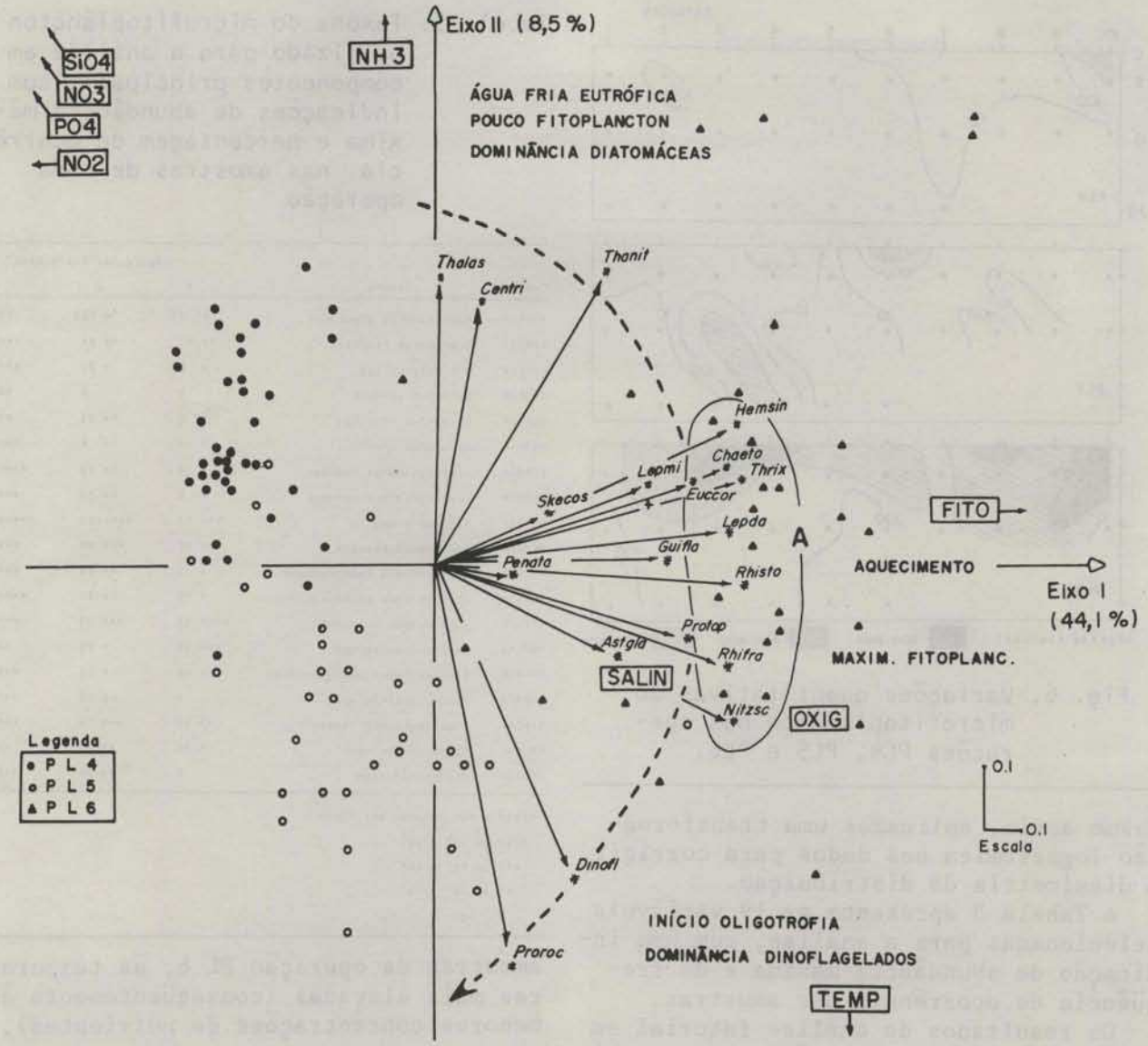

Fig. 7. Plano fatorial I-II da análise em componentes principais sobre o microfitoplâncton das operações PL4, PL5 e PL6 (ver significado dos códigos nas Tabelas 3 e 4).

e uma cêntrica não identificada (r=0,402), em águas frias (coordenada de TEMP = -1,171) e ricas em sais minerais (coordenadas dos nutrientes superiores a 1,00). Essas condições são observadas em quase toda a operação PL 4 e nas águas abaixo da termoclina na operação PL 6. Com efeito, este eixo separa nitidamente as amostras de PL 4 (lado positivo do eixo) das amostras de PL 5 (lado negativo). Essas amostras apresentam uma abundância algal relativamente baixa (variável FITOPK em posição central no eixo II).

Podemos identificar este segundo componente como um fator qualitativo separando os elementos dominantes na água fria eutrófica, dos elementos encontrados nas águas quentes, acima da termoclina, de característica oligotrófica (maior influência das águas oceânicas).

Em síntese, o plano I-II configura uma sucessão ecológica, com mudança de população de acordo com o aquecimento das águas, e o grau de evolução do sistema: transição entre o potencial de eutrofia das águas frias e o início de oligotrofia das águas quentes oceânicas (evolução representada no plano da Figura 7, pelo tracejado).

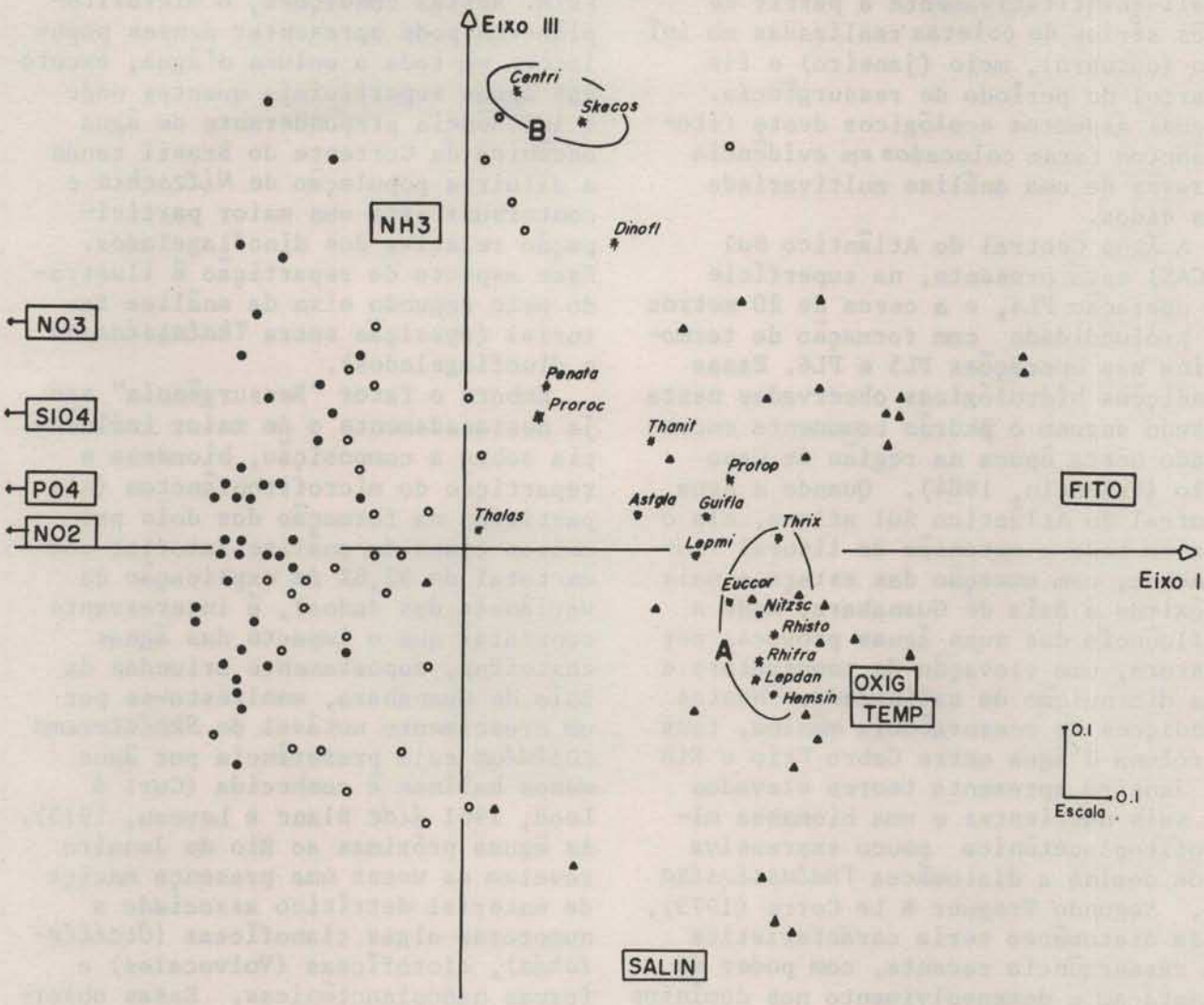

Fig. 8. Plano fatorial I-III da análise em componentes principais sobre o microfitoplâncton das operações PL4, PL5 e PL6 (ver significado dos códigos nas Tabelas 3 e 4).

Tabela 4. Coordenadas das variáveis ambientais nos três primeiros eixos da análise em componentes principais

Variáveis		Eixos fatoriais I	II	III
TEM	Temperatura	1,182	-1,171	-0,232
SALIN	Salinidade	0,605	-0,151	-0,699
OXIG	Oxigênio	1,115	-0,266	-0,213
PO_4	Fosfato	-1,237	1,120	0,057
NO_2	Nitrito	-1,290	0,658	0,008
NO_3	Nitrato	-1,616	1,074	0,339
NH_4	Amônia	-0,138	1,259	0,475
SiO_4	Silicato	-1,147	1,273	0,196
FITO	Microfitoplâncton	1,892	0,097	0,162

Eixo III (Fig. 8)

Este eixo é marcado pela posição destacada das diatomáceas cêntricas (CENTRI) e *Skeletonema costatum* (SKECOS) (Grupo B) junto aos teores de amônia (NH_3) e em oposição à salinidade (SALIN). Não há duvida que se trata de uma influência da água costeira (com mistura de água da Baía de Guanabara), já que as amostras das estações 8, 9 e 10 têm projeção positiva neste eixo. Do ponto de vista quantitativo, o microfitoplâncton sujeito à influência deste terceiro fator alcança fortes valores, com o desenvolvimento de *Skeletonema costatum*.

Discussão e conclusões

O microfitoplâncton das águas costeiras

do litoral fluminense foi estudado quali-quantitativamente a partir de três séries de coletas realizadas no início (outubro), meio (janeiro) e fim (março) do período de ressurgência. Alguns aspectos ecológicos deste fitoplâncton foram colocados em evidência através de uma análise multivariada dos dados.

A Água Central do Atlântico Sul (ACAS) está presente, na superfície na operação PL4, e a cerca de 20 metros de profundidade com formação de termoclina nas operações PL5 e PL6. Essas condições hidrológicas observadas neste estudo seguem o padrão comumente encontrado nesta época na região de Cabo Frio (Valentin, 1984). Quando a Água Central do Atlântico Sul aflora, ela o faz em toda a extensão do litoral fluminense, com exceção das estações mais próximas à Baía de Guanabara, onde a influência das suas águas provoca, por mistura, uma elevação da temperatura e uma diminuição da salinidade. Nestas condições de ressurgência máxima, toda a coluna d'água entre Cabro Frio e Rio de Janeiro apresenta teores elevados de sais nutrientes e uma biomassa microfitoplanctônica pouco expressiva onde domina a diatomácea *Thalassiosira* sp. Segundo Treguer & Le Corre (1979), essa diatomácea seria característica de ressurgência recente, com poder de adaptação e desenvolvimento nos domínios bentônicos e pelágicos (espécie tichopelágica), o que lhe permitiria constituir populações densas nas águas superficiais após terem sido arrastadas do sedimento por correntes de ressurgência. Margalef (1978), no seu modelo de sucessão fitoplanctônica em função da turbulência e da fertilidade das águas, coloca efetivamente *Thalassiosira* como espécie das mais favorecidas por esses dois fatores.

Quando a ressurgência não é total, ou quando ocorre um aquecimento superficial em conseqüência do enfraquecimento dos ventos de NE, a isoterma de 18 graus (temperatura limite das ACAS) posiciona-se entre 15 e 30 metros de profundidade; o sistema pelágico é estratificado e as condições tornam-se favoráveis ao desenvolvimento de pequenas diatomáceas do gênero *Nitzschia*, ou penatas de difícil identificação. Valentin *et al.* (1985) já mostraram a relação entre essas pequenas diatomáceas e a presença de termoclina na região de Cabo Frio. Nestas condições, o microfitoplâncton pode apresentar densas populações em toda a coluna d'água, exceto nas águas superficiais quentes onde a influência preponderante de água oceânica da Corrente do Brasil tende a diluir a população de *Nitzschia* e contribuir para uma maior participação relativa dos dinoflagelados. Este aspecto da repartição é ilustrado pelo segundo eixo da análise fatorial (oposição entre *Thalassiosira* e dinoflagelados).

Embora o fator "Ressurgência" seja destacadamente o de maior influência sobre a composição, biomassa e repartição do microfitoplâncton (ele participa na formação dos dois primeiros eixos da análise fatorial com um total de 52,6% de explicação da variância dos dados), é interessante constatar que o impacto das águas costeiras, supostamente oriundas da Baía de Guanabara, manifesta-se por um crescimento notável de *Skeletonema costatum* cuja preferência por água menos halinas é conhecida (Curl & Leod, 1961 *fide* Blanc & Leveau, 1973). As águas próximas ao Rio de Janeiro revelam as vezes uma presença maciça de material detrítico associado a numerosas algas cianofíceas (*Oscillatoria*), clorofíceas (Volvocales) e formas nanoplanctônicas. Essas observações confirmam a influência da descarga da Baía de Guanabara, onde essas algas proliferam (Sevrin-Reyssac *et al.*, 1979), sobre a estrutura do sistema planctônico das águas do litoral fluminense. Essa influência é mais marcada quando existe uma estratificação térmica da coluna d'água, o que certamente facilita o escoamento das águas continentais em direção a Cabo Frio sob condições de ventos e marés favoráveis.

Em resumo, o fator principal da variação do microfitoplâncton das águas costeiras fluminenses é a estrutura hidrológica (presença de termoclina na camada eufótica, homotermia "fria" após afloramento das águas profundas, escoamento das águas da Baía de Guanabara). Qualquer estudo sobre a dinâmica do potencial biológico da região deverá levar em conta a estrutura térmica da coluna d'água. É de se esperar que uma maior

riqueza biológica ocorra em situação de pós-afloramento, quando, em conseqüência de aquecimento superficial ou inversão dos ventos, a estratificação térmica assim formada, facilita uma eutroficação de dupla origem, da ressurgência e da Baía de Guanabara, e contribui para uma maior concentração planctônica na camada de mistura.

Resumo

O microfitoplâncton das águas costeiras entre Cabo Frio e Rio de Janeiro foi coletado durante as operações PLATAFORMA IV, V e VI do AvPqOc SO OLIVEIRA (DGN) nos meses de outubro de 1984 e janeiro e março de 1985. As variações qualitativas e quantitativas foram analisadas em função das condições hidrológicas por meio de um tratamento estatístico multivariado dos dados. O fenômeno de ressurgência, responsável seja pelo afloramento da Água Central do Atlântico Sul, seja pela formação de uma termoclina na camada eufótica, é o fator determinante do crescimento algal que começa com espécies de pequeno porte (*Skeletonema costatum*, *Nitzschia* spp) e evolui para uma maior diversidade com espécies dos gêneros *Guinardia*, *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Thalassiothrix*. Em condição de estratificação da coluna d'água notou-se a influência das águas da Baía de Guanabara, com forte crescimento de *Skeletonema costatum*, e uma grande quantidade de detritos associados a algas cianofíceas e formas nanoplanctônicas.

Agradecimentos

Estudo realizado com ajuda financeira da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (Sub-Projeto CIRM, nº 9.226) e do Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Tecnológicas (CNPq, bolsa nº 300085/83 Oc, para o segundo autor).

Agradecemos ao Comandante e à tripulação do AvPqOc SO OLIVEIRA, ao biólogo José Ribamar Santos Silva pela sua ajuda na coleta das amostras de plâncton, e à equipe da seção de Química do IEAPM pelas coletas e análises das amostras de química.

Referências bibliográficas

ANDRÉ, D. L.; JACOB, S. A. & VALENTIN, J. L. (no prelo) Características hidrológicas da região costeira entre Cabo Frio e Rio de Janeiro (resultados de quatro operações oceanográficas). Anais hidrogr., Rio de Janeiro.

BLANC, F. & LEVEAU, M. 1973. Plancton et eutrophie: aire d'épandage rhodanienne et Golfe de Fos. Thése Doct. Sci. Nat. Univ. Aix Marseille II. 681p.

CLEVE-EULER, A. 1951. Die diatomeen von Schweden und Finnland. K. svenska VetenskAkad. Handl., ser. 4, *2*(1):1-128.

——————— 1952. Die diatomeen von Schweden und Finnland. K. svenska VetenskAkad. Handl., ser. 4, *3*(3):1-130.

——————— 1953. Die diatomeen von Schweden und Finnland. K. svenska VetenskAkad. Handl., ser. 4, *4*(1):1-134; *4*(5):1-221.

——————— 1955. Die diatomeen von Schweden und Finnland. K. svenska VetenskAkad. Handl., ser. 4, *5*(4):1-198.

CUPP, E. E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Instn Oceanogr. tech. Ser., *5*(1):1-237.

HARMANN, H. H. 1970. Modern factor analysis. Chicago, University of Chicago Press. 474p.

HENDEY, N. I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (diatoms). Fishery Invest., Lond., ser. 4.

JACOBI, C. M. 1987. Spatial and temporal distribution of Amphipoda associated with mussel beds from the Bay of Santos (Brazil). Mar. Ecol. -Prog. Ser., *35*:51-58.

MARGALEF, R. 1978. Les types biologiques du phytoplankton considérés comme des alternatives de survie dans un milieu instable. Oceanologica Acta, 1(4):493-509.

PERAGALLO, H. & PERAGALLO, M. 1965. Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins. Grez-sur-Loing, M. J. Tempère. 2v.

SEVRIN-REYSSAC, J.; MACHADO, M. C.; MOTTA SCHUTZE, M. L.; GASPAR RIBAS, S.; COSTA DE LIMA, I.; ARAUJO LIMA, C. & ESTEVES, C. P. 1979. Biomasse et production du phytoplancton de la baie de Guanabara (Etat de Rio de Janeiro), Brésil et du secteur océanique adjacent. Variations de mai à juillet 1978. Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4ª sér., 1:329-354.

STEIDINGER, K. A. & WILLIAMS, J. 1970. Dinoflagellates. Mem. Hourglass Cruises, Mar. Res. Lab., Fla Dep. nat. Res., 2:1-252.

TREGUER, P. & LE CORRE, P. 1979. The ratios of nitrate and silicate during uptake and regeneration phases of the Maroccan upwelling regime. Deep-Sea Res., 26A:163-184.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervolkommung der quantitative phytoplankton--methodik. Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol., 9:1-38.

VALENTIN, J. L. 1981. L'écosystème d'upwelling à Cabo Frio (Brésil). Analyse en composantes principales du plancton à une station fixe. Oceanologica Acta, 3(1):43-50.

——————— 1984. Analyse des paramètres hydrobiologiques dans la remontée de Cabo Frio (Brésil). Mar. Biol., 82:259-276.

——————; LINS DA SILVA, N. M. & BASTOS, C. T. B. T. 1985. Les diatomées dans l' upwelling de Cabo Frio (Brésil): liste d'espèces et étude écologique. J. Plankt. Res., 7(3): 313-337.

——————; MONTEIRO-RIBAS, W. M. & MUREB, M. A. 1987. O zooplancton das águas superficiais costeiras do litoral fluminense: análise multivariada. Ciênc. Cult., S Paulo, 39(3): 265-271.

VERDINELLI, M. A. 1980. Análise inercial em ecologia. Estudo na plataforma continental argentina (região sul de Buenos Aires) das populações de Copepoda planctônicos e considerações sobre Cladocera e Copelata. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 162p.

(Recebido em 19-12-86;
aceito em 10-06-88)