

Maria Teresa Moita

**Estrutura, Variabilidade e Dinâmica
do Fitoplâncton
na Costa de Portugal Continental**



Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

2001

Estrutura, variabilidade e dinâmica do Fitoplâncton na Costa de Portugal Continental

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências da Universidade de Lisboa para
obtenção do grau de Doutor em Biologia
(ramo de Ecologia e Biosistemática)

Maria Teresa Calisto de Jesus Moita Garnel

Lisboa, 2001

Declaração

Na presente dissertação incluem-se trabalhos que foram objecto de publicação em colaboração com F. Abrantes, M. Cachão, A.S. Palma, M.A. Sampayo, A.J. Silva e M.G. Vilarinho.

Para efeitos no disposto do nº 2 do Artigo 8 do Dec.-Lei 388/70, a autora desta dissertação declara que interveio na concepção e execução do trabalho experimental, na interpretação dos resultados e na redacção dos manuscritos enviados para publicação.

Fevereiro de 2001

Maria Teresa Calisto de Jesus Moita Garnel

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Investigação das Pescas e do Mar, onde desenvolvi todo este trabalho, pelo seu suporte financeiro parcial ou total e por todas as facilidades concedidas.

À Doutora Marta Estrada e ao Prof. Doutor Fernando Catarino, meus orientadores, pela sua amizade, contínuo incentivo e por toda a confiança depositada até à finalização desta tese.

Aos meus amigos do Laboratório de Fitoplâncton do IPIMAR, Dr^a Graça Vilarinho, Srs. Armindo Morais, Augusto Carreira, Rui Fernandes e Dr^a Sofia Palma, pelo seu constante companheirismo nos bons e maus momentos. A eles devo também o esforço colectivo da análise de tantas amostras de fitoplâncton, tornando todo o tempo de trabalho num prazer.

Aos Eng^{os} Afonso Dias e Jorge da Silva, e mais recentemente ao Dr. Álvaro Peliz, pelas muitas conversas e explicações no âmbito da Oceanografia Física. Ao Eng^o Jorge da Silva agradeço, em especial, o facto de nunca se esquecer de me convidar para os seus cruzeiros do Instituto Hidrográfico, chegando mesmo a efectuar toda a amostragem de fitoplâncton.

Aos Eng^{os} Helena Cavaco e Joaquim Pissarra, colegas e amigos em tantos projectos, por me terem facultado todos os seus dados de nutrientes e por todas as sugestões feitas na revisão do presente texto.

À Mi, Dr^a Emília Cunha, ombro amigo e minha companheira do Zooplâncton, pelas muitas ideias e discussões na preparação e execução dos projectos e cruzeiros conjuntos.

À Prof^a. Doutora Vanda Brotas e Dr^a Ana Amorim, a quem devo a generosidade de um constante encorajamento e toda a disponibilidade de tempo e ajuda, principalmente na fase final deste trabalho.

À Dr^a M^a Antónia Sampayo, pela presença permanente face às minhas dúvidas na identificação das espécies de fitoplâncton e por me ter recomendado para o curso de Nápoles, onde descobri os coccolitóforos.

À Doutora Fátima Abrantes e ao Doutor Mário Cachão, pelos intensos e bons momentos de trabalho conjunto e por me terem revelado o fascinante mundo da Paleo-Oceanografia.

Ao Prof. Doutor Armando Fiúza, pela sua amizade e por me ter facultado as imagens de satélite e recomendado como aluna da cadeira de Oceanografia.

Ao meu Pai, pelos seus queridos mimos e pelas muitas tardes de correcções de “vírgulas”.

Às minhas manas Luisa e Nini, por tantos dias terem sido as mães dos meus filhos.

À minha amiga Ana, sempre presente nas horas certas.

À Ivone, Isabelinha e todos os amigos que sempre me incentivaram.

Finalmente, ao Zé e aos nossos homens de “palmo e meio”, Francisco e Diogo, por envolverem sempre com o seu carinho os meus ânimos e desânimos.

ÍNDICE

RESUMO	1
ABSTRACT	7
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	13
<hr/>	
Referências bibliográficas	20
CAPÍTULO 2. VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO FITOPLANCTÓNICA NA COSTA DE PORTUGAL, E SUA RELAÇÃO COM O REGIME HIDROLÓGICO GERAL	23
<hr/>	
CAPÍTULO 2.1. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DO FITOPLÂNCTON NO SISTEMA DE AFLORAMENTO DA COSTA PORTUGUESA: BIOMASSA FITOPLANCTÓNICA	25
Resumo	25
Abstract	26
Introdução	27
Material e métodos	31
Colheitas	31
Métodos de análise	33
Cálculo da densidade da água	33
Radiação solar	34
Cálculo do índice de afloramento	34
Representação espacial dos dados	34
Resultados e discussão	35
Caracterização oceanográfica	35
Radiação solar	35
Condições de afloramento costeiro devidas ao vento	36
Temperatura	38
Salinidade	41
Estratificação e camada de mistura	51
Massas de água nos primeiros 300m	54
Nutrientes e oxigénio dissolvido	55
Biomassa fitoplanctónica	66
Relação da biomassa fitoplanctónica com a variação das condições oceanográficas	73
Condições de Verão	73
Condições de Outono	75
Condições de Inverno	76
Condições de Primavera	77

Localização dos máximos de clorofila relativamente à frente de afloramento	79
Comparação da distribuição da biomassa de fitoplâncton na coluna de água com os estudos anteriores baseados em imagens de satélite	82
Conclusões	84
Agradecimentos	87
Referências bibliográficas	87
CAPÍTULO 2.2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DO FITOPLÂNCION NO SISTEMA DE AFLORAMENTO DA COSTA PORTUGUESA: ESTRUTURA DAS COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS	97
Resumo	97
Abstract	98
Introdução	99
Material e métodos	100
Resultados	104
Variação espacial e sazonal da abundância do fitoplâncton e dos grandes grupos fitoplanctónicos	104
Estrutura e variação espacial e sazonal das comunidades de fitoplâncton	111
Discussão	129
Variação sazonal dos grandes grupos de fitoplâncton e das comunidades fitoplanctónicas	131
Variação espacial dos grandes grupos de fitoplâncton e das comunidades fitoplanctónicas	133
Variabilidade costa-largo	133
Variabilidade N-S na plataforma ocidental	135
Conclusões	139
Agradecimentos	141
Referências bibliográficas	141
CAPÍTULO 3. INDICADORES FITOPLANCTÓNICOS NO REGISTO SEDIMENTAR	147
<hr/>	
CAPÍTULO 3.1. WATER COLUMN AND RECENT SEDIMENT DATA ON DIATOMS AND COCCOLITHOPHORIDS, OFF PORTUGAL, CONFIRM SEDIMENT RECORD OF UPWELLING EVENTS.	149
Abstract	149
Résumé	149
Introduction	150
Material and methods	150
Hydrography	152
Results	153

Phytoplankton biomass	153
Diatoms	154
Water column	154
Sediments	155
Coccolithophorids	155
Water column	155
Sediments	158
Discussion	158
Diatom and Coccolithophorid abundances – water column versus sediments	158
Diatom assemblages – water column versus sediments	159
Conclusions	161
Acknowledgements	161
References	161
Appendices 1a, 1b	163

CAPÍTULO 3.2. COCCOLITHUS PELAGICUS, A PRODUCTIVITY PROXY RELATED TO MODERATE FRONTS OFF WESTERN IBERIA	165
Abstract	165
Introduction	165
Study area	167
Material and methods	169
Water column	169
Sediments	169
Results	171
Species distribution in the water column	171
Cruises description	171
Overview of <i>Coccolithus pelagicus</i> distribution	176
Sedimentary record of <i>Coccolithus pelagicus</i>	178
Surface sediment data	178
Piston core data	178
Discussion	180
Present day variability of <i>Coccolithus pelagicus</i>	180
<i>Coccolithus pelagicus</i> record from the late Pleistocene to Recent	184
Conclusion	186
Acknowledgements	186
References	187

CAPÍTULO 4. FITOPLÂNCTON TÓXICO	191
<hr/>	
CAPÍTULO 4.1. DEVELOPMENT OF TOXIC DINOFLAGELLATES IN RELATION TO THE UPWELLING PATTERNS OF PORTUGAL	193
Abstract	193
Introduction	193
Material and methods	193
Oceanographic characteristics of the area	194
Results and discussion	194
Acknowledgements	198
References	198
CAPÍTULO 4.2. ON THE VARIABILITY OF <i>GYMNODINIUM CATENATUM</i> GRAHAM BLOOMS IN PORTUGUESE WATERS	199
Abstract	199
Introduction	199
Material and methods	199
Results	200
<i>G. catenatum</i> distribution and upwelling conditions	200
<i>G. catenatum</i> distribution and the depth of the thermocline	201
Discussion	201
Acknowledgements	202
References	202
CAPÍTULO 4.3. INTERANNUAL TRENDS IN THE LONGSHORE VARIATION OF <i>DINOPHYSIS</i> OFF THE PORTUGUESE COAST	203
Abstract	203
Introduction	203
Material and methods	203
Results	203
<i>D. acuta</i> distribution	203
<i>D. acuminata</i> distribution	204
<i>D. acuta</i> vs. <i>D. cf. acuminata</i>	204
Species relation with hydrographic conditions	204
Discussion	206
Acknowledgements	206
References	206

CAPÍTULO 4.4. DYNAMIC OF <i>DINOPHYSIS ACUTA</i>, <i>D. ACUMINATA</i>, <i>D. TRIPOS</i> AND <i>GYMNODINIUM CATENATUM</i> DURING AN UPWELLING EVENT OFF THE NW COAST OF PORTUGAL	207
Abstract	207
Introduction	207
Material and methods	207
Results and discussion	207
Acknowledgements	210
References	210
CAPÍTULO 4.5. ARE THERE CYSTS IN THE GENUS <i>DINOPHYSIS</i> ?	211
Abstract	211
Introduction	211
Material and methods	211
Results and discussion	211
References	212
CAPÍTULO 5. CHECK-LIST OF PHYTOPLANKTON SPECIES OFF PORTUGAL: 70 YEARS (1929-1998) OF STUDIES	217
<hr/>	
Abstract	217
Resumo	217
Introduction	218
Study area and methods	218
Comments to the lists	219
Acknowledgements	259
References	260
CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	263
<hr/>	

RESUMO

A presente dissertação foca o estudo da distribuição espacial e temporal do fitoplâncton ao largo da costa de Portugal. Nesta área, o afloramento costeiro é o processo hidrodinâmico mais importante e ocorre tipicamente entre Abril e Outubro. Este trabalho incide sobre quatro temas principais: i) Padrões de distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplanctónica e das comunidades de fitoplâncton; ii) O fitoplâncton como indicador dos processos oceanográficos no registo sedimentar; iii) Identificação de tendências de distribuição e diferentes escalas de variabilidade do fitoplâncton tóxico; iv) Inventário das espécies de fitoplâncton marinho descritas para a costa portuguesa.

i) Os principais padrões da distribuição da biomassa de fitoplâncton (clorofila a, como indicador) relacionaram-se com a estratificação da coluna de água, com a disponibilidade de nutrientes e com a intensidade e persistência das condições de afloramento. Os valores máximos foram atingidos durante o Verão e o início da Primavera ($\sim 6 \text{ mg.m}^{-3}$). No Verão, observou-se uma banda de altas concentrações de clorofila a junto à costa, em associação com as águas afloradas mais frias. Estas águas foram separadas das águas oceânicas por um forte gradiente costa-largo de clorofila a. Junto à costa, os valores máximos de clorofila a foram notados subsuperficialmente e estenderam-se para o largo ao longo da pycnoclina e da nutriclina. No Outono, sob condições de ventos favoráveis a uma convergência costeira, o padrão de distribuição da biomassa de fitoplâncton esteve de acordo com o campo da temperatura, reflectindo a estação de afloramento anterior. Os máximos de clorofila a foram então observados à superfície, com concentrações de cerca de apenas um quarto das observadas durante o Verão. No Inverno, episódios curtos de nortadas fortes, não destruíram a estratificação halina na costa NW. Pelo contrário, nas costa SW e S, terão provavelmente aumentado a mistura da coluna de água. Neste período, os máximos de clorofila a foram registados à superfície, não se formando nenhum padrão evidente de distribuição de mesoscala. Durante a Primavera, os máximos de clorofila a ter-se-ão afundado na região da vertente, depois de transportados para o largo pelas águas afloradas. Com o decorrer das estações do ano, desde o Verão até ao Inverno/início da Primavera, os mínimos de clorofila a (0.1 mg.m^{-3}) foram observados a maiores profundidades, de acordo com um aumento da profundidade da camada de mistura.

Durante o Verão, os eventos de afloramento fraco interromperam a estratificação junto à costa e transportaram nutrientes para a zona eufótica. Estas condições favoreceram o desenvolvimento do fitoplâncton no lado costeiro de uma frente termicamente bem marcada. Ao mesmo tempo, no lado oceânico da frente, as águas superficiais apresentaram-se pobres em fitoplâncton devido à exaustão de nutrientes. Em contraste, durante a Primavera, quando a costa NW estava sob a acção de nortadas de forte intensidade, os *blooms* de fitoplâncton ocorreram do lado oceânico de uma frente pouco acentuada no campo térmico. Neste caso, a maior turbulência no centro de afloramento deve ter inibido o desenvolvimento do fitoplâncton. Do mesmo modo, as diferenças de intensidade do afloramento observadas nas regiões NW e SW parece terem sido

responsáveis pelas diferentes distâncias à costa dos *blooms* de fitoplâncton nas duas áreas. Durante todos os períodos do ano, a recorrência de máximos de clorofila *a* para norte de Aveiro poderá sugerir que existe nesta área um aumento de produtividade associada a uma disponibilidade adicional de nutrientes originados por regeneração na região média da plataforma ou introduzidos pelas descargas dos rios.

O processo de afloramento costeiro foi também identificado como a maior fonte de variabilidade da abundância do fitoplâncton (número de células) e da composição das comunidades fitoplanctónicas. A comunidade fitoplanctónica associada a este processo é principalmente composta por diatomáceas que formam cadeias, de pequena e média dimensão, como *Chaetoceros*, *Guinardia striata*, *Pseudo-nitzschia*, *Leptocylindrus danicus*, *Cylindrotheca closterium*, *Eucampia zoodiacus*, *Hemiaulus sinensis*, *Thalassiosira*, *Lauderia annulata*, *Detonula pumila* e *Thalassionema nitzschioides*. Este grupo, dominante durante o Verão e Primavera, estendeu a sua distribuição a distâncias da costa que dependem da intensidade do afloramento. Fora das áreas influenciadas pelo afloramento, nas águas oceânicas oligotróficas, o fitoplâncton foi dominado por coccolitóforos. A comunidade fitoplanctónica associada a essas águas incluiu *Calcidiscus leptoporus*, *Umbicosphaera sibogae*, *Scyphosphaera apsteinii*, *Discosphaera tubifer*, *Ophiaster*, *Calciosolenia murrayi* e o dinoflagelado *Thoracosphaera heimii*. Este grupo mostrou-se também bom indicador da convergência das águas oceânicas sobre a plataforma e da presença da Contra Corrente Costeira de Portugal, especialmente durante o Inverno. Nas águas costeiras, os períodos de maior mistura da coluna de água, *e.g.* tempestades ou afloramento forte, caracterizaram-se pela presença da comunidade constituída por *Paralia sulcata*, *Thalassiothrix*, *Thalassiosira eccentrica*, *Navicula*, *Odontella mobiliensis*, *Pleurosigma*, *Diploneis* e *Thalassionema nitzschioides*. Associaram--se também a este grupo os coccolitóforos *Emiliana huxleyi* e *Gephyrocapsa oceanica*, embora surjam sob condições de menor turbulência e a maiores distâncias da costa. Os dinoflagelados em geral e a comunidade constituída pelos géneros *Ceratium*, *Dinophysis*, *Protoperdinium*, *Prorocentrum*, *Gymnodinium*, *Gyrodinium* e pela diatomácea *Proboscia alata* foram indicadores de condições de estratificação sendo, em consequência, mais abundantes durante o Verão. Esta comunidade sobrepõe-se com a de afloramento nas áreas correspondentes a fases de relaxamento do afloramento. Os *blooms* de dinoflagelados em cadeia, como *Gymnodinium catenatum* e *Alexandrium affine*, caracterizaram o período de Outono, e concentraram-se numa zona de convergência ao longo da plataforma NW. Outras espécies, como *Hemiaulus sinensis*, *Helicosphaera carterae* e *Syracosphaera pulchra*, mostraram mais afinidades com as águas da ACOANst afloradas no Cabo de S. Vicente durante o Verão. Durante o Outono, a sua presença na plataforma NW estará relacionada com o seu transporte, consequência da intensificação da circulação para norte das águas superficiais.

As diferenças existentes nas condições de estratificação e entre a intensidade e o padrão de afloramento nas plataformas NW e SW, ter-se-ão reflectido na distribuição e abundância relativa de diatomáceas *vs.* dinoflagelados e na distribuição de fitoplâncton *vs.* zooplâncton.

ii) A abundância de diatomáceas e de cocolitóforos e a composição da comunidade de diatomáceas observadas na coluna de água durante a época de afloramento (Verão) e de convergência costeira (Inverno) foram comparadas com os padrões de distribuição observados em sedimentos recentes. Os resultados da coluna de água indicaram que a biomassa de fitoplâncton aumenta uma ordem de grandeza sob condições de afloramento, sendo as diatomáceas o grupo contribuinte mais importante. Os cocolitóforos, pelo contrário, dominam o fitoplâncton durante o Inverno. A comparação destes grupos durante as épocas de afloramento e de convergência costeira com o seu registo sedimentar revelaram que este último reflecte a situação de afloramento, preservando a maior parte da sua variabilidade original no espaço. A comparação entre as comunidades de diatomáceas actuais e as fósseis mostrou que, dos dois géneros que dominam a comunidade biológica de Verão (*Pseudo-nitzschia* e *Chaetoceros*), *Pseudo-nitzschia* não está representada nos sedimentos, quando *Chaetoceros* é a forma dominante dos mesmos. *Thalassiosira*, que ocorre com a mesma abundância durante as duas estações do ano, respondendo quer a uma introdução de nutrientes pelo afloramento ou pelas descargas dos rios, não pode ser considerada como um género indicador de um só processo. Contudo, a sua distribuição nos sedimentos pode ser usada como indicador de uma contínua disponibilidade de nutrientes. Estes resultados são de extrema importância para reconstruções paleo-oceanográficas, visto constituírem uma boa indicação de que o registo sedimentar, mesmo que de alguma forma alterado no que respeita à composição das comunidades, reflecte as características da coluna de água.

A interpretação tradicional de *Coccolithus pelagicus* como indicador de águas frias foi examinada com base nos padrões de distribuição da espécie na costa portuguesa, tanto na coluna de água (utilizando os dados de onze cruzeiros), como em sedimentos superficiais do Holocénico e cores do Quaternário. *C. pelagicus* é comum no sistema de afloramento de Portugal, onde as águas superficiais apresentam uma origem predominantemente subtropical. Embora a espécie mostre afinidades com águas afloradas mais frias, ela foi encontrada em águas até 18°C, associada com plumas de rios e frentes na região da vertente. *C. pelagicus* pareceu ocupar, de uma forma consistente, um nicho ecológico próprio entre outros grupos de fitoplâncton, relacionado com condições de turbulência moderada combinadas com uma disponibilidade de nutrientes. Com base neste comportamento, propõe-se que *C. pelagicus* seja usado como um indicador da periferia de áreas onde a produtividade é acrescida. As preferências de *C. pelagicus* por frentes com um gradiente moderado de temperatura e salinidade foram tentativamente usadas para explicar características particulares do seu registo sedimentar. O repetido aumento de *C. pelagicus* em tanatocenoses (comunidades dos sedimentos superficiais) da plataforma portuguesa, próximo a três rios, foi interpretado como uma resposta positiva da espécie ao desenvolvimento de plumas desses rios. Por outro lado, inconsistências na correlação entre estádios isotópicos glaciares-frios e interglaciares-quentes com o padrão de abundância relativa de *C. pelagicus* durante o Quaternário Superior, tal como registado em dois cores localizados no Banco da Galiza (42°N), foram explicadas como alterações da extensão do limite exterior da área de paleo-productividade da Península Ibérica.

iii) As espécies de *Dinophysis* e *Gymnodinium catenatum* foram associadas respectivamente com episódios de DSP e PSP ao longo da costa Portuguesa. Estes episódios foram concomitantes à estação de afloramento, apesar das diferentes espécies aparecerem relacionadas com diferentes fases da sucessão fitoplanctónica, onde as espécies de *Dinophysis* ocorrerão mais cedo.

Os dados da variabilidade de mesoscala e interanual de *G. catenatum* mostraram que, desde 1985 até 1990, os *blooms* desta espécie ($>10^3$ células l^{-1}) ocorreram principalmente na costa NW de Portugal. Esta distribuição espacial foi então associada ao padrão de afloramento descrito para a costa NW, onde nortadas mais estáveis e uma plataforma mais larga e menos profunda estão relacionadas com um afloramento mais homogéneo. O enriquecimento adicional em nutrientes com origem numa regeneração a meio da plataforma, durante o período de afloramento, foi também sugerido como tendo um possível papel no desenvolvimento desta espécie. Durante o Verão de 1985, os *blooms* desenvolveram-se localmente na região de Lisboa, embora durante o Outono a sua distribuição fosse alargada mais a norte. Esta distribuição, neste último período, foi relacionada com o transporte para norte de *G. catenatum*, pela corrente da vertente que parece estabelecer-se a partir do início do Outono. Em 1991, não se detectaram *blooms* ao longo de toda a costa. Contudo, a espécie foi observada em baixas concentrações nas águas oceânicas mais quentes e mais salinas a sul do Banco Gorringe. Os anos seguintes caracterizaram-se pela ocorrência de extensos *blooms* nas costa SW e S, detectados inicialmente ao longo da costa SW (1992, 1993 e 1995) e na costa S (1994). As maiores abundâncias de *G. catenatum* foram frequentemente observadas na região média da plataforma e relacionadas com a sua deslocação para ocidente devido às condições de afloramento. Durante o Verão de 1994, os *blooms* de *G. catenatum* permaneceram durante dois meses na costa S. A pluma persistente ao largo do Cabo de S. Vicente terá agido como uma barreira ao transporte dos *blooms* para a costa W. Nesta área e no Verão, apenas se observaram baixas concentrações da espécie. Durante o Outono do mesmo ano, os *blooms* de *G. catenatum* ocorreram repentinamente e em massa ao largo da costa de Lisboa e o seu desenvolvimento não foi detectado pelo Programa de Monitorização de algas tóxicas. Muito embora a origem do *innoculum* dos *blooms* desta espécie esteja sob debate, a presença de *G. catenatum* em águas oceânicas, como observado em 1991, sugere a possibilidade de se admitir uma origem oceânica dos *blooms* do Outono de 1994. No entanto, o desenvolvimento destes *blooms* pareceu depender de uma interacção com águas de afloramento ricas em nutrientes.

A variabilidade de mesoscala de *Dinophysis acuta* e *D. cf. acuminata* foi também estudada de 1990 a 1994, no Verão e no Outono. Durante estes anos, a estratificação terá aumentado devido a uma alteração climática regional caracterizada por uma diminuição da intensidade do afloramento durante o Verão. As Baías do Sado e do Tejo (latitude de Lisboa) marcaram o limite sul da distribuição dos *blooms* destas espécies. As condições ambientais associadas com as águas mais a sul, em particular uma estratificação menor e maiores salinidades, >35.9 para *D. cf. acuminata* e >36.0 para *D. acuta* pareceram limitar o desenvolvimento destas espécies. Populações (10^2 cél. l^{-1}) de *D. cf. acuminata* foram observadas numa maior gama de temperatura e salinidade do que *D. acuta*. Contudo, os

blooms de *D. cf. acuminata* ($>10^3$ cél. l⁻¹) observaram-se em águas de temperaturas $< 16^\circ\text{C}$ enquanto os *blooms* de *D. acuta* foram encontrados em águas atingindo 17°C . Apesar destas duas espécies surgirem muitas vezes em simultâneo, os seus máximos nunca coincidem tanto no espaço como no tempo. Quando ocorrem *blooms* alargados de *D. cf. acuminata*, *D. acuta* está quase ausente ao longo da costa, e *vice versa*. Quando os *blooms* de ambas as espécies se notam em simultâneo, eles estão separados no espaço, com *D. cf. acuminata* a ser observado para norte de *D. acuta*.

A dinâmica dos *blooms* de *D. acuta*, *D. cf. acuminata*, *D. tripos* e de *G. catenatum* foi estudada diariamente durante o desenvolvimento de um episódio de afloramento fraco a moderado. Todas as espécies foram principalmente observadas: na camada superficial que se desloca sob acção do vento, e ainda no interior do jacto costeiro, para sul. O vento originou na camada de superfície: uma mistura vertical, o seu transporte para o largo e movimentos verticais. Estas condições foram responsáveis pela distribuição e concentração das células, dependendo da posição relativa de cada espécie na coluna de água antes do evento de afloramento. No geral, o relaxamento do vento foi associado às condições de formação de *bloom*, enquanto a sua intensificação produziu a dispersão e diminuição do número de células.

Durante o mesmo cruzeiro, quando elevadas concentrações de *D. tripos* foram observadas, algumas células mostraram um gradiente morfológico variando desde a forma típica vegetativa da espécie até uma forma mais elíptica, sugerindo um processo de enquistamento. Este processo pareceu ter lugar a meio da plataforma, onde as células foram transportadas para profundidades superiores, por afundamento das águas de superfície, o que poderá ter perturbado as células. No âmbito do Programa de Monitorização de Algas Tóxicas foram encontradas outras formas que se sugeriram ser quistos de *D. acuta*. Outros estádios do ciclo de vida de *Dinophysis* foram também assinalados, tal como foi sugerido pela ocorrência simultânea de *D. diegensis* com *D. tripos* e de *D. dens* com *D. acuta*. *D. diegensis* e *D. dens* parece serem gâmetas das espécies co-ocorrentes.

iv) Os primeiros estudos de fitoplâncton nos ecossistemas marinhos portugueses remontam ao início do Séc. XX. As primeiras publicações tiveram origem em estudos efectuados em zonas costeiras (estuários, baías, rias e locais muito próximos da costa). Mais recentemente, os estudos incidiram também na plataforma continental, região da vertente e águas oceânicas, a maior parte dos quais foram desenvolvidos no âmbito da presente dissertação. Apresenta-se aqui uma revisão que inclui uma extensa colecção de citações das espécies de fitoplâncton marinho observadas em águas portuguesas de 1929 a 1998. Um total de 1027 espécies ou outros taxa foram identificados: 539 Bacillariophyceae (diatomáceas), 317 Dinophyceae (dinoflagelados), 86 Prymnesiophyceae (maioritariamente cocolitóforos), 3 Raphidophyceae, 9 Euglenophyceae, 27 Chlorophyceae, 15 Prasinophyceae, 4 Crysophyceae, 9 Dictyochophyceae, 10 Cryptophyceae, 6 Cyanophyceae, 1 Ebriidae, 1 Protozoa fotossintético. O principal objectivo deste trabalho foi elaborar uma lista compreensiva das espécies observadas até à data em diferentes locais da costa portuguesa, conjuntamente com uma lista actualizada de sinónimos.

ABSTRACT

The present dissertation deals with the study of spatial and temporal distribution of phytoplankton off the coast of Portugal. In this area, coastal upwelling is the most significant hydrodynamic process and typically occurs between April and October. This work focus four main subjects: i) Spatio-seasonal patterns of distribution of the phytoplankton biomass and assemblages; ii) Phytoplankton as an indicator of oceanographic processes in the sediment record; iii) Identification of trends and different scales of variability of toxic phytoplankton; iv) Inventory of marine phytoplankton species described for the Portuguese coast.

i) The main patterns recognised on the distribution of phytoplankton biomass (chlorophyll *a* used as a proxy) were related to the water column stratification, nutrient availability and the intensity and persistence of upwelling conditions. Maximum values were reached during summer and early spring ($\sim 6 \text{ mg.m}^{-3}$). In summer, a band of high concentrations values of chlorophyll *a* were found near the coast, in association with cold upwelled waters. A strong cross-shelf gradient of chlorophyll *a* characterised the separation between upwelled and oceanic waters. Near the coast, maximum values of chlorophyll *a* were recorded subsuperficially while, offshore, these extended along the pycnocline and nutricline. In autumn, under conditions of downwelling favourable winds, the pattern of biomass distribution matched the temperature field, reflecting the previous upwelling season. Chlorophyll maxima were recorded at the surface, although values were only one fourth of those recorded during summer. In winter, short events of strong upwelling favourable winds did not disrupt the haline stratification on the NW coast. By contrast, on the SW and S coasts, these events probably intensified water column mixing. Chlorophyll *a* maxima were low and were recorded at the surface with no evident mesoscale pattern of distribution. In spring, chlorophyll *a* maxima apparently sank at the slope, after being advected by upwelled waters. As seasons progressed, from summer to winter/early spring, chlorophyll *a* minima (0.1 mg.m^{-3}) were found in deeper waters in agreement with the increase in depth of the mixed layer.

During summer, the pulses of weak to moderate upwelling disrupted stratification near the coast and brought nutrients into the euphotic zone. These conditions favoured phytoplankton growth on the inshore side of a well-developed thermal front. At the same time, surface oceanic waters were poor in phytoplankton due to nutrient depletion. By contrast, in early spring, when the northwestern coast was under very strong northerlies, phytoplankton blooms were advected from the coast and occurred on the oceanic side of an upwelling front not well evident on the temperature field. In this case, high turbulence on recent upwelled waters may have inhibited phytoplankton growth. Similarly, the differences on the intensity of the upwelling events observed between the NW and the SW regions seemed to play an important role on the offshore distance of phytoplankton blooms in both areas. The presence of recurrent maxima north of Aveiro during all seasons may

suggest that phytoplankton productivity, in this area, was enhanced by the higher nutrient availability observed, due to nutrient regeneration and/or river discharge.

Coastal upwelling was also identified as the major source of seasonal and spatial variability of phytoplankton abundance (number of cells) and assemblage composition. The assemblage associated with upwelling was mainly composed of chain forming diatoms, of small and medium size, like *Chaetoceros*, *Guinardia striata*, *Pseudo-nitzschia*, *Leptocylindrus danicus*, *Cylindrotheca closterium*, *Eucampia zoodiacus*, *Hemiaulus sinensis*, *Thalassiosira*, *Lauderia annulata*, *Detonula pumila* and *Thalassionema nitzschioides*. This assemblage, dominant during summer and spring, extended its distribution to a distance offshore dependent on the intensity of upwelling. Outside the areas influenced by upwelling, in oligotrophic oceanic waters, phytoplankton was dominated by coccolithophores. The phytoplankton assemblage associated with these waters included *Calcidiscus leptoporus*, *Umbilicosphaera sibogae*, *Scyphosphaera apsteinii*, *Discosphaera tubifer*, *Ophiaster*, *Calciosolenia murrayi* and the dinoflagellate *Thoracosphaera heimii*. This group also showed to be a good indicator of oceanic waters converging over the shelf and the presence of the Portugal Coastal Countercurrent, especially during winter. In coastal waters, the periods with a high water column mixing, e.g. storms and strong upwelling, were characterised by an assemblage that involved *Paralia sulcata*, *Thalassiothrix*, *Thalassiosira eccentrica*, *Navicula*, *Odontella mobiliensis*, *Pleurosigma*, *Diploneis* and *Thalassionema nitzschioides*. The coccolithophores *Emiliania huxleyi* and *Gephyrocapsa oceanica* were also associated with this group, but seemed to occur under lower turbulence conditions, extending their distribution to higher distances offshore. Dinoflagellates in general and the assemblage including species of genera *Ceratium*, *Dinophysis*, *Protoperdinium*, *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Prorocentrum* and the diatom *Proboscia alata* were indicators of stratification conditions and, consequently, were more abundant during summer. This community overlapped with the upwelling assemblage in the areas corresponding to periods of upwelling relaxation. Blooms of chain forming dinoflagellates, such as *Gymnodinium catenatum* and *Alexandrium affine*, characterised the autumn period, and were concentrated in a convergence area along the NW shelf. Others species such as *Hemiaulus sinensis*, *Helicosphaera carterae* and *Syracosphaera pulchra* showed higher affinities with the ENACWst upwelled waters off the cape S. Vicente during summer. During autumn, their presence in the NW coast seemed to be related to advection due to the intensification of the northward surface circulation.

Differences on stratification conditions and on the intensity and pattern of upwelling between the NW and the SW coasts were apparently reflected on the distribution and the relative abundance of diatoms vs. dinoflagellates and on the distribution of phytoplankton vs. zooplankton.

ii) The diatom and coccolithophore abundance and diatom assemblage composition found in the water column during upwelling (summer) and non-upwelling conditions (winter), were compared to the distribution patterns observed in recent sediments. The

water column results indicated an one order of magnitude increase in phytoplankton biomass during upwelling conditions, with diatoms being the most important contributors. Coccolithophores, on the contrary, dominate the phytoplankton in winter. The comparison of the upwelling and non upwelling distribution of these groups to their sedimentary record revealed the sediment record as a reflection of the upwelling situation, preserving most of its original spatial variability. The comparison between living and fossil diatom assemblages indicated that from the two genera which dominate the summer biological assemblage (*Pseudo-nitzschia* and *Chaetoceros*), *Pseudo-nitzschia* was not represented in sediments, while *Chaetoceros* was the dominant form of the sediment. *Thalassiosira*, which occurs in the same abundance in both seasons, responding to both river and upwelling nutrient input, can not be a reliable indicator of any single process. However, this genus distribution in the sediments can be used as an indicator of continuous nutrient availability. Such results are of great importance for paleoceanographic reconstructions, since they constitute a good indication that the sediment record, even though somewhat altered with respect to assemblage composition, does reflect the water column characteristics.

The traditional interpretation of *Coccolithus pelagicus* as a cold water proxy was examined based on its distribution patterns in the water column off the Portuguese coast (using data from eleven cruises) and in Holocene surface sediment samples and Quaternary cores from the same region. *C. pelagicus* is common in the Portuguese upwelling system, an area where surface waters are predominantly of subtropical origin. Although revealing an affinity for low temperature upwelled waters, the species was found in waters up to 18°C associated with riverine plume and shelf-break fronts. *C. pelagicus* seemed to consistently occupy a particular ecological niche, between other phytoplankton groups, related to moderate turbulence conditions combined with nutrient availability. From this behaviour, it is proposed that *C. pelagicus* can be used as a tracer of the periphery of areas of enhanced productivity. *C. pelagicus* preferences for fronts of moderate temperature and salinity gradients were tentatively used to explain particular features of its sedimentary record. The repeated increase of *C. pelagicus* in thanatocoenoses (surface sediment assemblages) close to three river mouths, on the Portuguese shelf, were interpreted as a positive response to the development of riverine plumes. On the other hand, inconsistencies in the correlation between sea surface cooler-glacial and warmer-interglacial isotope stages and the relative abundance pattern of *C. pelagicus* during the Late Quaternary, as registered in two Galicia Bank piston cores (42°N), were tentatively explained in terms of shifts in the extent of the outer limit of the local palaeoproductivity belt off the Iberian Peninsula.

iii) *Dinophysis* species and *Gymnodinium catenatum* have been associated respectively with DSP and PSP outbreaks off the coast of Portugal. These outbreaks are concomitant with the upwelling season, although the different species appeared to be related to different stages of phytoplankton succession, with *Dinophysis* species occurring earlier in the season.

Data on the mesoscale and interannual variability of *G. catenatum* showed that, from 1985 until 1990, blooms of this species ($>10^3$ cells l^{-1}) occurred mainly on the NW coast of Portugal. This spatial distribution was then associated with the upwelling pattern described for NW coast, where more stable northerly winds and the wide and flat shelf are related with a more persistent and fairly homogeneous upwelling. The additional nutrient enrichment of the euphotic zone by the regeneration of nutrients from mid-shelf, during upwelling events, was also suggested as playing a possible role on the development of this species. In the summer of 1985, blooms developed locally, offshore Lisbon, while in autumn they had a widespread distribution further north. This autumn distribution was related to the advection of *G. catenatum* by the poleward surface flow that seems to intensify along the western slope since autumn. During 1991 no blooms were recorded along the whole coast. However, the species was observed in low concentrations in warmer and saltier offshore waters south of Ormond Seamount. The following years were characterised by extensive blooms on the SW and the S coast. Blooms were first detected along the SW coast (1992, 1993, and 1995) and on the S coast (1994). The higher abundances of *G. catenatum* were frequently observed at midshelf and were related to the offshore displacement of blooms under upwelling conditions. During the summer 1994, *G. catenatum* blooms lasted for two months on the S coast. The persistent upwelling plume at Cape S. Vicente seemed to act as a barrier to the spreading of blooms into the western coast. In this area, only very low concentrations were recorded for this species. In autumn of the same year, sudden and extremely massive outbreaks of *G. catenatum* occurred on the western coast off Lisbon. Although the origin of the bloom inoculum is still under debate, the presence of this species in offshore waters, as observed in 1991, suggests it is possible to consider an offshore origin of the inoculum, but bloom development seems dependent on the interaction with nutrient enriched upwelled waters.

The mesoscale variability of *Dinophysis acuta* and *Dinophysis* cf. *acuminata* was also studied from 1990 to 1994, in summer and autumn. During these years, stratification was enhanced due to a regional climatic change characterised by a decrease in the upwelling intensity during summer. The Sado/Tagus embayments (Lisbon latitude) marked the southern range for blooms of both species. The environmental conditions associated with the southern waters, in particular the lower stratification and higher salinities, >35.9 for *D. cf. acuminata* and >36.0 for *D. acuta*, seemed to restrain the development of these species. Populations (10^2 cells l^{-1}) of *D. cf. acuminata* were observed in a wider range of temperature and salinity than *D. acuta*. However, blooms of *D. cf. acuminata* ($> 10^3$ cells l^{-1}) occurred in waters of $<16^\circ\text{C}$ while blooms of *D. acuta* were found in waters reaching 17°C . Although these two species often co-occurred, their maxima never coincided either in space or in time. When widespread blooms of *D. cf. acuminata* occur, *D. acuta* is almost absent along the coast and *vice versa*. When blooms of the two species occur simultaneously in time, they are spatially separated, *D. cf. acuminata* being observed to the north of *D. acuta*.

The bloom dynamics of *D. acuta*, *D. cf. acuminata*, *D. tripos* and *G. catenatum* was studied daily during the development of a weak to moderate upwelling event observed off Porto. All species were mainly distributed in the surface wind driven layer within an equatorward coastal jet. Wind induced mixing, offshore transport and vertical motions

were responsible for the distribution and concentration of cells, depending on the relative position of each species in the water column, before the northerly wind event. Generally, wind relaxation was associated with blooming conditions while wind intensification led to the dispersion and decrease of cell numbers.

During the same cruise, when high concentrations of *D. tripos* were found, some cells showed a morphological gradient varying from the typical vegetative form of this species to a more elliptical one, suggesting an encystment process. This process appeared to take place at mid-shelf where cells were transported to deeper layers by sinking of surface waters, which may have stressed the cells. The Monitoring Research Program found other forms, which were suggested to be the cysts of *D. acuta*. Other life cycle stages may have also been recorded as suggested by the simultaneous occurrence of *D. diegensis* with *D. tripos* and *D. dens* with *D. acuta*. *D. diegensis* and *D. dens* are believed to be gamete forms of the co-occurring species.

iv) The first phytoplankton studies in Portuguese marine ecosystems date back to beginning of the 20th century. The first publications came from studies focusing on inshore areas (estuaries, bays, “rias” and inner-coastal sites). More recently, studies have focused also on the Portuguese shelf, shelf break and offshore waters, most of which were developed as part of this dissertation. Here we present a review that includes an extensive collection of citations of phytoplankton species observed in Portuguese waters from 1929 to 1998. A total of 1027 species or other taxa were identified: 539 Bacillariophyceae (diatoms), 317 Dinophyceae (dinoflagellates), 86 Prymnesiophyceae (mostly coccolithophores), 3 Raphidophyceae, 9 Euglenophyceae, 27 Chlorophyceae, 15 Prasinophyceae, 4 Crysophyceae, 9 Dictyochophyceae, 10 Cryptophyceae, 6 Cyanophyceae, 1 Ebrideae and 1 photosynthetic Protozoa. The main goal of this work was to provide a comprehensive list of species recorded up to the date in several sites of the Portuguese coast, together with an updated list of synonyms.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O estudo da composição e ecologia do fitoplâncton dos principais sistemas de afloramento costeiro dos oceanos, entre eles o do NW África, SW África, Califórnia, Peru e Somália, mereceu especial atenção a partir da década de 70, em parte porque estes ecossistemas são responsáveis por uma grande parte da produção primária dos oceanos e por sustentarem pescarias economicamente importantes. O interesse científico sobre o funcionamento dos sistemas de afloramento continua actual, visto serem altamente sensíveis às alterações climáticas globais do planeta (Summerhayes *et al.*, 1994). Não se conhece, de uma forma eficaz, o seu papel na dinâmica do ciclo global do carbono e se actuam como fontes de aumento ou remoção de CO₂ (Lampitt *et al.*, 1994). A compreensão de como operam, num leque completo de diferentes escalas, desde as sazonais às geológicas, é essencial quando se pretende prever as suas alterações futuras.

Os sistemas de afloramento, dependentes da acção combinada de padrões de circulação de grande escala, como as correntes de fronteira do lado oriental dos oceanos, e de condições geográficas e climáticas regionais e locais, podem ser considerados como centros de reacção que recebem a energia armazenada numa vasta área através de vários mecanismos físicos (Estrada & Blasco, 1985). De acordo com Margalef (1978), a energia física que faz aflorar nos oceanos as águas ricas em nutrientes constitui uma energia subsidiária para o fitoplâncton, sendo um bom predictor da produção fitoplanctónica. Este autor mostra também que as espécies de fitoplâncton estão morfológica e fisiologicamente bem adaptadas a altos ou baixos níveis dessa energia auxiliar. As áreas onde exista uma alteração repentina dessa energia, como frentes, termoclínas, interfaces sedimento-água, caracterizam-se por uma elevada produção fitoplanctónica, desde que as escalas de tempo e espaço das interacções físicas e biológicas sejam equivalentes (Legendre, 1981; Legendre & Demers, 1984; Legendre *et al.*, 1986). Assim, os vários processos físicos influenciam, em diferentes escalas, as comunidades de fitoplâncton, sendo responsáveis pela variabilidade entre os diferentes sistemas de afloramento.

Entre as diversas escalas de variação do fitoplâncton marinho, encontra-se o desenvolvimento massivo, relativamente repentino e geograficamente restrito, de uma ou

várias espécies em simultâneo. A este fenómeno dá-se o nome de “maré vermelha” quando produz uma descoloração da água do mar, ou o nome de *bloom*, quando traduz simplesmente o aumento de uma população. Das cerca de 4000 espécies de fitoplâncton marinho, cerca de 80 são consideradas tóxicas e cerca de 200 produzem “marés vermelhas”, sendo potencialmente nocivas (Sournia, 1995). Os dinoflagelados representam perto de 50% das espécies produtoras de “marés vermelhas”, mas apenas 4 géneros (*Alexandrium*, *Dinophysis*, *Gymnodinium* e *Prorocentrum*) são responsáveis pela maioria dos eventos tóxicos (Sournia, 1995). Não é possível demonstrar o aumento mundial dos *blooms* de algas tóxicas, devido em parte à ausência de séries temporais em escalas de observação adequadas (Wyatt, 1995). No entanto, existem algumas evidências da sua relação com a existência de flutuações climáticas ou da sua associação com o aumento de nutrientes nas águas costeiras, devido a causas antropogénicas (Hallegraeff, 1993; Hallegraeff *et al.*, 1995; Usup & Azanza, 1998).

Na costa de Portugal continental, que faz parte do sistema de afloramento NW África-Ibérico, os primeiros estudos de fitoplâncton iniciaram-se em 1909 (Carriso, 1911). Ao longo dos anos, incidiram sempre em áreas restritas ou muito próximas da costa, em estuários ou em zonas lagunares costeiras (Moita & Vilarinho, 1999). A primeira “maré vermelha” foi registada na área de Peniche em 1944 (Pinto, 1949). O primeiro evento de toxicidade em berbigão, associado a um *bloom* de *Prorocentrum micans*, foi observado em 1955 (Pinto & Silva, 1956). Apesar destes trabalhos, não se conhece ainda o modo como as populações de fitoplâncton marinho são controladas pelos factores ambientais nas águas da costa de Portugal. O primeiro passo para esse conhecimento constitui o principal objectivo desta tese.

Após o início do presente estudo, para o qual as primeiras amostragens foram iniciadas em 1985, surgiram alguns trabalhos relacionados com o tema. Mostraram, por exemplo, que a distribuição de diatomáceas nos sedimentos superficiais da margem continental portuguesa reflecte os padrões de afloramento previamente descritos para a região (Abrantes, 1988). Outros mais recentes, que incidiram sobre a distribuição de pigmentos fitoplantónicos de superfície com base na análise de imagens CZCS -“Coastal Zone Color Scanner” do satélite Nimbus 7, referiram a forte associação de várias estruturas de mesoscala com a dinâmica do processo de afloramento e deram um importante contributo para o conhecimento da variabilidade espacial e interanual da biomassa de fitoplâncton no sistema de afloramento Ibérico (Sousa & Bricaud, 1992; Peliz & Fiúza,

1999). O presente trabalho mantém-se, no entanto, como precursor do estudo da dinâmica das populações de fitoplâncton nas águas costeiras portuguesas, e são seus propósitos:

- a) Conhecer a distribuição espacial e sazonal da biomassa de fitoplâncton e das comunidades fitoplanctónicas nas águas superficiais;
- b) Contribuir para uma melhor compreensão das relações existentes entre os registos de fitoplâncton nos sedimentos superficiais e os processos oceanográficos que ocorrem na coluna de água;
- c) Identificar tendências de distribuição e diferentes escalas de variabilidade espacial e temporal de espécies de fitoplâncton tóxico;
- d) Criar o primeiro inventário de espécies de fitoplâncton para a zona costeira de Portugal.

Estes objectivos encontram-se abordados, respectivamente, nos capítulos 2 a 5 desta dissertação.

O **CAPÍTULO 2** “*Variação da produtividade e composição fitoplanctónica na costa de Portugal e sua relação com o regime hidrológico geral*”, de índole descritiva, é composto por dois trabalhos. No primeiro, **Capítulo 2.1**, apresenta-se a “*Distribuição espacial e sazonal do fitoplâncton no sistema de afloramento da costa Portuguesa: Biomassa fitoplanctónica*” e descrevem-se os padrões de distribuição, sazonal, ao longo da costa e na coluna de água, das concentrações de clorofila *a* em função de condições oceanográficas físicas e químicas, como a intensidade e persistência do processo de afloramento costeiro, estratificação, mistura e disponibilidade de nutrientes na coluna de água. No segundo, **Capítulo 2.2**, intitulado “*Distribuição espacial e sazonal do fitoplâncton no sistema de afloramento da costa Portuguesa: Estrutura das comunidades de fitoplâncton*”, identificam-se diferentes associações de espécies de fitoplâncton indicadoras de várias condições oceanográficas e descrevem-se diferentes escalas da sua variação.

Com base nos conhecimentos gerais adquiridos no **CAPÍTULO 2**, os Capítulos 3 e 4 tratam problemas particulares relacionados, respectivamente, com a importância do comportamento ecológico de espécies na coluna de água, tendo em vista o seu significado paleontológico, e com o desenvolvimento de *blooms* de microalgas tóxicas, cuja proliferação nos oceanos vem constituindo uma prioridade de investigação, face ao seu

impacte na saúde pública e aos elevados prejuízos socio-económicos associados. O **CAPÍTULO 3** “*Indicadores fitoplanctónicos no registo sedimentar*” inclui integralmente duas publicações realizadas em co-autoria, em que os resultados do estudo do fitoplâncton na coluna de água, da responsabilidade da autora, são relacionados com os obtidos por colegas geólogos no estudo dos sedimentos superficiais da margem continental portuguesa. Na primeira, **Capítulo 3.1**, intitulada “*Water column and recent sediment data on diatoms and coccolithophorids, off Portugal, confirm sediment record of upwelling events*” [1] compara-se a abundância e distribuição de diatomáceas e coccolitóforos e a composição da comunidade de diatomáceas observadas na coluna de água, durante as épocas de afloramento e de convergência costeira, com as observadas nos sedimentos recentes ao longo da margem de Portugal. Na segunda publicação, **Capítulo 3.2**, denominado “*Coccolithus pelagicus, a productivity proxy related to moderate fronts off Western Iberia*” [2], reexamina-se a interpretação paleoceanográfica da presença de *C. pelagicus*, coccolitóforo tradicionalmente considerado como indicador de águas frias, com base na recorrência da espécie em diversos tipos de frentes no sistema de afloramento Ibérico.

O **CAPÍTULO 4** “*Fitoplâncton tóxico*”, é composto por 5 trabalhos publicados ou aceites para publicação e relacionados com a presença de espécies de dinoflagelados produtores de toxinas paralisantes e diarreicas, na costa de Portugal. O primeiro, **Capítulo 4.1**, sob o título “*Development of toxic dinoflagellates in relation to the upwelling patterns of Portugal*” [3], discute o padrão de distribuição de *Gymnodinium catenatum* e de espécies do género *Dinophysis*, durante os anos de 1985 e 1987. Os dois trabalhos seguintes apresentam a variabilidade de distribuição daquelas espécies em anos subsequentes (1990-1994). Constituem respectivamente o **Capítulo 4.2** sob o título “*On the variability of Gymnodinium catenatum Graham blooms in Portuguese waters*” [4] e o **Capítulo 4.3** intulado “*Interannual trends in the longshore distribution of Dinophysis off the Portuguese coast*” [5]. O **Capítulo 4.4**, realizado em colaboração com um colega oceanógrafo físico, “*Dynamic of Dinophysis acuta, D. acuminata, D. tripos and Gymnodinium catenatum during an upwelling event off the NW coast of Portugal*” [6], desenvolve parte dos resultados apresentados no capítulo 4.1, e descreve a variabilidade no tempo e no espaço de alguns dinoflagelados tóxicos e potencialmente tóxicos à escala do evento de afloramento. No **Capítulo 4.5**, “*Are there cysts in the genus Dinophysis ?*” [7], apresentam-se algumas sucessões de imagens sobre fases do ciclo de vida de espécies do género *Dinophysis*. Em particular, e pela primeira vez na literatura, mostrou-se a

possibilidade do género produzir formas quísticas de resistência. Estes resultados são relevantes, quando existe um insucesso generalizado na reprodução *in vitro* do género *Dinophysis*.

Finalmente, no **CAPÍTULO 5**, apresenta-se na íntegra o artigo “*Check-list of phytoplankton species off Portugal: 70 years (1929-1998) of studies*” [8], e listam-se as espécies de fitoplâncton marinho observadas nas águas oceânicas, estuários e zonas lagunares costeiras de Portugal Continental, referidas em todos os trabalhos a que se teve acesso para a área. Apresenta-se também uma lista dos sinónimos das espécies citadas, face à nomenclatura em utilização à data de publicação.

Nesta tese, os artigos publicados, ou em publicação, têm as seguintes referências:

- [1]. Abrantes, F. & Moita, M.T. (1999). Water column and recent sediment data on diatom and coccolithophorids, off Portugal, confirm sediment record of upwelling events. *Oceanologica acta*, **22** (3): 319-336.
- [2]. Cachão, M. & Moita, M.T. (2000). *Coccolithus pelagicus*, a productivity proxy related to moderate fronts off Western Iberia. *Marine Micropaleontology*, **39**: 131-155.
- [3]. Moita, M.T. (1993). Development of toxic dinoflagellates in relation to upwelling patterns off Portugal. In: T.J. Smayda e Y. Shimizu (Eds.) *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, Elsevier, Amsterdam, pp. 299-304.
- [4]. Moita, M.T., Vilarinho, M.G. & Palma, A.S. (1998). On the variability of *Gymnodinium catenatum* Graham blooms in Portuguese waters. In: *Harmful Microalgae*, B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández and T. Wyatt (Eds.), Xunta de Galicia and IOC of UNESCO, pp.118-121.
- [5]. Palma, A.S., Vilarinho, M.G. & Moita, M.T. (1998). Interannual trends in the longshore distribution of *Dinophysis* off the Portuguese coast. In: *Harmful Microalgae*, B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández and T. Wyatt (Eds.), Xunta de Galicia and IOC of UNESCO, pp. 124-127.
- [6]. Moita, M.T. & Silva, A.J. (2000). Dynamic of *Dinophysis acuta*, *D. acuminata*, *D. tripos* and *Gymnodinium catenatum* during an upwelling event off the Northwest coast of Portugal. In: *Harmful Algal Blooms 2000*, G.M.Hallegraeff, S.I.Blackburn, C.J. Bolch & R.J. Lewis (Eds.), IOC of UNESCO (aceite para publicação).

- [7]. Moita, M.T. & Sampayo, M.A. (1993). Are there cysts in the genus *Dinophysis* ? In: T.J. Smayda e Y.Shimizu (Eds.) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, Elsevier, Amsterdam, pp. **153-157**.
- [8]. Moita, M.T. & Vilarinho, M.G. (1999). Check-list of phytoplankton species off Portugal: 70 years (1929-1998) of studies. *Portugalia Acta Biológica*, Sér.B, Sist, **18**: 5-50.

Referências bibliográficas:

- ABRANTES, F. (1988). Diatom assemblages as upwelling indicators in surface sediments off Portugal. *Mar. Geology*, **85**: 15-39.
- CARRISSO, L.W. (1911). Materiaes para o estudo do plancton na costa portuguesa. *Boletim Sociedade Broteriana*, **XXVI**: 5-84.
- ESTRADA, M. & BLASCO, D. (1985). Phytoplankton assemblages in coastal upwelling areas. In: *International Symposium of Upwelling of W Africa*, Vol.1. C. Bas, R. Margalef, & P. Rubias (Eds.), Instituto de Investigaciones Pesqueras, Barcelona, pp. 379-402.
- HALLEGRAEFF, G.M. (1993). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, **32**: 79-99.
- HALLEGRAEFF, G.M., MCCAUSLAND, M.A. & BROWN, R. K. (1995). Early warning of toxic dinoflagellate blooms of *Gymnodinium catenatum* in southern Tasmanian waters. *J. Plank. Res.*, **17**: 1163-1176.
- LAMPITT, R.S., FAHRBACH, E., SCHNEIDER, B., SCHNEIDER, R.R., SMITH, S.V., TOGGWEILER, J.R., WATSON, A.J. & ZEITZSCHEL, B. (1994). Group report: Does upwelling have a significant influence on the global carbon cycle? . In: *Upwelling in the ocean: Modern Processes and ancient records*, Summerhayes, C.P., Emeis, K.-C., Angel, M.V., Smith, R.L. & Zeitzschel, B. (Eds.), John Wiley & Sons Ltd, Chichester, Dahlem Workshop Report ES 18, pp. 384-404.
- LEGENBRE, L. (1981). Hydrodynamic control of marine phytoplankton production: the paradox of stability. In: *Ecohydrodynamics*. Proceedings of the 12th International Liège Colloquium on Ocean Hydrodynamics. Nihoul, J.C.J. (Ed.), Elsevier, Amsterdam, pp.191-207.
- LEGENBRE, L. & DEMERS, S. (1984). Towards dynamic biological oceanography and limnology. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **41**: 2-19.

- LEGENBRE, L., DEMERS, S. & LEFAIVRE, D. (1986). Biological production at marine ergoclines. In: *Marine Interfaces Hydrodynamics*, Nihoul, J.C.J. (Ed.), Elsevier, Amsterdam, pp. 1-54.
- MARGALEF, R. (1978). Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta*, **1(4)**: 439-509.
- MOITA, M.T. & VILARINHO, M.G. (1999). Check-list of phytoplankton species off Portugal: 70 years (1929-1998) of studies. *Portugalia Acta Biológica*, Sér.B, Sist, **18**: 5-50.
- PELIZ, A.J. & FIÚZA, A. (1999). Temporal and spatial variability of CZCS-derived phytoplankton pigment concentrations off the western Iberian Peninsula. *Int. J. Remote Sensing*, 20 (7): 1363-1403.
- PINTO, J.S. (1949). Um caso de *red water* motivado por abundância anormal de *Gonyaulax polyedra* (Stein). *Bol. da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais* (Lisboa), **II, Sér.2 (XVII)**: 94-97.
- PINTO, J.S. & SILVA, E.S. (1956). The toxicity of *Cardium edule* L. and its possible relation to the dinoflagellate *Prorocentrum micans* Ehr.. *Not. Est. Inst. Biol. Mar.* (Lisboa), **12**: 1-21.
- SOURNIA, A. (1995). Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean: an inquiry into biodiversity. In: *Harmful marine algal blooms*, Lassus, P., Arzul, G., Erard, E., Gentien, P. & Marcaillou, C. (Eds.), Lavoisier, Intercept Ltd, Paris, pp.103-112.
- SOUSA, F.M. & BRICAUD, A. (1992). Satellite-derived phytoplankton pigment structures in the Portuguese upwelling area. *J. Geophys. Res.*, **97**: 11343-11356.
- SUMMERHAYES, C.P., EMEIS, K.-C., ANGEL, M.V., SMITH, R.L. & ZEITZSCHEL, B. (1994). Upwelling in the ocean: Modern Processes and ancient records. In: *Upwelling in the ocean: Modern Processes and ancient records*, Summerhayes, C.P., Emeis, K.-C., Angel, M.V., Smith, R.L. & Zeitzschel, B. (Eds.), John Wiley & Sons Ltd, Chichester, Dahlem Workshop Report ES 18, pp. 1-39.
- USUP, G. & AZANZA, R.V. (1998). Physiology and bloom dynamics of the tropical dinoflagellate *Pyrodinium bahamense*. In: *Physiological ecology of harmful algal blooms*, Anderson, D.M., Cembella, A.D. & Hallegraeff, G.M. (Eds.), Springer, Berlin, vol. G41, pp. 81-94.

WYATT, T. (1995). Global spreading, time series, models and monitoring. In: *Harmful marine algal blooms*, Lassus, P., Arzul, G., Erard, E., Gentien, P. & Marcaillou, C. (Eds.), Lavoisier, Intercept Ltd, Paris, pp. 253-257.

CAPÍTULO 2

VARIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO FITOPLANCTÓNICA NA COSTA DE PORTUGAL E SUA RELAÇÃO COM O REGIME HIDROLÓGICO GERAL

CAPÍTULO 2.1. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DO FITOPLÂNCTON NO SISTEMA DE AFLORAMENTO DA COSTA PORTUGUESA: BIOMASSA FITOPLANCTÓNICA

CAPÍTULO 2.2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DO FITOPLÂNCTON NO SISTEMA DE AFLORAMENTO DA COSTA PORTUGUESA: ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE FITOPLÂNCTON

Parcialmente publicado em: **Moita, M.T.** (2002). O fitoplâncton marinho do sistema de afloramento de Portugal. *In: M.A. Loução (Ed.). Fragmentos em Ecologia.* Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e Escolar Editora, Lisboa, p.27-43

2. 1. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DO FITOPLÂNCTON NO SISTEMA DE AFLORAMENTO DA COSTA PORTUGUESA: BIOMASSA FITOPLANCTÓNICA

Resumo

A distribuição espacial e sazonal da biomassa do fitoplâncton, na costa portuguesa, foi estudada com base nos dados obtidos em quatro cruzeiros, realizados em Agosto e Novembro de 1985 e Janeiro e Março de 1986 (CICLOS I a IV). A clorofila *a* foi considerada como o parâmetro indicativo da biomassa fitoplanctónica. Deu-se particular ênfase às características e processos oceanográficos observados na costa ocidental. Os resultados obtidos para a costa sul foram também discutidos sempre que reflectiram situações de continuidade dos processos desenvolvidos na costa ocidental.

Os principais padrões de distribuição observados estiveram sobretudo associados às condições de estratificação da coluna de água, à disponibilidade de nutrientes e à intensidade/persistência do afloramento costeiro. Os máximos da biomassa do fitoplâncton registaram-se durante o Verão e o início da Primavera.

As distribuições de mesoscala da biomassa fitoplanctónica ao longo da costa mostraram que, durante o Verão, o fitoplâncton forma uma banda de elevadas concentrações junto à costa, associada às águas afloradas mais frias. Esta banda é separada das águas oceânicas por um forte gradiente costa-largo de clorofila *a*. Os máximos estendem-se subsuperficialmente para o largo, ao longo da picnoclina e nutriclina. No Outono, a amostragem realizou-se sob condições de convergência costeira. Neste período, a distribuição do fitoplâncton manteve-se relacionada com a distribuição da temperatura das águas de superfície, reflectindo a época de afloramento anterior. As concentrações máximas foram observadas à superfície, mas com teores de cerca de um quarto das observadas no Verão. No Inverno, a amostragem decorreu sob influência de períodos curtos de nortadas fortes, que não interromperam a estratificação halina na costa noroeste, mas que terão intensificado a mistura vertical da coluna de água nas costas sudoeste e sul. O fitoplâncton, em baixas concentrações, distribuiu-se à superfície e apresentou um padrão de distribuição heterogéneo ao longo da costa. Na Primavera, os *blooms*, afastados da costa por acção do afloramento, pareceu afundarem na região da vertente. Com o decorrer das estações do ano, desde o Verão até ao Inverno/início da Primavera, os mínimos de fitoplâncton foram progressivamente observados a maiores profundidades, de acordo com o aumento da camada de mistura.

Durante o Verão, os impulsos de afloramento, fraco/moderado mas persistente, interromperam a estratificação junto à costa e introduziram nutrientes na zona eufótica. Sob estas condições, o fitoplâncton desenvolveu-se no lado costeiro de uma frente de afloramento bem marcada no campo térmico.

Neste período, as baixas concentrações de fitoplâncton nas águas oceânicas de superfície foram devidas à exaustão de nutrientes. Em oposição, no início da Primavera, quando se registaram fortes nortadas na costa noroeste, os *blooms* fitoplanctónicos afastaram-se da costa e ocorreram do lado oceânico de uma frente de afloramento pouco evidenciada no campo da temperatura. Neste caso, a forte turbulência terá impedido o fitoplâncton de se desenvolver nas águas recentemente afloradas.

As diferenças observadas entre a intensidade das condições de afloramento nas costas noroeste e sudoeste (durante o Verão, superior na costa sudoeste, mas na Primavera, superior na costa noroeste) pareceu serem responsáveis pela distância à costa a que se observaram os *blooms* nas duas áreas.

A recorrência de máximos de fitoplâncton a norte da latitude 40° 30'N (Aveiro), durante todas as épocas do ano, pareceu dever-se a uma disponibilidade adicional de nutrientes originados por regeneração na região média da plataforma ou introduzidos pelas descargas dos rios.

Os resultados por nós obtidos são ainda brevemente comparados com estudos anteriores baseados nas concentrações de fitoplâncton derivadas de imagens de satélite.

Abstract

The spatial and seasonal distribution of phytoplankton biomass off the coast of Portugal, was studied based on data obtained during four cruises carried out in August and November 1985 and January and April 1986 (CICLOS I to IV). Chlorophyll *a* was used as a proxy for phytoplankton biomass. Special emphasis is made on the oceanographic processes occurring on the West Coast, although results obtained on the South coast are discussed whenever they reflect a continuum from features developed on the West Coast.

The main patterns recognised on the distribution of chlorophyll *a* were related to the water column stratification, nutrient availability and the intensity and persistence of upwelling conditions. Maximum values were reached during summer and early spring (~6 mg. m⁻³).

In summer, the mesoscale distribution of phytoplankton biomass revealed a band of high concentrations values near the coast, in association with cold upwelled waters. A strong cross-shelf gradient of chlorophyll *a* separated these from oceanic waters. Near the coast, maximum values of chlorophyll *a* were recorded subsurface while, offshore, these extended offshore along the pycnocline and nutricline. In autumn, sampling took place under conditions of downwelling favourable winds. During this period the pattern of biomass distribution matched the temperature field, reflecting the previous upwelling season. Chlorophyll *a* maxima were mainly recorded at the surface, although values were only one fourth of those recorded during summer. In winter, sampling occurred under short events of strong upwelling favourable winds, which apparently did not disrupt haline stratification on the NW coast. By

contrast, on the SW and S coasts, these events probably intensified water column mixing. Phytoplankton maxima, with low concentrations, were recorded at the surface with no evident mesoscale pattern of distribution. In spring, phytoplankton blooms apparently sank at the slope, after being advected by upwelled waters. As seasons progress, from summer to winter/early spring, chlorophyll *a* minima were found in deeper waters in agreement with the increase in depth of the mixed layer.

During summer, the pulses of weak to moderate upwelling disrupted stratification near the coast and brought nutrients into the euphotic zone. These conditions favoured phytoplankton growth on the inshore side of a well-developed thermal front. At the same time, surface oceanic waters were poor in phytoplankton due to nutrient depletion. By contrast, in early spring, when the northwestern coast was under very strong northerlies, phytoplankton blooms were advected from the coast and occurred on the oceanic side of an upwelling front not well evident on the temperature field. In this case, high turbulence on recent upwelled waters may have inhibited phytoplankton growth.

The differences on the intensity of the upwelling events observed between the NW and the SW regions (during summer, stronger on the SW coast, while in spring, they were more intense on the NW) seemed to play an important role on the offshore distance of phytoplankton blooms in both areas.

The presence of recurrent maxima north of latitude 40° 30'N (Aveiro) during all seasons may suggest that phytoplankton productivity, in this area, was enhanced by the higher nutrient availability observed, due to nutrient regeneration and/or river discharge.

Our results are also briefly discussed in comparison with previous studies based on phytoplankton concentrations derived from satellite images.

Introdução

A sucessão temporal da biomassa de fitoplâncton depende primeiramente dos processos físicos que ocorrem em escalas espaciais e temporais largas (Margalef, 1978a; Harris, 1986). Nos mares temperados, o principal processo de controlo da dinâmica do fitoplâncton numa escala sazonal parece dever-se à alternância entre um período de mistura vertical da coluna de água, que ocorre durante o Inverno, e a sua estratificação progressiva a partir da Primavera, devido ao aquecimento da camada superficial do oceano (Sverdrup, 1953). Visto ser a frequência da desestabilização da coluna de água que parece determinar o potencial de produção fitoplanctónica numa região (Legendre, 1981), as áreas como a costa Atlântica da Península Ibérica, onde processos oceanográficos, como o afloramento costeiro, alteram o ciclo fitoplanctónico geral devido a uma introdução adicional de energia no sistema e de nutrientes na zona eufótica, são caracterizadas por uma

acumulação importante de fitoplâncton no tempo e no espaço (Margalef, 1978a; Margalef *et al.*, 1955; Fernandez & Bode, 1991).

O estudo dos ciclos biogeoquímicos, a produtividade fitoplanctónica e a ecologia do fitoplâncton em geral na costa portuguesa são mal conhecidos e o seu estudo não acompanhou o avanço ocorrido nesta região sobre o conhecimento das características físicas e dinâmica da camada superficial do oceano, em particular sobre o desenvolvimento do processo de afloramento costeiro, a circulação, a estratificação da coluna de água, a identificação de massas de água e frentes oceânicas (Fiúza, 1983, 1984; Fiúza *et al.*, 1982, 1998; Frouin *et al.*, 1990; Haynes & Barton, 1990; Rios *et al.*, 1992; Silva, 1992a,b; Sousa, 1995; Dias, 1996a, 1996b). De acordo com Wooster *et al.* (1976) e Fiúza *et al.* (1982), o afloramento costeiro na costa ocidental portuguesa, limite norte do sistema de afloramento associado ao giro anticiclónico do Atlântico Norte e que depende do posicionamento do anticiclone dos Açores, ocorre sazonalmente, desde a Primavera até ao Outono, sob a acção forçadora de ventos do quadrante norte. Na costa sul, o afloramento dá-se sob influência de ventos oeste mas, as águas afloradas na costa sudoeste, sob acção de ventos norte, podem contornar o cabo de S. Vicente e estender-se para leste ao longo da vertente do barlavento algarvio (Fiúza, 1983). Os padrões de afloramento do oceano costeiro de Portugal continental são determinados quer pela morfologia da costa e regime de ventos locais, quer pelas características batimétricas da plataforma e da vertente superior (Fiúza, 1983): a norte do canhão da Nazaré, a linha de costa é orientada meridionalmente e não apresenta acidentes importantes, a plataforma é larga e o declive é pouco acentuado; entre os canhões da Nazaré e de Setúbal a plataforma é irregular e a linha de costa apresenta uma saliência considerável, formada pelos cabos da Roca e Espichel; para sul do canhão de Setúbal e até ao cabo de S. Vicente, a costa tem de novo uma orientação meridional mas a plataforma é estreita e com um declive acentuado; a costa sul, com uma orientação zonal, apresenta uma plataforma que alarga progressivamente até frente ao rio Guadiana. O regime de ventos predominantes ao longo da costa portuguesa dá origem a dois tipos de circulação das águas superficiais (transporte de Ekman): durante o período de afloramento, em que predominam ventos do quadrante norte, as águas de superfície são transportadas para o largo e sul, existindo divergência junto à costa; durante o período em que dominam ventos do quadrante sul, o transporte de Ekman faz-se em direcção à costa e existe convergência costeira. Durante cada um dos dois períodos podem surgir eventos de vento contrário, podendo ocorrer episódios de afloramento durante a época de convergência

costeira e vice-versa. Na época de convergência costeira, a acção combinada do transporte de Ekman para a costa e o escoamento oceânico zonal de grande escala para leste, que produz um empilhamento de água sobre a plataforma/vertente superior, dá origem a uma corrente de águas mais quentes e mais salinas que se dirige para norte ao longo da vertente. Esta corrente, denominada como Contracorrente Costeira de Portugal, é particularmente visível em imagens de satélite durante o Inverno (Frouin *et al.*, 1990; Haynes & Barton, 1990; Fiúza *et al.* 1998). Na costa portuguesa, e de acordo com Fiúza (1984), Fiúza *et al.* (1998) e Rios *et al.* (1992), abaixo da camada superficial situam-se duas camadas de “Água Central” que apresentam origens distintas por convecção superficial durante o Inverno. A primeira, a Água Central Oriental do Atlântico Norte, ramo subtropical – ACOANst -, forma-se ao longo da frente dos Açores. A segunda, a Água Central Oriental do Atlântico Norte, ramo subpolar – ACOANsp -, tem origem a norte da Península Ibérica. A camada ocupada pela ACOANst, a que correspondem valores de densidade de $\sigma_t < 27.0 - 27.1$, distribui-se sobre a segunda, situada entre $27.1 < \sigma_t < 27.3$. A ACOANst pode considerar-se como a água fonte do afloramento na costa portuguesa.

As raras investigações realizadas na costa portuguesa sobre a biomassa do fitoplâncton, através de amostragens *in situ*, foram localizadas no espaço e no tempo. Incidiram sobre condições extremas de desenvolvimento fitoplanctónico, quando *blooms* de diversas espécies produziram uma descoloração da água do mar (Cabeçadas *et al.* 1983, Cunha *et al.*, 1984, Sampayo & Moita, 1984). Estudos cobrindo uma maior escala espacial e menor escala temporal foram desenvolvidos com base na análise das concentrações de pigmentos fitoplanctónicos de superfície estimados a partir de imagens CZCS -“Coastal Zone Color Scanner” do satélite Nimbus 7, durante o período 1979-1985 (Sousa & Bricaud, 1992; Peliz, 1994; Peliz & Fiúza, 1999).

De acordo com Peliz & Fiúza (1999), a costa Atlântica da Península Ibérica caracteriza-se pela ocorrência de máximos de pigmentos durante o período de Inverno, com uma banda de concentrações muito altas ao longo da plataforma continental, que é separada da zona oceânica por um gradiente bastante pronunciado na região da vertente. Na Primavera, a banda costeira rica em pigmentos dilui-se até uma distância considerável da costa e os *blooms* ocorrem em pleno oceano, em particular ao longo da frente da Galiza, ao largo do cabo Finisterra. Durante o Verão, as águas costeiras e da vertente exibem altos valores de pigmentos, devido à ocorrência de afloramento, que são exportados para o oceano aberto oligotrófico através de diversas estruturas de mesoscala. O Outono parece

constituir um estágio de transição entre as condições típicas observadas no Verão e no Inverno. Nas rias galegas e plataforma adjacente, os vários estudos sobre o ciclo anual da produtividade fitoplanctónica, realizados com base em amostragens da coluna de água, mostram também uma forte variação sazonal das concentrações de biomassa de fitoplâncton e da produção primária. Contudo, o padrão de variação bimodal observado é, neste caso, caracterizado pela existência de dois máximos, um na Primavera e outro no final do Verão, e de dois mínimos, um no Inverno e outro no início do Verão (Fraga, 1960, 1967; Nogueira *et al.*, 1997).

Segundo Sousa & Bricaud (1992), as estruturas de mesoscala ricas em pigmentos fitoplanctónicos, tais como plumas e filamentos, estão associadas à dinâmica do processo de afloramento, sendo a norte de Lisboa coincidentes com cristas submarinas e podendo estender-se até 200 km da costa ocidental. Para sul, na costa ocidental, as plumas são normalmente observadas ao sul dos cabos enquanto na costa do Algarve se dispõem paralelas à linha de costa. A relação entre a temperatura de superfície e as concentrações de pigmentos parece depender, segundo estes autores, do grau de desenvolvimento dos episódios de afloramento.

Na Galiza e no mar Cantábrico ocidental, a ocorrência de pulsos de afloramento costeiro é também uma característica comum e tem importantes consequências no desenvolvimento do fitoplâncton (Margalef *et al.*, 1955; Estrada, 1984; Botas *et al.*, 1990; Tenore *et al.*, 1995). Durante o período de estratificação térmica (Maio até Setembro) o afloramento modifica a estrutura térmica da coluna de água e afecta a composição e distribuição do fitoplâncton relativamente aos gradientes sazonais de temperatura e nutrientes (Varela *et al.*, 1987a, b, 1991; Botas *et al.*, 1990). Durante o Inverno, a coluna de água está bem misturada e a luz é o principal factor limitante da produção primária. Na Primavera, o grau de estabilização da coluna de água necessária à formação dos *blooms* tem, nesta região, origem halina em contraste com outras regiões temperadas onde tem origem térmica (Varela, 1996). Os episódios de afloramento durante o Outono e Primavera parece também serem influenciados pelos padrões de circulação local provocados pela corrente que se dirige para norte ao longo da vertente, tendo um papel importante no desenvolvimento dos *blooms*, na estrutura e na distribuição das comunidades de fitoplâncton (Fernández *et al.*, 1991, 1993).

As investigações atrás referidas, que tiveram como base a análise de imagens de satélite, deram um importante contributo para o conhecimento geral da variabilidade

espacial e interanual da biomassa fitoplanctónica nas águas superficiais do sistema de afloramento Ibérico, e em particular nas águas portuguesas. No entanto, e tal como referido pelos autores, as observações de satélite em que se basearam não tiveram, ainda, o necessário apoio de amostragens *in situ*, sincronizadas, por forma a conhecer-se em que medida é que os resultados integram ou reflectem as variações do fitoplâncton na coluna de água.

O principal objectivo deste trabalho consiste em descrever a distribuição da biomassa fitoplanctónica ao longo da costa continental portuguesa e na coluna de água, baseando-se em amostras de água do mar obtidas numa série de quatro cruzeiros que cobriram as diferentes estações do ano. A sequência destas épocas é apresentada de acordo com as datas de amostragem (Verão-Outono-Inverno-Primavera). O trabalho descreverá e evidenciará as relações da variabilidade fitoplanctónica com as condições oceanográficas físicas e químicas observadas na costa ocidental, durante os quatro períodos de estudo, em especial com as de intensidade e persistência do afloramento costeiro, e as de estratificação, mistura e disponibilidade de nutrientes na coluna de água. A costa meridional do Algarve será apenas analisada numa perspectiva de conhecimento da área de influência das condições observadas na costa ocidental.

Material e métodos

Colheitas

Este trabalho inclui os dados obtidos num ciclo de amostragem sazonal, durante 4 cruzeiros a bordo do N/I Noruega do IPIMAR. As campanhas realizaram-se durante o Verão e Outono de 1985 e o Inverno e Primavera de 1986, respectivamente de 20 de Agosto a 3 de Setembro, de 22 de Novembro a 5 de Dezembro, de 20 de Janeiro a 6 de Fevereiro e de 19 de Março a 5 de Abril. Cobriram a área costeira de Portugal, desde Caminha até V.R.S¹⁰ António, com uma distância à costa variando entre os 40 e os 80 km, em correspondência aproximada com a localização da isóbata dos 1000 m (Fig.1). As estações de colheita foram distribuídas ao longo de 18 secções perpendiculares à batimetria. Em cada estação de colheita foram amostrados os níveis de profundidade de 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200 e 300 m, ou até ao fundo, tendo-se utilizado garrafas “Nansen” às quais foram acoplados termómetros de inversão protegidos e desprotegidos “Watanabe e Keiki”, “Richter e Wiese” e “Kahlsico”. Os termómetros desprotegidos foram colocados às profundidades de 30, 100 e 300 m, para correcção da profundidade de amostragem. Em todos os níveis leram-se as temperaturas e recolheram-se

subamostras de água para determinação de salinidade, oxigénio dissolvido e nutrientes. As amostras para determinação de pigmentos foram recolhidas até aos 150 m.

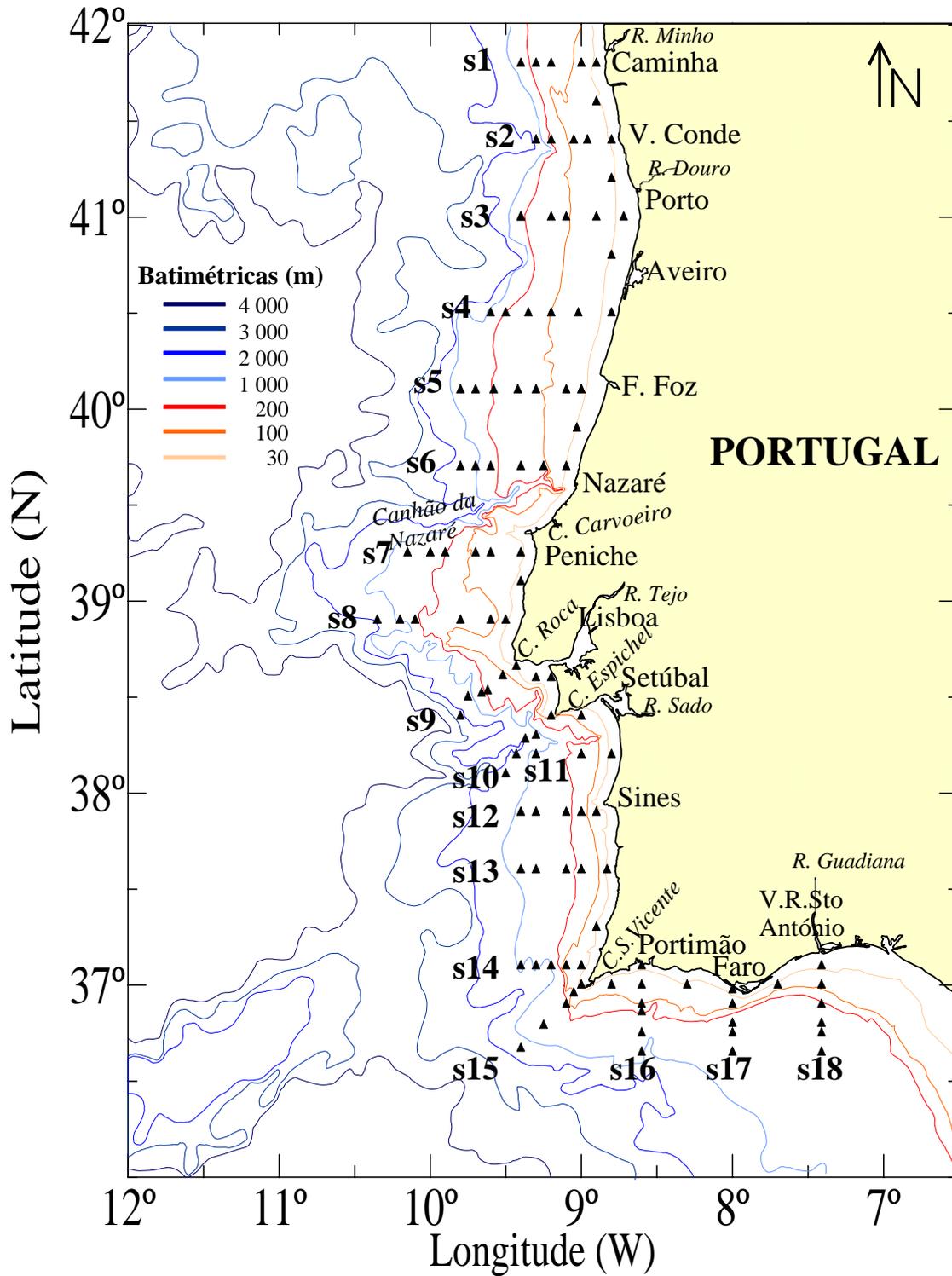


Figura 1. Localização das estações de colheita (▲) distribuídas ao longo de secções perpendiculares à batimetria de costa (s1 a s18).

Métodos de análise.

As profundidades de amostragem corrigiram-se através do cálculo da profundidade termométrica, utilizando as leituras dos termómetros de inversão desprotegidos (Sverdrup *et al.*, 1942). Em estações pouco profundas, a correcção da profundidade foi feita com base na leitura do ângulo de cabo após a largada do mensageiro.

A salinidade determinou-se a partir do método condutivimétrico (UNESCO, 1981), utilizando-se um salinómetro indutivo Beckmann RS7-C, calibrado com padrões de água normal.

A água para determinação de nutrientes foi recolhida em frascos de polietileno de 25 ml e congelada de imediato. A determinação dos valores de nitratos, silicatos e fosfatos realizou-se através de um auto-analisador Technicon II, segundo os métodos da Technicon Industrial Systems (1973, 1977a, b), em que a análise de (i) fosfatos resultou da formação de um complexo azul de fosfomolibdénio, a de (ii) nitratos utilizou uma redução prévia a nitritos numa coluna de cádmio-cobre e fundamenta-se na reacção do nitrito com a sulfanilamida, em meio ácido, para formar um composto diazo que origina um complexo vermelho-púrpura pela reacção com o dicloro-N-1-Naftiletilenodiamina, e a de (iii) silicatos se obteve a partir da redução do silicomolibdato pelo ácido ascórbico a azul de molibdénio.

O oxigénio dissolvido (OD) na água foi determinado pelo método de Winkler, modificado por Carrit & Carpenter (1966).

Para a determinação de clorofila a e feopigmentos, filtraram-se imediatamente a bordo 250 ml de água do mar, através de filtros de membrana de nitrato de celulose com 0.45 μm de porosidade e 47 mm de diâmetro. Estes foram congelados de imediato e mantidos no escuro. A clorofila a e feopigmentos foram analisados em laboratório pela técnica fluorimétrica (Yentsch & Menzel, 1963; Holm-Hansen *et al.*, 1965), após extracção feita com 8 ml de uma solução aquosa de acetona a 90%. Os extractos centrifugaram-se a 3000 r.p.m., durante 15 minutos, e leram-se num espectrofluorímetro Perkin-Elmer 204-A, antes e após acidificação com ácido clorídrico a 5%. As calibrações deste aparelho foram realizadas de acordo com Pissarra & Cavaco (1984, 1985).

Cálculo da densidade da água.

Os dados de temperatura e salinidade foram utilizados para a determinação da densidade da água do mar e do valor de sigma-t (σ_t), adoptando-se os algoritmos descritos em Fofonoff & Millard (1983).

Radiação solar

Foram utilizados os dados de radiação solar em Lisboa, registados pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – INMG (latitude: 38°43' N, longitude: 9°09' W, altitude: 77 m) (Boletim Actinométrico de Portugal, 1985, 1986).

Cálculo do índice de afloramento.

Os dados de vento obtidos pelo INMG nas estações meteorológicas do Cabo Carvoeiro e Sagres (Boletim Meteorológico Diário) foram usados para obter um índice representativo das condições de afloramento costeiro devidas ao forçamento do vento na camada superficial do oceano, respectivamente para a costa noroeste e sudoeste de Portugal. Utilizou-se o índice de Bakun (1973), onde da força de arrastamento do vento $\tau^{(x,y)}$ foi calculada segundo a lei quadrática de arrastamento (“drag”),

$$\tau^{(x,y)} = C_D \rho_A |\vec{V}| (u,v)$$

onde C_D representa o coeficiente empírico do arrastamento (1.2×10^{-3}), ρ_A a densidade do ar (1.2 kg m^{-3}) e \vec{V} a velocidade do vento (m s^{-1}). O índice de afloramento V_E ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ km}^{-1}$), que quantifica a corrente de superfície do oceano devida ao transporte de Ekman, foi calculado partindo da componente N-S da tensão do vento pela equação,

$$V_E = \tau^{(y)} / \rho_w f$$

em que ρ_w é a densidade da água do mar (1025 kg m^{-3}) e o parâmetro de Coriolis $f = 2\Omega \sin \phi$, onde ϕ é a latitude e $\Omega = 7.29 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$.

Representação espacial dos dados.

Para a representação e análise espacial dos vários parâmetros, graficou-se a respectiva distribuição das isolinhas, recorrendo ao método de interpolação “kriging” do programa “Surface Mapping System” (WINSURFER, v.7), da “Golden Software”. Este método mostrou representar razoavelmente os dados reais e a sua tendência, apesar de nalguns casos, especialmente nas distribuições verticais, existir alguma deformação das isolinhas entre níveis de amostragem. Também, pontualmente, poderão existir pequenas discrepâncias para o mesmo parâmetro numa dada estação, caso este esteja a ser representado verticalmente na coluna de água ou horizontalmente ao longo da costa, dado que a interpolação não é realizada a três dimensões.

Resultados e discussão

Caracterização oceanográfica

Radiação solar

A radiação solar é o principal factor responsável pelo ciclo anual de estratificação térmica da camada superficial do oceano. A Fig. 2 apresenta o ciclo de radiação solar diária para os períodos de estudo. Foi máxima antes e durante o cruzeiro de Verão

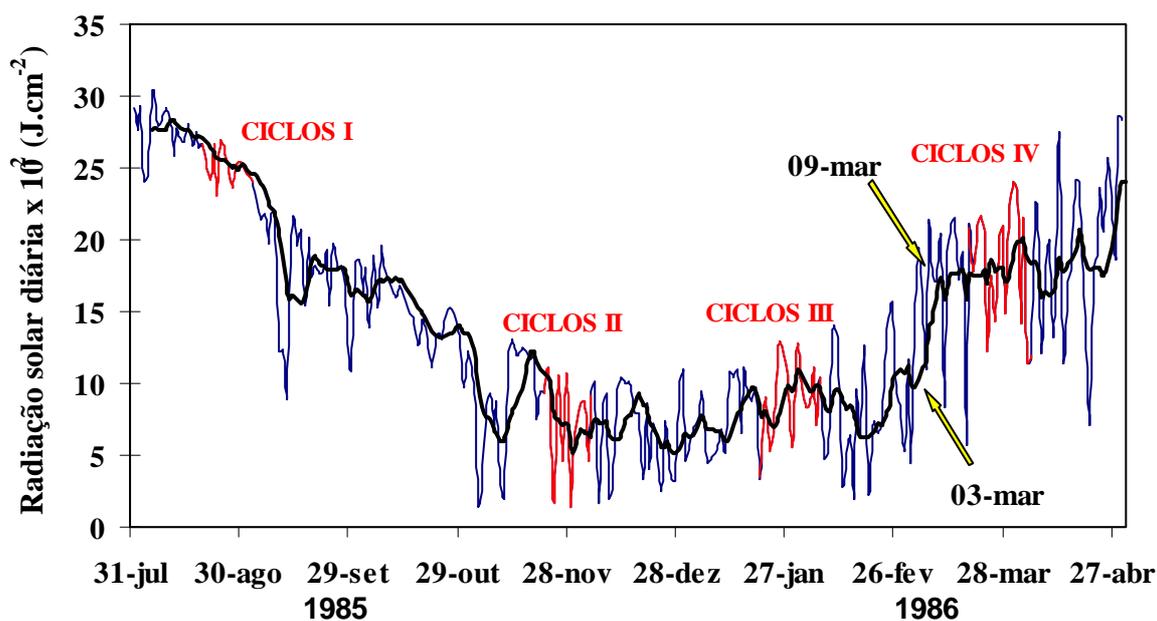


Figura 2. Total diário da radiação solar em Lisboa ($J\ cm^{-2}$), durante o período de estudo (azul) e com indicação dos períodos da amostragem (vermelho). A linha a negro representa o resultado da aplicação à série original, de um modelo de regressão com um factor de alisamento de médias móveis.

CICLOS I, sendo a baixa variabilidade devida provavelmente à fraca nebulosidade. A partir deste período decresce gradualmente, mostrando, durante os cruzeiros de Outono e Inverno, os valores mínimos anuais. O cruzeiro CICLOS IV insere-se na sua fase ascendente, com valores da radiação bastante variáveis e de cerca de metade do Verão. À série de radiação solar ajustou-se um modelo de regressão com um factor de alisamento de médias móveis F_t , com incremento $n=7$, de acordo com a expressão:

$$F_t = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-(n+1)}}{n}$$

onde A representa o valor da radiação no tempo t e F_t , o valor predicto no tempo t . Esta análise permitiu visualizar melhor o incremento da radiação entre 3 e 9 de Março de 1986.

Condições de afloramento costeiro devidas ao vento

Na Fig. 3 apresenta-se as médias mensais dos índices de afloramento calculados para as estações meteorológicas do cabo Carvoeiro e de Sagres e os valores médios obtidos, nas mesmas estações, durante o período dos cruzeiros. O cruzeiro de Verão foi realizado durante o mês de maior intensidade do afloramento registado em 1985, enquanto o de Outono decorreu no final da época de afloramento, quando os ventos, em particular na costa noroeste, passaram a predominar do quadrante sul (Fig. 4). Após dois meses com estas condições de convergência costeira, realizou-se a amostragem de Inverno sob condições de ventos norte. Durante a Primavera de 1986, a amostragem também decorreu

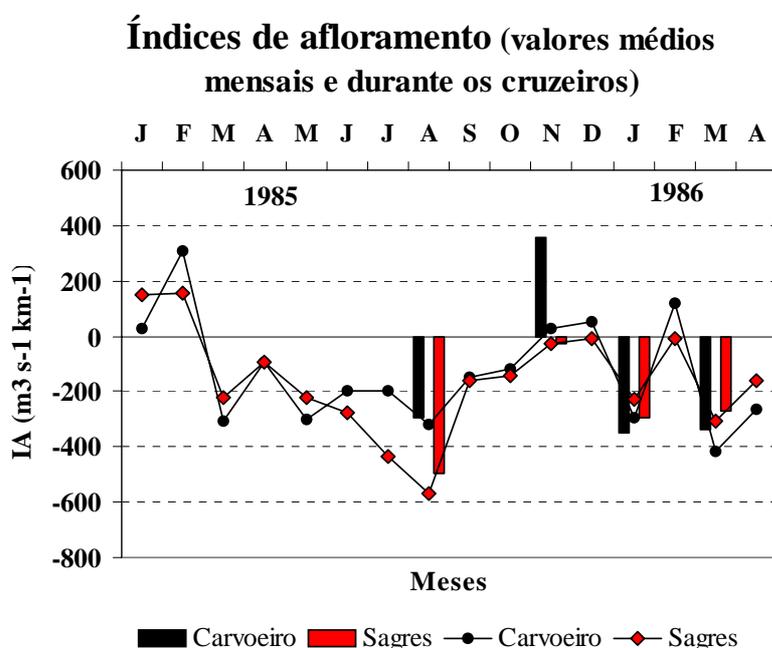


Figura 3. Médias mensais (linhas) e durante o período dos cruzeiros (barras) dos índices de afloramento - IA (Bakun, 1973)- determinados a partir de dados de vento medidos nas estações meteorológicas localizadas no cabo Carvoeiro e em Sagres. Os valores negativos indicam condições de afloramento.

com ventos favoráveis ao afloramento, os quais, contrariamente aos de Verão, foram mais intensos na costa noroeste do que na sudoeste (Figs. 3, 4). Valores médios dos ventos obtidos para a década de 1959-1969, na estação meteorológica do cabo Carvoeiro, mostraram que o afloramento costeiro atingiu a sua máxima intensidade durante os meses de Julho, Agosto e Setembro, apresentando um pico de menor intensidade durante a Primavera (Fiúza *et al.*, 1982). Durante o ano de 1985, as médias mensais dos índices de

afloramento nas estações meteorológicas do cabo Carvoeiro e de Sagres revelaram que o afloramento seguiu aquele padrão sazonal (Fig. 3), e os resultados obtidos durante o Verão serão decerto representativos do pico estival de máxima intensidade do afloramento. Por sua vez, a amostragem de Outono, com a exceção de três dias de amostragem na costa noroeste, foi realizada sob ventos do quadrante sul de moderada intensidade e representa a transição entre o final da época de afloramento e o início da época de convergência costeira (Fig. 4). A amostragem de Inverno, ocorrida sob condições de vários episódios

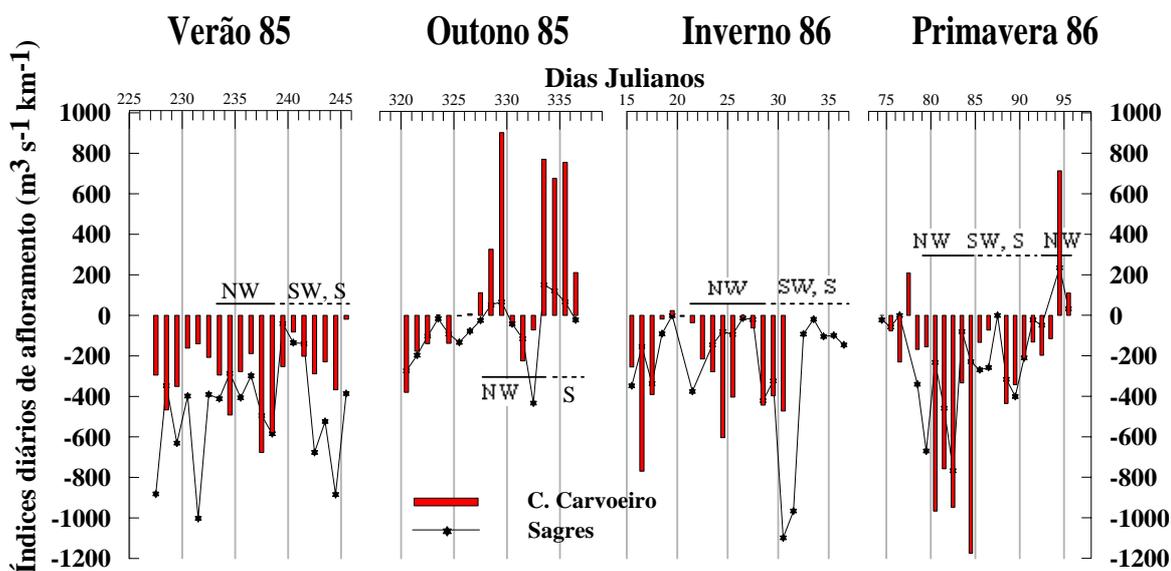


Figura 4. Médias diárias (durante o período de amostragem) dos índices de afloramento (Bakun, 1973) determinados a partir de dados de vento obtidos nas estações meteorológicas do cabo Carvoeiro e Sagres. Indicam-se as áreas da costa amostradas durante os cruzeiros (NW, SW e S). Valores negativos indicam condições de afloramento.

curtos de nortadas fortes durante a época de convergência costeira que se prolongou até Fevereiro, contraria o padrão apresentado por Wooster *et al.* (1976) e Fiúza *et al.* (1982) (Figs. 3, 4). Estará, porventura, mais de acordo com o regime de ventos registados no início da década de 90, caracterizado por um pico máximo da intensidade do afloramento no final do Inverno e início da Primavera (resultados do Instituto Hidrográfico apresentados por Moita *et al.* (1998) e Palma *et al.* (1998), capítulos 4.2 e 4.3). O cruzeiro de Primavera, realizado sob condições de afloramento com episódios mais intensos e prolongados que no Inverno, registou um evento de afloramento superior ao do Verão. Os índices de afloramento diários, obtidos imediatamente antes e durante os cruzeiros, mostram também que as principais diferenças observadas nas condições de afloramento no

período de estudo são caracterizadas por: uma maior persistência de condições de afloramento durante o Verão, em contraste com uma maior variabilidade dos ventos norte durante o Inverno; uma maior intensidade do afloramento na costa noroeste, durante a Primavera, em contraste com uma maior intensidade do afloramento na costa sudoeste durante o Verão (Fig. 4).

Temperatura

Antes de se descrever as distribuições geográficas dos diferentes parâmetros, importa realçar que a amostragem de cada cruzeiro desde Caminha até Vila Real de Stº António demorou cerca de quinze dias. Deste modo, as distribuições espaciais, cobrindo toda a costa, que se apresentarão a seguir, não têm um carácter sinóptico e estão afectadas por alterações oceanográficas com escalas de variação no tempo inferiores às das observações. Como se mostrará no capítulo 4.4, condições de vento favoráveis ao afloramento poderão produzir respostas do oceano, no campo da temperatura, à escala do dia. Para exemplificar, comparam-se as duas imagens sinópticas AVHRR- “ Advanced Very High Resolution Radiometer” da temperatura de superfície da água do mar obtidas pelo satélite NOAA-9 em 26 de Agosto e em 1 de Setembro de 1985, com a distribuição da temperatura de superfície durante o cruzeiro CICLOS I (Figs. 5 a-c). As datas das imagens 5a e 5c corresponderam aos dias de amostragem das secções s9 (Lisboa) e s17 (Faro), respectivamente (Fig.1). Verifica-se que os nossos resultados ao longo da costa ocidental (obtidos entre 20 e 30 de Agosto), nomeadamente as temperaturas nas estações mais costeiras, equivalem bem à situação de 26 de Agosto, enquanto no sotavento algarvio correspondem melhor à imagem de 1 de Setembro, altura em que se verificou um relaxamento das condições de afloramento na costa oeste. Pode constatar-se também que a resolução espacial da nossa amostragem não identifica em pormenor estruturas como

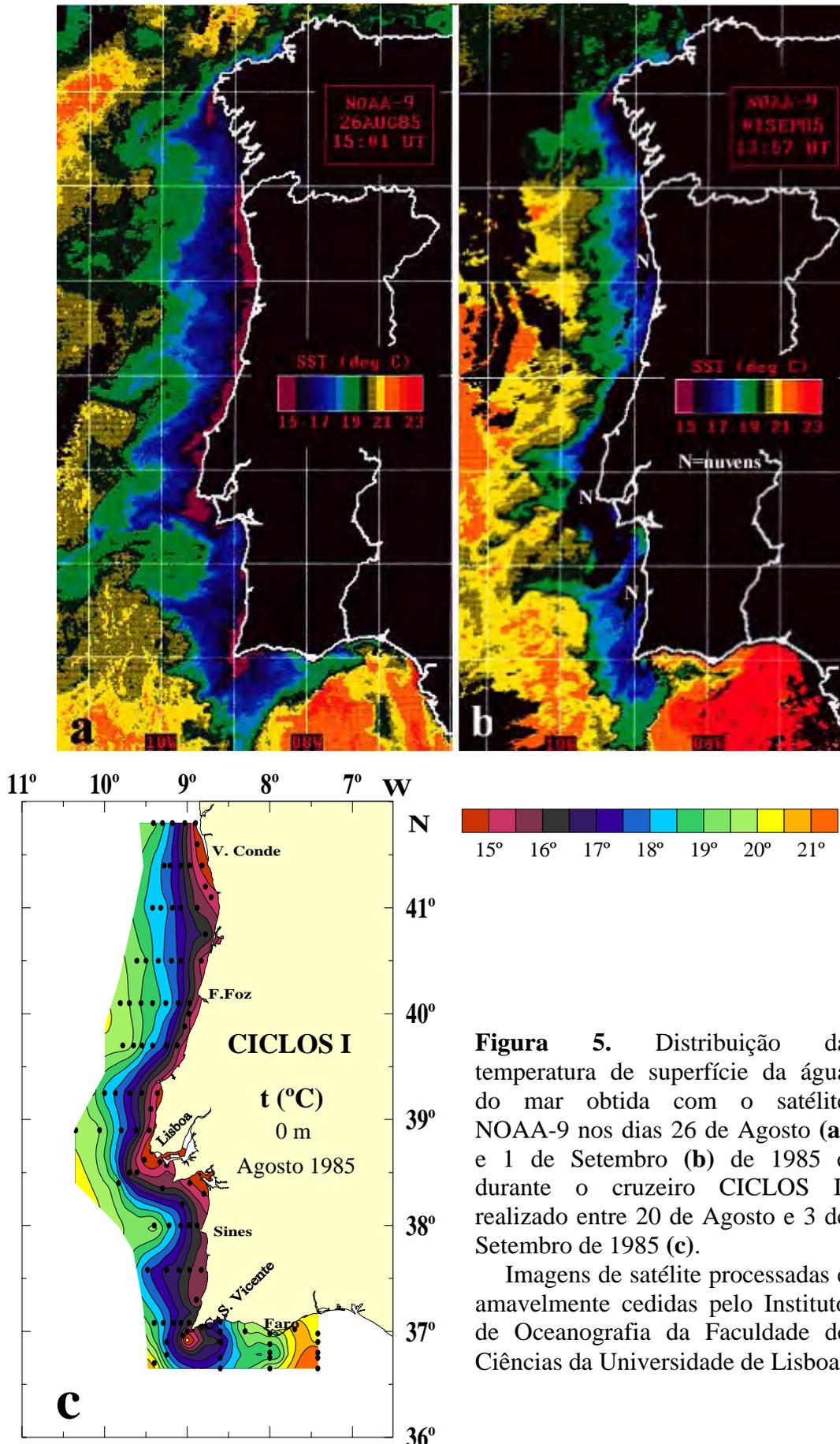


Figura 5. Distribuição da temperatura de superfície da água do mar obtida com o satélite NOAA-9 nos dias 26 de Agosto (a) e 1 de Setembro (b) de 1985 e durante o cruzeiro CICLOS I, realizado entre 20 de Agosto e 3 de Setembro de 1985 (c).

Imagens de satélite processadas e amavelmente cedidas pelo Instituto de Oceanografia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

filamentos ou plumas, mas consegue notar a sua localização. De facto, as áreas onde se reconhece o afastamento da costa das águas mais frias correspondem exactamente às zonas onde, nas imagens de satélite, se observa a presença daquelas estruturas.

As Figs. 6a, 8a, 10a e 12a mostram que a temperatura de superfície foi máxima durante o cruzeiro de Verão (final de Agosto) e mínima durante a Primavera (Março). Durante o Verão, observa-se nos primeiros 100 m da coluna de água a presença de uma zona de forte gradiente térmico (termoclina sazonal) que, na parte externa da plataforma tem uma amplitude térmica de cerca de 4 °C. Esta termoclina é ainda evidente durante o Outono, apesar de se apresentar a maior profundidade (entre os 50 e os 150 m) e com menor variação térmica (cerca de 2 °C).

Na costa ocidental, durante o Verão e o Outono, as isotérmicas de superfície apresentam-se paralelas à linha da costa ocidental, com variações costa-largo de 4.5 °C no Verão e 1.5 °C no Outono (Figs. 6a e 8a). Durante o Verão, e com excepção das três primeiras secções, as temperaturas mais baixas junto à costa indicam a presença de vários centros de afloramento. No centro de afloramento do cabo de S. Vicente, as isotérmicas dirigem-se para sul e leste e estendem-se ao longo da vertente da costa algarvia, conforme descrito por Fiúza (1983). Durante o Outono, as águas mais frias junto à costa parece revelarem os efeitos da época de afloramento anterior.

As Figs. 10a e 12a mostram que a distribuição da temperatura de superfície, durante o Inverno, tende a ser zonal para além do bordo da plataforma. Na Primavera este padrão ocorre até próximo da costa e as isotérmicas de superfície tornam-se paralelas à linha de costa, devido ao efeito de condições de afloramento produzidas pelos ventos moderados/fortes de norte. Durante o Inverno, na costa ocidental, a variação térmica costa-largo é de cerca de 1.5 °C, enquanto na Primavera é de apenas 0.5 °C. No Inverno, as temperaturas superficiais mais baixas junto à costa parece serem devidas, de acordo com Fiúza (1984), às perdas de calor do oceano para a atmosfera. Nas costas sudoeste e sul, a inclinação ascendente das isotérmicas em direcção à costa poderá sugerir também a ocorrência de afloramento (Figs. 10f, 10g). De facto, a amostragem na costa sudoeste decorreu durante um evento de afloramento intenso (Fig. 4, Sagres, dias 28-32).

Como característica comum a todos os cruzeiros salienta-se a presença, normalmente a norte da latitude do Porto, de uma lente de águas superficiais mais frias. No cabo de S. Vicente, as temperaturas de superfície mais baixas, bem como a inclinação das isotérmicas em direcção ao cabo, indicam que as condições de afloramento parece terem

sido persistentes nessa área, apesar de nada se poder concluir para o Outono, dado que a secção foi apenas parcialmente amostrada.

Salinidade

Com base nas Figs. 7a, 9a, 11a e 13a verifica-se que a salinidade à superfície apresentou os valores mínimos no Inverno (25.2) (Fig. 11a), na parte interna da plataforma ocidental norte, e os máximos no Outono (36.4) (Fig. 9a), nas estações da costa algarvia. Na região norte, durante o Verão (Fig. 7a), as isohalinas inferiores a 35.7 afastam-se da costa na região de Aveiro e prolongam-se em forma de língua até à Figueira de Foz e ao longo da parte externa da plataforma. Estas águas, segundo Silva (1992a), podem corresponder a uma lente de água superficial que tende a ocupar a plataforma noroeste durante a Primavera e Verão. Durante a Primavera, na plataforma noroeste, verifica-se também que as isohalinas (inferiores a 35.7) tendem a afastar-se da costa relativamente ao Inverno, sugerindo a influência de condições de afloramento (Figs. 11a e 13a). Durante o Verão e Outono as salinidades inferiores a 35.7 estão praticamente limitadas à plataforma para norte de Aveiro, quando no Inverno e Primavera se estendem até próximo de Lisboa. Na Primavera, na costa S, é evidente a pluma do Guadiana com salinidades mais baixas.

Se se considerar como referência a isohalina dos 36.0, durante os quatro cruzeiros, à superfície e em profundidade nas várias secções ao longo da costa (Figs. 7a-g, 9a-d, 11a-g e 13a-g) e ao longo da secção meridional/costa algarvia definida pelas estações mais oceânicas (Figs. 14a-d), verifica-se uma diminuição para norte dos máximos de salinidade. Estes progridem para norte em forma de cunha e produzem máximos subsuperficiais que na região noroeste se posicionam sobre o talude. Este padrão é particularmente visível durante o cruzeiro de Inverno e poderá corresponder à corrente da vertente descrita por Frouin *et al.* (1990) e Haynes & Barton (1990). Na costa sul, os máximos de salinidade são observados à superfície durante todo o ano (Figs. 7f-g, 9d, 11f-g, 13f-g e 14 a-d).

Os menores gradientes costa-largo observam-se no Verão e os maiores no Inverno. Na costa noroeste, durante o Verão, são resultado da lente de menor salinidade já referida (limitada pela isohalina dos 35.7) que se estende até aos 30 m de profundidade, produzindo uma variação máxima (haloclina) de 0.2. No Outono, as diferenças costa-largo aumentam para 2.9 devido à pluma do Douro. Durante o Inverno, as variações de salinidade produzidas pelo efeito das descargas dos rios junto à costa e pela presença de águas mais

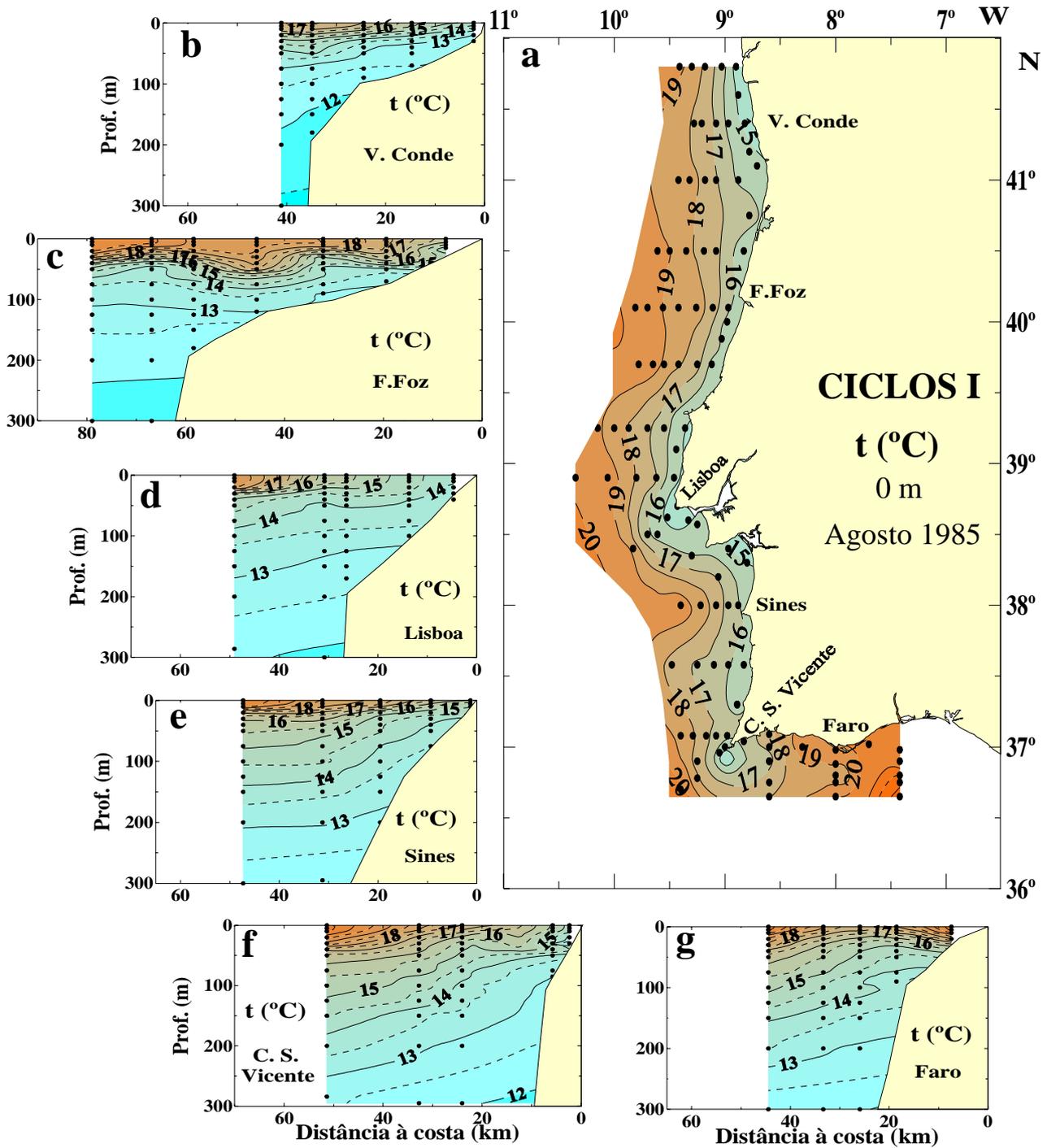


Figura 6. Distribuição da temperatura (°C) à superfície do mar (a) e na coluna de água ao longo das secções s2 (b), s5 (c), s9 (d), s11 (e), s15 (f) e s17 (g), durante o cruzeiro CICLOS I.

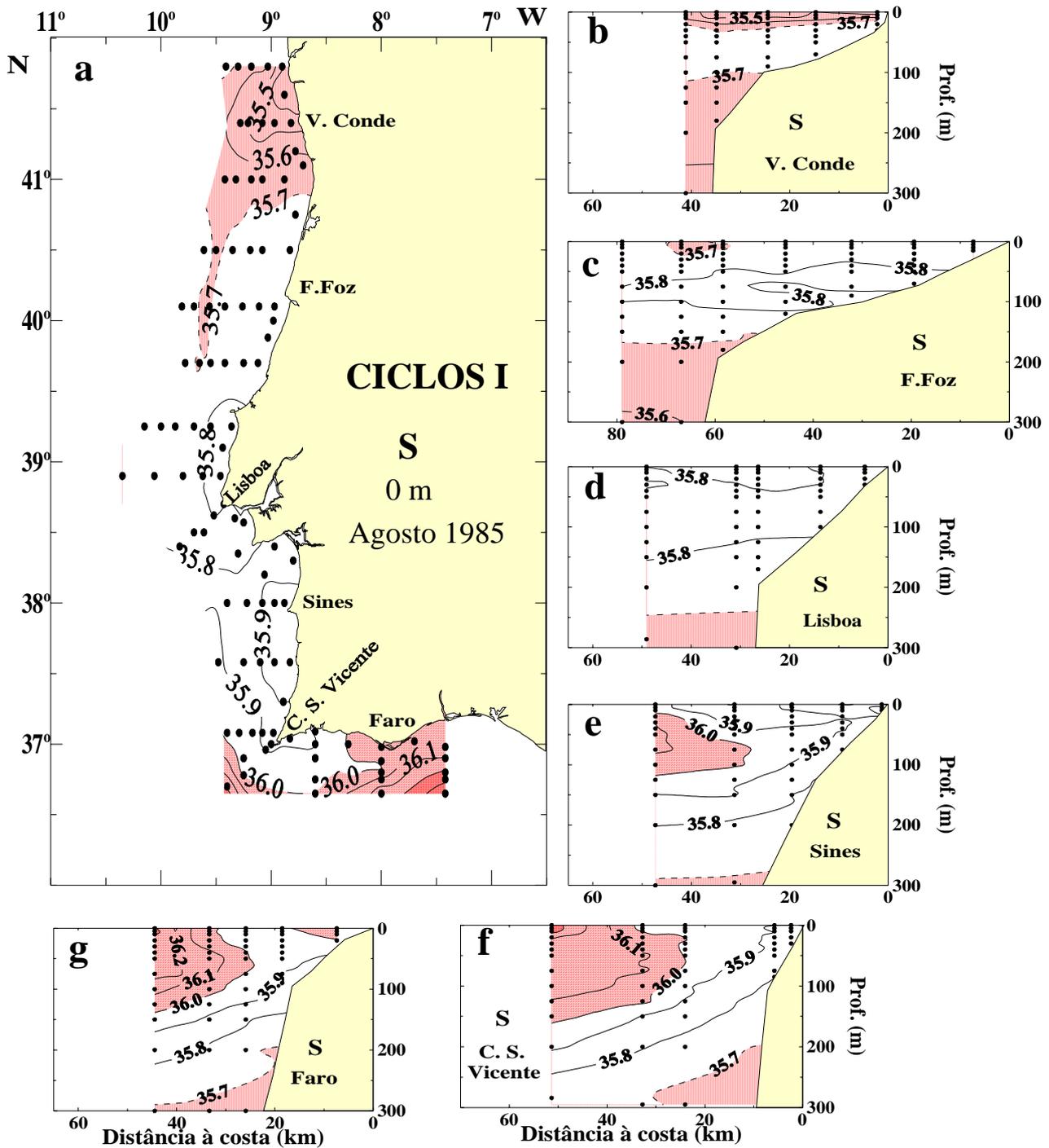


Figura 7. Distribuição da salinidade à superfície do mar (a) e na coluna de água ao longo das secções s2 (b), s5 (c), s9 (d), s11 (e), s15 (f) e s17 (g), durante o cruzeiro CICLOS I.

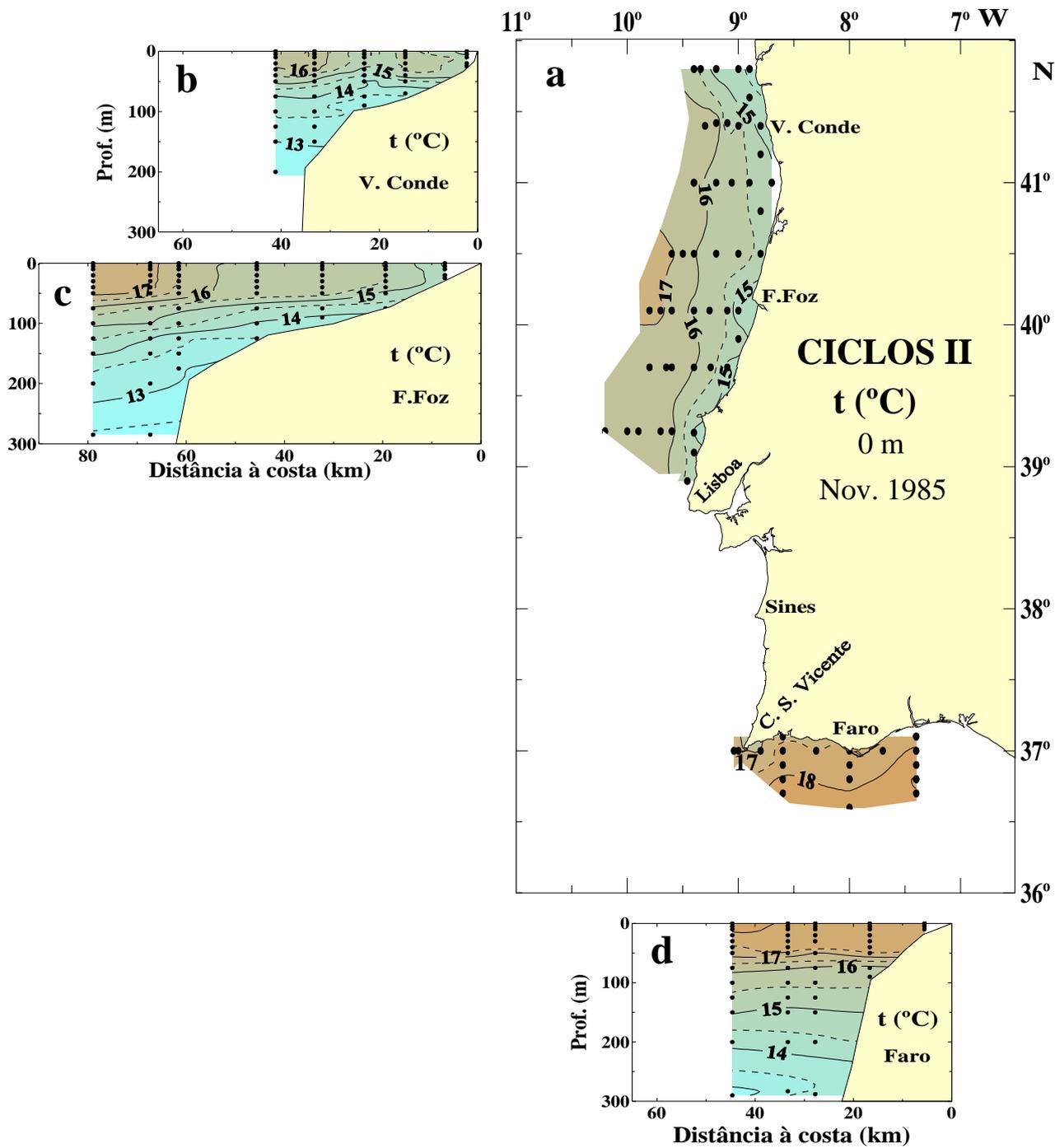


Figura 8. Distribuição da temperatura (°C) à superfície do mar (a) e na coluna de água ao longo das secções s2 (b), s5 (c) e s17 (d), durante o cruzeiro CICLOS II.

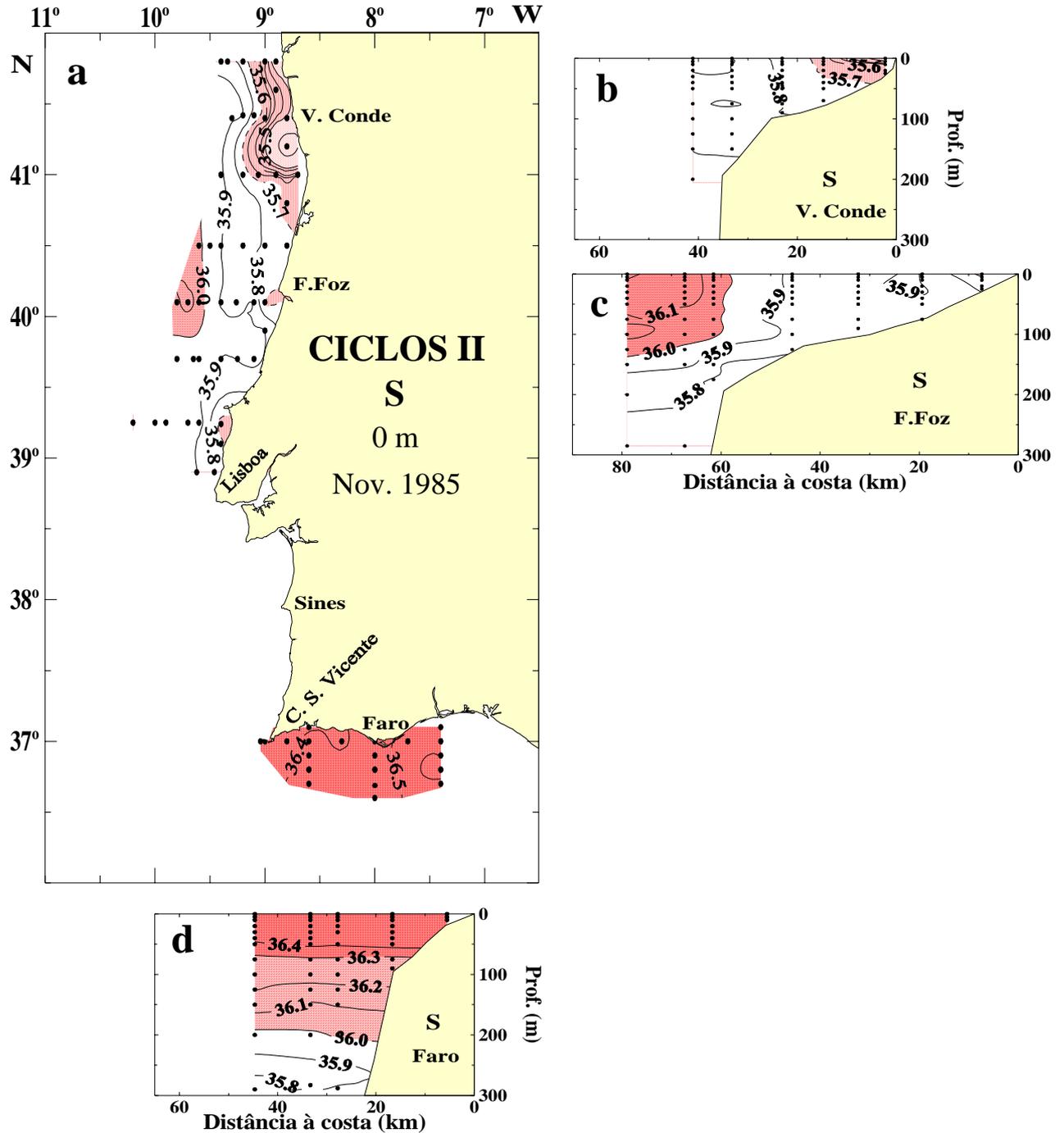


Figura 9. Distribuição da salinidade à superfície do mar (a) e na coluna de água ao longo das secções s2 (b), s5 (c) e s17 (d), durante o cruzeiro CICLOS II.

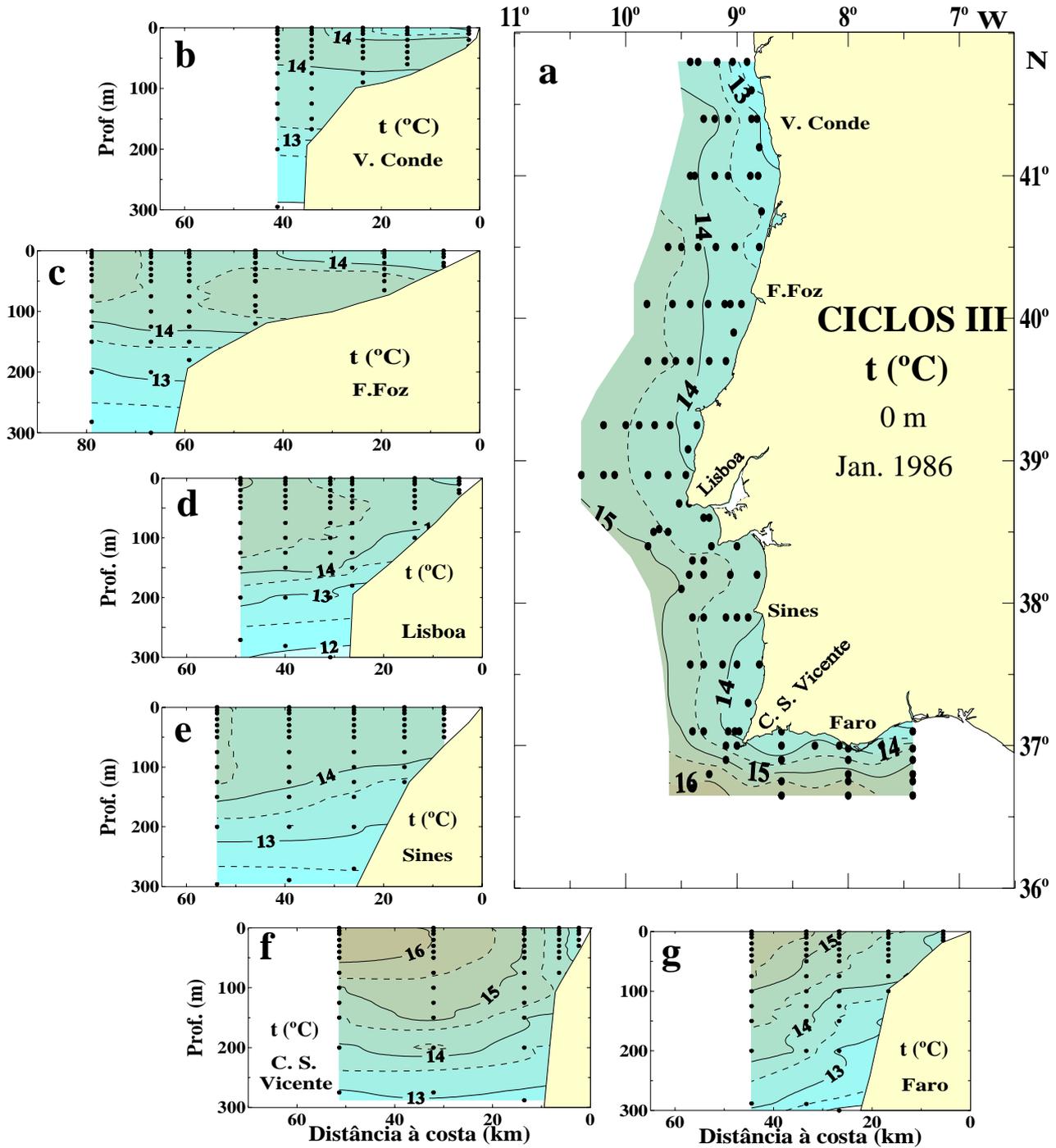


Figura 10. Distribuição da temperatura (°C) à superfície do mar (a) e na coluna de água ao longo das secções s2 (b), s5 (c), s9 (d), s11 (e), s15 (f) e s17 (g), durante o cruzeiro CICLOS III.

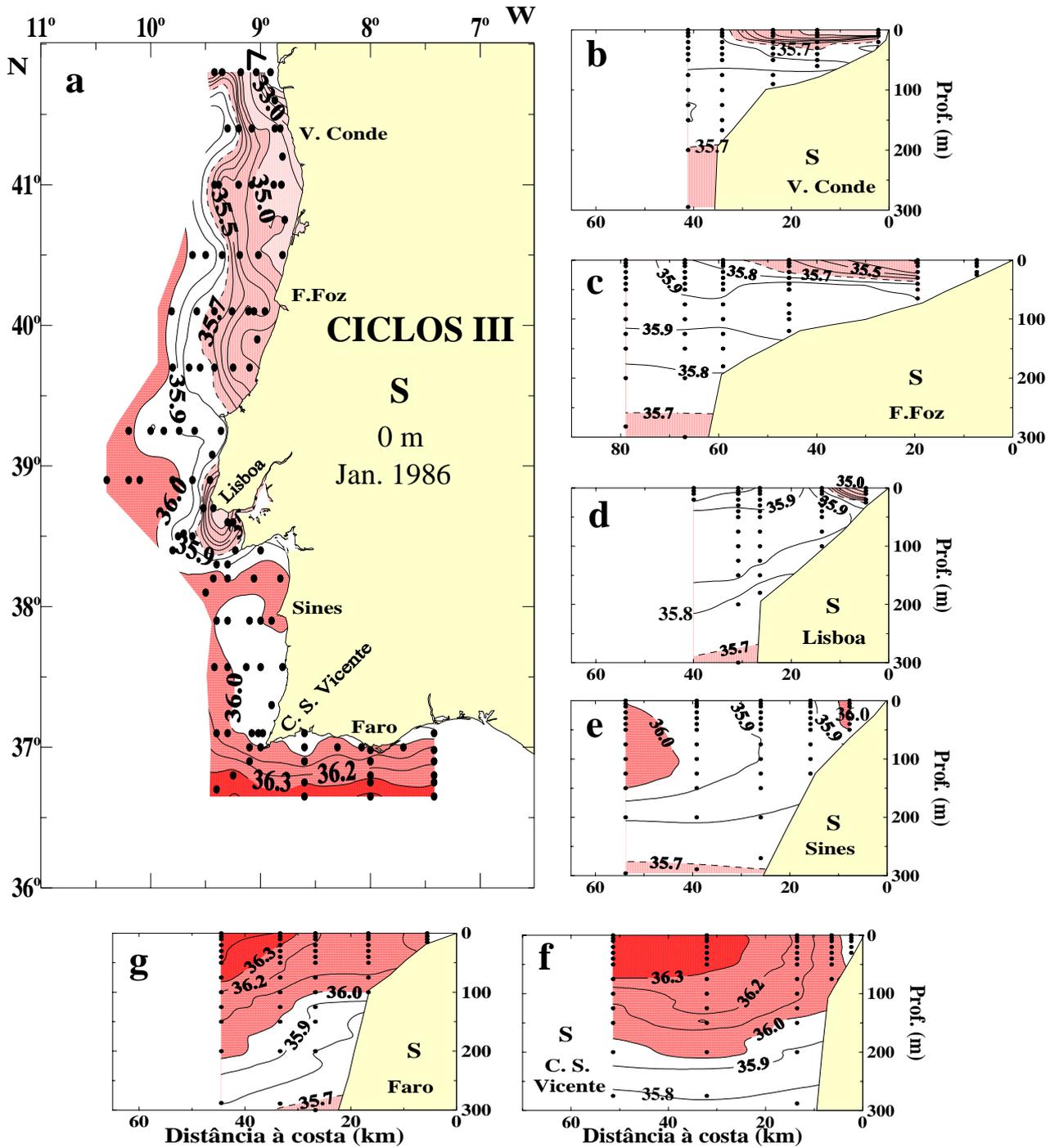


Figura 11. Distribuição da salinidade à superfície do mar (a) e na coluna de água ao longo das secções s2 (b), s5 (c), s9 (d), s11 (e), s15 (f) e s17 (g), durante o cruzeiro CICLOS III.

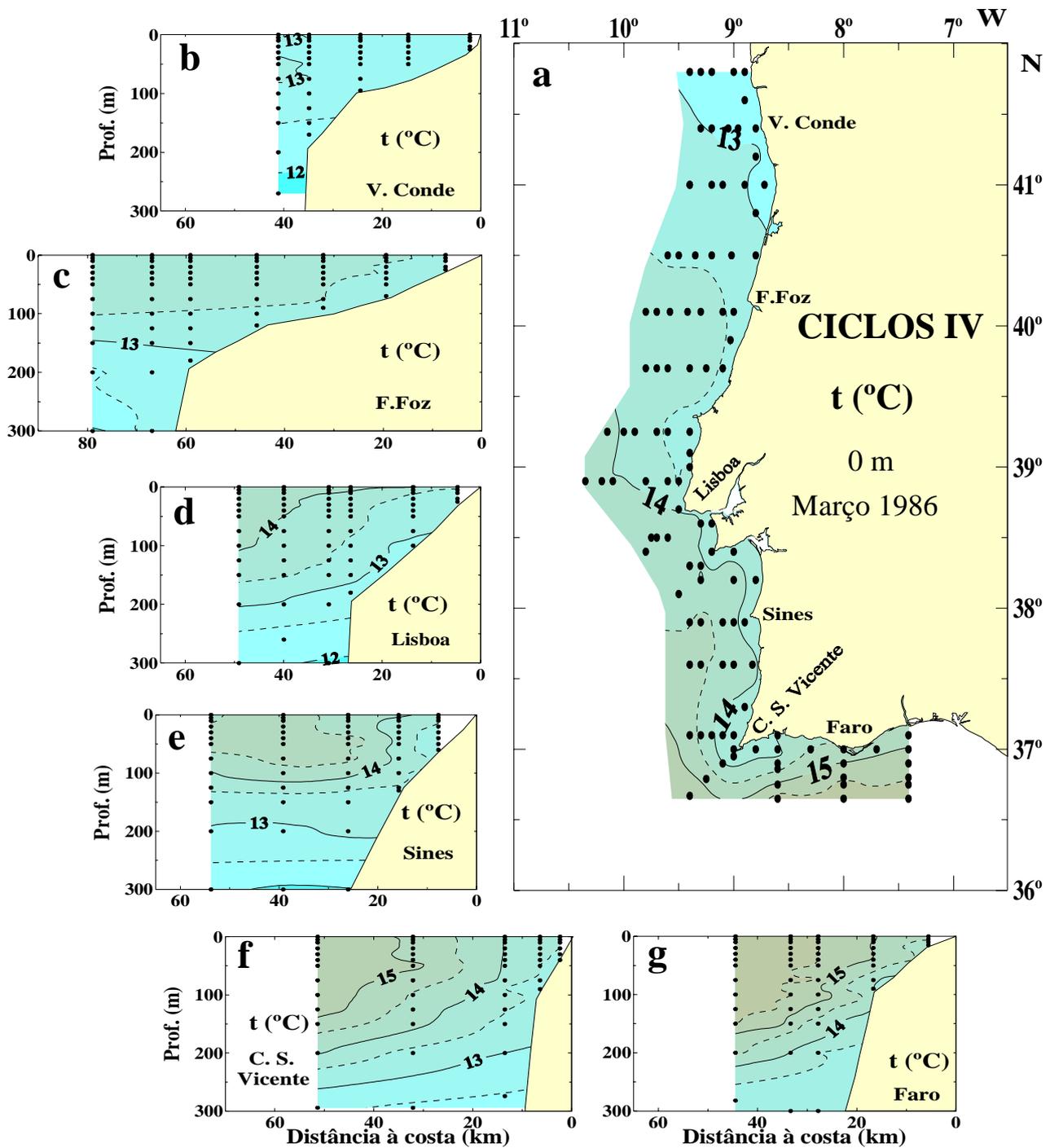


Figura 12. Distribuição da temperatura (°C) à superfície do mar (a) e na coluna de água ao longo das secções s2 (b), s5 (c), s9 (d), s11 (e), s15 (f) e s17 (g), durante o cruzeiro CICLOS IV.

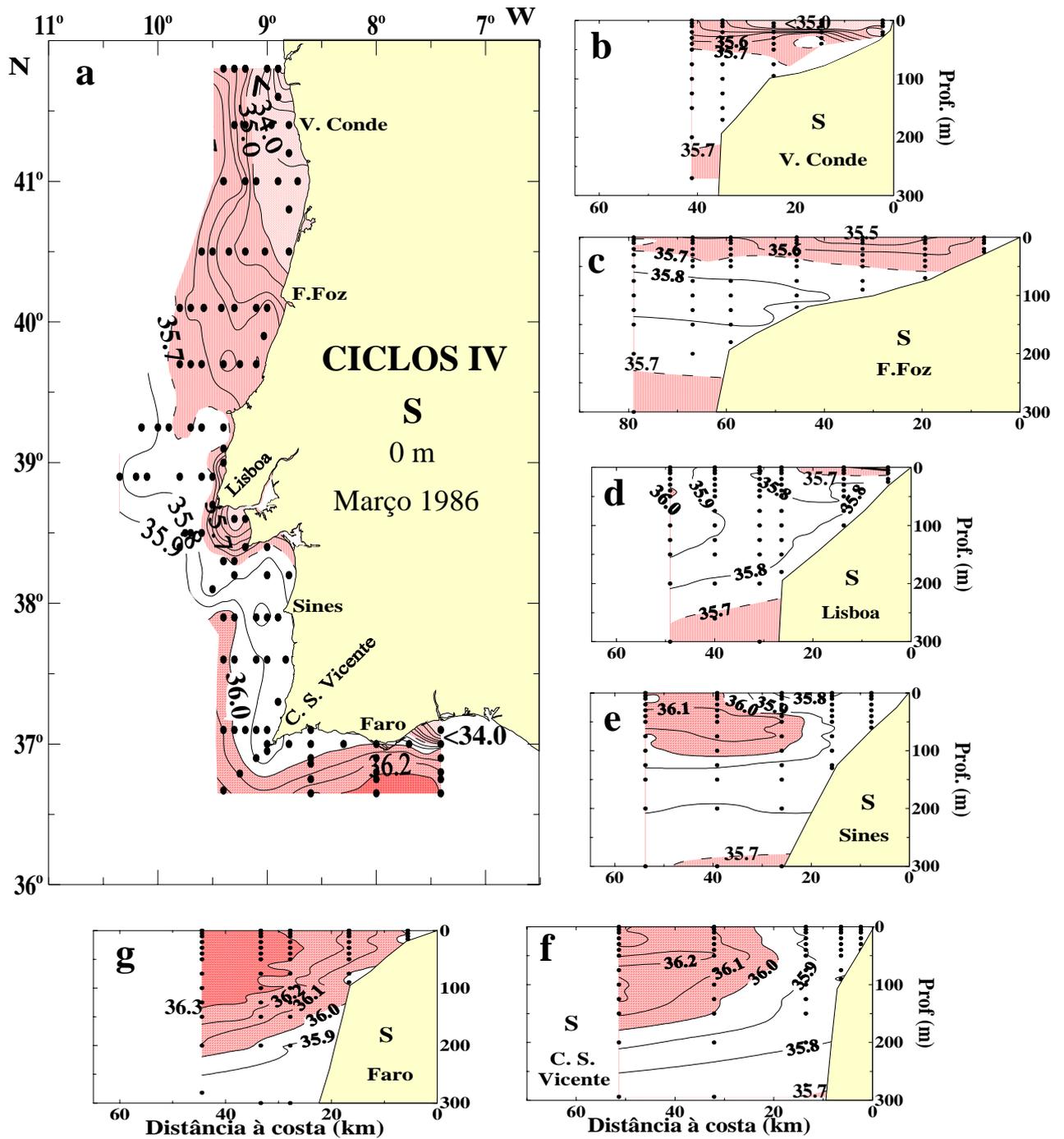


Figura 13. Distribuição da salinidade à superfície do mar (a) e na coluna de água ao longo das secções s2 (b), s5 (c), s9 (d), s11 (e), s15 (f) e s17 (g), durante o cruzeiro CICLOS IV.

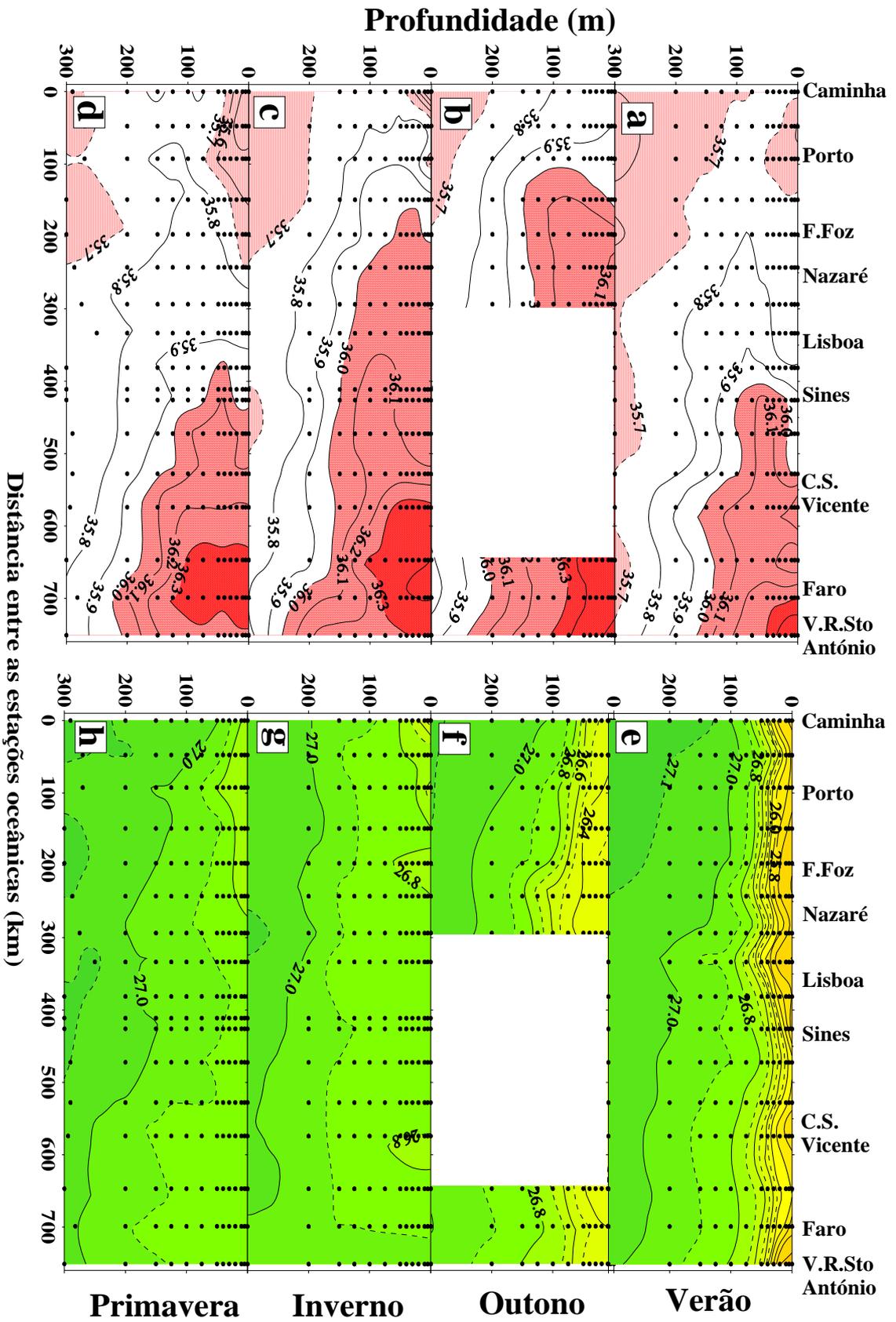


Figura 14. Distribuição vertical e sazonal da salinidade (a-d) e da densidade da água do mar (e-h) ao longo de uma secção, entre Caminha e Vila Real Stª António, constituída pelas estações mais oceânicas das secções s1 a s18.

salinas nas estações mais oceânicas originam gradientes elevados frente ao rio Minho, Mondego e Tejo. Na Primavera, o mesmo acontece frente aos estuários do Minho, Tejo e Guadiana.

As diferenças de salinidade (0.3 a 0.4) que ocorrem entre a costa e o largo na região sul e sudoeste são bastante evidentes à superfície, durante o Inverno e a Primavera, e poderão dever-se ao fluxo em direcção à costa de águas oceânicas mais salinas que parecem surgir naquela área no Inverno (Fiúza *et al.*, 1998) (Figs. 11a e 13a). Junto ao cabo de S. Vicente, a ocorrência de salinidades superficiais mais baixas e a inclinação ascendente das isohalinas sobre a plataforma, por vezes mesmo verticais e seguindo o padrão das isotérmicas, sugerem o afloramento de águas mais profundas (Figs. 10f, 11f, 12f e 13f).

Resumindo, as variações da salinidade observadas ao longo da costa reflectiram uma maior influência dos rios na região norte, uma maior influência de águas oceânicas mais salinas nas costas sudoeste e sul, e a influência das águas afloradas que, relativamente às de superfície, são mais salgadas no norte e menos salinas nas costas sudoeste e sul.

Estratificação e camada de mistura

Nas Figs. 15a-d apresenta-se a distribuição geográfica da estratificação termohalina da camada superior da coluna de água durante os quatro cruzeiros, calculada com base na variação da densidade da água (σ_t) entre os 0 e os 100 m em cada estação (ou até ao fundo em estações de menor profundidade). A estratificação é máxima durante o Verão, nas estações mais oceânicas da costa noroeste, dependendo principalmente, tal como no Outono, das variações do campo térmico (comparar a Fig. 15a com as Figs. 6b-c, 7b-c, 18a e 19a, e a Fig. 15b com as Figs. 8b-c, 9b-c, 18b e 19b). No entanto, no Outono, o aumento da estratificação na região costeira do Porto deve-se à pluma do Douro (Figs. 15b e 9a). No Inverno e Primavera, a coluna de água encontra-se quase termicamente homogénea e apenas o extremo norte da costa e as áreas adjacentes aos rios Tejo e Sado apresentam alguma estratificação halina (Figs. 15c e 15d). Na Primavera, a pluma do Guadiana produz também alguma estratificação na zona costeira adjacente (Fig. 15d). Assim, a costa noroeste apresenta-se normalmente mais estratificada que as costas sudoeste e sul. Durante o Verão, essa estratificação parece resultar de um maior aquecimento das águas da plataforma que, sendo mais larga e com um declive menos acentuado no norte, supõe-se que sofra uma maior influência da atmosfera (Fiúza, 1983,

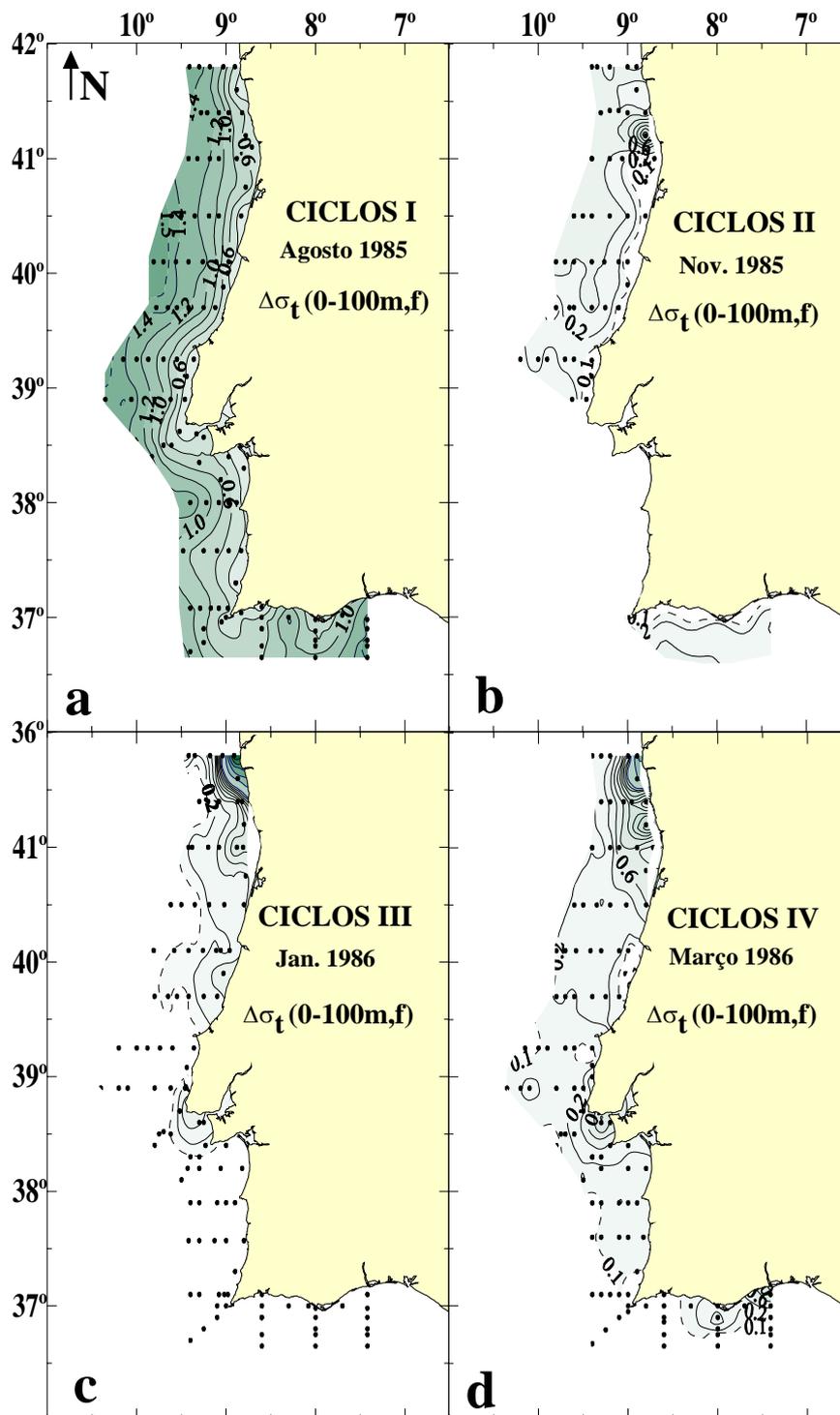


Figura 15. Distribuição sazonal da estratificação termohalina da coluna de água nos primeiros 100 m (ou nível mais fundo em estações menos profundas) durante os cruzeiros CICLOS I (a), CICLOS II (b), CICLOS III (c) e CICLOS IV (d).

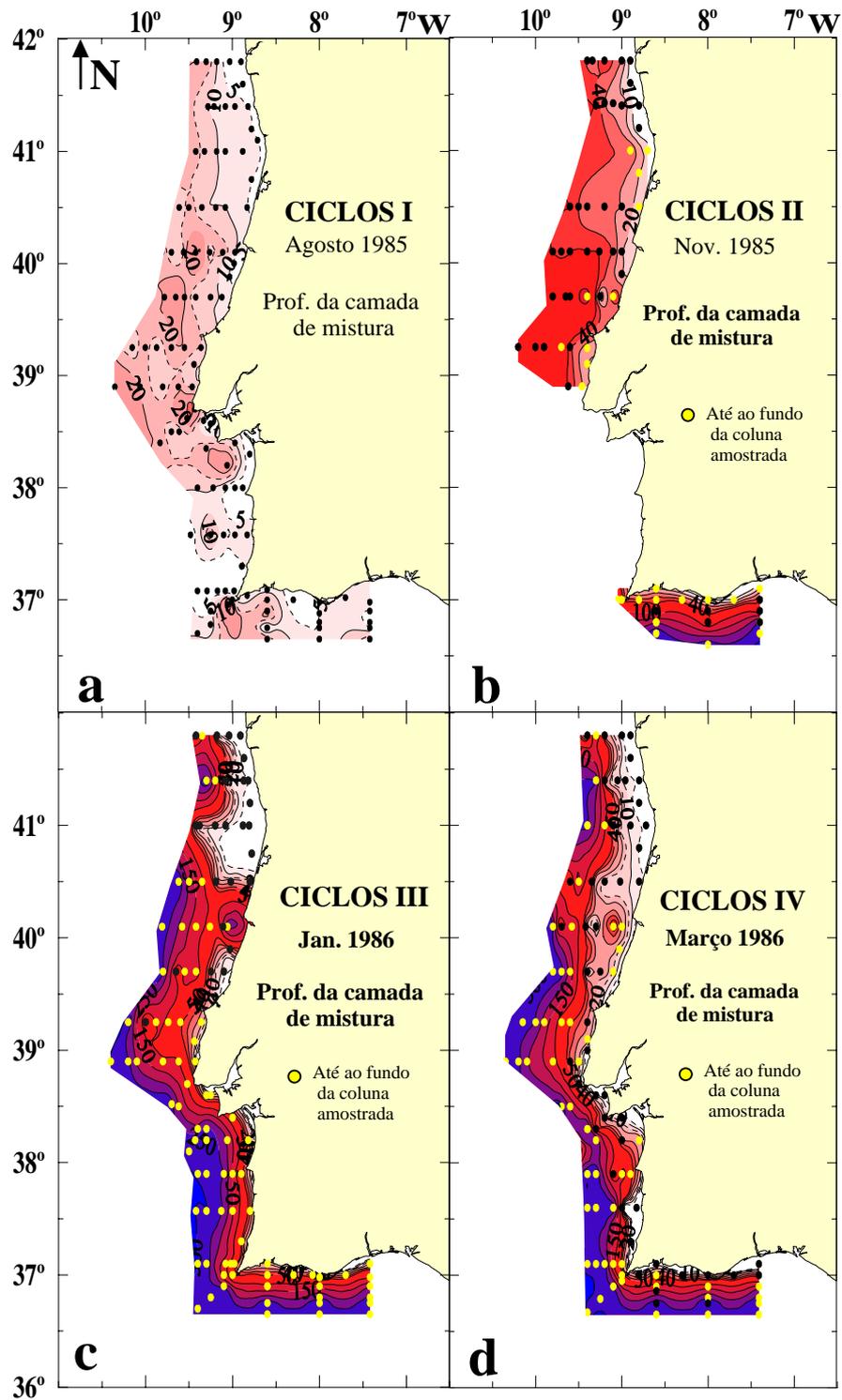


Figura 16. Distribuição sazonal da profundidade da camada de mistura (m) durante os cruzeiros CICLOS I (a), CICLOS II (b), CICLOS III (c) e CICLOS IV (d). As estações cuja coluna de água amostrada se apresentava toda misturada estão assinaladas (●).

1984). Durante o Inverno e Primavera, será devida à maior descarga dos rios existentes naquela região.

Para complementar os resultados anteriores, foi calculada a profundidade da camada de mistura em todas as estações, tendo-se considerado como o topo da picnoclina (camada com elevado gradiente de densidade) a profundidade a partir da qual o gradiente do σ_t é superior a 0.1 por cada 10 m de profundidade (Figs. 16a-d). As estações onde toda a coluna de água se encontrava misturada estão assinaladas, tendo-se, neste caso, utilizado a profundidade do nível amostrado mais fundo.

Durante o Verão, a espessura da camada de mistura é reduzida nas estações costeiras (menor do que 5m) e aumenta progressivamente para o largo. Nalgumas zonas, este aumento parece ser mais acentuado na parte média ou externa da plataforma do que nas estações oceânicas (ver a isolinha dos 20 m na Fig. 16a). A profundidade da camada de mistura aumenta no Outono, estando a coluna de água mais homogénea no sul do que no norte (Fig. 16b). Neste período do ano, a camada de mistura é pouco profunda na região costeira noroeste, que se encontra estratificada em consequência das menores salinidades resultantes do fluxo dos rios. O mesmo acontece no Inverno e Primavera, quando em toda a costa a coluna de água não se encontra estratificada (Figs. 16c-d). No entanto, na Primavera, e em particular na região adjacente ao cabo de S. Vicente, a camada de mistura das estações mais costeiras já não ocupa toda a coluna de água, parecendo evidenciar a formação da picnoclina devida ao aquecimento das águas de superfície.

Massas de água nos primeiros 300 m.

Nas Figs. 14e-h, 18a-d, 19a-d, 20a-c, 21a-c, 22a-c e 23a-d observa-se que a isopícnica dos 27.1, e portanto a ACOAN_{sp}, apenas se eleva acima dos 200m durante o Verão e para norte da secção do Porto. Embora não se mostrem aqui os diagramas T/S referentes à amostragem, supõe-se que durante os quatro cruzeiros a camada superficial se apresentou influenciada pela ACOAN_{st}. As características termohalinas da ACOAN_{st} diminuíram progressivamente de sul para norte tal como observado por Fiúza (1984).

Sobre a região mais a norte da plataforma, como aliás já se referiu anteriormente, pode identificar-se uma lente de água de menores salinidades ($S < 35.75$), associada a valores mínimos de temperatura superficial, designada por Silva (1992a) como “Água Costeira Superficial”. Segundo este autor, esta água tende a ocupar a plataforma a norte do

canhão da Nazaré, durante a Primavera e o Verão, e deve resultar das contribuições de águas do Atlântico NE e da Baía da Biscaia, sendo modificada pelas descargas locais dos rios e interacção com a água aflorada junto à costa.

Nutrientes e oxigénio dissolvido

Os sistemas de afloramento são caracterizados por possuírem elevados níveis de produção fitoplanctónica resultantes do fluxo de nutrientes transportados para a zona eufótica pelas águas mais profundas (Margalef, 1985). Importantes gradientes horizontais de nutrientes existem muitas vezes nestas áreas, devido à variação da concentração dos nutrientes nas águas afloradas, do seu consumo pelo fitoplâncton, da sua regeneração e, ainda, dos processos de mistura (Walsh & Dugdale, 1971, Walsh *et al.*, 1974). As populações fitoplanctónicas da maior parte dos sistemas de afloramento podem estar limitadas pela fonte de azoto, apesar de, por exemplo, no sistema de afloramento do Peru, a sílica surgir aparentemente como a principal fonte limitante (Dugdale & Goering, 1967; Nelson *et al.*, 1981). A produção fitoplanctónica parece ser primeiramente estimulada por nutrientes alóctones, em especial os nitratos (Dugdale & Goering, 1967; Dugdale *et al.*, 1990). No entanto, quando se atingem determinadas concentrações de outros compostos azotados, como a amónia ou a ureia, a utilização dos nitratos pelo fitoplâncton pode quase ser suprimida (Eppley *et al.*, 1969; McCarthy & Eppley, 1972).

O primeiro trabalho sobre a disponibilidade de nutrientes ao longo da costa de Portugal foi realizado por Bôto (1945) com base em campanhas oceanográficas realizadas pelo navio “Albacora” entre 1934 e 1937. Neste estudo pioneiro, o autor evidencia a influência do processo de afloramento no enriquecimento em nutrientes das estações costeiras e mostra que o processo de regeneração de nutrientes (fosfatos) se inicia em Maio na zona costeira, quando na área oceânica ocorre depois, sobretudo no fim do Verão. Só cerca de 50 anos mais tarde Pissarra *et al.* (1993) e Cavaco *et al.* (1995) retomam este tema, tendo como objectivo o esclarecimento de possíveis relações entre o ciclo de regeneração dos nutrientes, a distribuição de massas de água e a produção biológica da camada superficial do oceano, com base em dados obtidos durante os cruzeiros de Verão e Outono de 1985, campanhas incluídas neste trabalho.

Observando as Figs. 17a-l verifica-se que, em todas as estações do ano, a disponibilidade de nutrientes (nitratos, silicatos e fosfatos) nas águas superficiais é superior nas estações costeiras, sendo as maiores concentrações notadas durante o Inverno e a

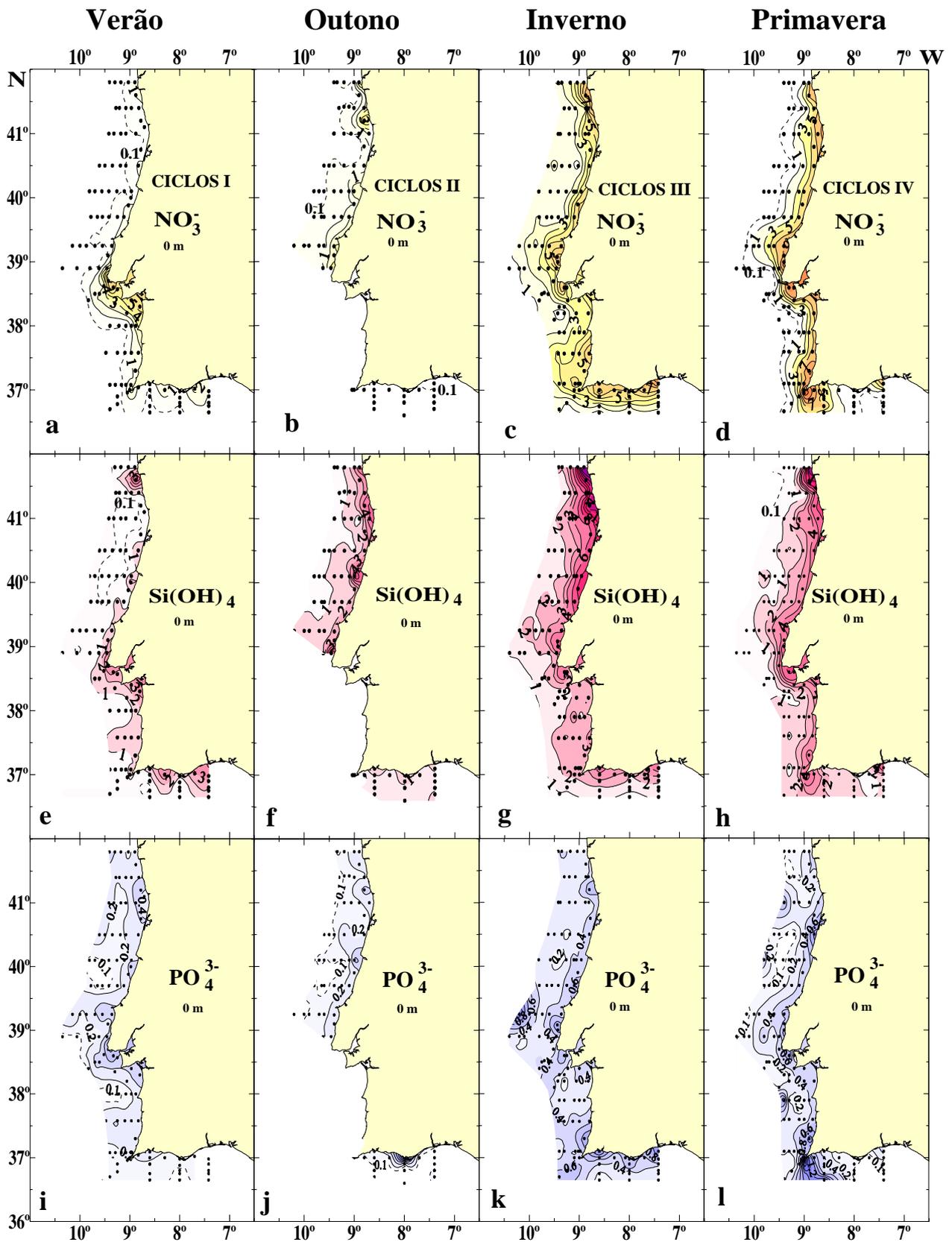


Figura 17. Distribuição espacial e sazonal dos sais nutrientes (μM) nas águas de superfície durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV. Nitratos (NO_3^-) (a-d), silicatos (Si(OH)_4) (e-h), fosfatos (PO_4^{3-}) (i-l).

Primavera. As águas de superfície nas estações oceânicas apresentam ausência em nutrientes no Verão e os máximos valores no Inverno. Dos nutrientes determinados, os nitratos e silicatos foram os que mostraram uma maior variação sazonal.

No Verão, os nitratos são praticamente inexistentes em toda a costa nas águas de superfície, com excepção das zonas adjacentes aos estuários do Tejo e Sado (Fig.17a). Ao longo da coluna de água os teores aumentam e atingem concentrações elevadas abaixo da pycnoclina durante o Verão, nomeadamente 20.2 μM sobre a plataforma e vertente frente a V.R.S.¹⁰ António, ou 23.4 μM durante a Primavera ao largo de Portimão e da área compreendida entre Sines e cabo de S. Vicente (Fig. 25h). No Outono, os nitratos são quase inexistentes até aos 75/100m de profundidade na costa do Algarve (Fig. 23f).

Os silicatos, tal como os nitratos, são escassos à superfície durante o Verão, na costa noroeste, com excepção das águas de menor salinidade a norte do Douro, onde se observam concentrações até 7.2 μM (Fig. 17e). Nos outros períodos do ano são mais abundantes na costa noroeste, sobretudo durante o Inverno, onde atingem 23.9 μM associados às plumas dos rios (Fig. 17g). A costa sudoeste, em especial a região da vertente frente a Sines, apresenta os maiores teores de silicatos durante o Inverno (8.4 μM) (Fig. 21h).

Os fosfatos distribuem-se de forma mais irregular ao longo da costa. Os valores máximos superficiais surgem, em geral, nas estações costeiras e atingem 2.5 μM , na Primavera, junto ao cabo de S. Vicente (Fig. 221), mas podem também ocorrer na parte externa da plataforma (Figs. 17i-l). Os mínimos de superfície registam-se no Verão e no Outono. Em profundidade, as concentrações máximas encontram-se na Primavera, nas estações costeiras junto ao cabo de S. Vicente e ao largo de Sines (Figs. 17l, 211 e 221). Enquanto na região de Sines os máximos serão relacionados com uma possível presença da ACOANst a menores profundidades, as elevadas concentrações de nutrientes localizadas no cabo de S. Vicente não se conseguiram explicar à luz da informação disponível.

Durante o Verão, Outono e Primavera, a profundidade da nutriclina (zona da coluna de água em que os vários nutrientes aumentam rapidamente) está associada à da pycnoclina (Figs. 18 a 23). Em várias secções, durante estes períodos do ano observa-se uma inclinação ascendente, ou até mesmo vertical, das isopícnicas em direcção à costa, evidenciando que as águas de maior profundidade, ao aflorarem, introduzem nutrientes na camada superficial (seguir, por exemplo, a distribuição vertical da densidade e dos vários

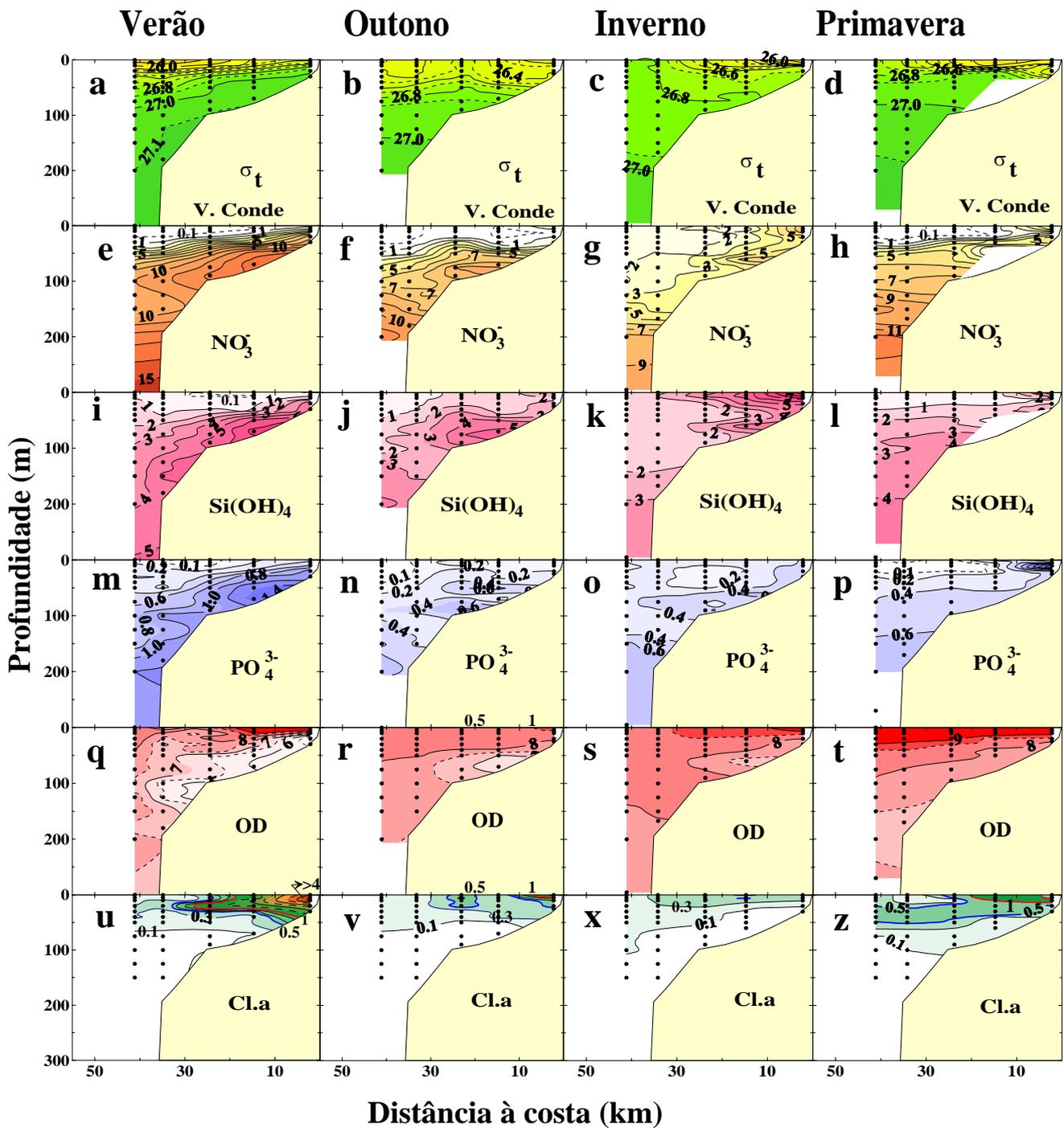


Figura 18. Distribuição vertical e sazonal na secção 2, frente a Vila do Conde, da densidade da água do mar (a-d), nutrientes (μM): nitratos (NO_3^-) (e-h), silicatos (Si(OH)_4) (i-l), fosfatos (PO_4^{3-}) (m-p), oxigénio dissolvido (mg.l^{-1}) (q-t), e clorofila a (mg.m^{-3}) (u-z), durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV.

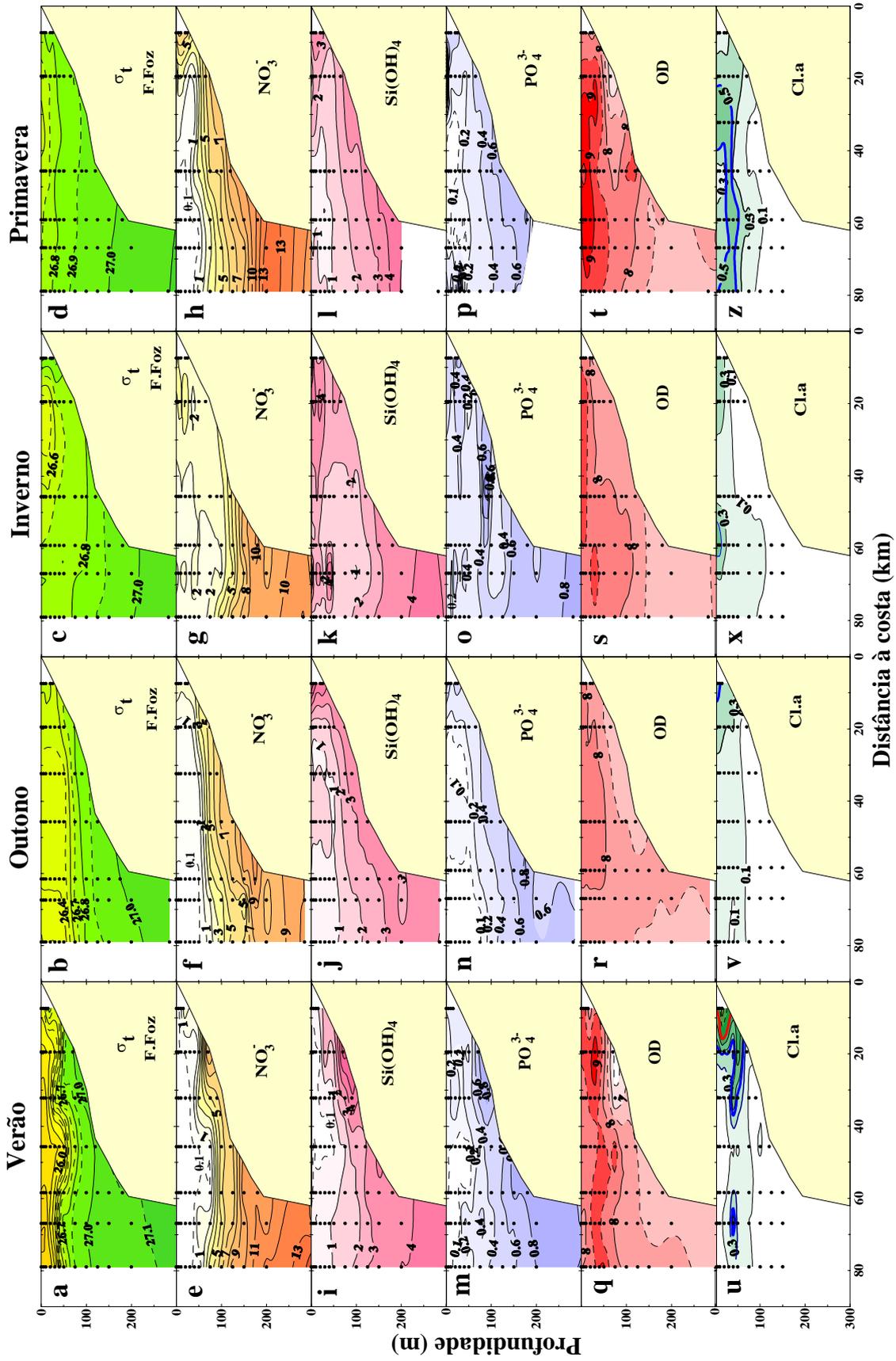


Figura 19. Distribuição vertical e sazonal na secção 5, frente à F. Foz, da densidade da água do mar (a-d), nutrientes (μM): nitratos (NO_3^-) (e-h), silicatos (Si(OH)_4) (i-l), fosfatos (PO_4^{3-}) (m-p), oxigénio dissolvido (mg.l^{-1}) (q-t), e clorofila a (mg.m^{-3}) (u-z), durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV.

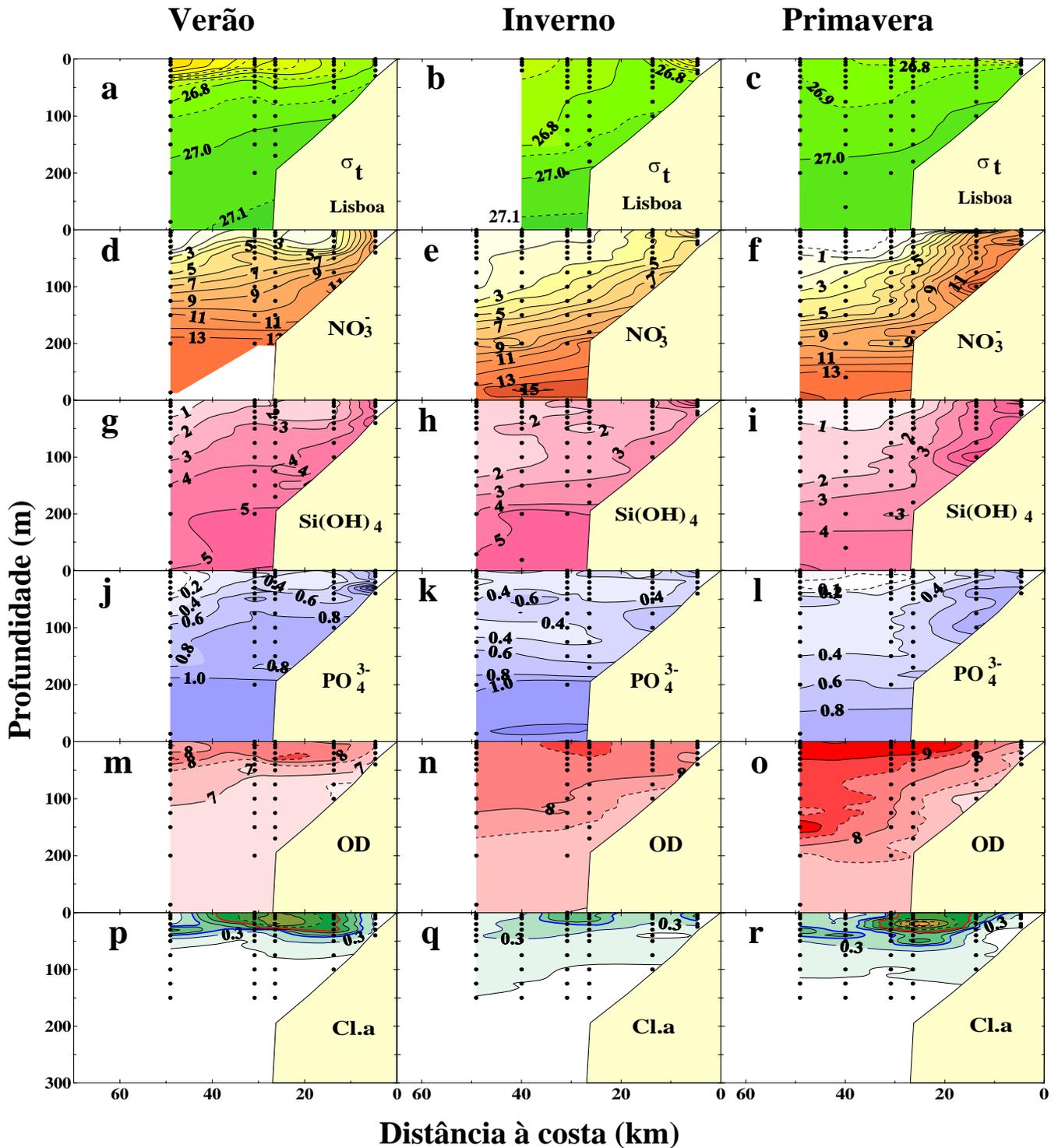


Figura 20. Distribuição vertical e sazonal na secção 9, frente a Lisboa, da densidade da água do mar (a-c), nutrientes (μM): nitratos (NO_3^-) (d-f), silicatos ($\text{Si}(\text{OH})_4$) (g-i), fosfatos (PO_4^{3-}) (j-l), oxigénio dissolvido (mg.l^{-1}) (m-o), e clorofila \underline{a} (mg.m^{-3}) (p-r), durante os cruzeiros CICLOS I, III e IV.

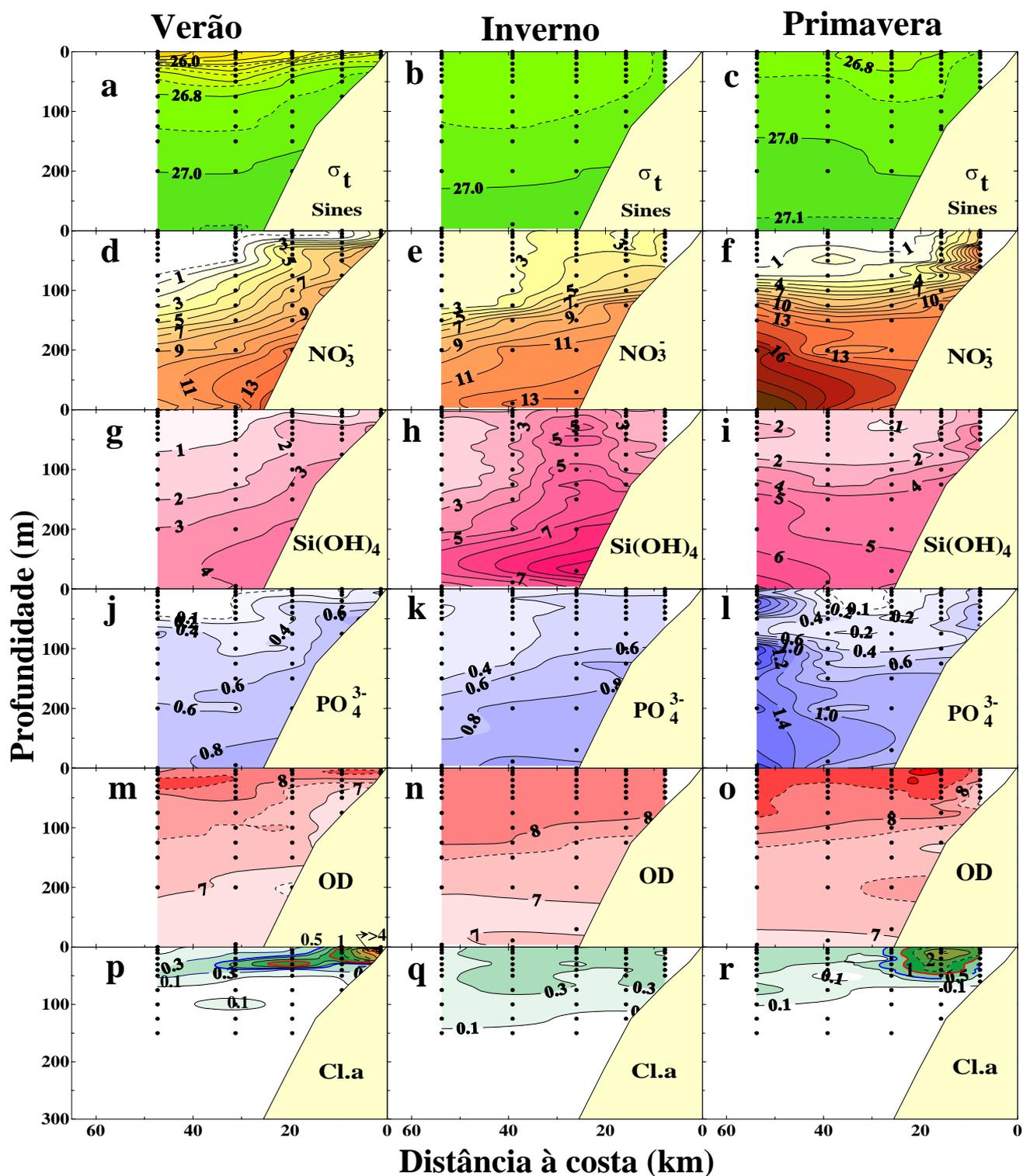


Figura 21. Distribuição vertical e sazonal na secção 11, frente a Sines, da densidade da água do mar (a-c), nutrientes (μM): nitratos (NO_3^-) (d-f), silicatos (Si(OH)_4) (g-i), fosfatos (PO_4^{3-}) (j-l), oxigénio dissolvido (mg.l^{-1}) (m-o), e clorofila a (mg.m^{-3}) (p-r), durante os cruzeiros CICLOS I, III e IV.

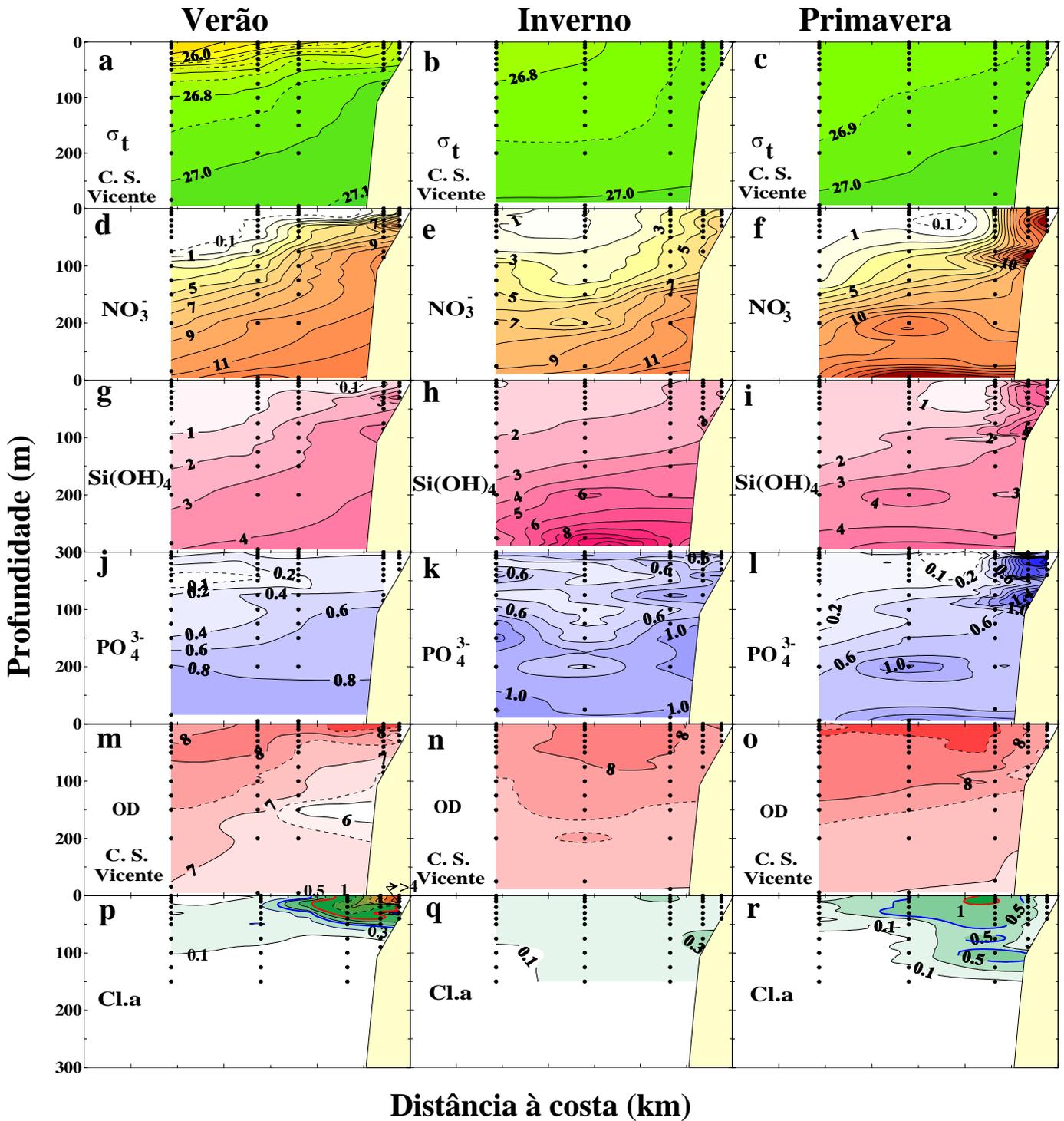


Figura 22. Distribuição vertical e sazonal na secção 15, frente ao cabo de S. Vicente, da densidade da água do mar (a-c), nutrientes (μM): nitratos (NO_3^-) (d-f), silicatos (Si(OH)_4) (g-i), fosfatos (PO_4^{3-}) (j-l), oxigénio dissolvido (mg.l^{-1}) (m-o), e clorofila a (mg.m^{-3}) (p-r), durante os cruzeiros CICLOS I, III e IV.

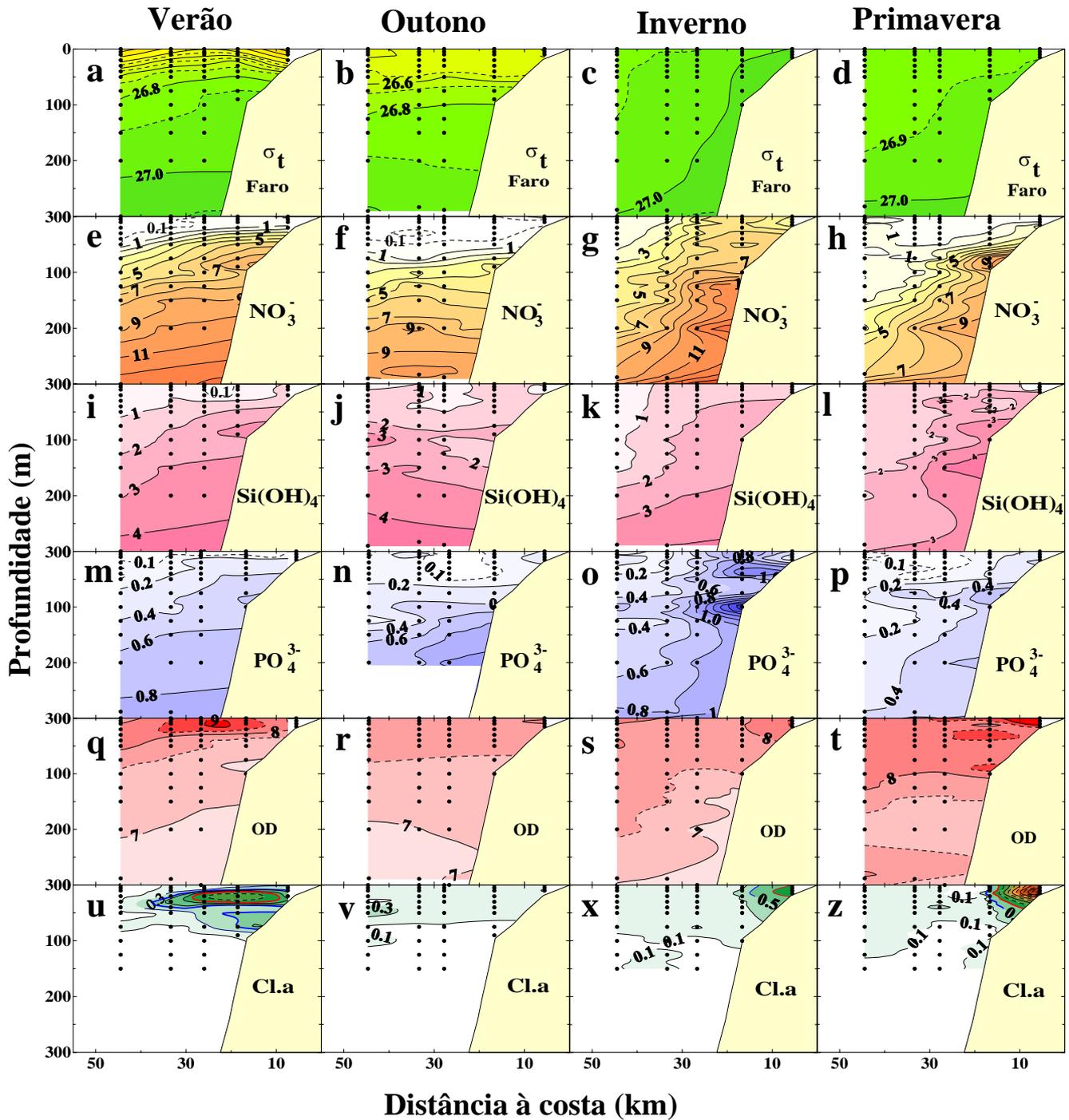


Figura 23. Distribuição vertical e sazonal na secção 17, frente a Faro, da densidade da água do mar (a-d), nutrientes (μM): nitratos (NO_3^-) (e-h), silicatos (Si(OH)_4) (i-l), fosfatos (PO_4^{3-}) (m-p), oxigénio dissolvido (mg.l^{-1}) (q-t), e clorofila *a* (mg.m^{-3}) (u-z), durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV.

nutrientes nas secções da F. Foz, Lisboa e Sines nas Figs. 19, 20 e 21). Em Lisboa, cabo de S. Vicente e Faro, este padrão é igualmente observado no Inverno (Figs. 20, 22 e 23). O processo de afloramento costeiro constitui, assim, em toda a costa ocidental, o principal responsável pela disponibilidade de nutrientes nas águas de superfície, tendo especial importância durante o Verão e Primavera, mas ocorrendo igualmente durante o Outono e Inverno. Por vezes, o afloramento não foi suficientemente forte para interromper a estratificação junto à costa. Por exemplo, durante o Verão e na secção de V. Conde (s2), as estações costeiras apresentam-se estratificadas e com escassez de nutrientes à superfície (Figs. 6b, 18a, 18e, 18i e 18m).

As descargas dos rios da região norte são, durante o Inverno, as principais fontes de sílica para a zona costeira adjacente. Nas figuras 11b-c, 17g, 18k e 19k mostra-se que as maiores concentrações de silicatos se encontram à superfície em associação com as menores salinidades. No Verão e na Primavera, os rios parecem também introduzir silicatos de uma forma mais localizada, tal como se observa entre as secções s1 e s2 (Figs. 17e e 17h). Na Primavera, os maiores teores de silicatos presentes em toda a costa ocidental e na parte interna da plataforma estão associados às águas subsuperficiais afloradas (Figs. 17h, 19l e 21l).

Nas águas de superfície, a distribuição do oxigénio dissolvido ao longo dos quatro cruzeiros mostra que a camada superficial está sempre bem oxigenada e que este parâmetro atinge as maiores concentrações durante a Primavera e apresenta os mínimos no Outono (Figs. 24a-d). Em profundidade, os valores mais baixos de oxigénio são observados no Verão e, em geral, na região média da plataforma da costa noroeste ou no bordo da plataforma e vertente na costa sudoeste e barlavento algarvio (Figs. 18q-t, 19q-t, 20m-o, 21m-o, 22m-o e 23q-t). No sotavento da costa sul, os valores mais baixos de oxigénio são de novo notados na região média da plataforma. Durante o Verão, os máximos localizam-se nas zonas de afloramento, caracterizadas por menores temperaturas e por valores mais elevados de biomassa fitoplanctónica, parecendo revelar a produção do fitoplâncton. No Outono, os máximos de oxigénio apenas coincidem com os valores máximos de biomassa do fitoplâncton no topo norte da costa ocidental e no cabo de S. Vicente (Figs. 24b e 27a), enquanto no Inverno se estendem por toda a costa noroeste. Em profundidade, os máximos de oxigénio dissolvido na água estão normalmente associados com os máximos de clorofila a (Figs. 18q-z, 19q-z, 20m-r, 21m-r, 22m-r e 23q-z).

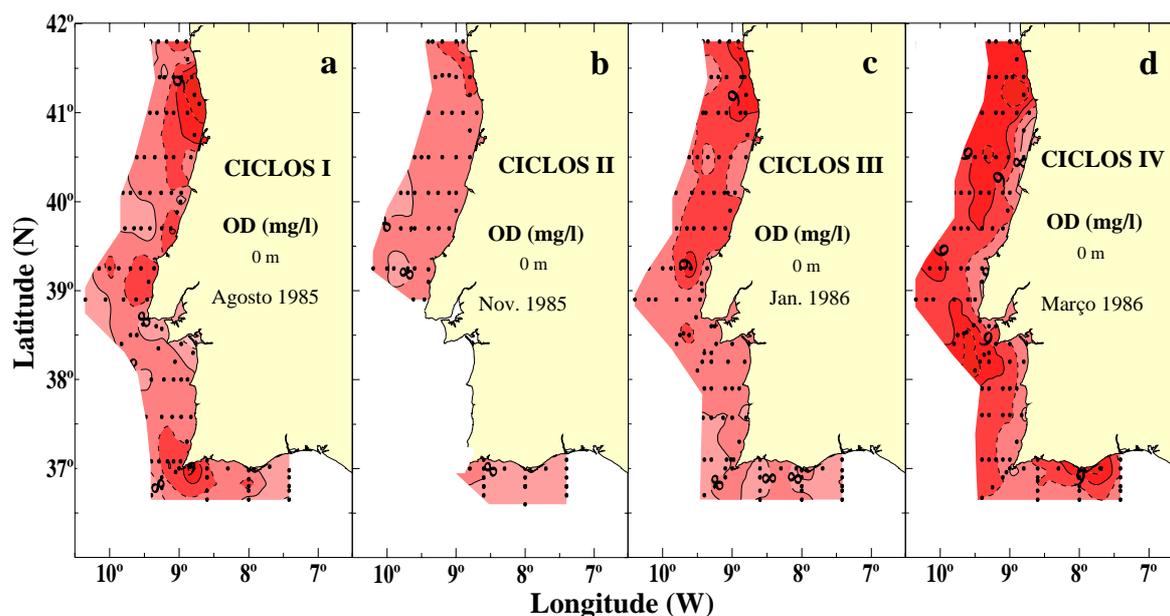


Figura 24. Distribuição espacial e sazonal do oxigénio dissolvido (mg l^{-1}) nas águas de superfície, durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV.

A remineralização dos nutrientes pode ser observada sobretudo durante o Verão e Outono, mas parece acontecer também nos outros períodos do ano. Este processo é identificado, junto ao fundo, nas áreas onde os máximos de nutrientes correspondem a mínimos de oxigénio e a sua localização na plataforma poderá evidenciar a importância da dinâmica do afloramento e da batimetria nos processos de acumulação e remineralização dos nutrientes nas várias áreas: na região média da plataforma na costas NW, sobre a região média/bordo da plataforma na costa S e na região da vertente na costa SW. Por exemplo, na secção de V. Conde (s2) que, como atrás se apontou, apresentava escassez de nutrientes à superfície durante o Verão, verifica-se que o teor de nutrientes aumenta rapidamente em profundidade e atinge, aos 40 m de profundidade na estação mais costeira, respectivamente $10 \mu\text{M}$ de nitratos, $4 \mu\text{M}$ de silicatos e $1.2 \mu\text{M}$ de fosfatos (Figs. 18e, 18i, 18m), onde se observam os mínimos de oxigénio (Fig. 18q). Estas concentrações elevadas de nutrientes parece originarem-se na região média da plataforma e serem resultantes do processo de regeneração, por decomposição de matéria orgânica, visto que teores semelhantes só são observados de novo aos 150 e 200 m de profundidade. Nesta secção o processo de regeneração ocorre também durante o Inverno (Figs. 18g, 18s). Esta região da costa noroeste foi a área onde a regeneração de nutrientes foi mais evidente no Verão (e possivelmente continuada no tempo), o que concordará com Prego *et al.* (1999). Estes autores, ao compararem a dinâmica dos nutrientes entre as *Rías Bajas* da Galiza (contíguas à área referida) e as *Rías Altas* (mar Cantábrico ocidental) e respectivas áreas costeiras

adjacentes, concluem que a maior produtividade biológica das *Rias Baixas* resulta de uma muito superior remineralização de nutrientes durante o Verão. Assim, a concentração de nutrientes disponíveis para o fitoplâncton é acrescida, visto estes serem facilmente reinjectados na zona eufótica, através do afloramento.

Nas Figs. 25a-h, apresenta-se a distribuição vertical de temperatura e nitratos (a distribuição de silicatos é semelhante) numa secção ao longo da costa (norte-sul na costa ocidental e oeste-este na costa algarvia) e que inclui as estações mais oceânicas posicionadas em geral sobre a isóbata dos 1000 m. Observa-se que, à superfície, as águas do largo são mais ricas em nutrientes durante o Inverno devido ao processo de mistura. É curioso notar que, em profundidade e nas quatro épocas do ano, vários máximos de nutrientes ocorrem coincidentemente nas mesmas áreas ao longo da costa. Estes máximos, que parecem relacionados com as menores temperaturas, são particularmente evidentes durante a Primavera e Verão, altura em que as condições de afloramento foram, respectivamente, de maior intensidade e persistência. Na Primavera, as áreas de Sines e Portimão mostram que as águas do largo mais fundas são particularmente ricas em nutrientes, sugerindo que a ACOANst se encontra a menores profundidades nestas zonas (Figs. 21f, 21i, 21l e 25d).

Em resumo, e a partir das distribuições verticais da densidade, dos nutrientes e das concentrações de oxigénio dissolvido, nas várias secções da costa, nas quatro épocas do ano, verificou-se que: (i) os nutrientes existentes nas camadas subsuperficiais são introduzidos na camada superficial pelo processo de afloramento; (ii) especialmente durante o Inverno e Primavera, a descarga dos rios desempenha um papel importante na introdução de silicatos na zona costeira noroeste; (iii) o processo de regeneração de azoto e fósforo e o da dissolução de sílica são importantes como fontes adicionais de nutrientes, em especial durante o Verão e Outono; (iv) o processo de regeneração dos nutrientes parece superior a norte de Aveiro; (v) a mistura da camada superficial durante o Inverno evita a limitação de nutrientes à superfície nas águas oceânicas.

Biomassa fitoplanctónica

A concentração de clorofila *a* na água, que neste trabalho se assume como indicador da biomassa fitoplanctónica, é maior no verão e no outono, sobretudo no norte de Lisboa e de Faro onde as concentrações máximas de clorofila *a* são notadas,

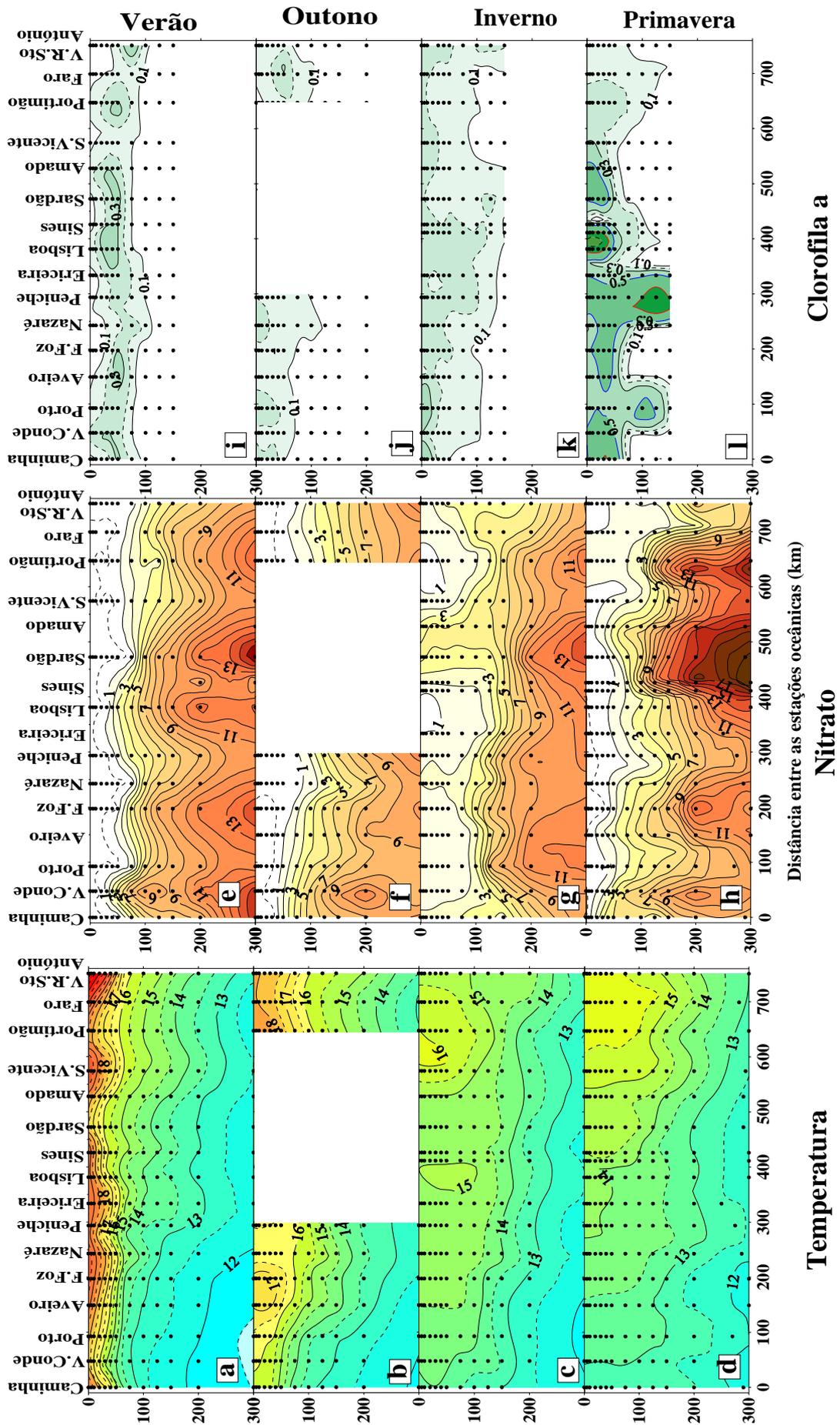


Figura 25. Distribuição vertical e sazonal da temperatura (°C) (a-d), dos nitratos (μM) (e-h) e da clorofila a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) (i-l) ao longo de uma secção, entre Caminha e Vila Real St^a António, constituída pelas estações mais oceânicas, durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV.

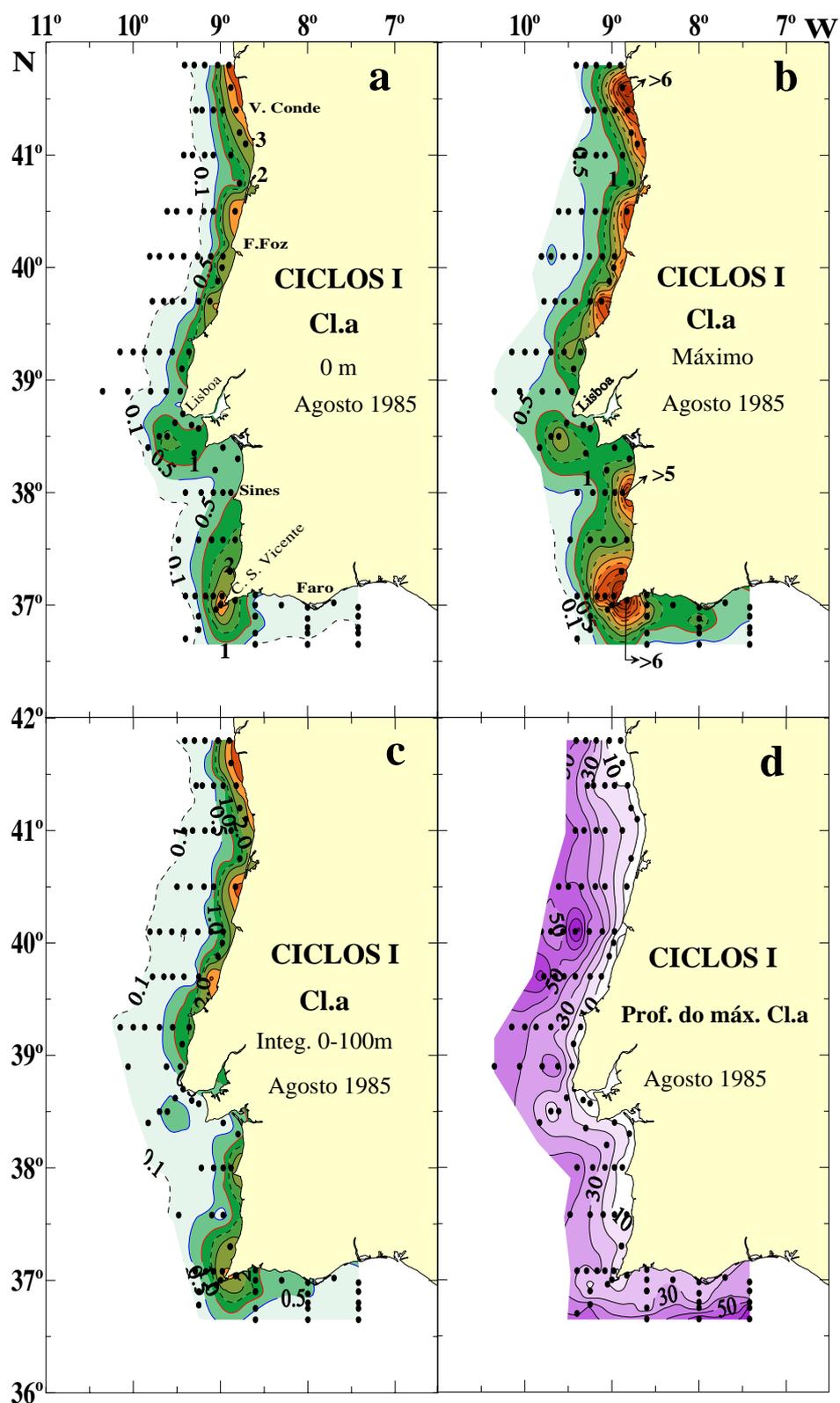


Figura 26. Distribuição espacial da biomassa de fitoplâncton (clorofila a, mg.m⁻³) à superfície do mar (a), da sua concentração máxima na coluna de água (b), da sua média (mg.m⁻³) integrada nos primeiros 100 m da coluna de água (c), e da profundidade (m) a que foram observados os máximos (d), durante o cruzeiro CICLOS I, Agosto/Setembro de 1985.

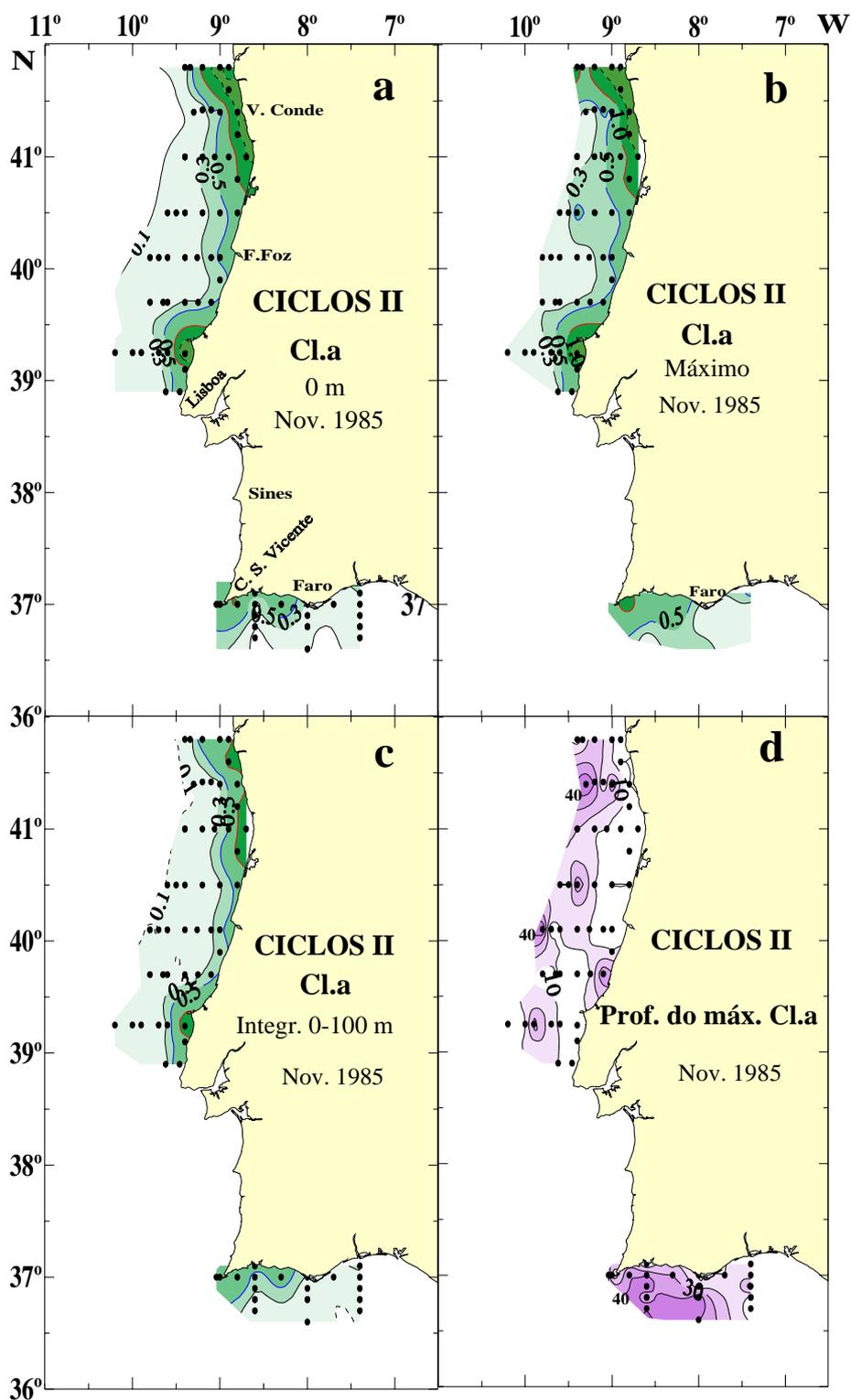


Figura 27. Distribuição espacial da biomassa de fitoplâncton (clorofila *a*, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) à superfície do mar (a), da sua concentração máxima na coluna de água (b), da sua média ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) integrada nos primeiros 100 m da coluna de água (c), e da profundidade (m) a que foram observados os máximos (d), durante o cruzeiro CICLOS II, Novembro/Dezembro de 1985.

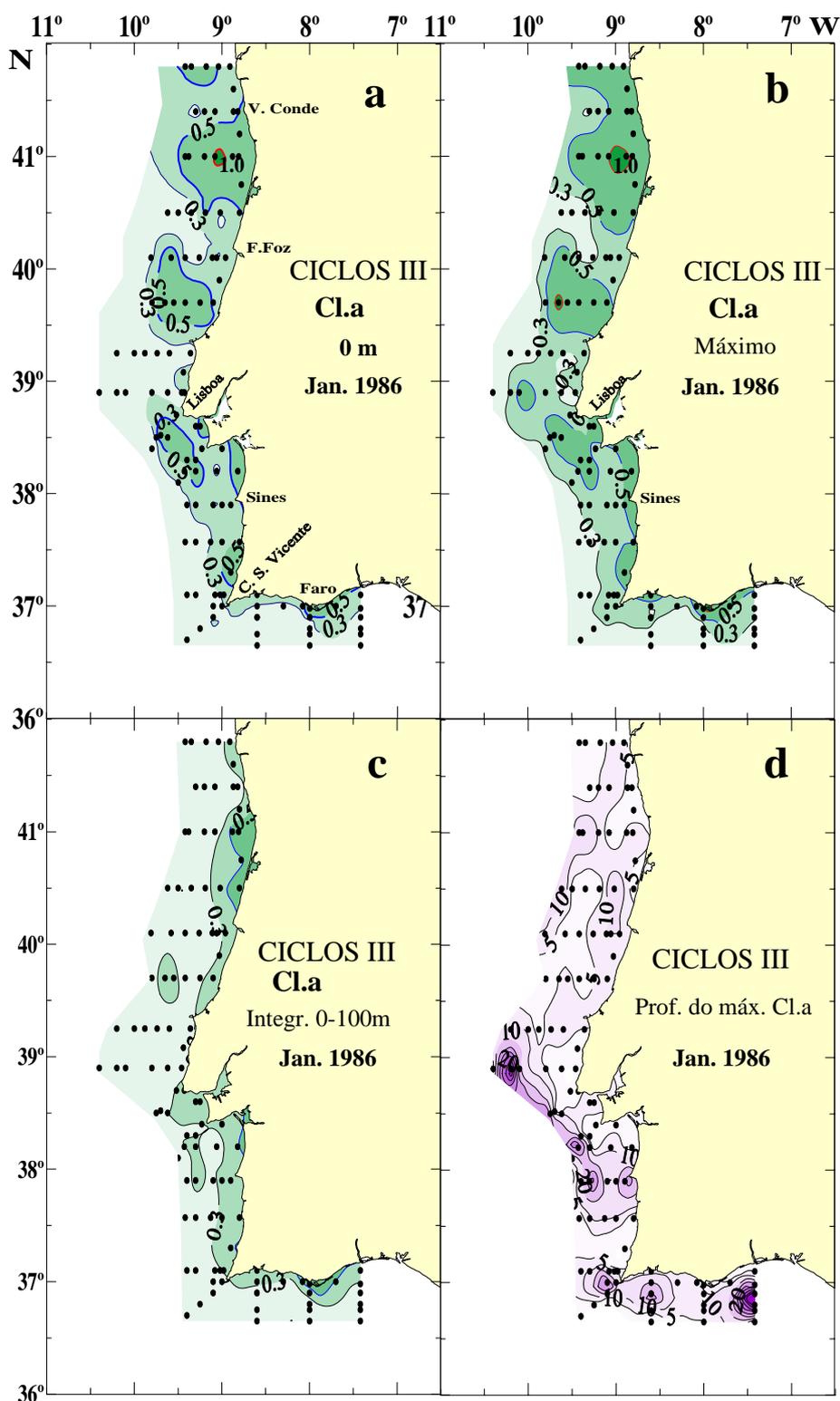


Figura 28. Distribuição espacial da biomassa de fitoplâncton (clorofila *a*, mg.m⁻³) à superfície do mar (a), da sua concentração máxima na coluna de água (b), da sua média (mg.m⁻³) integrada nos primeiros 100 m da coluna de água (c), e da profundidade (m) a que foram observados os máximos (d), durante o cruzeiro CICLOS III, Janeiro/Fevereiro de 1986.

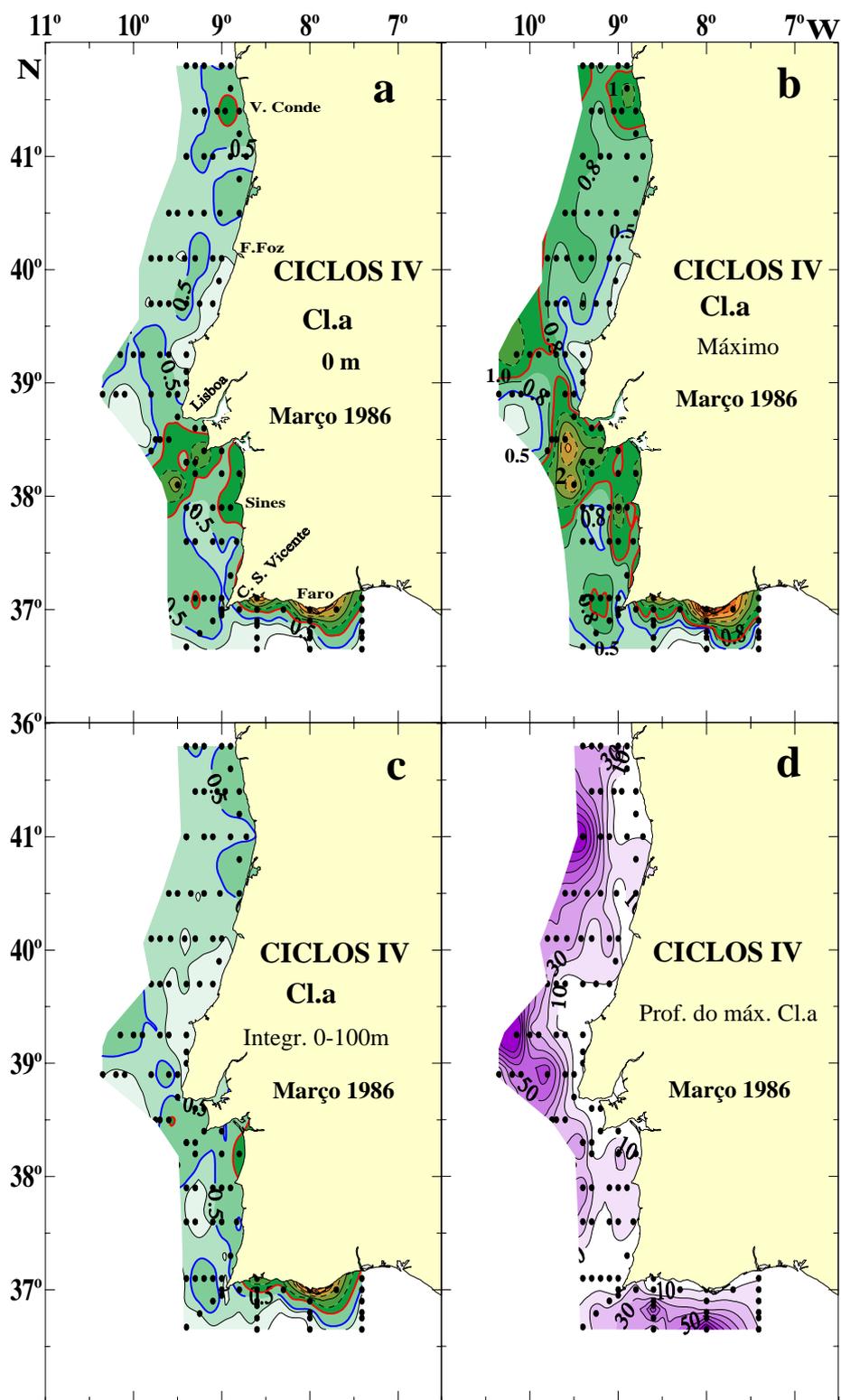


Figura 29. Distribuição espacial da biomassa de fitoplâncton (clorofila *a*, mg.m⁻³) à superfície do mar (**a**), da sua concentração máxima na coluna de água (**b**), da sua média (mg.m⁻³) integrada nos primeiros 100 m da coluna de água (**c**), e da profundidade (m) a que foram observados os máximos (**d**), durante o cruzeiro CICLOS IV, Março/Abril de 1986.

respectivamente, na parte externa e média da plataforma, os máximos são observados junto à costa, observando-se valores superiores a 1 mg m^{-3} , até meio da plataforma. As águas oceânicas apresentam, à superfície, concentrações muito baixas (inferiores a 0.1 mg m^{-3}). Durante este período do ano, as concentrações máximas de clorofila a encontram-se acima dos 10 m na região costeira, afundando progressivamente para o largo, em estreita associação com o topo da picnoclina (Fig.16a). Em várias secções foi verificada, entre os 30 e 50 m de profundidade, a existência de um segundo máximo no extremo da plataforma ou mesmo sobre a vertente (Fig. 19u). Abaixo dos 75-100 m de profundidade, a concentração de clorofila a é inferior a 0.1 mg m^{-3} .

Durante o Outono, tal como no Verão, os teores de clorofila a são máximos na zona costeira. No entanto, estes não ultrapassaram os 2 mg m^{-3} (Figs. 27a-b) e localizaram-se a norte de Aveiro, no cabo Carvoeiro e no cabo de S. Vicente, a menores profundidades (normalmente à superfície) do que as registadas durante o Verão. Por sua vez, as águas oceânicas já apresentam nesta época concentrações superiores a 0.1 mg m^{-3} à superfície, que se estendem abaixo dos 75 m a norte do canhão da Nazaré, ou abaixo dos 100 m na costa sul.

Durante o Inverno, a distribuição da clorofila a é mais irregular ao longo da costa e os valores máximos são, neste período do ano, os mais baixos (Figs. 28a-b). Para norte do cabo da Roca, as maiores concentrações (superiores a 0.5 mg m^{-3}) observam-se normalmente à superfície e a meio ou no bordo da plataforma, registando-se pontualmente valores superiores a 1 mg m^{-3} . Nas costas sudoeste e sul, os máximos permanecem junto à costa. Para norte do canhão da Nazaré, as concentrações mais baixas (até 0.1 mg m^{-3}) estendem-se até aos 50m de profundidade na parte interna da plataforma e até aos 100m na zona mais oceânica, enquanto para sul daquele canhão são notadas abaixo dos 150 m (Fig. 22q).

A Primavera foi o segundo período do ano com maiores concentrações de clorofila a, superiores na costa sudoeste e sul, atingindo 6.3 mg m^{-3} na região de Faro e 4.2 mg m^{-3} a sul de Lisboa (Figs. 29a-b). Contrariamente ao Verão, a maior concentração de pigmentos é observada na região média ou externa da plataforma, onde as águas oceânicas da costa ocidental mostram as maiores concentrações do período de estudo. Sobre a plataforma, os máximos são observados normalmente à superfície, quando na parte exterior da plataforma se encontram entre os 30 e 75 m. Concentrações superiores a 1 mg m^{-3} foram registadas ao largo de Peniche, aos 125 m de profundidade (Fig. 30h).

Os valores máximos de clorofila a observados no período em estudo foram inferiores aos encontrados em outras áreas de afloramento, nomeadamente 5-50 mg m⁻³ nos sistemas de afloramento do Oregon (Peterson *et al.*, 1979; Small & Menzies, 1981) e NW de Africa (Neveux, 1973; Estrada, 1974) e mais de 40 mg m⁻³ nos sistemas do Peru (Blasco, 1971) e Benguela (Andrews, 1974). No entanto, concentrações de clorofila a muito superiores aos deste trabalho foram por nós já encontradas na costa portuguesa, associadas a períodos de relaxamento do afloramento de Verão: cerca de 21 mg m⁻³, em Agosto de 1987, na latitude 41°05'N (cruzeiro CECIRXIII, referido nos capítulos 3.2 e 4.4), 95 mg m⁻³ durante um *bloom* de *Scrippsiella trochoidea* ocorrido entre a Nazaré e a F. Foz, em 1982 (Cunha *et al.*, 1984), e mais de 160 mg m⁻³ durante um *bloom* de *Mesodinium rubrum* ocorrido na baía de Cascais, em Junho de 1981 (Cabeçadas *et al.*, 1983).

Relação da biomassa fitoplanctónica com a variação das condições oceanográficas

Condições de Verão

As condições gerais de afloramento fraco/moderado observadas durante o Verão são identificadas à superfície em toda a costa ocidental, através da distribuição das isotérmicas que se apresentam paralelas à batimetria da costa e com um forte gradiente térmico costal-largo, com as menores temperaturas localizadas junto à costa (Fig. 6a). As águas afloradas na costa sudoeste, que contornam para leste o cabo de S. Vicente e se estendem ao longo da vertente do barlavento da costa algarvia, mostram uma distribuição de acordo com o padrão descrito por Fiúza (1983). A distribuição da biomassa fitoplanctónica, que segue a distribuição do campo de temperatura tal como observado em imagens de satélite por Sousa & Bricaud (1992), apresenta os valores mais elevados nas águas de afloramento mais frias e ricas em nutrientes. Na coluna de água, as maiores concentrações de clorofila a encontram-se geralmente à superfície e junto à costa, estendendo-se subsuperficialmente em forma de língua para o largo, ao longo do topo da picnoclina e nutriclina. No barlavento da costa do Algarve, o máximo de fitoplâncton é observado sobre a vertente (Fig. 23u) e estará relacionado com a pluma de afloramento que contorna o cabo de S.Vicente. Na secção 5 (F.Foz), a cerca de 45 km da costa, observa-se a separação de dois máximos de clorofila a, na mesma área onde as isolinhas das distribuições da densidade e nutrientes parece registarem um afundamento (Figs. 19a, 19e, 19i, 19m, 19u). Esta área parece reflectir a presença de uma zona de convergência relacionada com a circulação transversal decorrente do desenvolvimento do afloramento. A diminuição do fitoplâncton

nessa área afigura-se devida, não só ao seu afundamento na coluna de água, mas também, à forte pressão de herbivoria possivelmente exercida pelo zooplâncton ali presente em grande concentração (Cunha, 1993).

As águas superficiais para além do meio da plataforma apresentam-se, em especial a norte de Lisboa, pobres em fitoplâncton, o que parece depender principalmente da escassez de nutrientes à superfície. A biomassa de fitoplâncton é também muito reduzida abaixo dos 100 m de profundidade.

A maior intensidade das condições de afloramento na costa sudoeste pode identificar-se quer através do afastamento para o largo da frente de afloramento (área de maior gradiente térmico), quer através da inclinação das isopícnicas, que na parte interna da plataforma, atingem a superfície (Figs. 15a, 21a e 22a). Em consequência, as estações costeiras apresentam-se menos estratificadas e existe uma maior disponibilidade de nutrientes à superfície, tal como se observa, por exemplo nas distribuições de nitratos (Figs. 21d e 22d). A maior estratificação da coluna de água observada nas secções a norte do cabo da Roca (Figs. 15a, 18a e 19a), em particular nas estações mais costeiras, poderá resultar não só da menor intensidade do afloramento observado nessa região mas também, e de acordo com Fiúza (1983), das características batimétricas da plataforma que, sendo mais extensa e plana na costa norte, estará mais sujeita às influências térmicas da atmosfera. As consequências da maior intensidade do afloramento na costa sudoeste reflectiram-se na biomassa fitoplanctónica, através de um maior afastamento para o largo dos máximos de fitoplâncton, relativamente à costa noroeste (Fig. 26b). A composição das comunidades de fitoplâncton nas duas regiões também se apresentou diferente (ver capítulo seguinte). Para as maiores biomassas fitoplanctónicas observadas na costa noroeste contribuíram a presença simultânea de diatomáceas, indicadoras de afloramento, e de dinoflagelados, característicos de águas mais estratificadas embora possam ocorrer em locais de afloramento moderado (Margalef, 1978b). No cabo de S. Vicente as maiores biomassas foram consequência da abundância conjunta de diatomáceas e cocolitóforos.

A diferente intensidade dos eventos de afloramento ocorridos durante o cruzeiro de Verão parece justificar também algumas distribuições observadas. Por exemplo, as maiores biomassas de fitoplâncton observadas na região de Lisboa, na zona média da plataforma, são decerto devidas à maior intensidade de um evento de afloramento, que arrastou para o largo as águas de superfície (Fig. 4, Verão, dia 238). Por outro lado, as três primeiras secções da costa noroeste, amostradas após o relaxamento de um episódio de

afloramento notado antes do início do cruzeiro CICLOS I, mostram a presença de águas mais frias e menos salinas junto à costa, ricas em clorofila *a*, (Figs. 6a e 6b). Como as estações costeiras se encontram estratificadas e com um elevado número de dinoflagelados e diatomáceas presentes, aquelas águas parece resultarem, não de um episódio de afloramento activo, mas sim de eventos de afloramento anteriores, ou mesmo de um transporte de águas presentes a norte desta região (Figs. 18a, 18e, 18i, 18m e 18u). Margalef *et al.* (1955) e Durán *et al.* (1956) associaram situações de elevada biomassa de fitoplâncton na ria de Vigo à presença de comunidades conjuntas de diatomáceas e dinoflagelados após os episódios de afloramento, e Estrada (1984) relacionou comunidades idênticas com águas de menor salinidade que se estendem para o largo a partir da embocadura das Rias Galegas. Muito provavelmente, a influência destas águas foi observada à superfície, nas três primeiras secções da região norte.

Condições de Outono

A diminuição do gradiente térmico costa-largo, o aumento da profundidade da camada de mistura e a diminuição das condições de estratificação da coluna de água superficial, relativamente ao cruzeiro de Verão, caracterizam este período de amostragem como de transição entre as condições de Verão e Inverno (Figs. 6a, 8a, 10a, 15a-c e 16a-c). Tal como no Verão, e com excepção do extremo norte da costa portuguesa onde as águas mais frias se estendem para o largo, as isotérmicas de superfície ainda se apresentam paralelas à batimetria, indicando os efeitos do afloramento. Do mesmo modo, durante o Outono, as concentrações de clorofila *a* acompanham a distribuição da temperatura de superfície e os valores máximos localizam-se junto à costa (Fig. 27b). No entanto, durante esta época, as concentrações da biomassa de fitoplâncton decrescem para cerca de um quarto das observadas no Verão, enquanto as águas oceânicas apresentam um ligeiro aumento, relacionado provavelmente com os maiores teores de nitratos e silicatos na camada de mistura (Figs. 17b, 17f, 26a e 27a). Na costa noroeste, os máximos de fitoplâncton foram observados à superfície.

Na costa sul as maiores concentrações de clorofila *a* foram notadas na zona do cabo de S. Vicente. Embora não se possa evidenciar que sejam consequência de episódios de afloramento ocorridos anteriormente ao cruzeiro (a secção só foi parcialmente amostrada e, como tal, não se dispõe da distribuição dos parâmetros físicos e químicos),

esse facto é sugerido pela composição específica do fitoplâncton nessa área, que se apresentou rico em diatomáceas indicadoras de afloramento (capítulo 2.2).

As maiores biomassas de fitoplâncton, observadas na área mais a norte da costa portuguesa durante o cruzeiro de Outono, foram devidas principalmente à ocorrência massiva dos dinoflagelados *Alexandrium affine* (não tóxico) e *Gymnodinium catenatum* (tóxico) (Moita, 1993, capítulo 4.1 desta tese), cujos *blooms* têm sido associados na Península Ibérica à alteração de condições de afloramento para condições de convergência costeira (Fraga *et al.*, 1988) e a uma acumulação no lado costeiro da frente de convergência (Figueiras *et al.*, 1998). O transporte de *G. catenatum* de sul para norte (presente na região de Lisboa, no cruzeiro de Verão) tem sido relacionado com uma corrente superficial para norte (Moita, 1993; Estrada, 1995; Fraga, 1996) caracterizada por águas de maior salinidade, corrente que se parece estabelecer na costa ocidental a partir do final da época de afloramento (Frouin *et al.*, 1990; Haynes & Barton, 1990). Nas Figs. 14a e 14b observa-se que as águas com salinidades superiores a 35.9, presentes a sul de Lisboa no Verão, ocorrem na época de Outono a norte da região do Porto.

Condições de Inverno

Com excepção da área adjacente ao estuário do Tejo e da costa noroeste, em particular da região a norte de Aveiro, onde se verificam condições de estratificação halina até aos 30 m de profundidade nas estações mais costeiras, toda a costa é caracterizada por uma mistura da coluna de água (Figs. 11b-d, 15c e 16c). As descargas dos rios parece serem a causa mais provável das condições de estratificação observadas e do aumento significativo das concentrações de silicatos, cujos máximos de superfície estão associados às águas de menor salinidade (Figs. 17g e 18k). As concentrações máximas da biomassa fitoplanctónica, apesar de baixas neste período do ano, estarão relacionadas com a presença daquelas águas a norte do cabo Carvoeiro (comparar a norte da secção s5, as Figs. 11a e 28b).

As condições de vento ao longo da costa ocidental, caracterizadas por episódios curtos de cerca de 4 dias de nortadas com intensidades equivalentes às observadas no Verão (Fig.4), não foram suficientemente persistentes para romper, à superfície, a estratificação halina na costa noroeste. No entanto, na costa sudoeste poderão ter intensificado o processo de mistura da coluna de água. A banda de águas mais frias (inferiores a 14°C) que se observa junto à costa, a norte de Lisboa, parece ser, de acordo com Fiúza (1984), uma característica do Inverno e uma consequência das perdas de calor

do oceano para a atmosfera (Fig. 10a, b, c). Nas costas sudoeste e sul, as águas com temperatura inferior a 14 °C parece resultarem do efeito de afloramento, dada a inclinação das isotérmicas e isopícnicas em relação à costa. Nestas áreas, os máximos de clorofila a foram observados junto à costa. Nas águas oceânicas, e como resultado da mistura da coluna de água, observa-se, em toda a costa um aumento das concentrações de nutrientes à superfície acompanhado, também à superfície, por um ligeiro aumento das concentrações da biomassa fitoplanctónica (Figs. 17c, 17g, 17k, e 28a). Possivelmente em resultado da mistura vertical da coluna de água, as concentrações de fitoplâncton superiores a 0.1mg.⁻³ estenderam-se a profundidades por vezes superiores a 150 m (Figs. 21k e 22k). No entanto, tal como no Outono, os máximos foram encontrados à superfície.

Condições de Primavera

O período de Primavera caracterizou-se por condições de vento favoráveis ao afloramento e que se apresentaram particularmente intensas na costa noroeste. Apesar das condições de estratificação térmica serem ainda reduzidas neste período do ano, a inclinação ascendente das isopícnicas em direcção à costa ou mesmo vertical nas estações mais costeiras (padrão que é acompanhado pela distribuição de nutrientes, em especial dos nitratos) mostra que os nutrientes foram principalmente introduzidos à superfície por efeito do afloramento (Figs. 17d, 17h e 17l). A ascensão das águas mais profundas, ricas em nutrientes, parece indicada pelo facto de teores semelhantes de nutrientes, neste período do ano, serem observados a menores profundidades do que no Inverno (comparar por exemplo as Figs. 18g com 18h ou a 21e com 21f). No extremo norte da costa noroeste pode ainda associar-se a maior abundância de fitoplâncton e silicatos, à superfície, com as águas de menor salinidade provenientes das descargas dos rios (Figs. 13a, 17h, 29a-b).

As águas afloradas junto à costa mostraram-se sempre mais pobres em oxigénio (Fig. 24a). Os valores máximos de oxigénio presentes na zona média ou externa da plataforma corresponderam às maiores concentrações de clorofila a, em consequência da maior produção fitoplanctónica. Visto que, nalgumas secções, os mínimos de nutrientes coincidem com os máximos de clorofila a, o crescimento fitoplanctónico, neste período do ano, parece ter já sido responsável pelo consumo de parte dos nutrientes presentes, durante o Inverno, nas águas de superfície (ver por exemplo, Figs. 19h, 19l, 19p e 19z e 22f, 22i, 22l, 22r).

Smetacek & Passow (1990) reexaminaram o modelo da profundidade crítica de Sverdrup (1953), sugerindo que a existência de uma camada de mistura bem definida não é condição necessária para que se desenvolva um “*bloom*” fitoplanctónico de Primavera. Deverá existir, sim, mesmo numa coluna bem misturada, um certo grau de estabilidade nos primeiros metros da coluna de água. Os *blooms* serão induzidos por processos que ocorrem muito próximo da superfície e acelerados pela ocorrência de dias calmos e quentes em pleno Inverno ou Primavera, ou pela existência de alguma estratificação halina. Os nossos resultados mostram que, nas costas sudoeste e sul, o aumento da estratificação nos primeiros 100 m da coluna de água, do Inverno para a Primavera, foi muito pequeno e só por si não pareceria justificar o desenvolvimento dos *blooms*, apesar da zona eufótica se apresentar mais profunda que no Inverno (devido a uma maior intensidade da radiação solar) (Figs. 10e, 12e, 14c-d). Contudo, na Fig. 2, evidencia-se que, entre 3 e 9 de Março, ocorreu um aumento repentino da intensidade de radiação solar, 10 dias antes do início da nossa amostragem. É provável que este incremento tenha provocado, à superfície do oceano, a estratificação térmica necessária à indução dos *blooms*. O intervalo de tempo decorrente entre o aumento da radiação e a nossa amostragem permitiria o seu desenvolvimento. Na costa noroeste, as condições de estratificação halina parecem favorecer sempre a formação dos *blooms*, tal como é observado no Golfo da Biscaia (Varela, 1996). O desenvolvimento do fitoplâncton neste período do ano poderá também ter sido influenciado pelas condições de afloramento ocorridas.

Os máximos de clorofila a, por acção de uma maior intensidade do afloramento, estenderam-se para distâncias à costa muito superiores aos outros períodos do ano, podendo mesmo admitir-se que, nalgumas áreas, tenham ultrapassado a área amostrada. Nas regiões do Porto e Peniche, os máximos de fitoplâncton podem observar-se nas estações mais oceânicas, abaixo dos 100 m de profundidade (Figs. 25l e 30h). Nestas duas áreas, bem como na secção do cabo de S. Vicente, parece também existir o afundamento das isotérmicas que é acompanhado por uma diminuição, relativamente às zonas contíguas, da abundância vertical de nitratos. Este padrão parece ocorrer nas mesmas áreas durante o cruzeiro de Verão. Apesar de não existir o registo de outros dados, nomeadamente de correntes, poderá admitir-se que aquelas zonas corresponderão a áreas de convergência em que o fitoplâncton poderá ser acumulado e/ou transportado para maiores profundidades, por afundamento das águas de superfície na convergência de célula(s) de circulação, tal como acontece noutras áreas de afloramento, como por exemplo na costa de Oregon (Small

& Menzies, 1981). A amostragem não foi estendida suficientemente para o largo a fim de se poder verificar a associação desta área de convergência com a circulação para norte que ocorre ao longo da vertente e é característica desta época do ano (Frouin *et al.*, 1990).

Localização dos máximos de clorofila relativamente à frente de afloramento.

Apresenta-se na Fig. 30a-h um exemplo das condições oceanográficas e da abundância de fitoplâncton na secção 7 (Peniche). Durante o Verão, os máximos de clorofila distribuíram-se ao longo da picnoclina ou, quando esta atingiu a superfície, no lado costeiro da frente de afloramento. Na Primavera, a frente de afloramento ainda é pouco marcada no campo da temperatura. As águas afloradas podem ser, neste caso, identificadas pela distribuição dos nitratos nos primeiros 100 m, verificando-se que os máximos fitoplanctónicos foram detectados ao longo da nitraclina e no seu lado oceânico.

Vários processos biológicos e físicos podem contribuir, num determinado momento, para os padrões de distribuição do fitoplâncton numa área de afloramento (Margalef, 1978b; Smetacek, 1985; Estrada & Blasco, 1985; Jones *et al.*, 1988; Franks, 1992). Apesar de, neste trabalho, processos como o crescimento, afundamento do fitoplâncton ou a sua predação por herbívoros não terem sido estudados, os padrões de distribuição obtidos no Verão e na Primavera poder-se-ão explicar pela importância da estabilidade da água e da disponibilidade de nutrientes na resposta do fitoplâncton à acção do afloramento.

Durante o Verão, as condições de estratificação foram maiores e o afloramento foi menos intenso, apesar de mais persistente. As águas afloradas junto à costa deverão ter provocado condições inferiores de turbulência, relativamente à Primavera, e o fitoplâncton teve, em consequência, a capacidade de se manter e crescer na parte interna da frente, tendo como fontes de nutrientes os eventos sucessivos de afloramento. O baixo grau de mistura vertical observado nas estações costeiras, parece ser indicado pela presença em quantidades reduzidas da diatomácea *Paralia sulcata* (capítulo 2.2 e 3.1 desta tese). Esta diatomácea tem uma elevada taxa de sedimentação, devido às suas frústulas serem bastante silicificadas e robustas, e a sua abundância na coluna de água depende do grau de resuspensão, facto já observado noutras áreas de afloramento (Blasco *et al.*, 1981). No lado oceânico da frente, o fitoplâncton não se pôde desenvolver dada a limitação de nutrientes.

Na Primavera, a forte mistura da coluna de água nas estações costeiras foi confirmada quer pelas elevadas quantidades de sedimentos nas amostras, quer pela presença de *P. sulcata* (por vezes com concentrações superiores a 3000 células.l⁻¹). As

populações de fitoplâncton que ocorrem em águas afloradas com forte turbulência, sofrem elevadas perdas por dispersão, sendo o tempo de residência das células insuficiente para que haja crescimento das populações e possa ocorrer uma sucessão (Smayda, 1980; Estrada & Blasco, 1985). Em conformidade, junto à costa, as águas afloradas apresentaram-se muito pobres em diversidade e abundância do fitoplâncton. Nas áreas média e externa da plataforma, o crescimento do fitoplâncton terá sido favorecido pelo aumento das condições de estratificação e pela disponibilidade de nutrientes, devido, em particular, ao processo de mistura durante o Inverno e às descargas dos rios.

Na Primavera, é interessante comparar a distribuição e composição específica dos dois máximos de clorofila *a* que se observaram na parte média e externa da plataforma da secção s7 (Fig. 30h). Cada máximo parece corresponder a uma fase diferente do crescimento da mesma comunidade, dado que as populações fitoplanctónicas presentes não foram muito diferentes. Ambos os máximos continham pequenas diatomáceas cêntricas dos géneros *Chaetoceros* e *Thalassiosira*, que dominam áreas de afloramento (Estrada & Blasco, 1985). Distinguiram-se principalmente pela ocorrência, no máximo mais oceânico, de um *bloom* de *Detonula pumila* (média na coluna de água > 7000 cél. l⁻¹) e por um maior número de espécies de dinoflagelados e coccolitóforos, enquanto o máximo associado à parte média da plataforma, valores de $\sigma_t < 26.8$, apresentou baixa diversidade de espécies e concentrações menores de *D. pumila* (400 cél. l⁻¹). Este máximo continha também *P. sulcata*, presente nas estações costeiras mas ausente do máximo mais oceânico, mostrando a influência das águas afloradas. Segundo Brink *et al.* (1995), quando não existe uma frente de afloramento bem marcada (o caso do nosso exemplo de Primavera), espera observar-se um transporte mais para o largo das águas afloradas, e os máximos da biomassa fitoplanctónica ocorrerão a uma distância da costa correspondente ao tempo de formação do *bloom* (cerca de oito dias), o que parece estar de acordo com o desenvolvimento de *D. pumila* ao longo da secção. A existência de uma frente bem definida, como se observou no Verão, tenderá, pelo contrário, a delimitar o transporte dos máximos de fitoplâncton para o largo, forçando-os a surgir tão longe quanto a própria frente. De acordo com Margalef (1978b), as comunidades de fitoplâncton de uma área de afloramento ordenam-se sequencialmente ao longo de um gradiente de dissipação da turbulência e de disponibilidade de nutrientes, o que se supõe também ter acontecido ao longo da secção 7 com a sequência das comunidades observadas. Muito embora os *blooms* de fitoplâncton observados na Primavera possam ter sido induzidos pelo aumento da

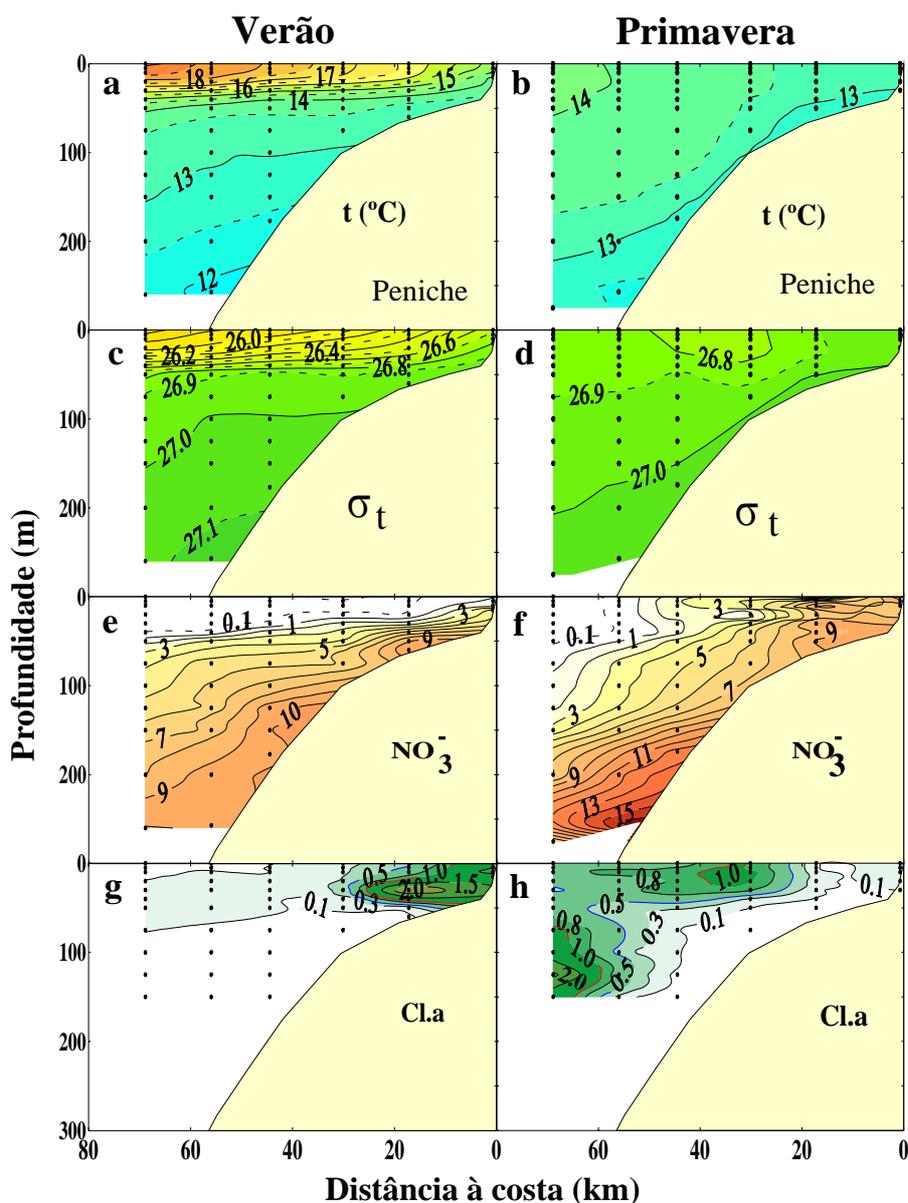


Figura 30. Distribuição vertical na secção 7, frente a Peniche, da temperatura (°C) (a-b), densidade da água do mar (c-d), nitratos (μM) (e-f) e clorofila a (mg·m⁻³) (g-h), durante os cruzeiros CICLOS I e IV, respectivamente em Agosto 1985 e Março de 1986.

radiação solar, o seu desenvolvimento não pode ser dissociado das condições de afloramento observadas.

Ao longo da costa ocidental, a área adjacente ao estuário do Tejo (s9) foi a única região em que os máximos de fitoplâncton se observaram sobre o bordo da plataforma, em todas as épocas do ano (Figs. 20p-r). Durante o Verão, o máximo de clorofila parece relacionado com a ascensão de águas que se identifica, a meio da secção, nas distribuições de temperatura, densidade e nutrientes (Figs. 6d, 20a, 20d, 20g, 20j). Este padrão de

distribuição poderá corresponder ao fitoplâncton associado a uma pluma de afloramento formada provavelmente a norte do cabo da Roca e que se estendeu para sul. Durante o Inverno e a Primavera, os máximos de fitoplâncton presentes na mesma área estarão certamente mais relacionados com a formação de uma frente salina resultante da confluência das águas do estuário com as águas oceânicas (Figs. 11a e 13a.).

Comparação da distribuição da biomassa de fitoplâncton na coluna de água com os estudos anteriores baseados em imagens de satélite.

Os estudos com base em imagens sinópticas CZCS obtidas pelo satélite Nimbus 7, na área Atlântica da Península Ibérica, revelaram que este sistema de afloramento apresenta uma grande variabilidade espacial, sazonal e interanual (Sousa e Bricaud, 1992; Peliz, 1994; Peliz & Fiúza, 1999). Apesar deste facto, e sabendo que as nossas observações apenas representam quatro situações estudadas no período de um ano e numa área mais limitada à costa do que a coberta pelas imagens de satélite, tentou verificar-se em que aspectos ou épocas ambos os resultados poderão ou não concordar.

A distribuição espacial e a abundância da biomassa de fitoplâncton obtidas durante o cruzeiro CICLOS I confirmam, para o período de Verão, os resultados anteriores baseados em imagens de satélite, de acordo com as seguintes características: o fitoplâncton forma uma banda de altas concentrações junto à costa, em estreita relação com as águas afloradas, e as águas oceânicas apresentam-se bastante oligotróficas, com concentrações de clorofila *a* à superfície inferiores a 0.1 mg m^{-3} (Fig. 26). Contrariamente ao observado por satélite, quer à superfície quer considerando a distribuição dos máximos em profundidade, esta banda costeira separa-se da zona oceânica por um forte gradiente na região média da plataforma da costa noroeste ou na área da vertente na costa sudoeste. Nas nossas distribuições não se observam, a norte de Lisboa, estruturas de mesoscala ricas em fitoplâncton, tais como plumas ou filamentos. Esta ausência resulta de que a amostragem *in situ* não terá tido a resolução espacial necessária à sua identificação, tal como observado para as imagens de temperatura (Fig. 5), mas pode revelar também as condições fracas de intensidade do afloramento ocorridas na costa noroeste. Na costa sudoeste, e de acordo com as imagens de satélite, os máximos são identificados junto aos cabos de Sines e S. Vicente. Neste último, nota-se a pluma recorrente nesta área e que contorna o cabo, desenvolvendo-se depois paralelamente à costa sul (Sousa & Bricaud, 1992).

Relativamente à época de Outono, as nossas observações mostram existir também uma transição entre as condições de Verão e Inverno (Fig. 27): as águas oceânicas aumentam o seu conteúdo em fitoplâncton; os máximos são observados junto à costa mas as concentrações decrescem para um quarto das do Verão.

Segundo Peliz (1994) e Peliz & Fiúza (1999), a costa Atlântica da Península Ibérica caracteriza-se, durante o período de Inverno, pela ocorrência de máximos de pigmentos com uma banda de concentrações muito altas ao longo da plataforma continental. Ao tentarem explicar estas observações, os autores sugerem que estas elevadas concentrações não estarão apenas relacionadas com a presença de matéria em suspensão associada às descargas dos rios, mas também a condições de estratificação halina e outros factores locais que favorecem o desenvolvimento do fitoplâncton e ainda, ao transporte ao longo da costa que distribui o fitoplâncton desenvolvido nas áreas junto aos rios. No Inverno, os nossos resultados opõem-se aos derivados das imagens de satélite, já que foi no cruzeiro de Inverno que se obtiveram os menores máximos sobre a plataforma, os quais se distribuíram de forma irregular (Fig.28). Também, na costa noroeste da península, o estudo de séries temporais da biomassa fitoplanctónica obtida na coluna de água, na ria de Vigo e plataforma adjacente, entre 1987 e 1993, mostram a existência de mínimos durante o Inverno e máximos na Primavera a ocorrer em Maio (Nogueira *et al.*, 1997).

Durante o cruzeiro CICLOS IV (Março/Abril) os nossos resultados evidenciam, ao contrário do Inverno, o desenvolvimento do *bloom* de Primavera, que atingiu concentrações máximas a sul de Lisboa semelhantes às de Verão ($> 6 \text{ mg.m}^{-3}$), distribuídas, na área, de forma heterogénea. Em consequência da forte intensidade do afloramento que parece ter ocorrido na costa noroeste durante o cruzeiro de Primavera, os *blooms* foram afastados para distâncias à costa que porventura ultrapassaram as da amostragem, podendo admitir-se terem aí concentrações superiores. Tal como se mostrou na região de Peniche (Fig. 30), os máximos aparentemente afundam na região da vertente, numa área de convergência. Se esta área tiver alguma relação com a circulação para norte que se estabelece nesta época na região da vertente (Frouin *et al.*, 1990), o afundamento do fitoplâncton justificaria as descontinuidades das concentrações de fitopigmentos observadas na região da vertente nas imagens de satélite, durante o Inverno. A corrente da vertente, que pode dobrar o cabo Finisterra e originar intrusões salinas no mar Cantábrico ocidental e central, produz, pelo menos naquela área, uma frente de convergência onde se podem acumular os “blooms de Primavera” desenvolvidos à custa das condições de

estratificação halina (Fernandez *et al.*, 1991, 1993; Varela, 1996). Se o mesmo acontecer na costa ocidental portuguesa, os máximos de clorofila a encontrados por Peliz e Fiúza (1999) no período de Inverno (de acordo com o calendário, entre Janeiro e Março), poderão simplesmente revelar a presença dos “*blooms* fitoplanctónicos de Primavera”. Dados recentes obtidos para a costa sudoeste de Portugal mostram a ocorrência destes *blooms* em Fevereiro (Mendes, 1997). No entanto, os nossos resultados apontam também, durante o cruzeiro de Primavera, a forte concentração de matéria em suspensão em toda a plataforma noroeste, a qual poderá afectar fortemente o cálculo das concentrações de pigmentos na análise das imagens de satélite, tal como foi sugerido pelos autores.

Os resultados, com base em imagens de satélite, revelaram uma diminuição das concentrações de fitoplâncton de norte para sul possivelmente relacionada com uma maior quantidade de nutrientes disponíveis nas águas superficiais afloradas a norte. Idênticas conclusões foram sugeridas por Abrantes (1988) com base no tamanho, abundância e dominância de diatomáceas presentes em sedimentos da região costeira de Portugal, a norte e a sul do canhão da Nazaré. Os nossos resultados não pareceram mostrar diferenças relevantes entre as concentrações de clorofila a a norte ou a sul de Lisboa. Mesmo durante a Primavera, quando os máximos de fitoplâncton foram mais elevados na costa sudoeste, considerou-se a possibilidade de os *blooms* terem sido, no norte, transportados para fora da área amostrada. Apenas a norte de Aveiro, a recorrência, nos quatro períodos de estudo, de máximos de fitoplâncton poderá indicar a influência dos nutrientes, originados por regeneração ou introduzidos pelas águas dos principais rios, na abundância do fitoplâncton. Em contraste, no centro de afloramento do cabo de S. Vicente, se por um lado se atingiram concentrações de clorofila a semelhantes às observadas a norte de Aveiro, por outro, estas só foram observadas no Verão e Outono.

CONCLUSÕES

A amostragem multidisciplinar nos cruzeiros CICLOS I (final do Verão), II (Outono), III (Inverno) e IV (início da Primavera) permitiu a análise e processamento de cerca de 4000 dados de cada parâmetro, por forma a descrever e relacionar a variabilidade de mesoscala e vertical da biomassa de fitoplâncton, durante as quatro estações do ano, com as condições oceanográficas físicas e químicas prevalecentes.

O ciclo de estratificação anual da coluna de água, em parte resultante do ciclo de radiação solar e da descarga dos principais rios, foi caracterizado por máximos de

estratificação no Verão e mínimos no Inverno. A estratificação mostrou-se de enorme importância visto que afectou a estabilidade e a disponibilidade de nutrientes na coluna de água e, conseqüentemente, as distribuições verticais do fitoplâncton. A estratificação na costa noroeste foi superior à das costas sudoeste e sul. Durante o Verão, essa estratificação terá, em parte, resultado de um maior aquecimento das águas da plataforma, a qual, sendo mais larga e com um declive menos acentuado no norte, sofre uma maior influência da atmosfera. Durante o Inverno e Primavera, a estratificação deve-se à maior descarga dos rios existentes naquela região.

No Verão, as águas oceânicas de superfície são pobres em nutrientes e fitoplâncton, e os máximos de clorofila *a*, presentes junto à costa, estendem-se subsuperficialmente para o largo, entre os 10 e os 50 m de profundidade, ao longo da pycnoclina e nutriclina. As biomassas fitoplanctónicas superiores a 0.1 mg m^{-3} não ultrapassaram a profundidades de 100 m. No Inverno, a mistura da camada superficial evita, nas águas oceânicas, a limitação de nutrientes à superfície, nível onde se encontram os máximos de fitoplâncton (só localmente superiores a 1 mg m^{-3}). Em concordância com a mistura da coluna de água nesta época, as concentrações superiores a 0.1 mg m^{-3} ultrapassam a profundidade de 150 m. O Outono revelou-se uma estação intermédia, entre as condições de Verão e Inverno, com máximos localizados à superfície e mínimos a maiores profundidades do que no Verão. O *bloom* do início da Primavera revelou biomassas equivalentes às do Verão, e os máximos distribuem-se subsuperficialmente para o largo, entre os 5 e os 50 m. As concentrações de clorofila *a* superiores a 0.1 mg m^{-3} podem estender-se abaixo dos 150 m, tal como no Inverno. Nalgumas zonas da plataforma onde terá ocorrido convergência, os máximos de fitoplâncton observam-se sobre o bordo da plataforma, aos 125 m de profundidade.

As condições de intensidade e persistência do afloramento alteraram as condições de estratificação, especialmente na parte interna da plataforma, e foram também responsáveis pelos padrões de distribuição dos máximos fitoplanctónicos, já que a sua maior ou menor distância à costa (durante o Verão e a Primavera) esteve de acordo com uma expansão ou contracção de todo o sistema dependente da intensidade das condições de vento nas costas noroeste ou sudoeste. Durante o cruzeiro de Verão, caracterizado por um afloramento fraco/moderado mas persistente, o fitoplâncton formou uma banda costeira de altas concentrações, separada das águas oceânicas oligotróficas por um forte gradiente costa-largo. A maior intensidade do afloramento na costa sudoeste reflectiu-se num maior

afastamento da costa dos máximos de fitoplâncton. Durante o cruzeiro de Outono, sob condições de convergência costeira, o fitoplâncton ainda reflectiu a distribuição de acordo com a temperatura. As condições de afloramento durante o Inverno, caracterizadas por períodos curtos de nortadas fortes, terão intensificado a mistura vertical da coluna de água, mas não parecem ter sido responsáveis por qualquer padrão particular de distribuição do fitoplâncton, visto que este se distribuiu de uma forma heterogénea. Na Primavera, período caracterizado por um afloramento mais intenso na costa noroeste, as águas afloradas, pobres em clorofila a, terão afastado os *blooms* para fora da plataforma, a distâncias possivelmente superiores às da amostragem. Na costa sudoeste, a biomassa fitoplanctónica foi superior, porque os máximos, encontrando-se mais próximos da costa, foram amostrados.

Relativamente à disponibilidade de nutrientes para o fitoplâncton, verifica-se que estes são principalmente introduzidos na camada superficial pelo afloramento da ACOANst; no entanto, durante o Inverno e Primavera, a descarga dos rios desempenha um papel importante na introdução de nutrientes, em especial silicatos, na plataforma noroeste. A regeneração dos nutrientes na plataforma ocorre em toda a costa durante o Verão e Outono e parece ser de especial importância a norte de Aveiro. Embora outros estudos para a costa portuguesa apontem uma maior produtividade fitoplanctónica na costa noroeste associada a uma maior disponibilidade dos nutrientes nessa área, os resultados para o período estudado mostram que a diferença entre as concentrações de clorofila a nas costas noroeste e sudoeste não se afigurou tão significativa; uma possível excepção será a plataforma a norte de Aveiro, onde os máximos fitoplanctónicos foram aparentemente recorrentes durante as diferentes épocas do ano.

A comparação da distribuição da temperatura de superfície, registada durante o cruzeiro de Verão (15 dias), com a de imagens térmicas do satélite NOAA-9 (sinópticas) obtidas no mesmo período, mostrou que os nossos resultados expressam bem o padrão do afloramento ao longo da costa, mas a resolução da amostragem na costa noroeste não permitiu a identificação em pormenor de estruturas de mesoscala, tal como plumas ou filamentos. Da mesma forma, estas estruturas ricas em fitopigmentos, identificadas em imagens CZCS, não foram detectadas nas nossas distribuições. Na costa sudoeste e sul, a presença da pluma do cabo de S.Vicente e os máximos de clorofila a junto ao cabo de Sines confirmam os padrões de distribuição do fitoplâncton já observados a partir de imagens de satélite, em que o fitoplâncton se concentra a sul dos principais cabos. Os

nossos resultados concordam igualmente com as imagens de Outono. No Inverno, existem grandes discordâncias entre os nossos resultados e os derivados das imagens CZCS, uma vez ter sido no Inverno que se observaram os mínimos de fitoplâncton, quando as imagens obtidas entre os anos 1978 e 1985 sugerem os máximos. As diferenças poderão dever-se ao forte contributo da matéria em suspensão, a uma grande variabilidade interanual, sendo a nossa amostragem apenas representativa de Janeiro de 1986, ou à possibilidade dos “*blooms* fitoplanctónicos de Primavera”, por nós observados no final de Março, poderem acontecer em pleno “Inverno de calendário”.

Os máximos de fitoplâncton posicionaram-se de forma diferente no Verão e na Primavera, relativamente às águas afloradas: no Verão ocorreram na parte interna de uma frente térmica bem marcada; na Primavera, no lado oceânico de uma frente termicamente pouco acentuada. A turbulência induzida por uma maior intensidade do afloramento na costa noroeste, durante a Primavera, não terá possibilitado a manutenção do fitoplâncton junto à costa e, dada a fraca estratificação da frente, os *blooms* foram afastados para distâncias à costa correspondentes ao tempo do seu desenvolvimento. No Verão, as condições de afloramento, fraco/moderado mas persistente, permitem ao fitoplâncton manter-se no seio das águas afloradas, com pouca turbulência mas ricas em nutrientes. A existência de uma frente caracterizada por um forte gradiente térmico dá origem a que o fitoplâncton ocorra a distâncias da costa idênticas à da própria frente.

Agradecimentos

À Dra. Marta Estrada por uma revisão crítica do manuscrito. Aos meus colegas Helena Cavaco, Joaquim Pissarra, Lídia Manso e Clara Goes, pela generosidade de terem cedido todos os seus dados de salinidade, nutrientes e oxigénio, por eles analisados e sem os quais este trabalho não teria sido possível. Ao Álvaro Peliz, por esclarecimentos no âmbito da oceanografia física. Aos vários colegas e amigos que me leram este trabalho e me sugeriram modificações. À equipa do programa “CICLOS” por toda a boa disposição e enorme esforço tidos a bordo durante as colheitas e que fizeram destas campanhas, únicas. Dedico este trabalho à memória do Comandante Fernando França do N.I. “Noruega” e da Dr^a Clara Goes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, F. (1988). Diatom assemblages as upwelling indicators in surface sediments off Portugal. *Mar. Geology*, **85**: 15-39.

- ANDREWS, W.R.H. (1974). Selected aspects of upwelling research in the southern Benguela current. *Tethys*, **6**: 327-340.
- BAKUN, A. (1973). Coastal upwelling indices, West Coast of North America, 1946-71. *NOAA Tech. Rept. NMFS SSRF-671*, 103pp.
- BLASCO, D. (1971). Composition and distribution of phytoplankton in the region of upwelling off the coast of Peru. *Inv.Pesq.*, **35**: 61-112.
- BLASCO, D., ESTRADA, M. & JONES, B. (1981). Short time variability of phytoplankton populations in upwelling regions - The example of Northwest Africa. In: *Coastal Upwelling*, F.A. Richards, (Ed.), Coastal and Estuarine Sciences, American Geophysical Union, Washington, Vol.1, pp. 339-347.
- BOTAS, J.A., FERNÁNDEZ, E., BODE, A. & ANADÓN, R. (1990). A persistent upwelling off the Central Cantabrian Coast (Bay of Biscay). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **30**: 185-199.
- BÔTO, R.G. (1945). Contribuição para os estudos de Oceanografia ao longo da costa de Portugal – Fosfatos e nitratos. *Trav. Stat. Biol. Mar. Lisbonne*, **49**: 1-102.
- BRINK, K.H., ABRANTES, F.F.G., BERNAL, P.A., DUGDALE, R.C., ESTRADA, M., HUTCHINGS, L., JAHNKE, R.A., MÜLLER, P.J. & SMITH, R.L. (1995). Group report: How do coastal upwelling systems operate as integrated physical, chemical, and biological systems and influence the geological report? The role of physical processes in defining the spatial structures of biological and chemical variables. In: *Upwelling in the ocean. Modern processes and ancient records*. C.P.Summerhayes, K.-C. Emeis, M.V. Angel, R.L. Smith & B. Zeitzschel (Eds.), John Wiley & Sons Ltd, Chichester, Dahlem Workshop Report ES 18, pp. 103-124.
- CABEÇADAS, G., CUNHA, M.E., MOITA, M.T., PISSARRA, J. & SAMPAYO, M.A. (1983). Red tide in Cascais Bay, Portugal. *Bol.Inst.Nac.Invest.Pescas*, **10**: 81-123.
- CARRIT, D. E. & CARPENTER, J.H. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. A NASCO Report. *J. Mar. Res.*, **24**: 286-318.
- CAVACO, M.H., PISSARRA, J., MANSO, L. & GOES, M.C. (1995). Ciclos de produção planctónica. Componente de oceanografia química. Campanha de Outono 85. *Relat. Cient. Téc. Inst. Port. Invest. Marít.*, **7**: 1-31.
- CUNHA, M.E. (1993). Spatial variation of the zooplankton biomass in relation to the hydrographic conditions off the Portuguese coast. ICES, C.M. 1993/L.63, 23pp.

- CUNHA, M.E., MOITA, M.T. & BROGUEIRA, M.J. (1984). A *Scrippsiella trochoidea* bloom in Portuguese west coastal waters. ICES, C.M. 1984/B.11, S.M. Marine Blooms, 12pp.
- DIAS, C.M.A. (1996a). Características e variabilidade da estratificação térmica ao largo da costa continental portuguesa. *Relat. Cient. Téc. Inst. Port. Invest. Marít.*, **25**, 25pp.
- DIAS, C.M.A. (1996b). Estrutura termosalina e fluxo geostrófico frente à costa continental portuguesa em Fevereiro/Março de 1996. *Relat. Cient. Téc. Inst. Port. Invest. Marít.*, **27**, 23pp.
- DUGDALE, R.C. & GOERING, J.J. (1967). Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnol. Oceanogr.*, **12**: 196-206.
- DUGDALE, R.C. , WILKERSON, F.P. & MOREL, A. (1990). Realisation of new production in coastal upwelling areas: A mean to compare relative performance. *Limnol. Oceanogr.*, **35**: 822-829.
- DURÁN, M., SAIZ, F., LÓPEZ-BENITO, M. & MARGALEF, R (1956). El fitoplancton de la ría de Vigo de Abril de 1954 a Junio de 1955. *Inv. Pesq.*, **4**, 67-95.
- EPPLEY, R.W., COATSWORTH, J.L. & SOLÓRZANO, L. (1969). Studies of nitrate reductase in marine phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, **14**: 194-205.
- ESTRADA, M. (1974). Photosynthetic pigments and productivity in the upwelling region of NW Africa. *Tethys*, **6**: 247-260.
- ESTRADA, M. (1984). Phytoplankton distribution and composition off the coast of Galicia (northwest of Spain). *J. Plankton Res.*, **6**: 417-434.
- ESTRADA, M. (1995). Dinoflagellate assemblages in the Iberian Upwelling Area. In: *Harmful Marine Algal Blooms*, Lassus, P., Arzul, G., Erard, E., Gentien, P. & Marcaillou, C. (Eds), Lavoisier, Paris, 157-162 pp.
- ESTRADA, M. & BLASCO, D. (1985). Phytoplankton assemblages in coastal upwelling areas. In: *International Symposium of Upwelling of W Africa*, Vol.1. C. Bas, R. Margalef, & P. Rubias (Eds.), Instituto de Investigaciones Pesqueras, Barcelona, pp. 379-402.
- FERNANDEZ, E. & BODE, A. (1991). Seasonal patterns of primary production in the central Cantabrian Sea (Biscay Bay). *Sci. Mar.*, **55**(4): 629-636.
- FERNANDEZ, E., BODE, A., BOTAS, A. & ANADÓN, R. (1991). Microplankton assemblages associated with saline fronts during spring bloom in the Central Cantabrian Sea: differences in trophic structure between water bodies. *J. Plankton Res.*, **13**: 1239-1256.

- FERNANDEZ, E., CABAL, J., ACUÑA, L. BODE, A., BOTAS, A. & GARCÍA-SOTO, C. (1993). Plankton distribution across a slope-current induced front in the southern Bay of Biscay. *J. Plankton Res.*, **15**: 619-641.
- FIGUEIRAS, F.G., ALVAREZ-SALGADO, X.A., CASTRO, C.G. & VILLARINO, M.L. (1998). Accumulation of *Gymnodinium catenatum* in western Iberian shelf waters in response to poleward flowing slope waters. In: *Harmful Microalgae*, B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández & Wyatt (Eds.), Xunta de Galicia and IOC of UNESCO, pp. 114-117.
- FIÚZA, A. (1983). Upwelling patterns off Portugal. In: Suess, E. & Thied, J. (eds.) *Coastal Upwelling, its Sediment Record. Part A. Responses of the Sedimentary Regime to Present Coastal Upwelling*. Plenum, New York, pp. 85-98.
- FIÚZA, A. (1984). Hidrologia e dinâmica das águas costeiras de Portugal. Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal, 294 pp.
- FIÚZA, A., MACEDO, M.E. & GUERREIRO, M.R. (1982). Climatological space and time variation of the Portuguese coastal upwelling. *Oceanol. Acta*, **5**, 31-40.
- FIÚZA, A., HAMANN, M., AMBAR, I., DIAZ DEL RIO, G., GONZALEZ, N. & CABANAS, J.M. (1998). Water masses and their circulation off western Iberia during May 1993. *Deep-sea Res. I* (45): 1127-1160.
- FOFONOFF, N.P. & MILLARD JR., R.C. (1983). Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. *UNESCO Techn. Pap. in Marine Science*, **44**, 53pp.
- FRAGA, F. (1960). Variación estacional de la materia orgánica suspendida y disuelta en la Ria de Vigo. Influência de la luz y temperatura. *Investig. Pesq.*, **17**: 127-140.
- FRAGA, F. (1967). Hidrografia de la Ria de Vigo, 1962, com especial referencia a los compuestos de nitrógeno. *Investig. Pesq.*, **31**: 145-159.
- FRAGA, S., ANDERSON, D.M., BRAVO, I., REGUERA, B., STEIDINGER, K.A. & YENTSCH, C.M. (1988). Influence of relaxation on dinoflagellates and shellfish toxicity in Ria de Vigo, Spain. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **27**: 349-361.
- FRAGA, S. (1996). Wintering of *Gymnodinium catenatum* Graham (Dinophyceae) in Iberian waters. In: *Harmful and Toxic Algal Blooms*, Yasumoto, T., Oshima, Y. & Fukuyo, Y. (Eds.), IOC of UNESCO, pp. 211-214.
- FRANKS, P.J.S. (1992). Phytoplankton blooms at fronts: patterns, scales and physical forcing mechanisms. *Reviews in Aquatic Sciences*, **6**(2): 121-137.

- FROUIN, R., FIÚZA, A.F.G., AMBAR, I. & BOYD, T.J. (1990). Observations of a poleward surface current off the coast of Portugal and Spain during winter. *J. Geophys. Res.*, **95**: 679-691.
- HARRIS, G.P. (1986). Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation. University Press, Cambridge, 384 pp.
- HAYNES, R. & BARTON, E.D. (1990). A poleward flow along the Atlantic coast of the Iberian Peninsula. *J. Geophys. Res.*, **95**: 11425-11441.
- HOLM-HANSEN, O., LORENZEN, C.J., HOLMES, R.W. & STRICKLAND, J.D.H. (1965). Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer*, **30**: 3-15.
- JONES, B.H., ATKINSON, L. P., BLASCO, D., BRINK, K.H. & SMITH, S.L. (1988). The assymmetric distribution of chlorophyll associated with a coastal upwelling center. *Continental Shelf Research*, **8** (10): 1155-1170.
- LEGENDRE, L. (1981). Hydrodynamic control of marine phytoplankton production: the paradox of stability. In: *Ecohydrodynamics*. J.C.J. Nihoul (Ed.) Elsevier, Amsterdam, pp.191-208.
- MARGALEF, R. (1978a). Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta*, **1**(4): 439-509.
- MARGALEF, R. (1978b). Phytoplankton communities in upwelling areas. The example of NW Africa. *Oecologica Aquatica*, **3**:97-132
- MARGALEF, R. (1985). Primary production in upwelling areas. Energy, global ecology and resources. In: *International Symposium of Upwelling of W Africa*, Vol.1. C. Bas, R. Margalef & P. Rubias (Eds.), Instituto de Investigaciones Pesqueras, Barcelona, 225-232 pp.
- MARGALEF, R., DURÁN, M. & SAIZ, F. (1955). El fitoplancton de la ría de Vigo de enero de 1953 a marzo de 1954. *Inv. Pesq.*, **2**: 85-129.
- MCCARTHY, J.J. & EPPLEY, R.W. (1972). A comparison of chemical, isotopic and enzymatic methods for measuring nitrogen assimilation of marine phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, **17**: 371-382.
- MENDES, P.R. (1997). Estudo de um ciclo de sucessão anual de comunidades fitoplanctónicas na costa sudoeste de Portugal. Tese de mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 120pp.

- MOITA, M.T. (1993). Development of toxic dinoflagellates in relation to the upwelling patterns off Portugal. In: *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, Smayda, T. & Shimizu, Y. (eds.), Elsevier, Amsterdam, pp. 299-304.
- MOITA, M.T., VILARINHO, M.G. & PALMA, A.S (1998). On the variability of *Gymnodinium catenatum* blooms in Portuguese waters. In: *Harmful Algae*, B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández and T. Wyatt (eds.). Xunta de Galicia and IOC of UNESCO Publishers, pp. 118-121.
- NELSON, D.M., GOERING, J.J. & BOISSEAU, D.W. (1981). Consumption and regeneration of silicic acid in three coastal upwelling systems. In: *Coastal upwelling*, Richards, F.A. (ed.), Coastal and Estuarine Science, 1, American Geophysical Union, Washington, pp. 242-256.
- NEVEUX, J. (1973). Recherches sur la chlorophylle a et la phaeophytine a. I. En milieu oligotrophe (Méditerranée Nord-Occidentale en été). Thèse Doct. Spéc. Océanogr. Univ. Paris VI, 116pp.
- NOGUEIRA, E., PÉREZ, F.F. & RÍOS, A.F. (1997). Seasonal patterns and long-term trends in an estuarine upwelling ecosystem (Ría de Vigo, NW Spain). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **44**: 285-300.
- PALMA, A.S., VILARINHO, M.G. & MOITA, M.T. (1998). Interannual trends in the longshore distribution of *Dinophysis* off the Portuguese coast. In: *Harmful Algae*, B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández and T. Wyatt (eds.). Xunta de Galicia and IOC of UNESCO Publishers, pp. 124-127.
- PELIZ, A.J. (1994). Detecção remota da biomassa fitoplanctónica – Aplicação ao estudo da sua distribuição e variabilidade na região ibérica do Atlântico. Tese de mestrado, Universidade de Lisboa, Portugal, 124 pp.
- PELIZ, A.J. & FIÚZA, A. (1999). Temporal and spatial variability of CZCS-derived phytoplankton pigment concentrations off the western Iberian Peninsula. *Int. J. Remote Sensing*, **20** (7): 1363-1403.
- PETERSON, W.T., MILLER, C.B. & HUTCHINSON, S. (1979). Zonation and maintenance of copepod populations in the Oregon upwelling zone. *Deep-sea Res.*, **26** (5A): 467-494
- PISSARRA, J. & CAVACO, M.H. (1984). Análise fluorimétrica de pigmentos fotossintéticos: Calibração e controlo das medições. *Relat. INIP*, Lisboa, (23), 20 pp.
- PISSARRA, J. & CAVACO, M.H. (1985). Análise fluorimétrica de pigmentos fotossintéticos: Condições de medição. *Relat. INIP*, Lisboa, (39), 17 pp.

- PISSARRA, J., CAVACO, M.H., MANSO, L. & GOES, M.C. (1993). Ciclos de produção planctónica. Componente de oceanografia química. Campanha Verão 85. *Relat. Cient. Téc. Inst. Port. Invest. Marít.*, **69**: 1-28.
- PREGO, R., BARCIELA, M.C. & VARELA, M. (1999). Nutrient dynamics in the Galician coastal area (Northwestern Iberian Peninsula): Do the rias Bajas receive more nutrient salts than the rias Altas? *Continental Shelf Res.*, **19**: 317-334.
- RIOS, A., PÉREZ, F. & FRAGA, F. (1992). Water masses in the upper and middle north Atlantic Ocean east of the Azores, *Deep-sea Res.*, **39** (3/4): 645 - 658.
- SAMPAYO, M.A. & MOITA, M.T. (1984). An *Olisthodiscus luteus* red water. Its dynamic during 24 hours. ICES, C.M. 1984/L.21.
- SILVA, A.J. (1992a). Contribuição do Instituto Hidrográfico para o projecto JNICT 87344 - Resultados do cruzeiro CECIR XII, Maio, 1987. REL. TF-OF-7/92, Instituto Hidrográfico, Lisboa, 29 pp.
- SILVA, A.J. (1992b). Contribuição do Instituto Hidrográfico para o projecto JNICT 87344 - Resultados do cruzeiro CECIR XIII, Agosto, 1987. REL. TF-OF-8/92, Instituto Hidrográfico, Lisboa, 43 pp.
- SMALL, L. F. & MENZIES, D.W. (1981). Patterns of primary productivity and biomass in a coastal upwelling region. *Deep-sea Res.*, **28A**: 123-149.
- SMAYDA, T. J. (1980). Phytoplankton species succession. In: *Physiological Ecology of phytoplankton*. I. Morris (Ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 493-570.
- SMETACEK, V.S. (1985). Role of sinking in diatom life-history cycles: ecological, evolutionary and geological significance. *Marine Biology*, **84**: 239-251.
- SMETACEK, V.S. & PASSOW, U. (1990). Spring bloom initiation and Sverdrup's critical-depth model. *Limnol. Oceanogr.*, **35**: 228-234.
- SOUSA, F.M. (1995). Processos de mesoscala ao largo da costa portuguesa utilizando dados de satélite e observações *in situ*. Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal, 167 pp.
- SOUSA, F.M. & BRICAUD, A. (1992). Satellite-derived phytoplankton pigment structures in the Portuguese upwelling area. *J. Geophys. Res.*, **97**: 11343-11356.
- SVERDRUP, H.V. (1953). On conditions for the vernal blooming of phytoplankton. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **18**: 287-295.
- SVERDRUP, H.V., JOHNSON, M.W. & R.W. FLEMING (1942). *The oceans. Their physics, chemistry and general biology*. Prentice-Hall, Inc., New York, 1087pp.

- TECHNICON (1973). "Orto phosphate in water and seawater". Industrial method N° 155-71 W/Tentative. Technicon Industrial Systems, Tarrytown, New York, 4 pp.
- TECHNICON (1977a). "Nitrate and nitrite in water and seawater". Industrial method N° 158-71 W/A+Tentative. Technicon Industrial Systems, Tarrytown, New York, 4 pp.
- TECHNICON (1977b). "Silicates in water and seawater". Industrial method N° 158-71 W/B+Tentative. Technicon Industrial Systems, Tarrytown, New York, 2 pp.
- TENORE, K.R., ALVAREZ-OSSORIO, M.T., ATKINSON, L.P., CABANAS, J.M., CAL, R.M., CAMPOS, M.J., CASTILLEJO, F., CHESNEY, E.J., GONZÁLEZ, N., HANSON, R.B., MCLAIN, C.R., MIRANDA, A., NOVAL, M., ROMAN, M.R., SÁNCHEZ, J., SANTIAGO, G., VALDÉS, L., VARELA, M. & YODER, J. (1995). Fisheries and Oceanography off Galicia. NW Spain (FOG): Mesoscale spatial and temporal changes in physical processes and resultant patterns of biological productivity. *J. Geophys. Res.*, **100** (C6): 10943-10966.
- UNESCO (1981). International Oceanographic Tables. *Unesco Tech. Pap. in Mar. Sci.*, **39** (3): 1-112.
- VARELA, M. (1996). Phytoplankton ecology in the Bay of Biscay. *Sci. Mar.*, **60** Supl.2): 45-53.
- VARELA, M., CAMPOS, M.J., PENAS, E., SANCHEZ, J., LARRAÑAGA, A., FERNÁNDEZ DE CASTILLEJO, F., DÍAZ DEL RÍO, G. & CABANAS, J.M. (1987a). Composición y distribución del fitoplancton en la plataforma de Galicia durante la campaña BREOGAN-684 (junio 1984). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, **4**: 75-94.
- VARELA, M., CAMPOS, M.J., CABANAS, J.M., FERNÁNDEZ DE CASTILLEJO, F. & DÍAZ DEL RÍO, G. (1987b). Composición y distribución del fitoplancton en la plataforma de Galicia durante la campaña BREOGAN-684 (septiembre-octubre 1984). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, **4**: 95-106.
- VARELA, M., DÍAZ DEL RÍO, G., ÁLVAREZ-OSSORIO, M.T. & COSTAS, E. (1991). Factors controlling phytoplankton size class distribution in the upwelling area of the Galician continental shelf (NW Spain). *Sci. Mar.*, **55**: 505-518.
- WALSH, J.J. & DUGDALE, R.C. (1971). A simulation model of the nitrogen flow in the Peruvian upwelling system. *Inv. Pesq.*, **35**: 309-330.
- WALSH, J.J., KELLEY, J.C., WHITLEDGE, T.E., MACISAAC, J.J. & HUNTSMAN, S.A. (1974). Spin-up of the Baja California upwelling ecosystem. *Limnol. and Oceanog.*, **19**: 553-572.

- WOOSTER, W., BAKUN, A. & MCLAIN, D. (1976). The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic. *J. Mar. Res.*, **34**: 131-141.
- YENTSCH, C.S. & MENZEL, D. W. (1963). A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep-sea Res.*, **10**: 221-231.

2.2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DO FITOPLÂNCTON NO SISTEMA DE AFLORAMENTO DA COSTA PORTUGUESA: ESTRUTURA DAS COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS

Resumo

Neste trabalho, descreve-se a composição e a variação sazonal e espacial do fitoplâncton ao longo da costa Ibérica de Portugal, observadas durante o Verão e Outono de 1985 e Inverno e Primavera de 1986 (cruzeiros CICLOS I a IV).

A maior fonte de variabilidade sazonal e espacial do fitoplâncton relacionou-se com o processo de afloramento costeiro. A comunidade fitoplanctónica associada a este processo é principalmente composta por diatomáceas que formam cadeias de pequena e média dimensão, como *Chaetoceros*, *Guinardia striata*, *Pseudo-nitzschia*, *Leptocylindrus danicus*, *Cylindrotheca closterium*, *Eucampia zoodiacus*, *Hemiaulus sinensis*, *Thalassiosira*, *Lauderia annulata*, *Detonula pumila* e *Thalassionema nitzschioides*. Este grupo, dominante durante o Verão e Primavera, estende a sua distribuição a distâncias da costa que dependem da intensidade do afloramento.

Fora das áreas influenciadas pelo afloramento, nas águas oceânicas oligotróficas, o fitoplâncton é dominado por cocolitóforos. A comunidade fitoplanctónica associada a essas águas inclui *Calcidiscus leptoporus*, *Umbilicosphaera sibogae*, *Scyphosphaera apsteinii*, *Discosphaera tubifer*, *Ophiaster*, *Calciosolenia murrayi* e o dinoflagelado *Thoracosphaera heimii*. Este grupo mostrou-se também bom indicador da convergência das águas oceânicas sobre a plataforma e da presença da Contra Corrente Costeira de Portugal, especialmente durante o Inverno.

Na região costeira, os períodos de maior mistura da coluna de água, *e.g.* tempestades ou afloramento forte, caracterizaram-se pela presença da comunidade constituída por espécies, na sua maioria de natureza bentónica, como *Paralia sulcata*, *Thalassiothrix*, *Thalassiosira eccentrica*, *Navicula*, *Odontella mobiliensis*, *Pleurosigma*, *Diploneis* e *Thalassionema nitzschioides*. Associam-se também a este grupo os cocolitóforos *Emiliana huxleyi* e *Gephyrocapsa oceanica*, embora surjam sob condições de menor turbulência e a maiores distâncias da costa.

Os dinoflagelados em geral, e a comunidade constituída por *Ceratium*, *Dinophysis*, *Protoberidinium*, *Prorocentrum*, *Gymnodinium*, *Gyrodinium* e pela diatomácea *Proboscia alata* foram indicadores de condições de estratificação sendo, como tal, mais abundantes durante o Verão. Esta comunidade conjuga-se com a de afloramento nas áreas correspondentes a fases de relaxamento daquele.

Os blooms de dinoflagelados em cadeia, como *Gymnodinium catenatum* e *Alexandrium affine*, caracterizaram o período de Outono, e concentraram-se numa zona de convergência ao longo da plataforma NW. Estas espécies e outras como *Hemiaulus sinensis*, *Helicosphaera carterae* e *Syracosphaera pulchra*, que mostraram, durante o Verão, mais afinidades com as águas afloradas no

centro de afloramento do cabo S. Vicente, parece terem sido transportadas para a plataforma NW durante o Outono, em consequência da intensificação da circulação das águas superficiais para norte.

As diferenças existentes nas condições de estratificação e entre a intensidade e o padrão de afloramento nas plataformas NW e SW, parece reflectirem-se na distribuição e abundância relativa de diatomáceas *vs.* dinoflagelados e na distribuição de fitoplâncton *vs.* zooplâncton.

Abstract

The composition and the spatial and seasonal variation of phytoplankton off the Iberian coast of Portugal, is described based on data obtained during summer and autumn 1985 and winter and spring 1986 (cruises CICLOS I to IV).

Coastal upwelling was identified as the major source of seasonal and spatial phytoplankton variability. The assemblage associated with this hydrographic process was mainly composed of chain forming diatoms, of small and medium size, like *Chaetoceros*, *Guinardia striata*, *Pseudo-nitzschia*, *Leptocylindrus danicus*, *Cylindrotheca closterium*, *Eucampia zoodiacus*, *Hemiaulus sinensis*, *Thalassiosira*, *Lauderia annulata*, *Detonula pumila* and *Thalassionema nitzschioides*. This assemblage, dominant during summer and spring, extends its distribution to a distance offshore dependent on the intensity of upwelling.

Outside the areas influenced by upwelling, in oligotrophic oceanic waters, phytoplankton is dominated by coccolithophores. The phytoplankton assemblage associated with these waters includes *Calcidiscus leptoporus*, *Umbilicosphaera sibogae*, *Scyphosphaera apsteinii*, *Discosphaera tubifer*, *Ophiaster*, *Calciosolenia murrayi* and the dinoflagellate *Thoracosphaera heimii*. This group also showed to be a good indicator of oceanic waters converging over the shelf, and of the presence of the Portugal Coastal Countercurrent, specially during winter.

In coastal waters, the periods with a high water column mixing, *e.g.* storms and strong upwelling, were characterised by a community comprising mostly species with benthic affinities, such as *Paralia sulcata*, *Thalassiothrix*, *Thalassiosira eccentrica*, *Navicula*, *Odontella mobiliensis*, *Pleurosigma*, *Diploneis* and *Thalassionema nitzschioides*. The coccolithophores *Emiliana huxleyi* and *Gephyrocapsa oceanica* were also associated with this group, but seem to occur under lower turbulence conditions, extending their distribution to higher distances offshore.

Dinoflagellates in general, and the assemblage including species of genera *Ceratium*, *Dinophysis*, *Protoperidinium*, *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Prorocentrum* and the diatom *Proboscia alata* were indicators of stratification conditions and, consequently, were more abundant during summer. This community may overlap with the upwelling assemblage in the areas corresponding to periods of upwelling relaxation.

Blooms of chain forming dinoflagellates such as of *Gymnodinium catenatum* and *Alexandrium affine* characterised the autumn period, and were concentrated in a convergence area along the NW shelf. These species and others such as *Hemiaulus sinensis*, *Helicosphaera carterae* and *Syracosphaera pulchra*, which showed higher affinities with the upwelled waters off the cape S.Vicente during summer, seemed to be advected to the NW coast during autumn, due to the intensification of the northward surface circulation.

Differences on stratification conditions and on the intensity and pattern of upwelling between the NW and the SW coasts are apparently reflected on the distribution and the relative abundance of diatoms vs. dinoflagellates and on the distribution of phytoplankton vs zooplankton.

Introdução

A sucessão das espécies de fitoplâncton está associada a alterações da estratificação da camada superficial da coluna de água (Harris, 1986). As adaptações morfológicas e fisiológicas das células fitoplanctónicas permitem que alguns grupos de espécies compitam com vantagem durante os vários passos da transição entre as condições de mistura vertical e a estratificação da camada superficial (Margalef, 1978a; Smayda, 1980). Em geral, a sucessão das comunidades de fitoplâncton progride em vários estádios, desde as fases iniciais, onde as condições de forte mistura vertical favorecem a dominância de diatomáceas pequenas e de tamanho médio, que formam cadeias, até fases de maturação em que a estratificação da coluna de água beneficia a estratégia dos dinoflagelados e outros flagelados que podem movimentar-se para zonas com luz e nutrientes (Margalef, 1978b). Os cocolitóforos incluem-se normalmente numa fase intermédia, entre as diatomáceas e dinoflagelados (Estrada & Blasco, 1985). Contudo, em áreas influenciadas por episódios de afloramento, a ascensão de águas mais frias modifica o padrão de estratificação sazonal, mantendo as comunidades de fitoplâncton nos estádios iniciais da sucessão (Estrada e Blasco, 1985).

O afloramento na costa ocidental da península Ibérica apresenta uma variação sazonal. Na década de 1959-1969, as máximas intensidades médias do afloramento foram observadas durante os meses de Julho, Agosto e Setembro, ocorrendo um pico de menor intensidade durante a Primavera (Wooster *et al.*, 1976; Fiúza *et al.*, 1982). No final da década de 80 e início da década de 90, o regime de ventos favoráveis ao afloramento parece ter-se alterado à escala regional, passando o pico de maior intensidade do afloramento a ser observado no final do Inverno e início da Primavera (resultados do Instituto Hidrográfico apresentados nos capítulos 4.2 e 4.3).

Na costa de Portugal continental, influenciada por essas condições de afloramento sazonal, muito pouco se sabe sobre a variabilidade espacial e sazonal das populações de fitoplâncton. Os estudos realizados até aos anos 80 debruçaram-se principalmente sobre a análise do fitoplâncton em vários estuários, rias e lagoas costeiras (trabalhos enumerados no capítulo 4 desta tese). As campanhas CAPEC (Campanhas Oceanográficas para apoio às Pescas do Continente), realizadas entre Outubro de 1970 e Agosto de 1971, permitiram uma primeira listagem das espécies fitoplanctónicas, recolhidas com rede de arrasto de fitoplâncton, na plataforma e águas oceânicas portuguesas (Instituto Hidrográfico, 1973a-d). Já com base nos resultados do presente trabalho, realizou-se recentemente o estudo de um ciclo de sucessão anual das comunidades fitoplanctónicas, respectivamente nas costas SW e NW de Portugal (Mendes, 1997; Mendes, 1999).

Na costa da Galiza (NW de Espanha), a variabilidade sazonal da composição específica do fitoplâncton na parte interna das rias Baixas foi particularmente bem estudada, desde 1955 (Margalef *et al.* 1955; Durán *et al.*, 1956; Campos & Mariño, 1982, 1984; Varela, 1982; Nunes *et al.*, 1984; Figueiras & Niell, 1987a,b; Figueiras & Pazos, 1991a,b; Figueiras & Rios, 1993). Na plataforma da Galiza, os estudos sobre a variação sazonal da sucessão fitoplanctónica são ainda escassos, tendo incidido em determinadas épocas do ano (Estrada, 1984; Varela *et al.*, 1987a,b; Figueiras *et al.* 1998). Varela (1992) resume a informação, existente até ao presente, sobre a ecologia do fitoplâncton na plataforma galega.

O objectivo deste trabalho é descrever pela primeira vez, ao longo da costa portuguesa, a variabilidade sazonal e espacial da abundância do fitoplâncton e identificar a estrutura das comunidades fitoplanctónicas características das várias épocas e das principais condições oceanográficas identificadas no capítulo 2.1 e referentes aos cruzeiros CICLOS I a IV. Dar-se-á ênfase especial à classe dos coccolitóforos, visto ser um grupo pouco referenciado nas águas de afloramento ibéricas.

Material e métodos

As amostras foram obtidas durante 4 cruzeiros estacionais, CICLOS I a IV, realizados a bordo do N/I Noruega do IPIMAR, respectivamente de 20 de Agosto a 3 de Setembro de 1985, de 22 de Novembro a 5 de Dezembro de 1985, de 20 de Janeiro a 6 de Fevereiro de 1986 e de 19 de Março a 5 de Abril de 1986. Cobriram a costa de Portugal, desde Caminha até V.R.S¹⁰ António, com uma distância à costa variando aproximadamente entre os 40 e os 80 km (Fig.1). As estações de colheita foram distribuídas ao longo de 18

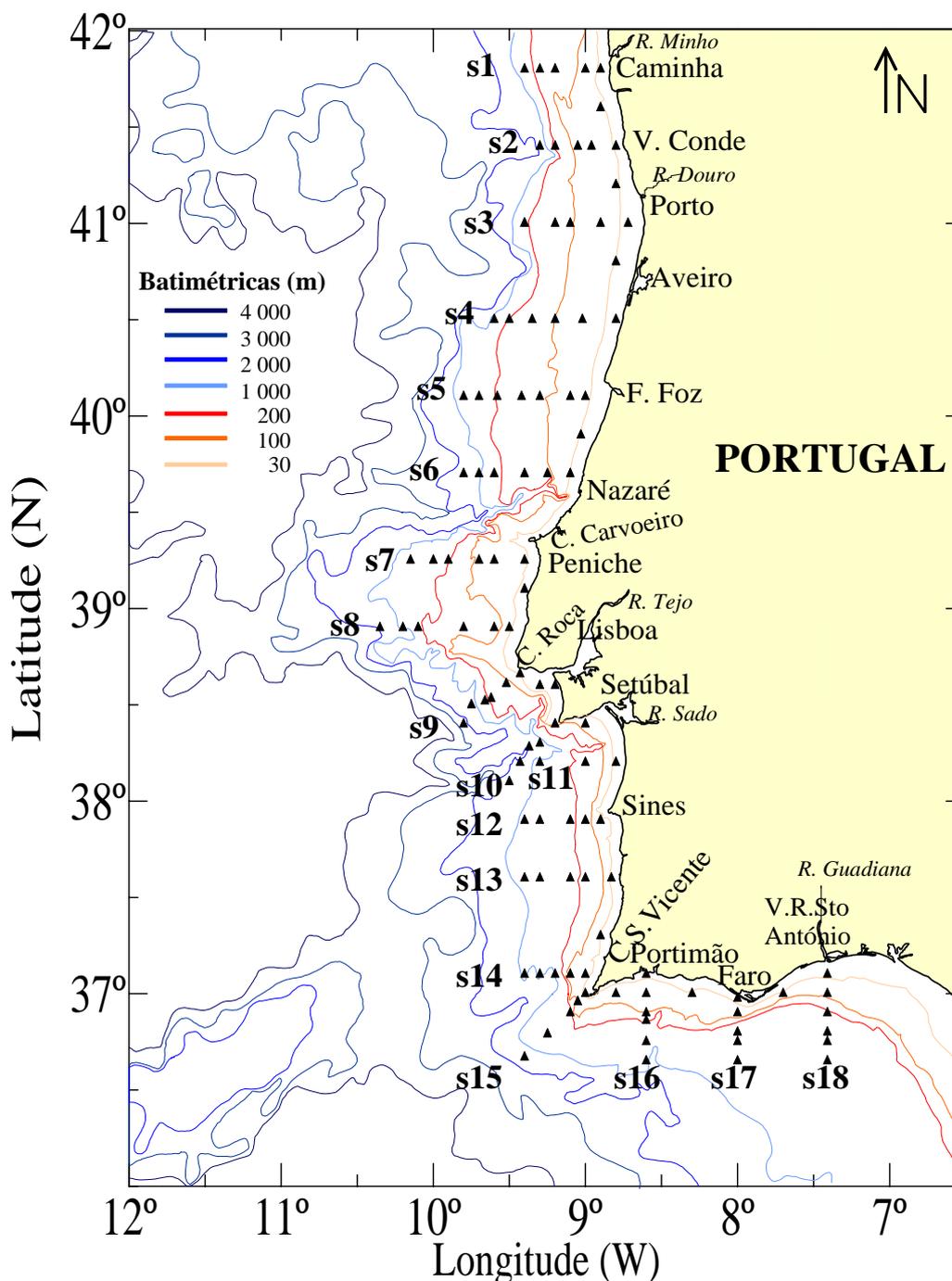


Figura 1. Localização das estações de colheita (▲) distribuídas ao longo de secções perpendiculares à batimetria da costa (s1 a s18).

secções perpendiculares à batimetria da costa e até à isobatimétrica dos 1000m. Em cada estação amostraram-se, com garrafas “Nansen”, os níveis de profundidade de 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75 e 100m, ou a 5m do fundo em estações com menores profundidades. Para a análise qualitativa e quantitativa do fitoplâncton, recolheram-se amostras de 250 ml de água do mar, as quais foram introduzidas em frascos de plástico castanhos. As amostras

foram fixadas com formol a 20%, neutralizado com hexametileno-tetramina (colocado previamente no frasco), tendo-se obtido uma concentração final de 0.4% (Thronsen, 1978).

Face aos objectivos do trabalho e ao elevado número de amostras recolhidas (cerca de 3000, para o conjunto dos cruzeiros) procedeu-se, para cada estação, a uma integração volumétrica das amostras das diferentes profundidades (misturadas num volume proporcional ao da coluna de água que representam). A amostra final expressa, em cada estação, a média do fitoplâncton existente na coluna de água amostrada (Venrick, 1978). Nalguns casos, e dado que as amostras dos diferentes níveis foram guardadas, foi possível mais tarde a sua análise individual, com o objectivo de conhecer a distribuição vertical de algumas espécies (por exemplo, *Gymnodinium catenatum* e *Paralia sulcata* durante o cruzeiro de Outono). Subamostras de 100ml foram sedimentadas em câmaras de contagem durante 72 horas, tempo que corresponde, em horas, a três vezes a altura, em centímetros, da câmara de sedimentação (Margalef, 1969). A enumeração do fitoplâncton foi realizada segundo a técnica de Utermöhl, num microscópio de inversão ZEISS IM35 equipado com campo claro e contraste de fase (Hasle, 1978a,b).

A contagem das células fitoplanctónicas efectuou-se de acordo com o seguinte critério: (i) as células de maior dimensão foram contadas em metade da câmara (varrimento de toda a câmara em transectos alternados), com uma ampliação de 160x; (ii) os organismos de menor dimensão foram contados em 1 ml de amostra, equivalentes a 64 campos de contagem distribuídos por toda a câmara, com uma ampliação de 400x; (iii) as espécies mais abundantes foram contadas com uma ampliação de 160x, num ou vários diâmetros da câmara, até se obter um número igual ou superior a 200. Com esta metodologia de contagem, o número mínimo de células contadas e o limite de detecção com uma probabilidade de 95% foram, respectivamente de 20 e 30 cél.l⁻¹ para o caso (i) e de 1000 e 3000 cél.l⁻¹ para o caso (ii) (Bollmann *et al.*, submetido).

A identificação dos organismos fitoplanctónicos foi feita sempre que possível até à espécie, ou então os indivíduos foram agrupados nos respectivos géneros, ou em categorias taxonómicas superiores, ou mesmo em entidades taxonómicas artificiais, tais como “fitoflagelados”, “pequenos dinoflagelados” ou “*Gymnodinium* spp. + *Gyrodinium* spp.”. O total do fitoplâncton foi considerado como o somatório dos grupos dos dinoflagelados, diatomáceas, cocolitóforos, silicoflagelados e euglenofíceas. Outros pequenos flagelados ocorreram por vezes em grande número, mas, como muitos são destruídos pela fixação com formol neutralizado, não foram incluídos no presente trabalho. Os resultados de uma

intercalibração internacional sobre contagens de cocolitóforos, em que participámos, demonstrou que o método por nós utilizado na quantificação do grupo subestima a abundância das várias espécies, em parte devido à baixa ampliação de observação das amostras. Foi também verificado que existem possíveis problemas de conservação de várias espécies de cocolitóforos em amostras fixadas e guardadas em formol neutralizado, visto estas tenderem a acidificar com o decorrer do tempo, havendo destruição dos cocólitos (Bollmann *et al.*, submetido).

O índice de abundância relativa de diatomáceas, índice com bastante valor descritivo, foi calculado através da divisão do número de diatomáceas pela soma do número de diatomáceas mais dinoflagelados (Blasco, 1971; Margalef, 1977).

Com o objectivo de sintetizar a informação e descrever a variabilidade dos dados sobre a composição das comunidades de fitoplâncton observadas nos quatro períodos do ano e ao longo da costa (394 estações) realizou-se uma Análise de Componentes Principais (ACP). Uma vez que um elevado número de zeros pode distorcer a análise (Legendre & Legendre, 1979; Blasco *et al.*, 1980), os 390 taxa identificados foram reduzidos a 50, tendo-se utilizado como critério a sua frequência relativa em mais de 15% das amostras. As espécies *Alexandrium affine* e *G. catenatum*, durante o Verão, distribuíram-se apenas na região de Lisboa, mas ocuparam toda a costa noroeste durante o Outono, não voltando a ser observadas nas amostras de Inverno e Primavera. Em consequência, dado que ambas formam cadeias e parecem reflectir uma adaptação ecológica análoga, as suas abundâncias foram somadas para apresentarem nas amostras uma frequência superior a 15%. Da mesma forma foram somadas as abundâncias de outras espécies em que poderia existir alguma dificuldade de separação taxonómica, como por exemplo *Hallopapus adriaticus* e *Michaelsarcia elegans*, ou cujos géneros foram separados taxonomicamente depois da análise das amostras, como *Oxytoxum* e *Corythodinium*. Os valores de abundância dos taxa foram logaritmizados, $\log(n^\circ \text{ de células} + 1)$, permitindo tornar a variância independente da média e evitando a sobrevalorização de espécies muito abundantes. Para o desenvolvimento da ACP, utilizou-se o programa NTSYSpc v.2.02c. A análise não alterou a estrutura dos dados originais, visto que a correlação entre a matriz das distâncias euclidianas dos dados originais, e a matriz das distâncias euclidianas das projecções das estações nas componentes, foi de $r=0.904$ ($n=394$).

Resultados

As condições oceanográficas físicas e químicas observadas durante os cruzeiros CICLOS I a IV foram descritas no capítulo 2.1.

Durante estes cruzeiros, a estratégia utilizada na amostragem permite identificar e descrever diferentes escalas da variação do fitoplâncton e das comunidades fitoplanctónicas no tempo e no espaço, principalmente variações à escala sazonal, variações de mesoscala (costa-largo) e variações à escala regional (norte-sul). Como se discutirá posteriormente, estas escalas, face às condições oceanográficas observadas, são interdependentes e coexistentes, já que variações sazonais podem reflectir-se, por exemplo, em diferenças geográficas, ou que variações costa-largo podem exprimir diferenças no tempo relacionadas com o grau de intensificação/relaxamento dos eventos de afloramento. A metodologia utilizada na análise das amostras, *i.e.* o estudo de amostras integrando a coluna de água, não possibilita distinguir variações verticais do fitoplâncton. Contudo, detecta a presença de espécies com maior afinidade com o meio bentónico ou pelágico.

Variação espacial e sazonal da abundância de fitoplâncton e dos grandes grupos fitoplanctónicos.

Durante o cruzeiro de Verão, os máximos de abundância fitoplanctónica foram observados junto à costa, tendo atingido, a norte do Porto, concentrações de 750×10^3 cél. l^{-1} e, no cabo de S. Vicente, 510×10^3 cél. l^{-1} (Fig.2a). No Outono, as máximas abundâncias de células decresceram uma ordem de grandeza relativamente às de Verão (78×10^3 cél. l^{-1} a norte do Porto, e 71×10^3 cél. l^{-1} no cabo de S.Vicente) (Fig.2b). Em ambos os períodos, a distribuição do fitoplâncton apresentou uma boa relação com as distribuições da clorofila *a* e da temperatura de superfície, e os máximos coincidiram com a presença de águas mais frias junto à costa (Figs. 8e-f ; Figs. 6a e 8a do capítulo 2.1). Ao longo da costa ocidental, os mínimos localizaram-se nas estações mais oceânicas.

No Inverno, o fitoplâncton distribuiu-se de uma forma irregular ao longo de toda a costa, e as máximas densidades atingiram 58×10^3 cél. l^{-1} entre Aveiro e a F. Foz, 60×10^3 cél. l^{-1} ao largo de Sines e 95×10^3 cél. l^{-1} frente a Faro (Fig. 2c). Neste período do ano, com excepção da área costeira entre a F. Foz e o Porto, não parece existir ao longo da costa uma boa relação entre a abundância de células de fitoplâncton e a concentração de clorofila *a* (Fig. 8g).

Na Primavera, a plataforma NW mostrou-se bastante pobre em fitoplâncton, sendo os mínimos na área observados neste período (Fig. 2d). As máximas concentrações

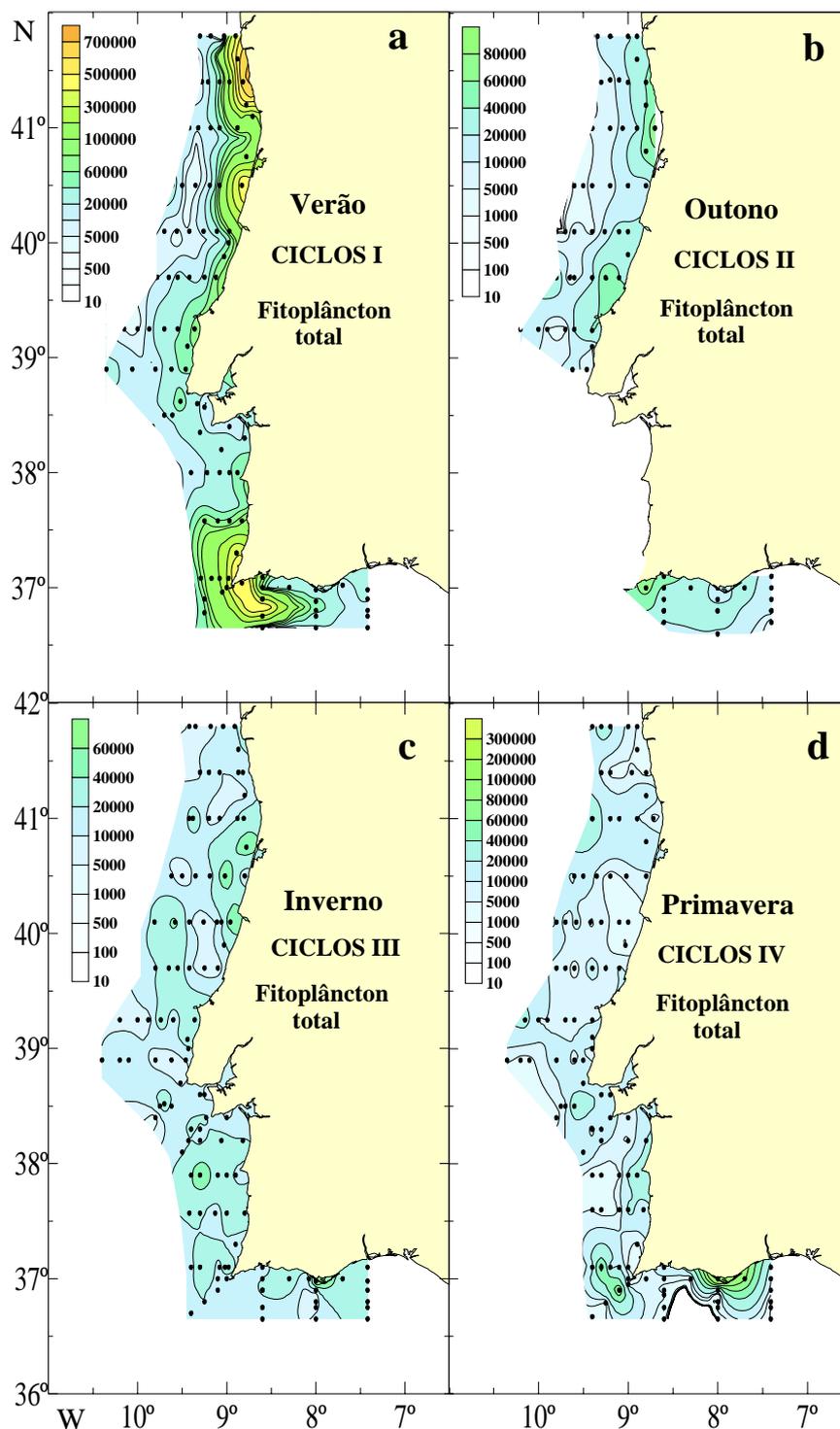


Figura 2. Distribuição do total de fitoplâncton ($\text{n}^\circ \text{cél.l}^{-1}$) durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV (a, b, c, d).

de fitoplâncton foram registadas na costa S, atingindo $175 \times 10^3 \text{ cél. l}^{-1}$, frente a Faro, ou $80 \times 10^3 \text{ cél. l}^{-1}$, na região do cabo de S. Vicente. Em geral, a sul do cabo Carvoeiro, a distribuição da densidade do fitoplâncton correspondeu à distribuição média de clorofila *a* na coluna de água (Fig. 8h).

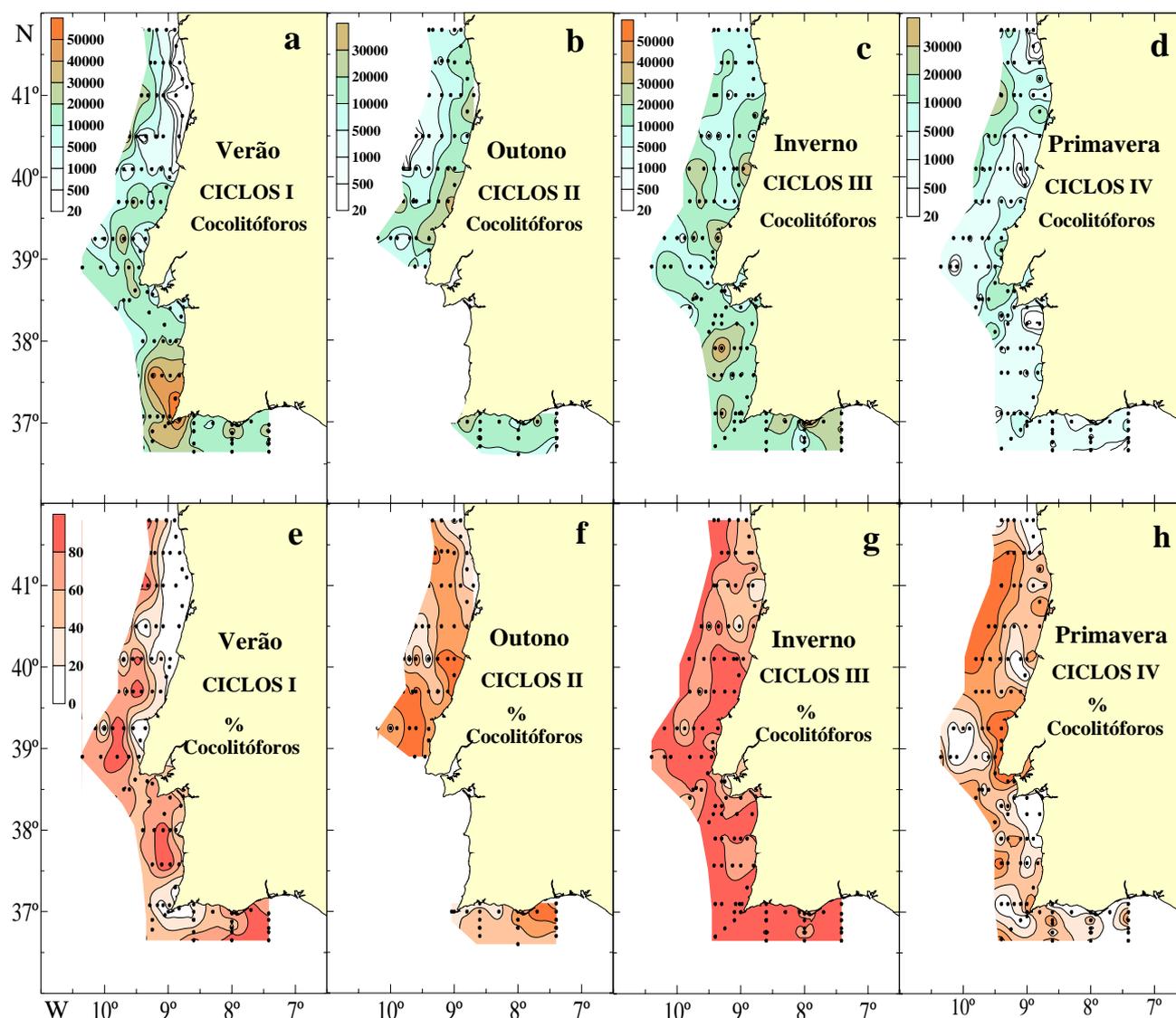


Figura 3. Distribuição do total de Cocolitóforos (nº cél.l⁻¹) durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV (a, b, c, d). Distribuição da % de cocolitóforos durante os mesmos cruzeiros (e, f, g, h).

Na Fig. 3a-d mostra-se a distribuição do total de cocolitóforos nos quatro períodos do ano. A abundância deste grupo do fitoplâncton foi máxima durante o cruzeiro de Verão, atingindo cerca de 57×10^3 cél. l⁻¹ na área do cabo de S. Vicente, e mínima, no mesmo período, nas estações costeiras a norte da F. Foz. Durante o cruzeiro de Primavera, os cocolitóforos foram menos abundantes ao longo de toda a costa, em particular nas costas SW e S, ao contrário dos outros períodos onde as concentrações foram superiores nessas áreas. A dominância relativa dos cocolitóforos durante o Inverno contrasta com o período de Verão, quando ocorrem minoritariamente nas águas de afloramento, junto à costa (Figs. 3e, 3g). Durante o Verão, as máximas densidades de cocolitóforos observadas

no cabo de S. Vicente correspondem, no entanto, às suas abundâncias relativas mínimas (Figs. 3a, 3e). *Emiliana huxleyi* dominou quase sempre a comunidade de cocolitóforos, com exceção, tal como no caso anterior, da área do cabo de S. Vicente, durante o Verão (Figs. 4a-d).

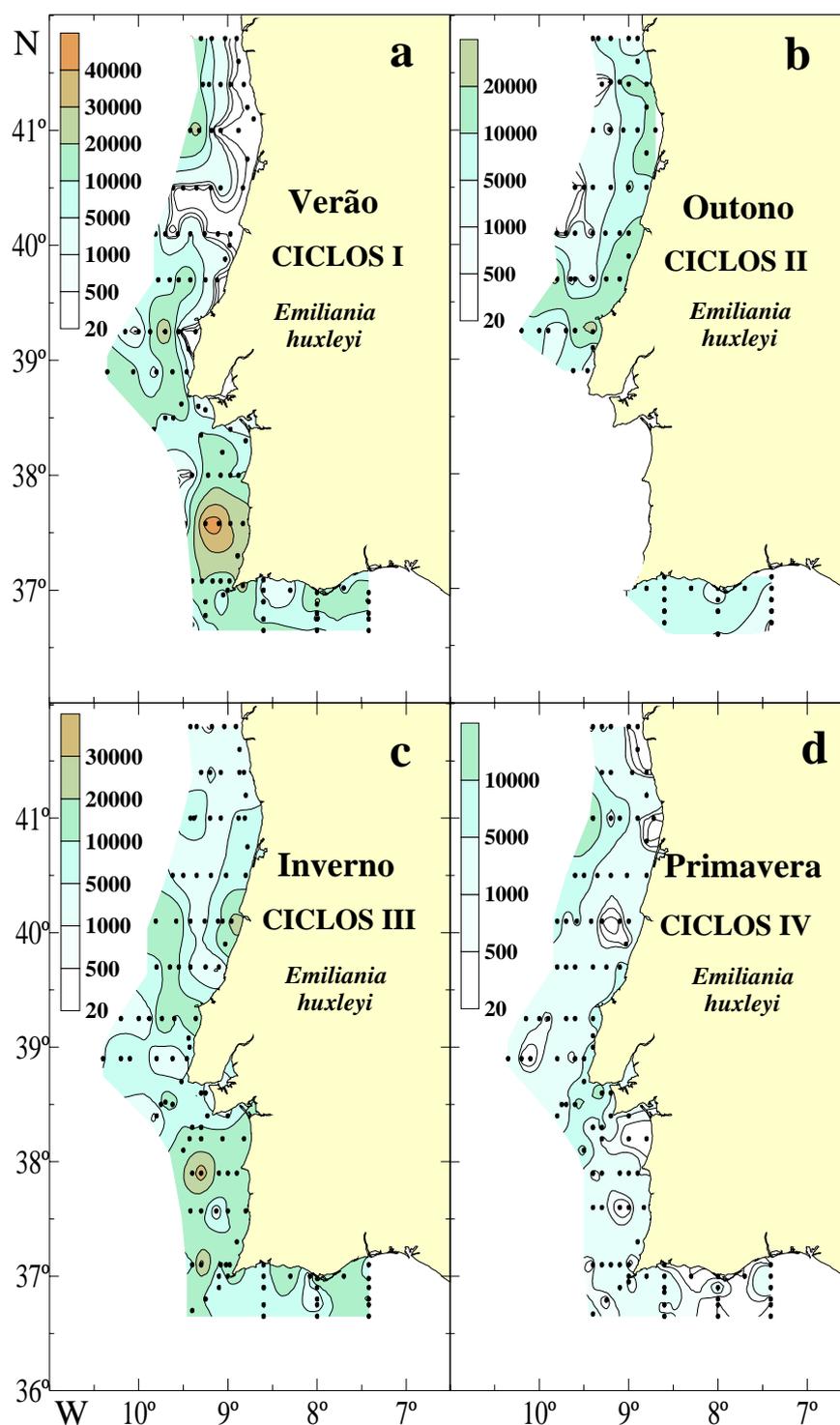


Figura 4. Distribuição de *Emiliana huxleyi* (n° cél.l⁻¹) durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV (a, b, c, d).

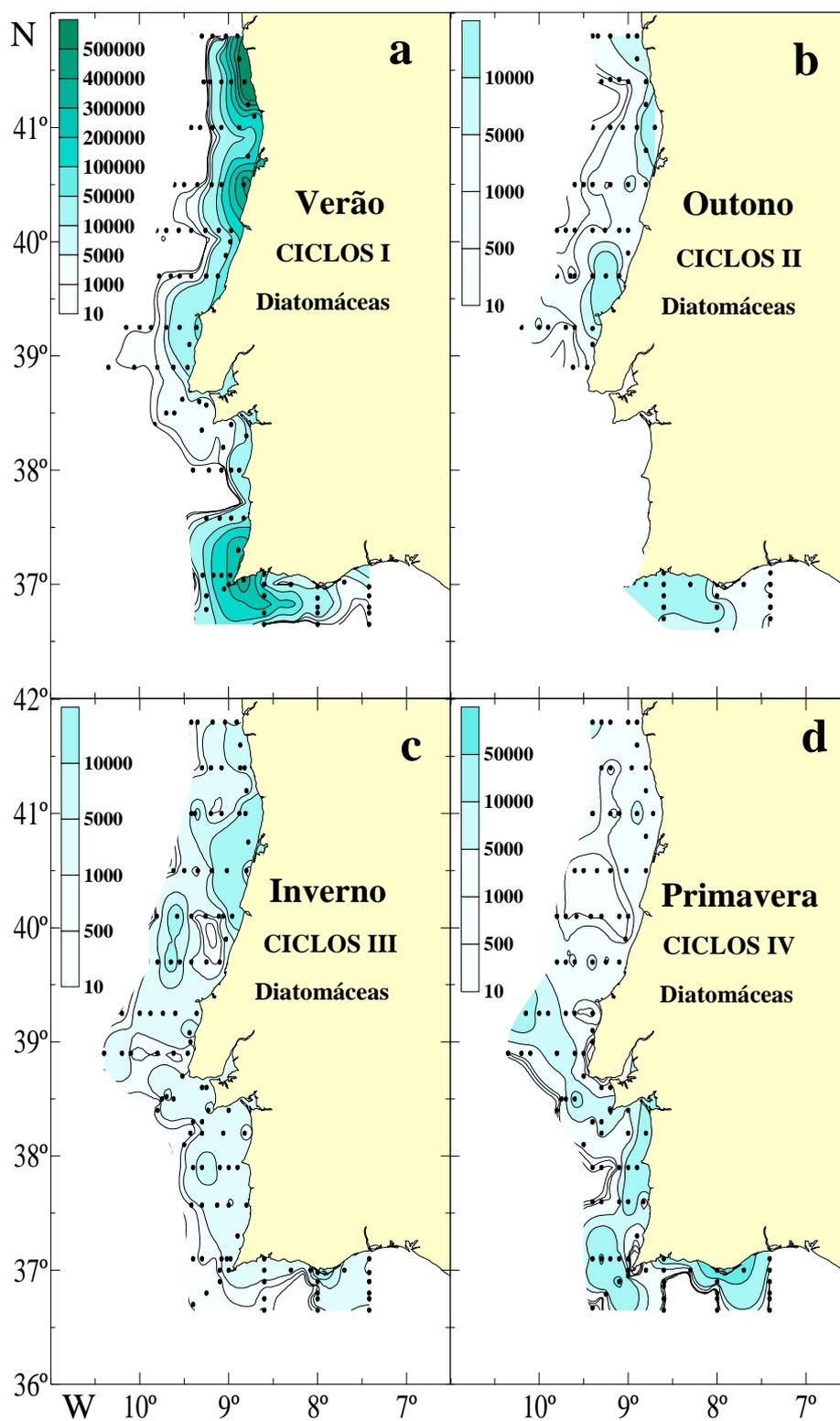


Figura 5. Distribuição de diatomáceas (nº cél.l⁻¹) durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV (a, b, c, d).

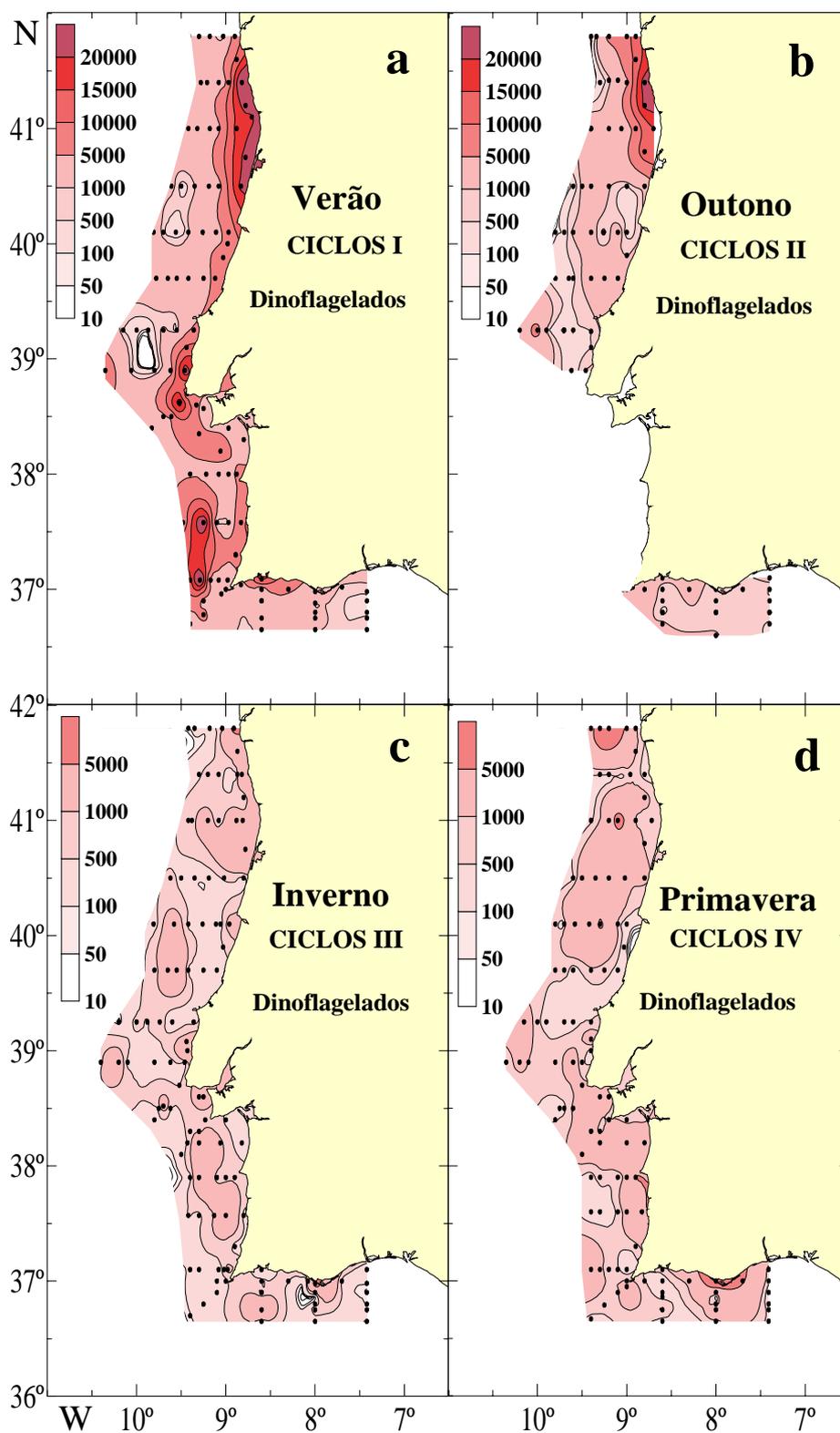


Figura 6. Distribuição de dinoflagelados (n° cél.l⁻¹) durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV (a, b, c, d).

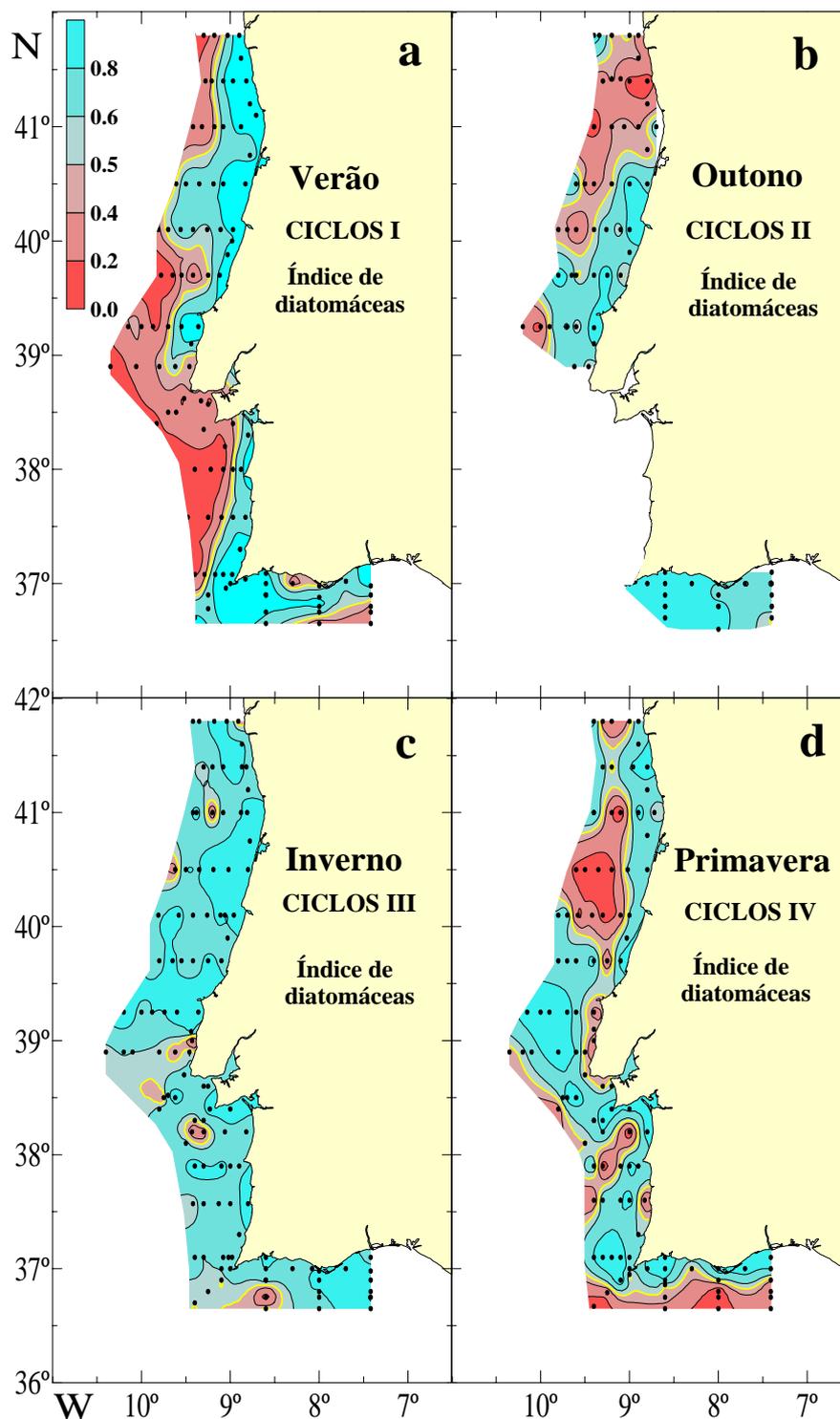


Figura 7. Distribuição do índice de diatomáceas durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV (a, b, c, d).

Nas Figs. 5a-d apresenta-se a distribuição das diatomáceas durante os quatro cruzeiros. Este grupo dominou largamente o fitoplâncton das águas afloradas junto à costa, estando praticamente ausente nas águas oceânicas, durante o Verão. Nesta época, as diatomáceas

atingiram concentrações de 575×10^3 cél.l⁻¹ e 450×10^3 cél. l⁻¹, respectivamente, a norte do Porto e no cabo de S. Vicente. A Primavera foi o segundo período do ano em que ocorreram em maior número mas, neste caso, apenas a sul do cabo Carvoeiro. Observaram-se concentrações de 70×10^3 cél. l⁻¹, no cabo de S.Vicente, ou 163×10^3 cél. l⁻¹, frente a Faro. Para norte deste cabo, o grupo foi pouco abundante. *Pseudo-nitzschia* spp., composta principalmente pelas espécies *P. pungens*, *P. fraudulenta* e *P. cuspidata* (G. Hasle, comunicação pessoal), dominou a comunidade de diatomáceas durante o Verão (Fig. 9e). Durante a Primavera, *Detonula pumila* foi a espécie mais importante (Fig. 9l).

Os dinoflagelados apresentaram maiores densidades no Verão, ao longo de toda a costa ocidental, e no Outono, a norte de Aveiro (Figs. 6a-d). Em cada um dos períodos atingiram respectivamente 30×10^3 cél. l⁻¹, ao largo de Sines, e 23×10^3 cél. l⁻¹, a norte do Porto. Em toda a costa e durante todos os períodos de estudo dominaram pequenos dinoflagelados inferiores a 20µm (não identificados), responsáveis, por exemplo, pelo máximo observado ao largo de Sines, durante o Verão. Os taxa predominantes na costa NW foram *Amphidinium* e *Ceratium*, durante o Verão, e *G. catenatum* e *A. affine*, durante o Outono. Durante o Inverno e Primavera, as espécies presentes variaram bastante, distribuindo-se em diversas manchas ao longo da costa.

A distribuição do índice de abundância relativa de diatomáceas mostra, durante o Verão, a predominância das diatomáceas nas águas costeiras influenciadas pelo afloramento e a sua quase ausência nas águas oceânicas estratificadas (Fig. 7a.). Durante o Inverno, os valores do índice foram quase sempre superiores a 0.5 e salientam a diminuição relativa dos dinoflagelados nesse período do ano (Fig. 7c). Durante o Outono e a Primavera, observa-se, ao longo da plataforma a norte do cabo Carvoeiro, uma banda de valores do índice inferiores a 0.5, na mesma área onde aparentemente se concentraram os máximos de zooplâncton observados nos mesmos cruzeiros (Cunha, 1993) (Figs. 7b e 7d). Na Primavera nota-se que, nas costas SW e S, as diatomáceas dominaram junto à costa e os dinoflagelados nas águas mais oceânicas.

Estrutura e variação espacial e sazonal das comunidades de fitoplâncton.

As quatro primeiras componentes extraídas pela ACP explicaram respectivamente 19.7%, 12.1%, 5% e 4.1%, num total cumulativo de 40.9% da variância total dos dados. Esta percentagem é relativamente alta, tendo em conta o número de variáveis consideradas (50 taxa) e o número de objectos de estudo (394 estações). A ordenação da lista de

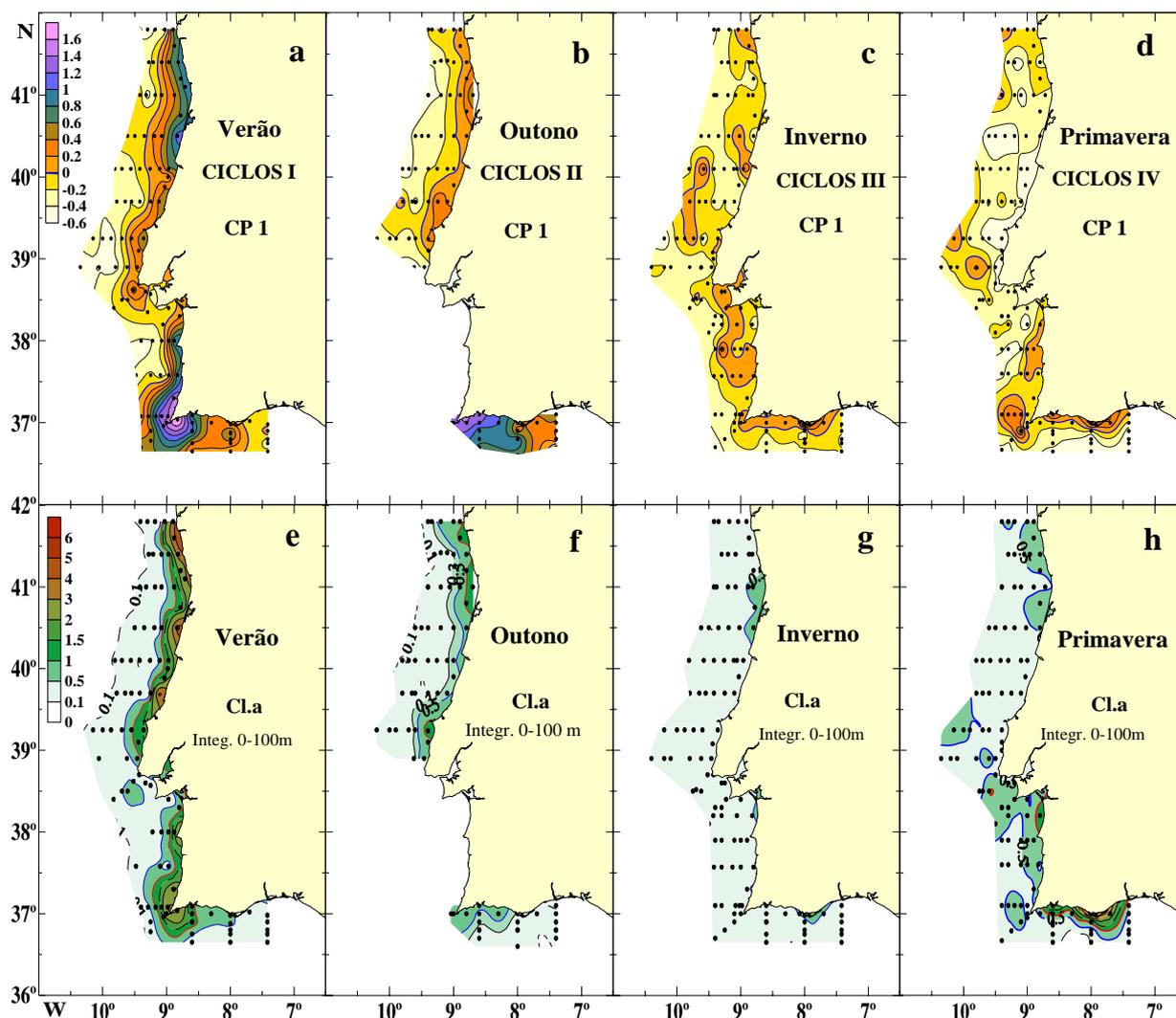


Figura 8. Distribuição da CP1, com base nas projecções de cada estação no espaço da componente, para os cruzeiros CICLOS I (a), CICLOS II (b), CICLOS III (c) e CICLOS IV (d). Distribuição da concentração média de clorofila *a* (mg.m^{-3}), integrada nos primeiros 100m da coluna de água, durante os mesmos cruzeiros (e, f, g, h).

espécies ou “grupos taxonómicos”, de acordo com o seu coeficiente de correlação com as quatro componentes, é apresentada na Tabela 1.

A CP1 mostra que os seus valores mais positivos foram observados durante o período de Verão, com uma distribuição ao longo da costa e variação costa-largo muito semelhante à temperatura e ao fitoplâncton, quer em termos do número total de células observadas, quer em termos da concentração de clorofila *a* (Figs. 2a, 8a, 8e; Fig. 6a do capítulo 2.1). Os máximos negativos da CP1 foram observados durante a Primavera, na

Tabela 1. Coeficientes de correlação das espécies de fitoplâncton e grupos taxonômicos com as quatro primeiras componentes. ◆ - Diatomáceas, ◆ - Dinoflagelados, ◆ - Coccolitóforos, ◆ - Silicoflagelados.

Taxa		CP1	Taxa		CP2
<i>Chaetoceros</i>	◆	0.760	<i>D. tubifer</i>	◆	0.680
<i>G. striata</i>	◆	0.740	<i>Ophiaster</i>	◆	0.680
<i>Pseudo-nitzschia</i>	◆	0.730	<i>U. sibogae</i>	◆	0.630
<i>L. danicus</i>	◆	0.710	<i>C. leptoporus</i>	◆	0.620
<i>Navicula</i>	◆	0.690	<i>H. adriaticus</i> + <i>M. elegans</i>	◆	0.590
<i>C. closterium</i>	◆	0.670	<i>C. murrayi</i>	◆	0.580
<i>E. zoodiacus</i>	◆	0.660	<i>S. apsteinii</i>	◆	0.580
<i>H. sinensis</i>	◆	0.640	<i>T. heimii</i>	◆	0.520
<i>Thalassiosira</i>	◆	0.600	<i>S. pulchra</i>	◆	0.450
<i>L. annulata</i>	◆	0.590	<i>D. fibula</i>	◆	0.450
<i>D. pumila</i>	◆	0.570	<i>A. oryza</i>	◆	0.430
<i>Protoperidinium</i>	◆	0.560	<i>E. huxleyi</i>	◆	0.430
<i>C. pelagicus</i>	◆	0.530	<i>H. carteri</i>	◆	0.410
<i>A. glacialis</i>	◆	0.520	<i>C. mediterranea</i>	◆	0.360
<i>Gymnodinium</i> + <i>Gyrodinium</i>	◆	0.520	<i>C. pelagicus</i>	◆	0.300
<i>Rhizosolenia</i>	◆	0.500	<i>G. oceanica</i>	◆	0.300
<i>Thalassiothrix</i>	◆	0.490	<i>Oxytoxum</i> + <i>Corythodinium</i>	◆	0.290
<i>T. nitzschioides</i>	◆	0.480	<i>A. glacialis</i>	◆	0.220
<i>T. anguste-lineata</i>	◆	0.480	<i>Diploneis</i>	◆	0.150
<i>O. mobiliensis</i>	◆	0.470	<i>T. nitzschioides</i>	◆	0.130
<i>Oxytoxum</i> + <i>Corythodinium</i>	◆	0.460	<i>Navicula</i>	◆	0.020
<i>P. alata</i>	◆	0.450	<i>T. eccentrica</i>	◆	0.010
<i>A. oryza</i>	◆	0.450	<i>Thalassiothrix</i>	◆	0.010
<i>Diploneis</i>	◆	0.440	<i>Gymnodinium</i> + <i>Gyrodinium</i>	◆	0.010
<i>S. pulchra</i>	◆	0.430	<i>H. sinensis</i>	◆	-0.010
<i>Pleurosigma</i> + <i>Gyrosigma</i>	◆	0.390	<i>Nitzschia</i>	◆	-0.010
<i>C. mediterranea</i>	◆	0.390	<i>T. anguste-lineata</i>	◆	-0.020
<i>G. oceanica</i>	◆	0.390	<i>Pleurosigma</i> + <i>Gyrosigma</i>	◆	-0.040
<i>S. trochoidea</i>	◆	0.380	<i>P. micans</i> + <i>P. triestinum</i>	◆	-0.040
<i>D. fibula</i>	◆	0.370	<i>Coscinodiscus</i>	◆	-0.050
<i>Dinophysis</i>	◆	0.340	<i>O. mobiliensis</i>	◆	-0.060
<i>D. speculum</i>	◆	0.330	<i>Rhizosolenia</i>	◆	-0.090
<i>H. adriaticus</i> + <i>M. elegans</i>	◆	0.310	<i>G. catenatum</i> + <i>A. affine</i>	◆	-0.090
<i>H. carteri</i>	◆	0.290	<i>G. striata</i>	◆	-0.100
<i>C. murrayi</i>	◆	0.280	<i>Thalassiosira</i>	◆	-0.100
<i>Ophiaster</i>	◆	0.280	<i>P. sulcata</i>	◆	-0.110
<i>Nitzschia</i>	◆	0.260	<i>S. trochoidea</i>	◆	-0.140
<i>C. furca</i>	◆	0.230	<i>Chaetoceros</i>	◆	-0.180
<i>P. micans</i> + <i>P. triestinum</i>	◆	0.200	<i>L. annulata</i>	◆	-0.180
<i>Ceratium</i>	◆	0.190	<i>D. pumila</i>	◆	-0.190
<i>D. tubifer</i>	◆	0.190	<i>C. closterium</i>	◆	-0.200
<i>Coscinodiscus</i>	◆	0.120	<i>Protoperidinium</i>	◆	-0.260
<i>E. huxleyi</i>	◆	0.120	<i>L. danicus</i>	◆	-0.270
<i>P. sulcata</i>	◆	0.080	<i>Pseudo-nitzschia</i>	◆	-0.300
<i>S. apsteinii</i>	◆	0.080	<i>D. speculum</i>	◆	-0.300
<i>T. eccentrica</i>	◆	0.060	<i>E. zoodiacus</i>	◆	-0.350
<i>T. heimii</i>	◆	0.050	<i>Dinophysis</i>	◆	-0.460
<i>C. leptoporus</i>	◆	0.010	<i>Ceratium</i>	◆	-0.480
<i>U. sibogae</i>	◆	0.000	<i>C. furca</i>	◆	-0.480
<i>G. catenatum</i> + <i>A. affine</i>	◆	0.000	<i>P. alata</i>	◆	-0.520

Tabela 1 (cont). Coeficientes de correlação das espécies de fitoplâncton e grupos taxonômicos com as quatro primeiras componentes. ♦ - Diatomáceas, ♦ - Dinoflagelados, ♦ - Coccolitóforos, ♦ - Silicoflagelados.

Taxa		CP3	Taxa		CP4
<i>C. furca</i>	♦	0.440	<i>S. trochoidea</i>	♦	0.460
<i>Ceratium</i>	♦	0.420	<i>T. eccentrica</i>	♦	0.370
<i>Dinophysis</i>	♦	0.340	<i>P. sulcata</i>	♦	0.340
<i>H. adriaticus + M. elegans</i>	♦	0.290	<i>T. nitzschioides</i>	♦	0.330
<i>D. tubifer</i>	♦	0.280	<i>Diploneis</i>	♦	0.270
<i>Gymnodinium + Gyrodinium</i>	♦	0.250	<i>O. mobiliensis</i>	♦	0.260
<i>Ophiaster</i>	♦	0.220	<i>U. sibogae</i>	♦	0.250
<i>P. alata</i>	♦	0.190	<i>A. glacialis</i>	♦	0.240
<i>Protoperidinium</i>	♦	0.190	<i>T. anguste-lineata</i>	♦	0.180
<i>C. leptoporus</i>	♦	0.190	<i>Navicula</i>	♦	0.160
<i>C. murrayi</i>	♦	0.160	<i>Pleurosigma + Gyrosigma</i>	♦	0.150
<i>T. heimii</i>	♦	0.150	<i>Thalassiosira</i>	♦	0.120
<i>P. micans + P. triestinum</i>	♦	0.120	<i>T. heimii</i>	♦	0.120
<i>E. zoodiacus</i>	♦	0.110	<i>C. leptoporus</i>	♦	0.120
<i>G. striata</i>	♦	0.110	<i>Ophiaster</i>	♦	0.120
<i>Oxytoxum + Corythodinium</i>	♦	0.110	<i>D. tubifer</i>	♦	0.100
<i>D. fibula</i>	♦	0.110	<i>Chaetoceros</i>	♦	0.080
<i>Coscinodiscus</i>	♦	0.090	<i>Dinophysis</i>	♦	0.080
<i>L. danicus</i>	♦	0.090	<i>G. oceanica</i>	♦	0.080
<i>A. oryza</i>	♦	0.090	<i>Ceratium</i>	♦	0.050
<i>U. sibogae</i>	♦	0.080	<i>A. oryza</i>	♦	0.050
<i>S. trochoidea</i>	♦	0.060	<i>C. pelagicus</i>	♦	0.050
<i>C. pelagicus</i>	♦	0.050	<i>E. zoodiacus</i>	♦	0.040
<i>S. apsteinii</i>	♦	0.050	<i>Gymnodinium + Gyrodinium</i>	♦	0.040
<i>Chaetoceros</i>	♦	0.040	<i>C. closterium</i>	♦	0.030
<i>Pseudo-nitzschia</i>	♦	0.040	<i>Protoperidinium</i>	♦	0.030
<i>L. annulata</i>	♦	0.030	<i>P. alata</i>	♦	0.020
<i>A. glacialis</i>	♦	0.020	<i>C. furca</i>	♦	0.020
<i>D. pumila</i>	♦	0.000	<i>H. adriaticus + M. elegans</i>	♦	0.020
<i>H. sinensis</i>	♦	0.000	<i>Coscinodiscus</i>	♦	-0.010
<i>Rhizosolenia</i>	♦	-0.020	<i>Nitzschia</i>	♦	-0.010
<i>H. carteri</i>	♦	-0.030	<i>C. murrayi</i>	♦	-0.010
<i>S. pulchra</i>	♦	-0.030	<i>L. annulata</i>	♦	-0.020
<i>D. specillum</i>	♦	-0.030	<i>E. huxleyi</i>	♦	-0.050
<i>Diploneis</i>	♦	-0.050	<i>D. pumila</i>	♦	-0.060
<i>Pleurosigma + Gyrosigma</i>	♦	-0.110	<i>G. striata</i>	♦	-0.090
<i>T. anguste-lineata</i>	♦	-0.130	<i>Oxytoxum + Corythodinium</i>	♦	-0.110
<i>C. mediterranea</i>	♦	-0.140	<i>S. apsteinii</i>	♦	-0.110
<i>C. closterium</i>	♦	-0.150	<i>D. specillum</i>	♦	-0.120
<i>Nitzschia</i>	♦	-0.160	<i>P. micans + P. triestinum</i>	♦	-0.130
<i>Navicula</i>	♦	-0.200	<i>Pseudo-nitzschia</i>	♦	-0.150
<i>Thalassiosira</i>	♦	-0.240	<i>L. danicus</i>	♦	-0.180
<i>G. oceanica</i>	♦	-0.260	<i>S. pulchra</i>	♦	-0.240
<i>T. eccentrica</i>	♦	-0.280	<i>C. mediterranea</i>	♦	-0.270
<i>G. catenatum + A. affine</i>	♦	-0.320	<i>Rhizosolenia</i>	♦	-0.280
<i>T. nitzschioides</i>	♦	-0.350	<i>D. fibula</i>	♦	-0.280
<i>O. mobiliensis</i>	♦	-0.360	<i>H. sinensis</i>	♦	-0.300
<i>E. huxleyi</i>	♦	-0.380	<i>Thalassiothrix</i>	♦	-0.360
<i>Thalassiothrix</i>	♦	-0.440	<i>H. carteri</i>	♦	-0.450
<i>P. sulcata</i>	♦	-0.510	<i>G. catenatum + A. affine</i>	♦	-0.450

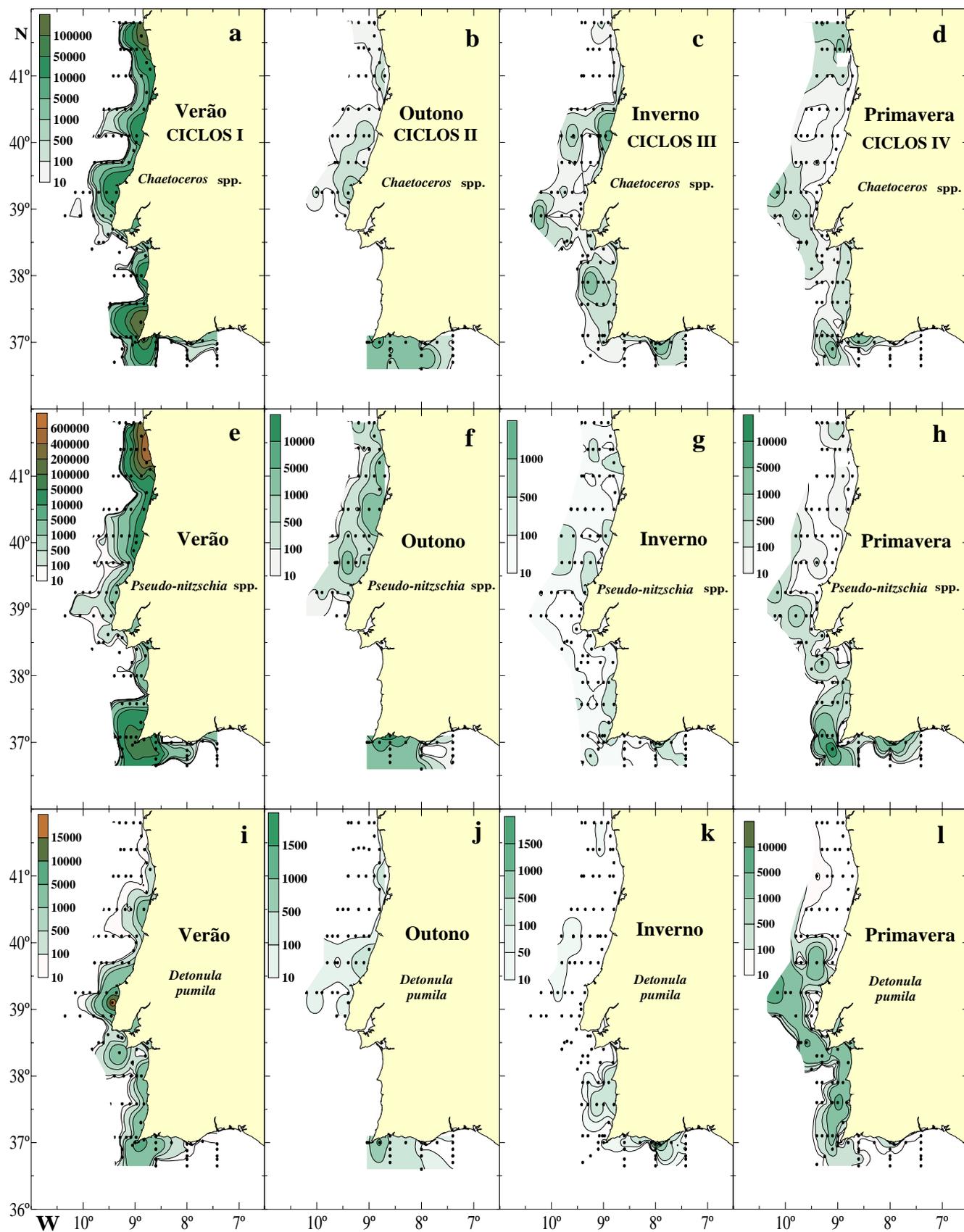


Figura 9. Distribuição das diatomáceas (n° de cél. l^{-1}), com correlação positiva com a CP1, *Chaetoceros* spp. (a, b, c, d), *Pseudo-nitzschia* spp. (e, f, g, h) e *Detonula pumila* (i, j, k, l), durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV.

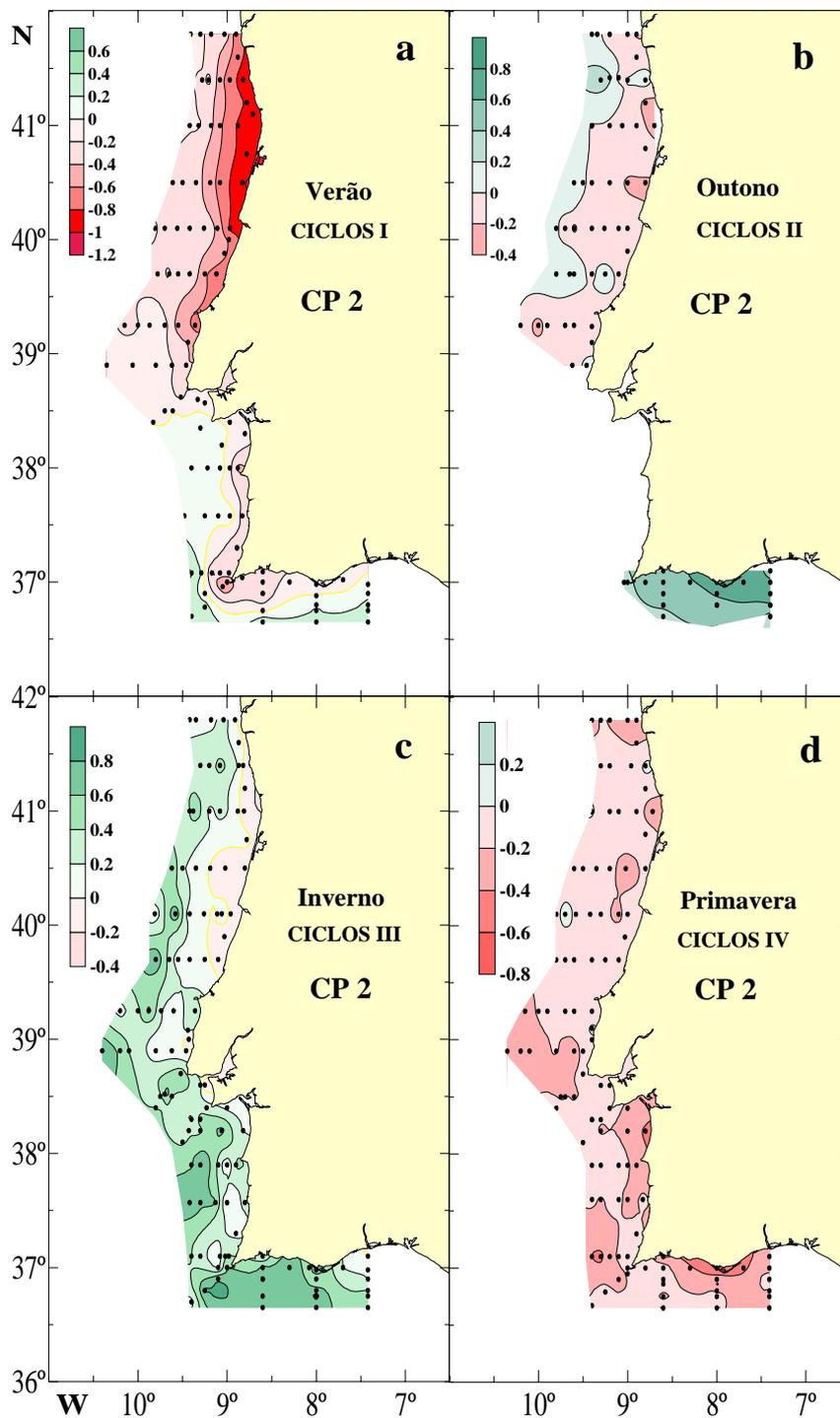


Figura 10. Distribuição da CP2, com base nas projecções de cada estação no espaço da componente, para os cruzeiros CICLOS I (a) , II (b) , III (c) e CICLOS IV (d).

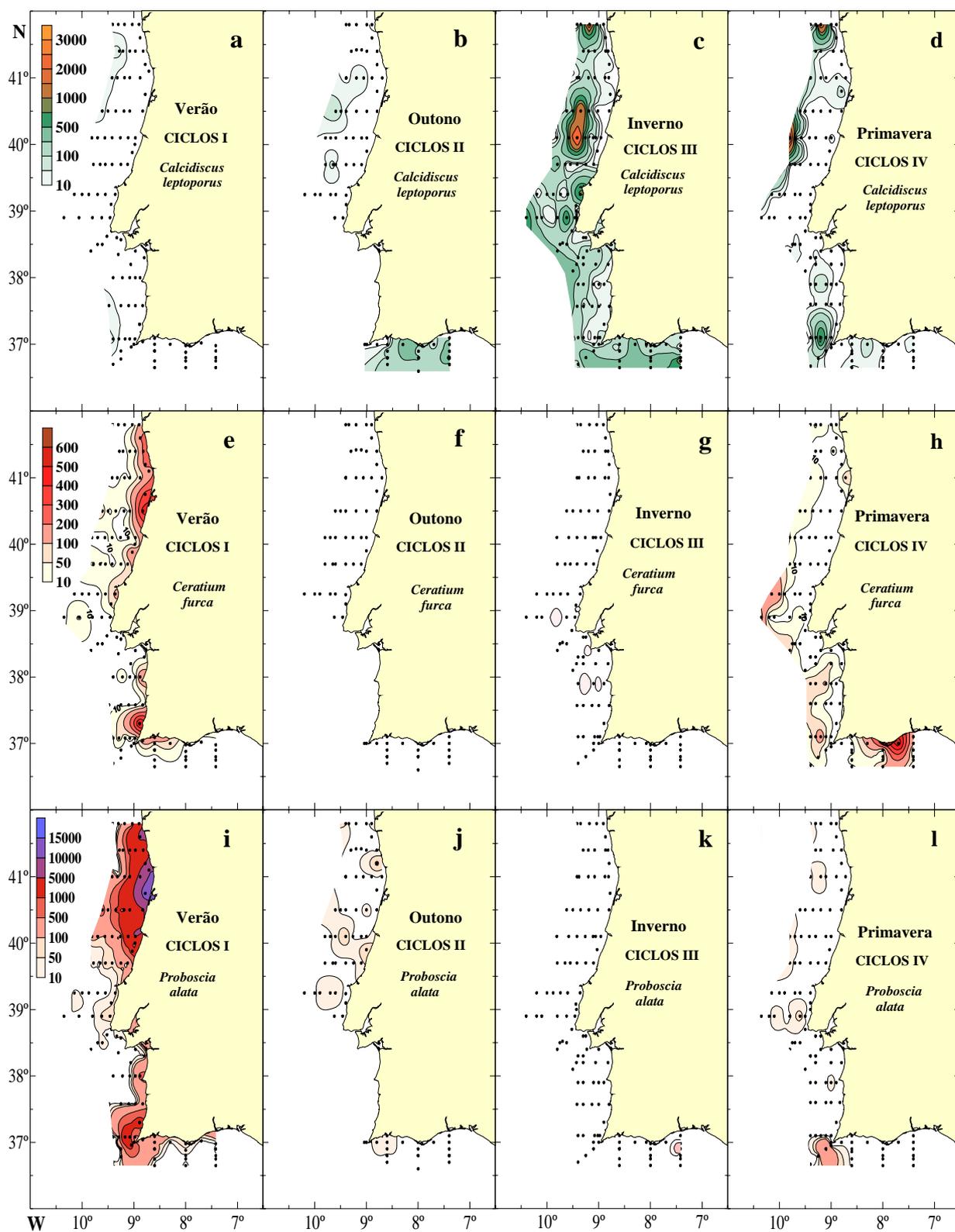


Figura 11. Distribuição das espécies (nº de cél. l⁻¹) correlacionadas positiva e negativamente com a CP2 (Tabela 2), nomeadamente o cocolitóforo *Calcidiscus leptoporus* (a-d), o dinoflagelado *Ceratium furca* (e-h) e a diatomácea *Proboscia alata* (i-l), durante os cruzeiros CICLOS I a IV.

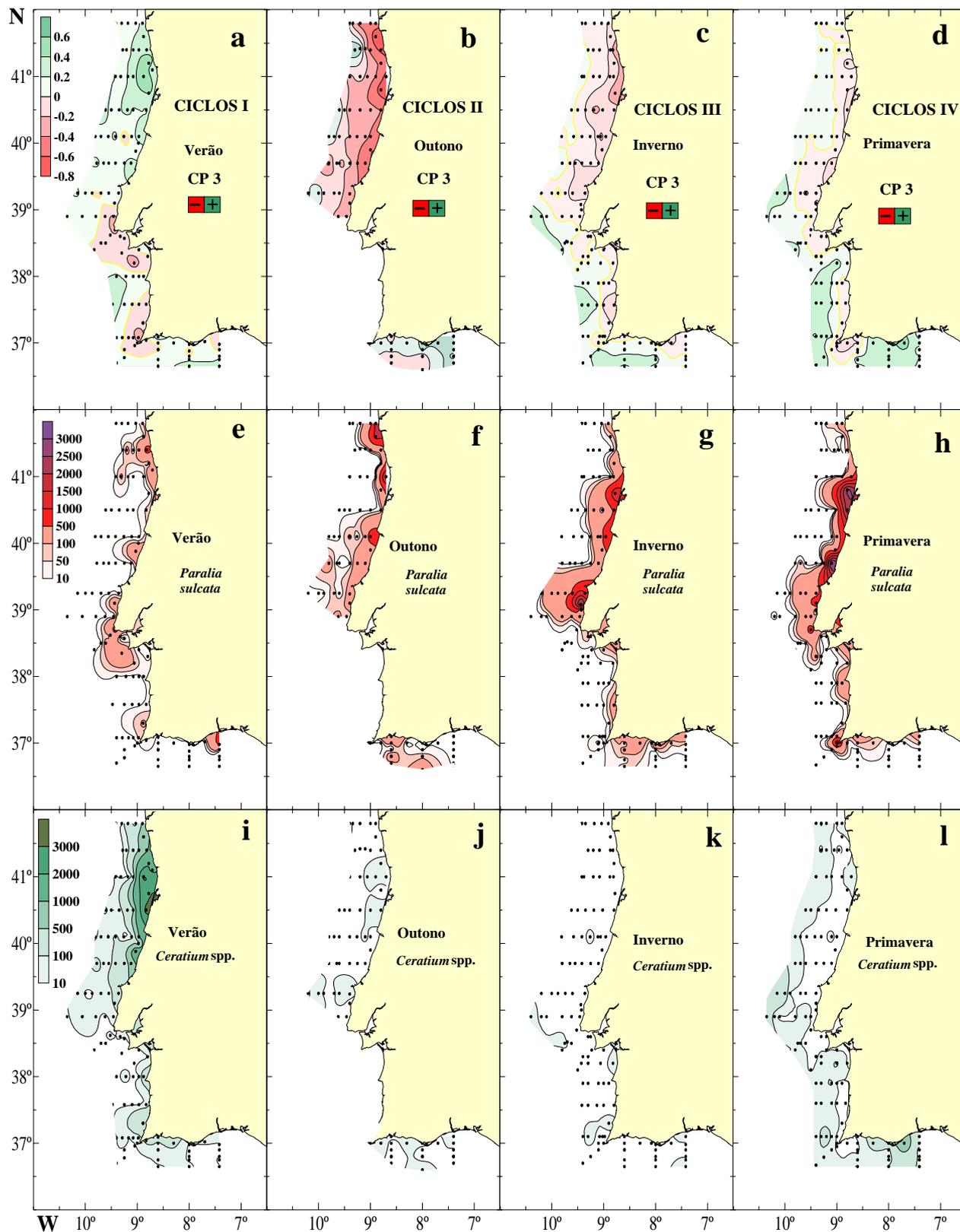


Figura 12. Distribuição da CP3, com base nas projecções de cada estação no espaço da componente, durante os cruzeiros CICLOS I (a), II (b), III (c) e CICLOS IV (d). Distribuição (n° de cél. l^{-1}), durante os mesmos cruzeiros, de *Paralia sulcata* (e, f, g, h) e *Ceratium spp.* (i, j, k, l), espécies correlacionadas negativa e positivamente com a CP3.

parte interna da plataforma entre Aveiro e Lisboa, área sujeita a um forte afloramento (Fig. 8d; Fig. 12a do capítulo 2.1). Na mesma época, nas costas SW e S, a CP1 apresentou quase sempre um gradiente costa-largo com os valores mais positivos junto à costa ou em torno do cabo de S. Vicente, reflectindo a presença de comunidades directamente relacionadas com o afloramento (Fig. 8d). Durante o Inverno, os valores positivos da componente estão relacionados com a abundância total do fitoplâncton, mas reflectem pouco a distribuição de clorofila *a*, cuja concentração foi muito baixa em toda a costa (Figs. 2c, 8c, 8g). As espécies com maior correlação positiva com a CP1 (>0.5) pertencem ao grupo das diatomáceas (Tabela 1). Todas as outras espécies apresentam também uma correlação positiva com a CP1, o que sugere, tal como acontece em estudos semelhantes, que esta componente representa a abundância das espécies fitoplanctónicas (Blasco *et al*, 1981). Nas Figs. 9a-h mostra-se a distribuição de *Chaetoceros* spp. e *Pseudo-nitzschia* spp., que dominaram toda a área de afloramento durante o Verão, e a região do cabo de S. Vicente durante o Outono. Relativamente às espécies anteriores, *D. pumila* mostrou uma correlação positiva menor com a CP1, dominou durante a Primavera e mostrou um padrão de distribuição semelhante a *Chaetoceros* spp. e *Pseudo-nitzschia* spp., para sul da Figueira da Foz (Figs. 9i-l).

A CP2 mostrou os máximos positivos durante o Inverno e os negativos durante o Verão, parecendo reflectir parte da variação sazonal da composição fitoplanctónica (Fig. 10). A distribuição da CP2 mostra também que, durante o Verão, os valores positivos coincidem com as águas oceânicas das costas SW e S, mas, durante o Outono, já ocupam toda a plataforma S e águas oceânicas a norte de Lisboa. No Inverno, contudo, já são observados ao longo de toda a costa, com excepção das estações mais costeiras da plataforma, a norte do canhão da Nazaré. As espécies mais correlacionadas com o semieixo positivo da CP2 foram na sua maioria constituintes do grupo dos cocolitóforos, destacando-se *Discosphaera tubifer*, *Ophiaster* spp., *Umbilicosphaera sibogae* e *Calcidiscus leptoporus* (Tabela 1, Figs. 11a-d). Dinoflagelados dos géneros *Ceratium* e *Dinophysis*, e também diatomáceas como *Proboscia alata* e *Eucampia zodiacus* foram os taxa mais correlacionados negativamente com a CP2 (Figs. 11e-l). Durante a Primavera, as distribuições das espécies correlacionadas positiva e negativamente com a CP2 parece coincidirem, dado tratar-se de um período de transição que corresponde a uma diminuição, desde o Inverno, das espécies como *C. leptoporus*, e ao início do desenvolvimento doutras que atingem o seu máximo no Verão, como *C. furca* e *P. alata* (Figs. 11d, 11h, 11l).

Nas Figs. 12a-d apresenta-se a distribuição da CP3. A componente separa principalmente as estações amostradas durante o Verão, no topo norte da costa ocidental (valores mais positivos), das amostradas durante os outros períodos do ano, em particular o Outono, quando a CP3 é mais negativa. Durante todas as épocas, a CP3 aparece, também, com valores positivos nas estações oceânicas. Espécies de diatomáceas como *P. sulcata*, *Thalassiothrix* spp. e *Odontella mobiliensis*, e de cocolitóforos como *E. huxleyi* e *Gephyrocapsa oceanica* encontraram-se correlacionadas negativamente com a CP3, em oposição ao género *Ceratium* e *Dinophysis* e aos cocolitóforos *Halloppappus*, *Michaelsarcia* e *D. tubifer*, com correlações positivas (Figs. 12e-12h; 12i-12l; Tabela 1).

Quando se analisa a distribuição dos grupos taxonómicos no espaço da CP1 e CP3, parece evidenciar-se a separação de quatro comunidades (Fig. 13): **A** (**A**floramento), caracterizado por diatomáceas abundantes nas águas de afloramento, ricas em nutrientes; **E** (**E**stratificação), composto por espécies que ocorrem em águas estratificadas ou durante as fases de relaxamento do afloramento; **RM** (**R**essuspensão e **M**istura), formado principalmente por diatomáceas com natureza mais bentónica, que podem ocorrer na coluna de água em períodos de ressuspensão de sedimento ou forte mistura da coluna de água; **O** (**O**ceânico), particularmente abundante na região da vertente, durante o Inverno, e constituído por espécies tropicais típicas de águas oceânicas oligotróficas, como *C. leptoporus*, *U. sibogae*, *Scyphosphaera apsteinii* e *Thoracosphaera heimii* (Brand, 1994; Hasle *et al.*, 1996). As diatomáceas do grupo **A** repartem-se pelos quadrantes positivo ou negativo da CP3, conforme ocorreram ao longo da costa em fases de relaxamento do afloramento (*P. alata*, *E. zodiacus*, *Guinardia striata*), ou em fases da sua intensificação (*Thalassiosira* spp., *Cylindrotheca closterium*, *Navicula* spp., *Thalassionema nitzschioides*). Cocolitóforos tais como *E. huxleyi* e *G. oceanica* associaram-se com a comunidade **RM**, enquanto outros com natureza mais oceânica, como *D. tubifer*, *H. adriaticus* e *Ophiaster* spp., ocorreram com a comunidade **E**.

Durante o cruzeiro de Outono, os dinoflagelados que formam cadeias, *G. catenatum* e *A. affine*, surgiram em simultâneo com a diatomácea *P. sulcata* e aparentemente associam-se no espaço da CP1 e CP3 (Fig. 13). *P. sulcata* tem natureza ticopelágica, sendo a sua presença na coluna de água normalmente associada a períodos de afloramento intenso (Blasco *et al.*, 1980, 1981; capítulo 3.1). Tendo o cruzeiro de Outono ocorrido sob condições de convergência costeira, não se esperava aquela associação das espécies. A análise posterior das amostras de diferentes níveis da coluna de água revelou que *G. catenatum* e *A. affine* surgiam em maior concentração nas amostras de

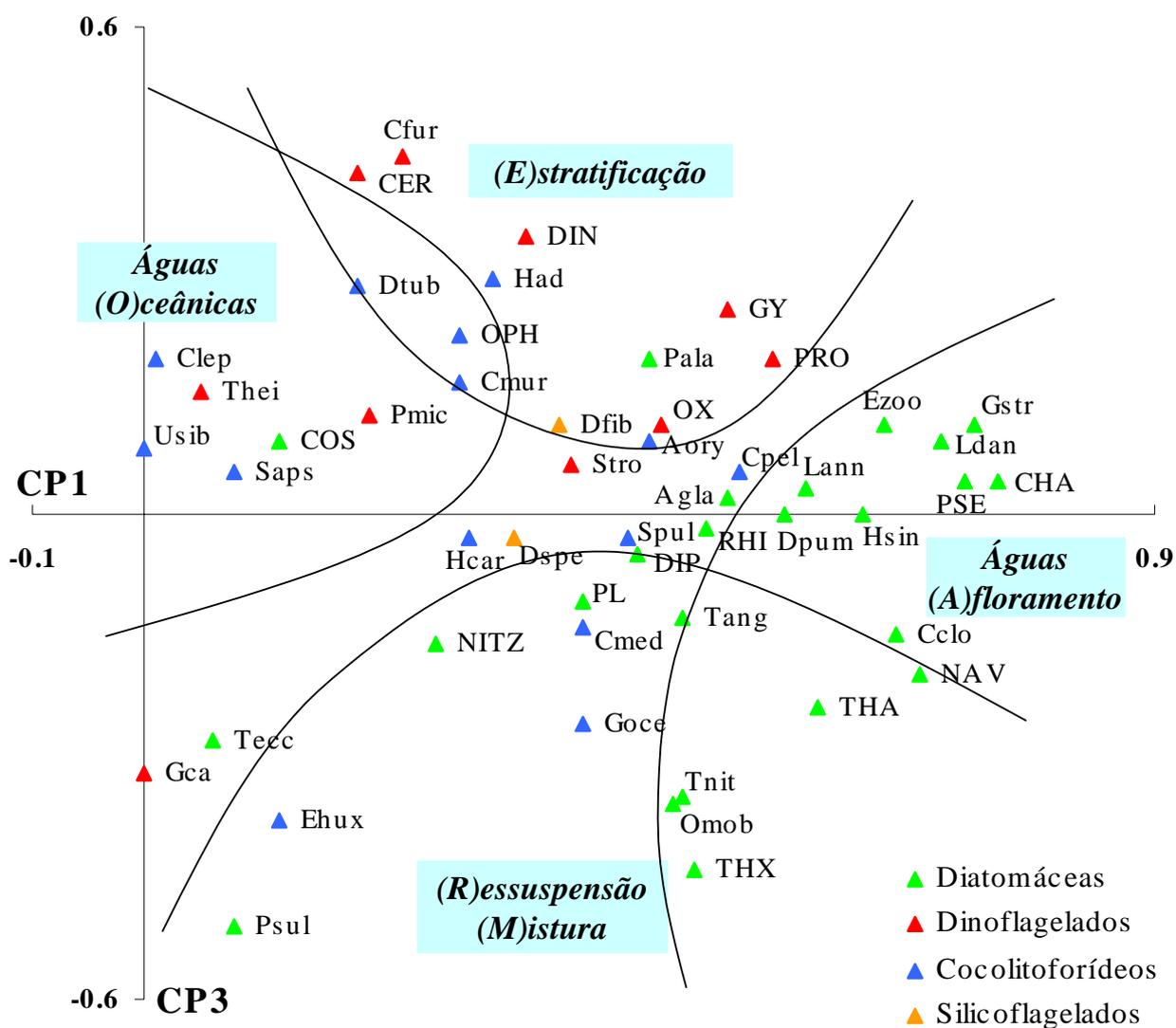


Figura 13. Distribuição das estações de colheita (a) e das espécies ou grupos taxonômicos (b) no espaço definido pelas CP1 e CP3. As abreviações das espécies e grupos taxonômicos encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Abreviatura dos taxa e grupos taxonómicos seleccionados para a ACP, ordenados alfabeticamente.

Códigos dos taxa	Taxa
Agla	<i>Asterionella glacialis</i> (Castracane) Round
Aory	<i>Algirosphaera oryza</i> Schlauder
Cclo	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reiman & Lewin
CER	<i>Ceratium</i> Schrank
Cfur	<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann
CHA	<i>Chaetoceros</i> Ehrenberg
Clep	<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich Jr & Tappan
Cmed	<i>Coronosphaera mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder
Cmur	<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran
COS	<i>Coscinodiscus</i> Ehrenberg
Cpel	<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller
Dfib	<i>Dictiocha fibula</i> Ehrenberg
DIN	<i>Dinophysis</i> Ehrenberg
DIP	<i>Diploneis</i> Ehrenberg
Dpum	<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran
Dspe	<i>Distephanus specillum</i> Ehrenberg
Dtub	<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld
Ehux	<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler
Ezoo	<i>Eucampia zoodiacus</i> Ehrenberg
Gca	<i>Gymnodinium catenatum</i> Graham + <i>Alexandrium affine</i> (Inoue & Fukuyo) Balech
Goce	<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner
Gstr	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle
GY	<i>Gymnodinium</i> Stein + <i>Gyrodinium</i> Kofoid & Swezy
Had	<i>Hallopappus adriaticus</i> Schiller+ <i>Michaelsarcia elegans</i> Gran
Hcar	<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich) Kamptner
Hsin	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville
Lann	<i>Lauderia annulata</i> Cleve
Ldan	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve
NAV	<i>Navicula</i> Bory
NITZ	<i>Nitzschia</i> Hassal
Omob	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow
OPH	<i>Ophiaster</i> Gran
OX	<i>Oxytoxum</i> Stein + <i>Corythodinium</i> Loeblich Jr & Loeblich III
Pala	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström
PL	<i>Pleurosigma</i> Smith + <i>Gyrosigma</i> (Hassall) Cleve
Pmic	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg + <i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller
PRO	<i>Protoperdinium</i> Bergh
PSE	<i>Pseudo-nitzschia</i> Peragallo in H. & M. Peragallo
Psul	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve
RHI	<i>Rhizosolenia</i> Brightwell
Saps	<i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann
Spul	<i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann
Stro	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III
Tang	<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (Schmidt) Fryxell & Hasle
Tecc	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve
THA	<i>Thalassiosira</i> Cleve
Thei	<i>Thoracosphaera heimii</i> (Lohmann) Kamptner
THX	<i>Thalassiothrix</i> Cleve & Grunow
Tnit	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Grunow ex Hustedt
Usib	<i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder

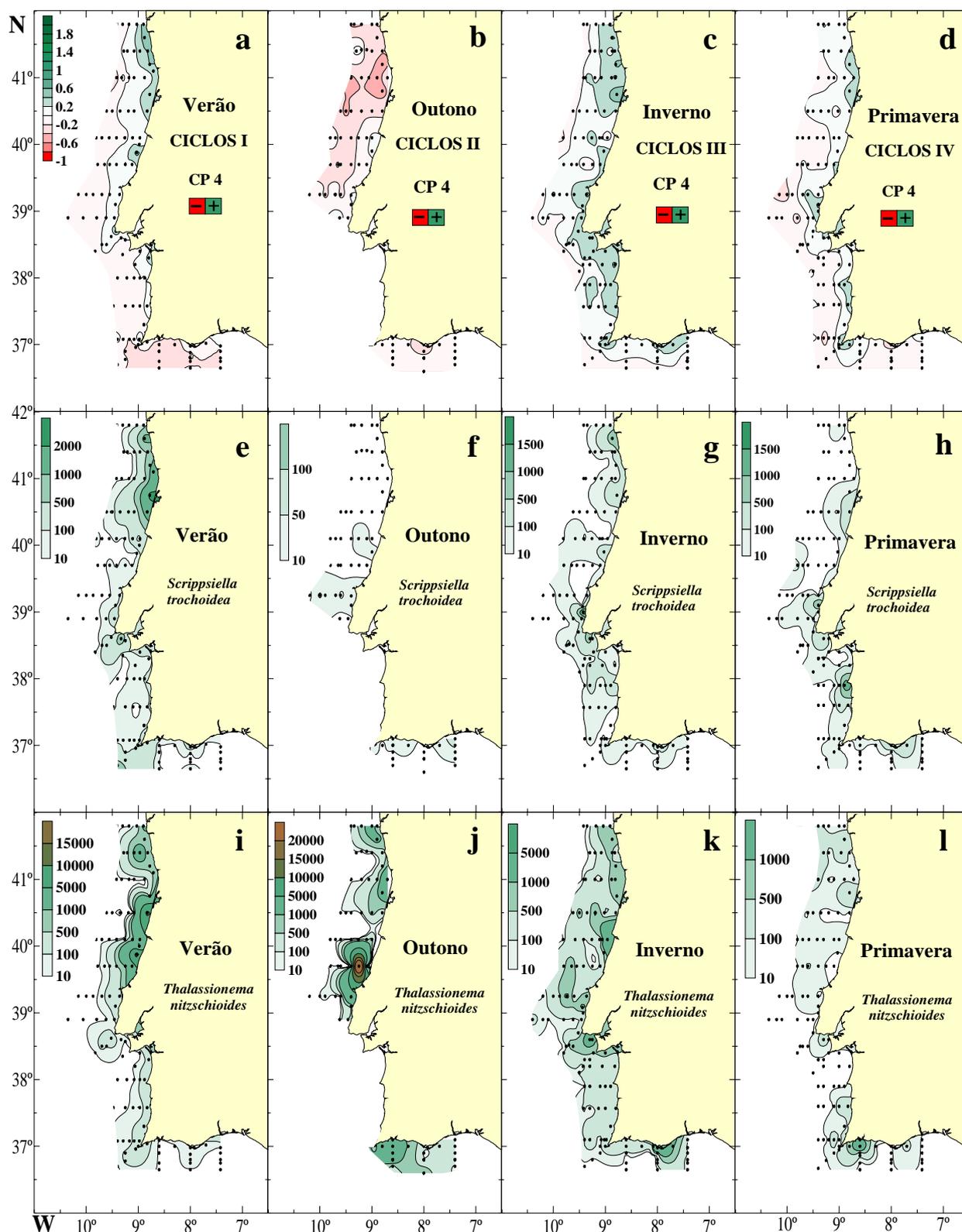


Figura 14. Distribuição da CP4, com base nas projecções de cada estação no espaço da componente, durante os cruzeiros CICLOS I (a), CICLOS II (b), CICLOS III (c) e CICLOS IV (d). Distribuição (nº de cél. l⁻¹), durante os mesmos cruzeiros, de *Scrippsiella trochoidea* (e, f, g, h) e *Thalassionema nitzschioides* (i, j, k, l), espécies correlacionadas positivamente com a CP4.

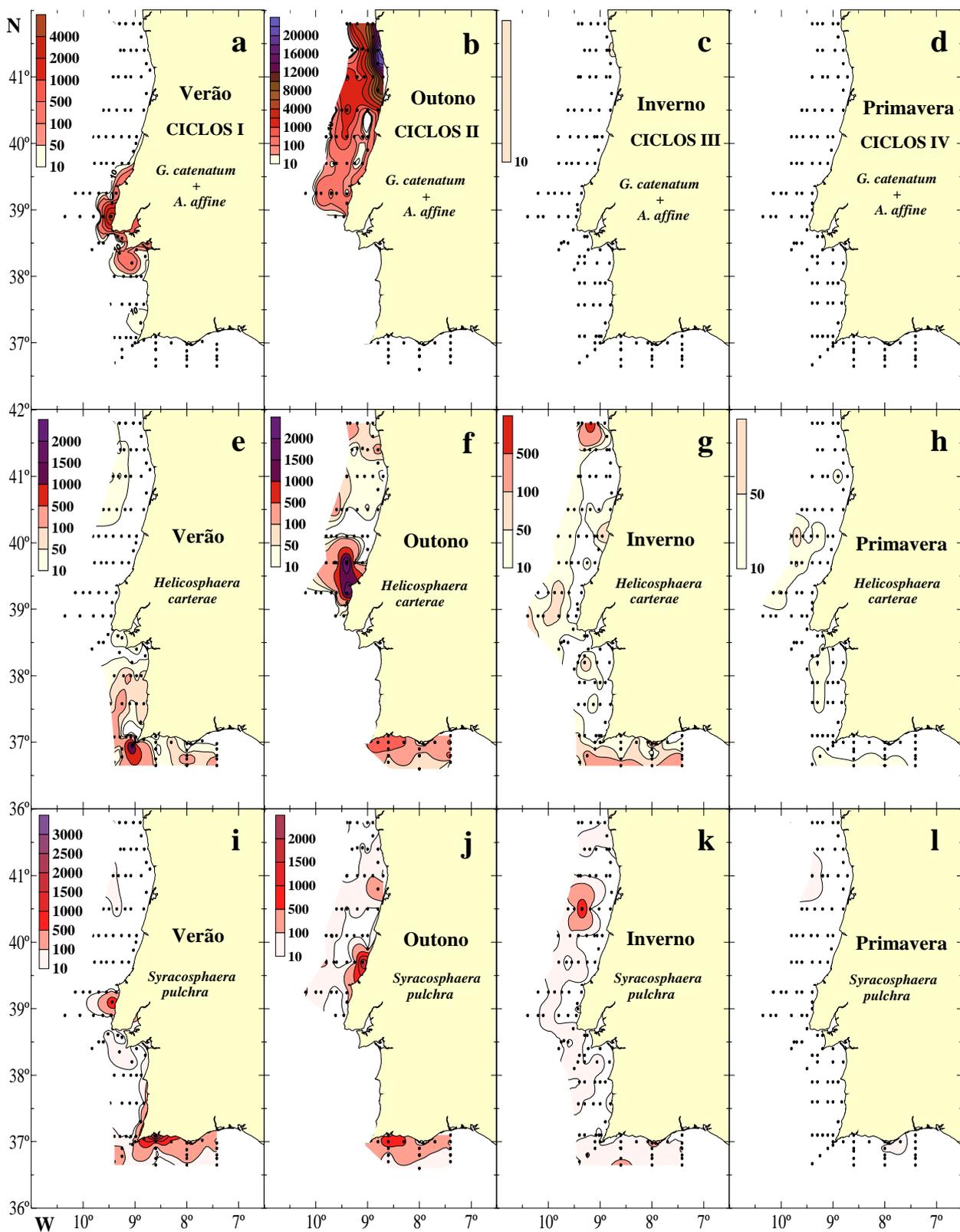


Figura 15. Distribuição (nº de cél. l⁻¹), durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV, de *Gymnodinium catenatum* + *Alexandrium affine* (a, b, c, d), *Helicosphaera carterae* (e, f, g, h), e de *Syracosphaera pulchra* (i, j, k, l), espécies correlacionadas negativamente com a CP4.

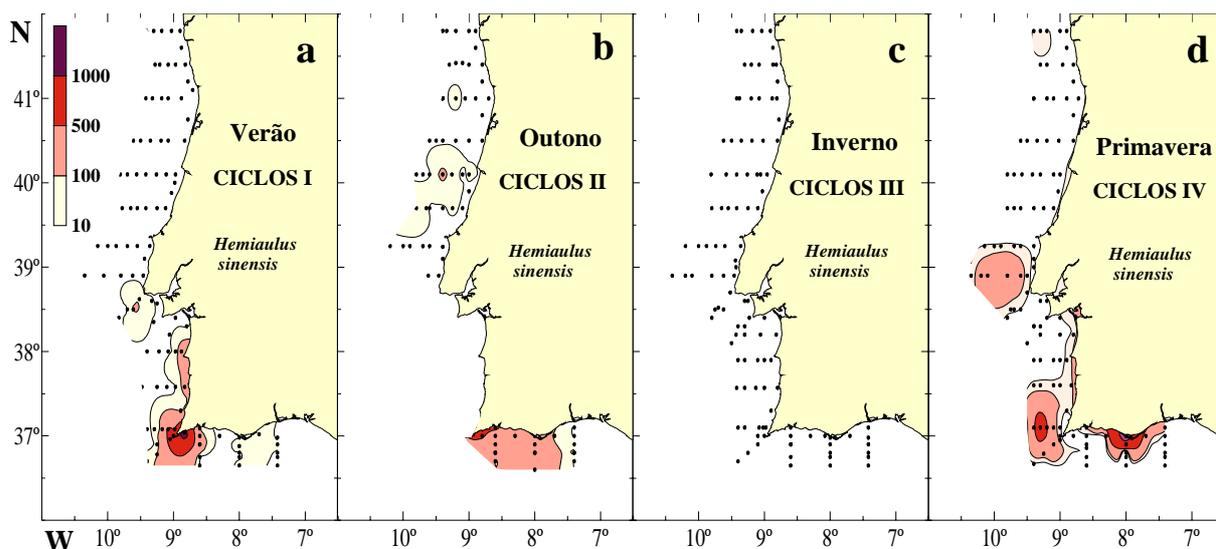


Figura 16. Distribuição (n° de cél. l^{-1}), durante os cruzeiros CICLOS I, II, III e IV, de *Hemiaulus sinensis* (a, b, c, d).

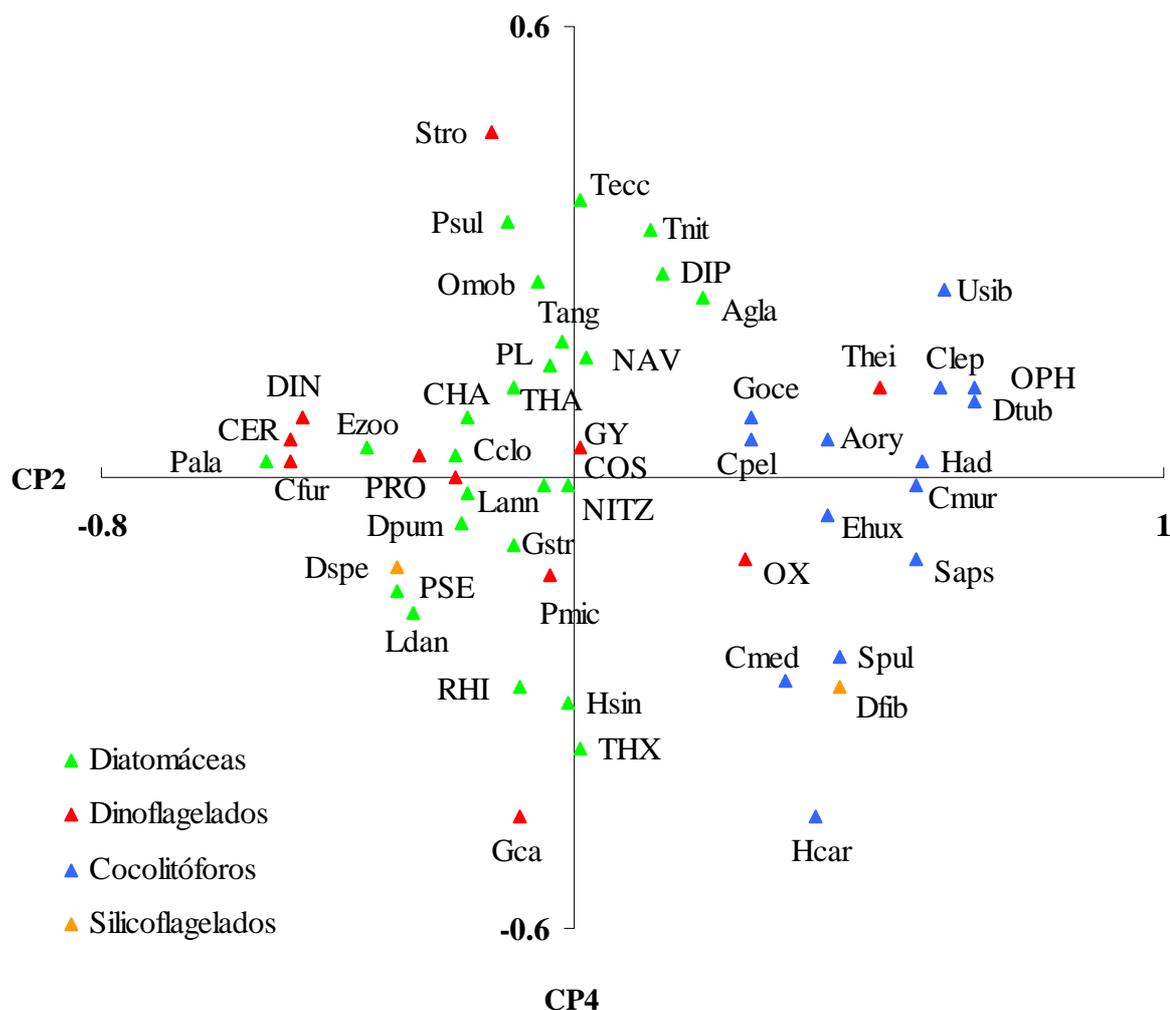


Figura 17. Distribuição das espécies/grupos taxonômicos no espaço definido pelas CP2 e CP4. As abreviaturas das espécies encontram-se na Tabela 2.

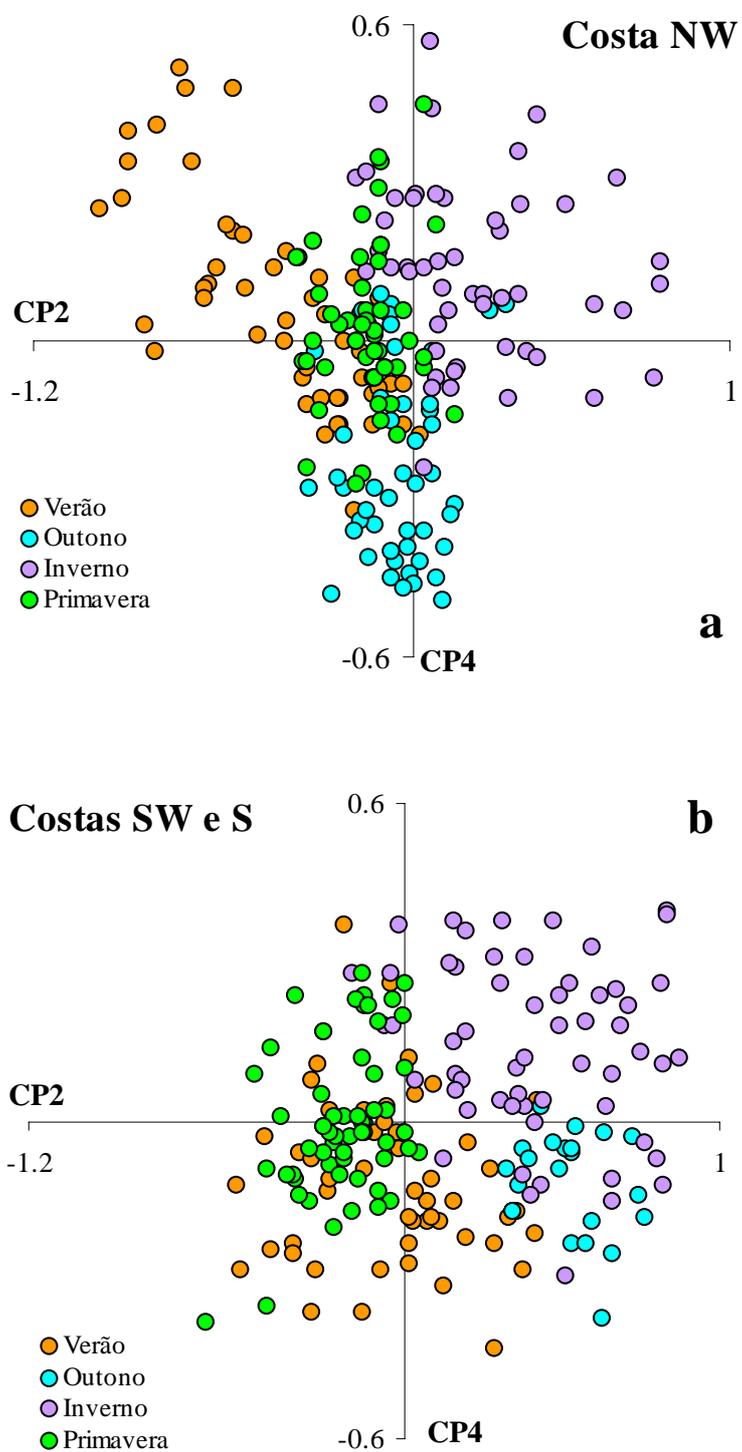


Figura 18. Distribuição das estações de colheita a norte (a) e a sul (b) de Lisboa, no espaço definido pelas CP2 e CP4.

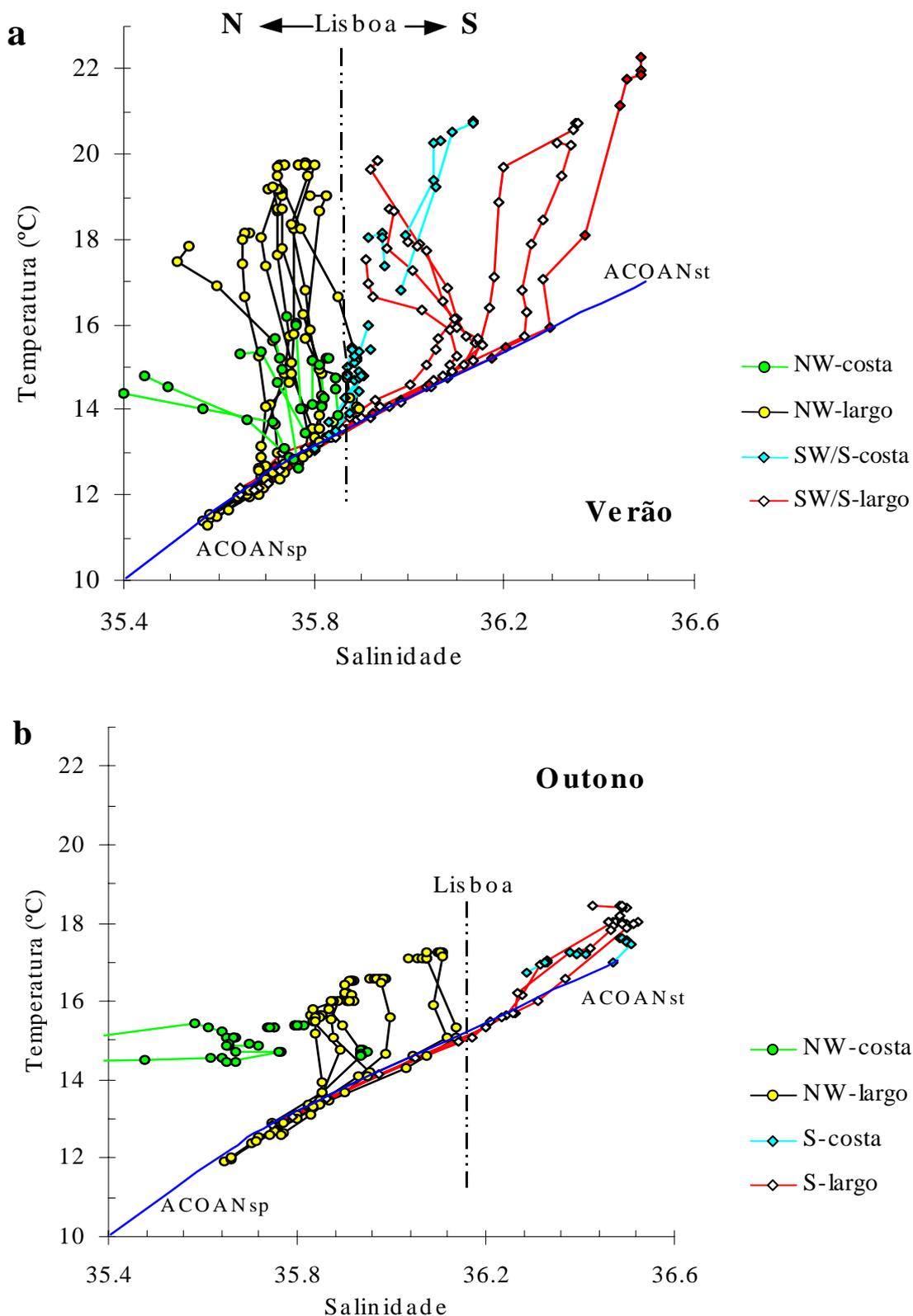


Figura 19. Diagramas T/S da estação mais costeira e da mais oceânica de cada uma das secções amostradas durante os cruzeiros CICLOS I (a) e II (b). ACOANst (ramo subtropical da Água Central Oriental do Atlântico Norte) e ACOANsp (ramo subpolar da Água Central Oriental do Atlântico Norte), tal como definido por Fiúza (1984) e designado por Rios *et al.* (1992).

superfície, quando *P. sulcata* se distribuía nos níveis mais fundos. A forte ondulação que se fez sentir durante o cruzeiro, devida aos ventos de sul (e que motivou a interrupção do mesmo na costa SW), poderá ter sido responsável pela ressuspensão de *P. sulcata* na coluna de água.

Nas Figs. 14-14d mostra-se a distribuição da CP4. As espécies *G. catenatum* e *A. affine*, *Helicosphaera carteri*, *Syracosphaera pulchra*, *Hemiaulus sinensis* e *Thalassiothrix* correlacionaram-se negativamente com a CP4, em oposição a *Scrippsiella trochoidea*, *Thalassiosira eccentrica*, *P. sulcata* e *T. nitzschioides*, com correlações positivas (Tabela 1, Figs. 14e -14h, 15a-15h, 16a-d). O significado desta componente é já complexo, mas, parece reflectir, durante o Verão, alguma variação espacial das comunidades presentes a norte e a sul do cabo Carvoeiro, e ainda parte da variação sazonal não explicada pela CP2, como a presença, durante o Outono, para norte do cabo Carvoeiro, de uma comunidade de espécies que, no Verão, esteve preferencialmente distribuída para sul deste cabo. Esta interpretação torna-se mais evidente quando se analisa a posição, no espaço das CP2 e CP4, das entidades taxonómicas e projecção das estações, respectivamente, nas costas NW e SW/S (Figs. 17 e 18). Na plataforma NW, distingue-se bem a sucessão das condições de Verão-Outono-Inverno, e a CP4 separa o Outono dos outros períodos do ano (Fig. 18a). Neste caso, os dinoflagelados *G. catenatum* e *A. affine*, que apresentaram *blooms* durante o Outono (no Verão distribuíram-se na região de Lisboa), opuseram-se a *S. trochoidea* cujas máximas concentrações foram observadas no Verão, tal como já notado noutros anos (Cunha *et al.*, 1984). Nas costa SW e S, o Verão aparece mais correlacionado com o semi-eixo negativo da CP4 (Fig. 18b). Aqui, a comunidade designada por **VS** (Verão-Sul), e constituída por espécies como *H. carteri*, *S. pulchra*, *H. sinensis*, surge preferencialmente associada às águas afloradas a sul do cabo Carvoeiro, em particular ao centro de afloramento do cabo de S. Vicente (Figs. 15e, 15i, 16a). Nesta comunidade não se inclui *G. catenatum*, pois, no Verão, esta espécie estaria restrita à região de Lisboa. Como referido no capítulo 2.1 e se mostra na Fig. 19, as características termohalinas das águas superficiais foram acentuadamente diferentes para norte e para sul de Lisboa, no Verão e Outono. Durante o Outono, a comunidade **VS** já ocupa a plataforma a norte do cabo Carvoeiro, tal como *G. catenatum*, mas as águas a norte de Lisboa passam a ser mais salinas e com características de temperatura e salinidade como as da costa SW durante o Verão, sendo também mais influenciadas pela ACOANst.

Na Fig. 18a mostra-se que, na costa NW, o Verão aparece marcado por uma mistura de espécies da comunidade já descrita como grupo **E**, típicas de águas

estratificadas e dos estádios finais de sucessão da época de afloramento (*Ceratium* spp., *E. zodiacus*, *Dinophysis* spp., *P. alata*) (Margalef *et al.*, 1955; Figueiras & Rios, 1993), e por espécies correlacionadas com o semi-eixo positivo da CP4, adaptadas a condições de turbulência (*T. eccentrica*, *P. sulcata* e *T. nitzschoides*). A este último grupo associa-se *S. trochoidea*, mas a sua presença não parece invulgar, dado ser um dinoflagelado nerítico, muito comum em águas estuarinas (Steidinger & Tangen, 1996). Visto que, com excepção de algumas estações junto à costa, as condições gerais de Verão, a norte do cabo Carvoeiro, foram de estratificação da coluna de água, a junção das duas comunidades poderá dever-se não só à intermitência do afloramento mas também à metodologia de estudo, na qual se misturaram todos os níveis da coluna de água. Nas costas SW e S, onde as condições de estratificação foram inferiores às da costa NW, a comunidade **E** ocorre em menores concentrações ou é removida para a periferia do centro de afloramento do cabo de S. Vicente (Figs. 11e, 11i, 12i; Fig. 15a do capítulo 2.1).

As Figs. 17 e 18 evidenciam que o Inverno é caracterizado em toda a costa pela presença das comunidades já definidas como **O** e **RM**, ou seja, quando dominam espécies de coccolitóforos de águas tropicais em conjunto com outras adaptadas a condições de turbulência na coluna de água. Na costa S, as estações de Outono surgem já sobrepostas às de Inverno, reflectindo a presença da comunidade **O** (ver por exemplo a distribuição de *C. leptoporus*, Figs. 11b e 11c). A amostragem de Primavera aparece em toda a costa, mas especialmente na costa NW, pouco diferenciada no espaço das CP2 e CP4. No entanto, a projecção das estações indica estarem mais relacionadas com o semi-eixo negativo da CP2 e, como tal, com as condições de Verão. Nas costas SW e S, a sobreposição das estações de Primavera e Verão é mais marcada, reflectindo a presença de espécies como, por exemplo, *C. furca* ou *H. sinensis* (Figs. 11h e 16d).

Discussão

Os resultados revelam que as abundâncias médias na coluna de água do fitoplâncton total e dos principais grupos se situam na ordem de valores observados noutras áreas de afloramento (Tabela 3). Parece importante salientar, no entanto, que a identificação e abundância dos vários grupos e espécies fitoplanctónicas são dependentes da metodologia utilizada, quer em termos do fixador utilizado na preservação das amostras quer do método utilizado na identificação e quantificação das mesmas (capítulo 5), aspectos largamente discutidos por Margalef (1973, 1975, 1978b). Assim, enquanto nos nossos resultados o total de células de fitoplâncton inclui a presença da classe

Prymnesiophyceae (cocolitóforos), mas não a de outros grandes grupos de fitoflagelados, grande parte dos trabalhos em áreas de afloramento não identifica o grupo dos cocolitóforos. Por exemplo, nas águas de afloramento da plataforma Ibérica, apenas Estrada (1984) identificou e quantificou a ocorrência dos mesmos.

Tabela 3. Máximos de fitoplâncton (cél. l⁻¹) observados em áreas de afloramento.

	Referência	Área	Fito-plâncton total	Diatomáceas	Dinoflagelados	Cocolitóforos
Costa Atlântica da Península Ibérica	CICLOS I-IV	Portugal	8x10⁵	7x10⁵	3x10⁴	6x10⁴
	Mendes, 1997	Portugal, Lat.: 39°45'N	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴	10 ⁶
	Mendes, 1999	Portugal, Lat.: 39°45'N	5x10 ⁵	3x10 ⁴	2x10 ⁴	3x10 ⁴
	Varela, 1982; Estrada, 1984	Espanha Plataforma da Galiza	10 ⁶	6x10 ⁶	2x10 ⁵	10 ⁴
	Fernandez & Bode, 1994; Casas <i>et al.</i> , 1999	Baía da Biscaia	10 ⁶	7x10 ⁶	10 ⁵	--
Outras áreas de afloramento	Blasco, 1977; Estrada & Blasco, 1979; Beers <i>et al.</i> , 1980	S Califórnia	9x10 ⁵	3x10 ⁵	7x10 ⁴	10 ⁵
	Margalef, 1975; Blasco <i>et al.</i> , 1980	NW África	10 ⁶	7x10 ⁵	7x10 ⁴	10 ⁵
	Blasco, 1971; Mendiola, 1981	Peru	10 ⁶	4x10 ⁶	3x10 ⁵	5x10 ⁴
	Olivieri, 1983; Vavilova, 1990; Giraudeau <i>et al.</i> , 1993; Pitcher & Boyd, 1996	Benguela	3x10 ⁶	10 ⁶	10 ⁵	5x10 ⁵

Qualquer sucessão fitoplanctónica é iniciada durante um período de forte mistura vertical da coluna de água, ou seja, durante o Inverno-início da Primavera, num ciclo sazonal de uma zona temperada, e também na fase de intensificação da época/evento do afloramento (Margalef, 1962, *in* Margalef, 1967; Smayda, 1980). A sequência da amostragem realizada (Verão-Outono-Inverno-Primavera) insere, assim, os nossos resultados, no final de um ciclo de sucessão sazonal (Verão e Outono) e início de outro (Inverno e Primavera), mas em cada um dos períodos reflecte as condições oceanográficas ocorridas, permitindo tirar ilações sobre o ciclo sazonal fitoplanctónico. A utilização da ACP, revelou ter sido eficaz em separar as principais fontes de variação das comunidades fitoplanctónicas na área e períodos de estudo, apesar da amostragem ter sido complexa, visto incluir variações sazonais, geográficas e em profundidade, além do comportamento das várias espécies de fitoplâncton face às diferentes fases de intensificação do afloramento ao longo da costa.

Variação sazonal dos grandes grupos de fitoplâncton e das comunidades fitoplanctónicas

A variação sazonal do fitoplâncton ao longo da costa portuguesa relacionou-se com o ciclo sazonal do afloramento, com o ciclo sazonal de estratificação da coluna de água e com a influência sazonal de águas oceânicas oligotróficas sobre a plataforma.

O processo de afloramento costeiro foi responsável, à escala sazonal, pela maior abundância de fitoplâncton, das diatomáceas e da comunidade **A**, durante o Verão e Primavera (Figs. 2, 8, 9). Como se mostrou no capítulo 2.1, o cruzeiro de Verão efectuou-se durante o pico de maior afloramento em 1985, e o de Primavera quando os episódios de afloramento passaram a ser mais persistentes, alguns com intensidade superior ao Verão, logo após a época de convergência costeira. No Inverno, caracterizado por episódios de afloramento curtos, o fitoplâncton mostrou as concentrações mínimas. Neste período, a dominância relativa das diatomáceas passou a ser substituída pela dos coccolitóforos (Figs. 3 e-h).

Como se mostra na Fig. 20, na comunidade **A** incluíram-se as espécies correspondentes ao primeiro e segundo estádios de sucessão de uma comunidade fitoplanctónica (Margalef *et al.*, 1955, Margalef, 1978b). Estas espécies são características de águas sujeitas a turbulência e ricas em nutrientes e, na sua maioria, aparecem envolvidas em mucilagem ou secreções, ou podem formar cadeias, como adaptação a uma maior fluutuabilidade (Margalef, 1978b). Possuem, também, altas taxas de crescimento quando passam da obscuridade para a luz, o que lhes permite dominar o fitoplâncton em águas recentemente afloradas (Malone, 1980). Estudos por nós realizados sobre o acompanhamento diário da sucessão das populações fitoplanctónicas durante o desenvolvimento de um episódio de afloramento na costa NW (cruzeiro CECIR XIII-1987, condições físicas parcialmente publicadas no capítulo 3.2 e 4.4), mostraram que pequenas células de *Chaetoceros* (entre outros, *C. socialis*) atingem 10^5 cél.l⁻¹ entre o primeiro e o terceiro dia do forçamento de ventos norte; *Thalassiosira* (entre outras, *T. cf. subtilis*) atinge concentrações semelhantes entre o terceiro e o quinto dia; *T. nitzschoides* alcança 10^4 cél.l⁻¹ ao fim de 4 dias de afloramento. Atendendo a esses resultados, incluiu-se *T. nitzschoides* na comunidade **A**, embora tenha tido uma correlação de $r=0.48$ com a CP1. De facto, esta espécie observou-se durante todos os períodos do ano, e atingiu os máximos durante o período de Outono, sob condições de convergência, e será favorecida sempre que exista alguma turbulência e disponibilidade de nutrientes na coluna de água (Figs.14i-l). De acordo com Abrantes (1988), o registo de *T.nitzschoides* nos sedimentos superficiais da

costa de Portugal, parece indicar situações de afloramento fraco. Na costa da Galiza *T. nitzschioides* é considerada como indicadora do afloramento para norte do cabo Finisterra (Varela, 1992).

Outra importante fonte de variação sazonal, relacionou-se com a maior abundância durante o Inverno e Primavera da comunidade de cocolitóforos do grupo **O**, ao longo da vertente da costa ocidental (Figs. 11b, 11d). Esta comunidade, na qual se inclui o dinoflagelado *T. heimii* (espécie até recentemente considerada como cocolitóforo), distribuiu-se principalmente nas águas oceânicas, sendo pouco abundante durante o Verão e Outono (Figs. 11a, 20). Durante a época de convergência costeira, a acção combinada do transporte de Ekman para a costa e o escoamento oceânico zonal de grande escala para leste, produz um empilhamento de água sobre a plataforma/vertente superior, dando origem a uma corrente sobre a vertente, a Contracorrente Costeira de Portugal, que se dirige para norte (Frouin *et al.*, 1990; Fiúza *et al.*, 1998). A distribuição da comunidade **O**, característica de águas tropicais e subtropicais mais quentes e salinas, parece mostrar que as espécies que a compõem são boas indicadoras do período e área de influência dessas águas (*e.g.* Inverno). Estes resultados foram já confirmados por amostragens em anos seguintes (capítulo 3.2; Mendes, 1997; Mendes, 1999).

No capítulo 2.1 mostrou-se também que o ciclo de estratificação anual da coluna de água foi caracterizado por máximos de estratificação durante o cruzeiro de Verão, seguido do Outono, e por mínimos no de Inverno. Os dinoflagelados, em geral, e a comunidade **E**, em particular, foram indicadores dessa variabilidade (Figs. 6, 20). Esta comunidade, constituída por dinoflagelados autotróficos e heterotróficos, corresponde ao último estado de uma sucessão fitoplanctónica, tal como definida por Margalef (1978b), e é largamente citada durante os períodos de estratificação nos vários oceanos e nas várias áreas de afloramento. A relação de espécies do género *Dinophysis* com as condições de estratificação observadas na costa portuguesa em anos subsequentes foi apresentada por Palma *et al.* (1998), capítulo 4.3 desta tese. Tal como observado por Fernandez & Bode (1994), em águas da baía da Biscaia, *C. furca* pode ocorrer em águas com menor estratificação (caso do cabo de S. Vicente, no Verão, Fig. 11e), quando outros *Ceratium*, como *C. fusus*, têm preferência por águas muito estratificadas (Fig. 12i). Também em conformidade com as observações daqueles autores, a diatomácea *Proboscia alata* faz parte da comunidade **E**. A capacidade de espécies dos géneros *Rhizosolenia* (género ao qual pertencia até recentemente *P. alata*) e *Hemiaulus* ocorrerem em águas oligotróficas tem sido atribuída quer à presença no interior das células da cianobactéria endosimbionte,

fixadora de azoto, *Richelia intracellularis*, quer à sua capacidade para realizar migrações verticais (Venrick, 1974; Villareal *et al.*, 1993; Villareal, 1994).

No Outono, as condições de convergência costeira na costa NW e a diminuição da estratificação da coluna de água parece favorecerem o desenvolvimento dos dinoflagelados que formam cadeias, *G. catenatum* e *A. affine*, as quais, tendo uma maior capacidade natatória para migrações verticais, ganham vantagem sobre as outras espécies de dinoflagelados solitários na competição pelos nutrientes disponíveis (Fraga *et al.*, 1989). Conseguem, adicionalmente, manter-se melhor na zona eufótica em áreas de convergência, não sofrendo aí perdas por afundamento e dispersão. Até 1995, os *blooms* de *G. catenatum* repetiram-se, durante o Outono, nas águas da costa ocidental da Península Ibérica (capítulos 4.1 e 4.2).

No Inverno e Primavera, quando as condições de estratificação térmica foram mínimas sobre a plataforma ocidental, prevaleceu na região costeira a comunidade **RM**, que inclui espécies ticopelágicas, bentónicas ou simplesmente neríticas, como *P. sulcata*. Entre as secções s1 a s3 esta comunidade diminui na Primavera, aparentemente em consequência de uma maior estabilidade da coluna de água devida à superior estratificação halina (Figs. 12g, 12h, 20).

Variação espacial dos grandes grupos de fitoplâncton e das comunidades fitoplanctónicas

Variabilidade costa-largo

O processo de afloramento costeiro mostrou ser, tal como à escala sazonal, o principal responsável pelas variações costa-largo das populações de fitoplâncton, sendo as diatomáceas e a comunidade **A** os grupos que mais se relacionaram com essa variabilidade (Fig. 20). As espécies da comunidade **A** são largamente citadas para outras áreas de afloramento, sendo características dos centros de afloramento onde a produção é máxima (Blasco *et al.*, 1980, Blasco *et al.*, 1981, Olivieri, 1983, Lange *et al.*, 1994, Sancetta, 1995). Assim, durante o período de Verão, quando os gradientes costa-largo foram máximos, o padrão geográfico da distribuição fitoplanctónica relacionou-se directamente com o do campo da temperatura, sendo as maiores concentrações de células observadas junto à costa, nos centros de afloramento (Fig.2a; Fig. 6a do capítulo 2.1). Na costa NW, o gradiente estabelece-se paralelamente à costa, e a sul de Lisboa, em torno do centro de afloramento do cabo de S. Vicente. No Outono, a amostragem, apesar de efectuada sob condições de convergência costeira, decorreu logo após a época de afloramento. Consequentemente, o

padrão de distribuição observado foi ainda o de Verão, embora com uma variação costa-largo menos acentuada, sendo visíveis máximos no cabo de S. Vicente, estendendo-se ao longo da vertente da costa Algarvia (Figs. 5b, 9b, 9f, 9j). No período de Inverno, a variabilidade costa-largo foi mínima, dado o fitoplâncton ter-se distribuído heterogeneamente ao longo de toda a costa. Após essa época, durante a Primavera, os episódios de afloramento passaram a ser mais persistentes e o fitoplâncton começou de novo a evidenciar um padrão de variação costa-largo, especialmente visível nas costas SW e S (Fig. 2d). Na plataforma NW, contudo, observaram-se mínimos na região costeira, provavelmente devidos, como já discutido no capítulo 2.1, a um episódio de afloramento mais intenso, que terá arrastado o fitoplâncton para as estações mais oceânicas. Com um afloramento muito intenso, o fitoplâncton sofre também elevadas perdas por dispersão, não se mantendo nos centros com elevada turbulência (Margalef, 1978b).

Fora dos centros de afloramento, a dominância relativa das diatomáceas passa a ser substituída pela dos coccolitóforos (Figs. 3e-h). Mesmo durante o período de Verão, quando as concentrações máximas de coccolitóforos se verificaram no centro de afloramento do cabo de S. Vicente, a sua representatividade no fitoplâncton foi inferior a 20% (Figs. 3a, 3e). As suas abundâncias relativas aumentaram posteriormente para a periferia do centro. Varela (1992) refere que, durante os períodos de não-afloramento, as águas da Galiza são dominadas por dinoflagelados, flagelados e microflagelados. Como grande parte dos coccolitóforos possui flagelos, este grupo, provavelmente, não terá sido separado na identificação do nanoplâncton da maior parte dos estudos da Galiza, já que Estrada (1984) observou que o mesmo pode atingir 10^4 cél. l⁻¹. A espécie mais abundante foi *E. huxleyi*, coccolitóforo cosmopolita que domina frequentemente as áreas de afloramento (Mitchell-Ines & Winter, 1987). De acordo com Brand (1994), e ao contrário da maior parte dos coccolitóforos de águas estratificadas tropicais ou subtropicais, a abundância desta espécie e de *Gephyrocapsa oceanica* (que acompanhou *E. huxleyi*, em grande parte das amostras) aumenta como resposta a um enriquecimento em nutrientes. Como se verificou, ambas as espécies não se inseriram directamente na comunidade de afloramento, e as populações de *E. huxleyi* diminuíram a sua concentração nos centros de afloramento (Figs. 4a, 4d, 13). Ocorreram, no entanto, em períodos e áreas de alguma turbulência na coluna de água, nomeadamente o período de Inverno ou a periferia do centro de afloramento do cabo de S. Vicente durante o Verão (Figs. 4a, 4c). Associaram-se, em consequência, com a comunidade **RM**, mas, ao contrário das outras espécies desta comunidade presentes em todas as áreas ou períodos marcados por uma maior turbulência

na coluna de água (períodos de afloramento forte, convecção de Inverno ou tempestades devidas a ventos sul), parece terem preferência por uma turbulência menor (Figs. 13 e 20).

Mais ao largo, nas águas oceânicas oligotróficas não influenciadas pelo afloramento, domina a comunidade **O** (Figs. 11, 20). No Outono, esta comunidade distribuiu-se também na plataforma S, mas fora do centro de afloramento do cabo de S. Vicente.

Durante o cruzeiro de Verão, na costa NW, a comunidade **A**, indicadora de águas de afloramento, observa-se misturada com a comunidade **E**, indicadora de condições de estratificação (Figs. 5a, 6a, 9e, 11e, 11i). Não é estranha esta mistura dos dois grupos, tendo em conta que o afloramento apresenta uma natureza intermitente e que o mesmo foi de fraca intensidade, não destruindo totalmente a estratificação junto à costa nas três primeiras secções (Figs. 4, 18a e 19a do capítulo 2.1). As espécies do género *Pseudo-nitzschia*, apesar de serem consideradas como indicadoras de afloramento, poderão também ser favorecidas sob condições de uma certa estabilidade física (Sournia, 1982). No cabo de S. Vicente, onde o afloramento foi mais intenso, os dinoflagelados e a comunidade **E** foram afastados do centro de afloramento, ao contrário da comunidade **A** (Figs. 5a, 6a, 11i, 12i). Estas distribuições estão de acordo com as observações em outras áreas de afloramento, nas quais a composição específica do fitoplâncton se pode descrever como uma série de associações ao longo de um eixo que relaciona as formas de vida fitoplanctónicas com as variações de turbulência e disponibilidade de nutrientes (Estrada & Blasco, 1985); aquelas comunidades separaram-se ou sobrepõem-se, mais ou menos, conforme todo o sistema se expande e contrai em consequência da intensidade do afloramento. A presença no cabo de S. Vicente, durante o Verão, de *E. huxleyi* e *G. oceanica* entre a comunidade **A** e **E**, confirma também as observações de Estrada & Blasco (1985), em que alguns coccolitóforos ocupam um estágio intermédio entre as diatomáceas e os dinoflagelados. No capítulo 3.2, descreve-se uma situação idêntica para a espécie *Coccolithus pelagicus*, normalmente situada na frente de afloramento, entre as diatomáceas e a comunidade de coccolitóforos presentes nas águas oceânicas.

Variabilidade N-S na plataforma ocidental.

A ACP mostrou que, relativamente à distribuição e composição das comunidades de fitoplâncton, as variações costa-largo e as sazonais foram superiores às diferenças geográficas N-S. Verificou-se, também, que esta variabilidade foi mais evidente na costa ocidental, durante o Verão e Outono, períodos correspondentes, respectivamente, ao pico

de afloramento e ao período imediatamente a seguir ao final da época de afloramento. Como se apresentará, as diferenças geográficas N-S parece relacionarem-se com as características termo-halinas das águas superficiais, com a maior estratificação na plataforma NW e com a intensidade e padrão de afloramento nas duas áreas.

Durante o Verão, uma das principais diferenças que caracterizaram a variação N-S esteve associada a uma quase ausência de coccolitóforos nas águas costeiras a norte da Figueira da Foz, em oposição às águas afloradas em torno do cabo de S. Vicente, onde a abundância daquele grupo foi máxima (Fig. 3a). Perante as várias condições físicas e químicas disponíveis, a que mais se relaciona com aquela ausência será a presença da lente de águas de menor salinidade, que ocupa o topo norte da plataforma NW, no interior da qual o grupo poderá ser raro (capítulo 2.1). Estas observações poderão indicar alguma diminuição do grupo, para norte, facto que, por seu lado, concordaria com Margalef (1978b), para o qual os coccolitóforos nunca foram numerosos nas rias galegas. Esta hipótese coloca-se, visto que o mesmo padrão voltou a ser observado durante o Verão de 1992 (Palma, 1996). Fica por explicar, no entanto, a razão pela qual os coccolitóforos ocorrem nessa área, em águas de menor salinidade, noutras épocas do ano.

A comunidade **VS**, constituída por espécies consideradas indicadoras de águas tropicais quentes e oligotróficas, como *S. pulchra*, *H. carterae* e *H. sinensis* (Kimor *et al.*, 1992; Brand, 1994), distribuiu-se preferencialmente, no Verão, para sul do cabo Carvoeiro. Esta separação geográfica parece relacionar-se com as características termohalinas das águas superficiais, e dever-se à maior influência da ACOANst (Figs. 15e, 15i, 16a, 19). O início da época de convergência costeira, à qual está associado o transporte para norte das águas superficiais, poderá ter originado o transporte daquela comunidade e de *G. catenatum* para norte daquele cabo, onde vieram a ser observadas durante o Outono (Figs. 15b, 15f, 15j, 16b).

Outro aspecto relevante, com respeito às principais variações N-S, prende-se com a estratificação da coluna de água, que durante todos os cruzeiros foi superior na costa NW, e com a diferente intensidade do processo de afloramento costeiro nas plataformas NW e SW (capítulo 2.1). Teve como consequência a abundância e posição relativa nas duas áreas das diatomáceas/dinoflagelados e das comunidades **A** e **E**, que variaram em função das condições de estratificação/mistura da coluna de água. Estas diferenças foram particularmente visíveis durante o Verão, quando na costa NW a coincidência espacial dos dois grupos produziu uma banda de elevadas concentrações de clorofila a junto à costa, embora, em torno do cabo de S. Vicente, essa sobreposição tenha sido apenas parcial,

ocasionando concentrações médias menores, mas que se estenderam a maiores distâncias da costa (Figs. 5a, 6a, 8e). Na plataforma da Galiza, Estrada (1984) associou elevadas biomassas de fitoplâncton a uma mistura semelhante das comunidades fitoplanctónicas. No Outono, nota-se ainda o efeito do Verão. Na Primavera, apesar da comunidade **E** ser pouco abundante, a coincidência das comunidades **A** e **E** e das maiores concentrações de clorofila a é observada, ao contrário do Verão, nas costas SW e S, o que parece dever-se às condições de menor intensidade do afloramento (Figs. 5d, 6d, 8h).

Quando se compara o padrão de distribuição do fitoplâncton com a distribuição da biomassa zooplanctónica, descrita por Cunha (1993) para os mesmos cruzeiros CICLOS I-IV, observam-se igualmente algumas diferenças entre a costa NW e as costa SW/S. Durante o Verão, as concentrações mínimas de fitoplâncton foram observadas entre o meio e o bordo da plataforma NW (bastante evidente entre as secções s4, frente a Aveiro, e s7, no cabo Carvoeiro; Figs. 19a, 19u, do capítulo 2.1), padrão que se reflecte também no registo sedimentar de diatomáceas (Abrantes, 1988, Fig. 4c do capítulo 3.1). Estes mínimos coincidiram, por outro lado, com uma banda de máximos de abundância do zooplâncton, podendo exprimir não só o efeito da predação zooplanctónica, mas também a presença de um zona de convergência onde o fitoplâncton se dispersa, afundando, e o zooplâncton se concentra. Esta zona de convergência poderá resultar do estabelecimento de uma célula de circulação sobre a plataforma em consequência do desenvolvimento do afloramento (Silva, 1992; capítulo 4.4). Por sua vez, os grupos zooplanctónicos de herbívoros, omnívoros e carnívoros sucedem-se desde a costa em bandas paralelas (Cunha & Moita, 1991). Este tipo de padrão, em que existe uma sobreposição sequencial das comunidades de fitoplâncton e zooplâncton, indicará uma relação estável entre os dois grupos (Cushing, 1971). Estes resultados apoiam também a existência de um afloramento fraco a moderado, mas persistente, ao longo da plataforma NW, tal como sugerido pelas conclusões de Abrantes (1988), baseadas na dominância das células com menores dimensões de *Thalassiosira* e de *Paralia sulcata* presentes nos sedimentos superficiais a norte do canhão da Nazaré. Na costa SW, devido às condições de afloramento mais intenso, os máximos de fitoplâncton junto ao cabo de S. Vicente foram advectados ao longo da vertente da costa Algarvia, em concordância com o padrão de distribuição das águas de afloramento para a costa SW e com o registo sedimentar das diatomáceas (Fiúza, 1983; Abrantes, 1988; Fig. 4c do capítulo 3.1). Neste caso, o zooplâncton, tal como a população de dinoflagelados, foi removido do centro de afloramento do cabo e distribuiu-

se junto à costa nas áreas adjacentes, em Sines e ao longo da costa Algarvia, parecendo mostrar uma relação menos estável entre fito e zooplâncton.

Durante o Outono, a distribuição dos valores mais baixos do índice de diatomáceas, na costa NW, foi marcadamente coincidente com as distribuições da biomassa zooplanctónica, reflectindo a concentração dos dinoflagelados *G. catenatum* e *A. affine* numa banda que se inicia junto à costa no topo norte da costa ocidental e que se estende para sul, ao longo do bordo da plataforma, até ao cabo Carvoeiro (Figs. 7b, 15b). É provável que a confluência de águas oceânicas sobre a plataforma e o estabelecimento da corrente da vertente nesta época do ano tenham dado origem a uma zona de convergência em que se concentraram as espécies de zooplâncton e as de fitoplâncton com boa capacidade natatória, como *G. catenatum* e *A. affine*. Na costa S, o fitoplâncton e o zooplâncton mantiveram o padrão de distribuição descrito para o Verão, nesta área.

No Inverno, o fitoplâncton e o zooplâncton mostraram distribuições irregulares. Na Primavera, volta a formar-se uma banda sobre a região média e bordo da plataforma NW, onde coincidem os máximos de abundância do zooplâncton e os valores mais baixos do índice de diatomáceas (Fig.7d). Aí, o índice reflectiu, tal como no Verão, mais uma diminuição da concentração de diatomáceas do que um aumento do número de dinoflagelados (seguir, por exemplo a distribuição de *Pseudo-nitzschia* spp., Fig.9h), podendo não só indicar o efeito de herbivoria, como também as perdas por dispersão, devidas à forte intensidade do afloramento. É possível que essa área de convergência resulte da interacção das águas de afloramento com as oceânicas da vertente, caracterizadas pela presença da comunidade **O** (e.g. Fig.11d). Na costa SW manteve-se o padrão de Verão, com os máximos de zooplâncton coincidindo com os mínimos fitoplanctónicos, na periferia do centro de afloramento do cabo de S. Vicente. Em oposição ao padrão de Verão, frente a Faro, o fitoplâncton e zooplâncton coincidiram junto à costa.

Como se apresentou, existem diferenças espaciais na abundância e na organização das comunidades planctónicas na plataforma NW vs. plataforma SW/S. Estas diferenças ter-se-ão relacionado não só com condições mais prolongadas no tempo, como as características termohalinas das águas superficiais, a disponibilidade de nutrientes e a estratificação, mas também com outras, apenas aparentemente de menor duração, como o diferente padrão de afloramento nas duas áreas (Fiúza, 1983). Estas últimas condições pareceram, afinal, ter uma acção mais continuada, visto que, aliadas às primeiras, podem reflectir-se, a nível fitoplanctónico, na distância à costa da abundância absoluta de diatomáceas dos sedimentos superficiais na costa NW e SW (Abrantes, 1988; Fig. 4c do

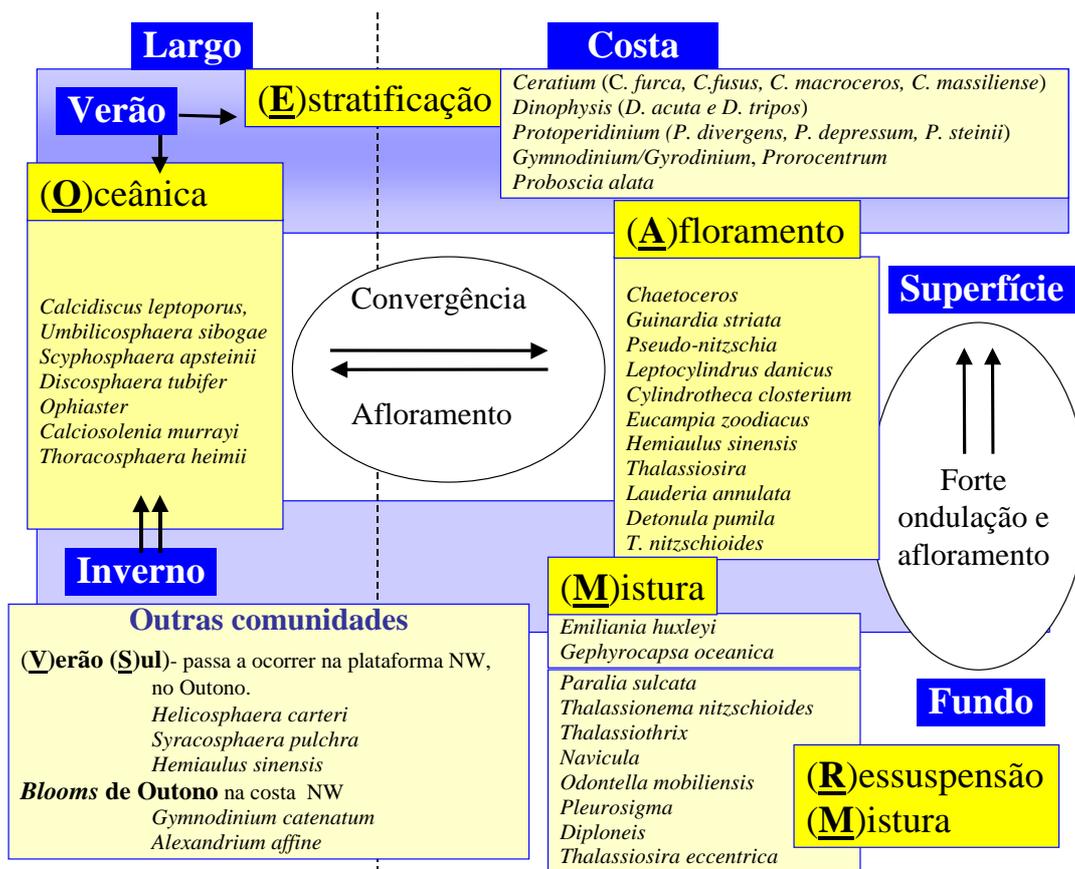


Figura 20. Diagrama resumo das principais comunidades identificadas durante os períodos de estudo, e das áreas e condições oceanográficas de que se mostraram bioindicadoras

capítulo 3.1). Muito provavelmente, reflectem-se também a níveis mais elevados da cadeia trófica, pois foram observadas diferenças importantes na distribuição e organização trófica das comunidades exploradas por arrasto demersal nas plataformas NW e SW/S de Portugal Continental, parte delas dependentes directamente do sistema pelágico (Serrão, 1989). De acordo com a autora, essas comunidades organizam-se, na zona NW, em redes tróficas do tipo pelágico, essencialmente baseadas em organismos planctónicos e muito dependentes do enriquecimento em nutrientes decorrente do afloramento. No SW e S, para além deste tipo de organização trófica, ocorrem também espécies de alimentação essencialmente bentónica, tanto em fundos rochosos como em fundos de vasa. Esta menor conexão entre as comunidades, mostra uma rede trófica de um ecossistema mais perturbado, onde a estabilidade é atingida através de uma optimização da alimentação (Briand, 1983).

Conclusões

O estudo qualitativo e quantitativo do fitoplâncton das amostras de água recolhida durante os cruzeiros CICLOS I (final do Verão), II (Outono), III (Inverno) e IV (início da

Primavera) permite concluir que os grandes grupos fitoplanctónicos identificados e as comunidades de fitoplâncton esquematizadas na Fig. 20 foram bons indicadores das principais fontes de variabilidade física à escala sazonal, regional e local, nomeadamente do processo de afloramento costeiro, o ciclo sazonal de estratificação da coluna de água, diferenças zonais das características termohalinas das águas superficiais e da convergência de águas oceânicas oligotróficas sobre a plataforma.

O grupo das diatomáceas e a comunidade **A** foram indicadores do processo de afloramento costeiro, que condicionou variações costa-largo, especialmente importantes durante o Verão e a Primavera. Esta comunidade ocorre a maiores ou menores distâncias da costa, em função da intensidade do afloramento. Os dinoflagelados e a comunidade **E** caracterizaram os períodos de maior estratificação da coluna de água. A comunidade **A** misturou-se com a comunidade **E**, nas áreas influenciadas por um afloramento fraco/moderado, sendo a mistura responsável por elevadas concentrações de clorofila *a*. Nos picos de maior intensidade do afloramento, a comunidade **A** concentra-se nos centros de afloramento e a comunidade **E** surge nas áreas adjacentes aos centros. A comunidade **RM**, composta por espécies de diatomáceas com natureza bentónica ou ticopelágica abunda junto à costa, nas áreas ou períodos de maior intensidade de afloramento ou de forte ondulação. Os cocolitóforos *E. huxleyi* e *G. oceanica* associam-se com a comunidade **RM**, mas estendem-se a maiores distâncias da costa, estando aparentemente adaptados a condições de turbulência moderada na coluna de água. A comunidade **O**, composta por cocolitóforos característicos de águas oceânicas oligotróficas tropicais e subtropicais, domina as águas do largo. Este grupo aproxima-se da costa durante os períodos de relaxamento do afloramento, ou de convergência de águas oceânicas para a costa durante o final de Outono e Inverno, sendo especialmente indicador da corrente da vertente. O Outono caracterizou-se pelo desenvolvimento de *blooms* de dinoflagelados em cadeia, *G. catenatum* e *A. affine*, que se concentraram numa área de convergência ao longo da plataforma NW. No final da época de afloramento, estas espécies e a comunidade **VS**, presentes para sul do cabo Carvoeiro durante o Verão, parecem transportadas para a plataforma NW, devido à intensificação da circulação para norte das águas superficiais.

As diferenças existentes nas condições de estratificação e entre a intensidade e o padrão de afloramento nas plataformas NW e SW, parece reflectirem-se na distribuição e abundância relativa de diatomáceas vs. dinoflagelados e na distribuição de fitoplâncton vs. zooplâncton.

Agradecimentos

À Doutora Marta Estrada, por todas as sugestões que me fez na preparação deste trabalho; às minhas colegas Graça Vilarinho e Ana Costa e aos Srs. Armindo Morais e Rui Fernandes, por todo o apoio técnico que me deram na identificação e contagem das amostras; ainda, à equipa do programa “CICLOS” e à tripulação do N.E. Noruega, pela ajuda prestada durante a amostragem.

Referências bibliográficas:

- ABRANTES, F. (1988). Diatom assemblages as upwelling indicators in surface sediments off Portugal. *Mar. Geology*, **85**: 15-39.
- BEERS, J.R., REID, F.M.H. & STEWART, G.L. (1980). Microplankton population structure in southern California nearshore waters in late spring. *Mar. Biol.*, **60**: 209-226.
- BLASCO, D. (1971). Composition and distribution of phytoplankton in the region of upwelling off the coast of Peru. *Inv.Pesq.*, **35**: 61-112.
- BLASCO, D. (1977). Red tide in the upwelling region of Baja California. *Limnol. Oceanogr.*, **22**(2): 255-263
- BLASCO, D., ESTRADA, M. & JONES, B. (1980). Relationship between the phytoplankton distribution and composition and the hydrography in the northwest African upwelling region near Cabo Corbeiro. *Deep-Sea Res.*, **27A**: 799-821.
- BLASCO, D., ESTRADA, M. & JONES, B. (1981). Short time variability of phytoplankton populations in upwelling regions - The example of Northwest Africa. In: *Coastal Upwelling*, F.A. Richards, (Ed.), Coastal and Estuarine Sciences, American Geophysical Union, Washington, Vol.1, pp. 339-347.
- BOLLMANN, J., CORTÉS, M.Y., HAIDAR, A.T., BRABEC, B., CLOSE, A., HOMANN, R., PALMA, S., TUPAS, L. & THIERSTEIN, H.R. (2000). Techniques for quantitative analyses of calcareous marine phytoplankton. *Deep-Sea Res.* (submitted).
- BRAND, L.E. (1994). Physiological ecology of marine coccolithophores. In: *Coccolithophores*, Winter, A. & Siesser, W. (Eds), Cambridge Univ. Press, pp. 39-49.
- BRIAND, F. (1983). Environmental control of food web structure. *Ecology*, **64** (2): 253-263.
- CAMPOS, M.J. & MARIÑO, J. (1982). Comparison of phytoplankton species composition and abundance in the Rias Arosa and Muros (NW Spain). *Mar. Ecol.*, **3**(1):1-12.
- CAMPOS, M.J. & MARIÑO, J. (1984). El ciclo anual del fitoplancton en la Ría de Arosa (1978-1979). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, **1**(2): 20-30.
- CASAS, B., VARELA, M. & BODE, A. (1999). Seasonal sucession of phytoplankton species on the coast of A Coruña (Galicia, northwest Spain). *Bol. Inst.Esp.Oceanogr.*, **15**(1-4): 413-429.

- CUNHA, M.E. (1993). Spatial variation of the zooplankton biomass in relation to the hydrographic conditions off the Portuguese coast. ICES, C.M. 1993/L.63, 23pp.
- CUNHA, M.E. & MOITA, M.T. (1991). Produtividade planctónica na margem continental portuguesa como consequência do afloramento costeiro. *GAIA*, **3**: 32.
- CUNHA, M.E., MOITA, M.T. & BROGUEIRA, M.J. (1984). A *Scrippsiella trochoidea* bloom in Portuguese west coastal waters. ICES, C.M. 1984/B.11, S.M. Marine Blooms, 12pp.
- CUSHING, D.H. (1971). Upwelling and the production of fish. *Adv.mar.Biol.*, **9**, 255-334.
- DURÁN, M., SAIZ, F., LÓPEZ-BENITO, M. & MARGALEF, R. (1956). El fitoplancton de la ría de Vigo de abril de 1954 a junio de 1955. *Inv. Pesq.*, **4**: 67-95.
- ESTRADA, M. (1984). Phytoplankton distribution and composition off the coast of Galicia (northwest of Spain). *J. Plankton Res.*, **6**: 417-434.
- ESTRADA, M. & BLASCO, D. (1985). Phytoplankton assemblages in coastal upwelling areas. In: *International Symposium of Upwelling of W Africa*, Vol.1. C. Bas, R. Margalef & P. Rubias (Eds.), Instituto de Investigaciones Pesqueras, Barcelona, pp. 379-402.
- FERNANDEZ, E. & BODE, A. (1994). Succession of phytoplankton assemblages in relation to the hydrography in the southern Bay of Biscay: a multivariate approach. *Sci. Mar.*, **58** (3): 191-205.
- FIGUEIRAS, F.G. & NIELL, F.X. (1987a). Distribución estacional y espacial del fitoplancton en la Ría de Pontevedra (NO de España). *Inv. Pesq.* **51**(2): 293-320.
- FIGUEIRAS, F.G. & NIELL, F.X. (1987b). Composición del fitoplancton de la Ría de Pontevedra (NO de España). *Inv. Pesq.* **51** (3): 371-409.
- FIGUEIRAS, F.G. & PAZOS, Y. (1991a). Microplankton assemblages in three Rías Baixas (Vigo, Arosa and Muros, Spain) with a subsurface chlorophyll maximum: their relationships to hydrography. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **76**: 219-233.
- FIGUEIRAS, F.G. & PAZOS, Y. (1991b). Hydrography and phytoplankton of the Ría de Vigo before and during a red tide of *G.catenatum* Graham. *J. Plankton Res.*, **13**(3): 589-608.
- FIGUEIRAS, F.G. & RÍOS, A.F. (1993). Phytoplankton sucesion, red tides and the hydrographic regime in the rias Baixas of Galicia. In: *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, Smayda, T. & Shimizu, Y. (eds.), Elsevier, Amsterdam, pp. 239-244.
- FIGUEIRAS, F.G., ALVAREZ-SALGADO, X.A., CASTRO, C.G. & VILLARINO, M.L. (1998). Accumulation of *Gymnodinium catenatum* in western Iberian shelf waters in response to poleward flowing slope waters. In: *Harmful Microalgae*, B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández & Wyatt (Eds.), Xunta de Galicia and IOC of UNESCO, pp. 114-117.

- FIÚZA, A. (1983). Upwelling patterns off Portugal. In: *Coastal Upwelling, its Sediment Record. Part A. Responses of the Sedimentary Regime to Present Coastal Upwelling*, Suess, E. & Thied, J. (eds.), Plenum, New York, pp. 85-98.
- FIÚZA, A. (1984). Hidrologia e dinâmica das águas costeiras de Portugal. Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal, 294 pp.
- FIÚZA, A., MACEDO, M.E. & GUERREIRO, M.R. (1982). Climatological space and time variation of the Portuguese coastal upwelling. *Oceanol. Acta*, 5, 31-40.
- FIÚZA, A., HAMANN, M., AMBAR, I., DIAZ DEL RIO, G., GONZALEZ, N. & CABANAS, J.M. (1998). Water masses and their circulation off western Iberia during May 1993. *Deep-Sea Res.*, **I** (45): 1127-1160.
- FRAGA, S., GALLAGER, S.M. & ANDERSON, D.M. (1989). Chain forming dinoflagellates: an adaptation to red tides. In: *Red tides: Biology, Environmental Science, and Toxicology*, Okaichi, T., Anderson, D.M. & Nemoto, T. (Eds.), Elsevier Science Publishing, pp. 281-284.
- FROUIN, R., FIÚZA, A.F.G., AMBAR, I. & BOYD, T.J. (1990). Observations of a poleward surface current off the coast of Portugal and Spain during winter. *J. Geophys. Res.*, **95**: 679-691.
- GIRAUDEAU, J., MONTEIRO, P.M.S. & NIKODEMUS, K. (1993). Distribution and malformation of living coccolithophores in the northern Benguela upwelling system off Namibia. *Mar. Micropaleontol.*, **22** (1-2): 93-110.
- HARRIS, G.P. (1986). *Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation*. University Press, Cambridge, 384 pp..
- HASLE, G.R. (1978a). The inverted microscope method. In Sournia, A. (ed.), *Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanic Methodology*. UNESCO, Paris, Vol. 6, pp. 88-96.
- HASLE, G.R. (1978b). Using the inverted microscope. In Sournia, A. (ed.), *Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanic Methodology*. UNESCO, Paris, Vol. 6, pp.191-196.
- HASLE, G.R. & SYVERTSEN, E.E. (1996). Marine diatoms. In: *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*, Tomas, C.R. (Ed.). Academic Press, Inc., London, pp. 5-385 pp.
- HAYNES, R. & BARTON, E.D. (1990). A poleward flow along the Atlantic coast of the Iberian Peninsula. *J. Geophys. Res.*, **95**: 11425-11441.
- INSTITUTO HIDROGRÁFICO (1973a). Resultados preliminares da campanha CAPEC-I (12 de Outubro a 15 de Novembro de 1970). Rel. 6, IH-061-O, 123pp..
- INSTITUTO HIDROGRÁFICO (1973b). Resultados preliminares da campanha CAPEC-II (18 de Janeiro a 28 de Fevereiro de 1971). Rel. 9, IH-065-O, 149pp..

- INSTITUTO HIDROGRÁFICO (1973c). Resultados preliminares da campanha CAPEC-III (30 de Abril a 23 de Maio de 1971). Rel. 10, IH-066-O, 107pp..
- INSTITUTO HIDROGRÁFICO (1973d). Resultados preliminares da campanha CAPEC-IV (19 de Julho a 6 de Agosto de 1971). Rel. 11, IH-067-O, 119pp..
- KIMOR, B., GORDON, N. & NEORI, A. (1992). Symbiotic associations among the microplankton in oligotrophic marine environments, with special reference to the Gulf of Aqaba, Red Sea. *J. Plankton Res.*, **14** (9): 1217-1231.
- LANGE, C.B., TREPPKE, U.F., FISHER, G. (1994). Seasonal fluxes in the Guinea basin and their relationships to trade winds, hydrography and upwelling events. *Deep-Sea Res.*, **41**: 859-878.
- LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. (1979). *Ecologie numérique. I. II.* Ed.Masson, Paris, pp. 197+254
- MALONE, T.C. (1980). Algal size. In: *The physiological ecology of phytoplankton*. I. Morris (ed), Blackwell, pp.433-463.
- MARGALEF, R. (1967). Some concepts relative to the organization of plankton. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Ver.*, **5**: 257-289.
- MARGALEF, R. (1969). Counting. In: *A Manual on methods for measuring primary production in aquatic environments including a chapter on bacteria*, Vollenweider, R.A., Talling. J.F. & Westlake, D.F. (eds.), London, International Biological Programme: Oxford and Edinburg, Blackwell Scient. Publ. (IBP Handbook 12), p.7-14.
- MARGALEF, R. (1973). Fitoplancton marino de la región de afloramiento de NW de Africa. *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, **2**: 65-94.
- MARGALEF, R. (1975). Composición y distribución del fitoplancton marino en la región de afloramiento del NW de Africa em marzo de 1973 (Campanha “Atlor II” del “Cornide de Saavedra”). *Res. Exp. Cient. B/O Cornide*, **4**: 145-170.
- MARGALEF, R. (1977). *Ecologia*. Ed. Omega, Barcelona, pp. 396-397.
- MARGALEF, R. (1978a). Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta*, **1**(4): 439-509.
- MARGALEF, R. (1978b). Phytoplankton communities in upwelling areas. The example of NW Africa. *Oecologica Aquatica*, **3**:97-132
- MARGALEF, R., DURÁN, M. & SAIZ, F. (1955). El fitoplancton de la ría de Vigo de enero de 1953 a marzo de 1954. *Inv. Pesq.*, **2**: 85-129.
- MENDES, P.R. (1997). Estudo de um ciclo de sucessão anual de comunidades fitoplanctónicas na costa sudoeste de Portugal. Tese de mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 120pp.

- MENDES, J.C. (1999). Variabilidade sazonal do fitoplâncton marinho na costa noroeste de Portugal. Relatório de estágio de licenciatura em Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Portugal, 47 pp.
- MITCHELL-INNES, B.A. & WINTER, A. (1987). Coccolithophores: a major phytoplankton component in mature upwelled waters off the Cape Peninsula, South Africa in March, 1983. *Mar. Biol.*, **95** (1): 25-30.
- NUNES, T., MARIÑO, J., IGLESIAS, M.L., GONZÁLEZ, N., CAMPOS, M.J., & CABANAS, J.M. (1984). Condiciones ambientales, producción primaria y sucesión de especies fitoplanctónicas en la Ría de Arosa (NO España). *Cuadernos da area de Ciencias Mariñas. Seminario de Estudos Galegos*, Ediciós do Castro, La coruña, **1**: 163-172.
- OLIVIERI, E. (1983). A description of the hydrography and phytoplankton communities in the upwelled waters of the Cape peninsula, South Africa, September 1972- February 1973. *S. Afr. J. mar. Sci.*, **1**, 199-229.
- PALMA, A.S. (1996). Variabilidade do fitoplâncton tóxico na costa portuguesa em 1992, 1993 e 1994. Relatório de estágio de licenciatura em Biologia Vegetal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal, 87 pp.
- PALMA, A.S., VILARINHO, M.G. & MOITA, M.T. (1998). Interannual trends in the longshore distribution of *Dinophysis* off the Portuguese coast. In: *Harmful Algae*, B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández and T. Wyatt (eds.). Xunta de Galicia and IOC of UNESCO Publishers, pp. 124-127.
- PITCHER, G.C. & BOYD, A.J. (1996). Across-shelf and alongshore dinoflagellate distributions and the mechanisms of red tide formation within the southern Benguela upwelling system. In: *Harmful and Toxic Algal Blooms*, Yasumoto, T., Oshima, Y. & Fukuyo, Y. (eds.), IOC of UNESCO Publishers, pp. 243-246.
- RIOS, A., PÉREZ, F. & FRAGA, F. (1992). Water masses in the upper and middle north Atlantic Ocean east of the Azores, *Deep-Sea Res.*, **39** (3/4): 645 - 658.
- SANCETTA, C. (1995) Diatoms in the Gulf of California: Seasonal flux patterns and the sediment record for the last 15,000 years. *Paleoceanography*, **10**: 67-84.
- SERRÃO, E. (1989). Comunidades exploradas por arrasto demersal na plataforma continental portuguesa. Relatório de estágio de licenciatura em Recursos faunísticos e ambiente, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal, 180 pp.
- SILVA, A.J. (1992). Contribuição do Instituto Hidrográfico para o projecto JNICT 87344 - Resultados do cruzeiro CECIR XIII, Agosto, 1987. REL. TF-OF-8/92, Instituto Hidrográfico, Lisboa, 43 pp.
- SMAYDA, T. J. (1980). Phytoplankton species succession. In: *Physiological Ecology of Phytoplankton*. I. Morris (Ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 493-570.

- SOURNIA, A. (1982). Form and function in marine phytoplankton. *Biol.Rev.*, **57**: 347-394.
- STEIDINGER, K & TANGEN, K (1996). Dinoflagellates. In: *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*, Tomas, C.R. (Ed.). Academic Press, Inc., London, pp. 387-598.
- THRONDSSEN, J. (1978). Preservation and storage. In: *Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanic Methodology*, Sournia, A. (ed.), UNESCO, Paris, Vol. 6, pp. 69-74.
- VARELA, M. (1982). Composición y distribución del fitoplancton de las Rías de Muros, Arosa y plataforma continental próxima en septiembre de 1978. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, **7**(2): 191-222.
- VARELA, M. (1992). Upwelling and phytoplankton ecology in Galician (NW Spain) rías and shelf waters. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, **8**(1): 57-74.
- VARELA, M. (1996). Phytoplankton ecology in the Bay of Biscay. *Sci. Mar.*, **60** (2): 45-53.
- VARELA, M., CAMPOS, M.J., PENAS, E., SANCHEZ, J., LARRAÑAGA, A., FERNÁNDEZ DE CASTILLEJO, F., DÍAZ DEL RÍO, G. & CABANAS, J.M. (1987a). Composición y distribución del fitoplancton en la plataforma de Galicia durante la campaña BREGAN-684 (junio 1984). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, **4**: 75-94.
- VARELA, M., CAMPOS, M.J., CABANAS, J.M., FERNÁNDEZ DE CASTILLEJO, F. & DÍAZ DEL RÍO, G. (1987b). Composición y distribución del fitoplancton en la plataforma de Galicia durante la campaña BREGAN-684 (septiembre-octubre 1984). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, **4**: 95-106.
- VAVILOVA, V.V. (1990). Phytoplankton of the Benguela Upwelling system off Namibia in the austral autumn of 1985. *Oceanol.Acad.Sci.USSR*, **30** (4): 472-477.
- VENRICK, E.L. (1974). The distribution and significance of *Richelia intracellularis* Schmidt in the north Pacific central gyre. *Limnol. Oceanogr.*, **19**: 437-445.
- VENRICK, E.L. (1978). Sampling strategies. In: *Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanic Methodology*, Sournia, A. (ed.), UNESCO, Paris, Vol. 6, pp. 7-16.
- VILLAREAL, T.A. (1994). Widespread occurrence of the *Hemiaulus*-cyanobacterial symbiosis in the southwest North Atlantic Ocean. *Bull. Mar. Sci.*, **54** (1): 1-7.
- VILLAREAL, T.A., ALTABET, M.A., CULVER-RYMSZA, K. (1993). Nitrogen transport by vertically migrating diatom mats in the North Pacific Ocean. *Nature*, **363** (6431): 709-712.
- WOOSTER, W., BAKUN, A. & MCLAIN, D. (1976). The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic. *J. Mar. Res.*, **34**: 131-141.

CAPÍTULO 3

INDICADORES FITOPLANCTÓNICOS NO REGISTO SEDIMENTAR

CAPÍTULO 3.1. WATER COLUMN AND RECENT SEDIMENT DATA ON DIATOMS AND COCCOLITHOPHORIDS, OFF PORTUGAL, CONFIRM SEDIMENT RECORD OF UPWELLING EVENTS. PP 149-164

Publicado em: **Abrantes, F. & Moita, M.T. (1999)**. Water column and recent sediment data on diatom and coccolithophorids, off Portugal, confirm sediment record of upwelling events. *Oceanologica acta*, **22** (3): 319-336.

CAPÍTULO 3.2. *COCCOLITHUS PELAGICUS*, A PRODUCTIVITY PROXY RELATED TO MODERATE FRONTS OFF WESTERN IBERIA. PP 165-189

Publicado em: **Cachão, M. & Moita, M.T. (2000)**. *Coccolithus pelagicus*, a productivity proxy related to moderate fronts off Western Iberia. *Marine Micropaleontology*, **39**: 131-155.

CAPÍTULO 4

FITOPLANCTON TÓXICO

CAPÍTULO 4.1. DEVELOPMENT OF TOXIC DINOFLAGELLATES IN RELATION TO THE UPWELLING PATTERNS OF PORTUGAL PP 193-198

Publicado em: **Moita, M.T. (1993)**. Development of toxic dinoflagellates in relation to upwelling patterns off Portugal. *In*: T.J. Smayda e Y.Shimizu (Eds.) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, Elsevier, Amsterdam, pp. 299-304.

CAPÍTULO 4.2. ON THE VARIABILITY OF *GYMNODINIUM CATENATUM* GRAHAM BLOOMS IN PORTUGUESE WATERS PP 199-202

Publicado em: **Moita, M.T., Vilarinho, M.G. & Palma, A.S. (1998)**. On the variability of *Gymnodinium catenatum* Graham blooms in Portuguese waters. *In*: *Harmful Microalgae*, B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández and T. Wyatt (Eds.), Xunta de Galicia and IOC of UNESCO, pp.118-121.

CAPÍTULO 4.3. INTERANNUAL TRENDS IN THE LONGSHORE DISTRIBUTION OF *DINOPHYSIS* OFF THE PORTUGUESE COAST PP 203-206

Publicado em: **Palma, A.S., Vilarinho, M.G. & Moita, M.T. (1998)**. Interannual trends in the longshore distribution of *Dinophysis* off the Portuguese coast. *In*: *Harmful Microalgae*, B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández and T. Wyatt (Eds.), Xunta de Galicia and IOC of UNESCO, pp. 124-127.

CAPÍTULO 4.4. DYNAMIC OF *DINOPHYSIS ACUTA*, *D. ACUMINATA*, *D. TRIPOS* AND *GYMNODINIUM CATENATUM* DURING AN UPWELLING EVENT OFF THE NW COAST OF PORTUGAL PP 207-210

Publicado em: **Moita, M.T & A.J. Silva (2001)**. Dynamics of *Dinophysis acuta*, *D. acuminata*, *D. tripos* and *Gymnodinium catenatum* during an upwelling event off the Northwest coast of Portugal. "Harmful Algal Blooms 2000", G.M.Hallegraeff, S.I.Blackburn, C.J. Bolch & R.J. Lewis (Eds.), IOC of UNESCO, pp.169-172.

CAPÍTULO 4.5. ARE THERE CYSTS IN THE GENUS *DINOPHYSIS* ? PP 211-215

Publicado em: **Moita, M.T. & Sampayo, M.A. (1993)**. Are there cysts in the genus *Dinophysis* ? *In*: T.J. Smayda e Y.Shimizu (Eds.) Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, Elsevier, Amsterdam, pp. 153-157.

CAPÍTULO 5

CHECK-LIST OF PHYTOPLANKTON SPECIES OFF PORTUGAL: 70 YEARS (1929-1998) OF STUDIES

Publicado em: **Moita, M.T. & Vilarinho, M.G. (1999)**. Check-list of phytoplankton species off Portugal: 70 years (1929-1998) of studies. *Portugalia Acta Biológica*, Sér.B, Sist, **18**: 5-50.

CHECKLIST OF PHYTOPLANKTON SPECIES OFF PORTUGAL: 70 YEARS (1929-1998) OF STUDIES

M. T. Moita & M. G. Vilarinho

Instituto Português de Investigação das Pescas e do Mar, Av. Brasília, 1400 Lisboa, Portugal.

MOITA M.T. & VILARINHO, M.G., 1999. Checklist of phytoplankton species off Portugal: 70 years of studies. *Portugaliae Acta Biol., Sér. B, Sist.* **18**: 5-50.

A review of 70 years (1929-1998) of available data on phytoplankton species composition in marine and estuarine waters of Portugal was made based on bibliographic records and the authors' observations. A selected reference list of papers that contains records of phytoplankton species for Portuguese oceanic and shelf waters, coastal lagoons and "rias" (Óbidos and Albufeira lagoons, S. Martinho do Porto bay, Formosa and Aveiro "rias") and the mouths of four estuaries (Minho, Mondego, Tejo and Sado) is provided. It is also supplied a list of synonyms for the species and genus referred in those papers that changed their taxonomy. A total of 1027 species or other taxa are recorded in the study area, of which 539 are diatoms, 317 dinoflagellates, 86 prymnesiophyceae (mostly coccolithophorids) and 85 from other groups (cyanobacteria, several flagellates, and the photosynthetic Protozoa *Mesodinium rubrum*).

Key words: Phytoplankton, species checklist, diatoms, dinoflagellates, coccolithophorids, flagellates, Portugal

MOITA M.T. & VILARINHO, M.G., 1999. Lista de espécies de fitoplâncton em Portugal: 70 anos de estudos. *Portugaliae Acta Biol., Sér. B, Sist.* **18**: 5-50.

No presente trabalho apresenta-se uma lista das espécies do fitoplâncton marinho e estuarino observadas, de 1929 a 1998, em águas oceânicas e da plataforma continental portuguesa, lagoas costeiras (lagoa de Óbidos, lagoa de Albufeira, Baía de S. Martinho do Porto), 2 rias (Formosa e Aveiro) e na foz de quatro estuários (Sado, Tejo, Mondego e Minho). Apresenta-se igualmente uma lista das referências bibliográficas utilizadas na presente compilação, assim como uma lista de sinónimos dos géneros e espécies citadas nas referências anteriores e cuja nomenclatura taxonómica foi alterada. A lista do fitoplâncton compreende 1027 espécies ou outros grupos taxonómicos, dos quais 539 pertencem às diatomáceas, 317 aos dinoflagelados, 86 às primnesiofíceas (maioritariamente coccolitoforídeos) e 85 a vários outros *taxa* (cianobactérias, outros flagelados, e a um protozoário fotossintético *Mesodinium rubrum*).

Palavras chave: Fitoplâncton, lista de espécies, diatomáceas, dinoflagelados, coccolitoforídeos, flagelados, Portugal

Introduction

This review includes an extensive collection of citations of phytoplankton species observed in Portuguese waters from 1929 to 1998. The older data come from studies at inshore areas (estuaries, bays, “rias” and inner-coastal sites). More recent data come mostly from the IPIMAR (Instituto de Investigação das Pescas e do Mar) monitoring program of HAB (Harmful Algae Blooms) and from oceanographic cruise reports. These reports include the studies carried out on the Portuguese shelf, shelf break and offshore waters during 20 cruises (1985 until 1998). A total of 1027 species or other taxa were identified: 539 BACILLARIOPHYCEAE (diatoms), 317 DINOPHYCEAE (dinoflagellates), 86 PRYMNESIOPHYCEAE (mostly coccolithophorids), 3 RAPIDOPHYCEAE, 9 EUGLENOPHYCEAE, 27 CHLOROPHYCEAE, 15 PRASINOPHYCEAE, 4 CRYSTOPHYCEAE, 9 DICTYOPHYCEAE, 10 CRYPTOPHYCEAE, 6 CYANOPHYCEAE, 1 EBRIIDEAE and 1 photosynthetic PROTOZOA. The main goal of this work is to list the species recorded up to this date in several sites of the Portuguese coast and to provide a list of synonyms of those species and genus which nomenclature was changed.

Study area and methods

In order to organise geographically the list of species observed on the shelf and on the oceanic side of the shelf break, the coast was divided in three areas according to coastal morphology and other oceanographic features (Fiúza, 1983, Moita, 1993). NW includes the area between Minho River and Cape Roca, SW the area between Cape Roca and Cape S. Vicente and S, the region between Cape S.Vicente and Guadiana River (Fig.1). The list includes also the phytoplankton species observed in the estuaries of four rivers (Sado, Tejo, Mondego and Minho), three coastal lagoons (Albufeira,

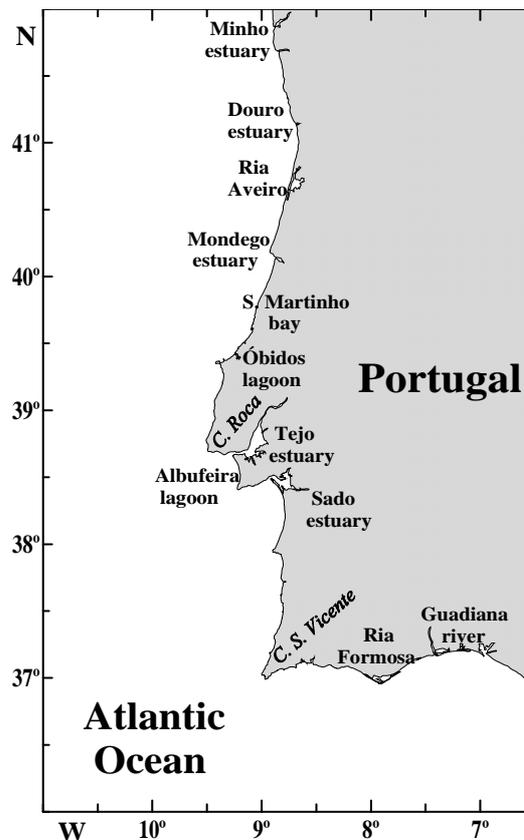


Fig.1: Location of study sites

Óbidos and S. Martinho bay) and two “rias” (Aveiro and Formosa, in some references also called as Faro-Olhão). The list of species referred to the Douro estuary (Candeias, 1938) was included in offshore waters since most of stations were sampled outside the estuary.

Phytoplankton samples were collected with plankton nets or oceanographic bottles, at several depths within the euphotic zone. Phytoplankton species were identified *in vivo* or preserved with Lugol's iodine and neutralized or acidified formalin. Subsamples were observed under light or inverted microscopes with brightfield illumination and phase contrast and more recently with a scanning electron microscope.

The principal monographs used for species identification were: Peragallo & Peragallo (1908), Cupp (1943), Cleve-Euler (1951-1955), Hustedt (1959), Hendey (1964) and Tomas (1996) for diatoms, Schiller (1937), Taylor (1976), Dodge (1982) and Tomas (1996) for dinoflagellates, Tomas (1993), Jordan & Kleijne (1994) and Winter & Siesser (1994) for coccolithophorids, Tomas (1993) for other naked flagellates and Bourrelly (1966) for fresh water Chlorophyceae. The species names were revised according to Hendey (1974) and Tomas (1996) for diatoms, Sournia, A. (1973), Taylor (1976), Parke & Dixon (1976), Dodge (1982, 1989), Dodge & Saunders (1985) and Tomas (1996) for dinoflagellates, Tomas (1993) and Jordan & Green (1994) for coccolithophorids and Parke & Dixon (1976) and Tomas (1993) for other naked flagellates. The recent revisions of *Rhizosolenia* genus and species, not included in Tomas (1996), were considered following Hernández-Becerril (1995) and Hernández-Becerril & Meave del Castillo (1996, 1997).

Comments to the lists

The list of qualitative studies reviewed and the sampling periods appear in Table 1. Since most of phytoplankton preserving agents are qualitatively selective for the different phytoplankton taxa (Thronsen, 1978), the fixative used in each study is indicated.

The list of species within each Class is arranged alphabetically in Table 2. In addition, it is indicated a list of synonyms and possible erroneous classifications detected in the references for Portuguese waters.

Pseudo-nitzschia cf. *seriata*, as reported in the list, must be considered a collective name. In fact, Hasle (1965, 1972) and Hasle *et al.* (1996) have shown that *P. seriata* of previous authors includes different species. Being a cold water species it is most likely restricted to higher latitudes of the Northern Hemisphere waters (English Channel as the southernmost locality) in the 1970s. Also, species such as *Prorocentrum triestinum* Schiller and *Gyrodinium impudicum* Fraga & Bravo were identified during several years as *Prorocentrum gracile* Schütt and *Gymnodinium catenatum* Graham, respectively. According to Sampayo (pers.com.), *Heterosigma inlandica* Hada must probably include the species previously identified as *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada and *Olistodiscus luteus* Carter (Table 2, *1).

Taylor (1976) discussed the taxonomic positioning of several dinoflagellate species identified by Silva (1948-1952) based on this author draws and descriptions. These discussions were taken into account to reclassify the species (Table 2, *2).

Some fresh water species were included in Table 2 since they are indicators of less saline waters of different origins on the shelf and estuaries.

A resume of the total number of taxa and the number of taxa per class along the coast and at the inshore areas is given in Figs 2 and 3. These figures show that most of taxa (43%) are present in all the studied areas, 27 % are only referred at innershelf, midshelf and outershelf waters while 30 % of taxa are exclusive from inshore areas (rias, bays, estuaries and coastal lagoons). DINOPHYCEE (dinoflagellates) and PRYMNESIOPHYCEAE (mostly coccolithophorids) are more represented in offshore waters (Fig. 2, right) while the diversity of diatoms (BACILLARIOPHYCEAE) is higher at inshore sites (Fig. 3, right).

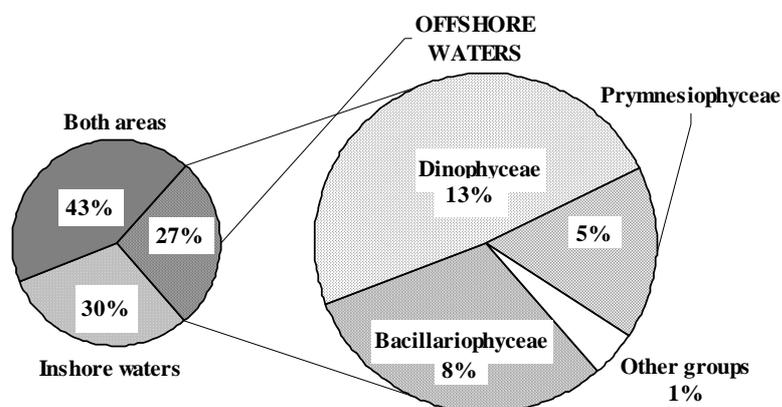


Fig. 2. – Left: total number of taxa (%) observed inshore, offshore or in both areas. Right: number of taxa (%) for each class only identified in offshore waters (innershelf, midshelf and outershelf).

The SW coast is the area presenting the higher diversity of species identified, being followed by the NW and the S coasts, respectively (Fig.4). This also happens with the taxa exclusively identified in each area (Fig.5). The same pattern appears for diatoms and dinoflagellates if we consider the number of taxa by class, although PRYMNESIOPHYCEAE and the remaining classes are more represented in SW and S than in the NW waters (Figs. 4 and 5).

Relatively to the inshore waters (Fig.6), the Óbidos lagoon and the Sado and Tejo estuaries appear as the sites with a higher number not only of total taxa identified but also of BACILLARIOPHYCEAE and DINOPHYCEAE. BACILLARIOPHYCEAE are dominant at the Sado estuary while DINOPHYCEAE are dominant at the Óbidos lagoon. PRYMNESIOPHYCEAE are more important at Ria Formosa. Minho and Mondego estuaries present the lower number of taxa identified.

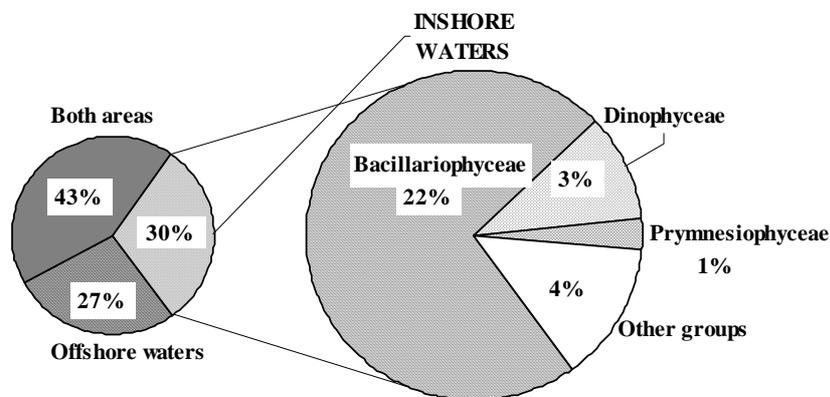


Fig.3. - Left: total number of taxa (%) observed inshore, offshore or in both areas. Right: number of taxa (%) for each class only identified at inshore waters (rias, bays, estuaries and coastal lagoons).

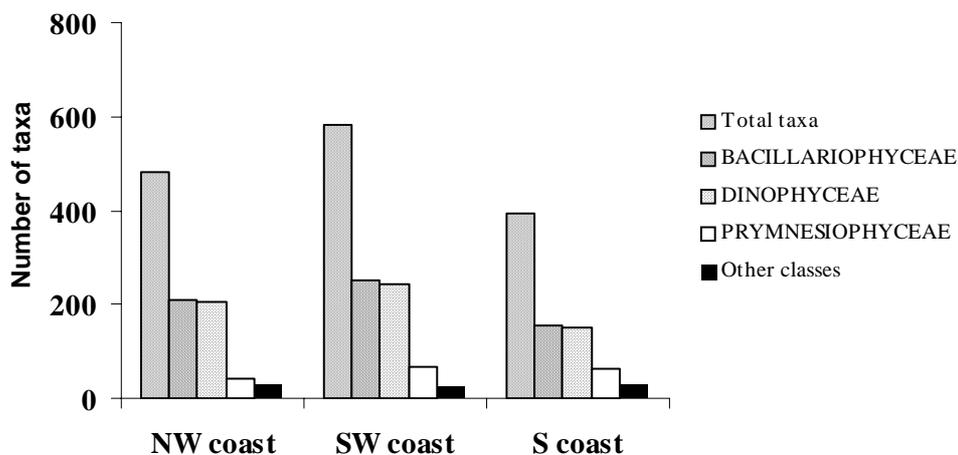


Fig. 4. - Total number of taxa and number of taxa per class identified in each area of the coast.

The dominance of the different taxa observed offshore seems reliable, due to the uniformity of phytoplankton identification and sampling (systematic coverage of the entire coast). However, the results obtained at inshore waters can be dependent on the type and number of studies performed in each coastal site. For example, if we consider Table 1, it is possible to assume that the estuaries of Tejo and Sado were much more studied than Minho and Mondego. The dominance of diatoms at the Sado estuary can be explained by the exhaustive study from Sampayo (1970). The low number of PRYMNESIOPHYCEAE taxa identified inshore can reflect the use of acidified preservatives

(Lugol solution or acid formaldehyde) that destroy the calcareous plates of coccolithophorids. As well, the low number of flagellates taxa (consider as “other classes”) identified inshore or offshore reflects the difficulties in identifying those phytoplankton groups if preserved or even if alive.

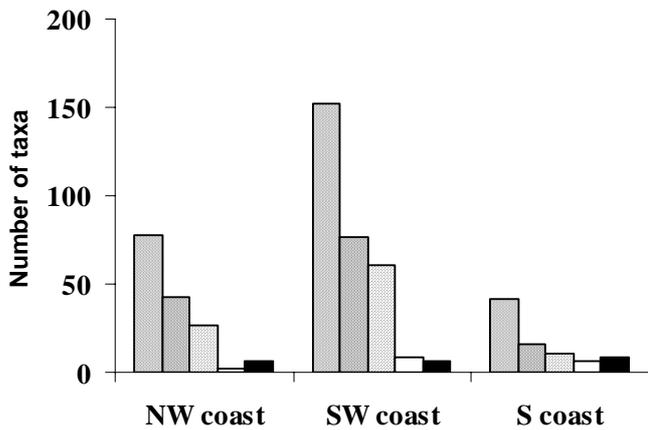


Fig. 5. - Total number of taxa and number of taxa per class identified, exclusively, in each area of the coast.

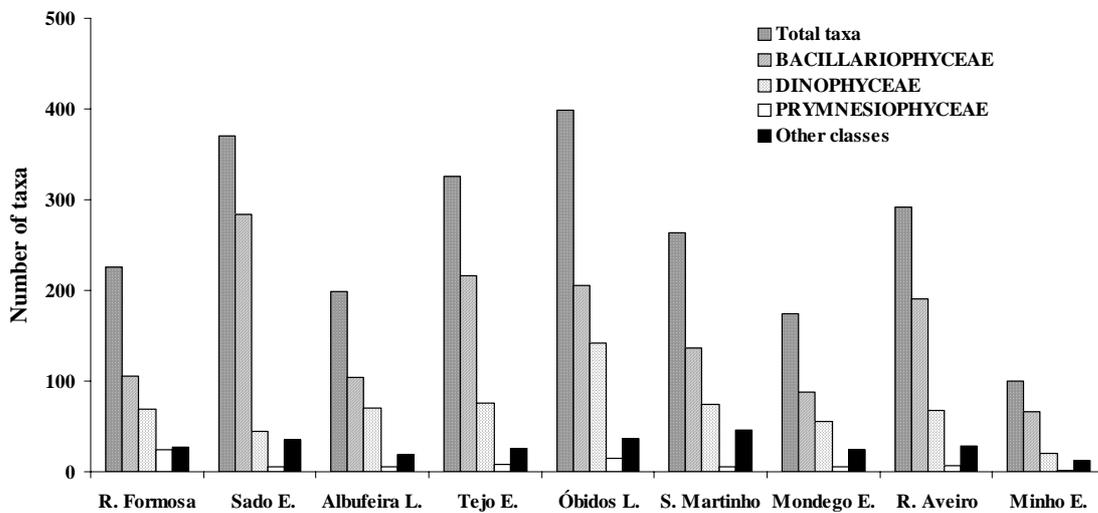


Fig.6. - Total number of taxa and number of taxa per classe identified in each inshore area.

Table 1. - List of references used in the review. The area, period and frequency of sampling as well as the preservants used are indicated.

Zone	Reference	Year	Remarks	Preservation
Sesimbra bay	Candeias, 1930	1929	Summer cruise	No indication
Douro estuary	Candeias, 1938	1931	Summer cruise	No indication
S. Martinho bay	Silva & Pinto, 1948	1947-48	Annual cycle (monthly)	No indication
Cascais bay	Silva, 1949	1948-49	Annual cycle (monthly)	4% Formaldehyde
Óbidos lagoon	Silva, 1952	1949-51	Seasonal	5% Formaldehyde
Óbidos lagoon	Silva, 1968	1955-56	Annual cycle (monthly)	1% Formaldehyde
Ria Formosa	Silva & Assis, 1969	1967-68	Annual cycle (monthly)	Formaldehyde
Sado estuary	Sampayo, 1970.	1967-68	Annual cycle (monthly)	1% Formaldehyde
Sado and Tejo estuaries	Silva, Assis & Sampayo, 1968	1967-68	Annual cycle (monthly)	1% Formaldehyde
Ria Aveiro	Moita, 1977	1971-72	Annual cycle (monthly)	1% Formaldehyde
Tejo estuary	Moita (unpublished)	1980-81	Annual cycle (monthly)	Lugol solution
Sado estuary	Oliveira & Coutinho, 1992	1990	Seasonal	Lugol solution
Albufeira lagoon	Oliveira, 1996	1992-93	Annual cycle (Fortnightly)	Lugol solution
Minho river	Sampayo (IPIMAR/HAB monitoring, unpublished)	1987-98	Fortnightly	Living material or 2 % acid formaldehyde
Mondego river	Sampayo (IPIMAR/HAB monitoring, unpublished)	1987-98	Fortnightly	Living material or 2 % acid formaldehyde

Ria Aveiro	Sampayo (IPIMAR/HAB monitoring, unpublished)	1987-98	Weekly	Living material or 2 % acid formaldehyde
Óbidos lagoon	Sampayo (IPIMAR/HAB monitoring, unpublished)	1987-98	Weekly	Living material or 2 % acid formaldehyde
Sado estuary	Sampayo (IPIMAR/HAB monitoring, unpublished)	1987-98	Fortnightly	Living material or 2 % acid formaldehyde
Albufeira lagoon	Sampayo (IPIMAR/HAB monitoring, unpublished)	1987-98	Fortnightly	Living material or 2 % acid formaldehyde
Ria Formosa	Sampayo (IPIMAR/HAB monitoring, unpublished)	1987-98	Weekly	Living material or 2 % acid formaldehyde
Coastal sites	Sampayo (IPIMAR/HAB monitoring, unpublished)	1987-98	Fortnightly	Living material or 2 % acid formaldehyde
Shelf and oceanic waters	IPIMAR DataBase: includes several cruise data reports ⁽¹⁾ (IPIMAR, unpublished), Sampayo (1973), IPIMAR (1995), Palma (1996), Mendes (1997), Cachão et al. (in prep.)	1985-98	Seasonal	2% Neutral formaldehyde
NW coast	IPIMAR DataBase ⁽²⁾	1987	Daily	2% Neutral formaldehyde

(1) Mesoscale sampling along the coast during cruises 02050885 (Aug. 1985), 02091185 (Nov. 1985), 02020186 (Jan. 1986), 02040386 (Mar. 1986), 02040487 (Apr. 1987), CECIR XIV (May 1988), 02060789 (Jul. 1989), CECIR XVI (Dec.1989), 02060790 (Jul. 1990), 02030791 (Jul. 1991), 02050991 (Sep. 1991), 02060792 (Jul. 1992), 02020295 (Feb. 1995), 02081095 (Oct. 1995), 02101195 (Nov. 1995), 02020298 and 02030298 (Feb. 1998) carried out onboard of R/V Noruega and Capricórnio from IPIMAR and N.R.P. Almeida Carvalho from the Hydrographic Institute (IH, Lisboa).

(2) 10 days repeated coverage of one transect during cruise CECIR XIII (Aug. 1987) onboard of N.R.P. Almeida Carvalho from IH, Lisboa.

Table 2. - List of phytoplankton species identified in the study area. Their presence in different zones is noted by x. ⊕ - Indicates the toxic, harmful and possibly harmful algae (Hallegraeff *et al*, 1995). + - Indicates species associated with toxic or harmful events, in Portuguese waters.

(*1)- Possible erroneous classification.

(*2)- Synonyms of Silva (1949, 52) identifications, according to Taylor (1976).

(*3)- Must be considered a collective name (Hasle, 1965, 1972 and Hasle *et al.*, 1996).

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	BACILLARIOPHYCEAE		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Achnanthes</i> Bory			x		x	x	x	x			x	x	
	<i>A. brevipes</i> Agardh					x	x	x	x	x		x		
	<i>A. delicatula</i> (Kützing) Grunow					x	x		x	x		x		
	<i>A. longipes</i> Agardh			x		x	x	x	x			x	x	
	<i>A. subsessilis</i> Kützing							x						
	<i>Actinocyclus</i> Ehrenberg		x				x		x			x		
	<i>A. normanii</i> (Gregory) Hustedt							x						
	<i>A. octonarius</i> Ehrenberg	<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> Ralfs	x	x										
	<i>A. subtilis</i> (Gregory) Ralfs ex Pritchard			x										
	<i>Actinoptychus</i> Ehrenberg		x					x	x					
	<i>A. senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	<i>Actinoptychus undulatus</i> (Bailey) Ralfs in Pritchard	x	x	x		x	x	x	x	x			
	<i>A. splendens</i> (Shadbolt) Ralfs ex Pritchard		x						x	x				
	<i>Amphipleura</i> Smith													
	<i>A. rutilans</i> (Trentepohl) Cleve					x	x		x	x		x		
	<i>Amphiprora</i> Ehrenberg		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	<i>A. alata</i> (Ehrenberg) Kützing						x	x						
	<i>A. paludosa</i> Smith			x				x	x		x			
	<i>A. sulcata</i> O'Meara			x	x		x							
	<i>A. turgida</i> Gregory							x						
	<i>Amphora</i> Ehrenberg		x	x	x	x	x	x	x			x	x	
	<i>A. acutiuscula</i> Kützing										x			
	<i>A. angularis</i> Gregory										x			
	<i>A. arcus</i> Gregory				x									
	<i>A. arenaria</i> Donkin				x							x		
	<i>A. binodis</i> Gregory													
	<i>A. cymbifera</i> Gregory			x				x	x					
	<i>A. elegans</i> Peragallo							x						
	<i>A. exigua</i> Gregory		x	x		x	x	x	x		x	x		

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>A. graeffi</i> (Grunow) Cleve							x						
	<i>A. hyalina</i> Kützing		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>A. laevis</i> Gregory										x			
	<i>A. lineolata</i> Ehrenberg			x			x							
	<i>A. macilenta</i> Gregory					x	x	x	x	x				
	<i>A. ostrearia</i> de Brébisson						x	x				x		
	<i>A. ovalis</i> Kützing							x	x					
	<i>A. proteus</i> Gregory		x	x		x	x	x	x	x				
	<i>A. quadrata</i> Gregory				x									
	<i>A. salina</i> Smith					x	x	x	x					
	<i>A. sulcata</i> de Brébisson						x							
	<i>A. terroris</i> Ehrenberg							x						
	<i>A. tumida</i> Hustedt							x						
	<i>A. turgida</i> Gregory					x	x	x	x	x			x	
	<i>A. valida</i> Peragallo						x							
	<i>A. veneta</i> Kützing							x						
	<i>Anomoeoneis</i> Pfitzer													
	<i>A. sphaerophora</i> (Kützing) Pfitzer						x							
	<i>Anorthoneis</i> Grunow							x	x	x	x	x		
	<i>A. excentrica</i> (Donkin) Grunow		x				x		x					
	<i>Asterionella</i> Hassall ex Smith													
	<i>A. formosa</i> Hassall		x	x				x					x	x
	<i>A. gracillima</i> (Hantzsch) Heiberg		x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
	<i>Asterionellopsis</i> (Castracane) Round													
	<i>A. glacialis</i> (Castracane) Round	<i>Asterionella glacialis</i> Castracane; <i>Asterionella japonica</i> Cleve	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Asteromphalus</i> Ehrenberg		x	x	x	x		x		x			x	
	<i>A. flabellatus</i> (de Brébisson) Greville		x	x	x			x		x				
	<i>Auliscus</i> Ehrenberg		x						x				x	x
	<i>A. sculptus</i> (Smith) Ralfs ex Pritchard								x					
	<i>Auricula</i> Castracane													
	<i>A. adriatica</i> Peragallo						x							
	<i>A. insecta</i> (Grunow) Schmidt									x				
	<i>Bacillaria</i> Gmelin			x		x		x	x	x	x	x	x	x
	<i>B. paxillifer</i> (Müller) Hende	<i>Nitzschia paradoxa</i> (Gmelin) Grunow in Cleve & Grunow		x		x	x	x	x					

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>Bacteriastrum</i> Shadbolt		x	x	x	x		x			x	x	x	x
	<i>B. biconicum</i> Pavillard			x										
	<i>B. delicatulum</i> Cleve		x	x	x		x	x			x			
	<i>B. elegans</i> Pavillard		x											
	<i>B. furcatum</i> Shadbolt	<i>Bacteriastrum varians</i> Lauder	x	x	x									
	<i>B. hyalinum</i> Lauder		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>B. mediterraneum</i> Pavillard		x	x				x						
	<i>Bellerocha</i> Van Heurck													
	<i>B. malleus</i> (Brightwell) Van Heurck	<i>Triceratium malleus</i> Brightwell, <i>Bellerocha malleus</i> (Brightwell) Van Heurck		x			x		x	x		x		
	<i>Biddulphia</i> Grey		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
	<i>B. alternans</i> (Bailey) Van Heurck	<i>Triceratium alternans</i> Bailey	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x
	<i>B. antediluviana</i> (Ehrenberg) Van Heurck	<i>Biddulphia vesiculosa</i> (Agardh) Boyer		x			x		x			x		
	<i>B. obtusa</i> (Kützing) Ralfs in Pritchard			x										
	<i>B. pulchella</i> Grey	<i>Biddulphia biddulphiana</i> (Smith) Boyer		x			x	x	x	x	x	x		
	<i>Bleakeleya</i> Round													
	<i>B. notata</i> (Grunow) Round	<i>Asterionella bleakeleyii</i> var. <i>notata</i> Grunow						x						
	<i>Brebissonia</i> Grunow													
	<i>B. boeckii</i> Smith									x				
	<i>Caloneis</i> Cleve				x					x			x	x
	<i>C. bacillaris</i> (Gregory) Cleve								x					
	<i>C. brevis</i> (Greville) Cleve										x			
	<i>C. fusoides</i> (Grunow) Heiden & Kolbe								x					
	<i>C. liber</i> (Smith) Cleve	<i>Navicula liber</i> Smith	x							x				
	<i>C. silicula</i> (Ehrenberg) Cleve			x						x				
	<i>C. westii</i> (Smith) Hendey						x	x	x	x				
	<i>Calyptrella</i> Hernandez-Becerril & Meave													
	<i>C. robusta</i> (Norman) Hernandez-Becerril & Meave	<i>Rhizosolenia robusta</i> Norman	x	x	x		x					x		
	<i>Campylodiscus</i> Ehrenberg		x					x	x	x	x		x	x
	<i>C. adriaticus</i> Grunow									x			x	x

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>C. echeneis</i> Ehrenberg			X					X					
	<i>C. eximius</i> Gregory			X										
	<i>C. limbatus</i> de Brébisson			X										
	<i>Campyloneis</i> Grunow													
	<i>C. grevillei</i> (Smith) Grunow			X		X								
	<i>Campylosira</i> Grunow													
	<i>C. cymbelliformis</i> (Schmidt) Grunow	<i>Synedra cymbelliformis</i> Schmidt					X							
	<i>Cerataulina</i> Peragallo ex Schütt													
⊕	<i>C. pelagica</i> (Cleve) Hendeby	<i>Cerataulina bergonii</i> (Peragallo) Schütt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Cerataulus</i> Ehrenberg													
	<i>C. smithii</i> Ralfs						X					X		
	<i>C. turgidus</i> Ehrenberg			X			X		X	X		X		
	<i>Chaetoceros</i> Ehrenberg		X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	<i>C. affinis</i> Lauder		X	X	X		X							
	<i>C. anastomosans</i> Grunow		X	X	X									
⊕	<i>C. atlanticus</i> Cleve		X	X										
⊕	<i>C. borealis</i> Bailey			X		X	X	X			X			
	<i>C. brevis</i> Schütt			X	X		X							
	<i>C. compressus</i> Lauder			X	X				X					
⊕	<i>C. concavicornis</i> Mangin						X							
	<i>C. constrictus</i> Gran		X	X	X									
⊕	<i>C. cf. convolutus</i>			X				X						
	<i>C. costatus</i> Pavillard					X								
	<i>C. crinitus</i> Schütt		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>C. curvisetus</i> Cleve			X										
⊕	<i>C. dadayi</i> Pavillard		X	X	X	X	X					X		
⊕	<i>C. danicus</i> Cleve		X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
	<i>C. debilis</i> Cleve		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>C. decipiens</i> Cleve		X	X	X		X		X			X		
⊕	<i>C. densus</i> Cleve		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>C. didymus</i> Ehrenberg										X			
	<i>C. diversus</i> Cleve			X			X		X			X		
⊕	<i>C. eibenii</i> (Grunow)			X						X				
	<i>C. excentricus</i> Ehrenberg		X				X							
	<i>C. filiformis</i> Meunier								X					
	<i>C. glandazii</i> Mangin		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>C. gracilis</i> Schütt		X	X										
	<i>C. lacinosus</i> Schütt		X	X										
	<i>C. lauderi</i> Ralfs in Lauder			X	X			X	X					
	<i>C. lorenzianus</i> Grunow			X					X					

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>C. messanensis</i> Castracane									x				
	<i>C. perpusillus</i> Cleve		x	x	x									
⊕	<i>C. peruvianus</i> Brightwell		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
	<i>C. pseudocurvisetus</i> Mangin		x	x	x							x		
	<i>C. radians</i> Schütt		x	x										
	<i>C. radicans</i> Schütt			x								x		
⊕	<i>C. rostratus</i> Lauder		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
⊕	<i>C. socialis</i> Lauder						x	x		x				
	<i>C. subsecundus</i> (Grunow) Hustedt	<i>Chaetoceros diadema</i> Gran	x											
	<i>C. subtilis</i> Cleve			x			x	x	x				x	
	<i>C. teres</i> Cleve					x	x	x						
	<i>C. tortissimus</i> Gran									x				
	<i>C. wighami</i> Brightwell		x		x									
	<i>C. willei</i> Gran			x	x									
	<i>Climacodium</i> Grunow													
	<i>C. frauenfeldianum</i> Grunow			x			x	x					x	
	<i>Climacosphenia</i> Ehrenberg				x									
	<i>C. elongata</i> Bailey		x	x	x		x	x	x					
	<i>Cocconeis</i> Ehrenberg					x	x	x						
	<i>C. bacillaris</i> (Gregory) Cleve							x						
	<i>C. brittanica</i> Naegeli ex Kützing							x	x					
	<i>C. costata</i> Gregory			x			x	x						
	<i>C. dirupta</i> Gregory			x				x						
	<i>C. disculoides</i> Hustedt							x						
	<i>C. disculus</i> (Shumann) Cleve						x							
	<i>C. distans</i> Gregory								x				x	
	<i>C. fusoides</i> (Grunow) Heiden & Kolbe								x					
	<i>C. granulifera</i> Grunow			x			x							
	<i>C. molesta</i> Kützing										x			
	<i>C. delta</i> Schmidt		x				x	x	x	x				
	<i>C. placentula</i> Ehrenberg								x	x				
	<i>C. pseudomarginata</i> Gregory								x					
	<i>C. quarnerensis</i> (Grunow) Schmidt		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. scutellum</i> Ehrenberg		x											
	<i>Corethron</i> Castracane		x	x	x									
	<i>C. criophilum</i> Castracane	<i>Corethron hystrix</i> Hensen	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>Coscinodiscus</i> Ehrenberg		x	x										
	<i>C. alboranii</i> Pavillard			x		x		x			x	x	x	
⊕	<i>C. concinnus</i> Smith		x				x	x						
	<i>C. curvatus</i> Grunow			x				x						
	<i>C. divisus</i> Grunow		x	x	x									
	<i>C. gigas</i> Ehrenberg							x			x			
	<i>C. granii</i> Gough		x											
	<i>C. heteroporus</i> Ehrenberg							x						
	<i>C. inflatus</i> Cleve							x						
	<i>C. lacustris</i> Grunow		x	x				x	x					
	<i>C. marginatus</i> Ehrenberg						x	x						
	<i>C. nitidus</i> Gregory		x	x	x		x	x	x		x			
	<i>C. oculus-iridis</i> Ehrenberg			x			x				x			
	<i>C. perforatus</i> var. <i>pavillardii</i> (Forti) Hustedt	<i>Coscinodiscus pavillardii</i> Forti	x	x	x		x	x	x	x	x			
	<i>C. radiatus</i> Ehrenberg							x						
	<i>C. rothii</i> (Ehrenberg) Grunow		x	x	x									
	<i>C. stellaris</i> Roper			x										
	<i>C. thorii</i> Pavillard		x	x	x			x	x		x	x		x
	<i>Cyclotella</i> Kützing (de Brébisson)						x							
	<i>C. caspia</i> Grunow							x						
	<i>C. kutzingiana</i> Thwaites							x	x					
	<i>C. meneghiniana</i> Kützing			x										
	<i>C. ocellata</i> Pantocsek			x										
	<i>Cylindrotheca</i> Rabenhorst													
	<i>C. closterium</i> (Ehrenberg) Reiman & Lewin	<i>Nitzschia closterium</i> Ehrenberg	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Cymatosira</i> Grunow		x											
	<i>C. belgica</i> Grunow		x				x	x	x					
	<i>Cymbella</i> Agardh							x						
	<i>C. affinis</i> (Kützing) Cleve							x						
	<i>C. amphicephala</i> Naegeli							x	x					
	<i>C. bipartita</i> Mayer							x						
	<i>C. cistula</i> Hempr.									x				
	<i>C. pusilla</i> Grunow						x							
	<i>C. turgida</i> (Gregory) Cleve		x	x	x									
	<i>Dactyliosolen</i> Castracane		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>D. fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	<i>Rhizosolenia fragilissima</i> Bergon ; <i>Rhizosolenia faeroensis</i> Ostefeld	x	x	x									
	<i>D. phuketensis</i> (Sundström) Hasle	<i>Rhizosolenia phuketensis</i> Sundström	x	x	x									
	<i>Denticula</i> Kützing							x						
	<i>D. subtilis</i> Grunow							x						
	<i>Detonula</i> Schütt		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>D. pumila</i> (Castracane) Gran	<i>Schroederella delicatula</i> (Peragallo) Pavillard; <i>Schroederella schroderi</i> (Bergon) Pavillard	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Diatoma</i> de Candolle		x					x						
	<i>D. vulgare</i> Bory			x		x	x	x		x	x	x	x	x
	<i>Dimeregramma</i> Ralfs ex Pritchard						x							
	<i>D. fulvum</i> Gregory							x	x	x				
	<i>D. minor</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
	<i>Diploneis</i> Ehrenberg		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>D. beyrichiana</i> (Schmidt) Amosse	<i>Navicula beyrichiana</i> Schmidt	x											
	<i>D. bombus</i> Ehrenberg								x					
	<i>D. chersonensis</i> (Grunow) Cleve						x	x						
	<i>D. coffaeiformis</i> (Schmidt) Cleve						x		x		x			
	<i>D. constricta</i> (Grunow) Cleve		x	x	x	x		x	x					
	<i>D. crabro</i> Ehrenberg		x	x	x		x	x	x	x	x		x	x
	<i>D. didyma</i> (Ehrenberg) Cleve								x					
	<i>D. finica</i> (Ehrenberg) Cleve			x		x	x		x					
	<i>D. fusca</i> (Gregory) Cleve	<i>Navicula fusca</i> Gregory								x				
	<i>D. hyalina</i> (Donkin) Cleve								x	x				
	<i>D. incurvata</i> (Gregory) Cleve		x							x				
	<i>D. lineata</i> (Donkin) Cleve			x					x					
	<i>D. oblongela</i> (Naegeli) Cleve		x	x	x				x	x				
	<i>D. smithii</i> (de Brébisson) Cleve		x					x	x	x				

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>D. splendida</i> (Gregory) Cleve			X				X		X				
	<i>D. suborbicularis</i> (Gregory) Cleve							X						
	<i>D. subovalis</i> Cleve			X	X				X					
	<i>D. vacillans</i> (Schmidt) Cleve	<i>Navicula vacillans</i> Schmidt		X										
	<i>D. vetula</i> (Schmidt) Cleve			X										
	<i>Ditylum</i> Bailey													
	<i>D. brightwellii</i> (West) Grunow		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Donkinia</i> Ralfs													
	<i>D. recta</i> (Donkin) Grunow							X						
	<i>Epithemia</i> de Brébisson						X	X						
	<i>E. adnata</i> de Brébisson								X					
	<i>E. gibberula</i> Kützing									X				
	<i>E. musculus</i> Kützing							X						
	<i>E. turgida</i> Kützing						X							
	<i>E. zebra</i> Ehrenberg						X							
	<i>Eucampia</i> Ehrenberg													
	<i>E. cornuta</i> (Cleve) Grunow		X	X	X									
	<i>E. zodiacus</i> Ehrenberg		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Eunotia</i> Ehrenberg		X				X			X				
	<i>E. lunaris</i> (Ehrenberg) Gran					X								
	<i>E. praerupta</i> Ehrenberg					X								
	<i>Eunotogramma</i> Weisse													
	<i>E. marinum</i> (Smith) Peragallo			X				X						
	<i>Euodia</i> Bailey													
	<i>E. atlantica</i> Petit			X										
	<i>Fragilaria</i> Lyngbye		X	X		X	X	X				X	X	
	<i>F. construens</i> Grunow						X		X					
	<i>F. crotonensis</i> Kitton		X	X			X							
	<i>F. virescens</i> Ralfs						X							
	<i>Fragilariopsis</i> Hustedt in Schmidt emend. Hasle													
	<i>F. cylindrus</i> (Grunow) Krieger in Helmcke & Krieger	<i>Fragilaria cylindrus</i> Grunow in Cleve						X						
	<i>Glyphodesmis</i> Greville													
	<i>G. distans</i> (Gregory) Grunow							X						
	<i>Gomphonema</i> Hustedt in Pascher						X	X					X	

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>G. acuminatum</i> Ehrenberg					x			x					
	<i>G. constrictum</i> Ehrenberg						x							
	<i>G. exiguum</i> Kützing									x				
	<i>G. gracile</i> Ehrenberg						x	x						
	<i>G. lanceolatum</i> Ehrenberg					x		x						
	<i>Gossleriella</i> Schütt													
	<i>G. tropica</i> Schütt		x	x										
	<i>Grammatophora</i> Ehrenberg		x	x			x	x	x	x				
	<i>G. marina</i> (Lyngbye) Kützing		x	x	x		x	x	x		x			
	<i>G. oceanica</i> Ehrenberg		x	x			x	x	x		x			
	<i>G. serpentina</i> Ehrenberg		x	x			x		x		x			
	<i>Guinardia</i> Peragallo													
	<i>G. cylindrus</i> (Cleve) Hasle				x	x			x					
	<i>G. delicatula</i> (Cleve) Hasle	<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	<i>G. flaccida</i> (Castracane) Peragallo		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>G. striata</i> (Stolterfoth) Hasle	<i>Rhizosolenia stolterfothii</i> Peragallo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	<i>Gyrosigma</i> (Hassall) Cleve		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>G. balticum</i> (Ehrenberg) Cleve						x	x	x	x				
	<i>G. brebissonii</i> Grunow							x						
	<i>G. distortum</i> (Smith) Cleve		x					x	x	x	x			
	<i>G. fasciola</i> (Ehrenberg) Cleve	<i>Pleurosigma fasciola</i> Smith	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>G. prolongatum</i> (Smith) Cleve								x					
	<i>G. scalproides</i> Rabenhorst							x	x					
	<i>G. spencerii</i> (Smith) Cleve							x	x					
	<i>G. wansbeckii</i> (Donkin) Cleve							x	x	x	x			
	<i>Hantzschia</i> Grunow					x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>H. amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow		x	x			x	x	x	x				
	<i>H. dubravicensis</i> (Grunow) Cleve								x					
	<i>Helicotheca</i> Ricard													

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>H. tamesis</i> (Shrubsole) Ricard	<i>Streptotheca tamesis</i> Shrubsole		X			X		X	X	X	X	X	
	<i>Hemiaulus</i> Ehrenberg		X	X		X		X	X	X	X	X	X	X
	<i>H. hauckii</i> Grunow in Van Heurck		X	X	X		X	X		X	X		X	
	<i>H. membranaceus</i> Cleve			X				X						
	<i>H. sinensis</i> Greville		X	X	X		X	X	X					
	<i>Hemidiscus</i> Wallich													
	<i>H. cuneiformis</i> Wallich		X	X	X									
	<i>Hyalodiscus</i> Ehrenberg		X		X	X		X	X	X	X	X	X	X
	<i>H. laevis</i> Ehrenberg			X	X									
	<i>Istmia</i> Agardh													
	<i>I. enervis</i> Ehrenberg						X					X		
	<i>Lauderia</i> Cleve		X											
	<i>L. annulata</i> Cleve	<i>Lauderia borealis</i> Gran	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Leptocylindrus</i> Cleve		X	X	X									
	<i>L. danicus</i> Cleve		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	<i>L. mediterraneus</i> (Peragallo) Hasle	<i>Dactyliosolen mediterraneus</i> Peragallo	X	X	X	X	X			X	X	X	X	
⊕	<i>L. minimus</i> Gran		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	<i>Licmophora</i> Agardh		X	X	X	X	X	X	X				X	X
	<i>L. communis</i> (Heiberg) Grunow			X							X			
	<i>L. dalmatica</i> (Kützing) Grunow			X	X			X		X				
	<i>L. ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow										X			
	<i>L. flabellata</i> (Carmichael) Agardh		X	X		X	X	X	X	X				
	<i>L. gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow		X	X				X						
	<i>L. juergensii</i> Agardh							X	X	X	X			
	<i>L. lyngbyei</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck		X	X	X	X	X	X	X	X		X		
	<i>L. oedipus</i> (Kützing) Grunow										X			
	<i>L. paradoxa</i> (Lyngbye) Agardh										X			
	<i>Lithodesmium</i> Ehrenberg													
	<i>L. undulatum</i> Ehrenberg		X	X		X		X	X	X	X		X	
	<i>L. variable</i> Takano				X									
	<i>Mastogloia</i> Thwaites in Smith			X		X	X	X	X					
	<i>M. portierana</i> Grunow						X	X						

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>M. pumila</i> (Grunow) Cleve							x						
	<i>M. quinquecostata</i> Grunow					x								
	<i>M. smithii</i> Thwaites					x								
	<i>Melosira</i> Agardh		x	x	x		x		x					
	<i>M. ambigua</i> (Grunow) Müller		x				x	x						
	<i>M. distans</i> (Ehrenberg) Kützing		x		x		x	x						
	<i>M. granulata</i> (Ehrenberg)) Ralfs		x	x			x	x	x					
	<i>M. italica</i> (Ehrenberg) Kützing		x	x	x		x							
	<i>M. juergensii</i> Agardh		x			x		x		x				
	<i>M. moniliformis</i> (Müller) Agardh	<i>Melosira borreri</i> de Brébisson in Hooker	x	x			x	x	x	x	x	x	x	
	<i>M. nummuloides</i> Agardh						x	x		x		x		
	<i>M. varians</i> Agardh						x					x	x	
	<i>Meuniera</i> P. C. Silva													
	<i>M. membranacea</i> (Cleve) P. C. Silva	<i>Stauroneis membranaceus</i> (Cleve) Hustedt, <i>Navicula membranacea</i> Cleve	x	x	x		x			x	x	x	x	x
	<i>Minidiscus</i> Hasle													
	<i>M. trioculatus</i> (Taylor) Hasle		x	x	x									
	<i>Navicula</i> Bory		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>N. abrupta</i> (Gregory) Cleve						x	x	x	x	x			
	<i>N. advena</i> Schmidt						x							
	<i>N. ammophila</i> Grunow							x						
	<i>N. ancilla</i> Hendey						x							
	<i>N. arenaria</i> Donkin		x				x							
	<i>N. atlantica</i> Schmidt			x			x							
	<i>N. cancellata</i> Donkin			x	x		x							
	<i>N. cincta</i> (Ehrenberg) Van Heurck							x						
	<i>N. constricta</i> Grunow						x							
	<i>N. crucicula</i> (Smith) Donkin		x											
	<i>N. cruciculoides</i> Brockmann							x						
	<i>N. crucigera</i> (Smith) Cleve						x	x						
	<i>N. cryptocephala</i> Kützing		x	x	x		x	x	x					
	<i>N. digito-radiata</i> (Gregory) Ralfs			x		x	x	x	x	x				

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>N. directa</i> (Smith) Cleve									x				
	<i>N. distans</i> (Smith) Cleve						x		x					
	<i>N. ergardensis</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard							x						
	<i>N. florinae</i> Møller							x						
	<i>N. forcipata</i> Greville		x	x		x	x	x	x					
	<i>N. fraudulenta</i> Schmidt			x			x							
	<i>N. gracilis</i> Ehrenberg						x							
	<i>N. granulata</i> Bailey								x					
	<i>N. hennedyii</i> Smith					x		x						
	<i>N. humerosa</i> de Brébisson in Smith		x			x	x	x	x		x			
	<i>N. hyalina</i> Donkin							x						
	<i>N. lanceolata</i> (Agardh) Kützing		x				x		x					
	<i>N. latissima</i> Gregory			x			x							
	<i>N. lyra</i> Ehrenberg		x	x			x	x	x	x				
	<i>N. maculosa</i> Donkin							x						
	<i>N. marina</i> Ralfs	<i>Navicula punctulata</i> Smith					x	x	x					
	<i>N. monilifera</i> Cleve					x	x	x	x	x				
	<i>N. mutica</i> Kützing							x						
	<i>N. nebulosa</i> Gregory								x					
	<i>N. palpebralis</i> de Brébisson in Smith		x	x		x	x	x	x	x	x			
	<i>N. papula</i> Schmidt			x										
	<i>N. parva</i> (Meneghini) Cleve							x		x				
	<i>N. pennata</i> Schmidt		x	x	x		x	x	x					
	<i>N. perplexa</i> Peragallo		x											
	<i>N. radiosa</i> Kützing							x						
	<i>N. ramosissima</i> (Agardh) Cleve		x					x	x	x				
	<i>N. rhombica</i> Gregory							x	x					
	<i>N. rhyncocephala</i> Kützing							x						
	<i>N. rostellata</i> Kützing						x							
	<i>N. salinarum</i> Grunow								x					
	<i>N. scopulorum</i> de Brébisson ex Kützing							x	x	x				
	<i>N. tuscula</i> (Ehrenberg) Van Heurck			x										
	<i>N. viridula</i> Kützing							x	x					
	<i>N. zostereti</i> Grunow				x									
	<i>Nitzschia</i> Hassal		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>N. acicularis</i> (Kützing) Smith							x	x					

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>N. actinastroides</i> Lemmermann						X							
	<i>N. acuminata</i> (Smith) Cleve					X	X	X	X					
	<i>N. angularis</i> Smith							X						
	<i>N. apiculata</i> (Gregory) Grunow in Cleve & Grunow							X		X				
	<i>N. bicapitata</i> Cleve			X										
	<i>N. bilobata</i> Smith					X	X				X			
	<i>N. circumsuta</i> (Bailey) Grunow								X					
	<i>N. constricta</i> Ralfs ex Pritchard									X				
	<i>N. dissipata</i> (Kützing) Grunow						X	X						
	<i>N. distans</i> Gregory				X	X								
	<i>N. filiformis</i> (Smith) Schütt							X						
	<i>N. fonticola</i> Grunow							X						
	<i>N. granulata</i> Hantzsch in Rabenhorst							X						
	<i>N. incerta</i> Grunow						X							
	<i>N. insignis</i> Gregory		X	X				X			X			
	<i>N. lanceolata</i> Smith							X						
	<i>N. longissima</i> (de Brébisson in Kützing) Ralfs in Pritchard		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	<i>N. lorenziana</i> Grunow			X	X	X	X	X	X					
	<i>N. marina</i> Grunow in Cleve & Grunow	<i>Nitzschia angustata</i> var. <i>marina</i> Grunow in Cleve & Möller	X	X	X									
	<i>N. mediterranea</i> Hustedt					X	X	X	X	X	X	X		
	<i>N. microcephala</i> Grunow							X						
	<i>N. navicularis</i> Grunow in Cleve & Grunow		X	X			X	X	X	X				
	<i>N. obtusa</i> Smith						X	X	X	X	X			
	<i>N. palia</i> (Kützing) Smith							X						
	<i>N. paleacea</i> Grunow							X						
	<i>N. panduriformis</i> Gregory		X	X	X									
	<i>N. parvula</i> Smith								X					
	<i>N. plana</i> Smith							X						
	<i>N. punctata</i> (Smith) Grunow		X	X	X	X	X	X	X	X				
	<i>N. rigida</i> Kützing						X							
	<i>N. sicula</i> (Castracane) Hustedt		X	X										

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>N. sigma</i> (Kützing) Smith	<i>Synedra sigma</i> Kützing; <i>Nitzschia</i> <i>rigida</i> Kützing	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>N. spathulata</i> de Brébisson ex Smith		x	x		x	x		x					
	<i>N. subtilis</i> Kützing							x						
	<i>N. tryblionella</i> Hantzsch		x		x		x		x					
	<i>Odontella</i> Agardh			x										
	<i>O. aurita</i> (Lyngbye) Agardh	<i>Biddulphia aurita</i> (Lyngbye) de Brébisson	x	x	x			x	x	x	x		x	
	<i>O. laevis</i> Ehrenberg						x							
	<i>O. mobiliensis</i> (Bailey) Grunow	<i>Biddulphia mobiliensis</i> (Bailey) Grunow ex Van Heurck	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>O. obtusa</i> Kützing	<i>Biddulphia obtusa</i> (Kützing) Ralfs in Pritchard	x											
	<i>Odontidium</i> Kützing													
	<i>O. marinum</i> Grunow								x					
	<i>Okedenia</i> Eulenstein ex De Toni													
	<i>O. inflexa</i> (de Brébisson) De Toni							x	x				x	
	<i>Opephora</i> Petit													
	<i>O. marina</i> (Gregory) Petit							x						
	<i>Paralia</i> Heiberg													
	<i>P. sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
	<i>Phaeodactylum</i> Bohlin				x									
	<i>P. tricorutum</i> Bohlin				x									
	<i>Pinnularia</i> Ehrenberg		x				x	x	x					
	<i>P. borealis</i> Ehrenberg						x							
	<i>P. cruciformis</i> (Donkin) Cleve						x							
	<i>P. divergentissima</i> (Grunow) Cleve							x						
	<i>P. interrupta</i> Smith						x							
	<i>P. lata</i> (de Brébisson) Smith							x						
	<i>P. subcapitata</i> Gregory							x						
	<i>Plagiogramma</i> Greville		x						x					
	<i>P. staurophorum</i> (Gregory) Heiberg								x					
	<i>Planktoniella</i> Schütt													
	<i>P. sol</i> (Wallich) Schütt		x	x	x									
	<i>Pleurosigma</i> Smith		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>P. acuminatum</i> Grunow		x			x		x						

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>P. aestuarii</i> (de Brébisson ex Kützing) Smith							x						
	<i>P. angulatum</i> (Quekett) Smith		x	x	x		x	x	x					
	<i>P. attenuatum</i> (Kützing) Smith						x							
	<i>P. delicatulum</i> Smith		x					x						
	<i>P. elongatum</i> Smith		x				x	x		x				
	<i>P. formosum</i> Smith						x	x	x					
	<i>P. longum</i> Cleve							x						
	<i>P. normanii</i> Ralfs in Pritchard	<i>Pleurosigma affine</i> Grunow	x				x	x						
	<i>P. obscurum</i> Smith							x	x					
	<i>P. strigosum</i> Smith							x		x				
	<i>P. rigidum</i> Smith			x										
	<i>Podocystis</i> Bailey ex Smith													
	<i>P. adriatica</i> (Kützing) Boyer				x									
	<i>Podosira</i> Ehrenberg			x										
	<i>P. stelliger</i> (Bailey) Mann	<i>Hyalodiscus stelliger</i> Bailey	x	x	x		x	x	x			x		
	<i>Porosira</i> Jörgensen													
	<i>P. pentaportula</i> Syvertsen & Lange				x									
	<i>Proboscia</i> Sundström													
	<i>P. alata</i> (Brightwell) Sundström	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>alata</i> Brightwell	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>P. indica</i> (Peragallo) Hernández-Becerril	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i> (Peragallo) Gran	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
	<i>Pseudo-nitzschia</i> Peragallo in H. & M. Peragallo		x	x	x									
⊕ +	<i>P. australis</i> Frenguelli		x	x	x					x				
⊕	<i>P. delicatissima</i> (Cleve) Heiden in Heiden & Kolbe	<i>Nitzschia delicatissima</i> Cleve	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
	<i>P. fraudulenta</i> (Cleve) Hasle	<i>Nitzschia fraudulenta</i> Cleve	x	x	x						x			
⊕	<i>P. pseudodelicatissima</i>	<i>Nitzschia</i>	x	x				x		x	x			
	<i>P. pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	<i>Nitzschia pungens</i> Grunow	x	x	x			x	x	x	x			
⊕	<i>P. cf. seriata</i> (Cleve) Peragallo *3	<i>Nitzschia seriata</i> Cleve	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
	<i>Pseudosolenia</i> Sundström													
	<i>P. calcar-avis</i> (Schultze) Sundström	<i>Rhizosolenia calcar-avis</i> Schultze	x	x						x	x			

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>Rhabdonema</i> Kützing													
	<i>R. adriaticum</i> Kützing		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>R. minutum</i> Kützing			x			x							
	<i>Rhaphoneis</i> Ehrenberg			x										
	<i>R. amphiceros</i> (Ehrenberg) Ehrenberg							x						
	<i>R. nitida</i> (Gregory) Grunow						x					x		
	<i>Rhizosolenia</i> Brightwell		x	x	x			x						
	<i>R. acuminata</i> (Peragallo) Peragallo			x										
	<i>R. bergonii</i> Peragallo		x	x	x									
	<i>R. formosa</i> Peragallo			x										
	<i>R. hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran	<i>Rhizosolenia semispina</i> Hensen	x	x	x			x	x	x	x	x		
	<i>R. imbricata</i> Brightwell	<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>shrubslei</i> (Cleve) Schröder; <i>Rhizosolenia shrubslei</i> Cleve	x	x	x	x	x	x	x	x		x		
	<i>R. setigera</i> Brightwell		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>R. styliformis</i> Brightwell		x	x	x	x	x	x	x	x				
	<i>R. temperei</i> Peragallo			x										
	<i>Rhopalodia</i> Müller													
	<i>R. gibberula</i> Kützing							x		x				
	<i>R. musculus</i> (Kützing) Müller						x		x					
	<i>Roperia</i> Grunow ex Pelletan													
	<i>R. tessellata</i> (Roper) Grunow ex Pelletan		x	x	x			x	x					
	<i>Scoliopleura</i> Grunow													
	<i>S. tumida</i> (de Brébisson ex Kützing) Rabenhorst							x	x	x				
	<i>Scoliotropis</i> Cleve													
	<i>S. latestriata</i> (de Brébisson ex Kützing) Cleve								x					
	<i>Skeletonema</i> Greville						x			x				
⊕	<i>S. costatum</i> (Greville)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Stauroneis</i> Ehrenberg			x		x	x		x					
	<i>S. balearica</i> Cleve			x										
	<i>S. elata</i> Hustedt						x							
	<i>S. phoenicenteron</i> Ehrenberg						x							
	<i>S. rossii</i> Hendey								x					
	<i>S. salina</i> Smith		x					x	x	x	x			
	<i>Staurosira</i> (Ehrenberg) Petit													

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>S. mutabilis</i> Smith							x						
	<i>Stephanodiscus</i> Ehrenberg						x							
	<i>S. astraea</i> (Ehrenberg) Grunow						x							
	<i>S. hantzschii</i> Grunow						x	x						
	<i>Stephanopyxis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg		x	x	x		x	x						
	<i>S. palmeriana</i> (Greville) Grunow		x	x	x		x	x	x	x	x	x		
	<i>S. turris</i> (Arnott in Greville) Ralfs in Pritchard		x	x	x	x	x		x		x			
	<i>Stephanosira</i> Karsten													
	<i>S. decussata</i> Karsten			x										
	<i>Striatella</i> Agardh													
	<i>S. unipunctata</i> (Lyngbye) Agardh		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
	<i>Surirella</i> Turpin		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>S. americana</i> Peragallo						x							
	<i>S. comis</i> Schmidt				x			x						
	<i>S. fastuosa</i> Ehrenberg		x	x	x		x	x	x					
	<i>S. gemma</i> (Ehrenberg) Kützing		x				x	x	x		x			
	<i>S. hybrida</i> Grunow			x										
	<i>S. ovalis</i> de Brébisson						x	x	x					
	<i>S. ovata</i> Kützing		x					x	x		x			
	<i>S. smithii</i> Ralfs								x					
	<i>S. splendida</i> Ehrenberg		x											
	<i>Synedra</i> Ehrenberg		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>S. affine</i> Kützing		x	x				x						
	<i>S. acus</i> Kützing						x							
	<i>S. fasciculata</i> (Agardh) Kützing						x		x					
	<i>S. fulgens</i> (Greville) Smith							x	x					
	<i>S. gaillonii</i> (Bory) Ehrenberg		x	x			x	x	x	x		x		
	<i>S. longissima</i> Smith						x		x					
	<i>S. pulchella</i> Kützing		x	x					x			x		
	<i>S. tabulata</i> (Agardh) Kützing							x						
	<i>S. ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg						x	x						
	<i>Terpsinoë</i> Ehrenberg								x					
	<i>T. americana</i> Bailey							x			x			
	<i>Thalassionema</i> Grunow ex Hustedt		x	x										
	<i>T. frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow	x	x	x		x				x			

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>T. nitzschioides</i> (Grunow) Grunow ex Hustedt	<i>Thalassiothrix nitzschioides</i> Grunow	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Thalassiosira</i> Cleve		x	x	x	x	x	x	x					
	<i>T. aestivalis</i> Gran		x				x							
	<i>T. angulata</i> (Gregory) Hasle	<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grunow) Jörgensen		x		x	x	x	x					
	<i>T. anguste-lineata</i> (Schmidt) Fryxell & Hasle	<i>Coscinosira polychorda</i> (Gran) Gran	x	x	x	x	x							
	<i>T. antarctica</i> Fryxell, Ducette & Hubbard	<i>Thalassiosira fallax</i> Meunier									x			
	<i>T. baltica</i> (Grunow) Ostenfeld							x						
	<i>T. bioculata</i> (Grunow) Ostenfeld				x									
⊕	<i>T. diporocyclus</i> Hasle		x	x	x									
	<i>T. eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	<i>Coscinodiscus eccentricus</i> Ehrenberg	x	x	x		x	x	x	x	x	x		
⊕	<i>T. gravida</i> Cleve		x	x	x		x	x	x	x				
	<i>T. guillardii</i> Hasle	<i>Cyclotella nana</i> Guillard									x			
	<i>T. hyalina</i> (Grunow) Gran							x		x				
	<i>T. leptopus</i> (Grunow) Hasle & Fryxell	<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg	x	x	x		x	x		x				
⊕	<i>T. mediterranea</i> (Schröder) Hasle				x									
⊕	<i>T. minuscula</i> Krasske		x	x	x					x	x			
	<i>T. nordenskioldii</i> Cleve		x	x										
	<i>T. pseudonana</i> Hasle & Heimdal	<i>Cyclotella nana</i> Guillard	x	x		x	x			x	x			
	<i>T. rotula</i> Meunier		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
⊕	<i>T. cf. subtilis</i> (Ostenfeld)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
⊕	<i>T. weissflogii</i> (Grunow)	<i>Thalassiosira</i>				x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Thalassiothrix</i> Cleve & Grunow		x	x	x									
	<i>T. longissima</i> Cleve & Grunow												x	
	<i>T. mediterranea</i> Pavillard					x								
	<i>Trachyneis</i> Cleve								x					
	<i>T. aspera</i> (Ehrenberg) Cleve		x	x	x	x	x		x	x				
	<i>T. robusta</i> Petit			x										
	<i>Triceratium</i> Ehrenberg		x	x				x		x				
	<i>T. favus</i> Ehrenberg			x				x	x	x				

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>T. pentacrinus</i> (Ehrenberg) Wallich			X										
	<i>Trigonium</i> Cleve													
	<i>T. formosum</i> (Brightwell) Cleve			X										
	<i>Tropidoneis</i> Cleve			X		X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>T. elegans</i> (Smith) Cleve					X	X							
	<i>T. lepidoptera</i> (Gregory) Cleve	<i>Amphiprora lepidoptera</i> Gregory				X	X							
	<i>T. vitrea</i> (Smith) Cleve		X			X	X	X						
	DINOPHYCEAE		X	X	X		X	X						
	<i>Acanthogonyaulax</i> (Kofoid) Granham										X			
	<i>Achradina</i> Lohmann		X	X	X									
	<i>Alexandrium</i> Halim		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
⊕	<i>A. affine</i> (Inoue &		X	X	X	X	X		X	X	X	X		
	<i>A. lusitanicum</i> Balech		X		X	X								
⊕	<i>A. margalefii</i> Balech				X									
⊕ +	<i>A. minutum</i> Halim			X	X	X			X	X	X	X	X	
⊕	<i>A. pseudogoniaulax</i>	<i>Goniodoma</i>					X							
⊕ +	<i>A. tamarense</i> (Lebour)	<i>Gonyaulax tamarenensis</i>					X	X						
	<i>Amphidinium</i> Claparède & Lachmann		X	X	X		X			X				
⊕ +	<i>A. carterae</i> Hulburt					X	X	X	X	X	X	X		
	<i>A. crassum</i> Lohmann									X				
	<i>A. globosum</i> Schröder									X				
	<i>A. operculatum</i> Claparède & Lachmann						X							
	<i>A. pelagicum</i> Lebour						X							
	<i>A. sphenoides</i> Wulff		X		X					X				
	<i>Amphidoma</i> Stein		X	X										
	<i>A. caudatum</i> Halldal	<i>Oxytoxum margalefi</i> Rampi	X	X	X		X							
	<i>Amphisolenia</i> Stein		X											
	<i>A. bidentata</i> Schröder			X										
	<i>A. globifera</i> Stein		X	X										
	<i>Amylax</i> Meunier													
	<i>A. buxus</i> (Balech) Dodge	<i>Goniaulax buxus</i> Balech	X				X							
	<i>A. triacantha</i> (Jørgensen) Sournia	<i>Gonyaulax triacantha</i> (Jørgensen) Sournia	X	X										
	<i>Blepharocysta</i> Ehrenberg		X	X										
	<i>B. paulsenii</i> Schiller			X										
	<i>Centrodinium</i> Kofoid			X										
	<i>Ceratium</i> Schrank		X	X	X		X	X	X					
	<i>C. arietinum</i> Cleve	<i>Ceratium bucephalum</i> Cleve	X	X										

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>C. azoricum</i> Cleve		x	x	x				x	x	x	x		
	<i>C. belone</i> Cleve			x										
	<i>C. breve</i> (Ostenfeld & Schmidt) Schröder		x	x										
	<i>C. candelabrum</i> (Ehrenberg) Stein		x	x	x		x		x	x	x	x	x	x
	<i>C. carriense</i> Gourret		x	x										
	<i>C. concilians</i> Jörgensen				x									
	<i>C. contortum</i> (Gourret) Cleve	<i>Ceratium arcuatum</i> (Gourret) Cleve	x				x							
	<i>C. contrarium</i> (Gourret) Pavillard			x										
	<i>C. declinatum</i> (Karsten) Jörgensen		x	x										
	<i>C. extensum</i> (Gourret) Cleve		x	x	x		x							
	<i>C. furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
⊕	<i>C. fusus</i> (Ehrenberg)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>C. geniculatum</i> (Lemmermann) Cleve											x		
	<i>C. gibberum</i> Gourret		x	x	x									
	<i>C. gravidum</i> Gourret		x											
	<i>C. hexacanthum</i> Gourret		x	x										
	<i>C. horridum</i> (Cleve) Gran		x	x	x	x	x	x	x	x			x	
	<i>C. inflatum</i> (Kofoid) Jörgensen			x										
	<i>C. kofoidii</i> Jörgensen		x	x	x		x							
	<i>C. limulus</i> Gourret		x	x										
	<i>C. lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve		x	x	x		x	x		x	x	x		
	<i>C. longipes</i> (Bailey) Gran		x	x							x			
	<i>C. longirostrum</i> Gourret			x										
	<i>C. macroceros</i> (Ehrenberg) Vanhöffen		x	x	x					x				
	<i>C. massiliense</i> (Gourret) Jörgensen		x	x	x		x							
	<i>C. minutum</i> Jörgensen		x	x	x			x						
	<i>C. paradoxides</i> Cleve			x										
	<i>C. pentagonum</i> Gourret		x	x	x			x						
	<i>C. platycorne</i> Daday		x									x		
	<i>C. porrectum</i> Karsten			X										
	<i>C. pulchellum</i> Schröder		x	x						x		x	x	
	<i>C. ranipes</i> Cleve		x	x	x									
	<i>C. setaceum</i> Jörgensen		x											
	<i>C. symmetricum</i> Pavillard	<i>Ceratium gracile</i> (Gourret) Jörgensen	x	x										

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>C. teres</i> Kofoid		x	x	x	x	x		x	x	x	x		
	<i>C. trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid		x	x	x									
	<i>C. tripos</i> (Müller) Nitzsch		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	<i>Ceratocorys</i> Stein				x									
	<i>C. armata</i> (Schütt) Kofoid		x											
	<i>C. gourretii</i> Paulsen	<i>Ceratocorys jourdani</i> (Gouret) Kofoid		x										
	<i>C. horrida</i> Stein		x	x						x				
	<i>Citharistes</i> Stein													
	<i>C. regius</i> Stein				x									
	<i>Cladopyxis</i> Stein		x	x			x							
	<i>Cochlodinium</i> Schütt		x	x	x									
	<i>C. achromaticum</i> Lebour		x	x										
	<i>Coolia</i> Meunier					x		x						
⊕	<i>C. monotis</i> Meunier			x										
	<i>Corythodinium</i> Loeblich Jr & Loeblich III		x	x	x									
	<i>C. compressum</i> (Kofoid) Taylor	<i>Oxytoxum compressum</i> Kofoid			x									
	<i>C. constrictum</i> (Stein) Taylor	<i>Oxytoxum constrictum</i> (Stein) Bütschli	x	x	x									
	<i>C. reticulatum</i> (Stein) Taylor	<i>Oxytoxum reticulatum</i> (Stein) Shütt		x										
	<i>C. tessellatum</i> (Stein) Loeblich Jr & Loeblich III	<i>Oxytoxum tessellatum</i> Stein	x	x	x									
	<i>Dinophysis</i> Ehrenberg		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
⊕ +	<i>D. acuminata</i> Claparède		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
⊕ +	<i>D. acuta</i> Ehrenberg		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>D. acutoides</i> Ehrenberg		x	x	x									
⊕	<i>D. caudata</i> Saville-Kent		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
	<i>D. debilior</i> (Paulsen) Paulsen						x							
	<i>D. dens</i> Pavillard			x			x		x	x	x	x		
	<i>D. diegensis</i> Kofoid		x	x	x		x				x			
⊕	<i>D. fortii</i> Pavillard		x	x	x	x	x		x	x	x	x		
⊕	<i>D. hastata</i> Stein		x	x	x	x	x		x	x	x	x		
	<i>D. infundibula</i> Schiller	<i>Dinophysis parva</i> Schiller	x	x										
	<i>D. intermedia</i> Pavillard			x										
	<i>D. lenticula</i> Pavillard			x			x							
⊕	<i>D. norvegica</i> Claparède & Lachmann		x											

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>D. odiosa</i> (Pavillard) Tai & Skogsberg		x											
	<i>D. ovata</i> Claparède & Lachmann			x										
	<i>D. ovum</i> Schütt		x	x	x	x	x							
	<i>D. parvula</i> (Schütt) Balech			x										
	<i>D. recurva</i> Kofoid & Skogsberg						x							
	<i>D. reniformis</i> (Pavillard) Kofoid & Skogsberg	<i>Dinophysis phaeseolus</i> E.S.Silva					x							
⊕ +	<i>D. sacculus</i> Stein		x	x	x		x	x		x	x	x	x	
	<i>D. schröderi</i> Pavillard		x	x						x				
	<i>D. schuettii</i> Murray & Whitting		x											
	<i>D. skagii</i> Paulsen		x			x	x			x	x	x	x	
	<i>D. sphaerica</i> Stein		x	x										
⊕	<i>D. tripos</i> Gourret		x	x	x		x		x		x	x	x	
	<i>Diplopsalis</i> Bergh		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
	<i>D. lenticula</i> Bergh	<i>Dissodinium lenticulum</i> (Bergh) Loeblich III	x	x	x		x				x			
	<i>Diplopsalopsis</i> Meunier						x							
	<i>D. orbicularis</i> (Paulsen) Meunier			x										
	<i>Dissodinium</i> Klebs in Pascher		x	x										
	<i>D. elegans</i> (Pavillard) Matzenauer			x	x									
	<i>Dissodinium</i> Abé													
	<i>D. asymmetricum</i> (Mangin) Loeblich III	<i>Diplopsalis asymmetrica</i> Drebes & Elbrachter	x	x	x		x							
	<i>Erytropsidinium</i> P.C. Silva		x	x	x									
	<i>Fragilidium</i> Balech ex Loeblich III													
	<i>F. subglobosum</i> (Stosch) Loeblich III	<i>Helgolandinium subglobosum</i> Stosch	x	x						x				
	<i>Glenodinium</i> Ehrenberg		x	x	x	x	x	x		x	x		x	
	<i>G. foliaceum</i> Stein					x	x	x	x					
	<i>Goniodoma</i> (Pouchet) Jörgensen		x											
	<i>G. polyedricum</i> (Pouchet) Jörgensen	<i>Triadinium polyedricum</i> (Pouchet) Dodge	x	x	x		x			x				

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>G. sphaericum</i> Murray & Whiting	<i>Triadinium sphaericum</i> (Murray & Whiting) Dodge		x	x									
	<i>Gonyaulax</i> Diesing		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>G. alaskensis</i> Kofoid						x							
	<i>G. diegensis</i> Kofoid		x	x			x							
	<i>G. digitale</i> (Pouchet) Kofoid		x	x	x									
	<i>G. grindleyi</i> Reinecke	<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli		x										
	<i>G. monacantha</i> Pavillard			x			x							
	<i>G. monospina</i> Rampi			x										
	<i>G. orientalis</i> Lindemann						x							
	<i>G. pacifica</i> Kofoid	<i>Gonyaulax kofoidii</i> Pavillard		x			x							
	<i>G. polygramma</i> Stein		x	x	x		x							
	<i>G. scrippsae</i> Kofoid			x			x							
	<i>G. spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>G. turbynei</i> Murray & Whitting		x	x	x									
	<i>G. verior</i> Sournia	<i>Goniaulax diacantha</i> (Meunier) Schiller; <i>Amylax diacantha</i> Meunier	x	x		x	x							
	<i>Gymnodinium</i> Stein		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>G. aeruginosum</i> Stein				x									
	<i>G. arcticum</i> Wulff						x	x		x				
	<i>G. biconicum</i> Schiller			x	x									
⊕	<i>G. breve</i> Davis		x	x	x		x					x	x	
⊕ +	<i>G. catenatum</i> Graham		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>G. cucumis</i> Schütt			x										
	<i>G. galatheanum</i> Braarud						x							
	<i>G. nelsonii</i> Martin		x			x	x	x	x					
⊕ +	<i>G. sanguineum</i> Hirasaka	<i>Gymnodinium splendens</i> Lebour	x	x	x	x	x	x	x					
	<i>Gyrodinium</i> Kofoid & Swezy		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
⊕ +	<i>G. aureolum</i> Hulburt		x	x	x	x	x			x	x			
	<i>G. dominans</i> Hulburt						x							
	<i>G. falcatum</i> Kofoid & Swezy		x	x		x		x	x					
	<i>G. fusiforme</i> Kofoid & Swezy		x	x	x			x						
⊕	<i>G. impudicum</i> Fraga & Bravo		x	x	x						x			

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
⊕	<i>G. instriatum</i> Freudenthal & Lee					x				x				
	<i>G. lacryma</i> (Meunier) Kofoid & Swezy		x	x		x	x	x						
	<i>G. pingue</i> (Schütt) Kofoid & Swezy									x				
	<i>G. spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy			x		x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Heterocapsa</i> Stein													
	<i>H. niei</i> (Loeblich III) Morrill & Loeblich III	<i>Cachonina niei</i> Loeblich III	x	x	x			x						
	<i>Heterodinium</i> Kofoid			x										
	<i>H. mediterraneum</i> Pavillard		x											
	<i>Histioneis</i> Stein		x	x	x									
	<i>H. pavillardii</i> Rampi		x											
	<i>H. robusta</i> Rampi			x		x	x	x	x					
	<i>Katodinium</i> Fott		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>K. asymmetricum</i> (Massart) Loeblich III							x						
	<i>K. glaucum</i> (Lebour) Loeblich III	<i>Massartia glauca</i> (Lebour) Schiller	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>K. rotundatum</i> (Lohmann) Loeblich III	<i>Massartia rotundata</i> (Lohmann) Schiller					x							
	<i>Kofoidinium</i> Pavillard		x	x										
	<i>K. velleloides</i> Pavillard			x		x	x							
	<i>Lingulodinium</i> (Stein) Dodge													
	<i>L. polyedra</i> (Stein) Dodge	<i>Gonyaulax polyedra</i> Stein	x	x	x	x	x		x		x	x	x	
	<i>Mesoporos</i> Lillick													
	<i>M. globulus</i> (Schiller) Lillick	<i>Porella globulus</i> Schiller					x				x			
	<i>M. perforatus</i> (Gran) Lillick		x	x	x									
	<i>Micracanthodinium</i> Deflandre		x	x	x	x	x							
	<i>M. bacilliferum</i> (Schiller) Deflandre		x											
	<i>Noctiluca</i> Suriray		x	x										
⊕	<i>N. scintillans</i> (Macartney) Kofoid & Swezy	<i>Noctiluca miliaris</i> Suriray	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Ornithocercus</i> Stein		x	x	x									
	<i>O. heteroporus</i> Kofoid			x										
	<i>O. magnificus</i> Stein		x	x										
	<i>O. quadratus</i> Schütt		x							x				
	<i>O. splendidus</i> Schütt				x									
	<i>O. steinii</i> Schütt				x									

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>O. thumii</i> (Schmidt) Kofoid & Skogsberg		x	x										
	<i>Oxyphysis</i> Kofoid					x	x							
	<i>O. oxytoxoides</i> Kofoid				x	x			x	x		x		
	<i>Oxyrrhis</i> Dujardin													
	<i>O. marina</i> Dujardin			x		x	x	x	x	x	x	x		
	<i>Oxytoxum</i> Stein		x	x	x	x	x							
	<i>O. belgicae</i> Meunier				x									
	<i>O. brunellii</i> Rampi		x											
	<i>O. caudatum</i> Schiller			x										
	<i>O. crassum</i> Schiller	<i>Oxytoxum globosum</i> Schiller	x	x	x	x			x					
	<i>O. curvatum</i> (Kofoid) Kofoid			x										
	<i>O. curvicaudatum</i> Kofoid			x										
	<i>O. elegans</i> Pavillard		x											
	<i>O. gladiolus</i> Stein		x	x										
	<i>O. globosum</i> Schiller		x		x									
	<i>O. laticeps</i> Schiller		x	x	x									
	<i>O. longiceps</i> Schiller		x	x										
	<i>O. milneri</i> Murray & Whitting			x	x									
	<i>O. minutum</i> Rampi		x	x	x									
	<i>O. ovale</i> Schiller	<i>Oxytoxum mediterraneum</i> Schiller; <i>Oxytoxum punctulatum</i> Rampi; <i>Oxytoxum lativelatum</i> Taylor	x	x	x									
	<i>O. pachyderme</i> Schiller			x										
	<i>O. parvum</i> Schiller	<i>Oxytoxum tenuistriatum</i> Rampi	x	x	x									
	<i>O. sceptrum</i> (Stein) Schröder	<i>Oxytoxum longiceps</i> Schiller	x	x										
	<i>O. scolopax</i> Stein		x	x	x									
	<i>O. sphaeroideum</i> Stein		x	x										
	<i>O. tenuistriatum</i> Rampi			x										
	<i>O. viride</i> Schiller		x	x	x									
	<i>Palaeophalacroma</i> Schiller													
	<i>P. uncinatum</i> Schiller		x											
	<i>Parahistioneis</i> (Kofoid) Kofoid & Skogsberg			x										
	<i>Pavillardinium</i> de Toni													
	<i>P. intermedium</i> (Pavillard) de Toni	<i>Murrayella intermedia</i> Pavillard		x										
	<i>Phalacroma</i> Stein		x											

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>P. argus</i> Stein	<i>Dinophysis argus</i> (Stein) Abé		x	x									
	<i>P. cuneus</i> Schütt		x											
	<i>P. doryphorum</i> Stein	<i>Dinophysis doryphorum</i> (Stein) Abé		x			x							
	<i>P. favus</i> Kofoid & Michener	<i>Dinophysis favus</i> (Kofoid & Michener) Abé	x	x										
	<i>P. globulus</i> Schütt	<i>Dinophysis globulus</i> (Schütt) Balech	x	x										
	<i>P. mitra</i> Schütt	<i>Dinophysis mitra</i> (Schütt) Abé	x											
	<i>P. operculatum</i> Stein	<i>Dinophysis operculata</i> (Stein) Balech		x										
	<i>P. porodictyum</i> Stein	<i>Dinophysis porodictyum</i> (Stein) Abé		x	x		x							
	<i>P. rapa</i> Jörgensen	<i>Dinophysis rapa</i> (Stein) Balech		x										
⊕	<i>P. rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener	<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède & Lachmann	x	x	x		x		x			x		
	<i>Pheopolykrikos</i> Chatton emend. Matsuoka & Fukuyo										x			
	<i>P. hartmannii</i> (Zimmerman) Matsuoka & Fukuyo	<i>Polykrikos barnegatensis</i> Martin					x							
	<i>Podolampas</i> Stein		x				x			x	x	x	x	
	<i>P. bipes</i> Stein			x			x							
	<i>P. elegans</i> Schütt			x	x		x							
	<i>P. palmipes</i> Stein		x	x	x									
	<i>Polykrikos</i> Bütschli		x	x	x									
	<i>P. kofoidii</i> Chatton		x	x	x		x	x	x		x	x	x	
	<i>P. shwartzii</i> Bütschli		x				x	x		x				
	<i>Preperidinium</i> Mangin		x	x	x		x	x						
	<i>P. meunieri</i> (Pavillard) Elbrächter	<i>Diplopeltopsis minor</i> Pavillard; <i>Zygabikodinium lenticulatum</i> Loeblich Jr. & Loeblich III	x	x	x									
	<i>Pronoctiluca</i> Fabre-Domergue		x	x	x			x		x	x	x	x	
	<i>P. pelagica</i> Fabre-Domergue		x	x	x									
	<i>P. spinifera</i> (Lohmann) Schiller	<i>Cystodinium</i> spp.	x	x	x									

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>Prorocentrum</i> Ehrenberg		x	x	x		x							
	<i>P. balticum</i> (Lohmann) Loeblich III	<i>Exuviella baltica</i> Lohmann	x	x	x		x	x						
⊕	<i>P. compressum</i> (Bailey) Abé		x	x	x	x	x							
	<i>P. cordatum</i> Ostenfeld			x										
	<i>P. dentatum</i> Stein			x		x	x	x		x	x	x		
	<i>P. gracile</i> Schütt		x	x	x		x	x						
⊕ +	<i>P. lima</i> (Ehrenberg) Dodge		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>P. marinum</i> (Cienkowski) Loeblich III	<i>Exuviella marina</i> Cienkowski			x									
⊕	<i>P. mexicanum</i> Tafall					x	x			x	x			
	<i>P. micans</i> Ehrenberg		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
⊕	<i>P. minimum</i> (Pavillard) Schiller	<i>Exuviella minima</i> Pavillard	x	x	x		x			x	x	x	x	
	<i>P. nanum</i> Schiller			x										
	<i>P. rostratum</i> Stein		x	x	x	x	x	x		x	x	x		
	<i>P. rotundatum</i> Schiller			x		x	x		x					
	<i>P. scutellum</i> Schröder		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
⊕	<i>P. triestinum</i> Schiller		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Protoceratium</i> Bergh		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>P. areolatum</i> Kofoid		x	x										
	<i>Protoperidinium</i> Bergh	<i>Peridinium</i> Ehrenberg	x	x	x		x	x	x	x	x			
	<i>P. ampulliforme</i> (Wood) Balech			x			x							
	<i>P. avellana</i> (Meunier) Balech			x			x							
	<i>P. bipes</i> (Paulsen) Balech	<i>Minuscula bipes</i> Lebour	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
	<i>P. brevipes</i> (Paulsen) Balech		x	x	x			x						
	<i>P. brochii</i> Kofoid & Swezy	<i>Peridinium crassum</i> Dangeard	x	x										
	<i>P. bulla</i> Meunier						x							
	<i>P. cerasus</i> (Paulsen) Balech			x		x			x					
	<i>P. claudicans</i> (Paulsen) Balech		x	x	x		x							
	<i>P. conicoides</i> (Paulsen) Balech			x		x	x	x						
	<i>P. conicum</i> (Gran) Balech		x	x	x	x	x	x				x		
	<i>P. crassipes</i> (Kofoid) Balech		x	x	x							x		
	<i>P. curvipes</i> (Ostenfeld) Balech		x	x	x		x							

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>P. depressum</i> (Bailey) Balech		x	x	x	x	x			x	x	x	x	
	<i>P. diabolium</i> (Cleve) Balech	<i>Peridinium formosum</i> Pavillard	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>P. divergens</i> (Ehrenberg) Balech		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>P. elegans</i> (Cleve) Balech			x										
	<i>P. excentricum</i> (Paulsen) Balech			x		x	x	x				x		
	<i>P. globulum</i> (Stein) Balech	<i>Peridinium patens</i> Dangeard	x	x	x		x							
	<i>P. grande</i> (Kofoid) Balech		x	x										
	<i>P. granii</i> (Ostenfeld) Balech		x		x		x							
	<i>P. inclinatum</i> (Balech) Balech	<i>Peridinium sphaeroidea</i> Abé *2		x										
	<i>P. inconspicuum</i> (Lemmermann) Balech	<i>Peridinium minimum</i> (Kofoid) Loeblich III		x				x						
	<i>P. intermedium</i> Candeias		x											
	<i>P. leonis</i> (Pavillard) Balech		x	x	x		x	x				x		
	<i>P. longicollum</i> (Pavillard) Balech			x			x							
	<i>P. mariebourae</i> (Paulsen) Balech		x	x			x							
	<i>P. mediterraneum</i> (Kofoid) Balech			x	x									
	<i>P. minutum</i> (Kofoid) Loeblich III	<i>Peridinium monospinum</i> Paulsen *2	x	x	x	x	x							
	<i>P. mite</i> (Pavillard) Balech		x	x			x					x		
	<i>P. nudum</i> (Meunier) Balech			x		x	x							
	<i>P. oblongum</i> (Aurivillius) Parke & Dodge		x	x			x					x		
	<i>P. oceanicum</i> (Vanhöffen) Balech	<i>Peridinium murrayii</i> Kofoid	x	x	x		x					x		
	<i>P. ovatum</i> (Pouchet) Schütt		x	x	x		x					x		
	<i>P. ovum</i> (Schiller) Balech	<i>Peridinium rectum</i> Kofoid *2	x	x	x									
	<i>P. pallidum</i> (Ostenfeld) Balech		x	x			x				x			
	<i>P. pellucidum</i> (Bergh) Balech		x	x	x		x				x			

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>P. pentagonum</i> (Gran) Balech		x	x	x	x	x	x				x		
	<i>P. punctulatum</i> (Paulsen) Balech			x			x	x				x		
	<i>P. pyriforme</i> (Paulsen) Balech	<i>Peridinium breve</i> Paulsen	x	x	x		x							
	<i>P. quinquecorne</i> (Abé) Balech			x		x	x		x				x	
	<i>P. solidicorne</i> (Mangin) Balech			x										
	<i>P. steinii</i> (Jørgensen) Balech		x	x	x		x	x	x					
	<i>P. subcurvipes</i> (Lebour) Balech						x							
	<i>P. subinermis</i> (Paulsen) Loeblich III		x	x										
	<i>P. subpyriforme</i> (Dangeard) Balech			x										
	<i>P. tuba</i> (Schiller) Balech		x	x										
	<i>Pselodinium</i> Sournia			x			x							
	<i>P. vaubanii</i> Sournia		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	
	<i>Ptychodiscus</i> Stein		x											
	<i>P. noctiluca</i> Stein		x	x										
	<i>Pyrocystis</i> Murray ex Haeckel		x	x	x									
	<i>P. fusiformis</i> Wyville- Thomson ex Murray	<i>Dissodinium fusiformis</i> (Thomson ex Murray) Matzenauer	x	x										
	<i>P. lunula</i> (Schütt) Schütt	<i>Dissodinium lunula</i> (Schütt) Pascher; <i>Gymnodinium lunula</i> Schütt	x	x	x		x	x		x	x	x	x	
	<i>P. noctiluca</i> Murray ex Haeckel	<i>Dissodinium</i> <i>pseudolunula</i> Swift; <i>Pyrocystis</i> <i>pseudonoctiluca</i> Thomson ex Murray	x	x										
	<i>P. obtusa</i> Pavillard		x	x	x	x	x	x	x					
	<i>P. robusta</i> Kofoid	<i>Dissodinium robustum</i> (Kofoid) Matzenauer	x	x	x									
	<i>Pyrophacus</i> Stein													
	<i>P. horologium</i> Stein		x	x	x	x	x			x	x	x	x	
	<i>Scrippsiella</i> Balech ex Loeblich III										x			
⊕	<i>S. trochoidea</i> (Stein) Loeblich III	<i>Peridinium</i> <i>trochoideum</i> (Stein)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Spatulodinium</i> Cachon & Cachon													

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>S. pseudonoclituca</i> (Pouchet) Cachon & Cachon		x	x	x		x							
	<i>Thoracosphaera</i> Kamptner													
	<i>T. heimii</i> (Lohmann) Kamptner		x	x	x			x						
	<i>Torodinium</i> Kofoid & Swezy		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>T. robustum</i> Kofoid & Swezy		x	x	x									
	<i>Warnowia</i> Lindemann	<i>Pouchetia</i> Schütt		x			x							
	PRYMNESIOPHYCEAE		x	x	x		x							
	<i>Acanthoica</i> Lohmann		x	x	x									
	<i>A. quattropsina</i> Lohmann		x	x	x									
	<i>Acanthosolenia</i> Bernard				x									
	<i>A. mediterranea</i> Bernard		x	x	x									
	<i>Algirosphaera</i> Schlauder emend. Norris		x	x	x									
	<i>A. oryza</i> Schlauder		x	x	x									
	<i>A. quadricornu</i> (Schiller) Norris		x	x	x		x							
	<i>A. robusta</i> (Lohmann) Norris	<i>Anthosphaera robusta</i> (Lohmann) Kamptner		x	x									
	<i>Alisphaera</i> Heimdal													
	<i>A. spatula</i> Steinmetz		x	x	x									
	<i>Alveosphaera</i> Jordan & Young													
	<i>A. bimurata</i> (Okada & McIntyre) Jordan & Young		x	x	x									
	<i>Anoplosolenia</i> Deflandre													
	<i>A. brasiliensis</i> (Lohmann) Deflandre		x	x	x									
	<i>Braarudosphaera</i> Deflandre													
	<i>B. bigelowii</i> (Gran & Braarud) Deflandre		x	x	x		x							
	<i>Calcidiscus</i> Kamptner													
	<i>C. leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich Jr & Tappan		x	x	x									
	<i>Calciosolenia</i> Gran			x										
	<i>C. murrayi</i> Gran		x	x	x									
	<i>Calyptriosphaera</i> Lohmann		x	x	x		x							
	<i>C. incisa</i> Schiller			x										

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>C. oblonga</i> Lohmann			X	X		X							
	<i>Caneosphaera</i> Gaarder													
	<i>C. molischii</i> (Schiller) Gaarder	<i>Syracosphaera molischii</i> Schiller	X	X	X									
	<i>Chrysochromulina</i> Lackey					X	X			X	X	X	X	
	<i>Coccolithus</i> Schwarz													
	<i>C. pelagicus</i> (Wallich) Schiller		X	X	X	X	X							
	<i>Coronosphaera</i> Gaarder		X											
	<i>C. binodata</i> (Kamptner) Gaarder	<i>Syracosphaera binodata</i> (Kamptner) Kamptner		X	X									
	<i>C. mediterranea</i> (Lohmann) Gaarder		X	X	X		X							
	<i>Corymbellus</i> Green													
	<i>C. aureus</i> Green					X	X			X	X	X	X	
	<i>Cyclolithus</i> Kamptner ex Deflandre													
	<i>C. anulus</i> Lecal		X	X	X									
	<i>Deutschlandia</i> Lohmann													
	<i>D. anthos</i> Lohmann		X	X	X									
	<i>Diacronema</i> Prauser													
	<i>D. vlkianum</i> Prauser emmend. Green & Hibberd						X		X					
	<i>Discosphaera</i> Haeckel													
	<i>D. tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld		X	X	X									
	<i>Emiliana</i> Hay & Mohler													
	<i>E. huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
	<i>Florisphaera</i> Okada & Honjo													
	<i>F. profunda</i> Okada & Honjo		X	X	X									
	<i>Gaarderia</i> Kleijne													
	<i>G. corolla</i> (Lecal) Kleijne		X											
	<i>Gephyrocapsa</i> Kamptner		X	X										
	<i>G. ericsonii</i> McIntyre & Bé		X	X	X		X							
	<i>G. muellerae</i> Bréhéret		X	X	X									
	<i>G. oceanica</i> Kamptner		X	X	X									
	<i>Hallopappus</i> Lohmann			X										
	<i>H. adriaticus</i> Schiller		X	X	X									
	<i>Helicosphaera</i> Kamptner		X				X							
	<i>H. carteri</i> (Wallich) Kamptner		X	X	X									

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>Homozygosphaera</i> Deflandre		x		x									
	<i>H. spinosa</i> (Kamptner) Deflandre			x	x									
	<i>H. stellulata</i> Lecal				x									
	<i>Hymenomonas</i> Stein emend. Gayral & Fresnel													
	<i>H. carterae</i> (Braarud & Fagerland) Braarud		x	x	x									
	<i>Imantonia</i> Reynolds					x	x		x	x	x			
	<i>Isochrysis</i> Parke			x		x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>I. galbana</i> Parke emend. Green & Pienaar						x							
	<i>Lohmannosphaera</i> Schiller													
	<i>L. paucoscyphos</i> Schiller		x	x										
	<i>L. tholica</i> Lecal			x										
	<i>Michaelsarcia</i> Gran													
	<i>M. aranea</i> Lecal			x	x									
	<i>M. elegans</i> Gran		x	x	x									
	<i>M. falklandica</i> Lohmann		x	x										
	<i>Ophiaster</i> Gran		x	x	x									
	<i>O. formosus</i> Gran		x	x	x									
	<i>O. hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann		x	x	x									
	<i>Pavlova</i> Butcher													
	<i>P. lutheri</i> (Droop) Green							x	x					
	<i>Phaeocystis</i> Lagerheim		x	x		x			x					
	<i>Platychrysis</i> Geitler emend. Gayral & Fresnel													
	<i>P. pigra</i> Geitler					x		x						
	<i>Policrater</i> Manton & Oates													
	<i>P. galapagensis</i> Manton & Oates		x	x	x									
	<i>Ponthosphaera</i> Lohmann		x		x									
	<i>P. discopora</i> Schiller		x	x	x									
	<i>P. syracusana</i> Lohmann		x	x	x									
	<i>Prymnesium</i> Massart													
⊕ +	<i>P. parvum</i> Carter					x	x		x		x	x		
	<i>P. saltans</i> Massart					x	x		x					
	<i>Rhabdosphaera</i> Haeckel		x	x	x									
	<i>R. clavigera</i> Murray & Blackman	<i>Rhabdosphaera stylifer</i> Lohmann	x	x	x									
	<i>R. hispida</i> Lohmann		x											
	<i>R. nigra</i> (Schiller) Kamptner		x	x										
	<i>R. tignifer</i> Schiller		x	x	x									

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>Scyphosphaera</i> Lohmann		x	x										
	<i>S. apsteinii</i> Lohmann		x	x	x									
	<i>Syracolithus</i> (Kamptner) Deflandre		x		x									
	<i>S. brandti</i> Schiller			x										
	<i>Syracosphaera</i> Lohmann		x	x	x		x							
	<i>S. cornus</i> Kamptner			x										
	<i>S. histrica</i> Kamptner	<i>Syracosphaera nodosa</i> Kamptner	x	x	x									
	<i>S. lamina</i> Lecal – Schlauder	<i>Syracolithus laminus</i> Lecal	x	x	x									
	<i>S. prolongata</i> Gran ex Lohmann		x	x	x									
	<i>S. pulchra</i> Lohmann		x	x	x									
	<i>Turrilithus</i> Jordan, Knappertsbusch, Simpson & Chamberlain													
	<i>T. latericioides</i> Jordan, Knappertsbusch, Simpson & Chamberlain		x	x	x									
	<i>Umbellosphaera</i> Paasche													
	<i>U. tenuis</i> (Kamptner) Paasche in Markali & Paasche		x	x	x									
	<i>Umbilicosphaera</i> Lohmann		x		x									
	<i>U. sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder		x	x	x									
	<i>Zygosphaera</i> Kamptner		x	x										
	<i>Z. debilis</i> Kamptner		x	x										
	RAPHIDOPHYCEAE						x	x						
	<i>Chatonella</i> Biecheler						x				x	x	x	
	<i>Heterosigma</i> Hada													
⊕ +	<i>H. inlandica</i> Hada	<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada ^{*1} ; <i>Olistodiscus luteus</i> Carter ^{*1}	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	
	EUGLENOPHYCEAE		x	x	x				x					
	<i>Euglena</i> Ehrenberg		x	x	x			x	x	x	x			
	<i>E. acusformis</i> Schiller										x			
	<i>Eutreptia</i> Perty		x	x	x			x	x	x	x			
	<i>E. lanowi</i> Steur								x					
	<i>E. viridis</i> Perty										x			
	<i>Eutreptiella</i> Cunha				x		x		x	x	x	x	x	
	<i>E. gymnastica</i> Thronsen					x	x			x	x	x	x	
	<i>E. marina</i> Cunha							x		x				

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	EBRIDEAE													
	<i>Ebria</i> Borgert													
	<i>E. tripartita</i> (Schumann) Lemmermann		x				x	x						
	CHLOROPHYCEAE		x	x	x			x	x	x	x			
	<i>Brachiomonas</i> Bohlin										x			
	<i>Carteria</i> Diesing										x			
	<i>Chlamydomonas</i> Ehrenberg		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Chlorella</i> Beijerinck													
	<i>C. marina</i> Butcher					x	x			x	x	x	x	
	<i>C. salina</i> Kufferath					x	x							
	<i>Dunaliella</i> Teodoresco			x							x			
	<i>D. minuta</i> Butcher						x	x						
	<i>D. salina</i> (Dunal) Teodoresco						x	x	x					
	<i>D. tertiolecta</i> Butcher							x						
	<i>Micromonas</i> Manton & Parke													
	<i>M. pusilla</i> (Butcher) Manton & Parke					x	x		x					
	<i>Nannochloris</i> Naumann													
	<i>N. atomus</i> Butcher					x	x	x	x		x	x	x	
	<i>N. oculata</i> Droop					x	x	x	x				x	
	<i>Nephroselmis</i> Stein					x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Oltmannsiella</i> Zimmermann													
⊕	<i>O. lineata</i> Zimmermann						x				x			
	<i>Oltmannsiellopsis</i> Chihara & Inouye													
	<i>O. virides</i> (Hargraves & Steele) Chihara & Inouye										x			
	<i>Pediastrum</i> Meyen		x		x			x		x				
	<i>P. duplex</i> Meyen		x						x					
	<i>P. duplex</i> var. <i>clathratum</i> (Braun) Lagerheim							x						
	<i>P. simplex</i> (Meyen) Lemmermann		x						x					
	<i>P. tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs		x					x						
	<i>Platymonas</i> West		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Scenedesmus</i> Meyen		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>S. acuta</i> (Turpin) de Brébisson			x			x						x	

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	<i>S. armatus</i> (Chodat) G.M Smith				x		x	x					x	
	<i>S. quadricauda</i> (Turpin) de Brébisson		x		x		x	x	x	x	x		x	x
	<i>Staurastrum</i> Meyen		x		x		x		x					
	PRASINOPHYCEAE				x									
	<i>Halosphaera</i> Schmitz				x									
	<i>H. viridis</i> Schmitz		x		x									
	<i>Micromonas</i> Manton & Parke													
	<i>M. pusilla</i> (Butcher) Manton & Parke										x			
	<i>Nephroselmis</i> Stein													
	<i>N. rotunda</i> (Carter) Fott										x			
	<i>Pachysphaera</i> Ostenfeld													
	<i>P. marshalliae</i> Parke										x			
	<i>P. pelagica</i> Ostenfeld						x							
	<i>Pterosperma</i> Pouchet		x	x	x									
	<i>P. cristatum</i> Schiller		x	x	x									
	<i>P. cuboides</i> Gaarder			x										
	<i>P. marginatum</i> Gaarder		x											
	<i>Pyramimonas</i> Schmarida		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
	<i>P. amylifera</i> Conrad				x									
	<i>Tetraselmis</i> Stein										x			
	<i>T. suecica</i> (Kylin) Butcher					x		x						
	CRYSOPHYCEAE		x	x	x						x			
	<i>Dinobryon</i> Ehrenberg			x										
	<i>D. porrectum</i> Schiller										x			
	<i>Ochromonas</i> Wyssotski										x			
	DICTYOCOPHYCEAE													
	<i>Actinomonas</i> Kent													
	<i>A. mirabilis</i> Kent										x			
	<i>Apedinella</i> Throndsen					x	x			x		x		
	<i>A. spinifera</i> (Throndsen) Throndsen					x	x			x	x	x	x	
	<i>Dictyocha</i> Ehrenberg			x					x					
	<i>D. fibula</i> Ehrenberg		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
⊕	<i>D. specillum</i> Ehrenberg	<i>Distephanus specillum</i> (Ehrenberg) Haeckel	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
	<i>Octactis</i> Schiller						x							
	<i>O. octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse			x										
	<i>Pseudopedinella</i> Carter					x	x			x				

HAB ⊕ +	TAXA	Synonyms in the references for Portuguese waters	Coast			Ria Formosa	Óbidos Lag.	Tejo Est.	Sado Est.	Ria Aveiro	S.Martinho	Albufeira	Mondego Est.	Minho Est.
			NW	SW	S									
	CRYPTOPHYCEAE		x	x	x				x					
	<i>Chroomonas</i> Hansgirg		x			x	x		x		x		x	x
	<i>C. marina</i> (Büttner) Butcher					x				x	x			
	<i>Cryptomonas</i> Ehrenberg													
	<i>C. erosa</i> Ehrenberg							x			x			
	<i>Hemiselmis</i> Parke				x	x	x				x			x
	<i>H. rufescens</i> Parke				x	x	x	x						
	<i>Hillea</i> Schiller													
	<i>H. fusiformis</i> (Schiller) Schiller										x			
	<i>Plagioselmis</i> Butcher					x	x	x	x	x	x		x	x
	<i>Rhodomonas</i> Karsten					x	x		x					x
	<i>R. salina</i> (Wislouch) Hill & Wetherbee					x	x		x	x	x	x	x	
	CYANOPHYCEAE		x	x			x		x	x	x	x	x	
	<i>Nostoc</i> Vaucher				x									
	<i>Solenicola</i> Pavillard		x	x	x									
	<i>S. setigera</i> Pavillard		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Spirulina</i> Turpin								x		x			
	<i>Synechococcus</i> Nägeli													
	<i>S. bacillaris</i> Butcher					x	x		x	x	x	x	x	
	PROTOZOA													
	<i>Mesodinium</i> Stein													
	<i>M. rubrum</i> (Lohmann) Hamburger & Buddenbrock		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Acknowledgements

We are indebted to our colleague Dr. M.A. Sampayo who made available her list of species from the HAB monitoring and for continuous valuable discussions on species identification. We are also grateful to Dr. M. Cachão for his contribution to the list of coccolithophorids and to Dr. A.S. Palma, A. Morais and A. Carreira for their technical assistance on phytoplankton analysis. Thanks are due to Dr. A. Amorim who, through her participation in the 1998 “Advanced Phytoplankton Course - Taxonomy and Systematics”, made possible a first revision of the list and the inclusion of new species observed by several international experts in some of our Portuguese samples. This work was partly funded by project EUFITOX- PRAXIS/2/2.1/Mar/1736/95.

References

- BOURRELLY, P. 1966. -*Les Algues d'Eau Douce. Initiation à la systématique. Tome I: Les algues vertes.* N. Boubée & Cie., Paris, 511 pp.
- CACHÃO, M., OLIVEIRA, A. & VITORINO, J. (in prep.). - Coccolithophores as oceanographic tracers: a case study from the offshore of Portugal.

- CANDEIAS, A. 1930. - Estudos de plâncton na Baía de Sesimbra. *Bull. Soc. Portugaise Sc. Nat.*, **T.XI** (3): 11-79.
- CANDEIAS, A. 1938. - Microplâncton da região da Foz do Douro. *Bol. Soc. Broteriana*, **13**, 2ª sér.: 237-272.
- CHRÉTIENNOT-DINET, M.J. 1990. - *Atlas du phytoplancton marin*. III: *Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnésiophycées, Rhodophycées et Tribophycées*. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 261 pp.
- CLEVE-EULER, A. 1951-55. - Die Diatomeen von Schweden und Finnland. I-V. *K. Svenska Vet. Handl., Fjärde, Ser.:* (I) 1951: **2** (1), 1-163; (II) 1953: **4** (1), 1-158; (III) 1953: **4** (5): 1-255; (IV) 1955: **5** (4): 1-232; (V) 1952: **3** (3): 1-153.
- CUPP, E.E. 1943. - Marine planktonic Diatoms of the West Coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Ocean. Of the Univ. Calif.*, **5** (1): 1-238.
- DODGE, J.D. 1982. - *Marine Dinoflagellates of the British Isles*. H.M. Stationery Office, London. 303 pp.
- DODGE, J.D. 1989. - Some revisions of the family Gonyaulacaceae (Dinophyceae) based on scanning electron microscope study. *Bot. Mar.*, **32**: 275-298.
- DODGE, J.D. & SAUNDERS, R.D. 1985. - A partial revision of the genus *Oxytoxum* (Dinophyceae) with the aid of scanning electron microscopy. *Bot. Mar.*, **28**: 99-122.
- FIÚZA, A.F. 1983. - Upwelling patterns off Portugal. In: *Coastal Upwelling, its sediment record. Part A. Responses to the sedimentary regime to present coast upwelling*, Suess, E. & Thied, J. (Eds.), Plenum, N.York, pp. 85-98
- HALLEGRAEFF, G.M., ANDERSON, D.M. & CEMBELLA, A.D. (Eds.) 1995. - *Manual on harmful marine microalgae*. IOC Manual and Guides, UNESCO N° 33, 551 pp.
- HASLE, G.R. 1965. - *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes. II. The group *Pseudonitzschia*. *Skr. norske Vidensk Akad. (Mat. naturv. Kl., Ny Ser.)*, **18**: 1-45.
- HASLE, G.R. 1972. - The distribution of *Nitzschia seriata* Cleve and allied species. *Nova Hedwigia (Beih.)*, **39**: 171-190.
- HASLE, G.R., LANGE, C.B. & SYVERTSEN, E.E. 1996. - A review of *Pseudo-nitzschia*, with special reference to the Skagerrak, North Atlantic, and adjacent waters. *Helgoländer Meeresunters*, **50**: 131-175.
- HENDEY, N.I. 1964. - *An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (diatoms)*. H.M. Stationery Office, London, 317 pp.
- HENDEY, N.I. 1974. - A check-list of British Marine Diatoms. *J.mar.biol.Ass.U.K.*, **54**: 277-300.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. 1995. - Planktonic diatoms from the Gulf of California and coasts off Baja California: the genera *Rhizosolenia*, *Proboscia*, *Pseudosolenia* and former *Rhizosolenia* species. *Diatom Research*, **10**(2): 251-267.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. & MEAVE DEL CASTILLO, M.E. 1996. - The marine planktonic diatom *Rhizosolenia robusta* (Bacillariophyta): morphological studies support its transfer to a new genus, *Calyptrrella* gen. nov., *Phycologia*, **35**: 198-203.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. & MEAVE DEL CASTILLO, M.E. 1997. - *Neocalyptrrella*, gen. nov., a new name to replace *Calyptrrella* Hernandez-Becerril & Meave. *Phycologia*, **36**: 329.
- HUSTEDT, F. 1959. - *Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. Otto Koeltz Sci. Publ., Koenigstein, Vol. I, 920pp; Vol.II, 845pp; Vol. III, 816 pp..
- IPIMAR 1995. - Impacte do derrame de crude pelo navio "Cercal". *Relat. Cient. Téc. Inst. Port. Invest. Marít.*, **6**: 1-63.
- JORDAN, R.W. & GREEN, J.C. 1994. - A check-list of the extant Haptophyta of the world. *J.mar.biol.Ass.U.K.*, **74**: 149-174.
- JORDAN, R.W. & KLEIJNE, A. 1994. - A classification system for living coccolithophores. In: *Coccolithophores*, Winter, A. & Siesser, W.G. (Eds.), Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp.83-105.
- MENDES, P. 1997. - Estudo de um ciclo de sucessão anual de comunidades fitoplânctónicas na costa sudoeste de Portugal. Tese de Mestrado, Fac. Ciênc. Técn. Univ. Nova Lisboa, 120 pp.
- MOITA, M.T. 1977. - Nova contribuição para o estudo qualitativo do fitoplâncton da ria de Aveiro. *Rel. Estágio Lic. Biologia, Fac. Ciênc. Univ. Lisboa*, 159 pp.

- MOITA, M.T. 1993. - Development of toxic dinoflagellates in relation to upwelling patterns off Portugal. In: *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, Smayda, T.J. & Shimizu, Y. (Eds.), Elsevier, New York, pp. 299-304.
- OLIVEIRA, M.R.L. & COUTINHO, M.T.P. 1992. - Estado trófico e dinâmica do fitoplâncton das zonas superior, média e inferior do Estuário do Sado. *Relat. Téc. Cient. INIP*, **59**: 1-34.
- OLIVEIRA, M.R.L. 1996. - Fitoplâncton da Lagoa de Albufeira na zona de cultura de *Mytilus edulis*. *Relat. Cient. Téc. Inst. Port. Invest. Marít.*, **14**: 1-15.
- PALMA, A.S. 1996. - Variabilidade do fitoplâncton tóxico na costa portuguesa em 1992, 1993 e 1994. Rel. Estágio Lic. Biologia Vegetal, Fac. Ciênc. Univ. Lisboa, 87 pp.
- PARKE, M & DIXON, P.S. 1976. - Check-list of British Marine Algae - Third revision. *J.mar.biol.Ass.U.K.*, **56**: 527-594.
- PERAGALLO, H. & PERAGALLO, M. 1908. - *Diatomées marines de France*. Tempère, H.J. (Ed.), Grez-sur-Loing, 491 pp.
- RICARD, M. 1987. - *Atlas du phytoplancton marin. II: Diatomophycées*. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 297 pp.
- SAMPAYO, M.A. 1970. - Diatomáceas do Estuário do Sado: estudo qualitativo e quantitativo; variações sazonais. *Notas e Estudos do IBM*, **39**: 1-104.
- SAMPAYO, M.A. 1973. - Relatório de estágio na Universidade de Oslo. IPIMAR, Lisboa (policopiado), 60 pp.
- SCHILLER, J. 1937. - *Dinoflagellatae*. Akad. Verlagsgesellschaft M.B.H., Leipzig, Vol. I, 617 pp.; Vol. II, 589 pp.
- SILVA, E.S. 1949. - Diatomáceas e dinoflagelados da Baía de Cascais. *Portugaliae Acta Biológica* (B), Vol. "Júlio Henriques": 300-383.
- SILVA, E.S. 1952. - Estudos de plâncton na Lagoa de Óbidos. I. Diatomáceas e Dinoflagelados. *Rev. Fac. Ciências Lisboa, 2ª Sér.C*, **2**(1): 5-44.
- SILVA, E.S. 1963. - Les "Red waters" à la Lagune d'Óbidos. Ses causes probables et ses rapports avec la toxicité des bivalves. *Notas e Estudos do IBM*, **27**: 265-275.
- SILVA, E.S. 1968. - Plâncton da Lagoa de Óbidos (III). Abundância, variações sazonais e grandes blooms. *Notas e Estudos do IBM*, **34**: 1-79.
- SILVA, E.S. & ASSIS, M.E. 1969. - Pigments and predominant plankton in seawater samples of the Ria de Faro-Olhão from May 1967 to May 1968. *Notas e Estudos do IBM*, **38**: 1-14.
- SILVA, E.S., ASSIS, M.E. & SAMPAYO, M.A. 1968. - Primary productivity in the Tagus and Sado Estuaries from May 1967 to May 1968. *Notas e Estudos do IBM*, **37**: 1-31.
- SILVA, E.S. & PINTO, J.S. 1948. - O plâncton da Baía de S. Martinho do Porto - I. Diatomáceas e Dinoflagelados. *Bol. Soc. Port. Cienc. Nat.*, **16** (2): 1-53.
- SOURNIA, A. 1972. - Une période de poussées phytoplanctoniques près de Nosy-Bé (Madagascar) en 1971. Espèces rares ou nouvelles du phytoplancton. *Cah. ORSTOM, Sér.Océanogr.*, **10** (2): 151-159.
- SOURNIA, A. 1973. - Catalogue des espèces et taxons infraspécifiques de Dinoflagellés marins actuels (publiés depuis la révision de J. Schiller). I. Dinoflagellés libres. *Beih. Nova Hedw.*, **48**: 1-92.
- SOURNIA, A. 1986. - *Atlas du phytoplancton marin. I: Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées*. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 219 pp.
- TAYLOR, F.J.R. 1976. - Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R.V. "Anton Bruun" 1963-1964. *Bibliotheca Botanica*, **132**: 1-234.
- THRONDSEN, J. 1978. - Preservation and storage. In: *Phytoplankton Manual*, Sournia, A. (Ed.). Monographs on Oceanic Methodology, UNESCO, Paris, Vol. 6, pp. 69-74.
- TOMAS, C.R. (Ed.) 1993. - *Marine Phytoplankton: A guide to Naked Flagellates and Coccolithophorids*. Academic Press, Inc., N. York, 263 pp.
- TOMAS, C.R. (Ed.) 1996. - *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, Inc., N. York, 598 pp.
- WINTER, A. & SIESSER, W.G. 1994. - Atlas of living coccolithophores. In: *Coccolithophores*, Winter, A., & Siesser, W.G. (Eds.), Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 107-159.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão interdisciplinar de como funcionam os sistemas de afloramento e o conhecimento de diferentes escalas espaciais e temporais da sua variabilidade natural constituem os primeiros passos para se conseguir prever o futuro comportamento e qualidade dos oceanos, face aos efeitos antropogénicos e às alterações climáticas globais. Representam, também, medidas auxiliares de gestão para uma utilização sustentada dos recursos vivos marinhos.

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que a variabilidade da composição e abundância do fitoplâncton na costa de Portugal reflecte bem a grande complexidade física do sistema de afloramento Ibérico. A sazonalidade do afloramento e as diferenças regionais da sua dinâmica, aliadas a diferenças regionais da descarga dos rios e à confluência de diferentes massas de água, representam alguns aspectos da identidade física do sistema. Aquela complexidade é acrescida nos estudos de fitoplâncton, quando se sabe que as diferentes espécies fitoplanctónicas, assim como as comunidades em que se inserem, utilizam diversas estratégias de natureza morfológica, fisiológica e ecológica para melhor competirem, se desenvolverem e sobreviverem. Ao longo desta dissertação, baseada em amostragens realizadas desde 1985, focaram-se vários aspectos da ecologia do fitoplâncton na costa portuguesa e criou-se uma base geral de conhecimento para os estudos a implementar no futuro.

No CAPÍTULO 2, apresentaram-se diferentes escalas de variação do fitoplâncton (clorofila *a*, grandes grupos e comunidades fitoplanctónicas) na costa portuguesa.

As diferenças sazonais relacionaram-se principalmente com o ciclo anual de estratificação da coluna de água, com a sazonalidade do afloramento e com a convergência de águas oceânicas sobre a plataforma. A variação sazonal do fitoplâncton mostrou que as máximas abundâncias (clorofila *a* e número de células) foram observadas durante o Verão e Primavera, com valores da mesma ordem de grandeza. Durante o Inverno, a abundância fitoplanctónica foi cerca de dez vezes inferior.

Durante o Verão, os padrões de distribuição fitoplanctónica confirmam os derivados de imagens de satélite e estão de acordo com a distribuição da temperatura nas águas de superfície: o fitoplâncton forma uma banda costeira de altas concentrações junto

à costa, que é separada das águas oceânicas oligotróficas por um forte gradiente costal. Neste período, as áreas sob influência de um afloramento fraco foram caracterizadas pela sobreposição de uma comunidade de diatomáceas que formam cadeias (*e.g. Chaetoceros* spp. e *Pseudo-nitzschia* spp.) e de uma comunidade de dinoflagelados característicos de águas estratificadas (*e.g. Ceratium fusus*), sendo esta mistura responsável por elevados teores de clorofila *a*. Nas áreas onde o afloramento foi mais intenso, as duas comunidades apenas se sobrepõem nas áreas adjacentes aos centros de afloramento, e as abundâncias de fitoplâncton, embora menores, estendem-se a maiores distâncias da costa.

O Outono aparece como uma estação de transição entre o Verão e Inverno, períodos respectivamente de afloramento e de convergência costeira. Foi caracterizado pela presença de *blooms* de dinoflagelados que formam cadeias, nomeadamente a espécie *Gymnodinium catenatum*.

No Inverno, o fitoplâncton distribui-se de uma forma heterogênea ao longo da costa e é dominado por cocolitóforos característicos de águas oceânicas subtropicais, como *Calcidiscus leptoporus*, que mostraram ser bons indicadores da convergência de águas oceânicas sobre a plataforma e da presença da corrente da vertente. Neste período do ano, o fitoplâncton presente nas águas costeiras mostrou as concentrações mínimas, o que não corresponde aos resultados, derivados de imagens de satélite, obtidos por outros autores. Parece necessário vir a identificarem-se as razões dessas discordâncias, através do conhecimento da variabilidade interanual do fitoplâncton nesse período e da calibração de imagens de satélite com base na determinação simultânea na coluna de água das concentrações de fitopigmentos e da matéria em suspensão.

Durante a Primavera, devido às condições observadas de afloramento mais intenso, os *blooms* de fitoplâncton estenderam-se a maiores distâncias da costa, sendo o fitoplâncton dominado, tal como no Verão, por diatomáceas que formam cadeias.

A distribuição vertical do fitoplâncton na coluna de água, apenas estudada com base na concentração de clorofila *a*, variou também sazonalmente. Dependeu principalmente da profundidade da camada de mistura, do gradiente da picnoclina, da concentração de nutrientes na camada de mistura e da intensidade e dinâmica do afloramento. A distribuição vertical da clorofila *a* mostrou que, durante o Verão, os máximos estendem-se subsuperficialmente para o largo ao longo da picnoclina e nutriclina. No Outono e Inverno, as concentrações máximas são observadas à superfície, quando na Primavera começa a delinear-se novamente uma distribuição subsuperficial. Neste último

período, registaram-se máximos de clorofila *a* aos 125m de profundidade, relacionados com o possível afundamento do fitoplâncton na região da vertente em resultado da circulação transversal. Com o decorrer das estações do ano, desde o Verão até ao Inverno/início da Primavera, os mínimos de fitoplâncton afundam progressivamente, de acordo com um aumento da camada de mistura.

As variações costa-largo dependeram das condições de estratificação da coluna de água, da disponibilidade de nutrientes na camada de mistura, da intensidade e dinâmica do processo de afloramento (grandemente dependente da batimetria da plataforma), e dos períodos de forte ondulação que originam a ressuspensão junto à costa de espécies de fitoplâncton do domínio bentónico como *Navicula* spp. e *Paralia sulcata*. As condições de estratificação e de intensidade do afloramento afectaram a posição dos máximos de fitoplâncton relativamente aos centros de afloramento. Durante o Verão, sob acção de condições de afloramento fraco a moderado, e quando as águas oceânicas apresentam escassez em nutrientes, o fitoplâncton desenvolve-se no lado costeiro de uma frente de afloramento termicamente bem marcada, originando um forte gradiente de abundância na zona frontal. Contudo, durante a Primavera, sob a acção de nortadas de maior intensidade, o fitoplâncton é desfavorecido nos centros de afloramento com elevada turbulência, e estende-se para o lado oceânico de uma frente termicamente pouco acentuada, onde pode utilizar os nutrientes existentes na camada superficial, provenientes da convecção de Inverno.

As principais diferenças de mesoscala (N-S) da abundância e da composição fitoplanctónica relacionaram-se com uma maior influência de águas subtropicais nas costas SW e S, com as diferentes condições de intensidade e persistência do afloramento, com as condições de estratificação termohalina (superiores na costa NW em consequência da batimetria da plataforma e das descargas dos rios) e com a disponibilidade de nutrientes (superior na costa NW em virtude das descargas dos rios e do processo de remineralização). A maior influência da ACOANst nas costas SW e S traduz-se, em especial durante o Verão, por uma maior abundância nas águas afloradas na costa SW de uma comunidade de espécies características de águas quentes e oligotróficas, dominada por cocolitóforos. A maior disponibilidade de nutrientes na plataforma NW, sobretudo a norte de Aveiro, parece ser de alguma importância visto os máximos de clorofila *a* mostrarem ser aí recorrentes durante as diferentes épocas do ano. Na costa NW, as condições de afloramento mais fraco (mas persistente) e de uma maior estratificação, durante o Verão,

parece reflectirem-se, não só na sobreposição das comunidades de diatomáceas e dinoflagelados responsáveis por maiores concentrações de clorofila a, mas também num maior grau de estabilidade das relações fitoplâncton *vs.* zooplâncton. Poderão mesmo amplificar-se no tempo, influenciando a organização trófica de todo o ecossistema .

Nesta tese, desenvolveram-se aspectos da ecologia do fitoplâncton relacionados com os processos desenvolvidos na costa ocidental. A grelha de estações de amostragem no Algarve não permitiu observar com algum detalhe aspectos regionais relacionados, por exemplo, com a influência, em particular no sotavento algarvio, de águas provenientes do Golfo de Cadiz. O estudo do fitoplâncton dessa área parece de especial importância no futuro, face à informação do desenvolvimento de numerosos *blooms*, entre eles os de algas tóxicas, que poderão ter a sua origem nessas águas. A influência da pluma do Guadiana nas águas costeiras adjacentes poderá ser igualmente relevante durante o final de Inverno/início da Primavera, visto que um aumento da estratificação poderia aí justificar a ocorrência dos *blooms* de *Dinophysis acuminata* observados em Fevereiro de 1998 (Sampayo, comunicação pessoal) após um forte período de pluviosidade

No CAPÍTULO 3 compararam-se as distribuições das concentrações de clorofila a, da abundância de diatomáceas e coccolitóforos observados na coluna de água durante o período de Verão (época de afloramento) e durante o Inverno (época de convergência, embora com períodos muito curtos de nortadas fortes), com o registo da distribuição dos mesmos grupos nos sedimentos superficiais da margem continental de Portugal. Verificou-se que a variabilidade original, hidrológica e biológica, do afloramento é actualmente preservada nos sedimentos. Concluiu-se que o padrão de distribuição das diatomáceas nos sedimentos reflecte bem a dominância do grupo durante os períodos de afloramento, o mesmo acontecendo relativamente à distribuição de coccolitóforos, apesar de estes dominarem o fitoplâncton durante o Inverno. Verificou-se igualmente que a comunidade de afloramento observada na coluna de água, durante o Verão, é composta principalmente por *Pseudo-nitzschia* e *Chaetoceros*, e também por *Thalassiosira* e *Thalassionema nitzschioides*, quando durante o Inverno dominam as duas últimas. Nos sedimentos, apenas se conserva o registo de *Chaetoceros* e *Thalassiosira*. A primeira, espécie dominante, parece reflectir a importância de uma curta, mas elevada, produção

associada aos eventos de afloramento, enquanto *Thalassiosira* evidencia as condições de fertilidade, aparentemente mais persistentes na costa NW.

A presença consistente de *Coccolithus pelagicus* nas águas e nos sedimentos superficiais do sistema de afloramento Ibérico tornou possível reavaliar a interpretação paleo-ecológica desta espécie, tradicionalmente indicadora de águas frias e típica da região Sub-Ártica do Atlântico Norte. A sua distribuição nas águas superficiais portuguesas, de origem maioritariamente subtropical, permitiu elevar os limites de temperatura em que a espécie era normalmente observada, 2-12°C, para um limite máximo entre 16 e 18°C. Estas temperaturas encontram-se dentro da escala de variação térmica em outras áreas de afloramento, como a do NW África ou SW África, onde a espécie foi igualmente observada. Mesmo mostrando algumas afinidades com águas mais frias, *C. pelagicus* não se distribuiu preferencialmente nos centros de afloramento, dominados por diatomáceas de pequena e média dimensão, nem nas águas mais oceânicas dominadas por cocolitóforos tropicais e subtropicais. Distribui-se, sim, em diversos tipos de frentes de origem térmica (afloramento), de origem halina (lente de menor salinidade presente na costa NW ou plumas de rios) ou em frentes que resultam da confluência de diferentes massas de água. Parece, em consequência, ser uma espécie indicadora da periferia dos centros onde poderá existir um aumento de produtividade e onde a turbulência é moderada. Esta interpretação justifica, não só no espaço, o aumento de *C. pelagicus* nos sedimentos superficiais da margem NW de Portugal frente a três rios, mas também, no tempo geológico, a grande diminuição da espécie desde o último máximo glaciário (c.a. 22-18 ka) até aos dias de hoje, de acordo com uma diminuição da paleoprodutividade. Aquela interpretação permite igualmente explicar os resultados da análise de dois *cores* amostrados no Banco da Galiza, onde as variações observadas no registo de *C. pelagicus* durante o Quaternário Superior (~12.5 ka) evidenciarão talvez uma contracção ou expansão oceânica do sistema de afloramento Ibérico ao longo dos vários estádios isotópicos.

Os resultados apresentados neste capítulo mostram bem como o conhecimento do actual comportamento ecológico das espécies de fitoplâncton marinho pode vir a auxiliar as futuras interpretações paleoceanográficas, em grande parte baseadas em indicadores geoquímicos. A grande diversidade de espécies fitoplanctónicas observadas no sistema de afloramento Ibérico, sob diferentes condições oceanográficas, recomenda a que se continue a desenvolver, pelo menos nesta região, este tipo de estudos.

No CAPÍTULO 4 estudou-se a variabilidade espacial e temporal de dinoflagelados produtores de toxinas paralisantes e diarreicas na costa Ibérica de Portugal, nomeadamente das espécies *Gymnodinium catenatum*, *Dinophysis acuta* e *Dinophysis acuminata*. Outras espécies de *Dinophysis*, como *D. tripos*, foram também consideradas, visto serem potencialmente tóxicas. O plano das amostragens nunca foi propriamente dirigido ao estudo da variabilidade e dinâmica destas espécies, mas a sua ocorrência nas amostras de fitoplâncton permitiu observar alguns padrões da sua distribuição. Mostrou-se por exemplo que, entre 1985 e 1994, os *blooms* de *G. catenatum* sofreram uma forte variação geográfica e sazonal: até 1990, ocorreram preferencialmente na costa NW; em 1991, a espécie foi apenas detectada em águas do Banco Gorringe; entre 1992 e 1994, os *blooms* estenderam-se para as costas SW e S de Portugal. Por outro lado, se durante uns anos os *blooms* foram associados com condições de convergência costeira existentes a partir do início do Outono, noutros anos a espécie proliferou em pleno Verão, ou mesmo durante o Inverno. A variação sazonal do afloramento parece ser mais importante do que a variação interanual, pois o declínio dos *blooms* está geralmente associado a aumentos da intensidade do afloramento ou a sua manutenção depende de períodos prolongados de afloramento fraco. Contudo, a origem e o início da formação dos *blooms* de *G. catenatum* ou a razão pela qual a espécie não se desenvolveu na coluna de água em 1991 ou desde 1995 permanecem ainda uma incógnita. Existem algumas evidências de que a espécie possa desenvolver-se localmente a partir da germinação de quistos de resistência, mas existe cada vez mais a convicção de que o *inoculum* para formação dos *blooms* se pode encontrar, não só em águas da plataforma, mas também em águas oceânicas. Este facto explicaria o aparecimento repentino e massivo da espécie (não detectado pelo Programa de Monitorização Costeiro), normalmente associado com uma comunidade de cocolitóforos oceânicos e subtropicais como *Calcidiscus leptoporus* e *Discosphaera tubifer*. A formação dos *blooms* necessita, no entanto, da interferência de águas de afloramento ricas em nutrientes. A espécie é observada normalmente à superfície, na camada influenciada pela acção do vento, dependendo conseqüentemente dos seus movimentos transversais e ao longo da costa. Na costa ocidental, parece que os *blooms* se iniciam primeiro em águas portuguesas, sendo provavelmente arrastados para águas da Galiza pela corrente da vertente, entre outras formas. As investigações futuras sobre a dinâmica desta espécie dependerão da ocorrência de novos *blooms* e da capacidade de utilização de navio em tempo real.

Em oposição a *G. catenatum*, que pode apresentar uma distribuição alargada na plataforma, *D. tripos* ocorre preferencialmente na sua zona média, e *D. acuta* e *D. acuminata* apresentam uma distribuição mais costeira. Mostrou-se nesta tese que, quando estas quatro espécies ocorrem em simultâneo, os seus máximos ocupam posições diferentes na coluna de água. Condições de forte estratificação favorecerão o desenvolvimento destas espécies. O desenvolvimento do afloramento originará o seu transporte para o largo e a dispersão e redução da concentração de células junto à costa, apesar de *D. acuminata* e *D. acuta* conseguirem aparentemente adaptar-se a condições de turbulência moderada, distribuindo-se no lado costeiro da frente de afloramento. Dados por nós adquiridos recentemente mostram que o género *Dinophysis* pode ser o único representante de dinoflagelados no seio de uma comunidade de diatomáceas de afloramento dominada por *Pseudo-nitzschia* spp. O estudo da variação interanual de *Dinophysis acuminata* e de *D. acuta* ao longo da costa portuguesa em 1985, e entre 1990 e 1994, permitiu mostrar que a recorrência dos *blooms* destas espécies na plataforma NW sugere estar associada às maiores condições de estratificação aí existentes, em parte dependentes da batimetria e da dinâmica do afloramento. O limite sul da distribuição dos *blooms* estará relacionado com a salinidade, não ocorrendo *blooms* de *D. acuta* em águas de salinidade superior a 36.0 e de *D. acuminata* em salinidades superiores a 35.9. A possibilidade de uma maior incidência de *blooms* durante os anos de estudo foi também associada a um aumento das condições de estratificação, consequência de uma diminuição das condições de afloramento durante o Verão.

A complexidade das exigências ambientais das espécies de *Dinophysis* dependerá certamente de outros factores para além da estratificação, reflectindo-se no insucesso de se manter estas espécies em cultura e no consequente desconhecimento do seu ciclo de vida. A sequência fotográfica que se apresentou, de um possível enquistamento de *Dinophysis tripos* e da apresentação de prováveis quistos e gâmetas de *Dinophysis acuta*, estimula a continuação da investigação destas espécies, tanto *in situ* como no registo sedimentar.

O estudo da composição do fitoplâncton marinho das águas da plataforma e das oceânicas adjacentes aumentou em cerca de 27% a lista de espécies de fitoplâncton observadas anteriormente em estuários, rias e sistemas lagunares costeiros em Portugal. Em particular, os coccolitóforos identificados neste trabalho surgem quase sempre referidos pela primeira vez para águas portuguesas. Relativamente a este grupo, onde se incluem

espécies em grande parte constituintes do nanoplâncton, a lista será certamente ampliada, através da utilização futura de novas metodologias de estudo das amostras.

São múltiplos os temas que se poderiam enunciar para os estudos futuros relacionados com a dinâmica das populações de fitoplâncton em águas do sistema de afloramento Ibérico. Apenas alguns foram referidos nestas considerações finais. Parece importante salientar, no entanto, que sentimos a necessidade de vir a implementar novas escalas de observação, quer para o estudo das variações do sistema à escala interanual (monitorização do sistema) quer em escalas de variação de diferentes factores como os meteorológicos. O estudo dos diferentes processos oceanográficos implicará aumentar a resolução espacial da amostragem em áreas restritas da costa, através, entre outros, da utilização de novas metodologias de colheita e registo na coluna de água.

ERRATA

Página	Linha	Onde se lê	Deve ler-se
2	22	e.g.	<i>e.g.</i>
2	24	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Paralia sulcata</i>
2, 98	42, 5	vs	vs.
4	15	ultimo	último
4	35, 41, 42	cf.	cf.
5	1, 4, 6	cf.	cf.
5	20	elíptica	elíptica
5	38	diatoms	diatomáceas
5	38	dinoflagellates	dinoflagelados
5	39	mostly coccolithophores	maioritariamente coccolitóforos
5	41	fotosintético	fotossintético
38	5-13	(Fig.4). mais intensos...(Fig.4).	(Fig.4).
78	14	È	É
99	30	Wooster <i>et al.</i> (1976;	Wooster <i>et al.</i> , 1976;
100	4	dos	do
117	Leg. Fig 11	\e	e
123		Figuras 14 a-l	Substituir por Figuras 14 a-l, em página junta
128	28	parece estaria	estaria
131	27	cf. <i>T. subtilis</i>	<i>T. cf. subtilis</i>
133	28-29	máximos maiores	máximos
136	8	físicas	físicas
265	19	baseado	baseada
266	3, 5	e.g.	<i>e.g.</i>
266	11	cadeia	cadeias
267	33	Verão	o Verão
267	9	ressuspensão	ressuspensão
268	30	<i>nitschioides</i>	<i>nitzschioides</i>
269	10	Àfrica	África
271	12	<i>Pseudo-nitzshia</i>	<i>Pseudo-nitzschia</i>
Várias		<i>Scripsiella</i>	<i>Scripsiella</i>
Várias		<i>Cylindrotheca</i>	<i>Cylindrotheca</i>
Várias		<i>nitszchioides</i>	<i>nitzschioides</i>
Várias		<i>Pseudo-nitzschia</i>	<i>Pseudo-nitzschia</i>
Várias		cocolitoforídeos	cocolitóforos