

OCORRÊNCIA DE CISTOS DE DINOFLAGELADOS, COM ÊNFASE EM ESPÉCIES POTENCIALMENTE NOCIVAS, NO SEDIMENTO PRÓXIMO À DESEMBOCADURA DA LAGUNA DOS PATOS (RS)

¹GRAZIELA DA ROSA PERSICH & ²VIRGINIA MARIA TAVANO GARCIA

Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e de Microorganismos Marinhos, Departamento de Oceanografia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), C.P. 474, 96201-900, Rio Grande, RS, ¹gpersich@hotmail.com – ²docvmtg@furg.br

RESUMO

A formação de cistos de resistência em microalgas ocorre através da reprodução sexuada quando as condições ambientais encontram-se desfavoráveis para as células vegetativas. As principais funções dos cistos de resistência são permitir a sobrevivência, a dispersão e a recombinação genética dos organismos. Muitas espécies potencialmente nocivas de dinoflagelados produzem cistos durante o seu ciclo de vida, os quais podem afundar durante o término de uma floração e ser acumulados no sedimento. Este trabalho teve por objetivo investigar a ocorrência de cistos de dinoflagelados em sedimento lamoso superficial, na área próxima à desembocadura da Laguna dos Patos, entre as latitudes 32°04' e 32°30' S e longitudes 52°10' e 51°49' W, no sul do Brasil (RS). Foram registrados cistos das espécies nocivas *Alexandrium tamarense* (até 180 cistos.cm⁻³), *Scropsiella trochoidea* (até 117 cistos.cm⁻³) e *Gymnodinium cf. catenatum* (máximo de 25 cistos.cm⁻³). Outros cistos de dinoflagelados freqüentemente observados em baixas concentrações foram *Protoperidinium cf. compressum*, *Protoperidinium cf. oblongum*, *Protoperidinium cf. claudicans*, *Protoperidinium cf. pentagonum*, *Protoperidinium cf. minutum*, *Polykrikos cf. schwartzii* e *Gonyaulax verior*. Apesar das concentrações relativamente baixas encontradas, sob condições ótimas para a germinação, crescimento e acúmulo de células, poderia ocorrer o início de florações a partir da germinação local dos cistos mais abundantes. Áreas profundas e lamosas, mais favoráveis ao acúmulo de cistos não foram amostradas neste estudo e deveriam ser incluídas em pesquisas futuras sobre cistos no sul do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: dinoflagelados, cistos de resistência, *Alexandrium tamarense*, costa sul do Brasil

ABSTRACT

Occurrence of dinoflagellate cysts in the sediment close to the Patos Lagoon entrance (RS) with emphasis on potentially harmful species

Microalgae can form resting cysts under unfavorable environmental conditions for the vegetative cell, through sexual reproduction. The main functions of the cysts are the ability to survive under unfavorable conditions, allow the dispersion of the population to other areas and genetic recombination through sexual reproduction. Many harmful dinoflagellate species produce cysts during their life cycle, which sink to the bottom during the latest stages of a bloom. In order to detect dinoflagellate cysts, samplings were carried out in muddy sediment, close to the Patos Lagoon entrance, approximately from 32°04' to 32°30' S and 52°10' to 51°49' W, on the Southern Brazilian coast. Cysts of the potentially harmful dinoflagellates *Alexandrium tamarense* (up to 180 cysts.cm⁻³), *Scropsiella trochoidea* (up to 117 cysts.cm⁻³) and *Gymnodinium cf. catenatum* (up to 25 cysts.cm⁻³) were detected in the samples. Besides these species, other dinoflagellate cysts frequently detected in low concentrations were *Protoperidinium cf. compressum*, *Protoperidinium cf. oblongum*, *Protoperidinium cf. claudicans*, *Protoperidinium cf. pentagonum*, *Protoperidinium cf. minutum*, *Polykrikos cf. schwartzii* and *Gonyaulax verior*. Although relatively low cyst concentrations were found in the present work, under optimal growing conditions they could germinate and start microalgae blooms. However, deeper and muddy areas, more favorable to cyst settlement, were not sampled at this time and should be included in the next studies about these cysts in south Brazil.

KEY WORDS: dinoflagellates, resting cysts, *Alexandrium tamarense*, Southern Brazilian coast.

1 – INTRODUÇÃO

A formação de cistos de resistência, ou repouso, ocorre em mais de 60 espécies de dinoflagelados marinhos e 15 espécies de água doce, dentre as quais 16 são formadoras de florações de algas nocivas (Matsuoka & Fukuyo 1987). Normalmente, o crescimento de populações de dinoflagelados no ambiente ocorre através de reprodução assexuada, por divisão binária simples. A transição para a reprodução sexuada freqüentemente ocorre após uma floração, quando as condições ambientais estão desfavoráveis, iniciando com o surgimento e fusão dos gametas femininos e masculinos, formando um zigoto diplóide (planozigoto). Este pode permanecer como célula móvel no ambiente, durante até uma semana, antes de formar o cisto de resistência, ou hipozigoto (Anderson 1980). O cisto recém-formado afunda e permanece no sedimento, dando início à fase de dormência, caracterizada pela suspensão do crescimento, através de inibição endógena ativa. A fase de dormência é seguida pela quiescência, que ocorre quando os cistos estão maduros, ou seja, potencialmente aptos a germinar, porém a germinação não ocorre devido às condições ambientais desfavoráveis. A duração deste processo é muito importante na determinação da época em que as florações podem ocorrer no ambiente, pois um curto período de dormência pode garantir a formação de várias florações durante o ano (Anderson 1998).

No sedimento, o cisto se desloca no assoalho oceânico (ou fundo de lagos, no caso das espécies de água doce) com o mesmo comportamento de uma partícula de silte ou argila (Matsuoka & Fukuyo 1987), sendo que as características morfodinâmicas da costa podem propiciar o aparecimento de zonas de acumulação, chamadas "leitões de cistos". O acúmulo dos cistos normalmente ocorre em sedimentos finos do tipo argila (Anderson *et al.* 1995), pois em sedimentos arenosos, além da lixiviação devido à dinâmica do ambiente, o próprio espaçamento entre os grãos propicia o peneiramento dos cistos para extratos mais profundos, onde condições anóxicas impedem a ocorrência de germinação.

As principais funções dos cistos de resistência são a manutenção da carga genética da população através da meiose (como hipnozigotos), sua proteção contra os fatores ambientais adversos, propagação no ambiente, e a dispersão das espécies através de correntes (Dale 1983). Os cistos podem ainda atuar como um reservatório da espécie no ambiente, a partir do qual novas florações podem surgir (Steidinger & Baden 1984, Anderson 1984, Anderson 1997, dentre outros). O estudo de espécies que desenvolvem florações nocivas e que produzem cistos de resistência devem, em uma etapa preliminar, incluir uma averiguação da presença dos cistos no sedimento, a fim de que sejam conhecidas as áreas de risco potencial para o desenvolvimento de florações no futuro.

O presente trabalho representa a primeira iniciativa de caracterização dos cistos de dinoflagelados potencialmente nocivos que ocorrem no sedimento da costa sul do Rio Grande do Sul. Especial ênfase é dada aos cistos de *Alexandrium tamarense*, por ser uma importante espécie produtora de saxitoxinas. Estas toxinas, quando acumuladas por moluscos filtradores, os quais são consumidos por seres humanos, causam a síndrome conhecida como "intoxicação paralisante por moluscos" (*Paralytic Shellfish Poisoning - PSP*), podendo levar, em casos extremos, à paralisia respiratória (Cembella 1998). Aparentemente, esta espécie vem ampliando sua distribuição, no Atlântico Sul-Occidental, de sul para norte. O primeiro registro de intoxicação por ingestão de mexilhão contaminado com PSP foi causado devido à ocorrência de uma floração de *A. tamarense*, em 1980, na costa sul da Argentina (Carreto *et al.* 1985). Desde então, a área de influência destas florações foi ampliada para toda a costa da Argentina, até o Uruguai (Carreto *et al.* 1998), sendo a área costeira entre 49° e 34°S, sujeita a florações tóxicas anuais da espécie (Benavides *et al.* 1995). No Uruguai, a primeira constatação de *A. tamarense* associada a altos níveis de saxitoxinas em mexilhões, ocorreu em 1991 (Brazeiro *et al.* 1997), com ocorrência de novas florações tóxicas da espécie entre 1992 e 1996 (Méndez *et al.* 2001). Apesar da proximidade geográfica, a espécie somente foi detectada na costa sul do Brasil em agosto de 1996 (máxima concentração celular de 2.10^5 células/l), na praia do Cassino, simultaneamente com a ocorrência na costa do Uruguai (Odebrecht *et al.* 1997).

2 – ÁREA DE ESTUDO

Aspecto morfológico

A linha da costa no sul do Brasil é caracteristicamente sem reentrâncias, estando totalmente exposta à dinâmica de ondas. Esta área apresenta sedimento predominantemente arenoso e é classificada como "dissipativa a reflectiva", com relação à largura da zona de arrebentação, declividade e energia de ondas (Calliari *et al.* 1996). Apesar da predominância da fração areia, a antepraia (definida como a área desde a zona de quebra das ondas até o oceano aberto) apresenta grande heterogeneidade na distribuição dos sedimentos. Os depósitos de lama ocorrem próximo à desembocadura da Laguna dos Patos, na praia do Cassino, sendo que os sedimentos finos são depositados ao sul desta área, devido ao transporte da pluma de sedimentos da laguna ocorrer predominantemente para o sul (Fachini 1998). Como resultado da influência continental, a plataforma apresenta menor declividade, associada à presença de granulometria fina, resultando em uma combinação favorável ao desenvolvimento de uma abundante comunidade bentônica neste local (Calliari *et al.* 1996).

Aspecto Biológico

A plataforma continental ao sul do Brasil representa a área pesqueira mais importante da costa brasileira

(Haimovici *et al.* 1989, Castello *et al.* 1990). A concentração de organismos bentônicos também é alta e na zona intermareal os filtradores *Mesodesma mactroides* e *Emerita brasiliensis* representam os maiores consumidores do fitoplâncton (Gianuca 1998). A comunidade bentônica não é explorada comercialmente, porém representa importante fonte de alimento para a comunidade local de pescadores. A produtividade primária, por sua vez, encontra-se diretamente influenciada pela variabilidade dos tipos de massas de água presentes na região. Altos valores no final de inverno e primavera, estão relacionados com a presença da Água Subtropical, rica em nutrientes, e com o aporte continental (Ciotti *et al.* 1995) e baixos valores durante o verão estão associados com as águas pobres em nutrientes da Corrente do Brasil. Nos meses de inverno, a produção e biomassa fitoplanctônicas podem ser limitadas pela luz (Odebrecht & Garcia 1998). O fitoplâncton encontra-se principalmente representado pelas diatomáceas, sendo que altas concentrações de *Asterionellopsis glacialis* são freqüentemente observadas em grandes extensões na zona de arrebatção da praia do Cassino, e representam uma importante fonte de carbono para a cadeia trófica da região (Garcia & Gianuca 1997, Rorig 1997). Apesar do predomínio de diatomáceas, altas concentrações de dinoflagelados são ocasionalmente verificadas, associadas à baixa energia de ondas e altos valores de intensidade luminosa na coluna de água (Odebrecht *et al.* 1997).

Na costa sul do Brasil foram registrados quatro eventos de mortalidade da fauna bentônica, associados com a presença de dinoflagelados potencialmente tóxicos. No primeiro evento nocivo registrou-se a ocorrência de *Gymnodinium* sp. (posteriormente identificado como *Gyrodinium* cf. *aureolum*), associada à mortalidade de moluscos e à irritação respiratória em seres humanos (Machado 1979). No segundo registro de floração nociva foi detectada a presença de *Gyrodinium aureolum* e mortalidade de poliquetas, moluscos, cnidários e equinodermas (Rosa & Buselato 1981). Também foram constatados casos de irritação no aparelho respiratório humano, e eventuais casos de intoxicação de pessoas e animais domésticos que se alimentaram do molusco *Mesodesma mactroides*. No terceiro evento, verificou-se a presença dos dinoflagelados potencialmente nocivos *Gyrodinium* cf. *aureolum* (em maior concentração), *Dinophysis acuminata* e *Noctiluca scintillans*. Neste, foi verificada a mortalidade da comunidade bentônica intermareal, atingindo principalmente os bivalves normalmente abundantes *Mesodesma mactroides* e *Donax hanleyanus*, bem como o crustáceo *Emerita brasiliensis* (Garcia *et al.* 1994, Odebrecht *et al.* 1995). No quarto evento, a mortalidade massiva de *Mesodesma mactroides*, e de *Donax hanleyanus* em menor quantidade, foi observada simultaneamente na Praia do Hermenegildo e na costa do Uruguai, próximo à fronteira com o Brasil (Mendez 1995). Nesta ocasião, foi constatada a presença dos dinoflagelados produtores de toxinas diarréicas, causadoras da síndrome de DSP, *Dinophysis acuminata* e *Dinophysis caudata*, concomitantemente com a ocorrência dessas toxinas, conforme resultado de bioensaio com camundongos. Também foi verificado a presença de silicoflagelados e de várias espécies de *Ceratium*, principalmente *Ceratium furca*, as quais não são conhecidas como produtoras de toxinas.

3 – MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de camadas superficiais do sedimento foram coletadas em 43 pontos na costa sul do Brasil, em profundidades entre 5 e 28 m, localizados entre as latitudes 32°04' e 32°30' S e longitudes 51°49' e 52°10' W. O período de amostragem foi entre março e novembro de 1997 e em março de 1999.

Em condições de calmaria, utilizou-se um testemunhador por gravidade, obtendo-se amostras de um tubo de acrílico de 1 cm de diâmetro, conforme descrito em Matsuoka & Fukuyo (1987). Utilizou-se também draga tipo Van-Veen, retirando-se os primeiros centímetros de sedimento, onde normalmente são encontradas as maiores concentrações de cistos viáveis. O terceiro tipo de amostragem foi realizado por mergulhador profissional, mediante a introdução direta do frasco coletor no sedimento superficial e posterior fechamento do mesmo.

As amostras foram armazenadas em frascos totalmente preenchidos com água do ambiente, cuidadosamente fechados e mantidos sob refrigeração, no escuro a 4° C. A análise dos cistos foi realizada conforme a metodologia descrita por Matsuoka e Fukuyo (1987), com variações dependendo do tipo de amostragem empregada. Um volume conhecido do sedimento superficial foi colocado em um Becker e após a

completa homogeneização, as partículas que poderiam interferir na visualização dos cistos foram desagregadas com o uso de ultrassom (Branson 250) durante 60 segundos e à intensidade 4. O sedimento contendo os cistos foi lavado com água do mar filtrada, utilizando-se duas peneiras, a primeira de 80 μm de abertura de malha e a outra, de 20 μm , da qual foi obtida a suspensão resultante, que teve o volume de 10 ml completado com água do mar filtrada. Foram retiradas subamostras de 1 ml para observação e contagem dos cistos.

A contagem dos cistos de resistência de *Alexandrium tamarense* foi efetuada de acordo com a metodologia de Yamaguchi *et al.* (1995), com a utilização de calcofluor M2R. Os cistos foram contados em câmaras de Sedgwick-Rafter, utilizando-se microscópio de epifluorescência Nikon Axioplan, com excitação no comprimento de ondas ultra-violeta. Esta técnica é específica para cistos de *Alexandrium tamarense*, os quais ficam bastante visíveis sob epifluorescência. Quanto aos resultados quantitativos dos demais cistos, as concentrações devem ser tomadas como valores mínimos, já que alguns podem não ter sido visualizados.

4 – RESULTADOS

As espécies foram identificadas com base na morfologia dos cistos e nas células móveis resultantes da germinação dos mesmos. Os cistos que não apresentaram germinação estão identificados como "conferator". Apenas consideramos aqui os cistos com formas características, cuja identificação está bem estabelecida na bibliografia. Os cistos que não germinaram e para os quais havia alguma dúvida de identificação, não estão listados neste trabalho.

Cistos de espécies potencialmente nocivas e suas concentrações máximas no sedimento

– *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech – 180 cistos. cm^{-3} de sedimento. A distribuição das concentrações destes cistos consta na Fig. 1.

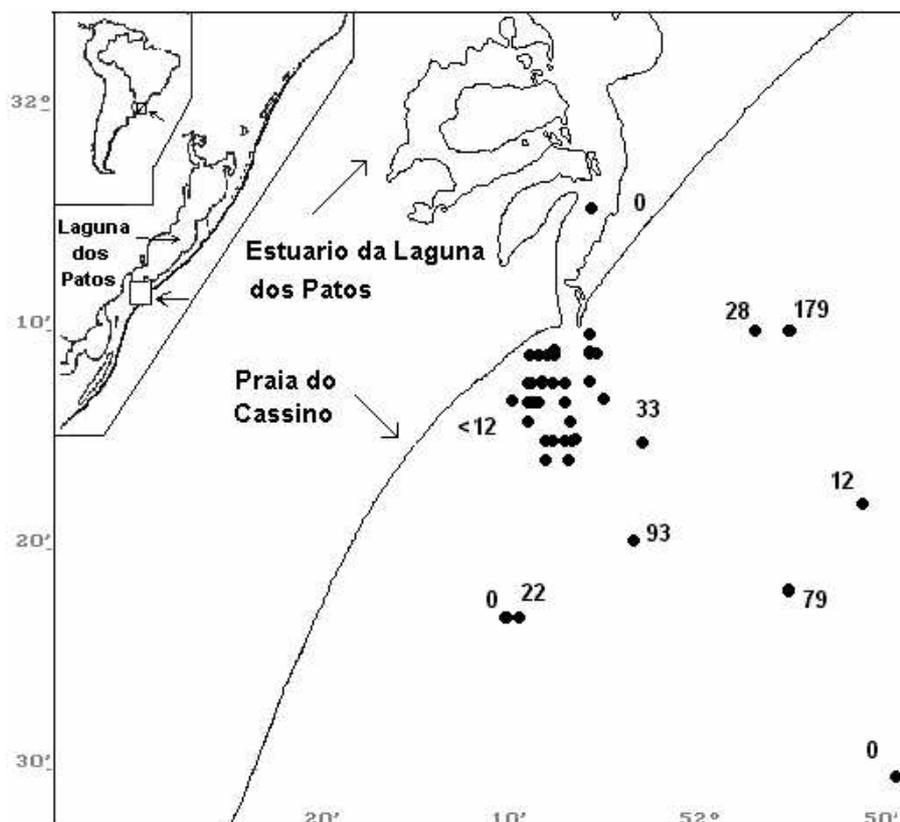


FIGURA 1– Mapa com a distribuição e concentração de cistos de *Alexandrium tamarense* (expressa em cistos. cm^{-3} de sedimento) na costa, próxima à desembocadura da Laguna dos Patos, no sul do Brasil.

Nas amostras analisadas, o comprimento dos cistos de resistência variou entre 32 e 52 μm (média de 42,5 μm) e largura entre 20 e 32 μm (média de 25,7 μm). A forma normalmente observada foi a oval, e os cistos estiveram freqüentemente envolvidos por mucilagem. O grau de desenvolvimento dos vacúolos foi variado, mas a maioria apresentou citoplasma relativamente homogêneo com um ou dois corpúsculos avermelhados (produzidos pela aglomeração dos pigmentos) no seu interior (Fig. 2.A e 2.B).

– *Scripsiella trochoidea* (Stein) Loeblich – 117 cistos.cm⁻³ de sedimento

Os cistos de resistência desta espécie apresentaram formato entre oval e arredondado, cobertos por processos calcáreos de diferentes tamanhos e com formato piramidal, sendo cada qual sustentado por uma base poligonal, de acordo com a descrição de Lewis (1991). O arqueófilo (abertura de excistamento, visível nos cistos vazios), constitui-se de uma fenda em uma das extremidades do cisto, originando um opérculo em forma de tampa. Os cistos apresentaram comprimento entre 20 e 40 μm e largura entre 24 e 32 μm . Os cistos de *Scripsiella trochoidea* germinaram facilmente em laboratório, e as células móveis obtidas em menos de um mês produziram cistos de resistência com aparência semelhante aos cistos normalmente observados no sedimento (Figs. 2C e 2D)

Gymnodinium cf. catenatum Graham – 25 cistos.cm⁻³ de sedimento.

Os poucos cistos de resistência desta espécie verificados, apresentaram-se esféricos, com parede de estrutura microreticular, coloração marrom avermelhada, presença de vacúolos e acúmulo de pigmentos vermelhos no seu interior, semelhante ao descrito por Bolch & Hallegraeff (1990). Os cistos observados apresentaram diâmetro entre 36 e 52 μm .

Outros cistos de dinoflagelados

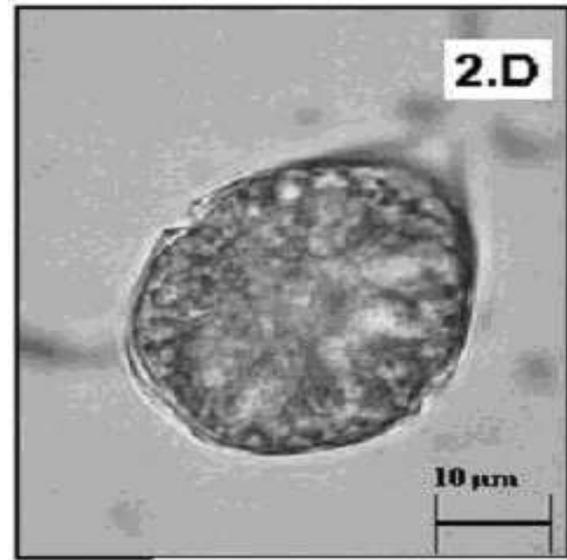
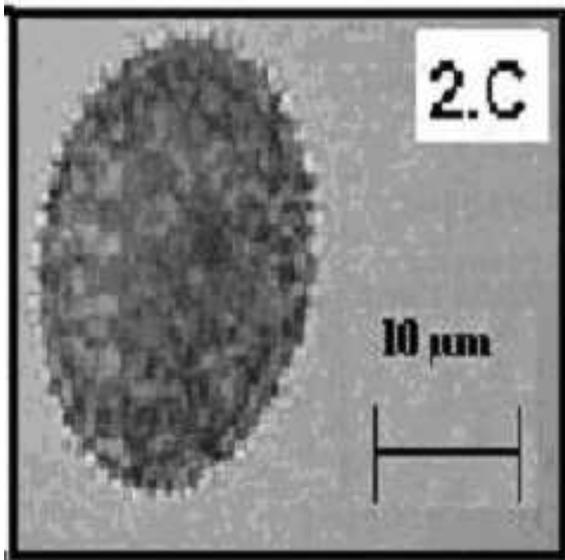
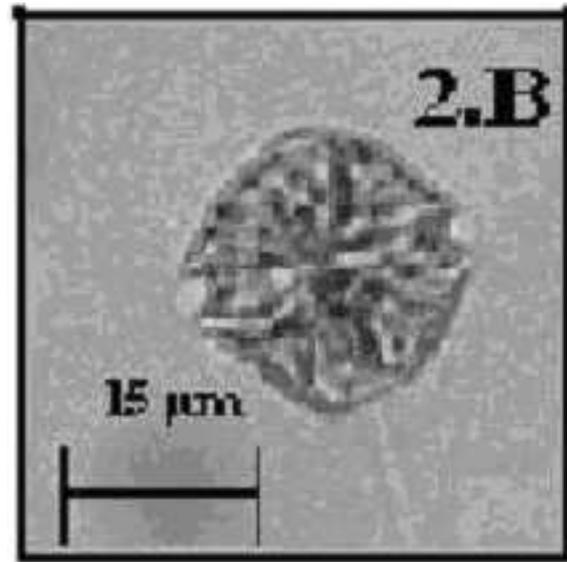
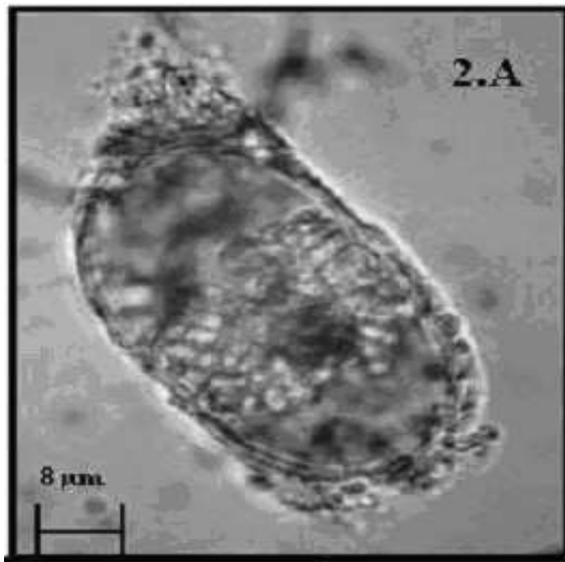
– *Protoperidinium cf. compressum* (Abé) Balech (= *Stelladinium stellatum* (Wall e Dale) Reid): cistos desta espécie foram comumente registrados, porém em baixas concentrações. Este cisto tem sido observado em diferentes regiões, inclusive na costa da Argentina (Akselman 1987). Os cistos observados foram de coloração marrom, forma pentagonal em vista dorso-ventral e com cinco processos de tamanho similar nos vértices, conferindo a estes cistos a forma característica de estrela (Fig. 2E).

– *Protoperidinium cf. oblongum* (Aurivillius) Balech (= *Peridinium oblongum* (Aurivillius) Paulsen): estes cistos apresentaram compressão dorso-ventral, paredes lisas, sem ornamentações e de coloração marrom. Quase todos possuíam vacúolos com substâncias de reserva (amido e lipídeo) no seu interior, e muitos tinham acumulações de pigmentos vermelhos (Fig. 2F). Nos cistos abertos pôde-se verificar o arqueófilo em posição dorsal, logo abaixo do ápice do cisto, com formato hexagonal e vértices e arestas arredondadas.

– *Protoperidinium cf. claudicans* (Paulsen) Balech: estes apresentaram compressão dorso-ventral e forma algo similar à de *P. oblongum*, porém com extremidade antapical menos escavada, com menor espaçamento entre os cornos antapicais. As paredes dos cistos possuíam coloração marrom e eram cobertas por processos sólidos e simples, como espinhos (Fig. 2G), conferindo com a descrição de Wall & Dale (1968).

– *Protoperidinium cf. pentagonum* (Gran) Balech: Os cistos desta espécie foram raros e caracterizados por apresentarem alguma compressão dorso-ventral, forma pentagonal simétrica em vista ventral, e de paralelograma em vista lateral. A parede do cisto apresentou coloração marrom-claro e pequenos processos simples uniformemente distribuídos. O epicisto foi mais desenvolvido que o hipocisto, e mostrou bordos normalmente retos e terminados por um ápice cônico. O hipocisto apresentou bordos entre retilíneos e cônicos, com dois lóbulos antapicais com separação pouco pronunciada e terminados em processos curtos. O arqueófilo pode ser visualizado no epicisto e em vista dorsal, conferindo com as descrições de Wall & Dale (1968) para esta espécie.

– *Protoperidinium cf. minutum* (Kofoid) Loeblich: estes cistos mostraram-se circulares, com coloração marrom e superfície coberta por muitos processos com base circular e topo achatado (Fig. 2H). Esta descrição, bem como a forma trapezoidal do arqueófilo, quando visualizado, conferem com a descrição de Wall & Dale (1968).



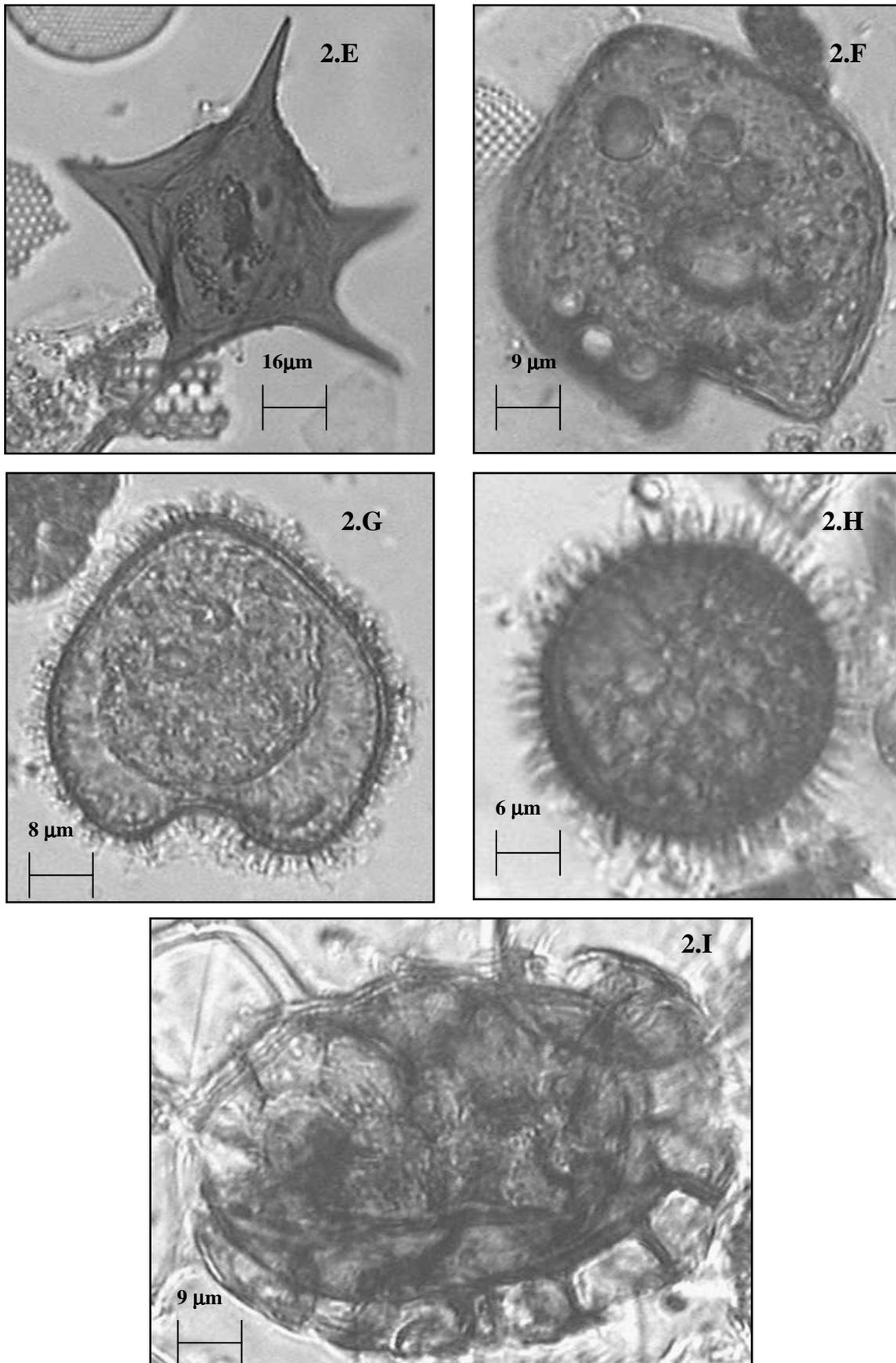


FIGURA 2 – Células móveis e cistos de dinoflagelados provenientes do sul do Brasil: *Alexandrium tamarense* cisto (2.A) e célula móvel (2.B); *Scropsiella trochoidea* cisto (2.C) e célula móvel (2.D). *Protoperidinium* cf. *compressum* (2.E), *P.* cf. *oblongum* (2.F), *P.* cf. *claudicans* (2.G), *P.* cf. *minutum* (2.H) e *Polykrikos* cf. *schwartzii* (2.I).

– *Polykrikos* cf. *schwartzii* Bütschli: os cistos desta espécie possuíam coloração entre esverdeada e marrom, forma oval e alongada, com o arqueófilo aproximadamente circular e localizado na extremidade anterior (Fig. 21). Os processos fibrosos conferiram a estes cistos uma estrutura reticular, sendo estas características compatíveis com a descrição de Bolch & Hallegraef (1990).

– *Gonyaulax verior* Sournia: estes cistos apresentaram forma entre oval e elipsóide, sem projeções nem ornamentações. O arqueófilo contendo o epicisto era mais estreito do que o hipocisto, e muitas vezes podia-se visualizar um ou dois corpúsculos vermelhos no interior dos cistos, sendo estas características coincidentes com o descrito por Matsuoka *et al.* (1988). No período de estudo, houve ocorrência de células móveis de *Gonyaulax verior* na Praia do Cassino, as quais foram incubadas em placas com meio de cultivo e monitoradas periodicamente ao microscópio. Constatou-se em pouco mais de 1 mês o encistamento de varias das células móveis. Portanto, a comprovação de identificação deste cisto ocorreu devido ao encistamento de células provenientes do ambiente, e não pela germinação dos cistos isolados, como nos demais cistos.

5 – DISCUSSÃO

Os cistos de dinoflagelados potencialmente nocivos observados no sedimento da área amostrada neste estudo têm sido registrados em diferentes regiões do mundo, como Austrália, Japão e Argentina. A rápida germinação dos cistos de *Scrippsiella trochoidea* em laboratório confirmam os resultados obtidos por Binder e Anderson (1990) com a espécie, onde foi observado um tempo de maturação de 25 dias, o menor já registrado para cistos de dinoflagelados marinhos. No noroeste do Japão também foi verificada a ocorrência de cistos viáveis de *S. trochoidea*, durante os 16 meses estudados (Ishikawa & Taniguchi 1993). Esta facilidade de encistamento e excistamento da espécie deve exercer importante papel na sua manutenção, proporcionando a ocorrência de altas concentrações de células em águas costeiras do sul do Brasil, conforme verificado por Castello *et al.* (1990). Na costa do Uruguai, *S. trochoidea* também pode ser abundante durante o período de verão, chegando a atingir a concentração de $14 \cdot 10^6 \text{ cel.l}^{-1}$, conferindo à água uma coloração marrom (Ferrari & Méndez 2000).

Com exceção dos cistos de *A. tamarensis* e de *S. trochoidea*, que ocorreram com maior abundância, e de *G. cf. catenatum*, que foi verificado em apenas uma ocasião, os demais cistos foram observados sempre em baixas concentrações. Células vegetativas das espécies *Protoperdinium minutum* e de *Gymnodinium catenatum* ainda não foram registrados na Praia do Cassino, conforme revisão de espécies que ocorrem nesta área (Seeliger *et al.* 1997). Portanto, a identificação dos cistos destas espécies requer futura comprovação. Na costa do Uruguai, florações tóxicas de *Gymnodinium catenatum* ocorrem desde 1991 (Ferrari & Méndez 2000), havendo, portanto, a possibilidade do transporte de células até a costa sul do Brasil, devido à proximidade geográfica entre estas duas áreas. Problemas relacionados à ocorrência de *G. catenatum* com produção de toxinas paralisantes têm ocorrido em diferentes partes do mundo (Hallegraef & Fraga 1998). É possível que a presença de formas móveis da espécie, na região, tenham passado despercebidas devido à baixa concentração celular e/ou frequência de amostragens na área. Na região costeira de Santa Catarina, foram registrados altos níveis de saxitoxinas em áreas de cultivos de moluscos, possivelmente associados à presença de *G. catenatum* (Proença *et al.* 1999). Portanto, estudos futuros a respeito de florações de algas nocivas no sul do Brasil deverão dar ênfase à forma vegetativa e de resistência desta espécie.

Os cistos de *Alexandrium tamarensis* provenientes da área amostrada apresentam tamanho (comprimento entre 32 e 52 μm e largura entre 20 e 32 μm) e morfologia comparáveis com o que foi descrito para outras áreas. As medidas encontradas estiveram próximas das verificadas para os cistos coletados na Noruega, cujo comprimento e largura foram de 45-55 μm e 25-30 μm , respectivamente (Dale 1977). Os cistos provenientes de estuários e lagunas costeiras de Cape Cod (MA- EUA), apresentaram tamanho superior ao verificado no presente trabalho, com comprimento entre 43 e 72 μm e largura entre 26 e 39 μm (Anderson & Wall 1978), medidas estas próximas ao verificado para cistos da costa oeste do Canadá (Oceano Pacífico). Os cistos provenientes do leste e

do sul do Mar da China também apresentaram-se maiores do que os verificados neste trabalho, com comprimento entre 42 e 50 μm e largura entre 30 e 40 μm (Yu-zao *et al.* 1996). Na Tasmânia, cistos desta espécie apresentaram comprimento menor do que verificado neste estudo, de 35 a 40 μm , e largura não reportada (Bolch & Hallegraeff 1990).

Na costa sul do Brasil, a concentração dos cistos de *Alexandrium tamarense* variou desde a não detecção até aproximadamente 180 cistos.cm⁻³ de sedimento, valores relativamente baixos, quando comparados com ambientes protegidos e sujeitos a florações recorrentes da espécie. Em Belfast Lough, no nordeste da Irlanda, por exemplo, foram detectados valores de até 2.700 cistos.cm⁻³ de sedimento (Taylor *et al.* 1995) e em Perch Pond, Massachusetts, ocorreram até 4.400 cistos.cm⁻³. Da mesma forma, altas concentrações de cistos no sedimento têm sido verificadas em áreas profundas (até 160 m), como na Baía de Fundy, no Canadá, onde foram detectados valores de até 8.000 cistos.cm⁻³ (White & Lewis 1982). Na costa da Argentina, também foram observadas altas concentrações (de até 9.000 cistos.cm⁻³) em amostragens realizadas em áreas com até 100 m de profundidade (Orozco & Carreto 1987).

No presente trabalho, somente foi amostrada a área costeira rasa (< 30 m de profundidade), portanto, não é possível extrapolar os valores verificados na área rasa para toda a plataforma continental. Apesar do nítido predomínio da fração areia em sedimentos da costa do Rio Grande do Sul, nas porções mais externas da plataforma, próximo ao talude, verifica-se a ocorrência de grandes faixas de areia siltosa (Fachini 1998). Conforme informações sobre a morfologia e sedimentologia da costa (Corrêa *et al.* 1996), pode-se perceber áreas potencialmente propícias à ocorrência de cistos, com depósitos da fração silte e argila, nas proximidades do Chuí, entre 50 e 60 m de profundidade e externamente a estes depósitos, a partir de cerca de 200 m de profundidade. Próximos programas de investigação de cistos desta espécie na costa sul do Brasil deverão incluir áreas mais profundas, com sedimentos finos e adequação da metodologia de coleta, com a utilização de dragas.

Os amostradores de gravidade de pequeno porte, como utilizado neste trabalho, são eficientes para os estudos quantitativos. A utilização do cilindro coletor transparente, no seu interior, permite que se conheça o extrato coletado e o volume de sedimento a ser processado, porém existem desvantagens operacionais. O amostrador deve penetrar no sedimento em posição vertical, ou seja em profundidades não muito maiores do que 30 m e condições de calmaria. Em condições de mar mais agitado pode-se utilizar um peso em torno de 3 Kg para forçar a entrada do amostrador na posição desejada, havendo limitação do peso a ser utilizado devido à fragilidade do aparelho.

Cabe salientar que a área amostrada na costa do Rio Grande do Sul, ao receber influência das águas da Laguna dos Patos, sofre certa perturbação junto ao fundo, propiciando a ressuspensão dos cistos depositados. Verifica-se, ainda, freqüentes eventos de deposição de lama em grandes extensões da Praia do Cassino (Calliari *et al.* 1999). Apesar da origem destes depósitos não estar esclarecida, a fonte mais plausível é a descarga do estuário, que gera um acúmulo de sedimentos finos em profundidade, os quais podem ser remobilizados em eventos de forte ressaca. Estes depósitos de lama poderiam atuar como um agente de diluição dos cistos depositados, bem como no aprisionamento dos mesmos nas camadas mais profundas e anóxicas do sedimento, o que impediria a sua germinação. Experimentos realizados por Anderson *et al.* (1987) demonstraram que as condições de luz e oxigênio são críticas à germinação dos cistos de resistência de espécies de dinoflagelados, inclusive de *Alexandrium tamarense* e *Scrippsiella trochoidea*. Entretanto, de acordo com estes autores, os cistos permanecem viáveis, e quando cessadas as condições de anoxia e escuridão, pode ocorrer a germinação dos mesmos.

Considerando-se as condições de exposição e alta dinâmica da costa sul do Brasil, é improvável que as concentrações dos cistos de dinoflagelados potencialmente nocivos verificadas originem altas concentrações de células vegetativas, repentinamente. Entretanto, condições ambientais favoráveis ao excistamento (temperatura, luz e calmaria), poderiam ocasionar o crescimento e acúmulo das células germinadas. Recomenda-se que em estudos futuros de espécies nocivas no sul do Brasil e Uruguai sejam consideradas as áreas de maior profundidade, baixa dinâmica e com depósitos de areia siltosa, bem como os bolsões de lama existentes ao longo

da costa. Estes ambientes são propícios à deposição e ao acúmulo dos cistos, podendo apresentar maiores concentrações de cistos do que as observadas na presente investigação.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de doutorado e doutorado sanduíche à primeira autora, ao professor Matsuoka pelas informações recebidas com relação à metodologia de amostragem, processamento e identificação dos cistos de dinoflagelados. Ao amigo Valnei Rodrigues pelo auxílio logístico, ao Renato Espírito Santo, Dr. Lauro Calliari e Denis Dolci pelo auxílio na coleta de sedimento. À Dra. Clarisse Odebrecht e Dra. Maria Célia Villac pelas críticas e sugestões recebidas.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, DM 1980. Effects of temperature conditioning on development and germination of *Gonyaulax tamarensis* (Dinophyceae) hypnozigotes. *J. Phycol.*, 16: 166-172.
- ANDERSON, DM 1984. Shellfish toxicity and dormant cysts. In: RAGELIS, E P (ed.). Toxic Dinoflagellate Blooms. Seafood Toxins. Amer. Chem. Soc. Symposium Series N0. 262. Wash. D. C.: 125-138.
- ANDERSON, DM 1997. Bloom dynamics of toxic *Alexandrium* species in the northeastern U. S. *Limnol. Oceanogr.* 42 (5, part.2): 1009-1022.
- ANDERSON, DM 1998. Physiology and bloom dynamics of toxic *Alexandrium* species, with emphasis on life cycle transitions. In: ANDERSON, DM, A CEMBELLA & G HALLEGRAEFF (eds.). Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms. Springer, 29-48.
- ANDERSON, DM, Y FUKUYO & K MATSUOKA. 1995. Cyst methodologies. In: HALLEGRAEFF, G, DM ANDERSON & A CEMBELLA (eds.). Manual on Harmful Marine Microalgae., UNESCO, Paris: 229-249.
- ANDERSON, DM, CD TAYLOR, & V ARMBRUST. 1987. The effects of darkness and anaerobiosis on dinoflagellate cyst germination. *Limnol. Oceanogr.*, 32(2):340-351
- ANDERSON, DM & D WALL. 1978. Potential importance of benthic cysts of *Gonyaulax tamarensis* and *G. excavata* in initiating toxic dinoflagellate blooms. *J. Phycol.*, 14(2): 224-234.
- AKSELMAN, R. 1987. Quistes planctónicas de dianofíceas en áreas de plataforma del Atlántico Sudoccidental, I. Reporte taxonomico de la familia Peridiniaceae Ehrenberg. *Bolm Inst. Oceanogr.*, S. Paulo, 35 (1): 17-32.
- BENAVIDES, H, L PRADO, S DÍAZ., & JI CARRETO. 1995. An exceptional bloom of *Alexandrium catenella* in the Beagle Channel, Argentina. In: LASSUS, P, G ARZUL, E ERARD, P GENTIEN & C MARCAILLOU (eds.). Harmful Marine Algal Blooms. Lavousier, Intercept Ltd: 113-118.
- BINDER, BJ & DM ANDERSON. 1990. Biochemical composition and metabolic activity of *Scrippsiella trochoidea* (Dinophyceae) resting cysts. *J. Phycol.*, 26:289-298.
- BOLCH, CJ & GM HALLEGRAEFF. 1990. Dinoflagellate cysts in recent marine sediments from Tasmania, Australia. *Botanica Marina*, 33: 173-192.
- BRAZEIRO, A, S MENDÉZ & G FERRARI. 1997. The first toxic bloom of *Alexandrium tamarense* in Uruguay: associated environmental factors. *Atlântica*, Rio Grande, 19: 19-29.
- CALLIARI, LJ, AHF KLEIN & FCR BARROS. 1996. Beach differentiation along the Rio Grande do Sul coastline (Southern Brazil). *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 485-493.
- CALLIARI, LJ, NS SPERANSKI, & M TORRONTÉGUY. 1999. O "efeito lama" na ante-praia do Cassino. características, processos e efeitos. VII Cong. ABEQUA (Porto Seguro, BA).
- CARRETO, JI, NG MONTOYA, ADC COLLEONI, & R AKSELMAN. 1998. *Alexandrium tamarense* blooms and shellfish toxicity in the Argentine sea: a retrospective view. In: REGUERA, B, J BLANCO, ML FERNÁNDEZ & T WYATT (eds.). Harmful Algae. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. Chap 2: 131-134.
- CARRETO, JI, RM NEGRÍ, HR BENAVIDES & R AKSELMAN. 1985. Toxic dinoflagellate blooms in the Argentine Sea. In: ANDERSON, DM, AW WHITE, & DG BADEN (eds.). Toxic Dinoflagellates. Elsevier Science Publishing Co, Chap 2:147-152.
- CASTELLO, JP, AK DUARTE, OO MÖLLER JR, LF NIENCHESKI, C ODEBRECHT, G WEISS, RP HABIAGA, VR BELLOTTO, D KITZMANN, C SOUTO, RB SOUZA, AM CIOTTI, G FILLMANN, PR SCHWINGEL, JG BERSANO, M CIRANO, K FREIRE, I LIMA, R MELLO, A MONTEIRO, C JR. RESGALA, I SOARES, & M SUZUKI. 1990. On the importance of coastal and subantarctic waters for the shelf ecosystem off Rio Grande do Sul. *Publ. Acad. Ciências Est. S. Paulo*, 71: 112-129,.
- CEMBELLA, A. 1998. Ecophysiology and metabolism of paralytic shellfish toxins in marine microalgae. In: ANDERSON, DM, A CEMBELLA & G HALLEGRAEFF (eds.). Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms, Springer, Berlin: 381-403.
- CIOTTI, AM, C ODEBRECHT, G FILLMANN & OO MÖLLER Jr. 1995. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Cont. Shelf. Res.* 15(14):1737-1756.
- CORRÊA, ICS, JA VILLWOCK, FI ISLA, JL LABORDE, JM JACKSON, VV FURTADO & LJ CALLIARI. 1996. Atlas morphology and sedimentology of the southwest Atlantic coastal zone and Continental Shelf from Cabo Frio (Brazil) to Península Valdés (Argentina). MARTINS e CORRÊA (eds.). Ponto Um/UFRGS-IG-CECO, Porto Alegre. 20 mapas.
- DALE, B. 1977. Cysts of the toxic red-tide dinoflagellate *Gonyaulax excavata* Balech from Oslofjorden, Norway. *Sarsia*, 63: 29-34,.
- DALE, B. 1983. Dinoflagellate resting cysts. In: FRYXEL, GA (ed.). Survival strategies of the algae. Cambridge:69-136.
- FACHINI, S. 1998. Caracterização do perfil de equilíbrio da antepraia na costa do Rio Grande do Sul. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Curso de Pós-Graduação em Geociências, RS, UFRGS, 114p.
- FERRARI, G & S MÉNDEZ. 2000. Report of phytoplankton species producing coastal water discoloration in Uruguay. *Iheringia*, Sér. Bot., 54: 3-18.
- GARCIA, VMT, C ODEBRECHT & LR RÖRIG. 1994. Florações nocivas de fitoplâncton na costa brasileira. IOC Workshop Report No. 101: 9-14.
- GARCIA,VMT & NM GIANUCA. 1997. The beach and surfzone. In: SEELIGER, U, C ODEBRECHT & JP CASTELLO (eds.) Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic. Springer-Verlag, Heidelberg, New York, Chap. 7: 166-170.

- GIANUCA, NM. 1998. Benthic beach invertebrates. SEELIGER, U, C ODEBRECHT & JP CASTELLO (eds.). Subtropical Convergence Environments. Springer, Chap. 6: 114-117.
- HAIMOVICI, M, SD PEREIRA & PC VIEIRA. 1989. La pesca demersal en el sur de Brasil en el periodo 1975-1985. *Frente Mar* (Montevideo) 5: 151-163.
- HALLEGRAEFF, GM & S FRAGA. 1998. Bloom dynamics of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*, with emphasis on Tasmanian and Spanish coastal waters. In: ANDERSON, DM, A CEMBELLA, G HALLEGRAEFF (eds). *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*, Springer-Verlag, Berlin: 59-80.
- ISHIKAWA, A & A TANIGUCHI. 1993. Some cysts of the genus *Scrippsiella* (Dinophyceae) newly found in Japanese waters. *Bulletin of Plankton Society of Japan*, 40 (1): 1-7.
- LEWIS, J. 1991. Cyst-theca relationships in *Scrippsiella* (Dinophyceae) and related Orthoperidinioid genera. *Botanica Marina*, 34: 91-106.
- MACHADO, P A. 1979. Dinoflagellate bloom on the Brazilian South Atlantic coast. In: TAYLOR, D.L. & H.H., SELIGER (eds.). *Toxic Dinoflagellate Blooms*. Elsevier, New York: 29-32.
- MATSUOKA, K & Y FUKUYO. 1987. Manual for modern dinoflagellate cyst study. Second edition. Workshop of International Symposium on Red Tides, Takamatsu, Japan.
- MATSUOKA, K, Y FUKUYO & DM ANDERSON. 1988. The cysts and theca of *Gonyaulax verior* Sournia (Dinophyceae) and their implication for the systematics of the genus *Gonyaulax*. *Japanese Society of Phycology*, 36:311-320.
- MÉNDEZ, S. 1995. Bivalve mortality on Southwest Atlantic shores. *Harmful Algae News* N° 10/11:12.
- MÉNDEZ, S, DM KULLIS & DM ANDERSON. 2001. PSP Toxin production of Uruguayan isolates of *Gymnodinium catenatum* and *Alexandrium tamarense*. In: HALLEGRAEFF, GM, CJ, BOLCH, SI, BLACKBURN, RJ, LEWIS [eds.]. *Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms*. Hobart, Australia, 7-11 February 2000: 352-355.
- ODEBRECHT, C, L RÖRIG, VMT GARCIA & PC ABREU. 1995. Shellfish mortality and a red tide event in southern Brazil. In: LASSUS, P, G ARZUL, E ERARD, P GENTIEN & C MARCAILLOU (eds). *Harmful Marine Algal Blooms. Technique et Documentation - Lavousier*, Intercept Ltd: 213-218.
- ODEBRECHT, C, S MENDÉZ & VMT GARCIA. 1997. Oceanographic processes and HAB in the Subtropical Southwestern Atlantic (28-36° S). Resumo. VIII International Conference on Harmful algae, Vigo (Espanha).
- ODEBRECHT, C & VMT GARCIA. 1998. Phytoplankton. IN: SEELIGER, U., C ODEBRECHT & JP CASTELLO (eds.). *Subtropical Convergence Environments*. Springer, Chap. 6: 105-109
- OROZCO, FE & JI CARRETO. 1987. Distribution of *Alexandrium excavatum* resting cysts in a Patagonian Shelf area (Argentina). In: OKAICHI, T., DM ANDERSON & T NEMOTO (eds.). *Red Tides: Biology, Environmental Science, and Toxicology*. Proc. of the First Symp. on Red Tides. Elsevier, Takamatsu, Japan: 309-312.
- PROENÇA, LA, N LAGOS, LR RORIG, M SILVA & S GUIMARÃES. 1999. Occurrence of paralytic shellfish toxins – PST in southern Brazilian waters. *Ciência e Cultura* 51: 16-21.
- RORIG, LR. 1997. Acumulações diatomácea *Asterionellopsis glacialis* e sua relação com variáveis ambientais na Praia do Cassino, RS. Tese de Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 126 p.
- ROSA, ZJ & TC BUSELATO. 1981. Sobre a ocorrência de floração de *Gyrodinium aureolum* Hulbert (Dinophyceae) no litoral do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, 28: 169-179.
- SEELIGER, U, C ODEBRECHT & JP CASTELLO. 1997. *Subtropical Convergence Environments. The coast and sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin, 308 p.
- STEIDINGER, KA & DG BADEN. 1984. Toxic Marine Dinoflagellates. In: SPECTOR, DL (ed). *Dinoflagellates*, Academic Press: 201-259.
- TAYLOR, TJM, J LEWIS & SI HEANEY. 1995. A survey of *Alexandrium* sp. cysts in Belfast Lough, 1992. LASSUS, P, G ARZUL, E ERARD, P GENTIEN, C MARCAILLOU (eds.). *Harmful Marine Algal Blooms*: 835-840.
- WALL, D & B DALE. 1968. Modern dinoflagellate cysts and evolution of the Peridinales. *Micropaleontology*, 14(3):265-304.
- WHITE, AW & CM LEWIS. 1982. Resting cysts of the toxic, red tide dinoflagellate *Gonyaulax excavata* in Bay of Fundy sediments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1185-1194.
- YAMAGUCHI, M, S ITAKURA, I IMAI & Y ISHIDA. 1995. A rapid and precise technique for enumeration of resting cysts of *Alexandrium* spp. (Dinophyceae) in natural sediments. *Phycologia*. 34: 207-214.
- YU-ZAO, Q, H YING, Z LEI, DM KULLIS & DM ANDERSON. 1996. Dinoflagellate cysts from recent marine sediments of the south and east China seas. *Asian Marine Biology* 13: 87-103.

Entrada: 18/4/2002
Aceite: 10/7/2003

