

Contribuição ao protocolo de monitoramento ambiental da maricultura de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva (Areschougiaceae - Rhodophyta) na baía de Sepetiba, RJ, Brasil

Beatriz Castelar^{1,3}, Renata Perpetuo Reis¹ e Marcos Bastos²

Recebido em 3/01/2008. Aceito em 11/09/2008

RESUMO – (Contribuição ao protocolo de monitoramento ambiental da maricultura de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva (Areschougiaceae - Rhodophyta) na baía de Sepetiba, RJ, Brasil). *Kappaphycus alvarezii*, uma das principais fontes de matéria prima para produção de carragenana, vem sendo cultivada em balsas flutuantes, na baía de Sepetiba, sem estudos de monitoramento ambiental. A ocorrência e o estabelecimento de esporos e de mudas desta alga exótica no ambiente marinho foram avaliados e a praticidade da metodologia aplicada foi verificada, visando à proposta de um protocolo de monitoramento ambiental para cultivos liberados para o Brasil, entre a baía de Sepetiba (RJ) e a Ilha Bela (SP). Este estudo foi realizado no maior cultivo desta espécie no país, na baía de Sepetiba (23°03'50"S e 043°52'50"N), entre maio e julho/2006. Neste período, não foi observada ocorrência de mudas férteis sob cultivo tampouco estabelecimento de esporos. A ocorrência de mudas fora do sistema de cultivo foi ínfima, frente à biomassa cultivada, e restrita aos limites da fazenda marinha. Além disso, a sobrevivência de mudas transplantadas fora das balsas foi suprimida em detrimento da baixa incidência luminosa provocada pelo alto teor de material particulado em suspensão na água do mar. Concluiu-se, portanto, que a introdução de *Kappaphycus alvarezii* não ocasionou danos ambientais nesta baía até o momento e que o método utilizado foi adequado à avaliação do estabelecimento desta espécie no ambiente. Neste sentido, recomenda-se a aplicação permanente do método apresentado como protocolo para o cultivo de *Kappaphycus alvarezii* na área permitida para o Brasil, visando à manutenção da biodiversidade marinha.

Palavras-chave: alga exótica, maricultura de algas, introdução de espécies

ABSTRACT – (Contribution to the environmental monitoring protocol for *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva (Areschougiaceae - Rhodophyta) cultivation at Sepetiba bay, Rio de Janeiro State, Brazil). *Kappaphycus alvarezii*, one of the most important sources of raw material for carrageenan production, has been cultivated in a floating-raft system, at Sepetiba Bay, southeast Brazil, with no environmental monitoring studies. The aim of this research was to verify the occurrence and establishment of *Kappaphycus alvarezii* plantlets and spores in the benthic communities around the biggest Brazilian *Kappaphycus alvarezii* farm, at Sepetiba Bay (23°03'50"S; 043°52'50"N), to analyze the applicability of the methodology and to propose an environmental monitoring protocol for areas where this cultivation is permitted in Brazil. From May to July/2006, the occurrence of fertile cultivated branches as well the recruitment and establishment of spores were not observed. The occurrence of plantlets outside the system was restricted to the farm boundaries and lost biomass was insignificant in relation to cultivated biomass. Furthermore, the establishment of transplanted seedlings through vegetative growth was suppressed by high suspended particulate material in the water column. These results suggest that *Kappaphycus alvarezii* introduction has not yet provoked environmental damage in Sepetiba Bay and the methodology used was adequate for this kind of evaluation. Constant application of the method is recommended as a protocol for growing *Kappaphycus alvarezii* where permitted in Brazil in order to maintain marine biodiversity.

Key words: exotic seaweed, seaweed cultivation, species introduction

Introdução

A demanda mundial de matéria prima para a produção de carragenana é crescente (Ask & Azanza 2002) sendo estimado um aumento anual de cerca de 5% para as próximas décadas (Eklöf *et al.* 2005). No Brasil, existem duas fontes de matéria prima para produção de carragenana, uma a partir do cultivo da alga exótica, *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva (Areschougiaceae - Rhodophyta), e outra a partir da alga nativa, *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux (Cystoclonaceae - Rhodophyta), coletada em bancos naturais (Paula *et al.* 1998). Apesar de *H. musciformis* apresentar ampla distribuição na costa brasileira, sua coleta é insuficiente para suprir a demanda nacional. Além disso, ainda que sua taxa de crescimento atinja até 10%.dia⁻¹ (Reis *et al.* 2006), esta espécie apresenta difícil adaptação às tecnologias de cultivo (Oliveira & Miranda 1998).

A introdução de *Kappaphycus alvarezii* no Brasil foi proposta com intuito de minimizar a exploração dos bancos naturais de *H. musciformis* e de diminuir a dependência da

matéria prima importada (Oliveira 1990; Paula *et al.* 2002). Sendo assim, em 1995 iniciou-se um programa experimental de introdução desta espécie no país, desenvolvido em Ubatuba, SP, Brasil (Paula *et al.* 1998) e em 2004 foi iniciado o primeiro cultivo comercial de *K. alvarezii* na baía de Sepetiba, RJ, Brasil.

Contudo, danos ambientais causados pela introdução intencional de espécies têm sido amplamente relatados (FAO 1996; CBD 2004). De acordo com 'International Union for the Conservation of Nature - IUCN', a introdução de espécies é uma das principais responsáveis pela perda da biodiversidade. Os danos ambientais sobre os recifes coralíneos havaianos causados pela introdução intencional de espécies de *Kappaphycus/Eucheuma* são os mais bem documentados (Conklin & Smith 2005). Vinte e cinco anos após a introdução na baía de Kane'ohe, no Havaí, essas algas se estabeleceram sobre os corais, causando-lhes a morte principalmente por sombreamento, e continua se dispersando para outras regiões (Conklin & Smith 2005). Também foram relatados estabelecimento de *K. alvarezii*

¹ Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Diretoria de Pesquisa Científica, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Oceanografia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

³ Autor para correspondência: beatrixcastelar@gmail.com

em recifes na Índia (Bagla 2008; Chandrasekaran *et al.* 2008) e na Venezuela (Barrios *et al.* 2007).

Para evitar danos ambientais causados pela introdução intencional de algas é necessária à implementação de procedimentos de avaliação de risco e/ou de monitoramento ambiental para verificar tanto o estabelecimento da espécie introduzida no meio ambiente quanto à introdução de organismos indesejados associados à espécie-alvo (Oliveira 2005; Verlecar & Pereira 2006). Entretanto, são incipientes os programas de monitoramento ambiental das introduções intencionais de espécies de *Kappaphycus* no mundo (Ask *et al.* 2003; Conklin & Smith 2005).

No Brasil, de acordo com a Instrução Normativa n.185 de 23 de julho de 2008, passa a ser exigida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA/MMA) a execução do monitoramento ambiental relativo à produção de *Kappaphycus alvarezii*. Desta maneira, torna-se emergente a criação de metodologias eficientes para a avaliação do estabelecimento desta alga fora das estruturas de cultivo.

Os objetivos deste estudo foram: 1) analisar a ocorrência e a viabilidade de esporos e mudas de *Kappaphycus alvarezii* no ambiente natural no entorno do maior do cultivo desta espécie no país e; 2) propor um protocolo de monitoramento ambiental para a maricultura de *K. alvarezii* na região sudeste brasileira através da avaliação da ocorrência e do estabelecimento de esporos e mudas desta espécie no entorno do maior cultivo do país.

Material e métodos

Este estudo foi conduzido de maio a julho de 2006, na baía da Marambaia (23°03'50"S e 43°52'50"W), situada na porção sudoeste da baía de Sepetiba, litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Fig. 1). A região encontra-se nas proximidades da principal conexão da baía de Sepetiba com o Oceano Atlântico, onde ocorrem as correntes de maior intensidade (superior a 50 cm.s⁻¹), além de um volume maior de águas renovadas (Signorini 1980; SEMADS 2001). A baía da Marambaia possui uma profundidade média de 2,3 m, é limitada a leste por um cordão arenoso de cerca de 2 km de extensão e a oeste pela Ilha da Marambaia, sendo composta estritamente por substratos não consolidados de frações granulométricas predominantemente finas do tipo lodoso (Pereira *et al.* 2003).

O cultivo de *Kappaphycus alvarezii* foi instalado em 2004, a aproximadamente 60 m da praia, composto por 70 unidades de produção, denominadas balsas flutuantes. Cada balsa é composta por 30 subunidades, os módulos (3x5 m), contendo 220 mudas cada um. Sob cada balsa é, ainda, instalada uma rede de nylon (60 mm de malha) que visa minimizar a dispersão de mudas para o ambiente natural.

A temperatura e a salinidade da água do mar foram registradas diariamente com auxílio de termômetro de mercúrio e refratômetro portátil, respectivamente. A transparência da água foi estimada com auxílio de disco de Secchi, semanalmente. Coletas de água do mar foram realizadas, também semanalmente, para a quantificação do material particulado em suspensão (MPS) e para análise da concentração de amônia, nitrito, nitrato e fosfato (Grasshoff *et al.* 1983). Todas as medições foram realizadas em triplicatas.

A ocorrência de material fértil (tetrásporos e carpósporos) foi verificada através da análise de 135 mudas de *Kappaphycus alvarezii* retiradas aleatoriamente (tabela de números aleatórios) das balsas flutuantes. Os talos foram observados em campo com auxílio de lupa manual. Cortes anatômicos, realizados à mão livre, foram observados através de microscopia óptica em laboratório. Para observar a fixação

de esporos liberados, 36 placas de acrílico (10x10 cm), com ranhuras na face superior, foram aleatoriamente instaladas sob as estruturas de cultivo. Metade das placas foi retirada após 20 dias, no meio do ciclo de produção comercial do cultivo, e a outra metade após 40 dias, no final do ciclo de produção comercial. Logo após a retirada, as placas foram acondicionadas em formaldeído a 4% e analisadas através de microscopia óptica a fim de se quantificar os esporos fixados.

Com o intuito de verificar o recrutamento, nove placas de acrílico, iguais às anteriores, foram aleatoriamente instaladas sob o cultivo e recolhidas após 20 dias. Após este período, as placas foram transportadas em caixa térmica com água do mar para até o Laboratório de Cultivo do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, onde o cultivo foi realizado sob condições ambientais próximas ao ideal requerido pela espécie (Paula *et al.* 1999; Paula *et al.* 2001; Paula & Pereira 2003). O cultivo *in vitro* foi realizado em aquários contendo 1 L de água do mar filtrada em membrana de éster celulose (0,45 µm), enriquecida com solução Provasoli modificada ES/4 (Starr & Zeikus 1993), aerada por bombas de aeração de aquários e trocada a cada cinco dias. A temperatura da água foi mantida em 22 ± 2 °C, salinidade de 35 ± 1 e fotoperíodo de 12 horas luz. A iluminação foi obtida através de lâmpadas fluorescentes de 20 W, sob irradiância de 130 ± 20 µmol.m⁻².s⁻¹. Após 20 dias sob cultivo *in vitro* as placas de acrílico foram observadas através de microscopia óptica a fim de se quantificar, através do percentual de cobertura, o desenvolvimento das plântulas.

A ocorrência de mudas de *Kappaphycus alvarezii* desprendidas, fora do sistema de cultivo, foi verificada em toda a extensão da praia da baía da Marambaia e quantificada, em doze estações de coleta pré-estabelecidas (Fig. 1). Em cada estação, foram dispostos aleatoriamente dez quadrados amostrais (50x50 cm) sobre um transecto de 20 m paralelo à linha da água e aplicada a metodologia de amostragem destrutiva adaptada de De Wreede (1985), coletando-se apenas os exemplares de *Kappaphycus alvarezii*. As mudas coletadas foram secas em estufa a 60 °C até obtenção de massa constante. A biomassa total desprendida do cultivo foi estimada e comparada em termos percentuais com a biomassa média total da fazenda.

Finalmente, para avaliar o estabelecimento de mudas de *Kappaphycus alvarezii* no ambiente natural foi utilizado um sistema de transplante. Dezoito mudas, com massa úmida inicial de 100 g, foram atadas a blocos de cimento, instalados no limite superior da zona infralitorânea, com o intuito de simular o ambiente mais propício para o estabelecimento desta alga na baía da Marambaia. As mudas foram pesadas a cada 20 dias e o sucesso de estabelecimento avaliado através da taxa de crescimento diário expressa em %·dia⁻¹ e obtida

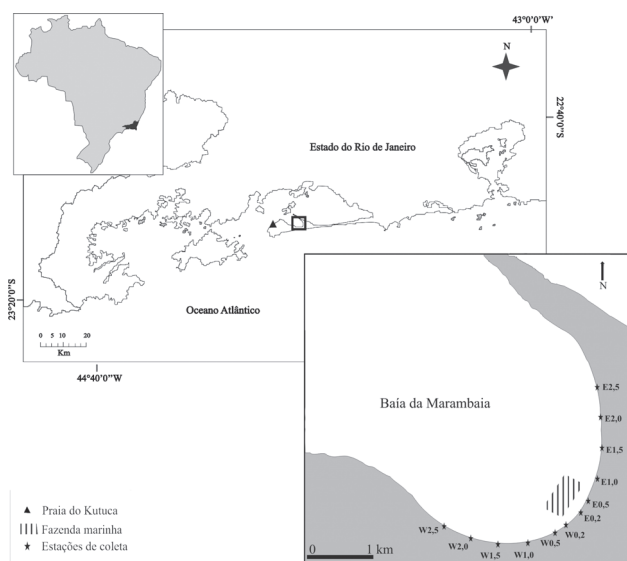


Figura 1. Mapa da baía da Marambaia, inserida na porção sudoeste da baía de Sepetiba, litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

através da fórmula: $TCD = 100 \times [LN(M_f)/(M_i)]/t$, onde M_f = massa úmida final; M_i = massa úmida inicial; e t = dias de experimento (Ask 2006).

Para o tratamento estatístico, foi utilizado o pacote estatístico Statistica 6.0 *StatSoft*®. Os dados não apresentaram normalidade (teste de Shapiro Wilk's) e/ou homogeneidade de variâncias (Teste de Cochran), portanto foram submetidos aos testes não-paramétricos (Zar 1996). As medianas das biomassas fora do sistema de cultivo nas diferentes estações de coleta foram comparadas através do teste Kruskal-Wallis e as medianas das taxas de crescimento das mudas transplantadas nos períodos de 20 e 40 dias foram comparadas pela análise de Wilcoxon. O intervalo de confiança para os testes de significância foi de 95% ($p = 0,05$).

Resultados e discussão

As mudas de *Kappaphycus alvarezii* cultivadas na baía da Marambaia não se mostraram férteis durante o período estudado, uma vez que tetrásporos ou cistocarpos não foram observados nos 135 talos vistoriados. Portanto, não foi observado recrutamento de esporos nas placas acrílicas mantidas sob cultivo. Segundo Bulboa *et al.* (2008), após 20 dias, plântulas cultivadas *in vitro* alcançaram cerca de 40 μ m de diâmetro, porém, assim como no presente estudo, não foi registrada a ocorrência de recrutamento *in situ*. Desta maneira, não foi constatado o estabelecimento da espécie exótica via estruturas reprodutivas no ambiente natural na baía da Marambaia. Este resultado está de acordo com os resultados de Azanza-Corrales *et al.* (1992). Segundo estes autores, esta espécie geralmente apresenta-se infértil em sistemas de cultivo, ou as fases reprodutivas não ocorrem simultaneamente, sugerindo que o ciclo não se completa nos cultivos. Paula *et al.* (1999) reportaram mudas férteis de *Kappaphycus alvarezii* de dezembro de 1995 a maio de 1996, contudo, os esporos foram pouco viáveis, não apresentando, como neste estudo, potencial de estabelecimento no ambiente.

Quanto à ocorrência de mudas fora do sistema de cultivo na baía da Marambaia, foram observadas mudas em apenas um terço das estações de coleta (W0,5; W0,2; E0,2 e E0,5) e restritas à área de manejo da fazenda marinha (Fig. 1, 2). A variação da biomassa das mudas foi altamente significativa entre as doze estações de coleta ($H_{11,120} = 79,68$; $p < 0,001$), variando de zero a 237,09 $g \cdot m^{-2}$ (massa seca). A biomassa total de *Kappaphycus alvarezii* fora do sistema de cultivo, com base na amostragem realizada, foi estimada em torno de 50 kg de massa seca, representando 0,1% da estimativa da biomassa total cultivada na fazenda marinha. A diminuta e restrita ocorrência de *Kappaphycus alvarezii* no ambiente foi atribuída à baixa capacidade de estabelecimento desta alga no ambiente natural da baía da Marambaia.

Fora dos limites da fazenda, Reis (dados não publicados) constatou a ausência de *Kappaphycus alvarezii* no costão oeste da Praia do Kutuca (Fig. 1). Esta serve como uma área-controle estratégica para o monitoramento ambiental deste cultivo, pois está localizada a cerca de 20 km a oeste da baía da Marambaia, ou seja, fora da área de abrangência da fazenda marinha, além de estar sob influência de um dos canais mais importantes de entrada de correntes da baía de

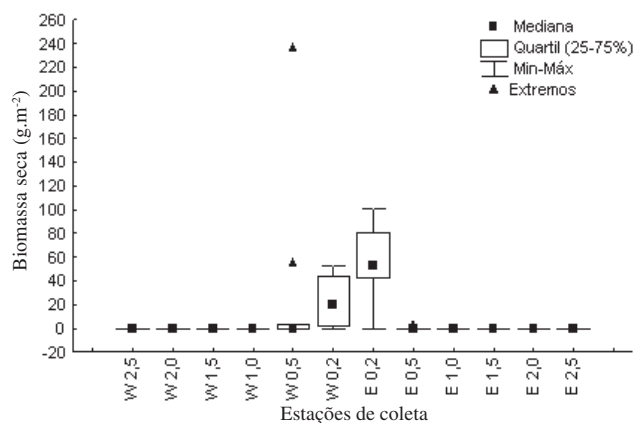


Figura 2. Variação da biomassa seca ($g \cdot m^{-2}$) de mudas de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva nas estações de coleta ao longo da praia da baía da Marambaia, RJ, Brasil, em junho/2006.

Setetiba (SEMADS 2001) e da comunidade algácea local estar sendo monitorada desde 1999, existindo, portanto, dados pretéritos à instalação da fazenda realizados por Amado Filho *et al.* (2003).

As taxas de crescimento diário (TCD) das mudas de *Kappaphycus alvarezii* transplantadas apresentaram valores negativos ($-14,21 \pm 18,0\% \cdot dia^{-1}$) e não diferiram entre os períodos avaliados ($Z = 1,24$; $p = 0,21$; Fig. 3). Todas as mudas transplantadas morreram antes de 60 dias de experimento. Possivelmente, o estabelecimento das mudas foi limitado pela luz, uma vez que a estimativa da transparência da água do mar, associada ao elevado teor de material particulado em suspensão propiciaram uma baixa incidência luminosa durante todo o período experimental (Tab.1). *Kappaphycus alvarezii* é considerada tolerante à turbidez, desde que em baixa frequência (Mshigeni 1979; Doty 1987; Trono 1993). Ressalta-se que no período amostrado, a temperatura superficial da água do mar e a salinidade se mantiveram dentro dos limites adequados ao crescimento de *Kappaphycus alvarezii* (Tab. 1; Glenn & Doty 1990; Paula & Pereira 2003; Bulboa & Paula 2005) e que os nutrientes apresentaram valores superiores aos requeridos pela espécie (Tab. 1), sendo *Kappaphycus alvarezii* conhecida

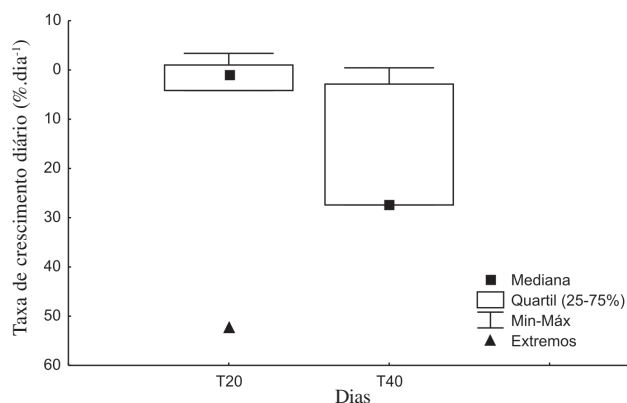


Figura 3. Taxa de crescimento diário das mudas de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva transplantadas na baía da Marambaia, pesadas após 20 dias (T20) e 40 dias (T40) entre maio e julho/2006, RJ, Brasil.

por seu baixo requerimento de nitrogênio e fósforo (Wakibia *et al.* 2006).

Kappaphycus alvarezii não se estabeleceu no ambiente natural via estruturas reprodutivas ou via crescimento vegetativo de mudas desprendidas do cultivo, sendo a restrição luminosa decorrente do alto teor de material particulado em suspensão, um dos principais fatores

Tabela 1. Valores (mínimos) medianos (máximos) das variáveis abióticas mensuradas na baía da Marambaia, baía de Sepetiba, RJ, Brasil, de maio a julho/2006.

Variável abiótica	(Mínimo)	Mediana	(Máximo)
Temperatura (°C)	(21,0)	24,0	(28,0)
Salinidade	(30,0)	32,0	(36,0)
Transparência (m)	(0,6)	1,2	(1,5)
Turbidez (mg/L)	(26,7)	37,7	(51,7)
Amônia (µmol/L)	(0,7)	1,8	(4,1)
Nitrito (µmol/L)	(0,2)	0,5	(1,1)
Nitrato (µmol/L)	(1,4)	2,0	(2,6)
Fosfato (µmol/L)	(0,2)	0,4	(1,0)

limitantes a espécie na baía da Marambaia. Os resultados sugerem que a introdução desta espécie para fins de maricultura em balsas flutuantes não está promovendo danos ambientais no local até o momento. Entretanto, devido aos resultados de sua dispersão e estabelecimento nos corais do Havaí, após cerca de três décadas da sua introdução (Russell 1983; Rodgers & Cox 1999; Smith *et al.* 2002; Conklin & Smith 2005), tanto via crescimento vegetativo quanto por esporos, assim como os relatos de bioinvasão na Índia (Bagla 2008; Chandrasekaran *et al.* 2008) e na Venezuela (Barrios *et al.* 2007) recomenda-se o monitoramento ambiental permanente dos cultivos de *Kappaphycus alvarezii* no Brasil.

Visando à manutenção da biodiversidade marinha, constatada a aplicabilidade da metodologia apresentada, seu uso é proposto como protocolo para monitorar o estabelecimento de *Kappaphycus alvarezii* fora do sistema de cultivo, na área permitida para o cultivo desta espécie, compreendida entre a baía de Sepetiba (RJ) e a Ilha Bela (SP), pela Instrução Normativa n. 185 de 23 de julho de 2008. Recomenda-se, então: a realização de vistorias trimestrais de estruturas reprodutivas em mudas cultivadas; vistorias anuais em placas acrílicas; cultivo *in vitro* de material fértil para verificar a sua viabilidade; vistoria e quantificação freqüente de mudas no entorno das fazendas marinhas e anualmente em áreas controle e realização de experimentos semestrais de transplantes de mudas.

Agradecimentos

À Sete Ondas Biomar, pela bolsa fornecida durante o período de realização da monografia de graduação de Beatriz Castelar e pelo apoio logístico oferecido nas atividades de campo.

Referências bibliográficas

Amado Filho, G.M.; Barros-Barreto, M.B.; Marins, B.B.V.; Felix, C. & Reis, R.P. 2003. Estrutura da comunidade fitobentônica do infralitoral da baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **26**: 329-342.

- Ask, E. 2006. Cultivating *Cottonii* and *Spinosum*: A "how to" guide resources. In: A.T Critchley; M. Ohno & D.B. Largo (eds.). **World Seaweed Resources - An authoritative reference system**. Publicado em CD Rom. Amsterdam, Expert Centre for Taxonomic Identification (ETI), University of Amsterdam.
- Ask, E.I. & Azanza, R.V. 2002. Advances in cultivation technology of commercial eucheumatoid species: a review with suggestion for future research. *Aquaculture* **206**: 257-277.
- Ask, E.I.; Batibasaga, A.; Zertuche-Gonzalez, J.A. & San, M. 2003. Three decades of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) introduction to non-endemic locations. Pp. 49-57. In: A.R. Chapman; O.R.J. Anderson; V.J. Vreeland & I.R. Davison (eds.). **Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium. Cape Town 2001**. Oxford, Oxford University Press.
- Azanza-Corrales, R.; Mamauag, S.S.; Alfiler, E. & Orolfo, M.J. 1992. Reproduction in *Eucheuma denticulatum* (Burman) Collins and Hervey and *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty farmed in Danaoj Reef, Philippines. *Aquaculture* **103**: 29-34.
- Bagla, P. 2008. Seaweed Invader Elicits Angst in India. *Science* **320**: 1271.
- Barrios, J.; Bolaños, J. & López, R. 2007. Blanqueamiento de arrecifes coralinos por la invasión de *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) en Isla Cubagua, Estado Nueva Esparta, Venezuela. **Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela** **46**: 147-152.
- Bulboa, C.R. & Paula, E.J. 2005. Introduction of non-native species of *Kappaphycus* (Rhodophyta, Gigartinales) in subtropical waters: Comparative analysis of growth rates of *Kappaphycus alvarezii* and *Kappaphycus striatum in vitro* and in the sea in southeastern Brazil. *Phycological Research* **53**: 183-188.
- Bulboa, C.R.B.; Paula, E.J. & Chow, F. 2008. Germination and survival of tetraspores of *Kappaphycus alvarezii* var. *alvarezii* (Solieriaceae, Rhodophyta) introduced in subtropical waters of Brazil. *Phycological Research* **56**: 39-45.
- CBD - Convention on Biological Diversity 2004. **Solutions for Sustainable Mariculture – Avoiding the Adverse Effects of Mariculture on Biological Diversity**. Report of the *ad hoc* Technical Expert Group on Mariculture. Secretariat of the Convention on Biological Diversity Technical Series N. 12.
- Chandrasekaran, S.; Nagendran, N.A.; Pandiaraj, D.; Krishnankutty, N. & Kamalakannan, B. 2008. Bioinvasion of *Kappaphycus alvarezii* on corals in the Gulf of Mannar, India. *Current Science* **94**: 1167-1172.
- Conklin, E.J. & Smith, J.E. 2005. Abundance and spread of the invasive red algae, *Kappaphycus* spp., in Kane'ohe Bay, Hawai'i and an experimental assessment of management options. *Biological Invasions* **7**: 1029-1039.
- De Wreede, R.E. 1985. Destructive (harvest) sampling. Pp.147-160. In: M.M. Littler & D.S. Littler (eds.). **Handbook of Phycological Methods: Ecological Field Methods: Macroalgae**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Doty, M.S. 1987. The production and use of *Eucheuma*. Pp. 123-161. In: M.S. Doty; J.F. Cady & B. Santelices (eds.). **Case studies of seven commercial seaweed resources**. Rome, FAO Fisheries Technical Paper 281.
- Eklöf, J.S.; Torre Castro, M. de la & Adelsköld, L. 2005. Differences in macrofaunal and seagrasses assemblages in seagrasses beds and without seaweed farms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **63**: 385-396.
- FAO - Food and Agriculture Organizations of the United Nations 1996. **Precautionary approach to capture fisheries and species introductions**. Rome, FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries N.2.
- Glenn, E.P. & Doty, M.S. 1990. Growth of the seaweeds *Kappaphycus alvarezii*, *K. striatum* and *Eucheuma denticulatum* as affected by environment in Hawaii. *Aquaculture* **84**: 245-255.
- Grasshoff, K.; Ehrhardt, M. & Kremling, K. 1983. **Methods of Seawater Analysis**, 2nd ed. Berlin, Verlag Chemie.

- Mshigeni, K.E. 1979. The economic algal *Euclidean* (Rhodophyta, Gigartinales): Observation on the morphology and distribution ecology of Tanzanian species. **Botanica Marina** 22: 437-445.
- Oliveira, E.C. 1990. The rationale for seaweed cultivation in Latin America. Pp.135-141. In: E.C. Oliveira & N. Kautsky (eds.). São Paulo, Universidade de São Paulo.
- Oliveira, E.C. 2005. Considerações sobre o impacto ambiental do cultivo da alga *Kappaphycus alvarezii* na costa sudeste do Brasil. **Boletim Ficológico**, Ano 24.
- Oliveira, E.C. & Miranda, G.E.C. 1998. Aspectos sociais e econômicos da exploração de algas marinhas no Brasil. Pp. 147-156. In: E.J. Paula; M. Cordeiro-Marino; D.P. Santos; E.M. Plastino; M.T. Fujii & N.S. Yokoya (eds.). **IV Congresso Latino Americano de Ficologia, II Reunião Ibero-Americana de Ficologia e VII Reunião Brasileira de Ficologia**. Caxambu 1996. EXATA Ed. v.II.
- Paula, E.J.; Pereira R.T.L. & Ostini, S. 1998. Introdução de espécies exóticas de *Euclidean* e *Kappaphycus* (Gigartinales, Rhodophyta) para fins de maricultura no litoral brasileiro: abordagem teórica e experimental. Pp. 341-357. In: E.J. Paula; M. Cordeiro-Marino; D.P. Santos; E.M. Plastino & N.S. Yokoya (eds.). **IV Congresso Latino Americano de Ficologia, II Reunião Ibero-Americana de Ficologia e VII Reunião Brasileira de Ficologia**. Caxambu 1996. EXATA Ed. v.II.
- Paula, E.J. & Pereira, R.T.L. 2003. Factors affecting growth rates of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P. Silva (Rhodophyta, Solieriaceae) in sub-tropical waters of São Paulo State, Brazil. Pp. 381-388. In: A.R. Chapman; O.R.J. Anderson; V.J. Vreeland & I.R. Davison (eds.). **Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium. Cape Town 2001**. Oxford, Oxford University Press.
- Paula, E.J.; Pereira, R.T.L. & Ohno, M. 1999. Strain selection in *Kappaphycus alvarezii* var. *alvarezii* (Solieriaceae, Rhodophyta) using tetraspore progeny. **Journal of Applied Phycology** 11: 111-121.
- Paula, E.J.; Erbert, C. & Pereira, R.T.L. 2001. Growth rate of the carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) *in vitro*. **Phycological Research** 49: 155-161.
- Paula, E.J.; Pereira, R.T.L. & Ohno, M. 2002. Growth rate of the carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) introduced in subtropical waters of São Paulo State, Brazil. **Phycological Research** 50: 1-9.
- Pereira, S.D.; Villena, H.H.; Barros, L.C.; Lopes, M.B.; Panazio, W. & Wandeck, C. 2003. Baía de Sepetiba: caracterização sedimentar. In: **IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário/II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas/II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa**. Recife, 2003. Publicação em CD Rom. São Paulo, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário.
- Reis, R.P.; Caldeira, A.Q.; Miranda, A.P.S. & Barros-Barreto, M.B. 2006. Potencial para maricultura da carragenófito *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamour. (Gigartinales - Rhodophyta) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 20: 763-769.
- Rodgers, S.K. & Cox, E.F. 1999. The distributions of the introduced rhodophytes *Kappaphycus alvarezii*, *Kappaphycus striatum* and *Gracilaria salicornia* in relation to various physical and biological factors in Kane'ohe Bay, O'ahu, Hawai'i. **Pacific Science** 53: 232-241.
- Russell, D.J. 1983. Ecology of the red imported seaweed *Kappaphycus striatum* on Coconut Island, Oahu, Hawai'i. **Pacific Science** 37: 87-107.
- SEMADS - Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio de Janeiro 2001. **Bacias hidrográficas e recursos hídricos da macrorregião ambiental 2 - Baía da baía de Sepetiba, Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, SEMADS.
- Signorini, S.R. 1980. A study of circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba. **Boletim do Instituto Oceanográfico** 29: 41-55.
- Smith, J.E.; Hunter, C.L. & Smith, C.M. 2002. Distribution and reproductive characteristics of nonindigenous and invasive marine algae in the Hawaiian Island. **Pacific Science** 56: 299-315.
- Starr, R.C. & Zeikus, J.A. 1993. UTEX-The culture collection of algae at the University of Texas at Austin. **Journal of Phycology** 29: 92-93.
- Trono, G.C. 1993. *Euclidean* and *Kappaphycus*: Taxonomy and Cultivation. Pp. 75-88. In: M. Ohno & A.T. Chritchley (eds.). **Seaweed cultivation and marine ranching**. Yokosuka, Japan International Cooperation Agency (JICA).
- Verlecar, X.N. & Pereira, N. 2006. Is *Kappaphycus alvarezii* heading marine bioinvasion? **Current Science** 90: 619-620.
- Wakibia, J.G.; Bolton, J.J.; Keats, D.W. & Raitt, L.M. 2006. Factors influencing the growth rates of three commercial euclideanoids at coastal sites in southern Kenya. **Journal of Applied Phycology** 18: 565-573.
- Zar, J.H. 1996. **Biostatistical Analysis**. New Jersey, Prentice Hall.