



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA**

**Potencial de cultivo de *Gracilaria cornea* (Rhodophyta) em  
módulos submersos afastados da costa.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Aqüicultura.

Orientadora: Dra. Débora Machado Fracalossi  
Co-orientador: Dr. Paulo Antunes Horta

**JOSÉ PEDRASSOLI SALLES**

Florianópolis – SC  
2006

Salles, José Pedrassoli

Potencial de cultivo de *Gracilaria cornea* em módulos submersos afastados da costa. José Pedrassoli Salles, 2006.

Orientadora: Dra. Débora Machado Fracalossi

Co-orientador: Dr. Paulo Antunes Horta

Dissertação de mestrado em aquicultura – Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Santa Catarina.

1. *Gracilaria cornea*; 2. Maricultura; 3. *Offshore*; 4. Módulos submersos; 5. Herbivoria; 6. Manejo.

**Potencial de cultivo de *Gracilaria cornea* (Rhodophyta) em módulos submersos afastados da costa.**

**POR**

**José Pedrassoli Salles**

**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de**

**MESTRE EM AQÜICULTURA**

**E aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-  
Graduação em Aqüicultura**

---

**Profa Débora Machado Fracalossi, Dra.**

**Banca examinadora**

---

**Dra Débora Machado Fracalossi - *Orientadora***

---

**Dra. Zenilda Laurita Bouzon**

---

**Dr. Alex de Oliveira Nuñez**

*Algunos miran cosas que existen y se preguntan, ¿por qué?  
Otros imaginan cosas que no existen y se preguntan ¿porqué no?*

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho deveu-se a colaboração prestada por várias pessoas, aos quais aqui expresso meu profundo agradecimento:

Ao Departamento de Aqüicultura, AQI-UFSC, que me proporcionou condições de desenvolvimento deste trabalho.

A Capes e a Pró-Reitoria de Pós-Graduação da UFSC pela bolsa de estudo imprescindíveis à execução deste trabalho.

Ao professor e grande amigo que tem me acompanhado e incentivado, ensinando e apresentado o *caminho das pedras* e desse fascinante mundo do infralitoral.

A Profa. Débora, minha grande incentivadora a quem eu agradeço por me fazer continuar trabalhando com o cultivo de algas, minha amiga e a quem eu agradeço por acreditar desde o início na proposta desta jornada e aceitar.

Aos alunos e parceiros, Arnaldo, Rafa e Aline, a competente equipe de estagiários que vestiam a camisa nas horas de trabalho e grandes amigos.

A minha querida Janayna, pela companhia, compreensão e amor.

À Ana, à Isabel e à Lara pela paciência, amizade e carinho, mesmo durante o tenebroso período de sarna!

Aos meus pais, pela confiança, pela força, pelo amor, pelo carinho, pelo gosto por natureza e pela eterna amizade, imprescindíveis em toda a minha vida.

À todos, muito obrigado!

## SUMÁRIO

<b>Resumo .....</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>viii</b>
<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>1</b>
Antecedentes .....	1
Sistemas de produção .....	1
Métodos e técnicas .....	2
Produção brasileira .....	3
Aspectos comerciais .....	4
Aspectos legais .....	4
Justificativas de implantação no Brasil .....	5
O gênero <i>Gracilaria</i> .....	5
Fatores limitantes de crescimento .....	6
Luminosidade .....	6
Temperatura .....	6
Salinidade .....	7
Nutriente e circulação de água .....	7
Epífitas .....	8
Predação por herbivoria .....	8
Doenças .....	8
<b>Cultivo de <i>Gracilaria cornea</i> (Gracilariales, Rhodophyta) em módulos ao largo da costa paraibana .....</b>	<b>10</b>
Resumo .....	10
Abstract .....	10
Introdução .....	11
Materiais e métodos .....	12
Resultados .....	14
Discussão .....	16
Agradecimentos .....	18
Referências bibliográficas .....	18
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS DA REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>22</b>

## Resumo

O mercado de macroalgas marinhas nas últimas décadas ganhou visibilidade impulsionada pela crescente demanda das indústrias por ficocolóide, principalmente de agar. No Brasil, o desenvolvimento tecnológico dos cultivos comerciais ainda é baixo o que reflete na sobreexploração dos muitos bancos naturais principalmente no nordeste. Neste momento, compreende-se a necessidade de buscar novas alternativas de viabilizar o cultivo de macroalgas, principalmente em regiões próximas a centros urbanos onde existe mão-de-obra disponível, e sem criar conflitos de uso do espaço marinho com outras atividades, como o turismo. Neste estudo foi investigado o potencial de uso de áreas afastadas da costa para a maricultura de *Gracilaria cornea*, uma importante agarófita, em cinco experimentos executados em módulos submersos: crescimento temporal; herbivoria; manejo; crescimento em diferentes profundidades e cultivo na superfície em sistema de balsa. Todos os tratamentos foram realizados em triplicatas durante os meses de abril a junho de 2005. De maneira geral, as taxas de crescimento observadas no experimento temporal variou entre  $3,4\%.\text{dia}^{-1}$  à  $-1,7\%.\text{dia}^{-1}$  com média  $1,0\%.\text{dia}^{-1}$ . Nos demais experimentos, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. A herbivoria não foi um fator limitante e a necessidade de uso de gaiolas fechadas foi descartada. No manejo, a frequência quinzenal teve o maior crescimento médio com taxa de  $1,10\%.\text{dia}^{-1}$ . No teste de diferentes profundidades, o cultivo a 2 m respondeu com a maior média,  $1,9\%.\text{dia}^{-1}$ . Em balsas, o cultivo ficou inviabilizado a partir da 3ª semana devido o acelerado crescimento de epífitas. Embora estes resultados sejam otimistas, vale lembrar que ainda são preliminares e que é preciso cautela no uso dessas informações. Recomendam-se aos próximos estudos que sejam realizados testes mais prolongados e em maior escala, antes de considerar esta possibilidade como uma alternativa real de sucesso comercial.

Palavras-chave: *Gracilaria cornea*, macroalga, maricultura, cultivo, *offshore*.

## Abstract

The seaweed farming production has gained importance in the last decades stimulated for the increasing demand of the industries that use agar. However, the Brazilian seaweed production still presents low technological development and reflect in overexploitation of the wild stocks. At this moment, it is necessary to search new alternatives that make possible the seaweed cultivation, mainly in regions near urban centers where the man power are available, without creating conflicts of use in the marine space with other activities, as the tourism. This study evaluated the potential of use the offshore areas for mariculture of *Gracilaria cornea*, an important agar-producer seaweed, in five experiments executed in submerged modules: growth; herbivory; management; growth in different depths and culture in the surface with raft system. All the treatments were carried, in replicates, during April until June of 2005. In a general, the relative growth rates observed varied between 3,4%.dia<sup>-1</sup> to -1,7%.dia<sup>-1</sup> with average 1,0%.dia<sup>-1</sup>. In the others experiments, significant differences were not observed. The herbivory was not a limitante factor and the necessity of use the closed modules was discarded. In the management, the biweekly frequency present the biggest growth rate with 1,10%.dia<sup>-1</sup>. The test of different depths, the culture at 2 m showed the biggest rate, 1,9%.dia<sup>-1</sup>. In rafts, the culture was impracticable from 3<sup>a</sup> week due the growth of epiphytes. Although these results to be optimistic, it is necessary to remember that are still preliminary and caution with these informations must be taken. The recommendations for next studies are to do tests for long period and in large scale, before considering this possibility as a successfully commercial alternative.

Key-words: *Gracilaria cornea*, seaweed, mariculture, culture, offshore



## REVISÃO DA LITERATURA

### Antecedentes

De grande importância econômica desde alguns séculos, as macroalgas marinhas são utilizadas como alimento, remédio, fertilizante de solo agrícola, ração animal entre outras. Atualmente, os polissacarídeos produzidos por algas vermelhas (ágar e carragenana) e pardas (alginatos) são produtos de grande demanda pelas indústrias de alimentos, farmacêutica e química (MCHUGH, 2003). A prática de cultivo dessas algas como forma de cobrir a demanda por produtos derivados, deixou de ser uma atividade artesanal para alcançar o sucesso comercial de cerca de um milhão de toneladas (peso-úmido) anuais (ZEMKE-WHITE & OHNO, 1999)

No Ocidente, somente a partir da década de 1950, foram estabelecidas as bases científicas ao que é conhecido hoje como o atual cenário de produção de algas nesses países (SANTELICES, 1989). Muito embora o cultivo moderno ainda que seja considerado uma prática recente comparado a séculos anteriores na cultura oriental (TSENG & FEY, 1987), especificamente as algas do gênero *Gracilaria*, responsável pelo maior fornecimento de matéria-prima utilizada para a extração de ágar, o Chile é um dos poucos países onde a maior parcela da produção é oriunda de cultivos comerciais (ÁVILA & PAVEZ, 2000). E no entanto, não é capaz de atender a demanda mundial desse ficocolóide (MCHUGH, 2003). Por outro lado, esse quadro produtivo tem incentivado o investimento, por parte de algumas indústrias processadoras, em pesquisas aplicadas ao desenvolvimento de novos métodos de produção, seleção de linhagens e locais de cultivo adequados.

### Sistemas de produção

A partir de crescimento vegetativo, método de cultivo mais comum, pequenos fragmentos de algas, geralmente coletadas em bancos naturais, são presos junto a substratos artificiais como cabos de nylon, redes de algodão, conchas calcárias, e que permitam o crescimento e posterior colheita. Antes de qualquer instalação de cultivo importante, todos os estudos devem ser dados ao conhecimento das condições ambientais da área, as quais devem ser adequadas e possam permitir o desenvolvimento das algas. Deve-se considerar que em ambiente aberto, não há possibilidade de manipulação de fatores físico-químicos, os quais estão diretamente ligados à produtividade e à qualidade das algas (SCHARAMM, 1991), e por isso se requer grande quantidade de mão-de-obra direcionada ao manejo durante a produção. Esses sistemas foram caracterizados por Doty (1979) e chamados de “sistemas de mão-de-obra intensiva”.

Como alternativa a esse sistema, o de “capital intensivo” caracteriza-se pela priorização dos investimentos no capital de produção, ao invés do capital humano. Importante salientar que a produção comercial nesse tipo de sistema só se justifica quando aplicada a uma escala experimental ou sob condição de produção com alto valor agregado. Atendida essas condições, pode-se afirmar que este sistema apresenta diversas vantagens sobre o cultivo extensivo em ambiente aberto. Cultivos em viveiros de terra é exemplo de produção no “sistema de capital intensivo”, o qual exige altos investimentos em capital de produção e pouco uso de mão-de-obra (CHAPMAN & CHAPMAN, 1980). Apesar da produtividade por unidade de área ser menor a vantagem se dá com a minimização das possibilidades do risco na produção através do uso de sistemas controlados e mecanizados (NEISH, 1979; RYTHET et al., 1978; BIDWELL et al., 1985). Em estudos recentes, a produção em policultivo de macroalgas tem sido viabilizada pela possibilidade de aplicação em sistemas fechado com animais, agregando valor à produção da fazenda, diversificando os produtos e minimizando os impactos provocado pelos efluentes (CHOW et al., 2001; SALLES et al., 2004).

Os rendimentos sacrificados com os custos de manipulação dos fatores ambientais em qualquer sistema de produção semi-controlado apresenta como vantagem a possibilidade de aplicação do método de cultivo à diversos gêneros de algas. Por exemplo, no cultivo de *Gracilaria* em regiões de cultivo de baixa disponibilidade de nutrientes o uso de tanques pode ser útil como alternativa na aplicação de fertilizantes de algas antes de retorná-las ao ambiente, e aplicado com sucesso para suprir a deficiência de nutrientes de alguns locais de cultivo (LAPOINTE, 1985; NAVARRO-ANGULO & ROBLEDO, 1999).

### **Métodos e técnicas**

A cerca das técnicas utilizadas no cultivo massivo de *Gracilaria* muitos autores já revisaram sobre o assunto em diferentes países (SANTELICES & DOTY, 1989; OLIVEIRA & ALVEAL, 1990; CRITCKEY, 1993; BUSCHMANN et al., 1995; OLIVEIRA et al., 2000). Oliveira et al., (2000) considera o cultivo a partir do crescimento vegetativo a forma mais usual e mais barata de produzir *Gracilaria* em larga escala. Equipamentos utilizados para o plantio a partir do crescimento vegetativo são: forcas, espátulas e equipamentos de mergulho autônomo. A colheita pode variar conforme o interesse do produtor e pode ser realizada de forma total ou parcial, nesse caso, com possibilidade de realizar seguidas colheitas do mesmo material plantado, caso as algas não sejam substituídas ou predadas. Imprescindível para o sucesso do cultivo é a escolha da área onde este será instalado. Esta deve ter características que possam atender aos parâmetros físico-químicos (p.e. salinidade, nutrientes, circulação, temperatura da água, luminosidade) de acordo com as exigências da espécie escolhida. A inoculação massiva de esporos em substratos artificiais é outra técnica para a produção de macroalgas que pode ser utilizado com diversas espécies. O emprego dessa técnica é mais indicado em local onde o estoque de biomassa algal selvagem não é abundante para o plantio, uma vez que apenas as poucas plantas férteis são utilizadas para a inoculação, ou onde a mão-de-obra local seja

de alto custo. Além disso, essa técnica ainda pode oferecer a possibilidade de realizar seleção de linhagens mais adequadas e evitar os impactos causados por coletas nos bancos naturais (OLIVEIRA et al., 2000). Vale destacar que a realidade da produção chilena atual só foi possível ser alcançada após o sucesso da utilização dessa técnica no cultivo de *Gracilaria* (MCHUGH, 2003). Entretanto, a aplicabilidade vai além do uso comercial e muitos países também utilizam esse conhecimento para o viés ecológico servindo como uma importante ferramenta útil para mitigar impactos provocados pela sobreexploração dos estoques naturais.

### **Produção brasileira**

Mesmo que o Brasil ainda seja dependente da importação de matéria-prima e da coletas de algas em bancos naturais, no passado, a exploração movimentou uma quantia financeira de cerca de 12 bilhões de dólares (MCHUGH, 1996), o que definitivamente aponta o potencial de desenvolvimento dessa atividade no país. Diversos autores, em levantamentos de ficofloras ao longo de todo o litoral brasileiro já localizaram as regiões de maior produtividade de *Gracilaria* entre os estados da Paraíba e Ceará (OLIVEIRA, 1997; OLIVEIRA, 1998; OLIVEIRA & MIRANDA, 1998; MIRANDA, 2000; ARAÚJO et al., 2004; MIRANDA et al., 2004). Embora os maiores bancos de algas de importância econômica estejam nessas regiões e serem bem documentados por diversos autores (PINHEIRO-VIEIRA & FERREIRA, 1968; OLIVEIRA, 1981a; OLIVEIRA, 1981b; SILVA et al., 1987; CARVALHO, 1987; OLIVEIRA, 1997; OLIVEIRA, 1998; OLIVEIRA & MIRANDA, 1998) não há um registro histórico sobre a evolução da exploração ocorrida (OLIVEIRA, 1998).

Informalmente, é voz corrente entre os pescadores do Estado da Paraíba, o desaparecimento de importantes bancos de *Gracilaria* nos municípios de Cabedelo (PB), Pitimbu (PB) e Penha (PB), além de outros estarem em plena fase de decadência. Seja pela época, estação do ano, forma de coleta ou quantidade que, muitas vezes, a capacidade e a velocidade de regeneração desses bancos não suportam tal pressão promovendo o esgotamento do recurso no ambiente e refletindo na perda da alternativa de renda para as pessoas envolvidas com a atividade. Essa corrida desenfreada que ocorre nos Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará está ligada à instalação da empresa de processamento Agar Brasileiro (atualmente AgarGel) na área de concentração dos maiores bancos. Diferentemente de outros países que hoje gozam do sucesso na produção devido aos investimentos realizados na área, como é o caso do Chile (DOTY, 1979; BUZETA, 1987; SMITH, 1998; SANTELICES, 1996), o Brasil, nesse mesmo período, não priorizou a auto-suficiência e está com a produção em declínio chegando ao esgotamento.

Os impactos negativos da sobreexploração também podem atingir diretamente outros organismos que dependem das algas como alimento, como é o caso das tartarugas e dos peixes-boi nas regiões do nordeste brasileiro. Portanto, cultivar algas nessas regiões do país pode além de representar ganhos ecológicos e financeiros representar responsabilidade social das empresas com a utilização de mão-

de-obra de baixa qualificação que vive em grande parte da costa nordestina e carente por alternativas de renda. Entretanto, Oliveira (1990) ressalva que a implantação de fazendas marinhas em países pobres ou em desenvolvimento não podem ser solução isolada para os baixos índices de desenvolvimento humano e deve ser idealizada em conjunto com outros fatores.

### Aspectos comerciais

Todas as mercadorias de origem de macroalgas que entram e saem do mercado de um país são agrupadas e classificadas em forma de dígitos numéricos. No Japão, por exemplo, existem cerca de 180 códigos diferentes somente para macroalgas destinadas ao consumo humano. Cada país pode apresentar diferentes formas de identificação desses produtos e no caso do Brasil poucos são os códigos comerciais e grande a dificuldade para rastrear a origem e a representatividade de cada produto na balança comercial. Por outro lado, os dados informais de preços de compra e venda da matéria-prima no mercado brasileiro podem ser obtidos a partir de uma única empresa de processamento que está instalada no país (AgarGel/ Ágar Brasileiro, PB), ou também diretamente com os coletores (*algieiros*) nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba. Nesses casos, os valores de venda não ultrapassam os R\$ 3,00 em média pelo quilograma seco. Em contrapartida, o valor agregado ao produto, após o processamento e a extração do agar faz o preço comercial final alcançar cerca de R\$ 40,00 conforme a qualidade. Nas figuras 1 e 2 estão apresentados as movimentações financeiras de importação-exportação de ágar, da quantidade e preço pago nos últimos anos junto a Receita Federal inscrito sob o número 13.023.100, no mercado brasileiro (ALICEWEB, 2004).

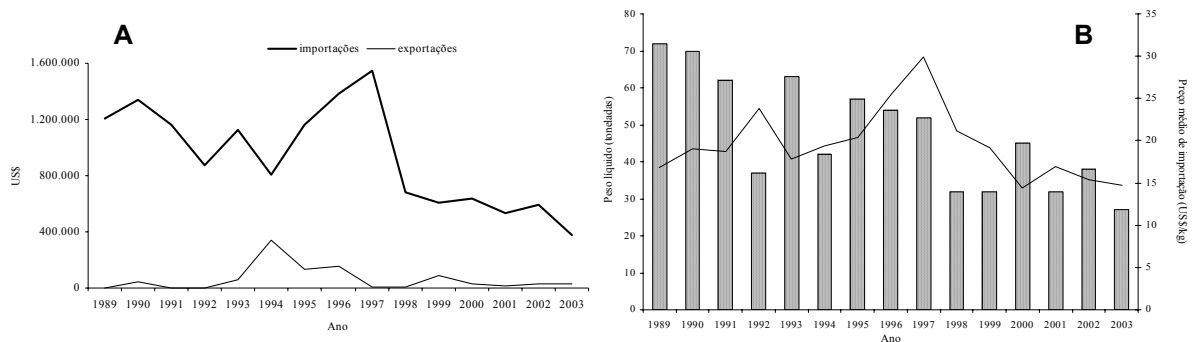


Figura 1. Balança comercial de ágar no mercado brasileiro ao longo de 1989 até 2003. A – valor financeiro de importação-exportação. B – volume importado e preço de importação por quilograma (barras = peso; linha = preço).

### Aspectos legais

A normatização da exploração de algas em bancos naturais no Brasil tem sido tema de discussão para nortear a atividade. Entretanto, o uso de áreas marinhas para a maricultura é cessão de uso dada pelo governo federal e vale por tempo determinado de 20 anos. Alguns estados brasileiro a distribuição de

áreas propícias disponíveis para o cultivo está dentro de delimitações de parques aquícolas, áreas pré-designadas e exclusiva para a execução da atividade. Os órgãos ambientais do município e do Estado, o IBAMA e a Marinha do Brasil são responsáveis pelas licenças de instalação em cada região do país. O uso de espaços marinhos *offshore*, por outro lado, não é alvo de conflitos de uso com outras atividades, como o turismo e/ou o trânsito de embarcações, que muitas vezes inviabiliza o empreendimento e por isso, assim como em outros países, deve ser considerada no Brasil como opção valiosa à perspectiva de expansão da maricultura no Brasil.

### **Justificativas de implantação no Brasil**

Diversas foram as justificativas encontradas para a produção de macroalgas em cultivos comerciais no mundo e no Brasil. Para o Brasil, algumas delas como a condição geográficas recortada e reentrâncias da costa, ocorrência de espécies potenciais e a grande disponibilidade de mão-de-obra. Em muitos casos, em ambiente com grande carga de matéria orgânica, é possível a utilização do cultivo para a melhoria da qualidade ambiental através da ciclagem orgânica.

### **O gênero *Gracilaria***

*Gracilaria* é um gênero de alga marinha macroscópica da divisão Rhodophyta, que pode apresentar talo cilíndrico ou achatado, filamentosos ou pseudoparenquimatosos, de comprimento que pode variar entre 0,1 a 5 metros, de coloração entre algumas tonalidades de vermelho, podendo haver ocorrência de variantes da cor verde (PLASTINO et al., 1999). É usual a espécie ser representada com talo cilíndrico, esta geralmente de maior interesse à extração de agar, enquanto que, a de talo achatado mais empregada na preparação de alimentos frescos, como saladas e sopas.

Espécies representativas do gênero *Gracilaria* estão distribuídas no mundo todo, desde a linha do equador até altas latitudes. Porém, a maioria das espécies ocorre em águas tropicais e pode crescer entre a zona entremaré até o infralitoral raso. São comuns em locais protegidos do batimento de ondulações, suportam a exposição ao ar por curtos períodos de tempo e tem alta tolerância às variações nas condições ambientais como salinidade, temperatura e circulação de água devem ser consideradas fundamentais quando trabalhadas em ambientes de cultivo.

As principais espécies de importância para a produção de agar encontradas na América do Sul são *Gracilaria chilensis* na costa chilena e *G. gracilis* na costa Argentina, ambas representantes de águas subtropicais. No Brasil, segundo Oliveira (1998), as candidatas de maior potencial são a *G. cornea*, *G. caudata* e *Gracilariopsis tenuifrons*, todas encontradas nas águas quente dos Estados do nordeste.

## Fatores limitantes de crescimento

O conhecimento sobre o manejo e sobre as condições ambientais que possam eventualmente ser considerada limitante ao crescimento da espécie são resultados de diversas interações físico-químicas e biológicas complexas de variáveis, como intensidade de luz, temperatura, salinidade, qualidade e quantidade de nutrientes, circulação de água, doenças, presença de epífitas e predação por herbivoria. A seguir estes fatores estão resumidamente abordados para o gênero *Gracilaria*.

### *Luminosidade*

A luz é sem dúvida o fator abiótico mais importante que afeta as algas proporcionando a energia necessária à fotossíntese, com implicação direta na reprodução e desenvolvimento das plantas. Em ambiente aberto de cultivo é de extrema importância conhecer os níveis ótimos de iluminação ao crescimento da espécie. Edding et al. (1987) observou haver existência de uma estreita relação entre a quantidade de radiação, densidade de fluxo fotônico e densidade de biomassa de *Gracilaria chilensis* capaz de influenciar sinergeticamente a produtividade. Essa variação de biomassa pode ser verificada durante o monitoramento da produtividade durante os meses de verão e inverno chileno. Os mesmo autores também destacam outros fatores que podem provocar variações na produtividade, por exemplo o limite do alcance da luz que pode estar ligado a presença de ondas, a espumas na superfície, partículas em suspensão, etc.

O fotoperíodo é um parâmetro capaz de induzir variações no crescimento bem como também promover o desenvolvimento de morfotipos indesejados à produção e afetar influenciar nos processos reprodutivos das algas como na formação das estruturas reprodutivas (OGATA et al., 1972; GUIMARÃES et al., 1999).

### *Temperatura*

Em todos os estágios de vida de uma alga a temperatura é considerada um fator limitante. A variação deste parâmetro pode alterar o crescimento em cultivo e a distribuição no ambiente natural (LOBBAN & HARISSON, 1994; LÜNING & FRESHWATER, 1988).

O conhecimento do comportamento ecofisiológico de espécies tropicais do litoral brasileiro, como o de *Gracilaria cornea*, já foi relatado por Yokoya & Oliveira (1992a), Yokoya & Oliveira (1992b) e Macchiavello et al. (1998). Entretanto, espécies como *G. chilensis* e *G. gracilis*, que ocorrem em águas temperadas do Chile e da Argentina, já são conhecidas e exploradas comercialmente com algum interesse de introdução em certas regiões da costa sul e sudeste brasileira (MACCHIAVELLO et al., 1998).

### *Salinidade*

A salinidade é um fator ambiental com efeito direto na distribuição horizontal das algas no ambiente natural. Essa influência é mais pronunciada nas regiões costeiras onde as águas recebem maior aporte de água doce e a salinidade é mais variável.

Um grande número de espécies do gênero *Gracilaria* distribuída pelo mundo ocorrem no infralitoral ou em zonas próximas ao mesolitoral inferior sugerindo pouca adaptação ao estresse osmótico. Entretanto, outras espécies euroalinas podem suportar salinidades de até 5‰ (BIRD et al., 1979; LAPOINTE et al., 1984).

O comportamento de espécies em mar aberto, onde a variação de salinidade é mínima não há muito conhecimento e pouco provável, nessas condições, que a salinidade seja considerada um fator limitante para o crescimento (BIRD & MCLACHLAN, 1986).

### *Nutriente e circulação de água*

Os nutrientes necessários para o crescimento das algas e principalmente o nitrogênio e fósforo além de outros macro e micro nutrientes (DEBOER, 1981) são encontrados distribuídos no ambiente natural em diversas concentrações. Em ambiente aberto, o controle da qualidade da água fica restrito às características da área de cultivo que deve ser apropriada às exigências fisiológicas das algas no processo de fotossíntese. Água pobre em elementos essenciais ou com excesso de nutrientes pode promover crescimento lento ou morte da alga. O nitrogênio, considerado o nutriente escasso na água marinha e o fósforo, ferro e elementos traços podem limitar o crescimento de algas do gênero *Gracilaria*. Algumas espécies apresentam capacidade de assimilar  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ , entretanto a maioria das espécies dá preferência ao  $\text{NH}_4^+$  (DEBOER, 1979; LAPOINTE & RYTHER, 1979; LOBBAN & HARISSON, 1994).

As concentrações de nitrogênio e a composição de nutrientes na água podem interferir na estrutura química dos talos das algas e estão diretamente relacionados à coloração das mesmas. Sob condição de alta disponibilidade de nitrogênio há aumento da síntese protéica devido o aumento do número de pigmentos, deixando a alga com a coloração escurecida. O oposto, também é observado e por isso a coloração pode ser utilizada como indicativo do nível de nitrogênio na água (LAPOINTE & RYTHER, 1979).

### *Epífitas*

Epífitas são algas consideradas oportunistas que apresentam crescimento rápido e capazes de reduzir o crescimento de *Gracilaria* interferindo na absorção de luz e nutriente. O gênero *Ulva* é reconhecidamente uma epífita, comum nos monocultivos de *Gracilaria* (BUSCHMANN & GOMEZ, 1993), sendo capaz de reduzir a penetração da luz em 50% ou mais (PIZARRO & SANTELICES, 1993). Outros gêneros encontradas com frequência nos cultivos de *Gracilaria* são *Clodophora*, *Enteromorpha*, *Polysiphonia*, *Ceramium* e algumas ectocarpales (FLETCHER, 1995).

Em tanques de cultivo, o controle de *Enteromorpha* pode ser favorecido pela utilização de cloreto de cobre em solução com água marinha (HAGLUD & PEDERSÉN, 1993). Entretanto, os custos elevados da produção e os riscos de contaminação relevam a utilização de métodos alternativos. Muito comum para epífitas da ordem Ceramiales é a imersão da *Gracilaria* em solução de água doce por 5 a 10 min (WESTERMEIER et al., 1993). O controle de epífitas de forma natural pode ser a introdução de alguns moluscos, crustáceos e peixes herbívoros, desde que esses organismos introduzidos tenham preferências alimentares pelas espécies epífitas (ANDERSON et al., 1998). Muito embora epífitas sejam consideradas como problema em alguns locais de cultivo, não existem muitas informações experimentais que descrevam a interação de hospedeiros x epífitas. O fato é que a contaminação, dependendo do caso, pode reduzir o preço de venda da alga cultivada ou até inviabilizar a produção.

### *Predação por herbivoria*

São altos os prejuízos nos cultivos de *Gracilaria* quando ocorrem perdas por herbivoria. Nos trópicos, a intensidade pode se manifestar de forma mais severa, entretanto alguns sistemas de cultivo podem se ajustar para operar em diferentes profundidades ou mesmo serem instaladas telas para reduzir a entrada desses organismos e minimizar as perdas (DAWES, 1995). Entre os macro-herbívoros com potencial de causar prejuízos aos cultivos de *Gracilaria* nos trópicos estão peixes, crustáceos, moluscos, tartarugas e peixe-boi. A ocorrência de moluscos cuja preferência alimentar seja por *Gracilaria* nem sempre pode representar danos ao sistema produtivo (ANDERSON et al., 1993), entretanto é recomendável que o sistema impeça o alcance deles às algas.

### *Doenças*

Descoloração e necrose são sintomas típicos de doenças comuns nos talo de *Gracilaria* e que pode afetar populações naturais e cultivares (SANTELICES & DOTY, 1989). Eventualmente, as doenças podem proliferar por toda a produção e condenar todo o sistema.



Contudo, ainda não há certeza se essas doenças em ambiente de cultivo seja resultado de estresse ambiental causado por patógenos ou por combinação de outros fatores associados. Estudos sobre os patógenos da *Gracilaria* são recentes (CORREA & CRAIGIE, 1991), na maioria das vezes de diagnóstico visual caracterizado pela descoloração, afinamento suave e deterioração do talo do organismo hospedeira. O estresse oxidativo também pode ocorrer de forma prejudicial com produção de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no talo das algas (PEDERSÉN et al., 1995). Em cultivos em altas densidades, o estresse pode se manifestar como consequência da indisponibilidade de nutriente e é um dos sinais clínicos mais comuns da doença difundida e conhecida no mundo como “ice-ice” (SANTELICES & DOTY, 1989). Entretanto, não está clara a importância das doenças nos cultivos de *Gracilaria* e o cultivo em larga escala de algas selvagens pode promover o surgimento de novas doenças.

O que parece ser necessário nesse momento é a compreensão da relação do estresse ambiental com o surgimento das doenças e indispensável a execução de um manejo contínuo nos sistemas de cultivo.

O artigo científico apresentado a seguir está de acordo com as normas da Revista “Arquivos de Ciências do Mar” (Universidade Federal do Ceará), a qual será posteriormente submetido à publicação.

## CULTIVO DE *Gracilaria cornea* (GRACILARIALES, RHODOPHYTA) EM MÓDULOS AO LARGO DA COSTA PARAIBANA.

José Pedrassoli Salles<sup>1</sup>, Débora Machado Fracalossi<sup>2</sup> e Paulo Antunes Horta<sup>3</sup>

### Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de cultivo da macroalga *Gracilaria cornea* no ambiente marinho em cinco experimentos: crescimento temporal, herbivoria, manejo, profundidades e cultivo em superfície. Cada unidade experimental foi construída em PVC, ancorada por poita de concreto, sustentada por cabos e flutuadores, instalada a 4 km ao largo da cidade João Pessoa com inóculo inicial de 125 g de biomassa, entre abril e junho de 2005. Todos os tratamentos foram em triplicatas. O crescimento temporal médio foi 1,0 %. $\text{dia}^{-1}$  variando entre 3,4 à -1,7 %. $\text{dia}^{-1}$ . A herbivoria não foi significativa e o tratamento sem proteção por tela apresentou a menor variação (1,86 a 0,68 %. $\text{dia}^{-1}$ ), a menor dificuldade de manejo e foi o mais indicado. As freqüências de manejo também não apresentaram diferenças, a freqüência quinzenal foi a mais indicada com a maior taxa (1,1%. $\text{dia}^{-1}$ ). Nas profundidades, os valores positivos foram a 2 metros, 1,9 %. $\text{dia}^{-1}$  e a 3 metros, 0,2 %. $\text{dia}^{-1}$ , negativos nas demais e inviável a 5 metros. Na superfície, o cultivo foi condenado pelo excesso de epífitas. Os resultados deste estudo mesmo sendo pontuais e insuficientes à análise de produção comercial oferece subsídios ao aprimoramento da técnica do cultivo de algas em sistema *offshore* no nordeste, como alternativa à produção de algas na região costeira. Acreditamos que o uso de áreas *offshore* com fins de maricultura pode ser uma realidade próxima e merece maior atenção de estudos, sobretudo porque o uso ainda não é tão restritivo como nas áreas costeiras.

Palavras-chave: macroalga, *Gracilaria*, maricultura, Paraíba, *offshore*.

### Abstract

The objective of this study was to evaluate the potential of *Gracilaria cornea* in a field cultivation with five experiments: long term evaluation growth, herbivory, handling interval, depths and cultivation in surface. Each experimental unit was built in PVC, anchored, sustained by cables and floats, installed around to 4 km from Bessa beach, João Pessoa, northeastern Brazilian coast. Was used initially 125 g of weth biomass, and the experiments was accomplished between April and June of 2005. All the treatments were in triplicates. The average relative growth rate (RGR) in the long term evaluation was 1,0% . $\text{day}^{-1}$ , varying among 3,4 to -1,7% .  $\text{day}^{-1}$ ; the herbivoria was not documented as a limitant factor and the treatment without net protection presented RGR around 1,86 to 0,68% .  $\text{day}^{-1}$ .The intermediary handling interval was the most suitable. In relation to the depths, the positive values were observed at 2 m, 1,9% .  $\text{day}^{-1}$ , and 3 m, 0,2% .  $\text{day}^{-1}$ , negative in the others. In the surface, the cultivation was recovered by the abundant epiphytes. The results of this study are punctual and insufficient to the analysis of commercial production, however offers subsidies to the improvement of the *Gracilaria* cultivation technique in offshore system in the northeast, as alternative to the production of algae in the urbanized coastal areas.

**Keywords:** seaweed, *Gracilaria*, mariculture, Paraíba, *offshore*

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia de Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina. Bolsista Capes.

<sup>2</sup> Professora Departamento de Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina.

<sup>3</sup> Professor Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina. email: pahorta@ccb.ufsc.br

## Introdução

O gênero *Gracilaria* representa um importante grupo de recurso natural comercializado mundialmente como fonte de ágar (McHugh, 2003). A utilização desse gênero de alga iniciou-se a partir de coletas realizadas em bancos naturais para o uso como alimento, hoje estão estabelecidas as bases científicas que permitiram o sucesso de cultivos em diversos países permitindo que a dependência dos bancos naturais fosse minimizada (Oliveira *et al.*, 2000).

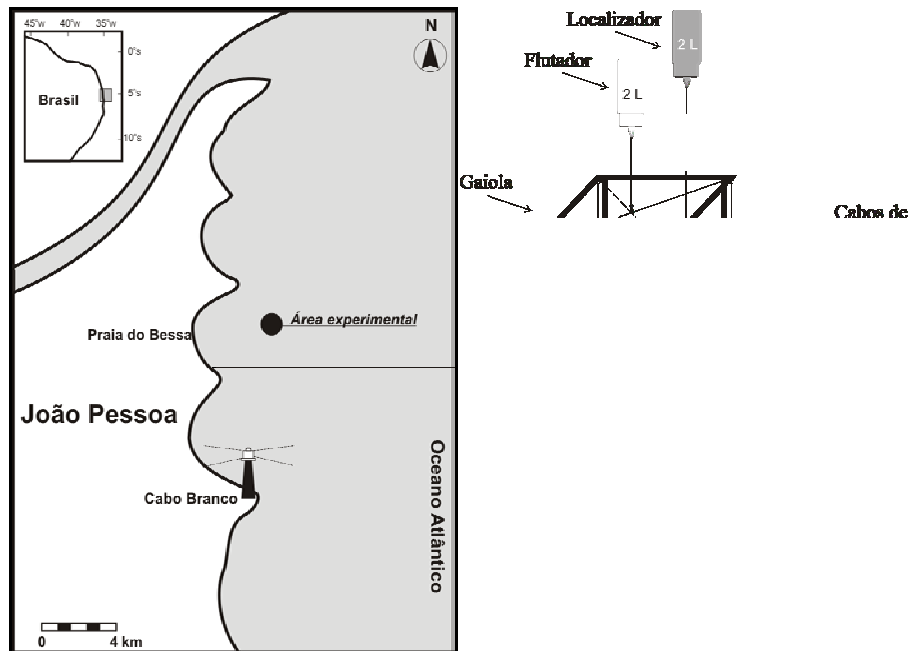
Entretanto, no Brasil, apesar do grande esforço dos pesquisadores em tentar cultivar espécies nativas (Lima *et al.*, 1981; Câmara-Neto, 1987; Marinho-Soriano *et al.*, 2002; Marinho-Soriano, 2004) a atividade comercial ainda não conseguiu estabelecer-se e a biomassa extraída, principalmente na região nordeste, ainda é proveniente em sua grande maioria de bancos naturais que apresentam evidências de exaustão (Oliveira & Miranda, 1998).

Os cultivos de algas gracilarióides tem se apropriado de diversas formas e estruturas de instalação que vão desde ambiente aberto a escalas laboratoriais, dependendo das condições do ambiente, da espécie escolhida e do propósito do cultivo. “Long-lines” (Westermeyer *et al.*, 1993), balsas flutuantes (Trono, 1990), e estacamento são os exemplos mais comuns aplicados em baías e enseadas abrigadas (Buschmann *et al.* 1995). Outras formas de cultivo como em policultivo integrado com moluscos, peixes e camarões (Troel *et al.*, 1997), tanques (Edding, 1995; Ugarte & Santelices, 1992), *raceways* (Capo *et al.*, 1999) e aspersores (Lignell & Pedresen, 1986) também já foram exaustivamente estudados e, entretanto, nenhum desses métodos até hoje avaliou a aplicabilidade em áreas afastadas da costa.

Dentre algumas espécies de *Gracilaria* que ocorrem no nordeste, a espécie *Gracilaria cornea* J. Agardh. apresenta boa qualidade e rendimento do ágar (Freile-Pelegrián *et al.*, 2002), além de ampla distribuição ao longo de toda a costa nordestina (Bird *et al.*, 1986). É uma das poucas espécies que pode apresentar biomassa distribuída em pequenos bancos, suficiente aos estudos em escala piloto. Esses atributos foram priorizados para a escolha da espécie a ser testada em cultivo ao largo da costa paraibana.

O objetivo deste estudo foi avaliar, em escala piloto, o potencial de crescimento de *Gracilaria cornea* em módulos submersos instalados ao largo da costa paraibana, como subsídio à implantação de cultivos comerciais.

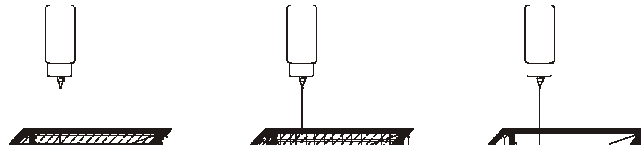
... em mar aberto durante o período chuvoso do inverno de ... (as) foram construídas com PVC com dimensões 0,5 m ... m (largura) e cabos de nylon ( $\varnothing = 5$  mm). Cada gaiola foi ... as de 50 kg e mantidas na coluna d'água por flutuadores plásticos ... experimentais foram instaladas em profundidades aferidas durante a ... a atender os objetivo dos experimentos. Dentro de cada gaiola foram ... nylon multifilamento de ( $\varnothing=5$  mm) onde foram amarrados 5 fragmentos de alga ... de algas em cada gaiola foi padronizada em 25 indivíduos ou  $500 \text{ g.m}^{-2}$ . A ... cada fragmento foi aferida em balança digital com precisão 0,1 g.



Nestas condições, cinco experimentos foram conduzidos, os quais os métodos empregados estão descritos abaixo:

*Crescimento temporal* – Para analisar o crescimento das algas durante 8 semanas foram utilizados módulos em triplicadas, instaladas a 2 m de profundidade. Semanalmente foram realizadas pesagens e limpezas de contaminantes sobre a superfície do talo dos ramos.

*Hebivoria* – Para determinar o crescimento das algas a 2 m de profundidade, em módulos protegidos da predação por macro-herbívoros, durante 4 semanas, três tratamentos em triplicata foram executados: módulo *parcialmente coberto* por tela, módulo *totalmente coberto* e módulo *sem cobertura* (controle). Na cobertura dos módulos foram utilizadas telas de 1 cm de malha de nylon preto (Figura 2), com o objetivo de evitar o ataque de macroherbívoros como peixe-boi e tartarugas. As pesagens e limpezas dos ramos foram realizadas semanalmente.

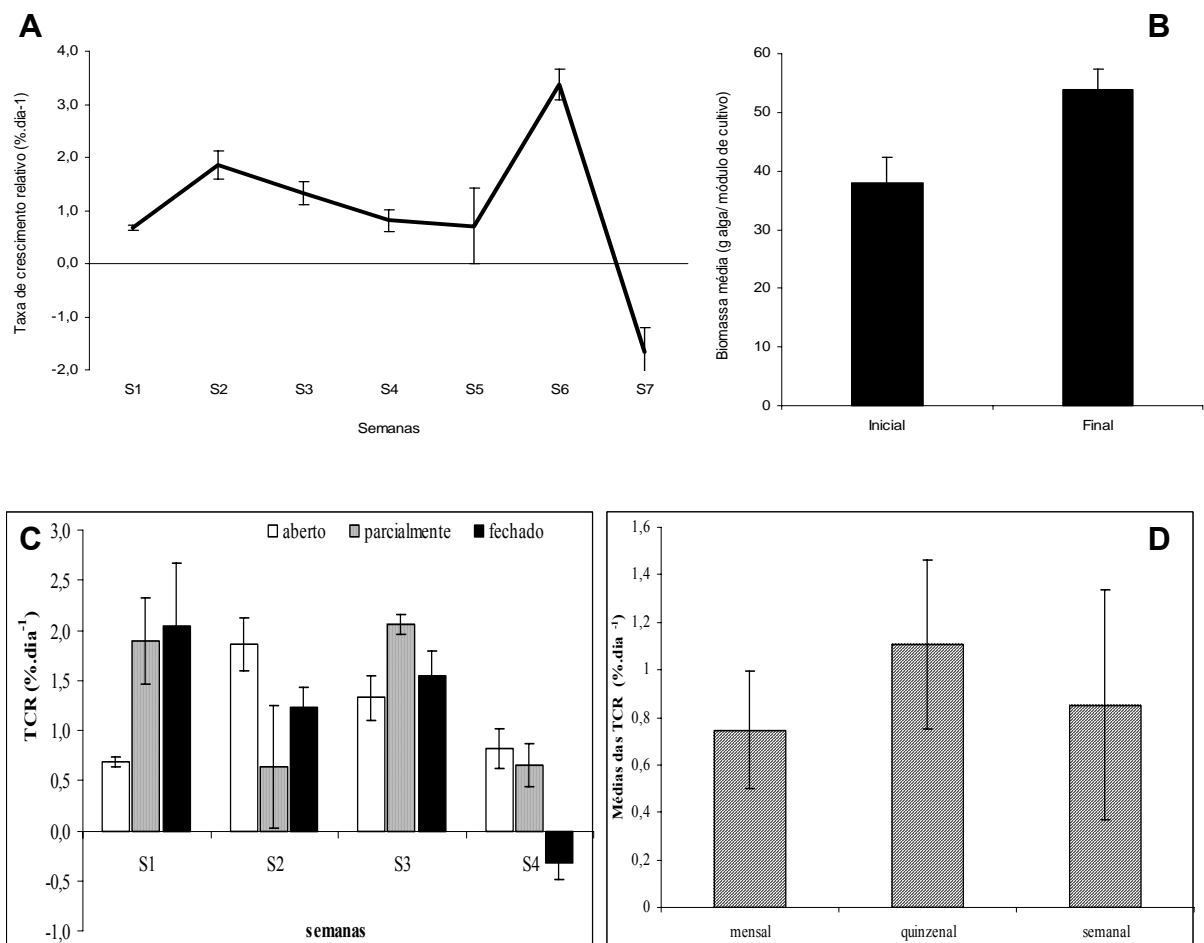


Semanalmente foram medidas temperatura e salinidade da água a 0,5 m de profundidade com termômetro de mercúrio e refratômetro (American Optical Corp.). A transparência da água foi realizada diariamente através do disco de Secchi. Dados de amplitude de maré e ciclo da lua foram obtidos junto à Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN). Os valores de precipitação pluviométrica, insolação e velocidade do vento foram adquiridos junto à estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia de João Pessoa, localizado a 5 km da área experimental.

As taxas de crescimento dos 5 experimentos foram analisadas segundo ANOVA unifatorial e, quando necessário, aplicado teste Tukey com significância de 5 %.

## Resultados

*Crescimento temporal* - A variação da taxa de crescimento na avaliação temporal mostrou significativa ( $p < 0,05$ ) com valores positivos entre  $3,4 (\pm 0,3) \text{ \%} \cdot \text{dia}^{-1}$  à  $-1,7 (\pm 0,4) \text{ \%} \cdot \text{dia}^{-1}$  na maior parte do período (Figura 3A). A média geral foi de  $1,0 (\pm 0,3) \text{ \%} \cdot \text{dia}^{-1}$ .



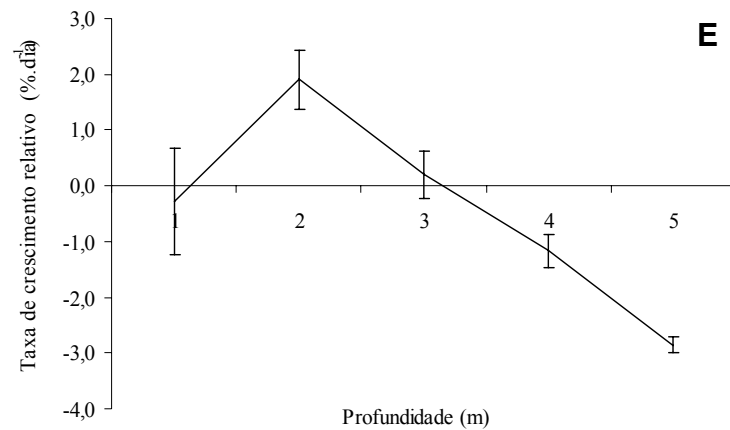


Figura 3. Resultados nos diferentes experimentos. A - média das taxas de crescimento em sistema fixo à meia água. B - biomassa média de cada módulo no início e ao término do experimento temporal. C - valores médios de crescimento semanais em experimento de exclusão de herbívoros. D - valores médios das taxas de crescimento no experimento de frequência de manejo. E - taxa de crescimento relativo em diferente profundidades. (barras = erro padrão).

Foi registrado, entre o início e o encerramento do experimento, um incremento de cerca de 42% da biomassa algal em cada módulo. Entretanto, somente durante a última semana houve mortalidade das plantas, responsável pela redução de 7,7 g de alga em cada módulo (Figura 3B).

*Predação por herbivoria* – Nos módulos cobertos com tela houve redução progressiva dos valores variando de 2,03 ( $\pm 0,62$ )  $\%.\text{dia}^{-1}$  a -0,32 ( $\pm 0,17$ )  $\%.\text{dia}^{-1}$ . O tratamento com módulos parcialmente coberto respondeu com uma variação de 2,06 ( $\pm 0,10$ ) a 0,64 ( $\pm 0,61$ )  $\%.\text{dia}^{-1}$  e, nos sem cobertura o desempenho variou entre 1,86 ( $\pm 0,26$ ) a 0,68 ( $\pm 0,05$ )  $\%.\text{dia}^{-1}$ . Não foram observadas diferenças significativas nas taxas de crescimento da macroalga e, conseqüentemente na predação por herbivoria, entre os três graus de cobertura, durante as três primeiras semanas (Figura 3C). Entretanto, na última semana, a taxa de crescimento média das macroalgas no tratamento totalmente coberto foi significativamente menor que os demais ( $p < 0,05$ ).

*Manejo* - Os valores de crescimento observados nos tratamentos de frequência de manejo semanal, quinzenal e mensal foram, respectivamente, 0,85 ( $\pm 0,22$ ), 1,10 ( $\pm 0,16$ ) e 0,74 ( $\pm 0,11$ )  $\%.\text{dia}^{-1}$  e não diferiram estatisticamente (Figura 3D).

*Profundidades* – A taxa de crescimento relativo nos módulos a 2 m de profundidade foi significativamente maior aos outros tratamentos. Os valores observados foram a média de 1,93 ( $\pm 0,50$ )  $\%.\text{dia}^{-1}$  para o crescimento a 2 m, enquanto que, em condições mais profundas, as plantas responderam de forma mais reduzida. A 3 m de profundidade, a média foi 0,23 ( $\pm 0,41$ )  $\%.\text{dia}^{-1}$  e, nas profundidades de 4 m e 5 m as taxas seguiram negativas, respectivamente, -1,20 ( $\pm 0,31$ )  $\%.\text{dia}^{-1}$  e -2,90 ( $\pm 0,12$ )  $\%.\text{dia}^{-1}$  (Figura 3E). Da mesma forma, os módulos a 1 m de profundidade apresentaram perda média de biomassa de -0,30 ( $\pm 1,00$ )  $\%.\text{dia}^{-1}$ . Mesmo assim, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ).

*Sistema fixo à meia água x balsa flutuante* - As algas cultivadas em sistema flutuante apresentaram, em média, as maiores taxas de crescimento em relação às cultivadas a 2 m de profundidade. Enquanto que as taxas de crescimento das algas na superfície variaram entre  $4,38 (\pm 0,31) \text{ \%} \cdot \text{dia}^{-1}$  e  $0,07 (\pm 0,33) \text{ \%} \cdot \text{dia}^{-1}$ , as do sistema submerso variaram entre  $3,02 (\pm 0,25) \text{ \%} \cdot \text{dia}^{-1}$  e  $-1,15 (\pm 0,27) \text{ \%} \cdot \text{dia}^{-1}$ . No sistema de balsa próxima a superfície, o epifitismo foi intenso e de difícil limpeza durante todo o período. Diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos, em cada semana, exceto nas duas últimas nos módulos submersos ( $p > 0,05$ ).

*Parâmetros ambientais* – O ambiente foi caracterizado variação dos parâmetros físicos ao longo de todo o experimento (Tabela 1). A amplitude de maré variou entre 1,3 m, em maré de quadratura e 2,1 m, nas marés de sizígia. A temperatura e salinidade sofreram queda de 3 °C e 4 pontos, respectivamente. A transparência também mostrou queda, passando de 3,3 m para 0,6 m.

Tabela 1. Média semanal ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros físico-químicos da água ao longo do período experimental.

Parâmetros	Semanas						
	S1 30/04	S2 08/05	S3 16/05	S4 23/05	S5 30/05	S6 06/05	S7 14/05
Temp. (°C)	30,5 ± 0,8	30,0 ± 0,7	29,5 ± 0,5	28,5 ± 0,6	28,5 ± 0,4	28,0 ± 0,4	27,5 ± 0,5
Transp. (m)	3,3 ± 0,8	2,1 ± 0,5	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,3	1,8 ± 0,4	0,7 ± 0,1	0,6 ± 0,1
Sal. (psu)	36,1 ± 1,0	35,8 ± 1,0	35,6 ± 1,0	34,7 ± 1,0	33,3 ± 0,9	33,4 ± 1,0	32,2 ± 0,9

A precipitação nos meses do experimento foi intensa provocando redução da insolação incidente sobre a superfície do mar (Tabela 2). Os índices pluviométricos registrados variaram de 125 mm em abril a 573 mm. A intensidade dos ventos observada reduziu de  $3,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  para  $2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Tabela 2. Médias mensais dos parâmetros ambientais da área em estudo (Fonte INMet - PB).

Parâmetros ambientais	Abril	Maior	Junho
Precipitação (mm)	125	550	573
Insolação (horas)	220	197	113
Velocidade média dos ventos predominantes ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	3,3	3,1	2,8

## Discussão

De maneira geral, os experimentos de cultivo de *Gracilaria cornea* em área afastada da costa no litoral do Estado da Paraíba apresentou aspectos técnicos favoráveis que apontam à perspectiva de instalação de cultivos de algas na referida área. Os resultados observados aqui relacionam-se à resultados descritos para outras espécies já cultivadas em larga escala. Entretanto, em ambiente *offshore*, o comportamento de algas agarófitas ainda é desconhecido em escala espaço-temporal maior.

Nesse sentido, os resultados apresentados no cultivo a 2 m de profundidade com manejo quinzenal e sem proteção de telas foram responsáveis por taxas médias de  $3,4 \text{ \%} \cdot \text{dia}^{-1}$ , adequadas para iniciar



um cultivo segundo valores caparados à outros modelos de produção de *Gracilaria gracilis*, *G. chilensis* e *G. parvispora* na África do Sul, Chile e Hawaii, cujas taxas médias variaram entre 3 a 10  $\%.\text{dia}^{-1}$  (Anderson *et al.*, 1996; Santelices, 1996; Glenn *et al.*, 1998).

Na comparação entre os poucos estudos de cultivo na região costeira do nordeste, durante o mesmo período de outono-inverno, diversos autores observaram valores de crescimento entre 0,5  $\%.\text{dia}^{-1}$  a 4,5  $\%.\text{dia}^{-1}$  (Câmara-Neto, 1987; Marinho-Soriano *et al.*, 2001; Marinho-Soriano *et al.*, 2004; Accyoli, 2004). Estes dados confirmam que a espécie *G. corne* cultivada em ambiente afastado da costa pode apresentar potencial aquícola comparável a outros modelos de produção comercial instalados no Brasil e no mundo.

Os parâmetros limitantes avaliados durante todo o período experimental foram promovidos, principalmente, pela redução da salinidade, da transparência da água e da diminuição da incidência luminosa sobre os talos das algas em decorrência do aumento da pluviosidade.

Entretanto, mesmo considerando a variação de 3°C na temperatura, a maior taxa de crescimento (3,4  $\%.\text{dia}^{-1}$ ) ocorreu dentro da mesma faixa considerada ótima por Yokoya & Oliveira (1992a) em estudos de laboratório. Frente a variação da salinidade do período experimental, a espécie mostrou capacidade de adaptação respondendo com taxas positivas em alguns casos, concordando com o observado por Yokoya & Oliveira (1992b). Contudo, a transparência da água foi o fator responsável por afetar mais significativamente os resultados de crescimento, haja visto que os valores mais alto de crescimento foram observados durante períodos de maior insolação ou quando o cultivo fora realizado em baixas profundidades, corroborando os resultados observados por Ferreira *et al.* (2006). O epifitismo foi um fator biológico que preponderou nas algas cultivadas em superfície. Alguns autores destacam o epifitismo nos cultivos comerciais como fator de alto impacto que pode competir por nutrientes (Buschmann & Gómez, 1993; Cancino *et al.*, 1987), danificar os talos dos hospedeiros (Ugarte & Santelices, 1992), liberar compostos alelopáticos, provocar o sombreamento e reduzir a qualidade da produção (Oliveira *et al.*, 2000). Nesse sentido, a frequência de manejo dado às algas do tratamento de maior crescimento em nosso estudo é uma ferramenta útil e necessária contra contaminações excessivas. Fletcher (1995) sugere o tratamento químico das algas, em doses adequadas e em tanques como alternativa profilática. Em termos práticos, o indicado é a escolha criteriosa de uma área previamente à instalação dos módulos, da espécie e do método empregado, para evitar problemas e gastos futuros (Edding *et al.*, 1987).

Vale destacar ainda, antes que alguma iniciativa governamental ou privada deseje utilizar esta idéia para os fins propostos, que os resultados são preliminares e a real viabilidade de aplicação desse modelo deve preceder testes em maior escala espacial e temporal sem que haja as mesmas expectativas ultraotimistas criadas no passado.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Sr. Edilson (Marina do Bessa, João Pessoa) pelo suporte náutico, ao Bessa - Materias de Construção, pelos materiais de construção utilizados nos experimentos e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes/Brasil) pela bolsa de estudos concedida ao primeiro autor.

## Referências bibliográficas

- Accyoli, M. 2004. Desenvolvimento da maricultura artesanal de macroalgas no baixo-sul baiano. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 164p.
- Anderson, R.J.; Levitt, G.J. & Share, A. 1996. Experimental investigations for the mariculture of *Gracilaria* in Saldanha Bay, South Africa. *Journal of Applied Phycology*, 8: 421-430.
- Bird, K. T.; Hanisak, D. & Ryther, J. 1981. Chemical quality and production of agars extracted from *Gracilaria tikvahiae* grown in different nitrogen enrichment conditions. *Botanica Marina* 24: 441-444.
- Bird, C. J.; Oliveira, E. C. & McLachlan, J. 1986. *Gracilaria cornea*, the correct name for the western Atlantic alga hitherto known as *G. debilis* (Rhodophyta, Gigartinales). *Canadian Journal of Botany* 65: 2045-2051.
- Buschmann, A. H. & Gómez, P. 1993. Interaction mechanisms between *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta) and epiphytes. In: Chapman A.R.O., Brown M.T., Lahaye, M. (eds), Fourteenth International Seaweed Symposium, Developments in Hydrobiology 85. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Reprinted from *Hydrobiologia* 260/261: 345-352.
- Buschmann, A.; Westermeier R. & Retamales C. A. 1995. Cultivation of *Gracilaria* on the sea-bottom in southern Chile: a review. *Journal of Applied Phycology* 7, 291-301. 95.
- Câmara-Neto, C. 1987. Seaweed culture in Rio Grande do Norte, Brazil. *Hydrobiologia* 151/152: 363-367.
- Cancino, J. M.; Munoz, M. & Orellana, M. C. 1987. Effects of epifauna on algal growth and quality of the agar produced by *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss. In Ragan, M.A., Bird, C.J. (eds), Twelfth International Seaweed Symposium, Developments in Hydrobiology 41. Dr. W. Junk Publisher, Dordrecht. Reprinted from *Hydrobiologia* 151/152: 233-237.
- Capo, T. R.; Jaramillo, J. C.; Boyd, A.; Lapointe, B. E. & Serafy, J. E. 1999. Sustained high yields of *Gracilaria* (Rhodophyta) grown in intensive large-scale culture. *Journal of Applied Phycology* 11: 143-147.
- Dawes, C. J.; Orduña-Rojas, J. & Robledo, D. 1999. Response of tropical red seaweed *Gracilaria cornea* to temperature, salinity and irradiance. *Journal of Applied Phycology* 10: 419-425.
- Edding, M. E. 1995. Cultivo de *Gracilaria* en estanques. In: Alveal K., Ferrario M. E., Oliveira E. C., Sar E. (eds). *Manual de métodos ficológicos*: Universidad de Concepción, Concepción, Chile, pp. 577-597.

- Edding, M.; Macchiavello, J. & Black, H. 1987. Culture of *Gracilaria* sp. In outdoors tanks: productivity. In Ragan, M.A., Bird, C.J. (eds), Twelfth International Seaweed Symposium, Developments in Hydrobiology 41. Dr. W. Junk Publisher, Dordrecht. Reprinted from Hydrobiologia 151/152: 369-373.
- Ferreira, L.; Barufi, J.B.; Plastino, E.M. 2006. Growth of red and green strains of the tropical agarophyte *Gracilaria cornea* J. Agardh (Gracilariales, Rhodophyta) in laboratory. Revista Brasileira de Botânica 29(1): 187-192.
- Fletcher, R. L. 1995. Epiphytism and fouling in *Gracilaria* cultivation: an overview. Journal of Applied Phycology, 7:325-333.
- Freile-Pelegrín, Y.; Robledo, D.; Pedersén, M.; Bruno, E. & Rönnqvist, J. 2002. Efecto Del tratamiento de oscuridad y salinidad en el rendimiento y calidad del agar de *Gracilaria cornea* (Rhodophyceae). Ciencias Marinas 28: 289-296.
- Glenn, E. P.; Moore, D.; Brown, J. J.; Tanner, R.; Fitzsimmons, K.; Akutigawa, M. & Napoleon, S. 1998. A sustainable culture system for *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) using sporelings, reefs growout and floating cages in Hawaii. Aquaculture, 165: 221-232.
- Lapointe, B. E. & Duke C. S. 1984. Biochemical strategies for growth of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyta) in relation to light intensity and nitrogen availability. Journal of Phycology, 20, 488-495.
- Lapointe, B. E. & Ryther, J. 1979. The effects of nitrogen and sea water flow rate on the growth and biochemical composition of *Gracilaria foliifera* var. *angustissima* in mass outdoor culture. Botanica Marina 22: 529-537.
- Lignell, A. & Pedersen, M. 1986. Spray cultivation of seaweeds with emphasis on their light requirements. Botanica Marina 29: 509-516.
- Lignell, A. & Pedersen, M. 1989. Agar composition as a function of morphology and growth rate. Studies on some morphological strains of *Gracilaria secundata* and *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyta). Botanica Marina 32: 219-227.
- Lima, A. M.; Câmara-Neto, C.; Oliveira, E. C. & Araújo, R. A. 1981. Cultivo experimental de *Hypnea musciformis* e *Gracilaria* sp em áreas protegidas por linhas de costa (recifes) do litoral do Rio Grande do Norte. Série Estudos de Pesca 9: 97-108.
- Marinho-Soriano, E. 2004. Cultivo experimental de *Gracilaria* no Rio Grande do Norte, Brasil. In: Reunião Brasileira de Ficologia, 10., 2004. Salvador. *Formação de Ficólogos: um compromisso com a sustentabilidade dos recursos aquáticos*: anais. Rio de Janeiro: Museu Nacional. P. 115-124. Org. Sociedade Brasileira de Ficologia.
- Marinho-Soriano, E.; Morales, C. & Moreira, W. S. C. 2002. Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta) in shrimp pound effluents in Brazil. Aquaculture Research 33:1081-1086.
- McHugh, D. J. 2003. A guide to the seaweed industry. Food and Agriculture Organization, United Nations, Fisheries Technical Paper 441, Rome, Italy, 123pp.
- Navarro-Angulo, L. & Robledo, D. 1999. Effects of nitrogen source, N:P ratio and N-pulse concentration and frequency on the growth of *Gracilaria cornea* (Gracilariales, Rhodophyta) in culture. Hydrobiologia 398/399: 315-320.

- Oliveira, E. C.; Alveal, K. & Anderson, R. 2000. Mariculture of the Agar-Producing Gracilarioid Red Algae. *Reviews in Fisheries Science*, 8(4): 345-377.
- Oliveira, E. C. & Miranda, G. E. C. 1998. Aspectos sociais e econômicos da exploração de algas marinhas no Brasil. In: *Congresso Latinoamericano de Ficologia*, 5: 138-156.
- Plastino, E. M. 2004. Diversidade intraespecífica em algas gracilarióides. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, 166p.
- Santelices, B. 1996. Seaweed research and utilization in Chile: moving into a new phase. *Hydrobiologia* 326/327: 1-14.
- Troel, M.; Halling, C.; Nilsson, A.; Buschmann, A. H.; Kautsky, N. & Kautsky, L. 1997. Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cage for reduce environmental impact and increased economic output. *Aquaculture* 156: 45-61.
- Trono, G. 1990. A review of the production technologies of tropical species of economic seaweeds. Technical resource papers regional workshop on the culture and utilization of seaweed, vol II, 20p. RAS/90/002. FAO, Cebu, Philippines.
- Ugarte, R. & Santelices, B. 1992. Experimental tank cultivation of *Gracilaria chilensis* in central Chile. *Aquaculture* 101: 7-16.
- Westermeier, R.; Gómez, I. & Rivera P. 1993. Suspended farming of *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta, Gigartinales) at Cariquilda River, Maullín, Chile. *Aquaculture* 113, 215-229.
- Yokoya, N. S. & Oliveira, E. C. 1992a. Temperature and responses of economically important red algae and their potential for mariculture in Brazilian waters. *Journal of Applied Phycology* 4: 339-345.
- Yokoya, N. S. & Oliveira E. C. 1992b. Effects of salinity on the growth rate, morphology and water content of some Brazilian red algae of economic importance. *Ciencias Marinas* 18 (2), 49-64.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de João Pessoa, no Estado da Paraíba, é caracterizada pela sua vocação turística e apresenta grande demanda de recursos pesqueiros marinhos, assim como ocorreu com a atividade de coleta de algas que serviu de alternativa de renda para muitos moradores das regiões costeiras. O que se observou nesse experimento em mar aberto é além do crescimento das algas e o rendimento financeiro, uma oportunidade de oferecer vantagens ecológicas ao ambiente com o aumento da produtividade local sem que possa haver conflitos de uso do espaço costeiro dedicado a outras atividades como o turismo.

Foi observado também que a sobrexploração de algas no Estado da Paraíba poderia ter sido evitada, ou ao menos minimizada, se o houvesse maior comprometimento dos interesses industriais com o uso sustentável do recurso natural. Nesse sentido, a técnica de inoculação de esporos de algas em substratos artificiais pode oferecer uma ajuda para mitigar os impactos negativos da sobrexploração. Entretanto, com a exploração ser realizada a décadas, os estudos na referida região ainda são puramente estudos ecológicos sem preocupação na aplicabilidade da técnica para o repovoamento dos bancos naturais.

Como sugestões para a seqüência desta alternativa de cultivo são: novos experimentos para conhecer em maior profundidade os aspectos ecofisiológicos de diferentes espécies de interesse comercial, seleção de cepas em laboratório, experimentos em escala piloto e por períodos prolongados, conhecer as características e os parâmetros físico-químicos da reprodução, liberação, germinação e crescimento de algumas espécies para subsidiar estudos de inoculação de esporos em substratos artificiais.

Espera-se ainda que tais resultados possam sensibilizar autoridades governamentais e instituições sem fins lucrativos para que invistam na produç

## REFERÊNCIAS DA REVISÃO DA LITERATURA

- ALICEWEB. 2004. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. Disponível em <http://aliceweb.mdic.gov.br/>, acessado em 20 de novembro de 2005
- ANDERSON, R. J.; LEVITT, G. J.; KEATS, D. W. & SIMONS, R. H. 1993. The hole of herbivores in the collapse of the *Gracilaria* resource at Saldanha Bay, South Africa. *Hydrobiologia*, 260/261: 285-290.
- ÁVILA, M. & PAVEZ, H. 2000. Utilization and cultivation of seaweeds in Chile. *Applied Phycology Forum*, 1: <http://www.ib.us.br/apf/seaweedchile.html>, acessado em 20 de novembro de 2004.
- BIRD, C.J. & MCLACHLAN, J. The effects of salinity on distribution of species of *Gracilaria* Grev. (Rhodophyta, Gigartinales): an experimental assessment. *Botanica Marina* 29:231-238. 1986.
- BIRD, N.L.; CHEN, L.C. & MCLACHLAN, J. 1979. Effects of temperature, light and salinity on growth in culture of *Chondrus crispus*, *Furcellaria lumbricalis*, *Gracilaria tikvahiae* (Gigartinales, Rhodophyta) and *Fucus serratus* (Fucales, Phaeophyta). *Botanica Marina* 22: 521-527.
- BIDWELL, R.G.S.; MCLACHLAN, J. & LLOYD, N.D.H. 1985. Tank cultivation of Irish moss, *Chondrus crispus* Stackh. *Bot. Mar.* 28, 87-97.
- BUSCHMANN, A.; WESTERMEIER R. & RETAMALES C. A. 1995. Cultivation of *Gracilaria* on the sea-bottom in southern Chile: a review. *Journal of Applied Phycology* 7, 291-301. 95.
- BUSCHAMANN, A. H. & GOMÉZ, P. 1993. Interaction mechanisms between *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta) and epiphytes. In: Chapman A.R.O., Brown M.T., Lahaye, M. (eds), Fourteenth International Seaweed Symposium, Developments in Hydrobiology 85. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Reprinted from *Hydrobiologia* 260/261: 345-352.
- BUZETA, R. 1987. Desarrollo Costero Integrado (DCI): una alternativa de organización y desarrollo para el subsector pesquero artesanal. *Biología Pesquera*, 16:115-120.
- CHAPMANN, V.J. & CHAPMANN, D.J. 1980. *Seaweed and their uses*. Third ed. Chapman and Hall, London, pp.497.
- CHOW, F.; MACCHIAVELLO, J.; CRUZ, S.S.; FONCK, E. & OLIVARES, J. 2001. Utilization of *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta: Gracilariaceae) as a biofilter in the depuration of effluents from tank cultures of fish, oyster and sea urchins. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32 (2), 215-220.
- CORREA, J. A. & CRAIGE, J. S. 1991. Algal pathology. In: Garcia-Reina G., Pedersen M. (eds.) *Seaweed Cellular Biotechnology*, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, pp.67-82.
- CRITCHLEY, A. 1993. *Gracilaria* (Rhodophyta, Gracilariales): an economically important agarophyte, pp. 89--112. In: *Seaweed Cultivation and Marine Ranching* (Ohno, M. and A. Critchley, Eds). Nagai: Kanagawa Int. Fisheries Training Center and JICA, Yokosuka.
- DEBOER, J. A.; GUIGLI, H. J. & ISRAEL, T. L. 1979. Nutritional studies of two red algae. I. Growth rate as a function of nitrogen source and concentration. *Journal of Phycology* 14, 261-266.
- DEBOER, J. A. 1981. Nutrients. In: Lobban C. S., Wynne M. J. (eds.) *The Biology of seaweeds*, Oxford, Blackwell Scientific, pp. 356-392.

- DAWES, C. P. 1995. Suspended cultivation of *Gracilaria* in the sea. *Journal of Applied Phycology*, 7: 303-313.
- DOTY, M. 1979. Status of marine agronomy, with special reference to the tropics. En: *Proceedings International Seaweed Symposium*. Vol 9. (Eds: A. Jensen, J.R., Stein) Science Press, Princeton, 35-58.
- EDDING, M.; MACCHIAVELLO, J. & BLACK, H. 1987. Culture of *Gracilaria* sp. In outdoors tanks: productivity. In Ragan, M.A., BIRD, C.J. (eds), *Twelfth International Seaweed Symposium, Developments in Hydrobiology 41*. Dr. W. Junk Publisher, Dordrecht. Reprinted from *Hydrobiologia* 151/152: 369-373.
- FLETCHER, R. L. 1995. Epiphytism and fouling in *Gracilaria* cultivation: an overview. *Journal of Applied Phycology*, 7:325-333.
- GUIMARÃES, M.; PLASTINO, E.M & OLIVEIRA, E.C. 1999. The life history, reproduction and growth of *Gracilaria domingensis* (Gracilariales, Rhodophyta) from Brazil. *Botanica Marina* 42:481-486.
- HAGLUD, K. & PEDERSÉN, M. 1993. Outdoor pond cultivation of the marine red alga *Gracilaria tenuistipitata* in brackish water in Sweden. Growth, Nutrient uptake, cocultivation with rainbow trout and epiphyte control. *J. Appl. Phycol.*, 5: 271-284.
- LAPOINTE, B. E. 1985. Strategies for pulse nutrient supply to *Gracilaria* culture in the Florida keys: interactions between concentration and frequency of nutrient pulses. *Journal Experimental Marine Biology Ecology*, 93: 211-222.
- LAPOINTE, B.E.; Rice, D.L. & LAWRENCE, J.M. 1984. Responses of photosynthesis, respiration, growth and cellular constituents to hypoosmotic shock in the red alga *Gracilaria tikvahiae*. *Comp. Biochem. Physiol. A. Comp. Physiol.* 77: 127-132.
- LAPOINTE, B. E. & RYTHER, J. 1979. The effects of nitrogen and sea water flow rate on the growth and biochemical composition of *Gracilaria foliifera* var. *angustissima* in mass outdoor culture. *Botanica Marina* 22: 529-537.
- LOBBAN, C. S. & HARRISSON, P. J. 1994. *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge, 366p.
- LÜNING, K.; FRESHWATER, W. 1988. Temperature tolerance of Northeast Pacific marine alga. *Journal of Phycology* 24: 310-315.
- MACCHIAVELLO, J. & OLIVEIRA, E.C. 1998. Growth rate responses of five commercial strains of *Gracilaria* (Rhodophyta, Gracilariales) to temperature and light. *Journal of the World Aquaculture Society* 29(2): 259-266. 1998.
- MCHUGH, D. J. 1996. *Seaweed production and markets*. FAO-Globefish Research Programme, Roma, FAO, 48, pp. 73.
- MCHUGH, D. J. 2003. *A guide to the seaweed industry*. Food and Agriculture Organization, United Nations, Fisheries Technical Paper 441, Rome, Italy, 123pp.
- MCHUGH, D. J. *Production and utilization of products from commercial seaweeds*. FAO ed. Vol Fish Tech. Pap. 288. 1987.
- MERRIL, J. E. & GILLINGHAN, D. M. 1991. Seaweed management systems for use in habitat restoration, environmental management, and mitigation. *Puget Sound Research* 354-363.

- MIRANDA, G. E. C. 2000. Avaliação do impacto da exploração (simulada) de alga agarófito *Gracilaria caudata* J. Agardh (Rhodophyta) no litoral do Estado da Paraíba. Dissertação de mestrado. Univ. S.Paulo. São Paulo. 160p.
- NAVARRO-ANGULO, L. & ROBLEDO, D. 1999. Effects of nitrogen source, N:P ratio and N-pulse concentration and frequency on the growth of *Gracilaria cornea* (Gracilariales, Rhodophyta) in culture. *Hydrobiologia* 398/399: 315-320.
- NEISH, I. C. 1979. Principle and perspectives of cultivation of seaweeds in enclosed systems. En: *Actas I. Algas Marinas chilenas*. B. Santelices (Ed.). Santiago, Chile. Subsecretaria de Pesca, Ministerios de Economía, Fomento y Reconstrucción. pp.59-74.
- OGATA, E.; MATSUI, T. & NAKAMURA, H. 1972. The life cycle of *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyceae, Gigartinales) *in vitro*. *Phycologia* 11: 75-80.
- OLIVEIRA, E. C. & ALVEAL, K. 1990. The mariculture of *Gracilaria* (Rhodophyta) for the production of agar, pp. 553-564. In: *Introduction to Applied Phycology* (Akatsuka, I., Ed.). The Hague: Academic Publishing.
- OLIVEIRA, E. C.; ALAVEAL, K. & ANDERSON, R. 2000. Mariculture of the Agar-Producing Gracilarioid Red Algae. *Reviews in Fisheries Science*, 8(4): 345-377.
- OLIVEIRA, E.C. & MIRANDA, G. E. C. 1998. Aspectos sociais e econômicos da exploração de algas marinhas no Brasil. Na. Congresso Latinoamericano de Ficologia, 5:138-156.
- OLIVEIRA, E. C. 1998. Seaweed Resources of Brazil. In: Critchley A. T., Ohno M. (eds.), *Seaweed Resources of the World*, Japan International Cooperation Agency, pp. 366-371.
- PEDERSÉN, M.; COLLEN, J.; ABRAHAMSSON, K.; MTOLERA, M.; SEMESI, A. & GARCIA-REINA, G. Non-infectious diseases. 1995. In: *Seaweed Symp.* 15: 193 (abstract), Valdivia, Chile.
- PINHEIRO-VIEIRA, F. & FERREIRA, M. M. 1968. Algas marinhas de interesse industrial para o nordeste brasileiro. *Boletim da Estação de Biologia Marinha da Universidade Federal do Ceará*, 20: 1-9.
- PIZZARO, A. & SANTELICES, B. 1993. Environmental variation and large scale seaweed production. *Hydrobiologia* 261/262: 357-363.
- PLASTINO, E. M.; GUIMARÃES, M.; MATIOLI, R. & OLIVEIRA, E. C. Codominant inheritance of polymorphic color variants of *Gracilaria domingensis* (Gracilariales, Rhodophyta). *Gen. Mol. Biol.* 22: 105-108.
- RYTHER, J.H.; DEBOER, J.A. & LLAPOINTE, B.E. 1978. Cultivation of seaweeds for hydrocolloids, waste treatment and biomass for energy conversion. In: *Proce. 9<sup>th</sup> International Seaweed Symposium A*. Jensen & J.R. Stein (Eds). Princeton, Science Press. pp. 1-16.
- SALLES, J.P.; LEMOS, G. & HORTA, P.A. 2004. Cultivo consorciado de macroalgas, uma alternativa para a sustentabilidade dos cultivos de camarão?. *Anais do VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros – Patrimônio Ameaçado*. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP. Vol II, 485-489.
- SANTELICES, B. & DOTY, M.S.. A review of *Gracilaria* farming. *Aquaculture* 78:98-133 1989.
- SANTELICES, B. 1996. Seaweed research and utilization in Chile: moving into a new phase. *Hydrobiologia* 326/327: 1-14.



- SMITH, A. H. 1998. The Seaweed Resource of the Caribbean. In: Critchley, A. T., Ohno, M. (eds.) Seaweed Resources of the World. Japan International Cooperation Agency, pp. 324-330.
- SCHARAMM, W. 1991. Cultivation of unattached seaweeds. In: Seaweeds Resources in Europe, uses and potencial. M.D. Guiry & G. Blunden (Ed.) John Wiley & Sons Ltd. Reino Unido. pp 379-408.
- TSENG, C.K. & FEY, X.G. 1987. Macroalgal comercialization in the orient. *Hydrobiologia* 151/152, 167-172. 1987.
- YOKOYA, N. S. & OLIVEIRA, E. C. 1992a. Temperature and responses of economically important red algae and their potential for mariculture in Brazilian waters. *Journal of Applied Phycology* 4: 339-345.
- YOKOYA, N. S., & OLIVEIRA E. C. 1992b. Effects of salinity on the growth rate, morphology and water content of some Brazilian red algae of economic importance. *Ciencias Marinas* 18 (2), 49-64.
- WESTERMEIER, R.; GÓMEZ, I. & RIVEIRA P. 1993. Suspended farming of *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta, Gigartinales) at Cariquilda River, Maullín, Chile. *Aquaculture* 113, 215-229.
- ZEMKE-WHITE, W. L. & OHNO, M. 1999. World seaweed utilization: an end-of-century summary. *Journal of Applied Phycology* 11: 369-376.