



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOECOLOGIA AQUÁTICA
CURSO DE MESTRADO EM BIOECOLOGIA AQUÁTICA

**EFEITO DOS NUTRIENTES (NITROGÊNIO E FÓSFORO) SOBRE O
DESENVOLVIMENTO DA *Gracilaria birdiae*: CRESCIMENTO E POSSÍVEL
USO COMO BIOFILTRO**

SDENA OLIVEIRA NUNES

ORIENTAÇÃO: Profa. Dra. ELIANE MARINHO SORIANO

NATAL/RN
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

SDENA OLIVEIRA NUNES

**EFEITO DOS NUTRIENTES (NITROGÊNIO E FÓSFORO) SOBRE O
DESENVOLVIMENTO DA *Gracilaria birdiae*: CRESCIMENTO E POSSÍVEL
USO COMO BIOFILTRO**

**ORIENTAÇÃO: Profa. Dra. ELIANE MARINHO SORIANO
DOL/CB/UFRN**

Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Mestrado em Bioecologia Aquática do Programa de Pós-Graduação em Bioecologia Aquática do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Bioecologia Aquática.

**NATAL/RN
2006**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOECOLOGIA AQUÁTICA
CURSO DE MESTRADO EM BIOECOLOGIA AQUÁTICA

**EFEITO DOS NUTRIENTES (NITROGÊNIO E FÓSFORO) SOBRE O
DESENVOLVIMENTO DA *Gracilaria birdiae*. TOLERÂNCIA, CRESCIMENTO
E POSSÍVEL USO COMO BIOFILTRO**

SDENA OLIVEIRA NUNES

Esta dissertação, apresenta pela aluna Sdena Oliveira Nunes ao Programa de Pós-graduação em Bioecologia Aquática do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, foi julgada adequada e aprovada pelos Membros da Banca Examinadora, na sua redação final, para a conclusão do Curso e à obtenção do título de Mestre em Bioecologia Aquática.

Profª. Dra. Eliane Marinho Soriano (Orientadora)

Profª. Dra. Maria das Dores Melo (UnP)

Prof. Dr. Marcos Rogério Câmara (DOL/UFRN)

Profª. Dra. Claudenice Moreira dos Santos (DOL/UFRN)

Natal, 14 de Setembro de 2006.

Á minha avó, Hilda Soares (in memória), e a minha mãe, Maria José, por serem os maiores ícones de força, determinação e perseverança. Por serem exemplos sempre em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Àquele responsável por tudo...

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte pela oportunidade;

À Capes, pelo apoio técnico e financeiro;

Aos meus pais, Heleno e Maria José, por todo o apoio e incentivo que sempre me forneceram e a minha irmã, por todo o carinho, compreensão e respeito;

A vovó Hilda (*in memória*), pelo eterno modelo de amor...

À minha orientadora, Profa. Eliane Marinho, pela compreensão, atenção, paciência e principalmente, por ser o grande alicerce do meu amadurecimento profissional;

A família Nóbrega, minha segunda família, por todos os momentos de acolhida, doações e amizade, por estarem sempre presentes em minha vida;

Aos meus dois grandes amigos Tuca e Felipe, por todo o apoio, incentivo, conselhos, otimismo e exemplo de determinação profissional;

À “melhor turma” do “melhor mestrado do mundo” (turma 10), em especial Kuka, Liliane, Garcia e Pedro;

Aos meus companheiros de laboratório: Dina, Ingrid, Euriel, Carol, Dandan e em especial Rafinha e Marcela, por toda a ajuda e paciência;

Aos meus amigos Recy, Hiélia, Betão, Jennifer, Márcio, Ivam e Sandra Regina, por todo apoio e dedicação para a conclusão deste trabalho;

A família Xavier, principalmente Emanuela, por todos os “quebra-galhos” ;

Aos funcionários do DOL Cleide, Michelle, Seu Antônio, Seu Wellington, Seu Geraldo (*in memória*), Seu Carlito e Seu Pedro que direta e indiretamente colaboraram para a conclusão deste trabalho;

Aos Professores da Banca, Prof. Dr. Marcos Rogério, Prof. Dra. Maria das Dores Melo e Profa. Dra. Claudenice Moreira, pelas valiosas sugestões;

E a todos que contribuíram direta e indiretamente para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Resumo	I
Abstract	II
Relação de tabelas	III
Relação de figuras	IV
1 – Introdução	1
2 – Materiais e métodos	8
2.1 – Coleta da macroalga <i>G. birdiae</i>	8
2.2 – Protocolo Experimental	9
2.2.1 <i>Experimento realizado em laboratório</i>	9
2.2.2 <i>Determinação da biomassa e Taxa de Crescimento Relativo (TCR)</i>	11
2.2.3 <i>Experimento realizado em campo</i>	11
2.3 Análises estatísticas	14
3 – Resultados	15
3.1 Resultados do experimento realizado em laboratório	15
3.1.1 <i>Sedimentação</i>	
3.1.2 <i>Cultivo de G. birdiae em laboratório</i>	17
3.1.3 <i>Característica da água do aquário controle</i>	24
3.2 Resultados do experimento realizado em campo	25
4 – Discussão	32
5 – Conclusão	36
6 – Referências	37

RESUMO

A criação de camarões marinhos no Brasil tem se expandido rapidamente nos últimos anos. Apesar do cenário econômico promissor, a carcinicultura apresenta um quadro de insustentabilidade, o que faz da atividade impactante ao meio ambiente. Com isso, surge a necessidade de alternativas para mitigar possíveis impactos gerado pela atividade. Uma alternativa que vem sendo bastante estudada é o policultivo, isto é, cultivo integrado entre dois ou mais organismos, normalmente entre eles um biofiltrador. Dos organismos biofiltradores, as macroalgas têm se mostrado viáveis, porque além de eficientes na remoção de nutrientes em excesso na água, elas não geram resíduos. Além do mais, o cultivo integrado com macroalgas permite tanto a exploração econômica da alga (fabricação de gelatinas e geléias, na indústria de laticínios, farmacêutica, etc.) como a possibilidade de uma aquicultura sustentável. Com o intuito de observar o desenvolvimento da macroalga *Gracilaria birdiae*, a influência e tolerância da espécie aos parâmetros ambientais e a eficiência biofiltradora da alga em relação aos três tipos de macronutrientes (NH_4^+ , NO_3^- e PO_4^{-3}) nos efluentes de fazenda de camarão marinho, foi realizado um experimento, o qual foi dividido em duas fases: uma em laboratório e outra em condições naturais. A água utilizada para o experimento em laboratório foi coletada nos viveiros pertencentes a fazenda Tecnarão e distribuída em aquários contendo 20 g de *G. birdiae*. No campo, 0,5 kg de *G. birdiae* foi inserido em gaiolas de PVC e cultivado no próprio viveiro da fazenda. Os resultados obtidos mostraram um crescimento modesto, provavelmente devido à baixa tolerância da espécie a ambientes altamente eutrofizados. Contudo, a remoção de nutrientes foi expressiva. A amônia foi reduzida em aproximadamente 34 %. O ortofosfato apresentou uma redução de 93,5 %. A capacidade de biofiltração do NO_3^- pela macroalga foi de 100 %, indicando que a *G. birdiae* é a alga-biofiltro que apresenta elevada taxa de remoção deste nutriente em condições de laboratório. Apesar do baixo crescimento da macroalga nesse experimento, o resultado em relação à remoção de nutrientes na água dos aquários foi bastante animador, sugerindo que a espécie pode ser eficiente como biofiltro e uma forte candidata na utilização da aquicultura sustentável.

Palavras-chave: Cultivo integrado, biofiltro, eutrofização, *Gracilaria birdiae*

ABSTRACT

Marine shrimp farming has grown exponentially during the last years in Brazil. In spite of the promising economical situation, this activity is facing an increasing criticism due to its environmental impact. Thus, the necessity of alternatives to mitigate environmental degradation caused by this activity. An alternative that is being studied is the policulture that is the integrated culture of two or more organisms, normally one of them a filtering organism. Among filtering organisms, macroalgae are very practicable because they are efficient in the removal of the exceeding nutrients of the water and do not leave residues in the water. Besides, the integrated culture with macroalgae allows the economical exploration of the seaweed (for the manufacture of jelly and jam, for the dairy industry, pharmaceuticals, etc.) along with possibility of a sustainable aquaculture. In the present experiment, the development of the seaweed *Gracilaria birdiae*, the influence and tolerance of this species to the environmental parameters, and its absorption efficiency in relation with the three kinds of macronutrients (NH_4^+ , NO_3^- and PO_4^{3-}) found in the effluents of marine shrimp farming was studied. The experiment was divided in two parts: a laboratorial part and one part carried under natural conditions. The water used in the laboratory trial was collected in the shrimp ponds of Tecnarão farm and distributed in aquaria containing 20 g of *G. birdiae*. In the field trial, 0.5 kg of *G. birdiae* was inserted in PVC cages cultivated in the farm. The results of the study showed a modest growth of *G. birdiae*, probably due to its low tolerance to highly eutrophicated environments. However, the removal of nutrients was very expressive. Ammonia was reduced in approximately 34 %. Ortho-phosphate showed a reduction of 93.5 %. The capacity of biofiltration of the NO_3^- by the macro algae was of 100 %, showing that *G. birdiae* is a seaweed-filtered with a high level of removal for this nutrient under laboratorial conditions. In spite of the low growth of the macro algae in the experiment, the results in relation to the removal of nutrients of the water was encouraging, suggesting that this species can be an efficient biofilter and thus, a strong candidate to be used in a sustainable aquaculture.

Key-words: integrated culture, biofilter, *Gracilaria birdiae*, eutrophication

RELAÇÕES DE TABELAS

Tabela I	Características físicas e químicas da água durante o período de sedimentação (experimento em laboratório).	15
Tabela II	Dados referentes aos nutrientes nos aquários 1 e 2 no período da sedimentação.	16
Tabela III	Características físicas e químicas da água do experimento laboratorial durante o período de estudo com <i>G. birdiae</i> .	17
Tabela IV	Resultados das correlações lineares de Pearson entre os parâmetros ambientais, biomassa e TCR.	23
Tabela V	Concentrações mínimas e máximas, cálculo da ANOVA e as médias com DP obtidas durante o experimento realizado em escala laboratorial nos aquários controles.	24
Tabela VI	Dados referentes aos fatores ambientais e nutrientes no período experimental realizado em campo.	25

RELAÇÕES DE FIGURAS

Fig. 1	Local de coleta (Praia de Mãe Luiza) da macroalga <i>Gracilaria birdiae</i> .	8
Fig. 2	Localização do Município de Arês – Viveiros da empresa Tecnarão.	9
Fig. 3	Representação do modelo laboratorial dos aquários contendo <i>G. birdiae</i> .	10
Fig. 4	Gaiolas de PVC (1,5m X 0,5m X 0,15m) contendo <i>G. birdiae</i> .	12
Fig. 5	Desenho esquemático das gaiolas inseridas no viveiro da fazenda Tecnarão	13
Fig. 6	Valores referentes à turbidez em NTU no período de sedimentação	15
Fig. 7	Valores da temperatura (° C) obtidos durante o período de estudo laboratorial.	17
Fig. 8	Valores da Salinidade (‰) obtidos durante o período de estudo laboratorial.	18
Fig. 9	Valores do pH obtidos durante o período de estudo laboratorial.	18
Fig. 10	Valores do oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹) obtidos durante o período de estudo laboratorial.	19
Fig. 11	Valores da concentração de Turbidez (N. T. U.) obtidos durante o período de estudo laboratorial.	19
Fig. 12	Valores da concentração de PO ₄ ⁻³ (μmolL ⁻¹) obtidos durante o período de estudo laboratorial.	20
Fig. 13	Valores da concentração de NH ₄ ⁺ (μmolL ⁻¹) obtidos durante o período de estudo laboratorial.	21
Fig. 14	Valores da concentração de NO ₃ ⁻ (μmolL ⁻¹) obtidos durante o período de estudo laboratorial.	21
Fig. 15	Valores da biomassa (g) obtidos durante o período de estudo laboratorial.	22

Fig. 16	Valores da TCR (‰) obtidos durante o período de estudo laboratorial.	22
Fig. 17	Valores da temperatura (°C) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.	25
Fig. 18	Valores do pH obtidos durante o período de estudo realizado em campo.	26
Fig. 19	Valores do oxigênio dissolvido (mg^{-1}) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.	26
Fig. 20	Valores da salinidade (‰) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.	27
Fig. 21	Valores da concentração de PO_4^{-3} (μmolL^{-1}) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.	28
Fig. 22	Valores da concentração de NH_4^+ (μmolL^{-1}) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.	28
Fig. 23	Valores do NO_3^- (μmolL^{-1}) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.	29
Fig. 24	Valores da biomassa (g) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.	29
Fig. 25	Valores da TCR (%) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.	30
Fig. 26	Gaiolas de <i>Gracilaria birdiae</i> com a epífita <i>Enteromorpha</i> spp no período de coleta.	31

1.0 INTRODUÇÃO

A aqüicultura marinha tem garantido, cada vez mais, a presença de frutos do mar na alimentação da população global. Enquanto muitos estoques pesqueiros naturais já se encontram em seu limite máximo de exploração, a produção de pescado por essa atividade tem aumentado muito nos últimos anos (Neori *et al.*, 2004). Atualmente, esse processo de produção de organismos com habitat predominantemente aquático em cativeiro, tais como peixes, camarões, rãs, entre outras espécies, é o setor de produção de alimentos que apresenta maior crescimento no mundo. Talvez por fornecer um produto de elevado teor protéico, ou ainda, por apresentar um alto nível de aceitação no mercado, o fato é que a procura por produtos provenientes da aqüicultura está em ascensão. Só nas últimas três décadas, o consumo global destes produtos dobrou (FAO, 2000).

Quando se fala em produtos relacionados a aqüicultura, não se pode deixar de ressaltar a importante participação dos países asiáticos. De modo geral, a Ásia tem a supremacia na produção mundial, destacando-se tanto na produção de crustáceos como de peixes, moluscos e plantas aquáticas. Apesar de toda a tradição secular do oriente, o cultivo de camarão marinho no ocidente tem apresentado resultados bem expressivos na totalidade da produção mundial. Uma mostra dessa evolução é que em 2003 a produção ocidental foi de 271.000 toneladas, ou seja, 16,63% do total mundial (Rocha *et al.*, 2004).

Dentre os países ocidentais, o Brasil tem se destacado bastante e atualmente lidera a produção de camarão, com uma totalidade de 90.190 toneladas em 2003 (Rocha *et al.*, 2004). Dados da FAO - *Food and Agricultural Organization of the United Nations* (2004) - órgão das Nações Unidas responsável pelo estudo dos problemas de alimentação no mundo – relatam que atualmente a carcinicultura gera US\$ 230 milhões de renda no país. Sobremaneira, nos últimos três anos, o camarão aqui cultivado vem sendo um dos principais responsáveis pelo superávit da balança comercial de pescado. A região nordeste dispõe de um potencial de 300.000 hectares propícios para a

carcinicultura marinha (ABCC, 2002) e é responsável por até 97% da produção total do país (Câmara, 2000). No presente momento, o estado do Rio Grande do Norte é o líder da produção nordestina, e conseqüentemente, a brasileira, com uma média anual de 37.473 toneladas, isto é, uma produtividade média de 6.937 kg/ha/ano (Rocha *et al.*, 2004).

Apesar desse cenário econômico promissor, essa atividade percorre uma trilha de insustentabilidade, isto é, um descompasso entre a reciclagem de nutrientes produzidos e os sistemas de cultivo, resultando em diversos problemas ambientais (Neori *et al.*, 1998). De modo geral, essa atividade econômica é planejada sem levar em conta as externalidades ambientais, ou seja, os custos da degradação ecológica não são pagos por aqueles que geram, e sim por terceiros. Como não há a preocupação de internalizar no preço dos produtos os custos externos das conseqüências ambientais da produção, a atividade termina deixando enormes passivos ambientais, dívidas sociais e ecológicas. Nessa perspectiva, esse “negativo ambiental”, faz com que a carcinicultura seja muito questionada (Chopin *et al.*, 2001; Neori *et al.*, 2004).

Sabe-se que o cultivo de camarão marinho tem como base de crescimento a monocultura, ou seja, o cultivo exclusivo de uma única espécie, o que justifica esse quadro de insustentabilidade. O fato de “cultivar”, implica necessariamente alguma forma de intervenção humana nos processos de criação e engorda (manutenção de um estoque regular, alimentação e proteção contra predadores, entre outros). Todos os processos são direcionados para o aumento da produção, conseguido através de investimentos em produtos como rações, antibióticos e vários tipos de fertilizantes.

De acordo com Zhou *et al.* (2006), em geral, de 52 a 95% do nitrogênio e 85% do fósforo que são introduzidos nos tanques de cultivo através da alimentação e excreção do animal, são despejados nos ambientes adjacentes às fazendas. A quantidade de fertilizantes utilizadas nos cultivos também é assustadora. No Brasil, a FAO (2004) estima que 98% das fazendas de camarão utilizam vários tipos destes. Somando todos esses produtos, resulta em efluentes ricos em partículas orgânicas, principalmente de fósforo dissolvido e nitrogênio orgânico, que quando lançados em excesso diretamente

nos estuários ou no mar, causam a eutrofização. Conseqüentemente, esses efluentes, além de comprometer a qualidade física e química da água, também podem afetar a continuidade do cultivo, uma vez que se torna muito mais fácil disseminar doenças por condições ambientais estressantes (Chopin *et al.*, 2001).

Dessa maneira, o monocultivo de camarão marinho pode prejudicar o ecossistema, seja durante a operação das fazendas que lançam seus efluentes no ambiente sem tratamento específico e adequado, ou na remoção da vegetação nativa (Biao *et al.*, 2004), uma vez que estas fazendas são tradicionalmente alocadas em áreas adjacentes a ecossistemas de manguezais e o comum é retirar a vegetação nativa para instalação das fazendas. Diante desses fatos, torna-se visível à necessidade de novas alternativas que tenham o intuito de minimizar esses efeitos negativos da carcinicultura em ecossistemas naturais (Naylor *et al.*, 1998; Lubchenco, 2003).

Uma alternativa mitigadora que vem sendo bastante estudada é o policultivo, isto é, cultivo integrado entre dois ou mais organismos, sendo um deles um biofiltrador (Buschmann *et al.*, 1994; Jones *et al.*, 2001^a; Neori *et al.*, 1996; Neori *et al.*, 1998; Nelson *et al.*, 2001; Qian *et al.*, 1996; Troell *et al.*, 1997). Este tipo de atividade fundamenta-se no conceito de um cultivo simultâneo, em que existe um organismo consumidor e um organismo que utiliza os nutrientes orgânicos e inorgânicos disponíveis no meio para formação de sua biomassa ou como fonte de energia. Dessa forma, a excreção e dejetos de um organismo produzem nutrientes para o outro, o que torna o “co-cultivo” uma alternativa potencialmente sustentável (Buschmann *et al.*, 1996; Petrell *et al.*, 1993; Chopin *et al.*, 1999; Neori *et al.*, 2004).

Dentre todos esses organismos utilizados para biofiltração, as macroalgas apresentam uma grande vantagem: além de eficientes na remoção de nutrientes em excesso na água, elas não geram resíduos (fezes, pseudofezes, entre outros), como acontece com os moluscos e ouriços-do-mar. Elas atuam como verdadeiras ‘esponjas’ e conseguem retirar do ambiente aquático componentes orgânicos e os acumulam estes em seus tecidos, em forma de pigmentos ou aminoácidos, que serão utilizados posteriormente para seu crescimento (Marinho-Soriano, 2005). Assim, se aproveitam da

alta capacidade de biofiltração e contribuem para uma remoção eficiente de fósforo e nitrogênio dissolvido oriundos de efluentes dos viveiros de cultivo de camarão (Krom *et al.*, 1995; Neori *et al.*, 1996). Além do mais, o cultivo integrado de animais (invertebrados ou vertebrados) com macroalgas constitui um elemento essencial para o gerenciamento costeiro, apontando para a o benefício econômico e social, bem como a minimização de impactos ambientais da atividade (Brzeski & Newkirk, 1997; Chow *et al.*, 2001).

De modo geral, vários estudos vêm sendo realizados para averiguar a utilização das macroalgas como biofiltros (Buschmann *et al.*, 1994; Buschmann *et al.*, 1996; Demetropoulos & Langdon, 2004; Porello *et al.*, 2003; Schuenhoff *et al.*, 2003). Alguns demonstraram que, dependendo das condições de cultivo, a biofiltração com macroalgas pode até melhorar a qualidade final da água residual (Martínez-Aragón *et al.*, 2002; Hernández *et al.*, 2002); outros que a remoção e, conseqüentemente, a absorção de nutrientes pelas algas tem sido bastante eficiente (Qian *et al.*, 1996; Porello *et al.*, 2003), confirmando assim, os inúmeros benefícios das macroalgas quando utilizadas em co-cultivo (Neori *et al.*, 1996; Dumas *et al.*, 1998; Troell *et al.*, 1997).

Com o objetivo de intensificar estes propósitos, várias estratégias de cultivos integrados têm sido utilizadas. Buschmann *et al.* (1994) verificaram que a *Gracilaria chilensis* obteve uma boa reposta em seu crescimento, quando cultivadas em efluentes de cultura intensiva de salmão. Troell *et al.* (1997) relataram que quanto mais próximos as gaiolas de cultivo de peixe, melhores são os resultados para a taxa de crescimento da *Gracilaria chilensis*. Outros autores também comparam a capacidade de absorção de nutrientes e a taxa de crescimento em diversos pontos com diferentes níveis de eutrofização (Nelson *et al.*, 2001). Qian *et al.* (1996), em um estudo utilizando a macroalga *Kappaphycus alvarezii* e ostras, observaram que o sistema de cultivo integrado obteve melhores resultados que os monocultivos. Apesar de utilizarem métodos e espécies diferentes, todos os autores convergem para um mesmo ponto que as macroalgas como biofiltros são eficientes e viáveis.

Contudo, as vantagens do cultivo integrado e utilização de biofiltros não se resumem somente no aspecto ambiental. Do ponto de vista econômico e social as algas geram renda e emprego. A grande variedade de espécies de algas encontra usos diversificados em vários países do mundo, da indústria alimentícia à de medicamentos, da cosmética à agricultura. Estimativas da FAO (2003) demonstraram que as macroalgas resultam numa variedade de produtos que geram uma renda bruta de US\$ 5/6 bilhões anuais. Dessa forma, o cultivo integrado passa a representar uma dupla proposta ‘ecoamigável’ para o sistema (Marinho-Soriano, 2005), porque as algas podem ser utilizadas conciliando a necessidade ecológica da absorção dos nutrientes em excesso disponibilizados nas fazendas de camarão, juntamente com a possibilidade de comercialização em indústrias alimentícia, de cosméticos e produtos farmacêuticos (Neori *et al.*, 2004).

As Rhodophytas, grupo de macroalgas também conhecido como algas vermelhas, são utilizadas comercialmente na alimentação e na extração do ágar (produto bastante utilizado na fabricação de gomas, laxantes, ou ainda, como meio de cultura para bactérias). Outro aspecto econômico interessante deste grupo é a extração de carragena, um hidrocolóide usado na produção de alimentos, principalmente nas indústrias de laticínios (iogurte, sorvetes, achocolatados) e embutidos (salsicha, presunto), na fabricação de gelatinas e geléias, na indústria não alimentícia (tintas, têxteis, perfumes) e farmacêutica (produtos anticoagulantes e antiinflamatórios), conforme dizem Vidotti & Rollemberg (2004). Além do mais, as Rhodophytas também são conhecidas por apresentar grande eficiência na absorção rápida de nutrientes e bons mecanismos para estocar grandes reservas destes (Vergara *et al.*, 1993).

Devido a esses fatores, as algas vermelhas, principalmente as do gênero *Gracilaria*, se tornaram economicamente importantes em algumas regiões do mundo, como sul da Ásia, América do sul e África meridional (Zhou *et al.*, 2006) e cultivá-las tem se tornado uma atividade interessante do ponto de vista comercial (Fei *et al.*, 1998; Chopin *et al.*, 1999; Neori *et al.*, 2004). Elas possuem algumas características que as tornam preferenciais para o co-cultivo como apresentar uma tolerância relativamente

boa à flutuações de salinidade, temperatura e luz. Também apresentam crescimento rápido, boa capacidade de regeneração e bom rendimento na extração de ágar (Fei *et al.*, 1998; Fei *et al.*, 2000). Assim, a possibilidade de biorremediação e interação econômica fazem do cultivo integrado uma atividade promissora.

Mesmo com tudo isso, no Brasil, pouco tem sido investigado sobre o real valor de remoção de nutrientes e crescimento das macroalgas, o que resulta em desperdícios, tanto econômicos e ambientais como sociais. Só em 2001, o país importou cerca de US\$ 15 milhões em algas e seus derivados, segundo dados da OCB - Organização das Cooperativas Brasileiras (Carvalho Filho, 2004), desperdiçando a capacidade de mão-de-obra que se encontra ociosa, a grande biodiversidade de macroalgas do Brasil e as excelentes condições climáticas e geográficas, principalmente no nordeste. A região costeira compreendida entre os estados do Ceará e o norte do estado do Rio de Janeiro, abriga a flora algal mais diversificada do país. Mesmo assim, são poucas pesquisas realizadas acerca da capacidade de biofiltração das macroalgas.

Alguns estudos se apresentam como pioneiros como os desenvolvidos no Rio Grande do Norte por Marinho-Soriano *et al.* (2002) e Marinho-Soriano (2005) e Panucci (2004), que trabalharam com espécies do gênero *Gracilaria* e *Ulva*, procurando averiguar a taxa de crescimento e o comportamento dessas agarófitas no meio eutrofizado. Os resultados obtidos mostraram-se bastante animadores em relação a capacidade de biofiltração das espécies estudadas. No trabalho realizado por Panucci (2004), a espécie *Gracilaria caudata* apresentou uma eficiência de absorção de cerca de 59,5% para amônia, 49,6% para o nitrato e 12,3% para o ortofosfato. Esses resultados evidenciam e incentivam o cultivo tanto ecológico como econômico de macroalgas nesse estado que, coincidentemente, é o maior produtor de camarão marinho do país. No entanto, são necessários mais estudos sobre o tema, para obtenção de melhores informações que promovam o desenvolvimento de uma carcinicultura sustentável.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo estudar o desenvolvimento da macroalga *Gracilaria birdiae* Plastino e Oliveira, em condições de laboratório e

campo, analisando a influência dos parâmetros ambientais sobre a taxa de crescimento da espécie. Além disso, foi dada ênfase a capacidade de biofiltração de nutrientes em relação ao NH_4^+ , NO_3^- e PO_4^{-3} com a finalidade de comprovar sua eficiência como organismo biofiltrador.

2.0 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo sobre o crescimento e a capacidade de biofiltração da macroalga *G. birdiae* foi realizado em condições controladas (laboratório) e naturais (campo).

➤ 2.1 Coleta da macroalga *G. birdiae*

O material algal (*G. birdiae*) utilizado neste estudo foi coletado na praia de Mãe Luiza ($5^{\circ}47'07''\text{S}$ - $35^{\circ}11'01''\text{N}$), na zona intertidal, durante períodos de maré baixa (**Fig. 1**). Após a coleta, as algas foram transportadas ao laboratório e em seguida triadas para a remoção de epífitas e organismos incrustantes. Em seguida, as algas foram colocadas em um aquário de vidro, contendo água do mar do próprio local, sob condições de iluminação e aeração controladas, até o início do experimento.

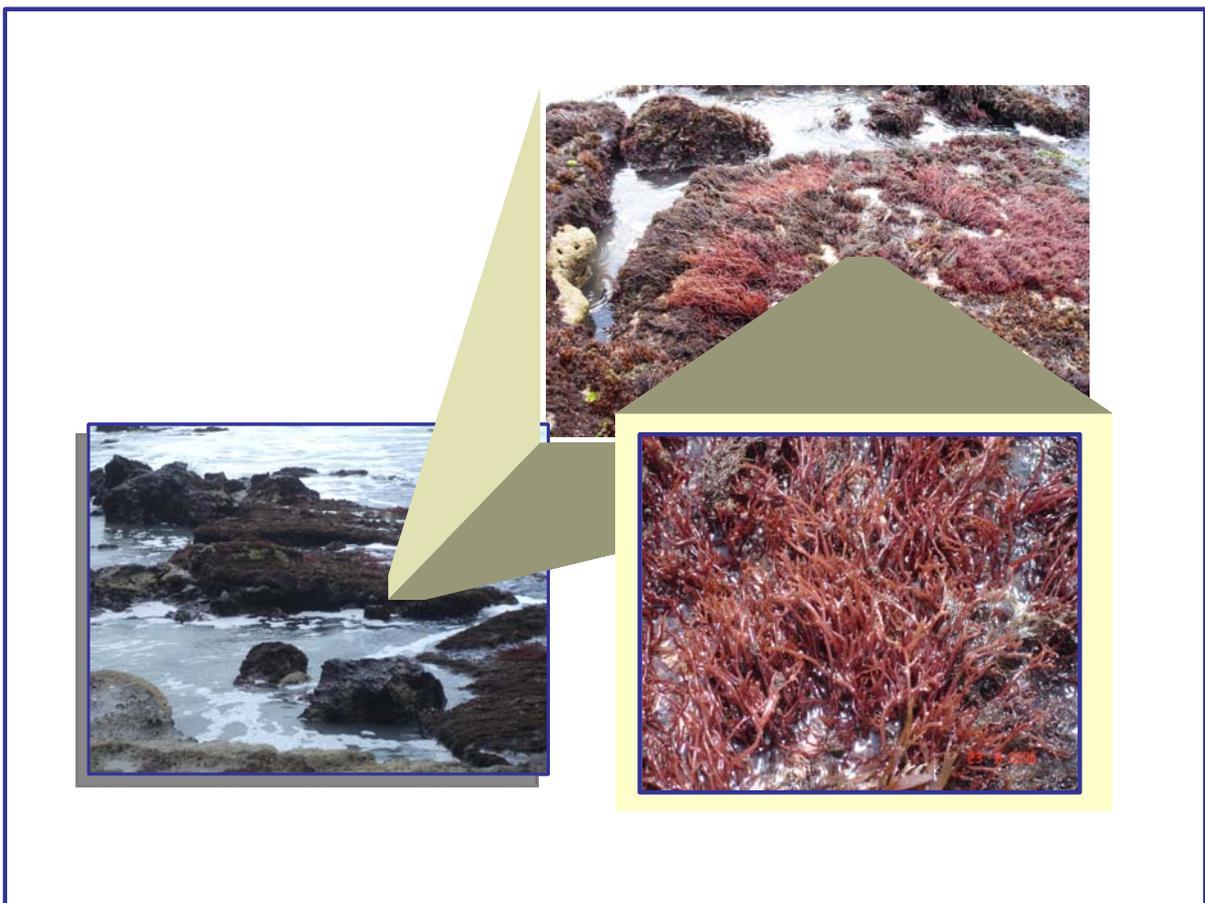


Fig. 1. Local de coleta (Praia de Mãe Luiza) da macroalga *Gracilaria birdiae*.

➤ **2.2 Protocolo Experimental**

❖ **2.2.1 Experimento realizado em laboratório**

O experimento em laboratório teve duração de 30 dias (18/10 a 17/11/2005). O sistema experimental era composto por quatro aquários (30 cm x 20cm x 20 cm) com capacidade para 10 litros de água. A água utilizada neste experimento foi coletada na fazenda Tecnarão (**Fig. 2**) e armazenada em recipientes plásticos.

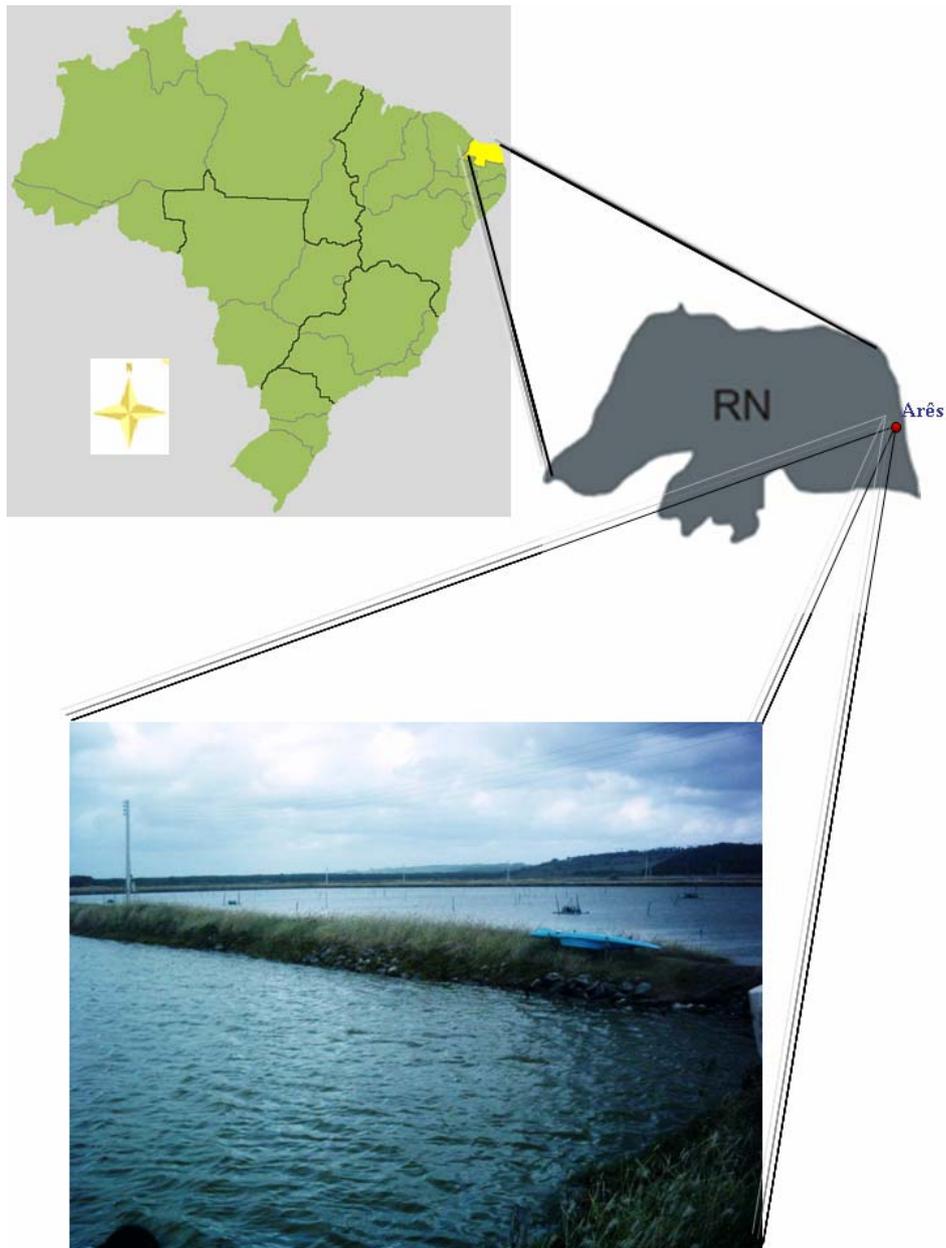


Fig. 2. Localização do Município de Arês – Viveiros da empresa Tecnarão.

No laboratório, a água foi distribuída em dois aquários de 30 litros, onde permaneceu durante um período de 48 horas. Esta etapa do experimento tinha como objetivo reduzir a turbidez da água, através da decantação das partículas sólidas em suspensão. Durante esse período foi realizado, a cada 24 horas, o monitoramento das variáveis ambientais. A temperatura, salinidade, O₂ e pH foram determinados com o auxílio de um aparelho multiparâmetros (Horiba U-10), enquanto os nutrientes (NH₄⁺, NO₃⁺ e PO₄³⁻) foram analisados através do método de Strickland & Parsons (1972).

A matéria sólida em suspensão foi determinada a partir da diferença entre os pesos dos filtros (GF/C) antes e depois da filtração de 100 ml de água (Clesceri *et al.*, 1989).

Terminada a fase de sedimentação, a água foi então transferida por sifonagem para 4 aquários de 10 litros (30 cm x 20 cm x 20 cm). Em três aquários foram colocados 20 g de *G. birdiae*, o quarto aquário foi mantido apenas com água do viveiro, sem algas e serviu como controle. Durante todo o período do experimento, os aquários foram expostos ao fotoperíodo de 12 horas claro/escuro (**Fig. 3**).

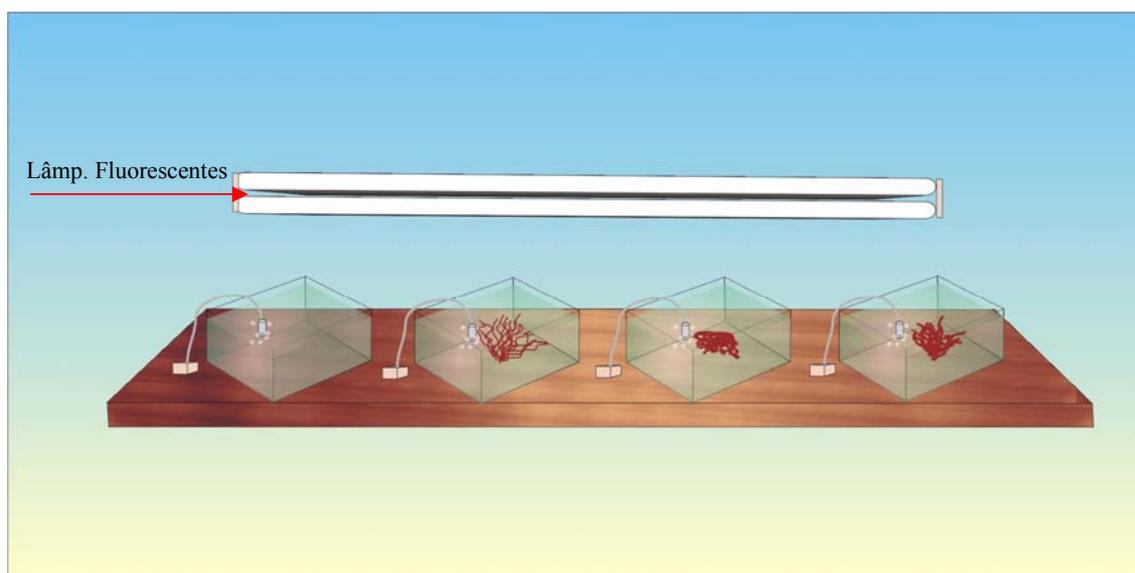


Fig. 3. Representação do modelo laboratorial dos aquários contendo *G. birdiae*.

❖ 2.2.2 Determinação da biomassa e Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

A determinação da biomassa foi realizada semanalmente. Este procedimento foi feito com a retirada das algas dos aquários, as quais eram secadas com papel absorvente e seu peso úmido determinado em balança de precisão (0,1 g). Após cada pesagem as algas eram devolvidas aos seus respectivos aquários. A TCR foi determinada com base nos valores de biomassa úmida através da seguinte fórmula (De Casabianca *et al.*, 1997):

$$TCR = [Ln (Pf / Pi) / (Tf - Ti)] \times 100.$$

Onde Pi corresponde ao peso inicial e Pf ao peso final. O valor de T correspondia ao intervalo de tempo entre as duas medidas.

❖ 2.2.3 Experimento realizado em campo

O cultivo de *G. birdiae* em condições naturais, foi realizado durante um período de 2 meses (16 de novembro de 2005 a 17 de janeiro de 2006) na fazenda Tecnarão. Esta fazenda se encontra localizada as margens da laguna Guaraíras, no município de Arês (06°12'10''S - 35°09'00''O). Esta empresa possui 31 viveiros, compreendido em 105 hectares de extensão e uma produção anual de 750 toneladas de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Panucci, 2004).

Para o estudo do crescimento de *G. birdiae* no viveiro de camarão, foi confeccionada uma gaiola retangular de malha plástica com dimensão de 1,5 m x 0,5 m x 0,15 m. Esta estrutura foi subdividida em 3 compartimentos (0,5 m x 0,5 m x 0,15 m) onde foram inseridas 0,5 kg de macroalga (**Fig. 04**).



Fig. 4. Gaiolas de PVC (1,5m X 0,5m X 0,15m) contendo *G. birdiae*.

A gaiola possuía uma estrutura externa feita de PVC, onde eram amarradas cordas que ligavam a gaiola a estacas de madeira.

Esta estrutura foi mantida a 20 cm da superfície da água, com o auxílio de bóias de isopor em suas extremidades (**Fig. 05**).

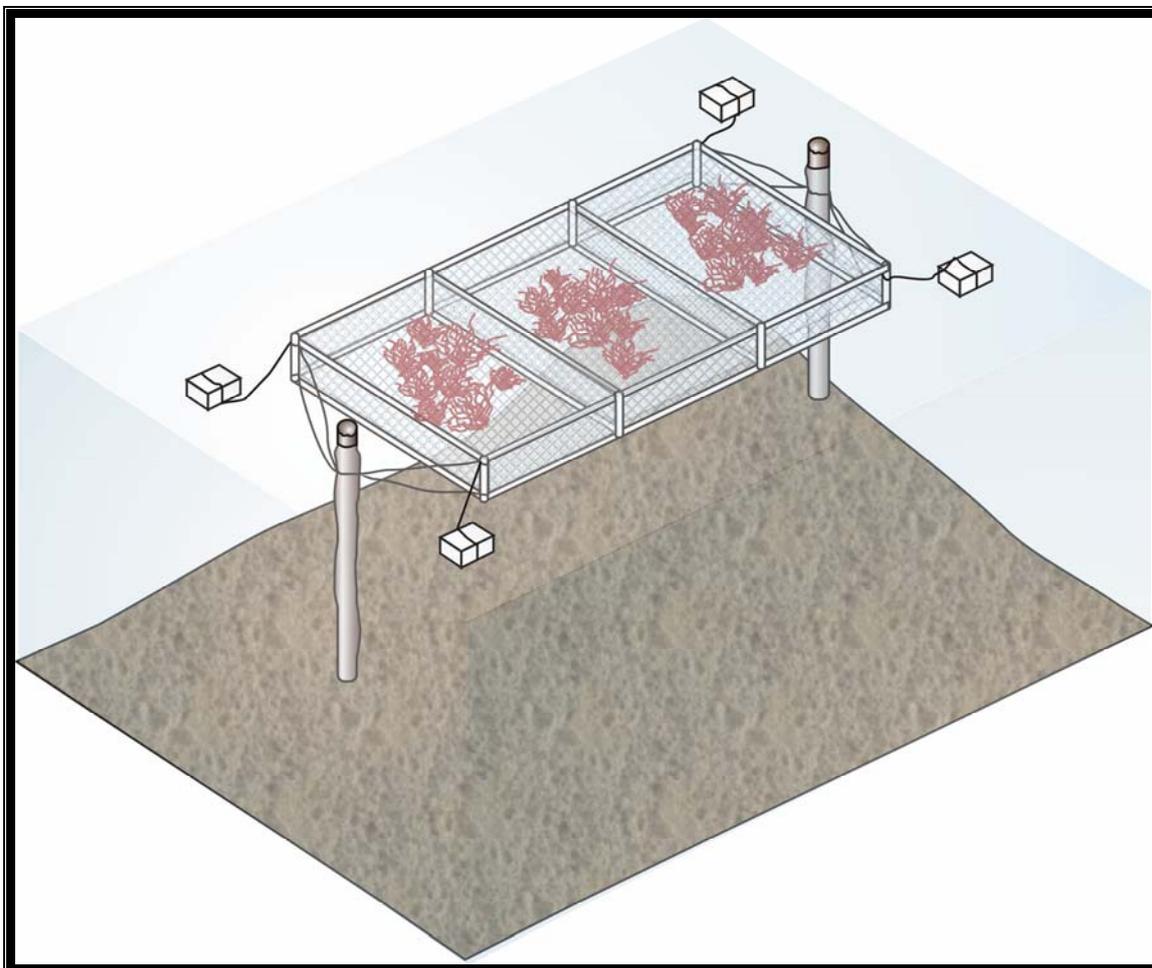


Fig. 5. Desenho esquemático das gaiolas inseridas no viveiro da fazenda Tecnarão.

Neste experimento a biomassa, TCR e os parâmetros ambientais foram determinados usando o mesmo procedimento descrito anteriormente para o experimento em laboratório.

➤ **2.3 Análises estatísticas**

A análise estatística dos dados consistiu basicamente do cálculo de média \pm desvio padrão, correlação de Pearson e ANOVA. A correlação de Pearson foi utilizada para determinar as relações existentes entre as variáveis estudadas, enquanto que a ANOVA foi utilizada para verificar a existência de diferenças significativas nas variáveis ao longo do estudo. Antes de ser realizado a ANOVA, todos os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk's para verificar a sua homogeneidade. Os que não apresentaram homogeneidade foram transformados. Todo procedimento estatístico foi realizado através do programa Statistic 5 (Starsoft 1998).

3.0 RESULTADOS

➤ 3.1 Resultados do experimento realizado em laboratório

3.1.1 Sedimentação

Os dados referentes aos parâmetros ambientais (turbidez, temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido) e aos nutrientes no período de sedimentação estão descritos nas tabelas I e II, respectivamente.

Tabela I. Características físicas e químicas da água durante o período de sedimentação (experimento em laboratório).

	Início do experimento (0 h)	Após 24 h	Após 48 h
Turbidez (NTU)	270	75	38
Temperatura ° C	29,4	27,5	27,2
Salinidade ‰	30,07	30,08	30,09
pH	8,10	7,98	7,93
Oxigênio dissolvido mgL⁻¹	6,47	3,43	3,54

Os parâmetros ambientais acima citados, com exceção da turbidez e do oxigênio dissolvido, permaneceram sem diferenças significativas durante os dias de sedimentação.

A redução da turbidez foi expressiva, passando de 270 N.T.U. para 38 N.T.U. (Tabela I) após 48 horas (**Fig. 6**).

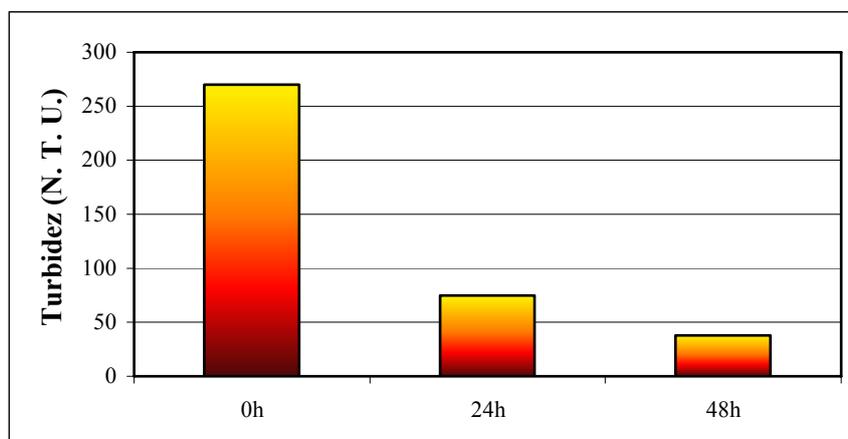


Fig. 6. Valores referentes à turbidez em NTU no período de sedimentação.

No que se refere ao material em suspensão, foi visto que durante a sedimentação seu valor médio decresceu de 0,121g das primeiras 24 horas, para 0,115g no final da fase de sedimentação (48 horas).

Tabela II. Dados referentes aos nutrientes nos aquários 1 e 2 no período da sedimentação.

	PO ₄ ⁻³ (μmol L ⁻¹)		NH ₄ ⁺ (μmol L ⁻¹)		NO ₃ ⁻ (μmol L ⁻¹)	
	0 hora	48 horas	0 hora	48 horas	0 hora	48 Horas
Média e DP	1,23±0,3	1,85±0,3	4,73±3,8	11,34±3,8	0,87±0,5	0,0 ± 0,5

No período final da sedimentação, foi observado um aumento nas concentrações de PO₄⁻³ e o NH₄⁺, quando obtiveram 1,85 ± 0,3 μmolL⁻¹ e 11,34 ± 3,8 μmolL⁻¹, respectivamente (Tabela II). A concentração de nitrato foi a única que reduziu após esse período de 48 horas. O PO₄⁻³ e o NH₄⁺ apresentaram diferenças significativas (F=2589,12 e p<0,01; F= 53929,86 e p<0,01; respectivamente).

3.1.2 Cultivo de *G. birdiae* em laboratório

Os dados referentes aos parâmetros ambientais, durante o período de experimento laboratorial, estão listados na tabela III.

Tabela III. Características físicas e químicas da água do experimento laboratorial durante o período de estudo com *G. birdiae*.

Parâmetros ambientais	Variação (mín. e máx.)	Média + DP	ANOVA	
			F	P <
Temperatura da água (°C)	(27,0 – 28,8)	27,9 ± 0,10	39,67	0,01*
Salinidade (‰)	(30,8 – 34,3)	33,0 ± 0,20	41,13	0,01*
pH	(7,9 – 8,5)	8,25 ± 0,10	221,76	0,01*
O ₂ mg L ⁻¹	(6,4 – 9,9)	7,28 ± 0,06	496,75	0,01*
Turbidez (N.T.U.)	(10,0 – 38,0)	15,6 ± 12,5	-	-
PO ₄ ⁻³ μmol L ⁻¹	(0,09 – 1,85)	0,47 ± 0,05	36431,79	0,01*
NH ₄ ⁺ μmol L ⁻¹	(7,3 – 15,3)	9,89 ± 1,30	247,80	0,01*
NO ₃ ⁻ μmol L ⁻¹	(0,0 – 1,09)	0,44 ± 0,05	3966,90	0,01*

*Diferenças altamente significativas (p < 0,01)

Com relação aos dados referentes à temperatura da água no período experimental, pôde-se observar um aumento a partir do 14º dia, apresentando os maiores valores nos últimos dias, quando alcançou 28,8 ± 0,22 °C (Fig. 7). A média da temperatura ficou em 27,9 ± 0,08 °C (Tabela III), apresentando diferenças altamente significativas entre as semanas de estudo (F = 39,67 e p < 0,01).

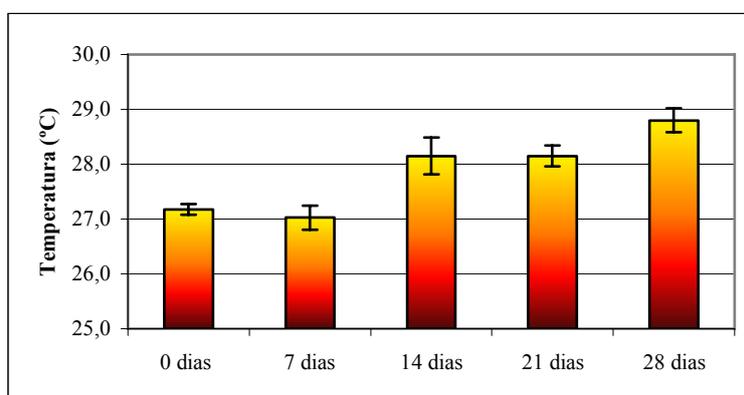


Fig. 7. Valores da temperatura (° C) obtidos durante o período de estudo laboratorial.

As médias semanais da salinidade observadas durante o período de estudo, apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$). Este parâmetro, que variou de $30,8 \pm 0,5\%$ do 7º dia para $33,0 \pm 0,1 \%$ no 14º dia, obteve um aumento gradativo até o fim do experimento quando alcançou $34,3 \pm 0,6\%$ (**Fig. 8**). A média do período de estudo foi de $33,0 \pm 0,2\%$.

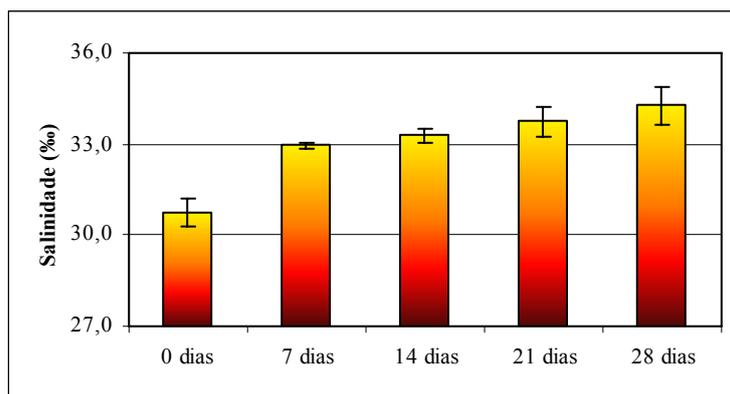


Fig. 8. Valores da Salinidade (%) obtidos durante o período de estudo laboratorial.

Para o pH, também foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,01$). Houve um aumento gradativo nos resultados deste parâmetro, os quais variaram de $7,9 \pm 0,00$ no início do experimento até $8,50 \pm 0,08$ no 21º dia (**Fig. 9**). No final do estudo, foi visto um pequeno decréscimo, sendo alcançado $8,40 \pm 0,01$. A média obtida durante o experimento foi de $8,25 \pm 0,05$.

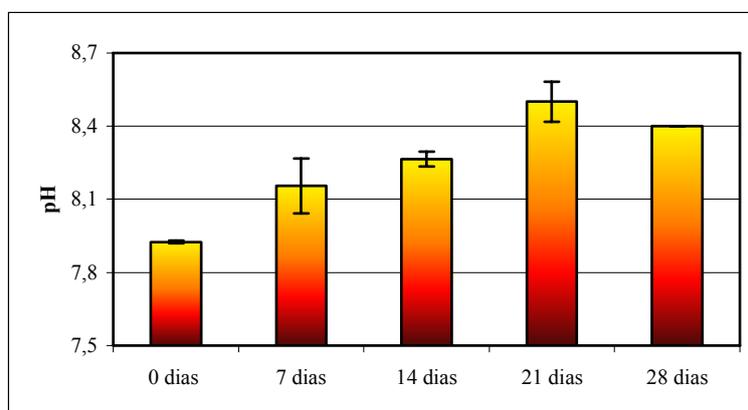


Fig. 9. Valores do pH obtidos durante o período de estudo laboratorial.

O ponto máximo de saturação do oxigênio dissolvido foi obtido no 7º dia, quando foi alcançado o valor de $9,9 \pm 0,14 \text{ mg L}^{-1}$ (**Fig. 10**). Na semana posterior, houve redução na concentração do oxigênio, alcançado os valores de $6,4 \pm 0,05 \text{ mgL}^{-1}$ e, a partir desse dia, permaneceu sem grandes variações até o fim do experimento. A média desse parâmetro foi de $7,28 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$ durante o período de biofiltragem, que apresentou diferenças significativas ($F=496,75$ e $p < 0,01$).

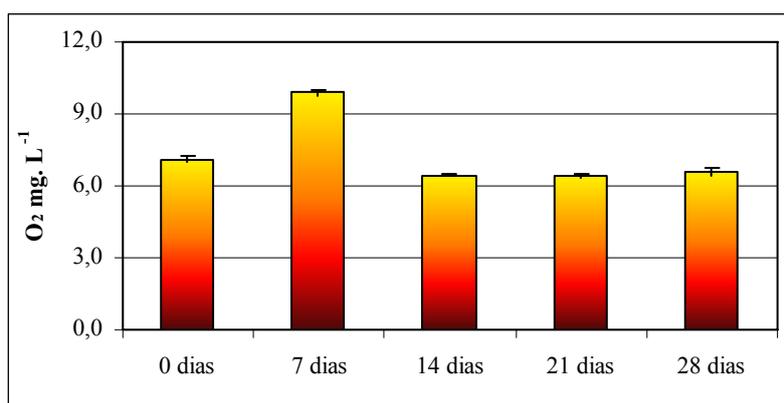


Fig. 10. Valores do oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) obtidos durante o período de estudo laboratorial.

Durante todo o período experimental, a turbidez manteve-se constante, apresentando valor de 10 N.T.U. (**Fig. 11**).

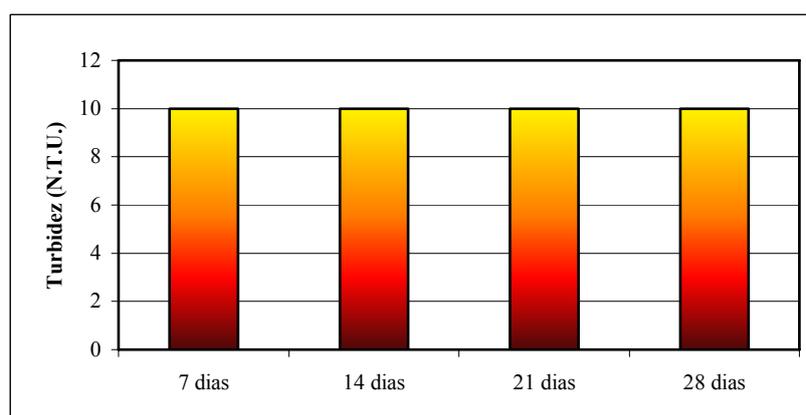


Fig. 11. Valores da Turbidez (N. T. U.) obtidos durante o período de estudo laboratorial.

Os valores das concentrações de PO_4^{3-} , NH_4^+ e o NO_3^- presentes na água dos aquários que continham *G. birdiae* reduziram durante o experimento, mostrando uma excelente performance da macroalga na absorção destes nutrientes.

A *G. birdiae* foi eficiente na remoção do PO_4^{3-} na água oriunda dos tanques de cultivos de camarão marinho. Ao final do estudo, houve uma redução de 93,5% (**Fig. 12**). A média obtida em todo o experimento foi de $0,75 \pm 0,03 \mu\text{molL}^{-1}$, sendo detectada diferenças altamente significativa entre as semanas de estudo ($F = 36431,79$ e $p < 0,01$).

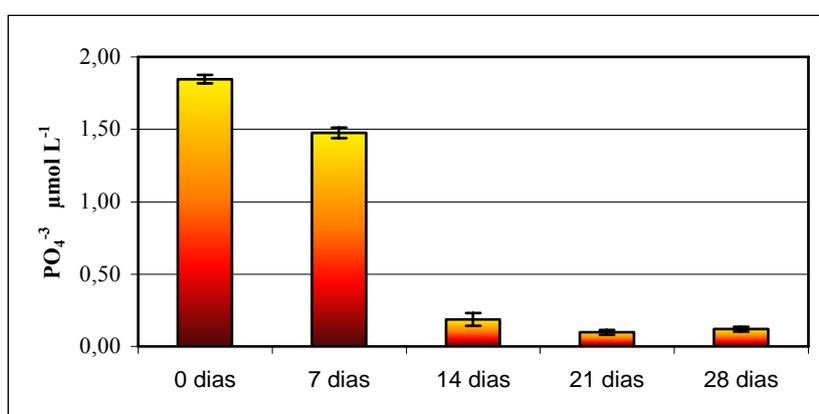


Fig. 12. Valores da concentração de PO_4^{3-} obtidos durante o período de estudo laboratorial.

As concentrações de NH_4^+ foram reduzidas em 33,69%, durante o período experimental. Do 7º para o 14º dia, apresentaram um decréscimo de aproximadamente 52,18% na água dos aquários, os valores que eram de $15,34 \pm 0,03 \mu\text{molL}^{-1}$ reduziram para $7,34 \pm 0,04 \mu\text{molL}^{-1}$ (**Fig. 13**). O valor médio apresentado para este nutriente foi de $10,19 \pm 1,78 \mu\text{molL}^{-1}$ durante todo o período de estudo. Houve diferenças altamente significativas entre os valores quinzenais ($p < 0,01$).

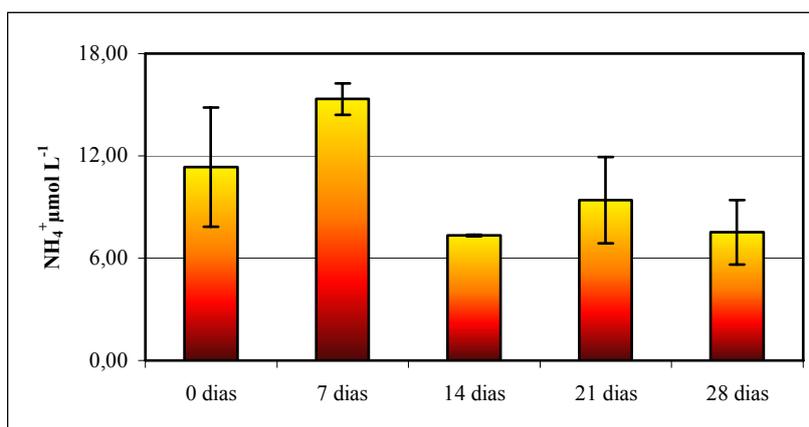


Fig. 13. Valores da concentração de NH_4^+ obtidos durante o período de estudo laboratorial.

Também houve redução nas concentrações do NO_3^- durante o período do experimento laboratorial. Do 7º para o 14º dia, a *G. birdiae* removeu 74,74% da concentração deste nutriente, e no final do experimento, a redução foi de 100%. (**Fig. 14**). O valor médio para este nutriente foi de $0,36 \pm 0,05 \mu\text{molL}^{-1}$, sendo verificadas variações altamente significativas entre as semanas ($F = 3966,89$ e $p < 0,01$) (Tabela III).

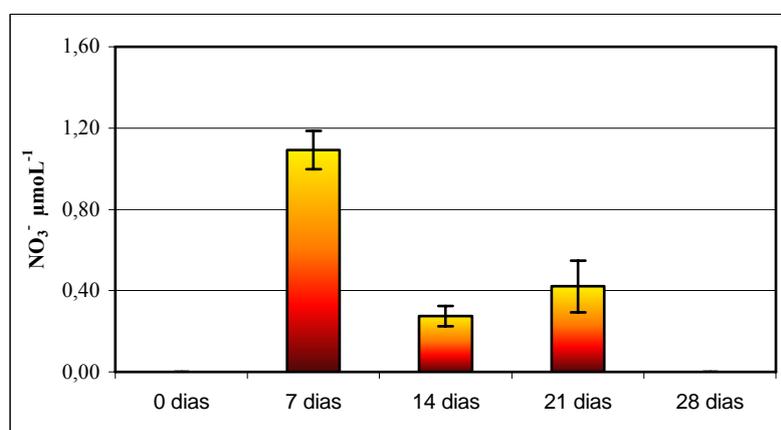


Fig. 14. Valores da concentração de NO_3^- obtidos durante o período de estudo laboratorial.

A *G. birdiae* apresentou um crescimento muito modesto durante o experimento laboratorial. A média do peso da biomassa verificada após os sete primeiros dias de experimento foi de $22,2 \pm 0,72\text{g}$ (**Fig. 15**). Depois de 21 dias, a biomassa alcançou 23,3

$\pm 0,61$ g. A média apresentada durante o período de estudo foi de $22,95 \pm 0,46$ g (Tabela III), sendo detectadas diferenças significativas entre as semanas ($F = 20,28$ e $p < 0,01$). A evolução da biomassa foi correlacionada negativamente com a turbidez ($r = -0,82$). Correlações positivas também foram encontradas entre esta variável e temperatura ($r = 0,83$), salinidade ($r = 0,91$) e pH ($r = 0,86$) (Tabela IV).

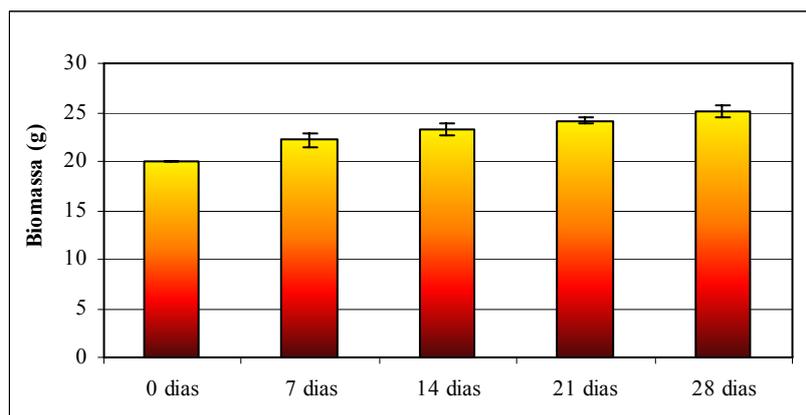


Fig. 15. Valores da biomassa (g) obtidos durante o período de estudo laboratorial.

A *G.birdiae* expressou uma TCR pouco significativa, tendo uma média de $1,33 \pm 0,80$ % (Tabela III) durante o experimento. Neste estudo foi observado que a alga apresentou a melhor TCR no 14º dia, quando atingiu uma média $2,20 \pm 0,37$ % (**Fig. 16**). No 21º dia, declinou e alcançou $1,47 \pm 0,97$ % e $1,51 \pm 1,04$ % no final do experimento. Para a TCR, foram constatadas diferenças altamente significativas entre as semanas.

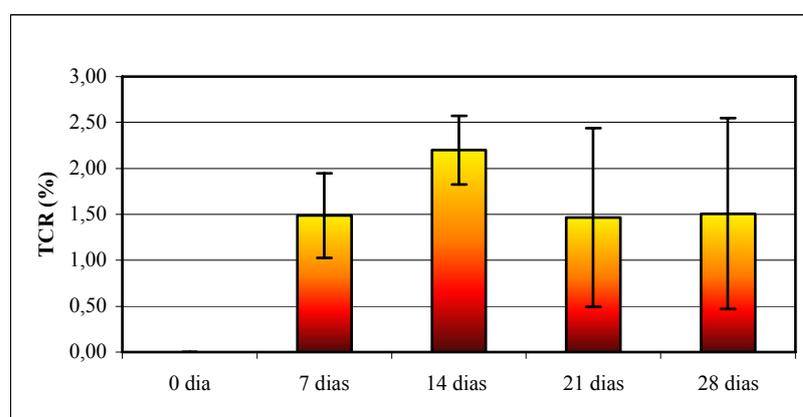


Fig. 16. Valores da TCR (%) obtidos durante o período de estudo laboratorial

Tabela IV. Resultados das correlações lineares de Pearson entre os parâmetros ambientais, biomassa e TCR.

	Temperatura	Salinidade	pH	Oxigênio	PO ₄ ⁻³	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Biomassa	TCR
Turbidez	-0,49*	-0,88*	-0,78*	-0,06	-0,70*	-0,06	-0,41	-0,82*	-0,49*
Temperatura		0,67*	0,71*	-0,70*	-0,18	-0,70*	0,03	0,83*	0,40
Salinidade			0,87*	-0,18	0,38	-0,18	0,38	0,91*	0,38
pH				-0,38	0,31	-0,39	0,09	0,86*	0,29
Oxigênio					0,49*	0,99*	0,61*	-0,35	-0,33
PO ₄ ⁻³						0,55*	0,16	0,22	0,38
NH ₄ ⁺							0,59*	-0,37	-0,34
NO ₃ ⁻								0,29	-0,27
Biomassa									0,43

* Correlações significativas $p < 0,05$

3.1.3 Característica da água do aquário controle

O aquário controle também apresentou redução nas concentrações dos nutrientes final em relação ao início. Foi registrada uma diferença entre a concentração média inicial de $33,39 \pm 3,44 \mu\text{molL}^{-1}$ para uma concentração média final de $6,51 \pm 0,57 \mu\text{molL}^{-1}$ do NH_4^+ , detectou-se diferenças altamente significativas entre as semanas ($F = 123,90$ e $p < 0,01$). As concentrações de NO_3^- reduziram da primeira até terceira semana. Na semana subsequente, as concentrações deste nutriente aumentaram, obtendo uma média de $0,75 \pm 0,02 \mu\text{molL}^{-1}$ (Tabela V). Vale salientar que foram detectadas diferenças altamente significativas ($F = 1991,39$ e $p < 0,01$ – Tabela V). As concentrações de PO_4^{3-} apresentaram uma média de $3,25 \pm 0,01 \mu\text{molL}^{-1}$ no período de estudo (Tabela V). Houve diferenças significativas entre as semanas de experimento para este nutriente ($p < 0,01$). Estas diferenças observadas entre a concentração inicial e final estiveram relacionadas com a presença do fitoplâncton na água do experimento.

Tabela V. Concentrações mínimas e máximas, cálculo da ANOVA e as médias com DP obtidas durante o experimento realizado em escala laboratorial nos aquários controles.

	Média e DP	Variação (Mín. e Máx.)	ANOVA	
			F	P <
PO_4^{3-}	$3,25 \pm 0,01$	(2,23 – 3,99)	18972,18	0,01*
NH_4^+	$12,85 \pm 1,83$	(5,47 – 33,39)	123,90	0,01*
NO_3^-	$0,38 \pm 0,01$	(0,00 – 7,95)	1991,39;	0,01*

*Diferenças altamente significativas ($p < 0,01$)

➤ 3.2 Resultados do experimento realizado em campo

Na tabela VI, estão relacionados os parâmetros ambientais e concentrações de nutrientes do experimento de campo, perfazendo um período de 60 dias.

Tabela VI. Dados referentes aos fatores ambientais e nutrientes no período experimental realizado em campo.

Parâmetros ambientais	Variação (mín. e máx.)	Média + DP	ANOVA	
			F	P <
Temperatura da água (°C)	(27,5 – 28,45)	28,9 ± 0,33	0,32	0,86
Salinidade (‰)	(34,00 – 40,00)	38,1	-	-
pH	(7,86 – 8,13)	8,04	-	-
O ₂ mg L ⁻¹	(5,90– 7,95)	6,80 ± 2,20	0,85	0,52
PO ₄ ³⁻ μmol L ⁻¹	(0,416 - 1,14)	0,88 ± 0,02	595,28	0,01**
NH ₄ ⁺ μmol L ⁻¹	(3,81– 7,16)	5,03 ± 1,35	4,26	0,02*
NO ₃ μmol L ⁻¹	(0,0 – 0,50)	0,29 ± 0,03	314,53	0,01**

*Diferenças significativas

**Diferenças altamente significativas

Durante o experimento, o valor médio da temperatura foi de $28,9 \pm 0,33^{\circ}\text{C}$ (Tabela VI). Sem diferenças significativas, os maiores valores atingidos por esse parâmetro foram na primeira quinzena (**Fig. 17**), quando foi registrado $28,45 \pm 1,05^{\circ}\text{C}$. O menor valor da temperatura foi registrado na quarta quinzena ($27,5^{\circ} \pm 0,05^{\circ}\text{C}$).

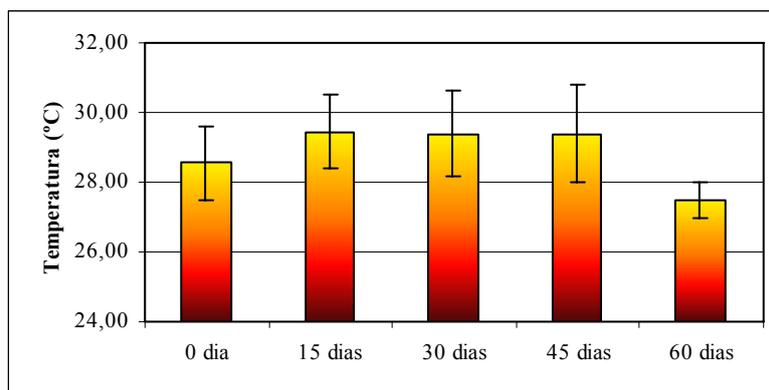


Fig. 17. Valores da temperatura (°C) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.

No início do experimento (0 dia), o valor do pH foi de 8,14 (**Fig. 18**). Nos primeiros 30 dias houve um declínio, atingindo seu menor resultado (7,86). Na terceira (45 dias) e quarta quinzena (60 dias), os valores obtidos foram de 8,05 e 8,04, respectivamente, obtendo um valor médio durante o experimento de 8,04 (tabela VI). As amostras desse parâmetro não foram submetidas a testes estatísticos, devido ao número insuficiente de amostras quinzenais ($n=1$).

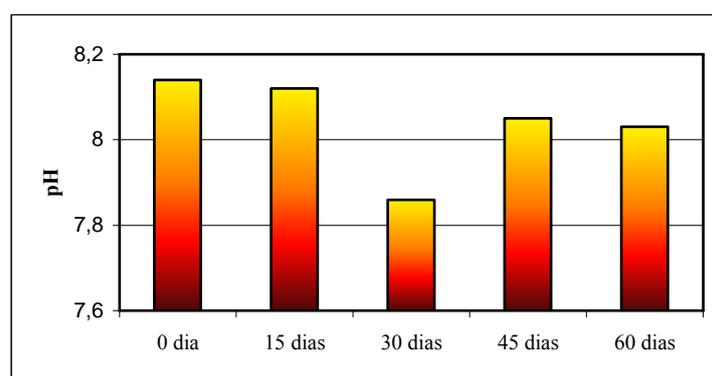


Fig. 18. Valores do pH obtidos durante o período de estudo realizado em campo.

As médias quinzenais das concentrações de oxigênio dissolvido observadas durante o período de estudo, não apresentaram diferenças significativas. Esse parâmetro variou de $6,55 \pm 2,35 \text{ mgL}^{-1}$ no início do experimento (0 dia), para $7,95 \pm 1,55 \text{ mg L}^{-1}$ na terceira quinzena (30 dias) (**Fig. 19**). O valor médio obtido foi de $6,80 \pm 2,20 \text{ mg L}^{-1}$.

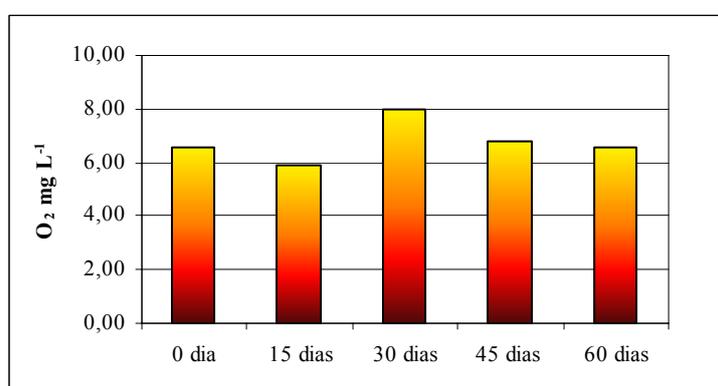


Fig. 19. Valores do Oxigênio dissolvido (mgL^{-1}) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.

A menor concentração da salinidade foi no início do experimento (0 dia), 34%. A partir da primeira quinzena, esse parâmetro permaneceu constante, até o fim do experimento, com 40% (Fig. 20). Assim como o pH, as amostras da salinidade também não foram submetidas a testes estatísticos devido ao número insuficiente de amostras quinzenais (n=1).

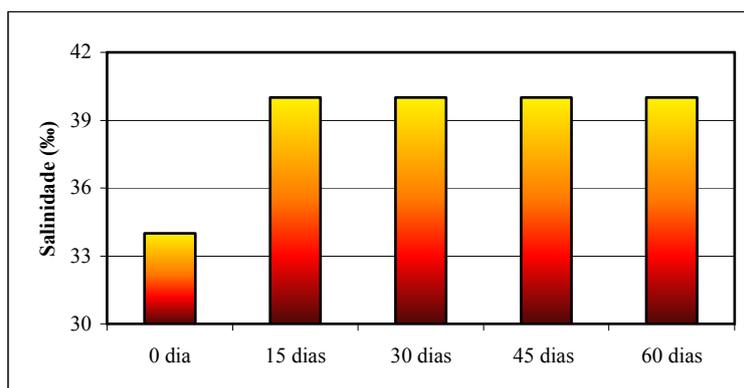


Fig. 20. Valores da salinidade (%) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.

No início do experimento, a concentração do ortofosfato foi de $1,09 \pm 0,06 \mu\text{molL}^{-1}$ e a final de $0,51 \pm 0,02 \mu\text{molL}^{-1}$, obtendo seu pico na segunda quinzena do estudo, quando o valor alcançado foi de $1,14 \pm 0,01 \mu\text{molL}^{-1}$. Na quinzena subsequente, houve um declínio expressivo, atingindo valores iguais a $0,42 \pm 0,03 \mu\text{molL}^{-1}$ (Fig. 21), permanecendo sem grandes alterações até o final do experimento. O valor médio apresentado por este nutriente durante o período de estudo foi $0,88 \pm 0,02 \mu\text{molL}^{-1}$. Foram observadas diferenças altamente significativas entre as quinzenas do experimento ($p < 0,01$; $F = 595,28$).

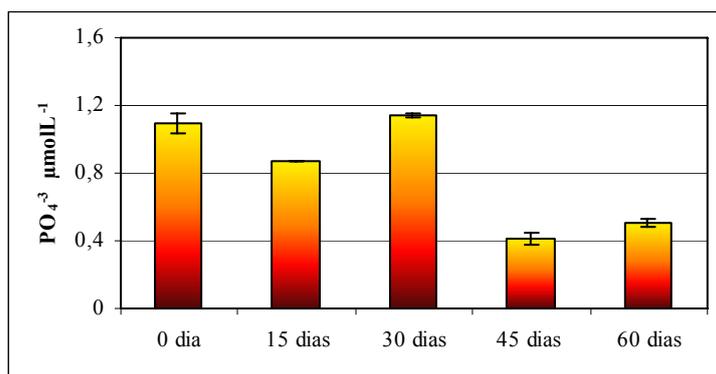


Fig. 21. Valores da concentração do PO_4^{3-} obtidos durante o período de estudo realizado em campo.

O valor médio constatado para a concentração do NH_4^+ durante o período de cultivo foi de $5,03 \pm 1,35 \mu\text{molL}^{-1}$. A menor concentração para este nutriente foi encontrada na segunda quinzena (30 dias) com $3,80 \pm 1,80 \mu\text{molL}^{-1}$ e a maior na terceira quinzena (45 dias), quando alcançou $7,16 \pm 0,72 \mu\text{molL}^{-1}$ (**Fig. 22**). Foram detectadas diferenças significativas entre as quinzenas ($p < 0,01$; $F = 4,26$).

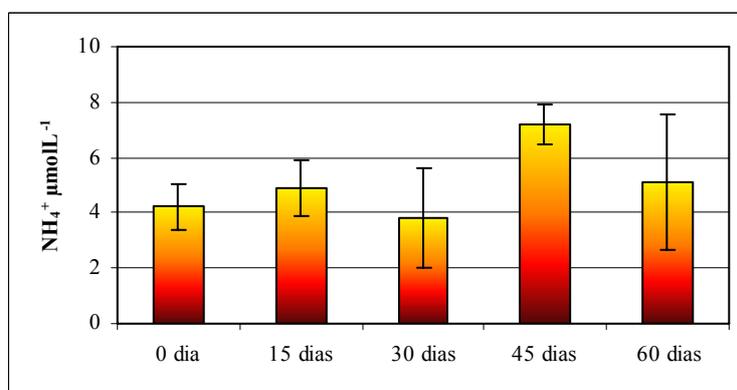


Fig. 22. Valores da concentração do NH_4^+ obtidos durante o período de estudo realizado em campo.

Os resultados iniciais para a concentração de NO_3^- foram de $0,33 \pm 0,02 \mu\text{molL}^{-1}$. Houve um aumento gradativo até os primeiros 30 dias (**Fig. 23**) quando foi alcançado um valor de $0,51 \pm 0,00 \mu\text{molL}^{-1}$. Na quinzena seguinte (45 dias), este valor decresceu

para $0,158 \pm 0,01 \mu\text{molL}^{-1}$ e novamente declinou até o final do experimento, sendo obtido um resultado de $0,02 \pm 0,00 \mu\text{molL}^{-1}$. A média deste parâmetro durante o período de cultivo foi de $0,29 \pm 0,02 \mu\text{molL}^{-1}$, com diferenças altamente significativas entre as quinzenas ($p < 0,01$).

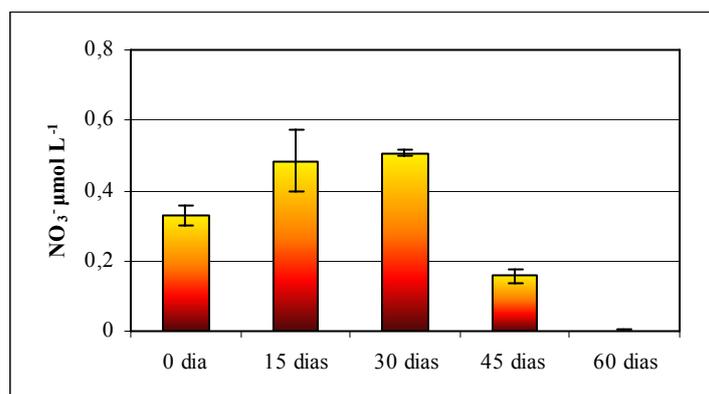


Fig. 23. Valores da concentração do NO_3^- obtidos durante o período de estudo realizado em campo.

Os maiores valores obtidos da biomassa algal foram na primeira quinzena ($649,00 \pm 105,36 \text{ g}$). Houve um declínio na quinzena seguinte, retomando o crescimento no 30º dia e novamente decaindo no 45º dia (**Fig. 24**). Sem diferenças significativas ao longo do experimento, o valor médio obtido da biomassa algal foi de $531,33 \pm 57,51 \text{ g}$.

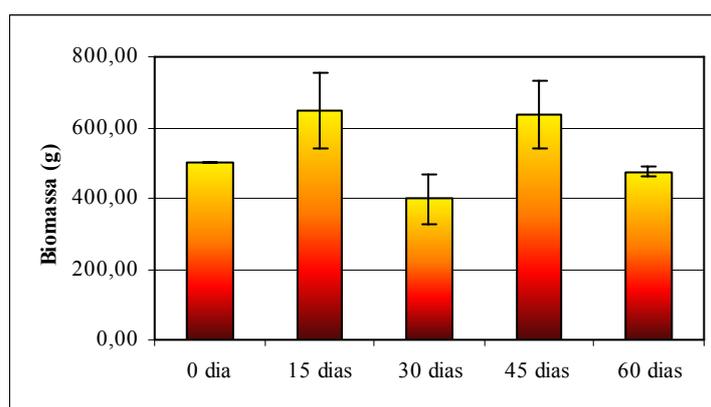


Fig. 24. Valores da biomassa (g) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.

A TCR apresentou um aumento nos primeiros 15 dias do experimento, quando apresentou seus maiores resultados ($1,74 \pm 0,34\%$). O 30º dia foi acompanhado de um declínio, resultando em uma taxa negativa ($-2,47 \pm 0,34\%$) (**Fig. 25**). O mesmo quadro foi observado na terceira (45 dias) e quarta quinzena (60 dias), quando os valores de TCR aumentaram e decresceram. O valor médio para esta variável foi de $0,00 \pm 2,0\%$.

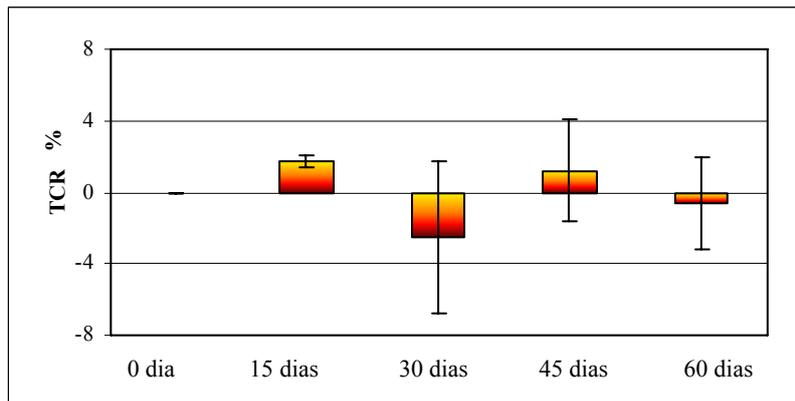


Fig. 25. Valores da TCR (%) obtidos durante o período de estudo realizado em campo.

Da terceira até a última quinzena do período de cultivo, foi observada a presença significativa de epífitas do gênero *Enteromorpha* nas gaiolas (Fig. 26).



Fig. 26. Gaiolas de *Gracilaria birdiae* com a epífita *Enteromorpha* no período de coleta.

4.0 DISCUSSÃO

Em geral, a água dos efluentes e viveiros de camarão apresenta uma carga de partículas sólidas em suspensão bastante elevada, a qual contribui para o aumento da turbidez (Jones *et al.*, 2001^b; Nelson *et al.*, 2001; Neori *et al.*, 2004). Esta por sua vez, limita a absorção da luz pelos produtores primários, afeta a capacidade fotossintética desses organismos e conseqüentemente seu crescimento (Jones *et al.*, 2001^a).

Para minimizar a influência da matéria em suspensão sobre a luz ao nível das macroalgas, a água proveniente do viveiro de camarão usada no experimento foi submetida a um período de sedimentação. Os resultados obtidos nesse estudo (experimento em laboratório) mostraram que a redução do material sólido em suspensão foi bastante eficiente, reduzindo cerca de 86% em um período de 48 horas. Esse resultado confirma o que foi relatado por outros pesquisadores, onde a sedimentação pode ser eficiente na redução do material sólido em suspensão. Jones *et al.* (2001^a), por exemplo, demonstraram uma redução da turbidez de 47% depois de 72 horas, enquanto que, Jackson *et al.* (2003) registraram uma remoção de 60% do material sólido em suspensão em um tempo de residência da água de aproximadamente 18 horas.

Em relação ao desenvolvimento da *G. birdiae* em condições controladas, foi observado que durante todo período do experimento a alga apresentou valores de biomassa superiores ao peso inicial. Esta tendência também foi observada para a TCR, a qual também manteve valores positivos até o final do experimento. Nesse estudo, a TCR mais elevada foi registrada na segunda semana ($2,2 \pm 0,37\%$) e embora esses valores tenham sido relativamente modestos, eles podem ser comparados com estudos realizados por outros autores para outras espécies de *Gracilaria*. Zhou *et al.* (2006) encontraram uma taxa de crescimento de aproximadamente 3,72% para a *G. lamaneiformis* de biomassa inicial de 400 g/m³, quando estas eram co-cultivadas com peixe. Nelson *et al.* (2001) utilizaram efluentes de fazendas de camarão para fertilização da *G. parvispora* cultivadas em gaiolas e observaram uma taxa de crescimento de 1,9 % dia⁻¹ nos primeiros 15 dias de experimento. Msuya e Neori (2002) registraram uma

TCR de 1,5% em *G. crassa* em um trabalho realizado na Tanzânia com efluentes de viveiro de peixes.

Quando submetidas a ambientes ricos em nitrogênio e fósforo, em geral, as macroalgas apresentam altas taxas de crescimento (Qian *et al.*, 1996; Troell *et al.*, 1997, Neiri *et al.*, 2000), outras, no entanto, não toleram as condições eutróficas por longos períodos e podem apresentar redução em sua produtividade (Peckol & Rivers, 1995; Demetropoulos & Langdon, 2004; Zhou *et al.*, 2006). No experimento realizado em campo (viveiro) a espécie *G. birdiae* apresentou valores positivos de biomassa e TCR na primeira (15 dias) e na quarta (45 dias) quinzenas de cultivo. Os valores alcançados durante esse período, embora tenham sido positivos, foram inferiores aos encontrados por outros autores (Troell *et al.*, 1997; Glenn *et al.*, 1998; Fei *et al.*, 2000; Nelson *et al.*, 2001; Wakibia *et al.*, 2001; Tsai *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2006). Os baixos valores registrados nesse estudo podem estar relacionados, provavelmente, a baixa tolerância da espécie a ambientes altamente eutrofizados. Além disso, essas diferenças podem ser atribuídas também as mudanças nas condições do viveiro durante o experimento, especialmente, os nutrientes e a luz.

Alguns autores têm relatado o efeito negativo da carga excessiva de nutrientes sobre o desenvolvimento das macroalgas e em particular, do NH_4^+ , que em altas concentrações pode se tornar tóxico para estes organismos (Lapointe, 1981; Demetropoulos & Langdon, 2004, Tsai *et al.*, 2006; Zhou *et al.*, 2006). Nesse experimento, além da grande quantidade de matéria em suspensão (argila, areia, fitoplâncton, restos de ração, etc) que interferiu indiretamente na captação da luz pelas macroalgas, outro ponto que mereceu relevância foi a presença de algas do gênero *Enteromorpha* que cobriram praticamente toda a superfície da gaiola a partir da terceira quinzena. Fato que contribuiu para a redução da luminosidade dentro das gaiolas, a qual afetou a atividade fotossintética e por conseqüente sua produtividade. A influência de fatores dessa natureza, em relação à disponibilidade de luz para macroalgas cultivadas em sistemas de policultivos, também foi mencionado por outros autores (Friedlander *et al.*, 1996; Nelson *et al.*, 2001; Marinho-Soriano *et al.*, 2002).

O cultivo de macroalga em sistemas integrados pode representar uma interessante alternativa para a melhoria da qualidade da água das diferentes atividades aquícolas. Nesse contexto, a espécie *G. birdiae* usada no presente estudo, embora não tenha apresentado uma alta produtividade, mostrou que tem grande potencial para remover eficientemente o PO_4^{-3} do meio e por conseqüente melhorar a qualidade da água. A capacidade de biofiltração da *G. birdiae* foi notável, mostrando que esta espécie possui alta afinidade por este nutriente. No decorrer do experimento foi registrada uma redução de 93,5%, comprovando a grande eficiência de remoção desta alga em relação a esse nutriente. Estudos anteriores demonstraram que espécies de *Gracilaria* podem reduzir o PO_4^{-3} em sistemas de policultivo (Neori *et al.*, 1998; Troell *et al.*, 1997; Zhou *et al.*, 2006), no entanto, embora a capacidade de biofiltração das espécies usadas como biofiltro tenha sido relevante, apenas os estudos realizados por Jones *et al.* (2001^a) e Martínéz – Aragón *et al.* (2002), apresentaram resultados ligeiramente mais elevados do que aos encontrados no presente trabalho.

Em relação a remoção do NH_4^+ , os resultados obtidos mostraram uma diferença acentuada entre o início e o final do experimento ($11,34 \mu\text{mol L}^{-1} - 7,52 \mu\text{mol L}^{-1}$). Nesse estudo, a capacidade de biofiltração da *G. birdiae* para este nutriente foi cerca de 34%, valores estes, similares aos encontrados por Neori *et al.* (1998) para *G. conferta* e inferiores aos encontrados por Panucci (2004) com *Gracilaria caudata* (59%). Outros estudos têm mostrado uma capacidade de biofiltração para outras espécies de *Gracilaria* superior ao encontrado nesse estudo (Jones *et al.*, 2002; Hernandez *et al.*, 2002; Yang *et al.*, 2006). Nesse caso, fatores relacionados aos parâmetros ambientais, como por exemplo, luz, movimento da água e fatores bióticos, tais como idade da planta e estocagem de nutrientes nos tecidos algais pode ter contribuído para acentuar essas diferenças.

A capacidade de biofiltração do NO_3^- obtido nesse experimento (100%) foi consideravelmente mais elevada do que os resultados encontrados por outros autores para outras espécies de *Gracilaria* (Glenn *et al.*, 1998; Jones *et al.*, 2001^a; Nagler *et al.*,

2003; Panucci, 2004; Yang *et al.*, 2006). A remoção do NO_3^- foi mais alta na primeira quinzena do experimento, a qual coincidiu com o maior ganho de biomassa. Ao final do experimento (28 dias) a alga removeu todo o NO_3^- disponível na água. Os valores obtidos neste trabalho mostraram que *G. birdiae* foi eficiente na remoção dessa forma nitrogenada, mostrando-se adequada para ser usada como biofiltro. Esses resultados revelaram que a *G. birdiae* é comprovadamente a alga-biofiltro com elevada taxa de remoção do NO_3^- em condições de laboratório, com valores de remoção acima do mais alto valor anteriormente descrito para um biofiltro do gênero *Gracilaria* (Jones *et al.*, 2001^a).

5.0 CONCLUSÃO

A taxa de crescimento relativo obteve seus melhores resultados na primeira quinzena do experimento, tanto no estudo em laboratório quanto no de campo. No geral, os resultados obtidos mostraram que a taxa de crescimento relativo da macroalga foi modesta, provavelmente devido a algum tipo de intolerância da *G. birdiae* quando submetida a ambientes eutróficos.

Em contrapartida ao crescimento pouco expressivo, a *G. birdiae* mostrou que pode remover significativamente a concentração dos nutrientes aqui estudados (PO_4^{-3} , NH_4^+ e NO_3^-) na água de viveiros. A absorção da concentração de PO_4^{-3} e a do NO_3^- , foram as mais surpreendentes, apresentando uma remoção de 93,5% e 100% respectivamente. Tal fato comprova a enorme afinidade da *G. birdiae* por estes nutrientes.

Em função das características já citadas, constata-se que a *G. birdiae* é viável na remoção de nutrientes da água provenientes do meio eutrófico, podendo ser uma potencial candidata na utilização da aquicultura sustentável.

6.0 REFERÊNCIAS

ABCC. 2002. O Agronegócio do camarão marinho cultivado. Associação Brasileira de Criadores de Camarão, 20p.

BIAO, X.; ZHUHONG, D.; XIAORONG, W. 2004. Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China. *Marine Pollution Bulletin*. 48, 543-553.

BRZESKI, V. & NEWKIRK, G. F. 1997. Integrated coastal food production systems - a review of current literature. *Ocean Coastal Management*. 34, 55 - 71.

BUSCHMANN, A. H.; MORA, O. A.; GÓMEZ, P.; BÖTTGER, M.; BUITANO, S.; RETAMALES, C.; VERGARA, P. A.; GUTIERREZ, A. 1994. *Gracilaria chilensis* outdoor tank cultivation in Chile: use of land-based salmon culture effluent. *Aquacultural Engineering*. 13, 283 – 300.

BUSCHMANN, A.; TROELL, M.; KAUTSKY, N.; KAUTSKY, L. 1996. Integrated tank cultivation of salmonids and *Gracilaria chilensis* (Graciariales, Rhodophyta). *Hydrobiology*. 326/327, 75 – 82.

CÂMARA, M.R. 2000. Artemia no Brasil: do extrativismo ao cultivo. *Panorama da Aqüicultura*. 10 (62), 15 – 19.

CARVALHO FILHO, J. 2004. Algas: uma alternativa para as comunidades pesqueiras? *Panorama da Aqüicultura*. 14 (84), 53-56.

CHOPIN, T.; YARISH, C.; WILKES, R.; BELYEA, E.; LU, S.; MATHIESON, A. 1999. Developing *Porphyra*/salmon integrated aquaculture for bioremediation and diversification of the aquaculture industry. *Journal of Applied Phycology*. 11, 463– 472.

CHOPIN, T.; BUSCHMANN, A.H.; HALLING, C.; TROELL, M.; KAUTSKY, N.; NEORI, A.; KRAEMER, G.; ZERTUCHE-GONZALEZ, J.; YARISH, C.; NEEFUS, C. 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key toward sustainability. *Journal of Applied Phycology*. 37, 975-986.

CHOW, F.Y.; 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, oysters, and sea urchins. *Journal World Aquaculture*. 32 (2), 215– 220.

CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E; TRUSSEL, R.R. 1989. Standard Methods: for the Examination of Water and Wasterwater. *American Public Health Association*, New York.

DE CASABIANCA, M.L.; MARINHO-SORIANO, E.; LAUGIER, T. 1997. Growth of *Gracilaria bursa pastoris*: a Mediterranean lagoon: Thau, France. *Botanic Marine*. 40, 29-37.

DEMETROPOULOS, C. L. & LANGDON, C. J. 2004. Enhanced production of Pacific dulse (*Palmaria mollis*) for co-culture with abalone in a land-based system: nitrogen, phosphorus, and trace metal nutrition. *Aquaculture*. 235, 433-455.

DUMAS, A.; LALIBERTE, G.; LESSARD, P.; DEL LA NOUE, J. 1998. Biotreatment of fish farm effluents using the cyanobacterium *Phormidium bohneri*. *Aquacultural Engineering*. 17, 57–68.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2000. The State of World Fisheries and Aquaculture 2000.

FAO - Food and Agricultural Organization of the United Nations - A guide to the seaweed industry, 2003. Edição eletrônica

http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/Y4765E/y4765e05.htm. Acessado em 25 de janeiro de 2006.

FAO- Food and Agricultural Organization of the United Nations - National Aquaculture Overview – Brazil, 2004. Edição eletrônica.

http://www.fao.org/figis/servlet/static?dom=countrysector&xml=naso_brazil.xml.

Acessado em 29 de janeiro de 2006.

FEI, X.G.; LU, S.; BAO, Y.; WILKES, R.; YARISH, C. 1998. Seaweed cultivation in China. *Journal World Aquaculture*. 29, 22– 24.

FEI, X.G.; BAO, Y.; LU, S. 2000. Seaweed cultivation - traditional way and its reformation. *Oceanology and Limnology*. 31, 575–580.

FRIEDLANDER, M.; WEINTRAUB, N.; FREEDMAN, A.; SHEER, J. SNOVSKY, Z.; SHAPIRO, J.; KISSIL, G. W. 1996. Fish as potential biocontrollers of *Gracilaria* (Rhodophyta) culture. *Aquaculture*. 145, 113-118.

GLENN, E. P; MOORE, D.; BROWN, J. J.; TANNER, R., FITZSIMMONS, K.; AKUTIGAWA, K.; NAPOLEAN. S. 1998. A sustainable culture system for *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) using sporelings, reef growout and floating cages in Hawaii. *Aquaculture*. 165, 221–232

HERNÁNDEZ, I; MARTÍNEZ-ARAGÓN, J. F.; PÉREZ-LLORÉNS, J.L.; VÁZQUEZ, R.; VERGARA, J. J. 2002. Biofiltering efficiency in removal of removal nutrients by three species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) waste waters 2. Ammonium. *Journal of Applied Phycology*. 14, 375-384.

JACKSON, C. J.; PRESTON, N.; BUFORD, M. A.; THOMPSON, J. P. 2003. Managing the development of sustainable shrimp farming in Australia: the role of sedimentation ponds in treatment of farm discharge water. *Aquaculture*. 146, 113-118.

JONES, A. B.; DENNISON, W. C.; PRESTON, N. P. 2001^a. Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. *Aquaculture*. 193, 155 – 178.

JONES, A.B.; O'DONOHUE, A. B.; DENNISON, W. C. 2001^b. Assessing ecological impacts of shrimp and sewage effluent: biological indicators with standard water quality analyses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 52, 91-109.

JONES A. B.; PRESTON, N. P.; DENNISON, W. C. 2002. The efficiency and condition of oysters and macroalgae used as biological filters of shrimp pond effluent. *Aquaculture research*. 33, 1 – 19.

KROM, M. D.; ELLNER, S.; Van RIJN, J.; NEORI, A. 1995. Nitrogen and phosphorus cycling and transformations in a prototype “non-polluting” integrated mariculture system, Eilat, Israel. *Marine Ecology*. 118, 25– 36.

LAPOINTE, B. E. 1981. The effects of light and nitrogen on growth, pigment content, and biochemical composition of *Gracilaria foliifera* V. *Angustissima* (Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*. 17, 90-95.

LUBCHENCO, J. 2003. The blue revolution: a global ecological perspective. *Aquaculture*. 34, 8–10.

MARINHO-SORIANO, E.; MORALES, C. ; MOREIRA, W. S. C. 2002. Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta) in shrimp pond effluents in Brazil. *Aquaculture Research*. 33, 1081-1086.

MARINHO-SORIANO, E. 2005. Filtros vivos para limpar a água. *Ciência Hoje*. 37, (216), 67-69.

MARTÍNEZ-ARAGON, J. F.; HERNÁNDEZ, I.; PÉREZ-LLORENS, V. R.; VERGARA, J. J. 2002. Biofiltering efficiency in removal of dissolved nutrients by tree species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) waste waters. 1. Phosphate. *Journal of Applied Phycology*. 14, 365 – 374.

MSUYA, F.E. & NEORI, A. 2002. *Ulva reticulata* and *Gracilaria crassa*: Macroalgae that can biofilter effluents from tidal fishponds in Tanzânia. *Marine Science*. 2, 117 – 126.

NAGLER, P. L.; GLENN, E. P.; NELSON, S. G.; NAPOLEAN, S. 2003. Effects of fertilization treatment and stocking density on the growth and production of the economic seaweed *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) in cage culture at Molokai, Hawaii. *Aquaculture*. 219, 379 – 391.

NAYLOR, R. L.; GOLDBERG, R. J.; MOONEY, H.; BEVERIDGE, M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; KAUTSKY, N.; LUBCHENCO, J.; PRIMAVERA, J.; WILLIAMS, M.; 1998. Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. *Science*. 282, 883–884.

NELSON, S. G.; GLENN, E. P.; CONN, J.; MOORE, D.; WALSH, T.; AKUTAGAWA, M. 2001. Cultivation of *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) in shrimp-farm effluent ditches and floating cages in Hawaii: a two-phase polyculture system. *Aquaculture*. 193, 239-248.

NEORI, A.; KROM, M. D.; ELLNER, S. P.; BOYD, C. E.; POPPER, D.; RABINOVITCH, R.; DAVISON, P. J.; DVIR, O.; ZUBER, D.; UCKO, M.; ANGEL, D.; GORDIN, H. (1996). Seaweed biofilters as regulators of water quality in integrated fish-seaweed culture units. *Aquaculture*. 141, 183-199.

NEORI, A.; RAGG, N. L. C.; SHPIGEL, M. 1998. The integrated culture of seaweed , abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: II. Performance and nitrogen partitioning within an abalone (*Haliotis tuberculata*) and macroalgae culture system. *Aquacultural Engineering*. 17, 215-239.

NEORI, A.; SHPIGEL, M.; BEN-EZRA, D. 2000. A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. *Aquaculture* 186, 279 – 291.

NEORI, A.; CHOPIN, T.; TROELL, M.; BUSCHMANN, A. H.; KRAEMER, G. P. M.; TARISH, C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*. 231, 361-391.

PANNUCI, R. A. 2004. Uso da Macroalga *Gracilaria caudata* J. Agardh como biofiltro no tratamento de efluentes de carcinicultura. *Dissertação de Mestrado. DOL/UFRN*. 49 paginas.

PECKOL, P.; RIVERS, J. S. 1995. Physiological responses of the opportunistic macroalgae *Cladophora vagabunda* (L.) van den Hoek and *Gracilaria tikvahiae* (McLachlan) to environmental disturbances associated with eutrophication. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 190, 1-16.

PETRELL, R. J.; MAZHARI TABRIZI, K.; HARRISON, P. J. ; DRUEHL, L. D. 1993. Mathematical model of *Laminaria* production near a British Columbian salmon sea cage farm. *Journal of Applied Phycology*. 5, 1 – 14.

PORRELLO, S.; LENZI, M.; PERSIA, E.; TOMASSETTI, P.; FINOIA, M. G. 2003. Reduction of aquaculture wastewater eutrophication by phytotreatment ponds system: I. dissolved and particulate nitrogen and phosphorus. *Aquaculture*. 219, 515-529.

QIAN, P. Y.; WU, C. Y.; WU, M.; XIE, Y. K. 1996. Integrated cultivation of the red alga *Kappaphycus alvarezii* and the pearl oyster *Pinctada martensi*. *Aquaculture*. 147, 21-35.

ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J.; AMORIM, L. 2004 A carcinicultura brasileira em 2003. *Revista da AACC*. 6 (1) 30 – 36.

SCHUENHOFF, A.; SHPIGEL, M.; LUPATSCH, I.; ASHKENAZI, A.; MSUYA, F. E.; NEORI, E. 2003. A semi-recirculating, integrated system for the culture of fish and seaweed. *Aquaculture*. 221, 167-181.

STRICKLAND J.D.H. & PARSONS T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada*, Ottawa, p. 310.

TROELL, M.; HALLING, C.; NILSSON, A.; BUSCHMANN, A.H.; KAUTSKY, N.; KAUTSKY, L. (1997). Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture*. 156, 45-61.

TSAI, C-C; CHANG, J-S.; SHEU F.; SHYU Y-T.; YU. A. Y-C.; WONG, S-L.; DAI, C-F.; WONG, S-L.; DAI, C-F.; LEE, T-M. 2006. Seasonal growth dynamics of *Laurencia papillosa* and *Gracilaria coronopifolia* from a highly eutrophic reef in southern Taiwan: temperature limitation and nutrient availability. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 315, 49– 69

VERGARA, J. J.; NIELL, F. X. 1993. Effects of nitrate availability and irradiance on internal nitrogen constituents in *Corallina elongata* (Rhodophyta). *Journal Applied of Phycology*. 29, 285-293.

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. C. E. 2004. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. *Química Nova*. 27 (1), 139-145.

WAKIBIA, J. G.; ANDERSON R. J.; KEATS D. W. 2001. Growth rates and agar properties of three gracilarioids in suspended open-water cultivation in St. Helena Bay, South Africa. *Journal of Applied Phycology*. 13, 195–207.

YANG, Y-F.; FEI, X-G.; SONG J-M.; HU, H-Y.; WNG, G-C.; CHUNG, I-K. 2005. Growth of *Gracilaria lemaneiformis* under different cultivation conditions and its effects on nutrient removal in Chinese costal waters. *Aquaculture*. In Press, Corrected Proof, Available online 6 December 2005.

ZHOU, Y.; YANG, H.; HU. H.; LIU, Y.; MAO, Y.; ZHOU. H.; XU, X.; ZHANG, F. 2006. Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of north China. *Aquaculture*. 252, 264 – 276.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)