

Marcella Araújo do Amaral Carneiro

**Fenologia, aspectos ecofisiológicos e seleção de
linhagens em cultivos no mar de *Gracilaria birdiae*
(Rhodophyta, Gracilariales) no Estado do Rio
Grande do Norte, Brasil**

Phenology, ecophysiological aspects and strains
selection of *Gracilaria birdiae* (Rhodophyta,
Gracilariales) cultivated in the sea at Rio Grande do
Norte State, Brazil

São Paulo

2011

Marcella Araújo do Amaral Carneiro

**Fenologia, aspectos ecofisiológicos e seleção de
linhagens em cultivos no mar de *Gracilaria birdiae*
(Rhodophyta, Gracilariales) no Estado do Rio
Grande do Norte, Brasil**

Phenology, ecophysiological aspects and strains
selection of *Gracilaria birdiae* (Rhodophyta,
Gracilariales) cultivated in the sea at Rio Grande do
Norte State, Brazil

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da
Universidade de São Paulo, para obtenção do
Título de Doutor em Ciências Biológicas, na área
de Botânica.

Orientadora: Estela Maria Plastino

Coorientadora: Eliane Marinho Soriano

São Paulo

2011

Carneiro, Marcella Araújo do Amaral

Fenologia e cultivo no mar de *Gracilaria birdiae* (Rhodophyta, Gracilariales) no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: aspectos ecofisiológicos e seleção de linhagens. 134 p.

Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Botânica.

1. *Gracilaria birdiae*; 2. Fenologia; 3. Cultivo no mar; 5. Pigmentos; 4. Fotossíntese I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Botânica.

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Orientador(a)

*Dedico essa Tese aos meus pais, Daguia e Amaral, pelo apoio e encorajamento.
Ao meu esposo, André, por todo amor, compreensão e companhia ao longo de minha
trajetória; e à Letícia, minha filhota querida, fonte de toda minha força e perseverança.*

“Há duas maneiras de viver a vida: a primeira é vivê-la como se os milagres não existissem. A segunda é vivê-la como se tudo fosse milagre.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof^a. Dra. Estela Maria Plastino pela amizade, dedicação e compreensão. Obrigada pelos ensinamentos!

À Prof^a. Dra. Eliane Marinho, pela amizade e dedicação durante todos esses anos de convivência e por ter permitido a utilização do Laboratório de Macroalgas Marinhas (DOL-UFRN) como apoio fundamental para a realização desse trabalho. Obrigada pelas valiosas sugestões!

À minha família por todo o apoio e incentivo que sempre me forneceram; sem vocês eu não teria conseguido!

Ao meu esposo André pelo amor, amizade, compreensão e força nos momentos de desânimos.

À minha querida filha Letícia, por sempre estar disposta a perdoar os vários momentos de ausência e sofrimento pelos quais enfrentamos. Saiba que de agora em diante estaremos sempre juntas!

À Serena pelos momentos alegres e descontraídos e pela transferência gratuita de afeto.

À Universidade de São Paulo e Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica) pela oportunidade de realização desse sonho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo apoio logístico e intelectual ao longo de toda minha vida acadêmica.

Ao CNPq e Ministério da Pesca e Aquicultura pelo apoio financeiro para execução desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Pio Colepicolo (Departamento de Bioquímica – IQ/USP), pela amizade e por disponibilizar o PAM durante esse trabalho.

À Aline, Dinaelza e Lígia pelos valiosos ensinamentos sobre o manuseio do PAM e análise dos dados.

A Profa. Dra. Fungyi e à Janaína pelo auxílio na determinação dos teores de 3,6-AG e Sulfato. Eu não teria realizado nem a metade do que fiz, sem a ajuda de vários amigos do laboratório de Macroalgas Marinhas: Aline, Alex, Liliane, Lucas, Gustavo, Hotência, Victor, Lalinha, Stella Carol e Sérgio. Agradeço a todos vocês, pela amizade e pelo (enorme) auxílio nos trabalhos de campo e laboratório.

Ao Rosário, pela amizade e ajuda nos cultivos em laboratório, mesmo que à distância.

Aos LAMigos que tive a oportunidade de conhecer e conviver, embora por períodos curtos, mas que propiciaram momentos muito agradáveis e inesquecíveis: Amanda, Bia, Cauê, Carol, César, Cíntia Iha, Cíntia Cristina, Daniela K., Daniela M., Daniela R., Fabíola, Fábio, Fádía, Guilherme, Henrique, Janaína, José, Lagosta, Leila, Letícia, Lígia, Luciana, Manú, Mônica, Natália, Nelso, Spoke. Foi muito bom estar com vocês!

Um agradecimento especial à Bia e Lígia que fizeram uma leitura crítica dessa tese e que me ajudaram com os abstracts.

Aos que me acolheram tão bem durante as minhas temporadas super corridas em SP: Taty e Dani; Profa. Estela e D. Guiomar; Manú, Luana e Luciana; Bia (vovó) e Dadá; Cíntia e Lissie – Muito obrigada por tudo!

Em especial, aos meus amigos especiais que estão sempre próximos a mim e que me auxiliaram em vários momentos a reencontrar a paz e tranquilidade, e assim continuar a trilhar no caminho que escolhi...

A todos aqueles que eu não citei, mas que de uma maneira ou de outra, me ajudaram nesta importante etapa de minha vida.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 – Introdução Geral	5
1. Introdução	5
1.1. Panorama do cultivo de macroalgas no mundo	5
1.2. Cultivo de algas vermelhas no Brasil	6
1.3. Metodologias adotadas no cultivo de macroalgas	8
1.4. Luz e pigmentos de algas marinhas	9
1.5. Considerações sobre a espécie em estudo - <i>Gracilaria birdiae</i>	10
2. Objetivos	12
2.1. Objetivo geral	12
2.2. Objetivos específicos	12
3. Materiais e Métodos	12
3.1. Material biológico	12
3.2. Condições gerais de cultivo em laboratório	13
3.2.1. Manutenção das algas no Laboratório de Algas Marinhas (IBUSP)	13
3.2.2. Manutenção das algas no laboratório de Macroalgas Marinhas da UFRN	14
3.3. Local de estudo	14
3.4. Dados climatológicos e parâmetros físico-químicos da água	16
3.5. Condições gerais de cultivo no mar	16
3.5.1. Preparação das estruturas de cultivo	16
3.5.2. Preparação e distribuição das mudas por módulo de cultivo	17
3.6. Determinação da massa fresca e taxas de crescimento	18
3.7. Determinação do conteúdo pigmentar	18
3.7.1. Ficobiliproteínas	18
3.7.2. Clorofila <i>a</i> e carotenoides totais	19
3.7.3. Espectros de absorção	19
CAPÍTULO 2 – Fenologia de uma população de <i>Gracilaria birdiae</i> (Gracilariales, Rhodophyta) no estado do Rio Grande Do Norte, Brasil	21
ABSTRACT	21
RESUMO	21
1. Introdução	22
2. Materiais e Métodos	23
2.1. Material de estudo – <i>Gracilaria birdiae</i>	23

2.2. Local de estudo	24
2.3. Amostragem	24
2.4. Dados climatológicos e parâmetros físico-químicos da água	25
2.5. Análises estatísticas	26
3. Resultados	26
3.1. Dados climatológicos e parâmetros físico-químicos da água	26
3.2. Frequência dos estádios reprodutivos de <i>Gracilaria birdiae</i>	27
3.3. Variação dos comprimentos dos talos de <i>Gracilaria birdiae</i>	28
4. Discussão	30
CAPÍTULO 3 – Cultivos no mar (longa duração) de linhagens selecionadas de <i>Gracilaria birdiae</i> (Gracilariales, Rhodophyta) no estado do Rio Grande do Norte, Brasil: crescimento, composição pigmentar e rendimento e qualidade de polissacarídeos	
	33
ABSTRACT	33
RESUMO	34
1. Introdução	35
2. Materiais e Métodos	36
2.1. Material biológico	36
2.2. Local de cultivo	37
2.3. Dados climatológicos e parâmetros físico-químicos da água	37
2.4. Delineamento experimental	37
2.5. Determinação do conteúdo pigmentar	38
2.6. Rendimento e qualidade do polissacarídeo	38
2.6.1. Rendimento	38
2.6.2. 3,6-anidrogactose	38
2.6.3. Teor de Sulfato	39
2.7. Análises dos dados	39
3. Resultados	40
3.1. Dados climatológicos e parâmetros físico-químicos da água	40
3.2. Cultivo no mar – estação chuvosa	41
3.3. Cultivo no mar – estação seca	43
3.4. Comparação das taxas de crescimento entre as estações chuvosa e seca	45
3.5. Comparação das taxas de crescimento entre as linhagens	48
3.6. Composição pigmentar	49

3.6.1. Ficoeritrina _____	52
3.6.2. Ficocianina _____	54
3.6.3. Aloficocianina _____	56
3.6.4. Clorofila <i>a</i> _____	58
3.6.5. Carotenoides totais _____	60
3.6. Rendimento e qualidade do polissacarídeo _____	61
3.6.1. Rendimento do polissacarídeo _____	62
3.6.2. 3,6-anidrogactose _____	63
3.6.3. Teor de Sulfato _____	64
4. Discussão _____	66
4.1. Taxas de crescimento _____	66
4.2. Pigmentos _____	69
4.3. Rendimento e qualidade de polissacarídeos _____	72
CAPÍTULO 4 – Cultivos no mar (curta duração) de linhagens selecionadas de <i>Gracilaria birdiae</i> (Gracilariales, Rhodophyta) no estado do Rio Grande do Norte, Brasil: crescimento, fluorescência da clorofila e composição pigmentar _____	
ABSTRACT _____	75
RESUMO _____	76
1. Introdução _____	77
2. Material e Métodos _____	78
2.3. Local de cultivo _____	79
2.4. Delineamento experimental _____	79
2.5. Fluorescência <i>in vivo</i> da clorofila _____	79
2.6. Determinação do conteúdo pigmentar _____	80
2.7. Análise estatística _____	81
3. Resultados _____	81
3.1. Taxas de crescimento _____	81
3.2. Fluorescência <i>in vivo</i> da clorofila _____	84
3.2.1. Fotossíntese máxima _____	87
3.2.2. Rendimento quântico efetivo _____	88
3.2.3. Eficiência fotossintetizante (α ETR) _____	89
3.2.4. Saturação luminosa _____	90
3.3. Composição pigmentar _____	92

3.3.1. Ficoeritrina	94
3.3.2. Ficocianina	95
3.3.3. Aloficocianina	97
3.3.4. Clorofila α	98
3.3.5. Carotenoides totais	99
4. Discussão	101
4.3. Taxas de crescimento	101
4.4. Fluorescência da clorofila α	103
4.5. Pigmentos	104
CAPÍTULO 5 – Considerações Finais	106
RESUMO (GERAL)	115
GENERAL ABSTRACT	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

1. Introdução

1.1. Panorama do cultivo de macroalgas no mundo

As macroalgas marinhas vêm sendo utilizadas há milênios pelos povos orientais como parte importante de sua dieta alimentar. Além de fonte de alimentos, algumas espécies podem ser utilizadas como matéria-prima para a produção de ficocoloides, alcançando assim um alto valor no mercado mundial (ARMISÉN, 1995; TRONO JR., 1999; TSENG, 2001). Embora em menor escala, as algas podem também ser utilizadas para outros fins, como por exemplo, no complemento para ração animal (NAIDOO *et al.*, 2006; MARINHO-SORIANO *et al.*, 2007; ROTHMAN *et al.*, 2009), adubo, fertilizantes líquidos e produtos cosméticos e terapêuticos (SILVA *et al.*, 1998a, DRUEHL, 2003; CARDOZO *et al.*, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2011) ou como filtros biológicos no tratamento dos resíduos gerados pela aquicultura (MARINHO-SORIANO *et al.*, 2002, 2009; NEORI *et al.*, 2004; MATOS *et al.*, 2006; MARINHO-SORIANO, 2007; ZHOU *et al.*, 2006).

A indústria mundial de algas marinhas é responsável por um valor estimado de US\$ 7,4 bilhões por ano, sendo 93,8% oriundos da aquicultura e grande parte destinada aos gêneros utilizados diretamente na alimentação humana. Os países do leste e sudeste da Ásia dominam a produção mundial de algas. A China é o maior produtor, sendo responsável por 62,8%, seguida da Indonésia (13,7%), Filipinas (10,6%), República da Coreia (5,9%), Japão (2,9%) e República Democrática Popular da Coreia (2,8%). Em termos de movimentação financeira, o Japão mantém a segunda posição devido ao elevado valor comercial do “nori”. Atualmente, a maior produção de algas cultivadas é de *Laminaria japonica* (“kombu”) (4,8 milhões de toneladas), seguida de *Kappaphycus alvarezii* e *Eucheuma* spp. (3,8 milhões de toneladas), *Undaria pinnatifida* (“wakame”) (1,8 milhões de toneladas), *Gracilaria* spp. (1,4 milhões de toneladas) e *Porphyra* spp. (“nori”) (1,4 milhões de toneladas) (FAO, 2010).

Dentre os polissacarídeos comercializados, a agarana, a carragenana e o alginato são os que apresentam maior importância econômica, podendo ser utilizados como espessantes, estabilizantes e geleificantes pelos mais diversificados ramos das indústrias alimentícia,

cosmética, têxtil, farmacêutica e biotecnológica (McHUGH, 2003; SMIT, 2004; BIXLER & PORSE, 2011).

O ágar é obtido de algumas famílias de algas vermelhas (Rhodophyta) principalmente Gelidiaceae e Gracilariaceae (LAI & LI, 1997). As principais agarófitas são *Gelidium* e *Gracilaria*. Embora em menor quantidade, outras espécies como *Pterocladia* e *Gelidiella* são também utilizadas na obtenção desse ficocoloide. *Gelidium* e *Pterocladia* são considerados os gêneros que produzem o ágar de melhor qualidade (força de gel - cerca de 600 g.m⁻²), sendo geralmente utilizados em processos biotecnológicos (McHUGH, 1991).

Antes da década de 1950, as espécies de *Gracilaria* eram consideradas inadequadas para a exploração comercial por apresentarem um ágar de baixa qualidade. Entretanto, a comercialização de espécies desse gênero foi impulsionada a partir da descoberta do pré-tratamento alcalino, responsável pela conversão das moléculas de L-galactose-6-sulfato em 3,6-anidro-L-galactose e consequentemente aumento da força do gel (McHUGH, 1991). Desta forma, cada vez mais espécies de *Gracilaria* são empregadas para produção de ágar. Entretanto, os estoques naturais têm se mostrado insuficientes para suprir a crescente demanda de consumo e a disponibilidade de matéria-prima tem influenciado os preços em todo o mundo. Assim, os cultivos em grande escala passaram a ser a alternativa mais viável para a sustentabilidade dessa indústria. Esse gênero se tornou bastante empregado em cultivos comerciais, sendo responsável por aproximadamente 80% da produção mundial de ágar (BIXLER & PORSE, 2011). Atualmente, o Chile é o maior fornecedor de *Gracilaria*, representando cerca de 50% da produção mundial. Além do Chile, outros países, como China, Taiwan e Namíbia, vêm se destacando na produção comercial de *Gracilaria*, enquanto que em outras localidades, o interesse em cultivar essas algas vem crescendo cada vez mais (Brasil, Israel, México, Filipinas, África do Sul e Venezuela) (CRITCHLEY & OHNO, 1998; BEZERRA & MARINHO-SORIANO, 2010; GUPTA *et al.*, 2011).

1.2. Cultivo de algas vermelhas no Brasil

Na década de 70, a exploração descontrolada de agarófitas no nordeste brasileiro provocou uma diminuição drástica das reservas naturais, com o desaparecimento de vários bancos ao longo da costa (CÂMARA-NETO, 1982). Nessa época, novos incentivos foram criados para realização de experimentos de cultivos no mar em alguns estados do litoral nordestino,

sendo encontrados valores promissores de crescimento para algumas espécies de *Gracilaria* (LIMA *et al.*, 1981). No entanto, não foram alcançadas produções em escala comercial, provavelmente por falta de conhecimentos básicos sobre as espécies selecionadas para o cultivo. Desde então, a exploração de espécies para fins comerciais no país se resume à coleta manual de algas dos gêneros *Gracilaria* e *Hypnea*, em particular no trecho do litoral nordestino que se estende do estado do Ceará a Paraíba (OLIVEIRA, 1998; VIDOTI & ROLLEMBERG, 2004).

Recentemente, com incentivos fornecidos pela FAO/OCB, cultivos no mar utilizando espécies de *Gracilaria* em escala piloto foram realizados nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba, sendo observado em alguns casos, elevados valores de crescimento (MARINHO-SORIANO, 2005; BEZERRA & MARINHO-SORIANO, 2010). Cultivos de macroalgas foram também realizados no litoral baiano com o intuito de selecionar espécies que apresentassem maior potencialidade, sendo *G. cornea* escolhida como a mais viável para o sistema testado (ACCIOLY & PAULA, 2002; ACCIOLY, 2005). Outros experimentos de cultivo em ambientes diferentes, como estuários e viveiros de camarão, foram realizados com *G. caudata* (MARINHO-SORIANO *et al.*, 2002, 2009a), *G. cervicornis* (CARNEIRO, 2007), *G. domingensis* (CASTELO-PEREIRA *et al.*, 2007) e *G. birdiae* (OLIVEIRA, 2007), no Rio Grande do Norte, indicando boas perspectivas de crescimento, com taxas mais elevadas variando de 2,28%.d⁻¹ (MARINHO-SORIANO *et al.*, 2009b) a 8,8%.d⁻¹ (MARINHO-SORIANO *et al.*, 2002).

Com relação ao sul e sudeste do país, estudos com *Kappaphycus alvarezii* foram conduzidos no estado de São Paulo (PAULA *et al.*, 1999, 2002; HAYASHI *et al.*, 2007a, b) e outros estão em andamento em Santa Catarina (HAYASHI *et al.*, 2011). Atualmente, são encontrados cultivos comerciais dessa espécie no estado do Rio de Janeiro, nas baías de Ilha Grande e de Sepetiba (REIS *et al.*, 2005; CASTELAR *et al.*, 2009a, b). Além disso, em Santa Catarina, foram realizados alguns experimentos com o objetivo de avaliar o potencial de cultivo de *G. caudata*, *G. domingensis* e *H. musciformis* no mar (CUNHA *et al.*, 1999). Nessa mesma região, foram obtidas excelentes taxas de crescimento para *G. domingensis*, com valores semanais de até 20,21 %.d⁻¹ (YOSHIMURA *et al.*, 2003). Uma revisão mais detalhada dos experimentos de cultivos realizados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil pode ser vista em PELLIZZARI & REIS (2011).

Apesar da existência de estudos e de vários registros positivos sobre o potencial de cultivo na costa brasileira, a implementação dessa atividade em escala comercial não foi ainda efetivada no país. A falta de conhecimento mais detalhado com relação à biologia e ecologia das espécies passíveis de cultivo vem sendo apontada como uma das principais razões do insucesso desses cultivos (OLIVEIRA, 1998; URSI & PLASTINO, 2001).

1.3. Metodologias adotadas no cultivo de macroalgas

Para atingir o cultivo comercial em grande escala, muitos estudos experimentais são necessários, incluindo aqueles relacionados aos aspectos ambientais, ecológicos e biológicos, os quais permitem o desenvolvimento de técnicas mais apuradas de cultivo para cada localidade (WIKFORS & OHNO, 2001; MCHUGH, 2003).

As metodologias adotadas na maioria dos cultivos de *Gracilaria* utilizam a propagação vegetativa (BUSCHMANN *et al.*, 2001). Nesses casos, são utilizados fragmentos de algas que são inseridos diretamente em cordas ou em gaiolas e cultivadas no mar, em tanques ou em viveiros (UGARTE & SANTELICES, 1992; WESTERMEIER *et al.*, 1993; MARINHO-SORIANO *et al.*, 2002, 2009; NAGLER *et al.*, 2003). A utilização de fragmentos tem a vantagem de ser relativamente simples e de fácil manejo, no entanto, a reposição das mudas requer quantidades consideráveis de espécimes nativos, sendo necessário o desenvolvimento de um sistema eficaz para a conservação das populações naturais (MARINHO-SORIANO, 2005). Uma maneira de minimizar essa exploração e ao mesmo tempo obter a biomassa necessária para a continuidade do cultivo é pela propagação por meio de esporos (GLENN *et al.*, 1996; ALVEAL *et al.*, 1997) ou pelo cultivo de linhagens selecionadas e propagadas vegetativamente (SANTELICES, 2001). O cultivo a partir de esporos é bastante promissor (GLENN *et al.*, 1998), no entanto, requer pessoal especializado e uma maior tecnologia para obtenção de bons resultados. Desta forma, a seleção de linhagens mais adaptadas ao cultivo mostra-se como uma alternativa prática e viável, podendo ser utilizada pelas comunidades litorâneas, promovendo a sustentabilidade do cultivo. A biotecnologia oferece algumas alternativas práticas para a seleção e melhoramento das linhagens de interesse comercial. O uso da técnica de micropropagação clonal, por exemplo, promove a multiplicação das linhagens de forma rápida e massiva, aumentando os estoques de plantas matrizes e produzindo um grande número de indivíduos uniformes (COLLANTES *et al.*, 1989; 2004).

1.4. Luz e pigmentos de algas marinhas

As macroalgas têm um importante papel na biosfera, uma vez que são produtores primários e responsáveis pela maior parte da produção dos ecossistemas marinhos. Esses organismos estão na base da cadeia alimentar e servem como fonte de alimento e abrigo para diversas espécies de organismos. Por serem organismos bentônicos, as macroalgas estão sujeitas às variações ambientais do local onde ocorrem.

A distribuição dessas algas ao longo da coluna de água pode ser influenciada por diversos fatores, como por exemplo, luz, temperatura, nutrientes e variação de salinidade (LÜNING, 1990). Dentre eles, a luz pode ser apontada como sendo o principal fator, uma vez que ela influencia diretamente na eficiência da fotossíntese (LOBBAN & HARRISON, 1997; GAO & XU, 2010).

A luz refere-se à faixa do espectro eletromagnético em que os comprimentos de onda são visíveis ao olho humano e está situada entre a região do ultravioleta e infravermelho. No entanto, existem diferenças entre a sensibilidade espectral do olho humano e dos pigmentos fotossintetizantes das plantas.

Os três grupos de pigmentos envolvidos na fotossíntese das algas são as clorofilas, as ficobiliproteínas e os carotenoides (LÜNING, 1990). Esses pigmentos possuem diferentes picos de absorção, e juntos eles absorvem uma ampla faixa (350 a 700nm) denominada de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) (LOBBAN & HARRISON, 1997). A clorofila *a* é o principal pigmento da fotossíntese, sendo encontrada em todas as algas. As outras clorofilas, bem como os demais pigmentos, funcionam como acessórios na fotossíntese, transferindo a energia luminosa absorvida para a clorofila *a*. Além dessa função, as ficobiliproteínas podem também desempenhar um papel importante no crescimento das algas, pois são utilizadas como reserva de nitrogênio (KURSAR *et al.*, 1983). Os carotenoides, por sua vez, estão relacionados a mecanismos de fotoproteção, dissipando o excesso de energia em calor (URSI *et al.*, 2003; ANDERSSON *et al.*, 2006; SCHUBERT *et al.*, 2006).

As concentrações da clorofila *a*, bem como dos pigmentos acessórios, variam de acordo com a espécie e podem ser afetadas pelas variações ambientais. Algumas espécies apresentam estratégias fotobiológicas e podem exibir alterações significativas do conteúdo pigmentar em resposta às diferentes profundidades e condições de luz disponíveis no ambiente (GÓMEZ *et al.*, 2005; FIGUEROA & GÓMEZ, 2001). Essas acomodações do aparato

fotossintetizante das algas estão relacionadas principalmente às variações na quantidade e qualidade da luz recebidas e podem conferir um maior aproveitamento da luz pela alga (BEER & LEVY, 1983; HONSELL *et al.*, 1984; CARNICAS *et al.*, 1999). Neste sentido, para implantação de cultivos com macroalgas, é necessário o conhecimento prévio da profundidade mais adequada, tendo em vista o melhor aproveitamento da luz.

1.5. Considerações sobre a espécie em estudo - *Gracilaria birdiae*

O gênero *Gracilaria* tem sido alvo de vários estudos no mundo, incluindo o Brasil, devido a sua importância econômica. No Brasil, esse gênero está representado por 18 espécies com ampla distribuição, com registros desde a costa do estado do Maranhão até o Rio Grande do Sul (OLIVEIRA & PLASTINO, 1994). Dentre essas espécies, destaca-se *Gracilaria birdiae* Plastino & E.C. Oliveira que passou a ser alvo de diversos estudos por ser uma das principais espécies exploradas no nordeste brasileiro para a produção de ágar (PLASTINO & OLIVEIRA, 2002). Trata-se de uma espécie de talo cilíndrico e espermatângios com distribuição do “tipo-henriquesiana”, que ocorre desde a costa do estado do Ceará, até o Espírito Santo (PLASTINO & OLIVEIRA, 2002). Seu histórico de vida é do tipo *Polysiphonia*, apresentando uma fase haploide (gametófitos) e duas fases diploides (carposporófito e tetrasporófito) (COSTA & PLASTINO, 2001). O tetrasporófito e o gametófito são isomórficos e independentes, enquanto que o carposporófito desenvolve-se sobre o gametófito feminino. Esse carposporófito é protegido por células do gametófito e forma uma estrutura hemisférica facilmente identificada na superfície do talo denominada de cistocarpo. Os esporos diploides (carpósporos) são liberados gradativamente através do orifício presente no cistocarpo (ostíolo). Cada carpósporo pode desenvolver um novo indivíduo diploide (tetrasporófito). Quando fértil esse tetrasporófito produz tetrasporângios, que sofrem meiose, originando os esporos haploides (tetraspóros). A germinação dos tetraspóros resulta em gametófitos masculinos ou femininos (OLIVEIRA & PLASTINO, 1994; KAIN (JONES) & DESTOMBE, 1995) (Figura 1).

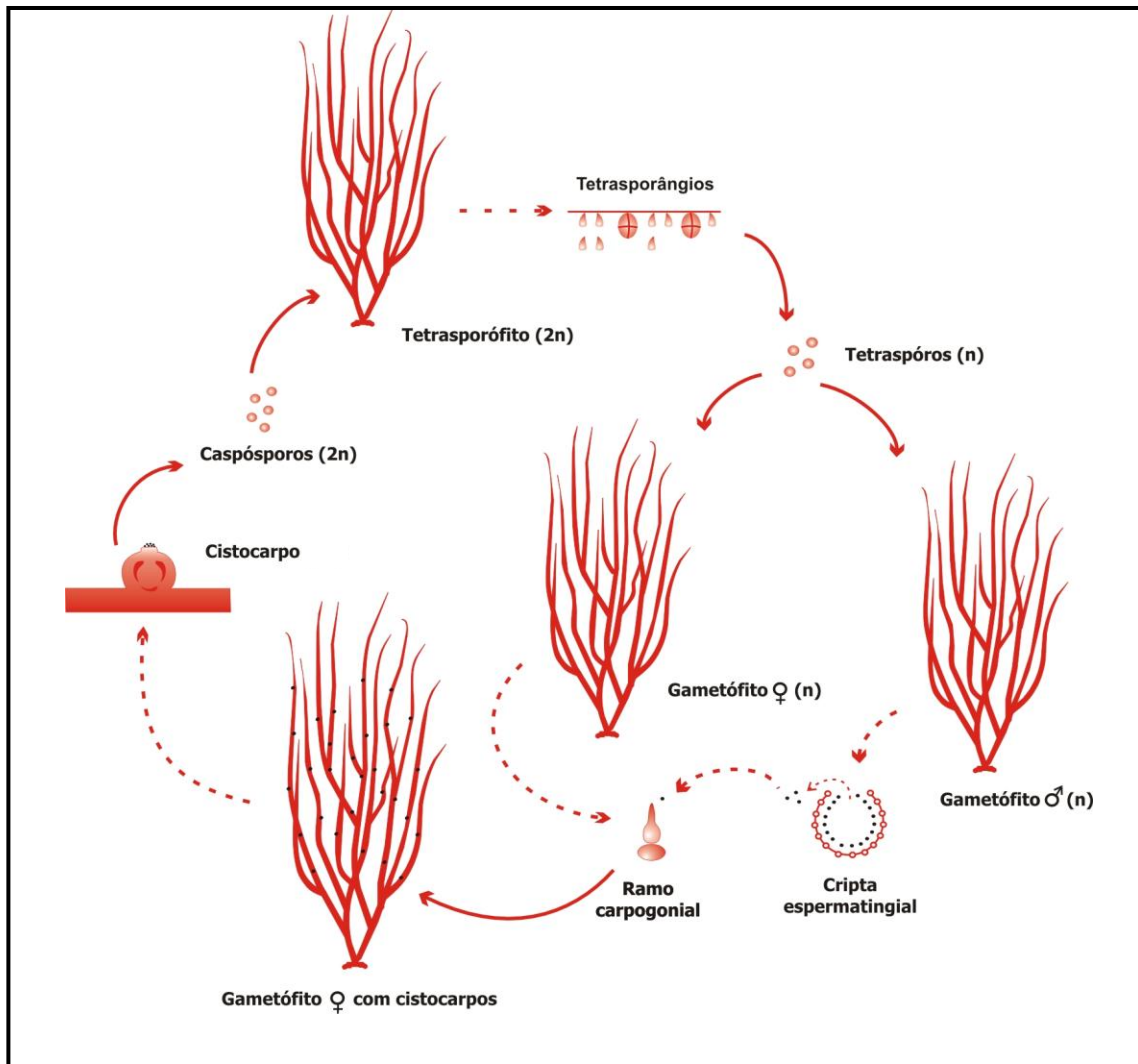


Figura 1. Histórico de vida de *G. birdiae*. Modificado de OLIVEIRA & PLASTINO (1994) E KAIN (JONES) & DESTOMBE (1995).

No ambiente natural, as populações de *Gracilaria birdiae* geralmente exibem as duas fases livres do histórico de vida, sendo, no entanto encontradas diferenças nas proporções entre gametófitos e tetrasporófitos (ARAÚJO, 2005).

Grande parte dos trabalhos realizados em *Gracilaria birdiae* inclui abordagens referentes à diversidade intraespecífica (PLASTINO, 2004). Variantes pigmentares isolados da natureza ou do laboratório vêm sendo caracterizados sob diferentes aspectos: herança de cor e composição pigmentar (COSTA, 2000; COSTA & PLASTINO, 2001, 2011; URSI *et al.*, 2003; PLASTINO *et al.*, 2004; DONATO, 2005), crescimento (URSI, 2000; URSI & PLASTINO, 2001; PLASTINO *et al.*, 2004; BARUFI, 2004; DONATO, 2005), fotossíntese (URSI *et al.*, 2003; DONATO, 2005; AYRES, 2010), polissacarídeos (URSI, 2005) e ultra-estrutura (PLASTINO & COSTA, 1999; AYRES, 2010).

Além disso, os efeitos da radiação UV-B foram avaliados em diferentes linhagens selecionadas (AYRES, 2010).

Gracilaria birdiae vem sendo testada em alguns cultivos experimentais em estuários (MARINHO-SORIANO *et al.*, 2006), e em consórcios com camarão (OLIVEIRA, 2007; MARINHO-SORIANO *et al.*, 2009b) e no mar (BEZERRA & MARINHO-SORIANO, 2010). Esses trabalhos apresentaram taxas de crescimento para a espécie variando entre 3,6 %. d^{-1} e 7,45 %. d^{-1} .

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Investigar aspectos da diversidade intraespecífica de *Gracilaria birdiae* quando cultivada no mar e propiciar subsídios para possível exploração comercial de linhagens selecionadas. Para melhor atingir esse objetivo, foram monitorados diferentes fatores abióticos na região escolhida, levando-se em conta a sazonalidade. Além disso, uma população local foi monitorada, visando relacionar a sua dinâmica com as variações sazonais.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a dinâmica de uma população de *Gracilaria birdiae* considerando-se o comprimento do talo de seus indivíduos, bem como a frequência de diferentes estádios reprodutivos (tetrassporófito, plantas cistocárpicas e gametófito masculino).

- Cultivar no mar, em dois períodos diferentes (chuvoso e seco), linhagens de *Gracilaria birdiae* selecionadas, considerando-se três profundidades e avaliando-se: i, crescimento; ii, fotossíntese; iii, conteúdo pigmentar (clorofila *a*, carotenoides totais, ficoeritrina, ficocianina e aloficocianina); e iv, rendimento e qualidade de polissacarídeos.

3. Materiais e Métodos

3.1. Material biológico

Para os experimentos de cultivo no mar, foram utilizadas, em triplicata, quatro linhagens tetrassporófitas de *Gracilaria birdiae*: (i) espécimes de coloração vermelha (selvagem) procedentes do Estado do Rio Grande do Norte (*vm*-RN) e (ii) espécimes de

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Gracilaria birdiae é uma das principais espécies de macroalga coletadas no nordeste brasileiro para extração de ficocoloides (PLASTINO & OLIVEIRA, 2002). No litoral do Rio Grande do Norte, a colheita dessa alga é realizada de forma extrativista pelas comunidades litorâneas do estado e desempenha um importante papel na economia dessas populações. No entanto, o curto intervalo entre uma coleta e outra não é suficiente para promover a recuperação dos bancos, sendo esta atividade responsável pela diminuição gradual dos estoques de algas da região. Desta forma, novos incentivos visando o manejo adequado das populações naturais e o desenvolvimento de metodologias apropriadas para o cultivo em escala comercial dessa espécie são de extrema necessidade.

A procura por linhagens de algas que apresentem maiores taxas de crescimento e qualidade de ágar tem aumentado nos últimos anos. No Brasil, estudos relacionados à diversidade intraespecífica de *Gracilaria birdiae* incluem abordagens sobre as principais questões fisiológicas de diferentes linhagens selvagens e variantes de cor, visando obter a base científica necessária para auxiliar na seleção de espécimes mais produtivos e sua viabilidade em cultivos no mar.

Dentro desse contexto, no presente estudo, foram investigados aspectos da diversidade intraespecífica de *Gracilaria birdiae* relacionados ao crescimento, pigmentos, fotossíntese e polissacarídeos durante cultivos experimentais no mar. Além disso, uma população de *G. birdiae* foi monitorada, visando relacionar a sua dinâmica com as variações sazonais.

FENOLOGIA DE *Gracilaria birdiae*

A população de *Gracilaria birdiae* selecionada para o estudo fenológico apresentou-se fértil durante o ano todo, com baixa frequência de indivíduos inférteis (~2%). Os tetrasporófitos foram encontrados em maior quantidade, seguidos das plantas cistocárpicas e gametófitos masculinos. A maior dominância da fase tetrasporofítica pode estar relacionada à viabilidade e as taxas de sobrevivência dos carpósporos, embora isso não tenha sido avaliado experimentalmente para essa população.

A proporção sexual de *G. birdiae* foi de 1:1 na maioria dos meses estudados, com poucas exceções. As variações observadas nessa proporção, possivelmente, estiveram relacionadas aos picos de reprodução sexuada, com valores mais elevados de plantas masculinas, em determinado período, seguido de maior ocorrência de plantas cistocárpicas no mês seguinte. Os indivíduos inférteis ocorreram na população de forma sincronizada após períodos bimensais, supostamente quando ocorria a liberação de esporos.

Em relação ao tamanho dos talos, verificou-se uma clara variação sazonal, com valores mais elevados registrados no período chuvoso e os menores no período seco. Esse modelo sazonal é comum para outras espécies de *Gracilaria* de regiões tropicais e parecem estar relacionados às elevadas concentrações de nutrientes que são carreados para o mar pelas fortes chuvas registradas nesse período. Além disso, a redução no tamanho do talo coincidiu com o período em que há o aumento da velocidade do vento, ondas, correntes e movimentação do sedimento em direção aos bancos algais. Os resultados obtidos nesse estudo demonstraram o efeito imperativo das condições ambientais na fenologia reprodutiva dessa população, fornecendo informações relevantes sobre os aspectos reprodutivos dessa espécie.

CULTIVO NO MAR DE LINHAGENS DE *Gracilaria birdiae*

Nos experimentos de cultivo no mar, foram constatadas TCs mais elevadas durante o período chuvoso quando comparado ao seco, e nas profundidades de 30 e 50 cm para a maioria das linhagens de *Gracilaria birdiae*. O desenvolvimento mais acentuado de *G. birdiae* durante o período chuvoso foi também discutido no estudo de fenologia dessa espécie (Capítulo 2) e pode estar relacionado às elevadas concentrações de nutrientes disponíveis durante esse período.

Durante o experimento de cultivo de longa duração (120 dias) constatou-se o efeito negativo do tempo de cultivo para as diferentes linhagens de *Gracilaria birdiae*. As reduções nas TCs observadas com o aumento no tempo de cultivo estiveram relacionadas principalmente ao envelhecimento do talo, sendo registrada a diferenciação de estruturas reprodutivas na maioria deles. Em algumas ocasiões, foi evidenciada a germinação de tetrásporos *in situ*, a partir do crescimento de pequenos talos gametofíticos sobre as algas cultivadas. Além do tempo de cultivo, outros fatores como salinidade e transparência da água, podem ter também influenciado de forma negativa as TCs. A baixa transparência da

água registrada no período chuvoso no local de cultivo esteve relacionada à elevada concentração de material particulado carregado para o mar pelas fortes chuvas. Esse evento, além de ter reduzido a irradiância disponível para os indivíduos cultivados, proporcionou a deposição de material particulado sobre os seus talos. Possivelmente, essa deposição dificultou a captação de luz, e conseqüentemente, reduziu a fotossíntese e o crescimento ao longo do período de cultivo.

A avaliação nas TCs obtidas nos primeiros 60 dias de cultivo indicou variações marcantes para as linhagens verde (*vd-CE*) e vermelha (*vm-RN*), quando comparadas as estações chuvosa e seca, sendo semelhantes para as demais linhagens. Durante o período chuvoso, foram constatados nessas linhagens (*vd-CE* e *vm-CE*) sinais de despigmentação e talos quebradiços, o que poderia ter favorecido a fragmentação e conseqüentemente redução de biomassa e taxas de crescimento. Entretanto, no experimento de cultivo de curto prazo (30 dias) realizado para a avaliação da fotossíntese (Capítulo 4), as TCs dessas linhagens (*vd-CE* e *vm-RN*) foram mais homogêneas entre as estações chuvosa e seca. Além disso, não apresentaram regiões esbranquiçadas nem enfraquecimento dos talos. Esses dados ajudam a reforçar a ideia de que essas linhagens sofreram algum de estresse fisiológico durante a estação chuvosa no experimento de longa duração.

Considerando que as reduzidas TCs da linhagem vermelha-nativa (*vm-RN*) obtidas durante o experimento de cultivo de longa duração (Capítulo 3) tenha sido conseqüência de fatores imprevisíveis (estresse fisiológico ou doença), foi possível verificar, a partir das TCs obtidas no experimento de curto prazo (Capítulo 4), que essa linhagem apresentou também TCs mais elevadas durante o período chuvoso, com valores semelhante às demais linhagens.

Apenas a linhagem verde (*vd-CE*) pareceu apresentar um melhor desempenho durante o período seco, com TCs mais elevadas, e em alguns casos, semelhantes às demais linhagens (Capítulo 3 e 4). Esse resultado pode ser conseqüência da composição pigmentar dessa linhagem. Foram observadas para essa linhagem, nos dois experimentos (curta e longa duração), baixas concentrações de FE em relação às demais linhagens. Por ela ser deficiente em FE é de se esperar que apresente uma menor eficiência em absorver a luz em condições de menor irradiância, quando comparada às demais linhagens. Portanto, parece estar mais adaptada a locais mais iluminados, já que durante o período seco, a irradiância recebida nos cultivos foi maior devido, entre outros aspectos, à transparência da água.

O conteúdo pigmentar observado antes e após os cultivos (30 e 120 dias) das diferentes linhagens de *Gracilaria birdiae*, nas três profundidades e nas duas estações, apresentou reduções significativas. Comparando os dois experimentos de cultivo, observou-se que quanto maior o tempo de cultivo, maior foi a degradação dos pigmentos. Possivelmente, por serem compostos ricos em nitrogênio, foram utilizados no metabolismo das algas para atividades fundamentais do metabolismo. Durante o período seco, essa redução foi mais pronunciada uma vez que a disponibilidade de nutrientes foi bem mais baixa do que quando comparada ao período chuvoso. Além disso, verificou-se que a FE, por se localizar mais externamente no ficobilissomo, foi o primeiro pigmento a ser consumido quando as necessidades internas passaram a ser maiores do que a disponibilidade de nutriente no meio. Por outro lado, a AFC, por estar localizada mais internamente no ficobilissomo, foi o pigmento que menos sofreu alterações quanto ao seu conteúdo, apresentando-se menos sensível às modificações do ambiente.

Com relação à clorofila *a* e aos carotenoides totais, foram observadas diferenças entre os cultivos a longo e curto prazos. No primeiro, as concentrações desses pigmentos, em especial os CT, foram menores durante a estação seca em todas as linhagens, sendo consequência da aclimação do aparato fotossintetizante às condições de luz existentes no local. Com relação ao experimento de curta duração, os valores mais baixos foram observados na estação seca e, na maioria dos casos, nos cultivos mais próximos da superfície.

RENDIMENTO E QUALIDADE DO POLISSACARÍDEO DAS LINHAGENS DE *Gracilaria birdiae*

As linhagens de *Gracilaria birdiae* cultivadas nas diferentes profundidades e durante as estações chuvosa e seca não apresentaram diferenças significativas dos valores de rendimento de polissacarídeo e teores de 3,6-anidrogactose. Verificou-se, no entanto que quando comparados aos valores obtidos nos estudos anteriores para as linhagens de *G. birdiae* utilizando-se o método de extração alcalina (URSI, 2005), os rendimentos obtidos no presente trabalho (extração nativa) foram superiores (Capítulo 3). Quanto ao 3,6-anidrogactose, não foram registradas diferenças entre os valores reportados por estudos anteriores para essas linhagens. Em relação ao teor de sulfato, os valores registrados nesse estudo foram mais elevados do que os teores encontrados para as linhagens gametofíticas de *G. birdiae*, bem como para outras espécies utilizando-se a extração alcalina. De acordo

com esses resultados, podemos supor que a elevada concentração de sulfato do gel pode estar relacionada ao método de extração empregado nesse estudo.

FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA A DAS LINHAGENS DE *Gracilaria birdiae*

Informações relacionadas ao uso de medidas de fluorescência para a obtenção dos parâmetros fotossintetizantes nas macroalgas têm aumentado consideravelmente na última década (FIGUEROA *et al.*, 2006). Esse método está sendo mundialmente aceito para acessar de forma fácil, eficiente e rápida, o desempenho fisiológico das algas nos ambientes naturais (*in situ*) (BEER *et al.*, 2000; GÓMEZ *et al.*, 2004; LAMOTE *et al.*, 2007; ABREU *et al.*, 2009) e em sistemas de cultivo (CABELLO-PASINI *et al.*, 2000). No presente trabalho (Capítulo 4), as linhagens de *Gracilaria birdiae* apresentaram valores de fotossíntese máxima ($ETR_{m\acute{a}x}$) e irradiância de saturação (I_k) distintos entre as estações, com valores mais baixos durante a estação chuvosa. Como visto anteriormente, durante o período chuvoso a quantidade de material particulado no local de cultivo é bastante elevada, e a transparência é muito baixa. Como consequência, a disponibilidade de luz para as algas cultivadas nesse período foi bem menor. Os baixos valores de $ETR_{m\acute{a}x}$ e I_k obtidos durante esse período sugerem a adaptação das diferentes linhagens a essas condições de baixa irradiância. Mesmo no período seco, quando as linhagens de *G. birdiae* estiveram sujeitas a maiores irradiâncias, os valores de $ETR_{m\acute{a}x}$ e I_k foram considerados baixos ($< 200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$). Esses atributos sugerem às linhagens de *G. birdiae* características de plantas de “sombra”, o que estaria compatível com os níveis de irradiância observados nos ambientes submersos em que essa espécie é mais abundante, como verificado no estudo da populacional (Capítulo 1).

TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTOS ÀS COMUNIDADES LITORÂNEAS

A partir dos resultados obtidos durante o desenvolvimento dessa tese dos resultados e incentivos gerados pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) para a criação do Projeto Desenvolvimento de Comunidades Costeiras (DCC) foi possível realizar a transferência de vários conhecimentos para a comunidade pesqueira da praia de Rio do Fogo, Município Rio do Fogo (RN). Atualmente, o pessoal responsável pelo extrativismo dos bancos de *Gracilaria birdiae* compreendem melhor as variações sazonais existentes no local e assim, podem realizar a colheita de forma mais racional e sustentável. Além disso, acreditamos que com as

informações obtidas durante esse trabalho, seja possível implantar o cultivo de linhagens mais produtivas, e aumentar, desta forma, a produtividade dos cultivos em pequena escala existentes no local.

RESUMO (GERAL)

Gracilaria birdiae Plastino & E.C. Oliveira é uma das principais espécies de agarófitas coletadas no nordeste brasileiro. Devido a sua importância econômica, novos incentivos visando o manejo adequado das populações naturais e a seleção de linhagens mais produtivas para o cultivo em escala comercial dessa espécie são de extrema necessidade. Para atingir esses objetivos, o presente trabalho avaliou primeiramente a fenologia reprodutiva e o tamanho dos indivíduos de uma população natural de *G. birdiae* localizada na praia de Rio do Fogo, estado do Rio Grande do Norte, Brasil, durante 12 meses. Em seguida, foram investigados aspectos da diversidade intraespecífica de *Gracilaria birdiae* cultivadas no mar em três profundidades diferentes de cultivo (30, 50 e 80 cm) e em dois períodos distintos (chuvoso e seco). Para os experimentos de cultivo, foram utilizadas quatro linhagens tetrasporofíticas de *Gracilaria birdiae*: espécimes de coloração vermelha (*vm*-CE e *vm*-RN), marrom-esverdeada (*me*-CE) e verde (*vd*-CE). Foram desenvolvidos cultivos de curta (30 dias) e longa (120 dias) duração para a obtenção de informações relacionadas ao crescimento, pigmentos, fotossíntese e polissacarídeos dessas linhagens. A população de *G. birdiae* selecionada para o estudo fenológico apresentou-se fértil durante o ano todo, com baixa frequência de indivíduos inférteis. Além disso, observou-se que o tamanho dos indivíduos dessa população é influenciado pelas mudanças periódicas do ambiente ocasionadas pelos regimes de chuvas e hidrodinamismo. Durante os experimentos de cultivo no mar, os parâmetros ambientais mostraram diferenças significativas entre as estações (chuvosa e seca). Dentre eles, a transparência da água e os nutrientes foram os que mais estiveram relacionados às variações das TCs das linhagens de *G. birdiae*. O tempo de cultivo também influenciou nessas taxas, e as reduções observadas durante o cultivo de longa duração estiveram relacionadas ao envelhecimento do talo. De maneira geral, as TCs mais elevadas foram registradas durante o período chuvoso, nas profundidades de 30 e 50 cm. O conteúdo pigmentar antes e após os cultivos apresentou reduções significativas, principalmente durante o período seco, sendo consequência da baixa disponibilidade de nutrientes. O rendimento e os teores de 3,6-anidrogactose obtidos do ágar das linhagens de *G. birdiae* não apresentaram diferenças entre as estações e profundidades, nem entre as linhagens. O teor de sulfato foi mais elevado durante a estação seca em determinadas profundidades de acordo com a linhagem em questão. As linhagens de *Gracilaria birdiae* apresentaram valores de fotossíntese máxima ($ETR_{máx}$) e irradiância de saturação (I_k) distintos entre as estações, com valores mais baixos durante a estação chuvosa. Esses valores estiveram relacionados à fotoaclimatação das linhagens às condições de baixa luminosidade e sugerem às linhagens de *G. birdiae* características de plantas de “sombra”.

GENERAL ABSTRACT

Gracilaria birdiae Plastino & E.C. Oliveira is the main agarophyte harvested in northeastern Brazil. Due to its economic importance, new incentives for appropriate management of natural beds and the selection of more productive strains for mariculture are extremely necessary. Therefore, this study first evaluated the reproductive phenology and size of individuals from a natural population of *G. birdiae* located at Rio do Fogo beach, Rio Grande do Norte state, Northeast, Brazil, for 12 months. Subsequently, we investigated aspects of intraspecific diversity of *G. birdiae* cultivated in the sea at three different depths (30, 50 and 80 cm) and two seasons (rainy and dry). Four strains of tetrasporophytic plants were used: red (*rd*-CE, *rd*-RN), greenish-brown (*gbw*-CE), and green (*gr*-CE). Short (30 days) and long (120 days) cultivations were developed to obtain information related to growth, pigments, photosynthesis and polysaccharides of these strains. The natural population of *G. birdiae* selected for the phenological study presented fertile individuals throughout the year, with low frequency of infertile individuals. In addition, we observed that the size of the individuals was influenced by seasonal changes of the environment caused by the rains and hydrodynamics. During the cultivation experiments, the environmental parameters showed significant differences between seasons (rainy and dry). Water transparency and nutrients were most related to variations in growth rates of *G. birdiae* strains. The length of the cultivation period also influenced these rates, and reductions observed during the long-term (120 days) were related to the aging of the thallus. In general, highest growth rates were recorded during the rainy season, at depths of 30 and 50 cm. The pigment content before and after the cultivation had significant reductions, particularly during the dry season, as a result of low nutrient availability. The yield and levels of 3,6-anhydrogalactose obtained from agar of *G. birdiae* strains did not differ between seasons and depths, neither between strains. The sulfate content was highest during the dry season in some depths, according to strain involved. *G. birdiae* strains showed values of ETR_{max} and I_k distinct between seasons, with lower values during the rainy season. These values were related to photoacclimation at lower light conditions and suggest to *G. birdiae* strains characteristics of shade plants.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M.H., VARELA, D.A., HENRIQUEZ, L., VILLARROEL, A., YARISH, C. SOUSA-PINTO, I. & BUSCHMANN, A.H. 2009. Traditional vs. Integrated Multi-Trophic Aquaculture of *Gracilaria chilensis* C. J. Bird, J. McLachlan & E.C. Oliveira: productivity and physiological performance. *Aquaculture* 293: 211–220.
- ACCIOLY, M.C. 2005. Esforços para estabelecer cultivos artesanais de macroalgas marinhas na Bahia. In: Anais da X Reunião Brasileira de Ficologia. Salvador 2004. Rio de Janeiro, Museu Nacional. Série Livros 10. pp. 107-114.
- ACCIOLY, M.C. & PAULA, E.J. 2002. Seleção de rodófitas com potencial econômico para cultivo na região do baixo-sul baiano. In: Anais da IX Reunião Brasileira de Ficologia. Santa Cruz, Aracruz, Espírito Santo. Sociedade Brasileira de Ficologia & Fundação Ecossistemas do Espírito Santo. pp. 107.
- AGUILAR-ROSAS, R., CRUZ-CAMPAS, M.E. & TRUJILLO-ORTIZ, A. 2000. Crescimento de *Gracilaria pacifica* Abbott (Rhodophyta) en el Estero de Punta Banda, Baja Califórnia, México. *Hidrobiológica* 10: 74-79.
- AGUIRRE-VON-WOBESER E., FIGUEROA F.L. & CABELLO-PASINI A. 2000. Effect of UV radiation on photoinhibition of marine macrophytes in culture systems. *Journal of Applied Phycology* 12: 159–168.
- ALMEIDA, C.L.F., FALCÃO, H.S., LIMA, G.R.M., MONTENEGRO, C.A., LIRA, N.S., ATHAYDE-FILHO, P.F., RODRIGUES, L.C., SOUZA, M.F.V., BARBOSA-FILHO, J.M. & BATISTA, L.M. 2011. Bioactivities from Marine Algae of the Genus *Gracilaria*. *International Journal of Molecular Sciences* 12: 4550-4573.
- ALVEAL, K., ROMO, H., WERLINGER, C. & OLIVEIRA, E.C. 1997. Mass cultivation of the agar-producing *Gracilaria chilensis* Rhodophyta from spores. *Aquaculture* 148: 77–83.
- 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.
- ANDERSON, R. J., SMIT, A.J. & LEVITT, G. J. 1999. Upwelling and fish-factory waste as nitrogen sources for suspended cultivation of *Gracilaria gracilis* in Saldanha Bay, South Africa. *Hydrobiologia* 398/399: 455–462.

- ANDERSSON, M., SCHUBERT, H., PEDERSÉN, M. & SNOEIJIS, P. 2006. Different patterns of carotenoid composition and photosynthesis acclimation in two tropical red algae. *Marine Biology* 149: 653–665.
- ARAÑO, K.G., TRONO JR, G.C., MONTAÑO, N.E, HURTADO, A.Q. & VILLANUEVA, R.D. 2000. Growth, agar yield and quality of selected agarophyte species from the Philippines. *Botanica Marina* 43: 517–524.
- ARAÚJO, P. 2005. *Ecologia populacional de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta) na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Recife, 95 p. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.
- ARMISÉN, R. 1995. World-wide use and importance of *Gracilaria*. *Journal of Applied Phycology* 7: 231–243.
- AYRES, L. M. 2010. *Efeitos da radiação UV-B em variantes cromáticas de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta): crescimento, conteúdo pigmentar, fotossíntese e ultra-estrutura*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), São Paulo. 146 p. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BARUFI, J.B. 2004. *Efeitos da luz na reprodução, no crescimento e no conteúdo pigmentar de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta)*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), São Paulo, 112 p. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BARUFI, J.B., OLIVEIRA, E.C., PLASTINO, E.M. & OLIVEIRA, M.C. 2010. Life history, morphological variability and growth rates of the life phases of *Gracilaria tenuistipitata* (Rhodophyta: Gracilariales) in vitro. *Scientia Marina* 74(2): 297-303.
- BEER, S. & I. LEVY 1983. Effects of Photon fluence rate and light spectrum composition on growth, photosynthesis and pigment relations in *Gracilaria* sp. *Journal of Phycology* 19: 516-522.
- BEER, S., LARSSON, C., PORYAN O. & AXELSSON, L. 2000. Photosynthetic rates of *Ulva* (Chlorophyta) measured by pulse was amplitude modulated (PAM) fluorometry. *European Journal of Phycology* 35: 69–74.
- BEZERRA, A.F. & MARINHO-SORIANO, E. 2010. Cultivation of the red seaweed *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta) in tropical waters of northeast Brazil. *Biomass and Bioenergy* 34: 1813-1817.

- BIRD, N.L., L.C.M. CHEN, & J. MCLACHLAN. 1982. 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(8): 521-528.
- BIXLER, H.J. & PORSE, H. 2011. A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *Journal of Applied Phycology* 23: 321–335.
- BRITO, L.L. & SILVA, S.T. 2004. Fases reprodutivas de *Gracilaria damaecornis* J. Agardh (Gracilariaceae: Rhodophyta). *Bol Inst Oceanogr Venezuela Univ Oriente* 43: 33–36.
- BUSCHMANN, A.H., WESTERMEIER, R. & RETAMALES, C.A., 1995. Cultivation of *Gracilaria* on the seabottom in southern Chile: a review. *Journal of Applied Phycology* 7: 291–301.
- BUSCHMANN, A.H., CORREA J.A., WESTERMEIER R., HERNANDEZ-GONZALEZ M.C. & NORAMBUENA R. 2001. Red algal farming in Chile: a review. *Aquaculture* 194: 203–220.
- CABELLO-PASINI, A., AGUIRRE-VON-WOBESER, E. & FIGUEROA, F.L. 2000. Photoinhibition of photosynthesis in *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyceae), *Chondrus crispus* (Rhodophyceae) and *Ulva lactuca* (Chlorophyceae) in outdoor culture systems. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 57: 169–178.
- CÂMARA-NETO C. 1982. Cultivo de agarófitas. Uma perspectiva econômica para o litoral do Nordeste. *Série Ciência & Tecnologia* 23p.
- CARDOZO, K.H.M., GUARATINI, T., BARROS, M.P., FALCÃO, V.R., TONON, A.P., LOPES, N.P., CAMPOS, S., TORRES, M.A., SOUZA, A.O., COLEPICOLA, P. & PINTO, E. 2007. Metabolites from algae with economical impact. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part C* 146: 60–78.
- CARNEIRO, M.A.A. 2007. *Estudo do crescimento, eficiência de biofiltração e cinética de absorção de nutrientes ($N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e $P-PO_4^{-3}$) da macroalga *Gracilaria cervicornis* (Turner) J. Agardh*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Bioecologia, Natal, 75 p. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- CARNICAS, E., JIMÉNEZ, C. & NIELL, F.X., 1999. Effects of changes of irradiance on the pigment composition of *Gracilaria tenuistipitata* var. *liui* Zhang et Xia. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 50: 149-158.
- CASTELAR, B., REIS, R.P. & BASTOS, M. 2009a. Contribuição ao programa de monitoramento ambiental da maricultura de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva (Rhodophyta-Solieriaceae) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Acta Bot Brasil* 23: 613-617.

- CASTELAR, B., REIS, R.P., MOURA, A. & KIRK, R. 2009b. Invasive potential of off the south coast of Rio de Janeiro state, Brazil: a contribution to environmentally secure cultivation in the tropics. *Botanica Marina* 52: 283-289.
- CASTELO-PEREIRA, D., CARNEIRO-DAVIM, M.A.A., FREIRE, A.R.S. & MARINHO-SORIANO, E. 2007. Crescimento e produção da macroalga *Gracilaria domingensis* cultivada em consórcio com camarão. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 987-989.
- CHALOUB, R.M., REINERT, F., NASSAR, C.A.G., FLEURY, B.G., MANTUANO, D.G. & LARKUM, A.W.D. 2010. Photosynthetic properties of three Brazilian seaweeds. *Revista Brasileira de Botânica* 33(2): 371-374.
- COLLANTES, G., MELLO, C. & CANDIA, A. 1989. Seaweeds Clonal Micropropagation. In: OLIVEIRA E.C. & KAUTSKY N. (eds). *Cultivation of Seaweeds in Latin America*. Universidade de São Paulo, São Paulo. 121-126.
- COLLANTES, G., MELO, C. & CANDIA, A. 2004. Micropropagation by explants of *Gracilaria chilensis* Bird, McLachlan and Oliveira. *Journal of Applied Phycology* 16: 203-213.
- CORREA, J.A. 1996. Diseases in seaweeds: An introduction. *Hydrobiologia* 326/327: 87-88.
- COSTA, V.L. 2000. *Caracterização genética, reprodutiva e pigmentar de uma linhagem selvagem e duas variantes cromáticas de Gracilaria sp. (Gracilariales, Rhodophyta)*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), São Paulo. 79 p. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- COSTA, V.L. 2005. *Diversidade intraespecífica em gametófitos de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta): Efeitos fisiológicos da concentração de nitrato no meio de cultura*. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), São Paulo. 100 p. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- COSTA, V.L. & PLASTINO, E.M. 2001. Histórico de vida de espécimens selvagens e variantes cromáticas de *Gracilaria sp.* (Gracilariales Rhodophyta). *Revista Brasileira de Botânica* 24: 483-490.
- COSTA, V.L. & PLASTINO, E.M. 2011. Color inheritance and pigment characterization of red (wild-type), greenish-brown, and green strains of *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology* 23: 599-605.
- CRAIGIE, J.S., LEIGH, C. 1978. Carrageenans and agars. In: HELLEBUST, J.A., CRAIGIE, J.S. (eds) *Handbook of Phycological Methods*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 109-131.

- CRITCHLEY, A.T. 1993. *Gracilaria* (Rhodophyta, Gracilariales): An economically important agarophyte. In: OHNO M & CRITCHLEY AT (eds.) *Seaweed Cultivation and Marine Rancing*. Yokosuka: JICA, p. 89–112.
- CRITCHLEY, A.T. & OHNO, M. 1998. Seaweed Resources of the World. *Japan International Cooperation Agency*, Yokosuka. pp. 431.
- CUNHA, S.R., PAZETO, F.D., CRESTANI, D.E.V., LIMA, G.B., NASCIMENTO, J., SANT'ANNA, F., MANZONI, G.C., MAREZI, A.W.C. & MAFRA, L.L. 1999. Potencial de crescimento de macroalgas cultiváveis presentes na Enseada de Armação do Itapocoroy (Penha, SC): avaliação preliminar. *Notas técnicas Facimar* 3: 17-25.
- DAWES, C. P., 1995. Suspended cultivation of *Gracilaria* in the sea. *Journal of Applied Phycology* 7: 303–313.
- DEWREEDE, R. & KLINGER, T. 1988. Reproductive strategies in algae. In: LOVETT-DOUST, J. & LOVETT-DOUST, L. (eds), *Plant Reproductive Ecology: Patterns and Strategies*. Oxford University Press, Oxford, p. 267-284.
- DEBOER J.A. 1981. Nutrients. In: LOBBAN C.S. & WYNNE M.J. (Eds) *The biology of seaweeds*. University of California, Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 356-391.
- DEMMING-ADAMS, B. & ADAMS, W.W. 1996. The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends in plant science* 1: 21-26.
- DENAULT, M., STIEVE, E & VALIELA, I. 2000. Effects of Nitrogen Load and Irradiance on Photosynthetic Pigment Concentrations in *Cladophora vagabunda* and *Gracilaria tikvahiae* in Estuaries of Waquoit Bay. *The Biological Bulletin* 199: 223-225
- DESTOMBE, C., VALERO, M., VERNET, P. & COUVET D. 1989. What controls haploid–diploid ratio in the red alga, *Gracilaria verrucosa*? *Journal of Evolutionary Biology* 2: 317–338.
- DONATO, R. 2005. *Diversidade intraespecífica em linhagens tetrasporofíticas de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta): crescimento, caracterização pigmentar, fotossíntese e assimilação de nitrato*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), São Paulo. 98p. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DRUEHL, L.D. 2003. *Pacific Seaweeds – A guide to common seaweeds of the west coast*. Madeira Park: Harbour Pub. pp. 250.
- DUCKWORTH, M., HONG, K.C. & YAPHE, W. 1971. The agar polysaccharides os *Gracilaria* species. *Carbohydrate Research* 18: 1-9.

- ERIKSSON, B.K. & JOHANSSON, G. 2003. Sedimentation reduces recruitment success of *Fucus vesiculosus* in the Baltic Sea. *European Journal of Phycology* 38: 217–222.
- ERIKSSON, B.K. & JOHANSSON, G. 2005. Effects of sedimentation on macroalgae: species-specific responses are related to reproductive traits. *Oecologia* 143: 438–448.
- ESPIÑOZA-AVALOS, J. 2005. Fenología de Macroalgas Marinas. *Hidrobiológica* 15: 109-122.
- FAO, 2010. *The state of world fisheries and aquaculture*. Rome, FAO. 197 p.
- FIGUEROA, F.L. & GÓMEZ, I. 2001. Photosynthetic acclimation to solar UV radiation of marine red algae from the warm-temperate coast of southern Spain: A review. *Journal of Applied Phycology* 13: 235–248.
- FIGUEROA, F.L. & KORBEE, N. 2001. Interactive effects of UV radiation and nutrients on ecophysiology: vulnerability and adaptation to climate change. In: ISRAEL A., EINAV R., SECKBACH J. (Eds.) *Seaweeds and their role in globally changing environments*, Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology pp. 157-182.
- FIGUEROA, F.L., CONDE-ÁLVAREZ & GÓMEZ, I. 2003. Relations between electron transport rates determined by pulse amplitude modulated chlorophyll fluorescence and oxygen evolution in macroalgae under different light conditions. *Photosynthesis Research* 75: 259–275.
- FIGUEROA, F.L., SANTOS, R., CONDE-ALVAREZ, R., MATA, L., GÓMEZ-PICHETI, J.L., MATOS, J., HUOVINEN, P., SCHUENHOFF, A. & SILVA, J. 2006. The use of chlorophyll fluorescence for monitoring photosynthetic condition of two tank-cultivated red macroalgae using fishpond effluents. *Botanica Marina* 49: 275–282.
- FRANKLIN, L.A. & BADGER, M.R. 2001. A comparison of photosynthetic electron transport rates in macroalgae measured by pulse amplitude modulated chlorophyll fluorometry and mass spectrometry. *Journal of Phycology* 37: 756–767
- FREILE-PELEGRÍN, Y. & ROBLEDO, D., 1997. Influence of alkali treatment on agar from *Gracilaria cornea* from Yucatán, México. *Journal of Applied Phycology* 9: 533–539.
- FREILE-PELEGRÍN, Y. & MURANO, E. 2005. Agars from three species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Yucatán Peninsula. *Bioresource Technology* 96: 295–302.
- GANTT, 1990. Pigmentation and photoacclimation. In: COLE, K.M. & SHEATH, K.G. (eds). *Biology of the red algae*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 203-221.
- GANZON-FORTES, 1997. Influence of tidal location on morphology, photosynthesis and pigments of the agarophyte, *Gelidiella acerosa*, from Northern Philippines. *Journal of Applied Phycology* 9: 525–532.

- GAO, K. & XU, J. 2010. Ecological and Phycological responses of macroalgae to solar and UV radiation. In: Israel A., Einav R., Seckbach J. (Eds.) *Seaweeds and their role in globally changing environments*, Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology. pp. 183-198.
- GENTY, B., BRIANTAIS, J.M. & BAKER, N.R. 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochim Biophys Acta* 990: 87–92.
- GLENN, E., MOORE, D., FITZSIMMONS, K. & AZEVEDO, C. 1996. Spore culture of the edible red seaweed *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta). *Aquaculture* 142: 59– 74.
- GLENN, E.P., MOORE, D., BROWN, J.J., TANNER, R., FITZSIMMONS, K., AKUTIGAWAB, M. & NAPOLEAN, S. 1998. A sustainable culture system for *Gracilaria parvispora* Rhodophyta using sporelings, reef growout and floating cages in Hawaii. *Aquaculture* 165: 221–232.
- GÓMEZ, A. & MILLÁN, J. 1997. Cultivo experimental de *Gracilaria dentata* Agardh y de *Gracilariopsis tenuifrons* (Bird et Oliveira) (Rhodophyta: Gigartinales) em la Isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 32 (2): 137-144.
- GÓMEZ, I, LÓPEZ-FIGUEROA, F., ULLOA, N., MORALES, V., LOVINGREEN, C., HUOVINEN, P. & HESS, S. 2004. Patterns of photosynthesis in 18 species of intertidal macroalgae from southern Chile. *Marine ecology progress series* 270: 103–116.
- GÓMEZ, I., FIGUEROA, F.L., HUOVINEN, P., ULLOA, N. & MORALES, V. 2005. Photosynthesis of the red alga *Gracilaria chilensis* under natural solar radiation in an estuary in southern Chile. *Aquaculture* 244: 369-382.
- GRZYMSKI, J., JOHNSEN, G. & SAKSHUG, E. 1997 The significance of intracellular self-shading on the bio-optical properties of brown, red and green macroalgae. *Journal of Phycology* 33: 408–414.
- GUIMARÃES, M., PLASTINO, E.M. & OLIVEIRA, E.C. 1999. Life history, reproduction and growth of *Gracilaria domingensis* (Gracilariales, Rhodophyta) from Brazil. *Botanica Marina* 42: 481-486.
- GUIMARÃES, M.; PLASTINO, E.M. & DESTOMBE, C. 2003. Green mutant frequency in natural populations of *Gracilaria domingensis* (Gracilariales, Rhodophyta) from Brazil. *European Journal of Phycology*. 38(2): 165-169.
- GUPTA, V., BAGHEL, R.S., KUMAR, M., KUMARI, P., MANTRI, V.A., REDDY, C.R.K. & JHA, B. 2011. Growth and agarose characteristics of isomorphic gametophyte (male and female) and

- sporophyte of *Gracilaria dura* and their marker assisted selection. *Aquaculture* 318: 389–396.
- HÄDER, D.P., KUMAR, H.D., SMITH, R.C. & WORREST, R.C., 1997. Effects on aquatic ecosystems. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 46: 53-68.
- HAYASHI, L., OLIVEIRA, E.C., BLEICHER-LHONNEUR, G., BOULENGUER, P., PEREIRA, R.T.L., VON SECKENDORFF, R., SHIMODA, V.T., LEFLAMAND, A., VALLÉE, P. & CRITCHLEY, A.T. 2007a. The effects of selected cultivation conditions on the carrageenan characteristics of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil. *Journal of Applied Phycology* 19: 505–511.
- HAYASHI, L., PAULA, E.J., CHOW, F. 2007b. Growth rate and carrageenan analyses in four strains of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) farmed in the subtropical waters of São Paulo State, Brazil. *Journal of Applied Phycology* 19: 393–399.
- HAYASHI, L., FARIA, G.S.M., NUNES, B.G., ZITTA, C.S., SCARIOT, L.A., ROVER, T., FELIX, M.R.L. & BOUZON, Z.L. 2011. Effects of salinity on the growth rate, carrageenan yield, and cellular structure of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) cultured in vitro. *Journal of Applied Phycology* 23: 439–447.
- HONSELL, E., KOSOVEL, V. & TALARICO, L. 1984. Phycobiliprotein distribution in Rhodophyta: Studies and interpretations on the basis of their absorption spectra. *Botanica Marina* 27: 1-6
- HOYLE, M.D. 1978. Reproductive phenology and growth rates in two species of *Gracilaria* from Hawaii. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 35: 273–283.
- HURTADO-PONCE, A.Q. 1990. Vertical rope cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta) using vegetative fragments. *Botanica Marina* 33: 477-482.
- HURTADO-PONCE, A.Q. 1992. Growth of *Gracilariopsis heteroclada* (Zhang et Xia) Zhang et Xia in a floating net cage as influenced by *Lates calcarifer* Bloch. In: 2nd RP-USA Phycology Symposium, 6-10 January 1992, Cebu City, Philippines.
- JASSBY, A.D. & PLATT, T. 1976. Mathematical formulation of the relationship between photosynthesis and light for phytoplankton. *Limnology and Oceanography* 21: 540–547.
- KAIN (JONES), J.M. & DESTOMBE, C. 1995. A review of the life history, reproduction and phenology of *Gracilaria*. *Journal of Applied Phycology* 7: 269–281.

- KAKINUMA, M., COURY, D.A., KUNO, Y., ITOH, S., KOZAWA, Y., INAGAKI, E., YOSHIURA, Y. & AMANO, H. 2006. Physiological and biochemical responses to thermal and salinity stresses in a sterile mutant of *Ulva pertusa* (Ulvales, Chlorophyta). *Marine Biology* 149: 97–106.
- KIRST, G.O. 1989. Salinity tolerance of eukaryotic marine algae. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 40: 21-53.
- KORBEE PEINADO, N., P. HUOVINEN, F.L. FIGUEROA & J. AGUILERA 2005. Availability of ammonium influences photosynthesis and the accumulation of mycosporine-like amino acids in two *Porphyra* species. *Mar. Biol.* 146: 645–654.
- KURSAR, T.A., VAN DER MEER, J. & ALBERTE, R.S. 1983. Light-harvesting system of the red algae *Gracilaria tikvahiae*. I. Biochemical analyses of pigment mutations. *Plant Physiology* 73: 353-360.
- LAI, M.-F. & LIU, C.-Y. 1997. Rheological and thermal characteristics of gel structures from various agar fractions. *International Journal of Biological Macromolecules* 21: 123-130.
- LAMOTE, M., JOHNSON, L.E. & LEMOINE, Y., 2007. Interspecific differences in the response of juvenile stages to physical stress: fluorometric responses of fucoid embryos to variation in meteorological conditions. *Journal of Phycology* 43: 1164–1176.
- LAPOINTE, B. E. 1981. The effects of light and nitrogen on growth rate, pigment content and biochemical composition of *Gracilaria foliifera* var. *angustissima* (Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Phycology* 17: 90-95.
- 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., L. D. WILLIAMS, J. C. GOLDMAN & J. H. RYTHER. 1976. The mass outdoor culture of macroscopic marine algae. *Aquaculture* 8: 9-20.
- LAPOINTE, B. E., TENORE, K. R. & DAWES, C. J. 1984. Interactions between light and temperature on the physiological ecology of *Gracilaria tikvahiae* (Gigartinales, Rhodophyta). I. Growth, photosynthesis and respiration. *Marine Biology* 80: 161–170.
- LI, D., ZHOU, Z., LIU, H. & WU, C. 1999. A new method of *Laminaria japonica* strain selection and sporeling raising by the use of gametophyte clones. *Hydrobiologia* 398/399:473–476
- LIGNELL, A. & PEDERSÉN, 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 antigas linhas de costa (recifes) no litoral do Rio Grande do Norte. In: *Projeto Algas*. Estado do Rio Grande do Norte. Série: Brasil. SUDENE. *Estudos de pesca* 9: 97-107.
- LOBBAN, C.S. & HARRISON, P.J. 1997. *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge, Cambridge University Press. 366 pp.
- LÓPEZ-FIGUEROA, F. & NIELL, F.X. 1990. Effects of light quality on chlorophyll and biliprotein accumulation in seaweeds. *Marine Biology* 104: 321-327.
- LUHAN, M.R.J. 1996. Biomass and reproductive states of *Gracilaria heteroclada* Zhang et Xia collected from Jaro, central Philippines. *Bot Mar* 39: 207–211.
- LÜNING, K. 1990. *Seaweeds their Environment, Biogeography and Ecophysiology*, Wiley–Interscience, New York, 527 pp.
- MCLACHLAN, J. & BIRD, C.J. 1986. *Gracilaria* (Gigartinales, Rhodophyta) and productivity. *Aquatic Botany*, 26: 27-49.
- MARINHO-SORIANO, E. 2005. Cultivo experimental de *Gracilaria* no Rio Grande do Norte. pp. 115-124. In: Anais da X Reunião Brasileira de Ficologia. Salvador 2004. Rio de Janeiro, Museu Nacional. Série Livros 10.
- MARINHO-SORIANO, E. 2007. Seaweed biofilters: An environmentally friendly solution. *World Aquaculture* 38 (3): 31-33.
- MARINHO-SORIANO, E. & BOURRET, E., 2003. Effects of season on the yield and quality of agar from *Gracilaria* species (Gracilariaceae Rhodophyta). *Bioresource Technology* 90: 329–333.
- MARINHO-SORIANO, E. & BOURRET, E. 2005. Polysaccharides from the red seaweed *Gracilaria dura* (Gracilariales, Rhodophyta). *Bioresource Technology* 96: 379-382.
- MARINHO-SORIANO, E., LAUGIER, T., DE CASABIANCA, M.L. 1998. Reproductive strategy of two *Gracilaria* species, *G. bursa-pastoris* and *G. gracilis*, in a Mediterranean Lagoon (Thau, France). *Botanica marina* 41: 559–564.
- MARINHO-SORIANO, E., BOURRET, E., DE CASABIANCA, M.L. & MAURY, L. 1999. Agar from the reproductive and vegetative stages of *Gracilaria bursa-pastoris*. *Bioresource Technology* 67: 1-5.

- MARINHO-SORIANO, E., SILVA, T.S.F. & MOREIRA, W.S.C. 2001. Seasonal variation in the biomass and agar yield from *Gracilaria cervicornis* and *Hydropuntia cornea* from Brazil. *Bioresource Technology* 77: 115-120.
- 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., MOREIRA, W.S.C. & CARNEIRO, M.A.A. 2006. Some aspects of the growth of *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta) in an estuary in northeast Brazil. *Aquaculture International* 14: 327-336.
- MARINHO-SORIANO, E., CAMARA, M.R., CABRAL, T.M. & CARNEIRO, M.A.A. 2007. Preliminary evaluation of the seaweed *Gracilaria cervicornis* (Rhodophyta) as a partial substitute for the industrial feeds used in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming. *Aquaculture Research* 38: 182-187.
- MARINHO-SORIANO, E., PANUCCI, R.A., CARNEIRO, M.A.A., PEREIRA, D.C. 2009a. Evaluation of *Gracilaria caudata* J. Agardh for bioremediation of nutrients from shrimp farming wastewater. *Bioresource Technology* 100: 6192–6198.
- MARINHO-SORIANO, E., NUNES, S.O., CARNEIRO, M.A.A. & PEREIRA, D.C. 2009b. Nutrients' removal from aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*. *Biomass and Bioenergy* 33: 327-331.
- MARTÍN, L.A., ZAIXSO, A.L.B. & LEONARDI, P.I. 2011. Biomass variation and reproductive phenology of *Gracilaria gracilis* in a Patagonian natural bed (Chubut, Argentina). *Journal of Applied Phycology* 23: 643-654.
- MARTINEZ, L.A. & BUSCHMANN, A.H. 1996. Agar yield and quality of *Gracilaria chilensis* (Gigartinales, Rhodophyta) in tank culture using fish effluents. *Hydrobiologia* 326/367: 341-345.
- MATHIESON, A. C. & GUO, Z. 1992. Patterns of furoid reproductive biomass allocation. *British Phycological Journal* 27: 271-292.
- MATOS, J., COSTA, S., RODRIGUES, A., PEREIRA, R. & SOUSA PINTO, I. 2006. Experimental integrated aquaculture of fish and red seaweeds in Northern Portugal. *Aquaculture* 252: 31–42.
- MATSUHIRO, B. 1995. Aislamiento y caracterización de ficocoloides. In: ALVEAL, K., FERRARIO, M.E., OLIVEIRA, E.C. & SAR, E. (eds.) Manual de Métodos Ficológicos. Universidad de Concepción, Concepción, Chile, pp 658–674.

- McHUGH, D.J. 2002. Prospects for seaweed production in developing countries. *FAO Fisheries Technical Paper*, 968. Rome, 28 p.
- McHUGH, D.J. 2003. A guide to the seaweed industry. *FAO Fisheries Technical Paper*, 441. Rome, 105 p.
- McHUGH, D.J. 1991. Worldwide distribution of commercial resources of seaweeds including *Gelidium*. *Hydrobiologia* 221: 19-29.
- MERCADO, J., SÁNCHEZ, P., CARMONA, R. & NIELL, F.X. 2002. Limited acclimation of photosynthesis to blue light in the seaweed *Gracilaria tenuistipitata*. *Physiologia Plantarum* 114: 491–498.
- MOLLET, J.C., RAHOUI, A. & LEMOINE, Y. 1998. Yield, chemical composition and gel strength of agarocolloids of *Gracilaria gracilis*, *Gracilariopsis longissima* and the newly reported *Gracilaria cf. vermiculophylla* from Roscoff (Brittany, France). *Journal of Applied Phycology* 10: 59–66.
- MIZUTA, H., SHIRAKURA, Y. & YASUI, H. 2002. Relationship between phycoerythrin and nitrogen content in *Gloiopeltis furcata* and *Porphyra yezoensis*. *Algae* 17(2): 89-93.
- MONTAÑO, N.E., VILLANUEVA, R.D. & ROMERO, J.B. 1999. Chemical characteristics and gelling properties of agar from two Philippine *Gracilaria* spp. (Gracilariales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology* 11(1): 27-34.
- MOURA, E.A. 2007. *Potencialidade de cultivo de macroalgas no litoral do rio gande do norte (NE, Brasil): Uma perspectiva de interação de dados ambientais em sistema de informação geográfica*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Bioecologia, Natal, 50 p. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- MUÑOZ, J.; FREILE-PELEGRÍN, Y. & ROBLEDO, D. 2004. Mariculture of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) color strains in tropical waters of Yucatán, Mexico. *Aquaculture* 239: 161-177.
- 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.
- NAIDOO, K., MANEVELDT, G., RUCK, K. & BOLTON, J.J. 2006. A comparison of various seaweed-based diets and formulated feed on growth rate of abalone in a land-based aquaculture system. *Journal of Applied Phycology* 18: 437-443.

- 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., CHOPIN, T., TROELL, M., BUSCHMANN, A.H., KRAEMER, G.P., HALLING, C., SHPIGEL, M. & YARISH, C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231: 361-391.
- NYGÅRD, C.A. & EKELUND, N.G.A. 2006. Photosynthesis and UV-B tolerance of the marine alga *Fucus vesiculosus* at different sea water salinities. *Journal of Applied Phycology* 18: 461–467.
- OLIVEIRA, E.C. 1998. The seaweed resources of Brazil. In: CRITCHLEY, A.T. & OHNO, M. (eds.) *Seaweed resources of the world*. JICA, Yokosuka, pp. 366-371.
- OLIVEIRA, E.C. & PLASTINO, E.M. 1994. Gracilariaceae. In: AKATSUKA, I. (ed.) *Biology of Economic Algae*. The Hague: SPB Academic Publishing, pp. 185-226.
- OLIVEIRA, V.P. 2007. *Influência da profundidade e dos parâmetros ambientais sobre o desenvolvimento de Gracilaria birdiae (Rhodophyta, Gracilariales) em viveiros de camarão*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Bioecologia, Natal, 54 p. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- ORDUÑA-ROJAS, J. & ROBLEDO, D. 2002. Studies on the tropical agarophyte *Gracilaria cornea* J. Agardh (Rhodophyta, Gracilariales) from Yucatán, México. II. Biomass assessment and reproductive phenology. *Botanica Marina* 45: 459–464.
- ORDUÑA-ROJAS, J., GARCÍA-CAMACHO, K.Y., OROZCO-MEYER, P., RÍOSMENA-RODRÍGUEZ, R., PACHECO-RUIZ, I., ZERTUCHE-GONZÁLEZ, J.A., MELING-LÓPEZ, A.E. 2008. Agar properties of two species of Gracilariaceae from the Gulf of California, Mexico. *Journal of Applied Phycology* 20: 169–175.
- PAULA, E.J.; PEREIRA, R.T.L. & OHNO, M. 1999. Strain selection in *Kappaphycus alvarezii* var. *alvarezii* (Solieriaceae, Rhodophyta) using tetraspore progeny. *Journal of Applied Phycology* 11: 111-121.
- PAULA, E.J., PEREIRA, R.T.L., OHNO, M., 2002. Growth rate of carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) introduced in subtropical waters of São Paulo State, Brazil. *Phycological Research* 50: 1–9.
- PELLIZZARI, F. & REIS, R.P. 2011. Seaweed cultivation on the Southern and Southeastern Brazilian Coast. *Revista brasileira de farmacognosia* 21 (2): 305-312.

- PINCHETTI, J.L.G., FERNÁNDEZ, L.C., DÍEZ, P.M. & REINA, G.G. 1998. Nitrogen availability influences the biochemical composition and photosynthesis of tank-cultivated *Ulva rigida* (Chlorophyta). *Journal of Applied Phycology* 10: 383–389.
- PINHEIRO-JOVENTINO, F. & BEZERRA, C.L.F. 1980. Estudo de fenologia e regeneração de *Gracilaria domingensis* Sonder (Rhodophyta - Gracilariaceae), no estado do Ceará. *Arquivos de Ciências do Mar* 20: 33-41.
- PLASTINO, EM 1985. *As espécies de Gracilaria (Rhodophyta, Gigartinales) da Praia Dura, Ubatuba, SP - aspectos biológicos e fenologia*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), São Paulo, 124 p. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PLASTINO, E.M. 2004. *Diversidade intraespecífica em algas gracilarioides*. Tese de Livre-Docência. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- PLASTINO, E.M. & COSTA, V.L. 1999. Ultrastructure of vegetative branches of the red macroalgae *Gracilaria* sp. (Gracilariales). *Acta Microscopica* 8: 793-794.
- PLASTINO, E.M. & GUIMARÃES, M. 2001. Diversidad intraespecífica. In: K.V. ALVEAL & T.J. ANTEZANA (eds.). *Sustentabilidad de la Biodiversidad*. Concepción, Universidad de Concepción. pp. 19-27.
- PLASTINO, E.M. & OLIVEIRA, E.C. 2002. *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta), a new species from the tropical South Atlantic with terete frond and deep spermatangial conceptacles. *Phycologia* 41: 389–96.
- PLASTINO, E.M., URSI, S. & FUJII, M.T. 2004. Color inheritance, pigment characterization, and growth of a rare light green strain of *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta). *Phycological Research* 52: 45-52.
- POLIFRONE, M., MASI, F.D. & GARGIULO, G.M. 2006. Alternative pathways in the life history of *Gracilaria gracilis* (Gracilariales, Rhodophyta) from north-eastern Sicily (Italy). *Aquaculture* 261: 1003–1013.
- RAMUS, J., BEALE, S.I., MAUZERALL, D. & HOWARD, K.L. 1976. Changes in photosynthetic pigment concentration in seaweeds as a function of water depth. *Marine Biology* 37: 223-229.
- RAMUS, J. & VAN DER MEER, J.P. 1983. A physiological test of the theory of complementary chromatic adaptation. I. Color mutants of a red seaweed. *Journal of Phycology* 19: 86-91.
- REIS, R.P., BARROS-BARRETO, M.B., CALDEIRA, A.Q. & MIRANDA, A.P.S. 2005. Cultivo de algas vermelha de interesse comercial na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. pp. 287-

300. In: Anais da X Reunião Brasileira de Ficologia. Salvador 2004. Rio de Janeiro, Museu Nacional. Série Livros 10.
- RICHERD, S., DESTOMBE, C., CUGUEN, J. & VALERO, M. 1993. Variation of reproductive success in a haplo-diploid red alga, *Gracilaria verrucosa*: effects of parental identities and crossing distance. *American Journal of Botany* 80: 578–584.
- RIVERS, J.S. & PECKOL, P. 1995. Interactive effects of nitrogen and dissolved inorganic carbon on photosynthesis, growth, and ammonium uptake of macroalgae, *Cladophora vagabunda* and *Gracilaria tikvahiae*. *Marine Biology* 121: 747-753.
- ROTHMAN, M.D., ANDERSON, R.J., BOOTHROYD, C.J.T., KEMP, F.A. & BOLTON, J.J. 2009. The gracilarioids in South Africa: long-term monitoring of a declining resource. *Journal of Applied Phycology* 21: 47–53.
- RYTHER, J.H., CORWIN, N., DEBUSK, T.A. & WILLIAMS, L.D. 1981. Nitrogen uptake and storage by the red alga, *Gracilaria tikvahiae* (McLaughlin, 1979). *Aquaculture* 26: 107–115.
- SANTELICES, B. 2001. Implications of clonal and chimeric-type thallus organization on seaweed farming and harvesting. *Journal of Applied Phycology* 13: 153–160.
- SANTELICES, B. & VARELA, D. 1995. Regenerative capacity of *Gracilaria* fragments: Effects of size, reproductive state and position along the axis. *Journal of Applied Phycology* 7: 501-506.
- SANTELICES, B.; WESTERMEIER, R. & BOBADILHA, M. 1993. Effects of stock loading and plant distance on the growth and production of *Gracilaria chilensis* in rope culture. *Journal of Applied Phycology* 5: 517-524.
- SCHREIBER, U.; BILGER, W.; NEUBAUER, C. 1994. Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: SCHULZE, E.D. & CALDWELL, M.M. (Eds.) *Ecophysiology of photosynthesis*. Berlin, Springer, pp.49-70.
- SCHREIBER, U., T. ENDO, H. MI & K. ASADA. 1995. Quenching analysis of chlorophyll fluorescence by saturation pulse method: particular aspects relating to the study of eukaryotic algae and cyanobacteria. *Plant Cell Physiol.* 36: 873–882.
- SCHUBERT, N., GARCÍA-MENDOZA, E., PACHECO-RUIZ, I. 2006. Carotenoid composition of marine red algae. *Journal of Phycology* 42: 1208–1216.
- SILVA, A.B., PASQUAL, M., MOREIRA, M.A., MARCIEL, A.L.R., CAVALCANTE-ALVES, J.M., PEREIRA, A.B. 1998a. Aclimação de brotações de abacaxi (*Ananas comosus* L.) produzidas *in vitro*: ação de Agromix®, húmus e Kelpak®. *R. Un. Alfenas* 4: 107-110.

- SILVA, J., SANTOS, R., SERÔDIO, J. & MELO, R.A. 1998b. Light response curves for *Gelidium sesquipedale* from different depths, determined by two methods: O₂ evolution and chlorophyll fluorescence. *Journal of Applied Phycology* 10: 295–301.
- SILVA, C.A.R., 2004. Análises físico-químicas de sistemas marginais marinhos. Editora Interciência, Rio de Janeiro. 118 p.
- SILVA, R.L., PEREIRA, S.M.B., OLIVEIRA, E.C. & ESTON, V.R. 1987. Structure of a bed of *Gracilaria* spp (Rhodophyta) in northeastern Brazil. *Botanica Marina* 30: 517-523.
- SKRIPTSOVA, A.V. & YAKOVLEVA, I.M. 2002. The influence of variations in irradiance upon morphology in an unattached form of *Gracilaria gracilis* (Stackhouse) Steentoft during field cultivation, South Primorye, Russia. *Aquatic Ecology* 36: 511–518.
- SMIT, A.J. 2004. Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: A review. *Journal of Applied Phycology* 16: 245–262.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 310p.
- TALARICO, L. & MARANZANA, G. 2000. Light and adaptive responses in red macroalgae: an overview. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 56: 1–11.
- TRONO JR., G.C. 1999. Diversity of the seaweed flora of the Philippines and its utilization. *Hydrobiologia* 398/399: 1-6.
- TSENG, C.K. 2001. Algal biotechnology industries and research activities in China. *Journal of Applied Phycology* 13: 375–380.
- UGARTE, R. & SANTELICES, B. 1992. Experimental tank cultivation of *Gracilaria chilensis* in central Chile. *Aquaculture* 101: 7-16.
- URSI, S. 2000. *Crescimento in vitro de Gracilaria sp. (Gracilariales, Rhodophyta): análise da diversidade intraespecífica*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), São Paulo. 84 p. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- URSI, S. 2005. *Diversidade intraespecífica de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta): crescimento, fotossíntese, pigmentos, polissacarídeos e genes da ficoeritrina de linhagens selvagens e variantes*. Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), São Paulo. 121p. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- URSI, S. & PLASTINO, E.M. 2001. Crescimento *in vitro* de linhagens de coloração vermelha e verde clara de *Gracilaria* sp. (Gracilariales, Rhodophyta) em dois meios de cultura: análise de diferentes estádios reprodutivos. *Revista Brasileira de Botânica* 24: 587–94.

- URSI, S., PEDERSEN, M., PLASTINO, E.M. & SNOEIJ, P. 2003. Intraspecific variation of photosynthesis, respiration and photoprotective carotenoids in *Gracilaria birdiae* (Gracilariales: Rhodophyta). *Marine Biology* 142: 997–1007.
- URSI, S., GUIMARÃES, M. & PLASTINO, E.M. 2008. Deleterious effect of TRIS buffer on growth rates and pigment content of *Gracilaria birdiae* Plastino and E.C. Oliveira (Gracilariales, Rhodophyta). *Acta Botanica Brasilica* 22(3): 891-896.
- VIDOTI, E.C. & ROLLEMBERG, M.C.E. 2004. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à biorremediação e à química analítica. *Química Nova* 27: 139-145.
- WEBB, W.L.; NEWTON, M. & D. STARR. 1974. Carbon dioxide exchange of *Alnus rubra*: a mathematical model. *Oecologia*, 17: 281- 291.
- WELLBURN, A.R. 1994. The spectral determination of Chlorophylls a and b, as well as total Carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Plant Physiology* 144: 307-313.
- WESTERMEIER, R., GÓMEZ, I. & RIVERA, P.J. 1993. Suspended farming of *Gracilaria chilensis* (Rhodophyta, Gigartinales) at Cariquilda River, Maulín, Chile. *Aquaculture* 113: 215-229.
- WIKFORS, G.H. & OHNO M. 2001. Impact of algal research in aquaculture. *Journal of Phycology* 37: 968–974
- YAN, X.H., LV, F, LIU, C.J. & ZHENG, Y.F. 2010. Selection and characterization of a high-temperature tolerance strains of *Porphyra haitanensis* Chang et Zhang (Bangiales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology* 22: 511–516.
- YOKOYA, N. & OLIVEIRA, E.C. 1993. Effects of temperature and salinity on spore germination and sporeling development in South American agarophytes (Rhodophyta). *The Japanese Journal of Phycology* 41: 283-293.
- YOKOYA, N.S., NECCHI, O., MARTINS, A.P., GONZALEZ, S.F. & PLASTINO, E.M. 2007. Growth responses and photosynthetic characteristics of wild and phycoerythrin-deficient strains of *Hypnea musciformis* (Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology* 19: 197–205.
- YOSHIMURA, C.Y. 2006. Avaliação do potencial de cultivo e produção de ágar de *Gracilaria domingensis* e de *Gracilaria caudata* (Rhodophyta, Gracilariales) na Enseada de Armação do Itapocoroy (Penha, Santa Catarina). Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), São Paulo. 163p. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- YOSHIMURA, C.Y., CUNHA, S.R. & OLIVEIRA, E.C. 2003. Avaliação da viabilidade de cultivo em campo de *Gracilaria domingensis* (Gracilariales, Rhodophyta) na Armação do Itapocoroy,

- Penha, SC., 211-226p. In: BRANCO, JO & MARENZI, A.W.C. (org.). Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em Penha, SC. Editora da Univali, Itajaí, SC.
- YOUNG, A.J. & FRANK, H.A. 1996. Energy transfer reactions involving carotenoids: quenching of chlorophyll fluorescence. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 36: 3–15.
- ZHANG, T., SHEN, Z., XU, P., ZHU, J., LU, Q., SHEN, Y., WANG, Y., YAO, C., LI, J., WANG, Y. & JIANG, H. 2011. Analysis of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence characteristics of different strains of *Porphyra yezoensis*. *Journal of Applied Phycology*, online first. DOI: 10.1007/s10811-011-9708-x.
- ZEMKE-WHITE, W.L & OHNO, M.J. 1999. World seaweed utilization: an end-of-century summary. *Journal of Applied Phycology* 11: 369–376.
- 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* 10: 252: 276.