



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**

**ANÁLISE SAZONAL DA PRODUÇÃO DE OXIGÊNIO POR QUATRO
ESPÉCIES DE MACROALGAS MARINHAS DO GÊNERO *GRACILARIA*
(GREVILLE, 1930)**

LORENA SOARES MONTEIRO

**Monografia apresentada ao Departamento
de Engenharia de Pesca do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal
do Ceará, como parte das exigências para a
obtenção do título de Engenheiro de Pesca.**

**FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL
DEZEMBRO/2008**

2008/2

COMISSÃO EXAMINADORA:

**Prof. Wladimir Ronald, D.Sc.
Orientador/Presidente**

**Prof. Alexandre Sampaio, PhD
Membro**

**Eng. de Pesca Valdemar Cavalcante Junior, M.Sc.
Membro**

VISTO:

**Prof. Moisés Almeida de Oliveira, D.Sc.
Chefe do Departamento de Engenharia de Pesca**

**Prof. Raimundo Nonato de Lima Conceição, D.Sc.
Coordenador do Curso de Engenharia de Pesca**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M778a Monteiro, Lorena Soares.

Análise sazonal da produção de oxigênio por quatro espécies de Macroalgas marinhas do gênero *Gracilaria* (Greville, 1930) / Lorena Soares Monteiro. – 2008.

41 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2008.

Orientação: Prof. Dr. Wladimir Ronald.

1. Macroalgas marinhas - Produção de oxigênio. I. Título.

CDD 639.2

A Deus e a minha família pelo apoio incondicional nas inúmeras dificuldades enfrentadas na busca do saber...

AGRADECIMENTOS

Inicialmente a Deus por me permitir respirar durante todo o processo de elaboração deste trabalho.

À minha família, em especial minha mãe Jane e meu pai César, exemplos de força e determinação, por todo apoio e ensinamentos que me formaram. Meus irmãos, Larissa e Talles, sempre tão importantes, embora algumas vezes polêmicos. Minhas tias e tios por todo incentivo, em especial Sônia, tão presente, e Rina tão empolgante. Obrigada por estarem ao meu lado.

Ao Prof. Wladimir, por toda sua disposição em me orientar na conclusão deste trabalho, por momentos onde dispôs toda sua intelectualidade e paciência. Ao Prof. David Borges por todo apoio, atenção e conselhos, que muitas vezes transcenderam as disciplinas de estudo, o meu mais sincero agradecimento, e ao Prof. Marcelo Sá, pelas boas idéias e estímulos.

Dedico, também, especial agradecimento ao meu para sempre amigo José Júnior, que em muitas discussões me proporcionou a realização de grandes trabalhos e mais esta monografia, pela paciência, ajuda e pedidos de calma.

Agradeço e com muita alegria o apoio e compreensão das minhas amigas e irmãs que tanto amo, pela amizade de mais de 10 anos. Marília por momentos tão próximos, lágrimas e sorrisos infundáveis e que seja assim por muito tempo, Rafaelly, Susy e Fernanda, pelos momentos de descontração, Jozy e Celina por me fazerem redescobrir o valor de verdadeiras amizades, Ramille pelo incentivo ao mestrado, Janaína, Teresinha e Rafaela, por estarem sempre presentes no momento certo, Alinne que escuta minhas reclamações e Kely que sempre me acolhe nos melhores e piores momentos.

Aos meus amigos, que mesmo distantes, sempre foram incentivo pelos seus exemplos de vida acadêmica e por todos os outros exemplos que podemos ter Cássio Alves, Emilio Lana, Hélivia Barcelos, Kleine Dutra, Leonardo Moraes, Leonardo Lima, Natascha Krepsky, Tony Saad e Wellington Oliveira.

Aos meus amigos, que perto ou longe, dentro ou fora d'água, contribuíram para me fazerem o que sou hoje, o meu muito obrigada ao Diga, Marlon, Bia, Góis, Pedrão, Luciano, Léo Francine, Léo Saldunbides, Ana Paula, Rogério, Markim, Ricardinho (*in memoriam*), Eduardo e com quem mais pude dividir o ar.

Aos amigos que fiz no CPC-DNOCS, pela compreensão e apoio na elaboração deste trabalho e pelos preciosos acréscimos na instrução acadêmica.

Enfim, se o Léo me permite o plágio, a todos aqueles que me cederam parte do seu tempo, em uma conversa rápida de corredor ou uma ligação telefônica, até mesmo meias palavras trocadas via MSN e que pela otimização do meu lobo temporal medial e do meu diencéfalo não fazem parte da minha memória de longo prazo. Perdoem a minha obnubilada memória.

“Criar é seguir o faro, é acreditar em si profundamente, é dar um mergulho no desconhecido e voltar à superfície com a pérola nas mãos”.

(Miguel Ângelo)

SUMÁRIO

	Página
DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. Descrição da área de coleta.....	11
2.2. Descrição das espécies.....	12
2.2.1. <i>Gracilaria birdiae</i>	13
2.2.2. <i>Gracilaria caudata</i>	14
2.2.3. <i>Gracilaria domingensis</i>	15
2.2.4. <i>Gracilaria wrightii</i>	15
2.3. Procedimento de campo.....	16
2.4. Procedimento de laboratório.....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1. Produção sazonal de oxigênio.....	21
4. CONCLUSÃO	32
5. REFERÊNCIAS	33

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Representação do espectro visível, intervalo cujas algas são capazes de absorver energia.....	2
Figura 2: Fórmula molecular das clorofilas <i>a</i> e <i>d</i>	3
Figura 3: Espectro da energia solar e absorção espectral dos pigmentos algais.....	4
Figura 4: Estrutura do ficobilissomo na membrana tilacóide.....	6
Figura 5: Transferências simultâneas de energia.....	6
Figura 6: Transferências de energia na cadeia transportadora de elétrons durante a fotossíntese.....	8
Figura 7: Curva teórica de fotossíntese em relação à intensidade luminosa.....	9
Figura 8: Localização do banco em Flecheiras, ponto de coleta.....	11
Figura 9: Macroscopia e microscopia da <i>Gracilaria birdiae</i>	14
Figura 10: Macroscopia e microscopia da <i>Gracilaria caudata</i>	14
Figura 11: Macroscopia e microscopia da <i>Gracilaria domingensis</i>	15
Figura 12: Macroscopia e microscopia da <i>Gracilaria wrightii</i>	16
Figura 13: Tufos de algas extraídos do banco de algas em Flecheiras. (a) <i>Gracilaria birdiae</i> , (b) <i>G. caudata</i> , (c) <i>G. domingensis</i> , (d) <i>G. wrightii</i>	17
Figura 14: Esquema da distribuição dentro do viveiro.....	18
Figura 15: Imagem da distribuição dos béquers dentro do viveiro.....	18
Figura 16: Determinação da iluminância.....	19
Figura 17: Ajuste do teste com parâmetros controlados.....	20
Figura 18: Coleta extrativa de algas pela comunidade.....	21
Figura 19: Variação sazonal da iluminância natural (lux) durante o experimento.....	22
Figura 20: Produção média de oxigênio, ao longo do dia, por algas do gênero <i>Gracilaria</i> no mês de outubro.....	23
Figura 21: Produção média de oxigênio, ao longo do dia, por algas do gênero <i>Gracilaria</i> no mês de novembro.....	23
Figura 22: Produção média de oxigênio, ao longo do dia, por algas do gênero <i>Gracilaria</i> no mês de dezembro.....	24
Figura 23: Produção média de oxigênio, ao longo do dia, por algas do gênero <i>Gracilaria</i> no mês de janeiro.....	24
Figura 24: Produção média de oxigênio, ao longo do dia, por algas do gênero <i>Gracilaria</i> no mês de fevereiro.....	25
Figura 25: Variação sazonal da produção de oxigênio por 4 (quatro) espécies de algas do gênero <i>Gracilaria</i>	26
Figura 26: Variação sazonal da temperatura da água durante o experimento, em dois momentos do dia.....	27
Figura 27: Concentração de oxigênio, ao longo do dia, com temperatura controlada e iluminação natural.....	28
Figura 28: Concentração de oxigênio, ao longo do dia, com temperatura controlada e iluminação artificial.....	29
Figura 29: Variação na iluminância natural durante o experimento com temperatura controlada.....	30

RESUMO

A fotossíntese é o fenômeno através do qual ocorre a produção de substâncias orgânicas (glicídios) a partir de gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), com a utilização de energia luminosa, desprendendo O_2 , por intermédio da clorofila-a, presente em todos os grupos algais. A produção fotossintética de algumas espécies de macroalgas pode ser superior a sua demanda respiratória, quando em condições apropriadas para tal, tornando-se a principal fonte de oxigênio, suprimindo as necessidades de outros organismos no meio aquático. A atividade fotossintética está relacionada à salinidade, à disponibilidade de CO_2 , à temperatura e, principalmente, à intensidade de luminosa. Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de oxigênio de quatro macroalgas do gênero *Gracilaria* que possuem importância econômica no litoral do Ceará. As espécies *G. birdiae*, *G. caudata*, *G. domingensis* e *G. wrightii* foram coletadas na Praia de Flecheiras no município de Trairi, distante cerca de 140 km de Fortaleza, transportados ao laboratório de Planctologia em caixas térmicas com aeração para seleção e pesagem dos talos. 20 g de massa algal foram submersas em béquers com 400 mL de água do mar. Em seguida, foram submetidas à iluminação natural, nos períodos seco e chuvoso em um viveiro na Estação de Piscicultura da UFC, além de passarem por dois outros testes com temperatura constante, utilizando iluminação natural e artificial. A concentração de oxigênio e temperatura da água foi determinada a cada três horas, com um oxímetro da marca YSI modelo 650A e a iluminância com um luxímetro da marca Instrutherm modelo MD 500. O experimento contou com tratamento com e sem alga, bem como seus respectivos controles, todos em triplicata, para cada espécie, totalizando 30 frascos. Os controles foram envolvidos em papel laminado para impedir a entrada de luz solar. Os tratamentos foram distribuídos de forma aleatória em três mesas submersas tomando-se o cuidado para que 90% do volume do frasco ficassem submersos. As espécies do gênero *Gracilaria* apresentaram uma produção de oxigênio bastante semelhante, com exceção da espécie *G. wrightii* que produziu menos oxigênio. Todo o oxigênio produzido foi consumido durante o período de escuro. Além disso, a produção de oxigênio variou de forma sazonal atingindo valores máximos nos meses de maior radiação solar. A temperatura elevada nos frascos de cultivo impediu a produção de oxigênio no horário de maior incidência luminosa.

ANÁLISE SAZONAL DA PRODUÇÃO DE OXIGÊNIO POR QUATRO ESPÉCIES DE MACROALGAS MARINHAS DO GÊNERO *GRACILARIA* (GREVILLE, 1930).

LORENA SOARES MONTEIRO

1. INTRODUÇÃO

As algas são organismos aquáticos fotossintéticos, autotróficos e tipicamente mais reduzidos e estruturalmente menos complexos se comparados às plantas terrestres. Todas as algas são unicelulares em alguma fase de seu ciclo de vida, podendo ser temporariamente planctônicas ou bentônicas como as macroalgas marinhas (ROUND, 1983).

As algas, organismos ancestrais e abundantes, podem ser encontradas em praticamente todos os ecossistemas, exercendo importante papel na biosfera já que foram as primeiras produtoras de oxigênio no nosso planeta. Atualmente, elas são as responsáveis pela maior parte da produção primária nos ecossistemas aquáticos e têm função primordial no ciclo de vida dos mesmos, tanto nos marinhos quanto nos continentais onde exercem importante papel ecológico (PINTO-JÚNIOR, 2002). As macroalgas marinhas podem colonizar grandes porções de substrato, fornecendo refugio, alimento e mesmo substrato secundário a uma grande variedade de organismos, tornando-se num microambiente com características específicas dentro de um ecossistema maior (BEZERRA; MASI NETO; ALVES, 2004).

Dentre os recursos oriundos do mar, as macroalgas destacam-se como as de maior aproveitamento industrial. A sua abundância e diversidade as tornam fontes de matéria-prima para uma infinidade de produtos de uso humano e animal, além dos benefícios ambientais resultantes da atividade algal na forma de O₂ atmosférico, modulação climática, combustíveis fosseis e também na colheita de organismos que dependem da produção primária das algas. Destaca-se a sua utilização na indústria de cosméticos, produtos farmacêuticos e alimentícios, sobretudo, como fonte produtora de ficocolóides

(ágar-ágar, carragenana e alginato) (SILVA, 2005). As algas vermelhas, ou rodófitas (Rhodophyta), produzem compostos com propriedades gelificantes, sendo o mais importante deles o agar principal ficocolóide das algas do gênero *Gracilaria* (YOSHIMURA, 2006). Em decorrência disso diversos países, como o Brasil, necessitam de uma série de produtos extraídos das algas marinhas o que as torna um recurso de vasto potencial econômico (NUNES, 2006).

No Brasil devido a inúmeros fatores, principalmente a um processo desordenado de extrativismo predatório existente em regiões como Flecheiras, onde esta matéria prima é explorada, tal recurso está se tornando cada vez mais escasso (BEZERRA; MASH NETO; ALVES, 2004). Muitos bancos naturais de algas estão apresentando através dos anos um decréscimo de sua biomassa.

As algas fototróficas, além de compostos orgânicos e inorgânicos, requerem uma fonte externa de energia que é fornecida por luz de comprimento de onda entre 400 e 700 nm (Figura 1), absorvida pelos pigmentos fotossintetizantes, normalmente localizados nos cromatóforos (THOMAS, 2002).

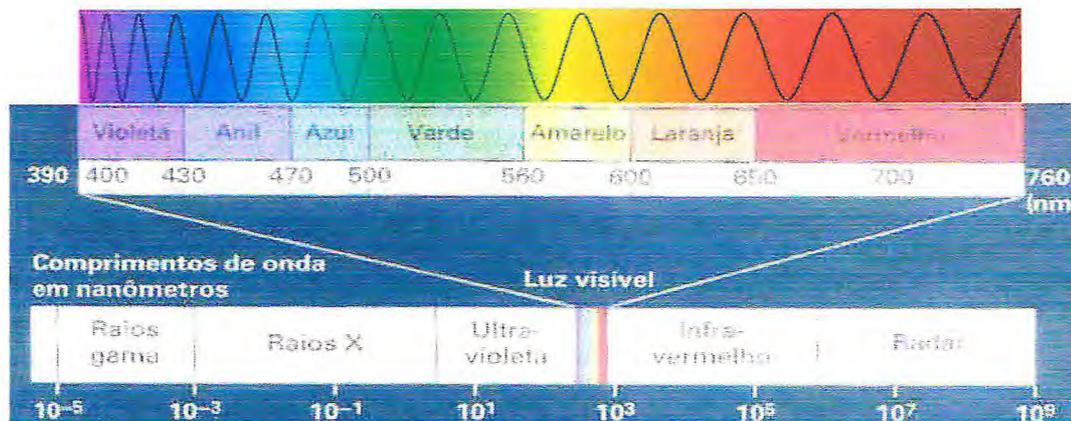


Figura 1: Representação do espectro visível, intervalo cujas algas são capazes de absorver energia.

Os pigmentos absorvem luz a qual é convertida em energia química que será empregada na síntese de moléculas orgânicas derivadas do CO_2 incorporado (PINTO-JÚNIOR, 2002). Além da clorofila *a*, pigmento envolvido no centro de reação da unidade fotossintética e comum a todos os grupos algais, as rodófitas contêm também a clorofila *d*, quimicamente bem

semelhante à primeira (Figura 2) (CASTELO-PEREIRA, 2007; LOBBAN; HARRISON, 1997) e comprovadamente atuante no processo fotossintético, embora mais discretamente (LARKUM e HÜHL, 2005).

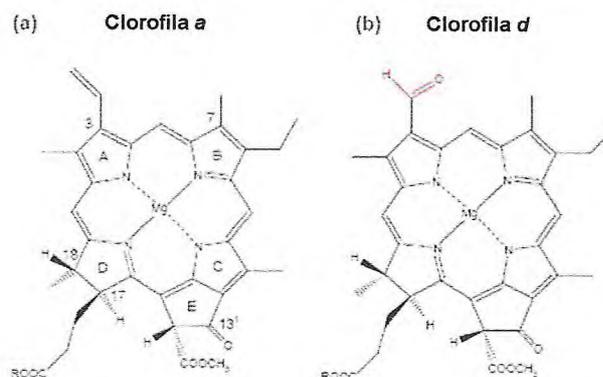


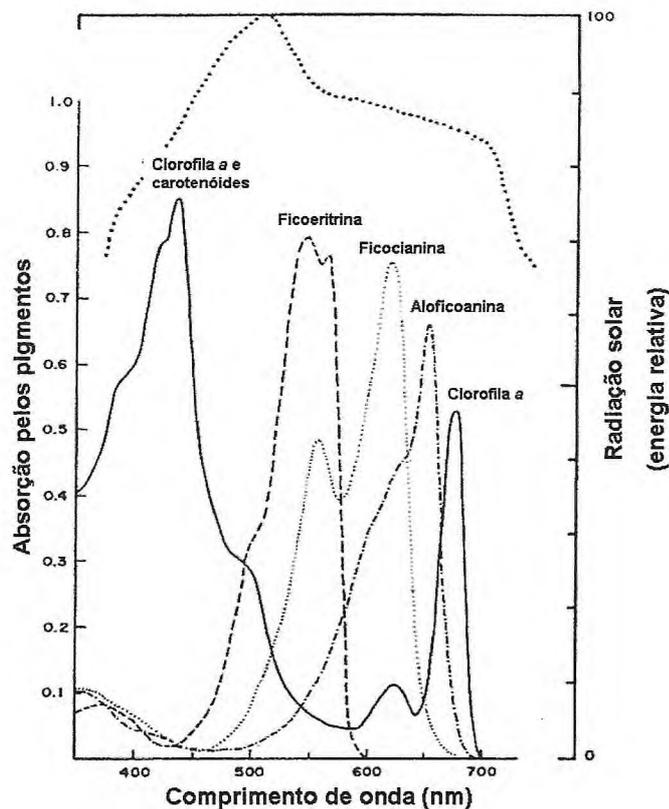
Figura 2: Fórmula molecular das clorofilas *a* e *d*.

As rodófitas possuem ainda pigmentos hidrossolúveis, as ficobilinas, estruturas tetrapirrólicas ligadas a proteínas do tipo globulina (ficobiliproteínas) e ocorrem de dois tipos: ficocianina e ficoeritrina, pigmentos acessórios fortemente fluorescentes, além de parede celular constituída por celulose, agár (agarose + agarpectina) e carotenóides. O pigmento ficocianina transmite a luz azul e absorve o verde, amarelo e vermelho. Já a ficoeritrina é responsável pela cor vermelha desse grupo de algas, por refletir a luz vermelha, e absorve a luz azul, a qual penetra até grandes profundidades no oceano, além do verde e amarelo, permitindo sua fotossíntese e sobrevivência em profundidades maiores o que não ocorre com outros grupos de algas (THOMAS, 2002; LOBBAN; HARRISON, 1997; WERLINGER; KRISLER, 1994).

Lobban; Harrison (1997) afirmam que os pigmentos B-ficoeritrina e aloficocianina apresentam pico de absorção único a 545 e 650-654 nm, respectivamente, conferindo maior capacidade de absorção da luz que as espécies dos demais grupos. Van Der Hoek; Mann; Jahns (1995) acrescentam que existem cinco tipos de ficoeritrina e cada uma delas com diferentes espectros de absorção.

Os pigmentos do grupo *Rhodophyta* são representados pela R-ficoeritrina e β -caroteno principalmente, α -caroteno, zeaxantina, R-ficocianina, B-ficoeritrina e aloficocianina estão presentes em pequenas quantidades, além

da luteína, uma xantofila que compreende menos da metade do total de pigmentos (WERLINGER; KRISLER, 1994; VAN DER HOEK, MANN; JAHNS, 1995). A figura 3 apresenta alguns desses pigmentos e seus respectivos comprimentos de onda.



Fonte: LOBBAN; HARRISON (1997).

Figura 3: Espectro da energia solar e absorção espectral de alguns pigmentos algais

Os carotenóides atuam na captação de luz e como foto-protetor do aparato fotossintético contra altos níveis de radiação (CASTELO-PEREIRA et al., 2007). São longas cadeias de moléculas de hidrocarbonetos não saturados cujas extremidades são torcidas formando anéis que, como as clorofilas, estão frouxamente ligadas às proteínas nos plastídios. A estrutura apresenta ligações alternadas simples e duplas e a absorção de luz é devida a estas ligações, que conferem a cor avermelhada quanto maior for a quantidade de ligações duplas (ROUND, 1983). Sua composição e distribuição entre os grupos vegetais são afetadas por fatores como grau de maturação, condições ambientais, área

geográfica entre outros e não segue um padrão único (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2004; CAMPOS; ROSADO, 2005 apud PIRES, 2007).

Fatores bióticos e abióticos, como por exemplo, temperatura, luminosidade, nutrientes e salinidade, podem variar exigindo da alga mecanismos fisiológicos que assegurem sua sobrevivência, os quais são conhecidos como adaptação cromática ou aclimatação de pigmentos (CASTELO-PEREIRA et al., 2007).

A capacidade de absorção de luz pelas algas está intimamente ligada ao sucesso de sua produção fotossintética. Round (1983) afirma que as algas possuem mecanismos de compensação na quantidade ou qualidade de pigmentos conforme as condições do meio, ou seja, o conteúdo é afetado pela disponibilidade de luz, que quando pouca estimula a produção de pigmentos pela alga e quando em excesso pode ocasionar ruptura fotoquímica.

É possível se observar uma pequena modificação na estrutura dos tilacóides em função da variação da intensidade luminosa. Isso explicaria a capacidade das algas vermelhas de ocupar regiões mais profundas, a partir do aumento na proporção de ficoeritrina para absorção de luz em nessas profundidades. Pires (2007) afirma que pigmentos como os carotenóides são reconhecidamente sensíveis a fatores ambientais, dentre os quais luz, calor, e concentração de O₂ são relevantes.

As algas vermelhas são dominantes nos trópicos e são freqüentemente descoradas e têm seus pigmentos debilitados pelo sol nas baixas marés onde a exposição é mais intensa (WERLINGER; KRISLER, 1994). Porém, quando as algas encontram-se menos expostas ou têm nutrientes em quantidade suficiente, os tecidos descorados são regenerados.

Desde a constatação do processo da fotossíntese nas algas, tem sido compreendido que as regiões pigmentadas estão envolvidas na conversão de energia luminosa em química. Os pigmentos estão dentro dos ficobilissomos, associados ou envoltos pelos tilacóides. A energia absorvida pela ficoeritrina é transportada pela ficocianina para clorofila a passando pela aloficocianina (Figuras 4 e 5), o que aumenta a capacidade de absorção de luz e melhora o aproveitamento da disponibilidade da mesma nos diferentes comprimentos de onda (WERLINGER; KRISLER, 1994). Assim, tem-se que os carotenóides e as

ficobilinas atuam como pigmentos acessórios e absorvem energia, a qual é então transferida para clorofila *a*. Dessa forma, toda a energia que não seria captada pela clorofila *a* é absorvida pelos pigmentos acessórios otimizando o processo fotossintético.

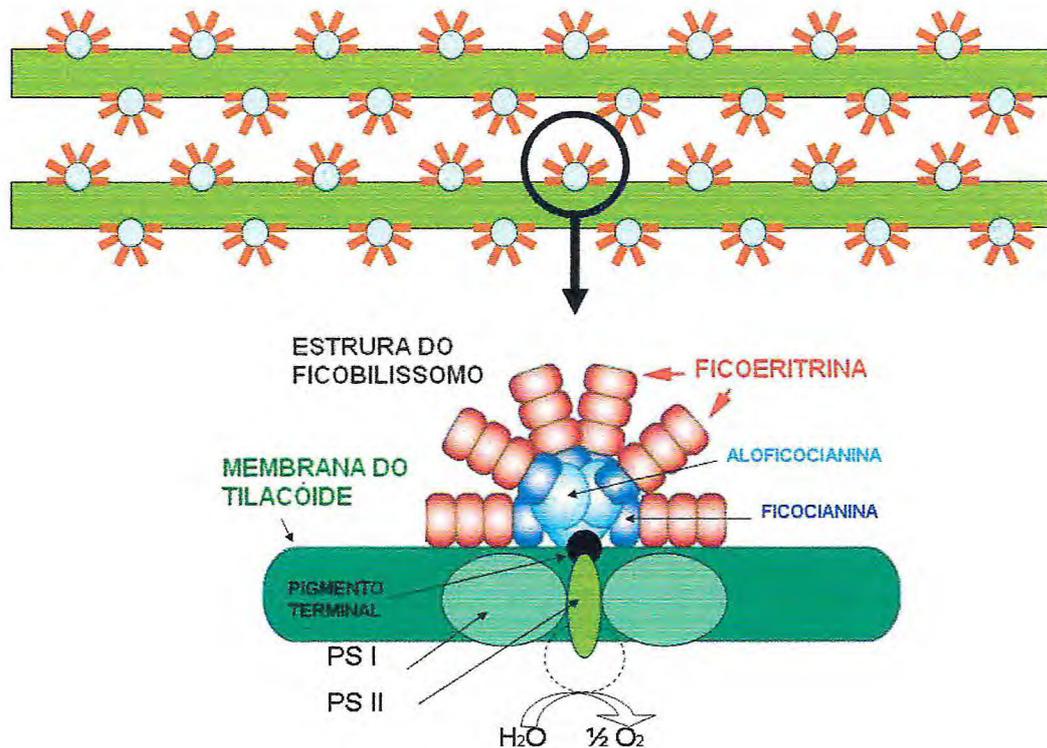
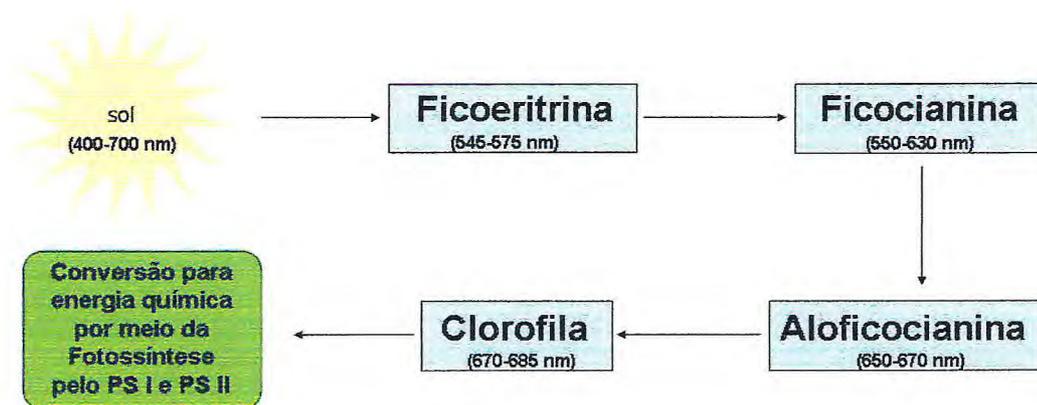


Figura 4: Estrutura do ficobilissomo na membrana tilacóide.



Baseado em: LOBBAN; HARRISON (1997).

Figura 5: Transferências simultâneas de energia.

Para Round (1983), as algas vermelhas e azuis possuem um mecanismo de adaptação cromática, de forma que a energia luminosa ao penetrar na água é diferentemente absorvida, primeiro o vermelho, depois o verde e por fim o azul, de tal maneira que as algas vermelhas habitam maiores profundidades. O mesmo autor complementa que a inatividade da clorofila *a* na absorção direta da luz se deve provavelmente a uma desativação em luz verde, exemplificando as macroalgas do gênero *Porphyra*, quando expostas à luz vermelha, adaptam rapidamente sua clorofila *a* para o processo fotossintético, condição esta imediatamente perdida quando a mesma é seguidamente exposta à luz verde (Yocum, 1951 *apud* Round, 1983), por isso o autor sugere que a absorção de energia luminosa pela ficoeritrina desativa a clorofila *a* e a esse fenômeno dá-se o nome de inibição competitiva.

Segundo Motta (2005), os processos fotossintéticos utilizam a energia luminosa captada por moléculas de clorofila para sintetizar carboidratos a partir do dióxido de carbono e água. De acordo com Kubitza (2003), é a partir da atividade fotossintética que as macroalgas geram energia e sintetizam outros compostos dissolvidos na água, os quais são importantes para o seu crescimento e reprodução. A fotossíntese pode ser considerada como um dos processos biológicos mais importantes na Terra por liberar oxigênio e consumir dióxido de carbono, assim, a fotossíntese transformou a atmosfera terrestre no ambiente habitável que conhecemos hoje.

Está claro que a fotossíntese depende da quantidade e qualidade dos pigmentos envolvidos. Este fenômeno pode ser dividido em três estágios (LOBBAN; HARRISON, 1997):

- Absorção da energia luminosa pelos pigmentos fotossintetizantes, localizados principalmente nos cromatóforos;
- Transferência de parte desta energia para as ligações pirofosfato do ATP, em um processo conhecido como fosforilação, e outra parcela para os processos de oxido-redução, nos quais é formado NADPH_2 e liberado oxigênio (Figura 6);
- Assimilação de carbono em uma série de reações de fase escura, envolvendo ribulose-5-fosfato, ribulose difosfato e utilizando o poder redutor do NADP_2 e a ação fosforilante do ATP.

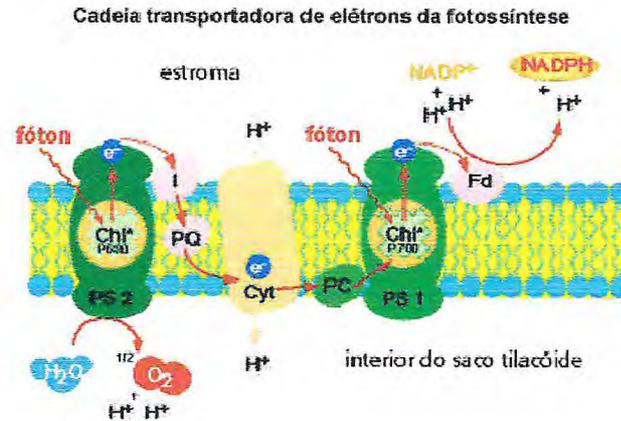
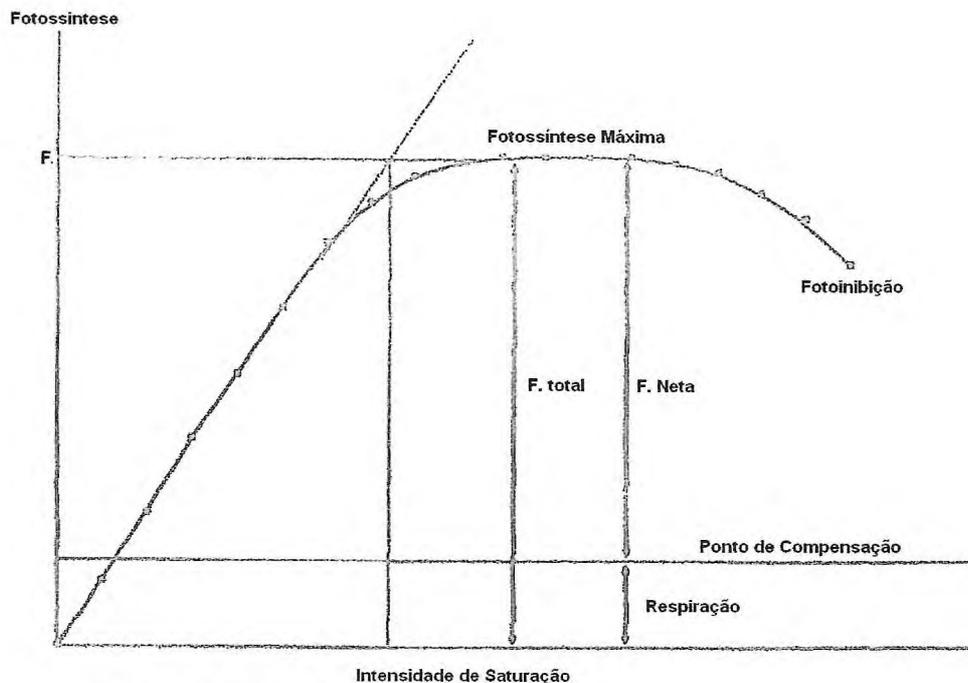


Figura 6: Transferências de energia na cadeia transportadora de elétrons durante a fotossíntese.

A fotossíntese é afetada por vários fatores, tais como a intensidade luminosa, a temperatura e a concentração de gás carbônico e oxigênio e nutrientes na água (ALENCAR, 2004; WERLINGER; KRISLER, 1994). Tais necessidades são essenciais a ponto de desacelerar o processo fotossintético caso algum desses fatores estejam ausentes ou alterados.

A principal função da luz na fisiologia das algas marinhas é dispor energia para a realização da fotossíntese (WERLINGER; KRISLER, 1994). Varias pesquisas mostram que a atividade fotossintética é interrompida por altas intensidades luminosas, ou seja, quando ocorre a saturação luminosa, este efeito mostra que há inibição e prejuízos ao mecanismo fotossintético por limitações da fase escura (THOMAS, 2002; LOBBAN; HARRISON, 1997). Altas intensidades luminosas resultam eventualmente em foto-oxidação irreversível. Werlinger; Aveal (1994) apud Alencar (2004) afirma que quando a faixa de intensidade luminosa ultrapassa o ponto de saturação e de fotossíntese máxima, ocorre o processo de fotoinibição (Figura 7), produzida pela inativação do aparato fotossintético e pigmentos danificados, mais precisamente à inibição da atividade do fotossistema II, à diminuição da concentração de clorofila e à redução dos estoques de RuBisCO, enzima-chave na incorporação do gás carbônico sob a forma orgânica, que embora ocorra na fase escura necessita de luz para ocorrer (LOBBAN; HARRISON, 1997; WERLINGER; KRISLER, 1994).



Fonte: WERLINGER; KRISLER (1994)

Figura 7: Curva teórica da fotossíntese em relação à intensidade luminosa

Em intensidades luminosas acima das quais a curva fotossíntese/luz se torna linear, um aumento de temperatura apresenta pouco efeito sobre os processos fotossintéticos. Alencar (2004) afirma que em altas intensidades luminosas, um aumento de temperatura elevará o ponto em que ocorre saturação luminosa aumentando assim a atividade fotossintética e respiratória da alga.

Outro fator importante no aumento ou diminuição da capacidade fotossintética é a concentração de CO_2 e O_2 . Segundo Round (1983), existe um intervalo considerável no qual pode ser utilizado dióxido de carbono, mas seu excesso pode levar a inibição. A concentração de oxigênio disponível para respiração pode afetar a fotossíntese, pois as enzimas e metabólitos usados em ambos os processos são os mesmos.

A fotossíntese pode ainda ser afetada pela concentração de nutrientes na água. Tais nutrientes são assimilados pelas algas por absorção e desempenham um papel fundamental nos processos metabólicos da fotossíntese e da respiração (WERLINGER; KRISLER, 1994). A presença de compostos orgânicos pode estimular a fotossíntese, podendo inclusive superar

a taxa de respiração, e indicar uma possível eutrofização do meio (KUBITZA, 2003) a este processo dá-se o nome de quimiotrofia facultativa e pode justificar a presença de algas em locais com pouca incidência luminosa.

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a produção de oxigênio por quatro espécies de macroalgas: *Gracilaria birdiae*, *G. caudata*, *G. domingensis* e *G. wrightii*; no período de outubro de 2007 a fevereiro de 2008, sob diferentes condições de luminosidade e temperatura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de coleta

A praia de Flecheiras está localizada no município de Trairí, distante cerca de 140 km de Fortaleza (Figura 8), possuindo morfodinâmica com pouca declividade, com temperatura média de 28°C, salinidade de 35 ppt e a presença de cerca de 126 espécies de algas, (FAO, 2002), em uma enseada que as protege do batimento das ondas.

Segundo Dantas (2004), nesta praia está presente um dos maiores bancos de algas do Estado do Ceará, tanto em tamanho, quanto em diversidade de espécies, sendo escolhido para as coletas dos exemplares neste experimento.

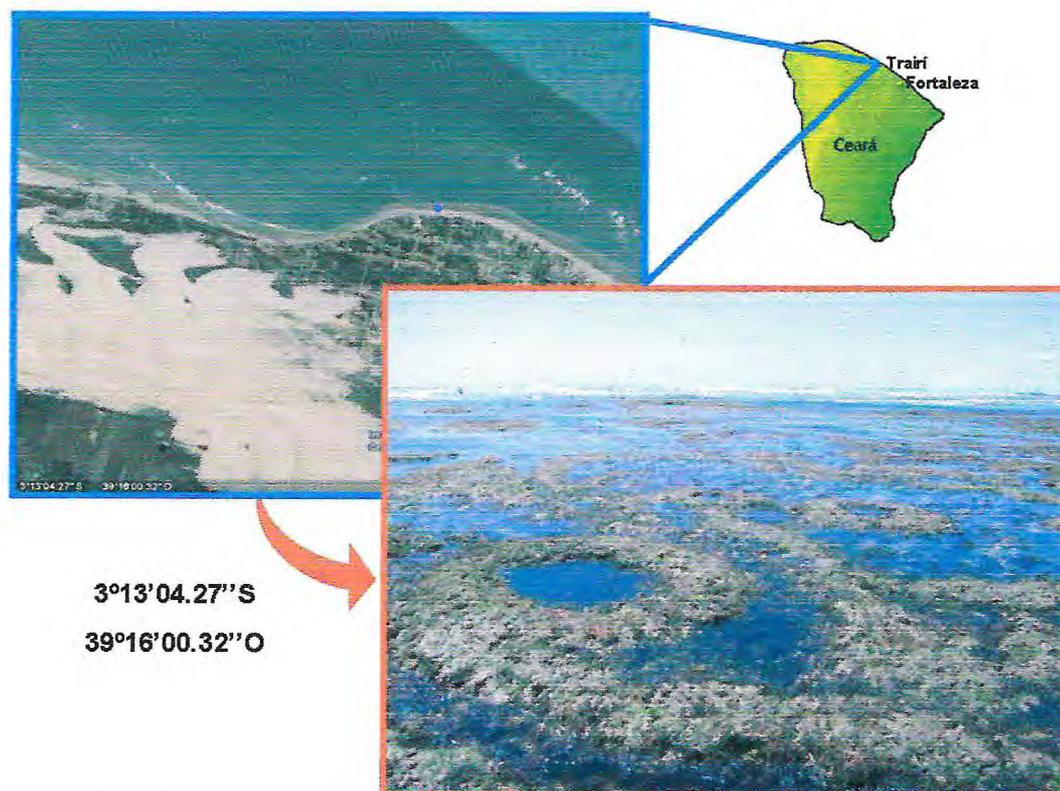


Figura 8: Localização do banco em Flecheiras, ponto de coleta

2.2. Descrição das espécies

O gênero *Gracilaria* foi estabelecido por Greville em 1830 com apenas quatro espécies, sendo atualmente o gênero que engloba o maior número de espécies na família *Gracilariaceae* (PLASTINO, 1991; FERREIRA-CORREIA, 1983; PEREIRA, 1977; MARINO, 1972). Posteriormente houve grande discussão no meio científico quanto à taxonomia do gênero, que sugeria que os gêneros *Gracilariopsis* e *Gracilaria* se tratavam do mesmo gênero (FERREIRA-CORREIA, 1983 apud PAPENFUSS, 1966) devido à presença de filamentos nutritivos que ligam a massa de gonimoblastos. A taxonomia do gênero *Gracilaria* não é devidamente compreendida e a interpretação tem sido descrita como caótica devido à existência de polimorfismo e de variação genética (PINTO-JÚNIOR, 2002). Porém, Oliveira Filho (1977) afirmou não existir justificativas válidas para diferenciação entre os gêneros, assim, neste trabalho considera-se apenas um: *Gracilaria* Greville (1830).

Segundo Plastino (1991) pesquisadores tem buscado intensamente novos critérios que permitam delimitar gêneros e espécies. Uma vez esgotadas as possibilidades de reconhecimento por caracteres macroscópicos, torna-se necessário buscar características microscópicas, bem como a utilização de novas técnicas para caracterização de determinados táxons. A autora sugere que dentre os critérios considerados estão: tipo de distribuição dos espermatângios, contagem de cromossomos, testes de cruzamentos, biologia molecular e identificação de substâncias químicas, tais como os polissacarídeos, para o caso do gênero *Gracilaria*., mostrando-se uma importante ferramenta nas definições taxonômicas que serão mencionadas a seguir.

As algas do gênero *Gracilaria* são importantes fontes de matéria prima para extração de substâncias como o ágar (PLASTINO, 1991). No Brasil, Oliveira Filho (1977) comenta que o gênero é muito bem representado e amplamente distribuído, principalmente em sua costa Nordeste. O gênero apresenta mecanismos fisiológicos que agem em resposta a alterações ambientais (CASTELO-PEREIRA et al., 2007), esta capacidade de adaptação e o seu elevado poder de absorção de nutrientes implica em uma grande importância econômica por ser fonte de extração de ficocolóides que tem larga

aplicação industrial e tecnológica (COSTA, 2006; NUNES, 2006; YOSHIMURA, 2006; PINTO JÚNIOR, 2002) além de ambiental. Para o Ceará, as referências foram levantadas por Ferreira & Pinheiro (1966) e desde então as *Gracilaria* vêm recebendo certa atenção e divulgação. Por esses motivos o gênero foi escolhido para este estudo e as espécies selecionadas devido sua presença comum na praia de Flecheiras. A seguir a taxonomia para o gênero proposta por Greville (1830).

Reino: *Plantae*- Haeckel, 1866

Filo: *Rhodophyta* - Wettstein, 1922

Classe: *Rhodophyceae*

Subclasse: *Florideophycidae*

Ordem: *Gigartinales*

Família: *Gracilariaceae*

Gênero: *Gracilaria* Greville (1830).

2.2.1. *Gracilaria birdiae* Plastino & Oliveira

A espécie foi descrita por Plastino; Oliveira (2002) como sendo de águas tropicais brasileiras, com base em comparações críticas com espécies afins, sendo encontrada desde o litoral do Estado do Ceará, onde anteriormente foi descrita como *Gracilaria cilindrica* por Pinheiro; Ferreira (1966), ao Estado do Espírito Santo. O talo com cerca de até 40 cm de comprimento e 2 mm de diâmetro tem estrutura pseudoparenquimatosa de paredes espessas com duas camadas de células e bulbo medular com cinco camadas de células intercaladas, grandes com pequenas e sua ramificação é subdicotômica, convertendo-se em unilateral em certos locais (Figura 9).

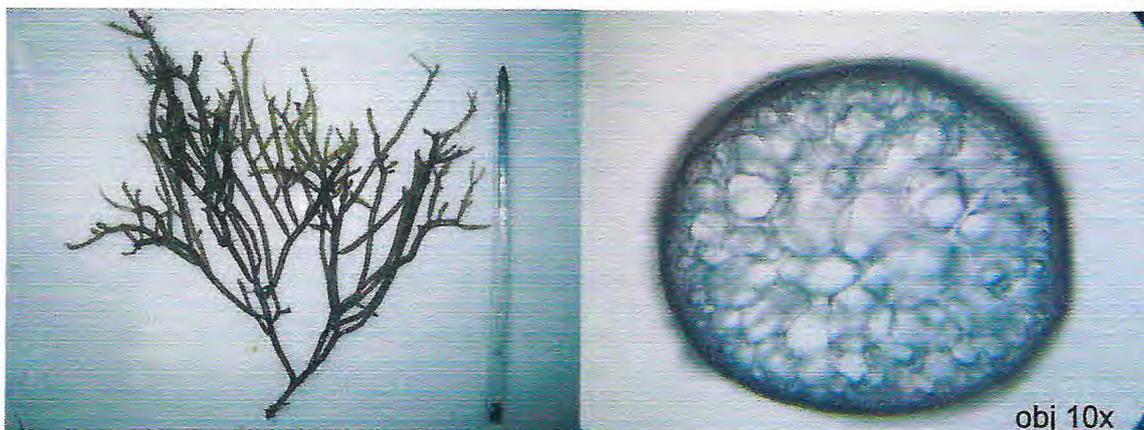


Figura 9: Macroscopia e microscopia da *Gracilaria Birdiae*.

2.2.2. *Gracilaria caudata* J. Agardh

Alguns taxonomistas consideram esta espécie como sendo *Gelidiopsis gracilis*, porém Wynne (1989) trata como sendo a mesma espécie. Para Marino (1972) trata-se de uma planta gregária, em densos tufos, vermelho-vinácea a esverdeada, consistência dura, 4,5 a 7 cm de altura, diâmetro variando de 1 a 2 mm porção estolonífera cilíndrica com pequenos apressórios discóides ramos eretos cilíndricos a levemente achatados, ramificação pseudodotômica a irregular e nas porções distais, algumas vezes opostas. Talo sólido, pseudoparenquimatoso e região medular a camada central com células pequenas e adensadas (Figura 10).

Sua distribuição vai do Estado do Maranhão até Santa Catarina e é bastante coletada no Nordeste do Brasil para extração do agar alimentício (YOSHIMURA, 2006).

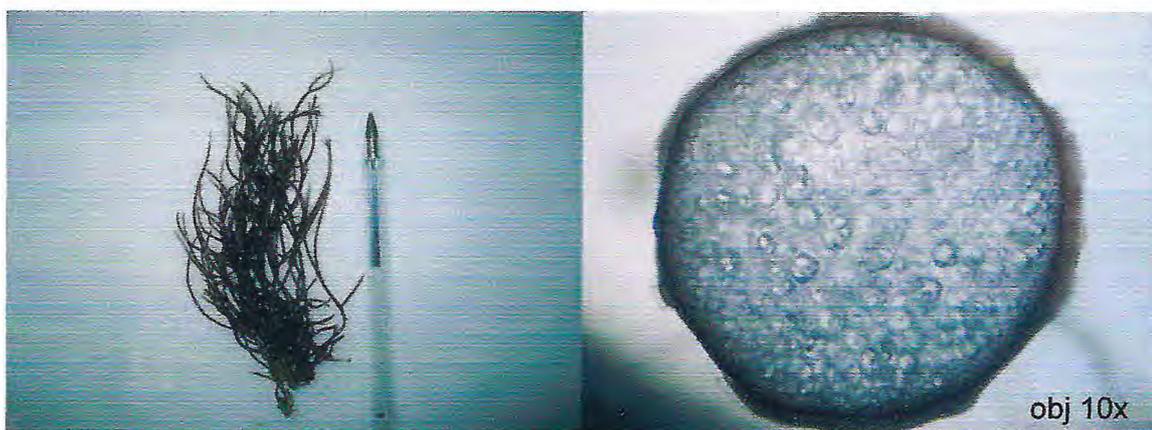


Figura 10: Macroscopia e microscopia *Gracilaria caudata*.

2.2.3. *Gracilaria domingensis* (Kützting.) Sonder

Marino (1972) menciona o Ceará como o Estado de ocorrência da espécie citando Ferreira; Pinheiro (1966). Trata-se de uma planta de cor vermelho-vinácea, densamente ramificada, em um só plano e muitas vezes com proliferações, alcançando de 9,5 a 15 cm de altura, com eixo principal achatado, mais estreito próximo à base, depois alargando e mantendo a mesma largura até a região distal, com 0,5 a 1 cm de largura e presença de apressório discóide e pequeno. A ramificação é subdicotômica, com o eixo principal e ramos secundários densamente pinados, com ramos curtos. O talo é sólido e pseudoparenquimatoso, e a região modular, como característica do gênero, possui na porção central células grandes diminuindo seu tamanho quando desloca para periferia e região cortical com duas camadas de pequenas células com cromoplastos (Figura 11).

Esta espécie forma associações com outros gêneros e é perene, sendo encontrada durante todo ano no litoral cearense (JOVENTINO; BEZERRA, 1980). Atualmente sabe-se que esta espécie está amplamente distribuída no Brasil e se adapta muito bem a regiões de clima tropical (FERREIRA-CORREIA, 1983 *apud* OLIVEIRA FILHO, 1977). É amplamente utilizada na alimentação humana, no mercado alimentício japonês (YOSHIMURA, 2006).



Figura 11: Macroscopia e microscopia da *Gracilaria domingensis*.

2.2.4. *Gracilaria wrightii*

Para Pereira (1977) a referida espécie cresce em tufos ramificados, com talos carnosos com até 17,5 cm de altura. A ramificação é alternada e apresenta diâmetro de 5 a 6 mm, com talo sólido e aspecto grosseiro. Em corte

transversal, de dentro para fora, células grandes apresentam paredes bem espessas e sem cor constituindo o subcortex até a região medular seguidas de células menores quase transparentes que constituem a região cortical (Figura 12). A mesma autora acrescenta que esta espécie é restrita apenas a região nordeste do Brasil, sendo todas as referências feitas em forma de lista e sem descrição, com exceção de Taylor (1960).

Segundo Newton (1953) *apud* Algaebase (2008), o referido autor comenta que alguns autores denominam a espécie *Gracilaria debilis* como sendo *Gracilaria wrightii*, contudo Ferreira e Pinheiro (1966) citam em seu inventário a espécie *Gracilaria wrightii* presente no litoral cearense, sendo assim, para este trabalho trataremos por *G. wrightii*.



Figura 12: Macroscopia e microscopia da *Gracilaria wrightii*.

2.3. Procedimento de campo

Foram coletadas plantas adultas, mês a mês, no período de outubro de 2007 a fevereiro de 2008, nas marés de sizígias ou através de mergulhos, com o auxílio de instrumentos pontiagudos como facas e espátulas a fim de manter a integridade física do exemplar coletado quase sempre em tufos (Figura 13).

Em seguida o material foi acondicionado em caixas térmicas com água do mar, previamente coletada na ocasião da coleta, e com aeração artificial, sendo dessa forma transportadas até o laboratório.

Toda água do mar utilizada no experimento foi coletada na mesma região onde foram realizadas as coletas dos exemplares, porém em local de

maior profundidade a fim de se obter uma água mais fria e com menor quantidade de material em suspensão.

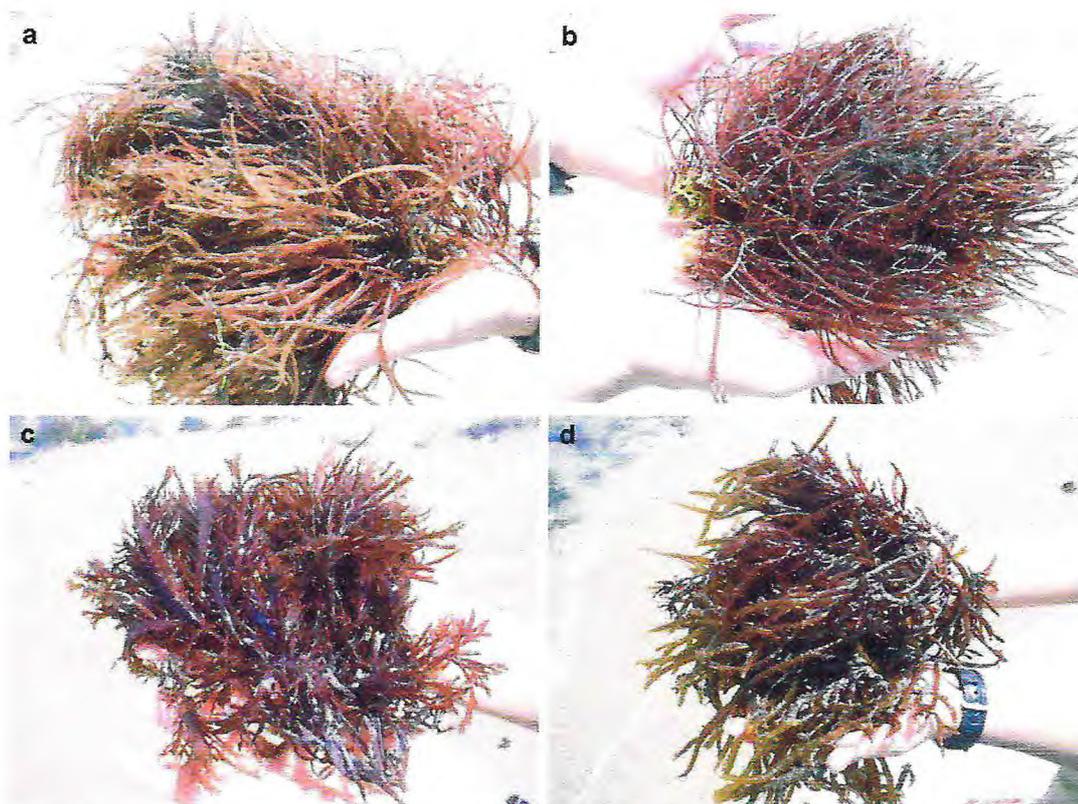


Figura 13 : Tufos de algas extraídos do banco de algas em Flecheiras. (a) *Gracilaria birdiae*, (b) *G. caudata*, (c) *G. domingensis*, (d) *G. wrightii*.

2.4. Procedimento de laboratório

Os exemplares foram rapidamente lavados em água doce para eliminação de fauna acompanhante e limpos para eliminação de epífitas e selecionados considerando os indivíduos visualmente saudáveis. As algas foram pesadas em porções de aproximadamente 20 g e colocadas em béquers com 400 mL da água do mar em triplicatas (ALENCAR, 2004). Antes de entrar no sistema, a água coletada foi tratada com filtro UV determinados os valores iniciais de temperatura, salinidade, pH e concentração de oxigênio dissolvido com o auxílio de um oxímetro da marca YSI modelo 650^a, refratômetro Atago e medidor de pH de bancada Marconi.

O experimento foi conduzido na Estação de Piscicultura do DEP/CCA/UFC, onde o material foi aleatoriamente distribuído em suportes dentro de um tanque de piscicultura com volume de 200.000 L. Os frascos contendo os talos algais foram cuidadosamente arrumados para que não fossem sobrepostos uns aos outros (Figuras 14 e 15). Assim, o experimento realizado, considerando-se tratamentos e controles em triplicata, totalizou 30 frascos. Para cada uma das quatro espécies foram utilizados frascos com iluminação e seus respectivos controles (sem iluminação), e ainda um tratamento para controle, sem alga, com e sem iluminação.

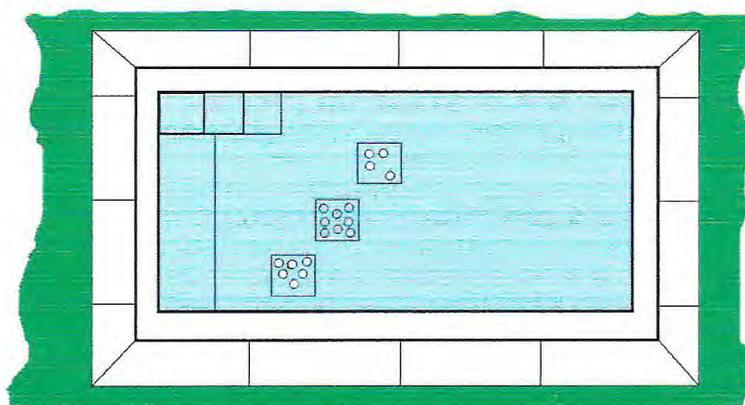


Figura 14: Esquema da distribuição dentro do viveiro.



Figura 15: Imagem da distribuição dos béquers dentro do viveiro.

Durante um período de 33 horas, com espaços de 3 horas de intervalo, foram medidas temperatura e oxigênio dissolvido utilizando-se o oxímetro YSI e iluminância (Figura 16), utilizando um luxímetro da marca Instrutherm modelo MD 500.



Figura 16: Determinação da iluminância.

Dois outros experimentos foram realizados em condições de laboratório. Um primeiro com temperatura constante e luminosidade variando naturalmente e um segundo com luminosidade e temperatura constantes. Foram utilizados frascos com a mesma densidade algal, pelo mesmo período de tempo e verificados os mesmos parâmetros que o experimento realizado em viveiro. Para controlar a temperatura em ambos os testes, e mantê-la em torno de 26°C, foram utilizados termostatos e a luminosidade no caso do segundo teste foi mantida por duas lâmpadas de 40W. Para variação natural de luminosidade o sistema foi montado em área aberta com incidência direta de luz solar e acesso a um ponto de energia elétrica para manter em funcionamento o termostato. Os frascos foram colocados em uma caixa térmica com as paredes forradas com papel laminado a fim de se manter melhor distribuição de luz entre os mesmos (Figura 17).

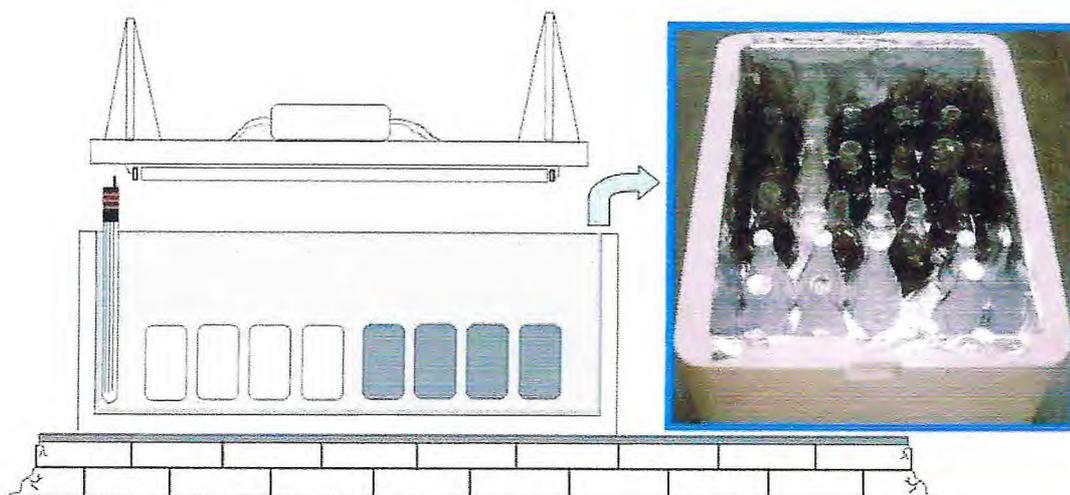


Figura 17: Ajuste do teste com parâmetros controlados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies de *Gracilaria* ocorrem na praia de Flecheiras durante todo ano, sendo que em algumas épocas com maior ou menor volume de biomassa por espécie. Esta variação na incidência das espécies se dá devido à variáveis ambientais, bem como pela exploração da comunidade, que realiza coletas manuais periódicas para comercializar com atravessadores (Figura 18).



Figura 18: Coleta extrativa de algas pela comunidade.

3.1 Produção sazonal de oxigênio

O experimento abrangeu os meses de outubro e novembro de 2007 quando a iluminância natural foi máxima, ou seja, no período seco, e os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, no início do período chuvoso, quando a iluminância natural apresentou uma maior variação durante o dia, devido ao aumento da nebulosidade (Figura 19).

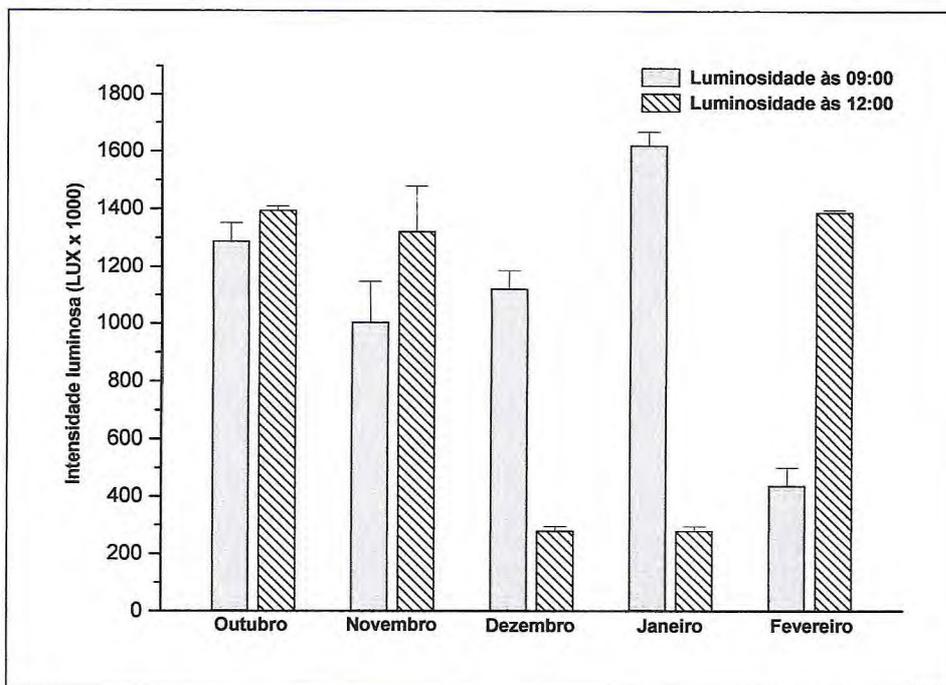


Figura 19: Variação sazonal da iluminância natural (lux) durante o experimento.

A produção de oxigênio pelas 4 (quatro) espécies de macroalgas do gênero *Gracilaria* apresentou um padrão bastante semelhante no decorrer do dia. O maior teor de oxigênio dissolvido foi observado às 09:00 h, sendo acima de 20 mg/L nos meses de outubro e novembro (Figuras 20 e 21) e abaixo desse valor, nos meses de dezembro e janeiro, ficou entre 15 e 20 mg/L e fevereiro com cerca de 11 mg/L (Figuras 22, 23 e 24).

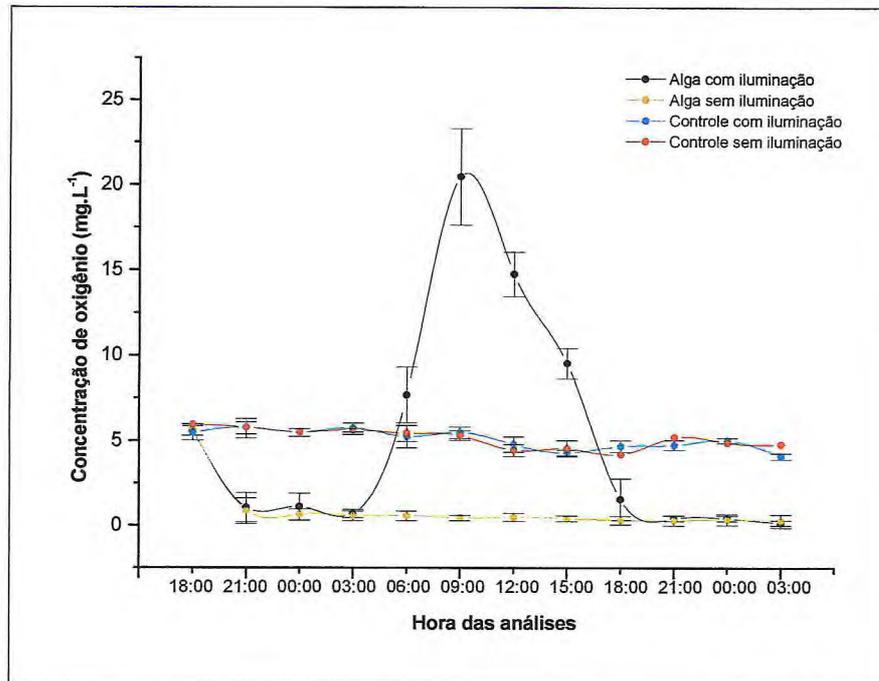


Figura 20: Produção média de oxigênio, ao longo do dia, por algas do gênero *Gracilaria* no mês de outubro.

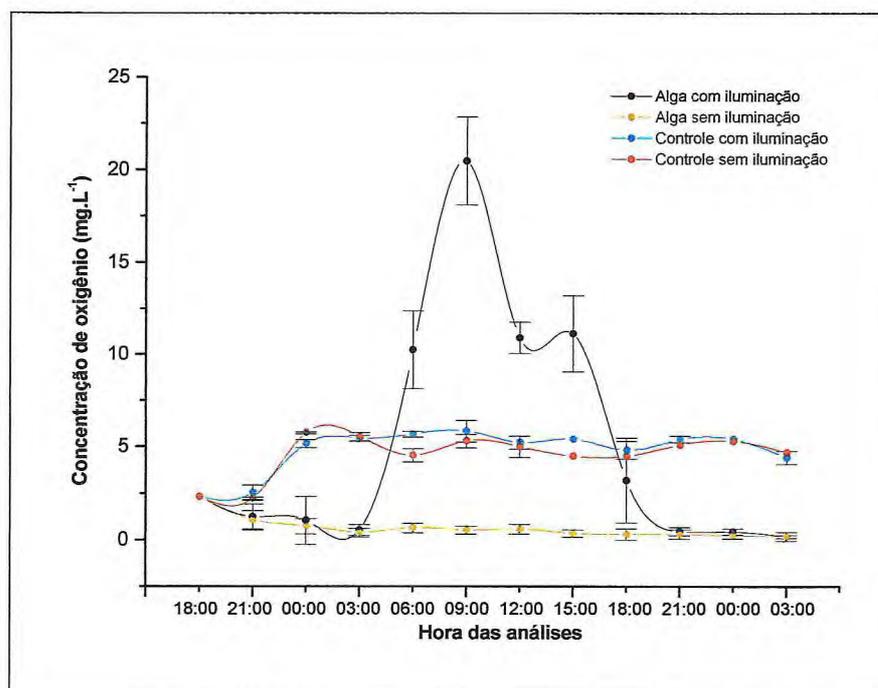


Figura 21: Produção média de oxigênio, ao longo do dia, por algas do gênero *Gracilaria* no mês de novembro.

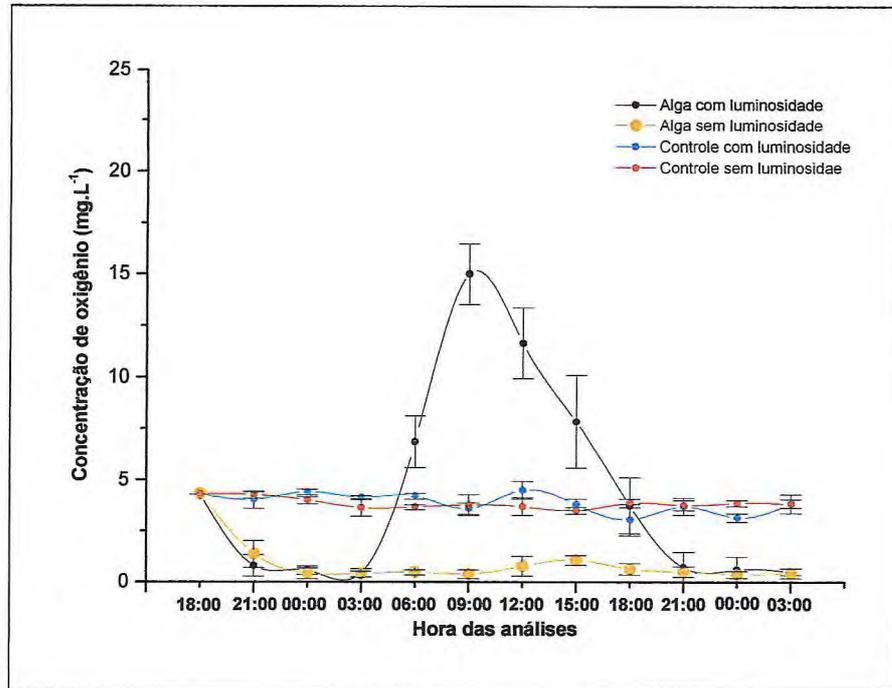


Figura 22: Produção média de oxigênio, ao longo do dia, por algas do gênero *Gracilaria* no mês de dezembro.

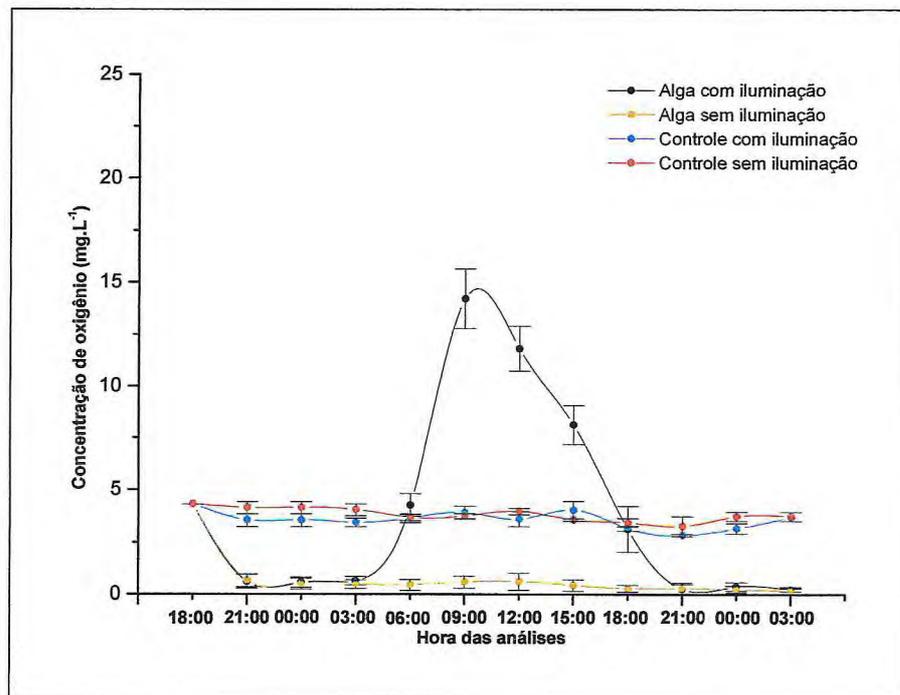


Figura 23: Produção média de oxigênio, ao longo do dia, por algas do gênero *Gracilaria* no mês de janeiro.

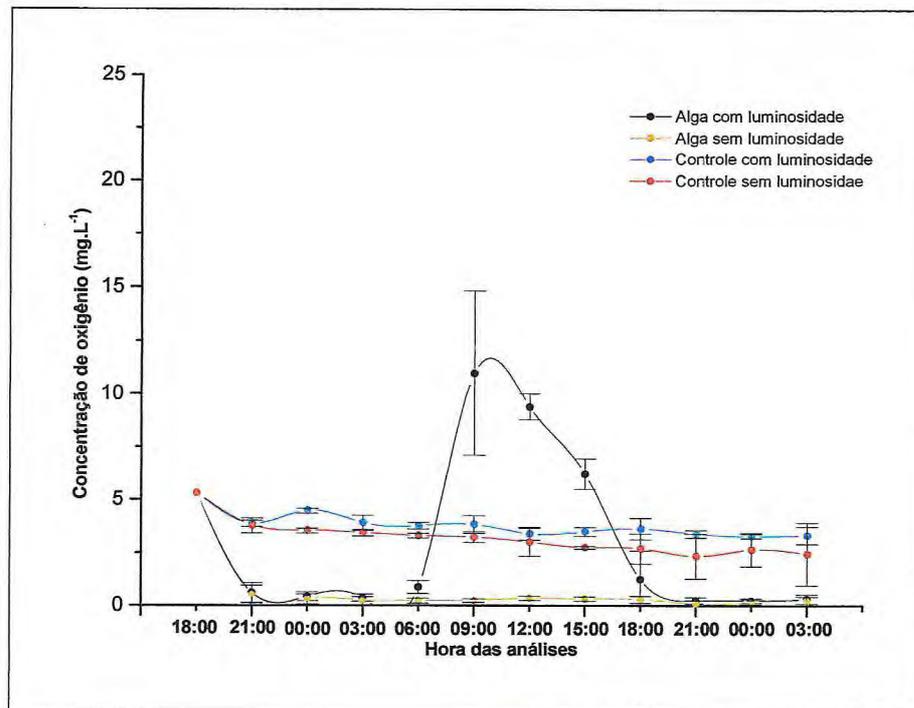


Figura 24: Produção média de oxigênio, ao longo do dia, por algas do gênero *Gracilaria* no mês de fevereiro.

De uma maneira geral, a máxima produção de oxigênio por todas as espécies também foi semelhante. No entanto, a produção de oxigênio pela espécie *G. wrightii* foi sempre menor do que a produção das outras, com exceção do mês de novembro, quando não houve nenhuma diferença significativa entre as espécies (Figura 25). Essa espécie é caracterizada por um talo cilíndrico bastante espesso, conforme descrito, resultando em uma menor quantidade de tecido periférico, onde estão os pigmentos, exposto à radiação solar. As espécies *G. birdiae* e *G. caudata* apesar de possuírem talos cilíndricos, os mesmos são menos espessos do que o da espécie *G. wrightii*. Assim, para a mesma biomassa, as duas primeiras apresentam uma maior área de superfície exposta aos raios solares. Já *G. domingensis* possui um talo achatado com a maior superfície exposta entre as 4 (quatro) algas testadas.

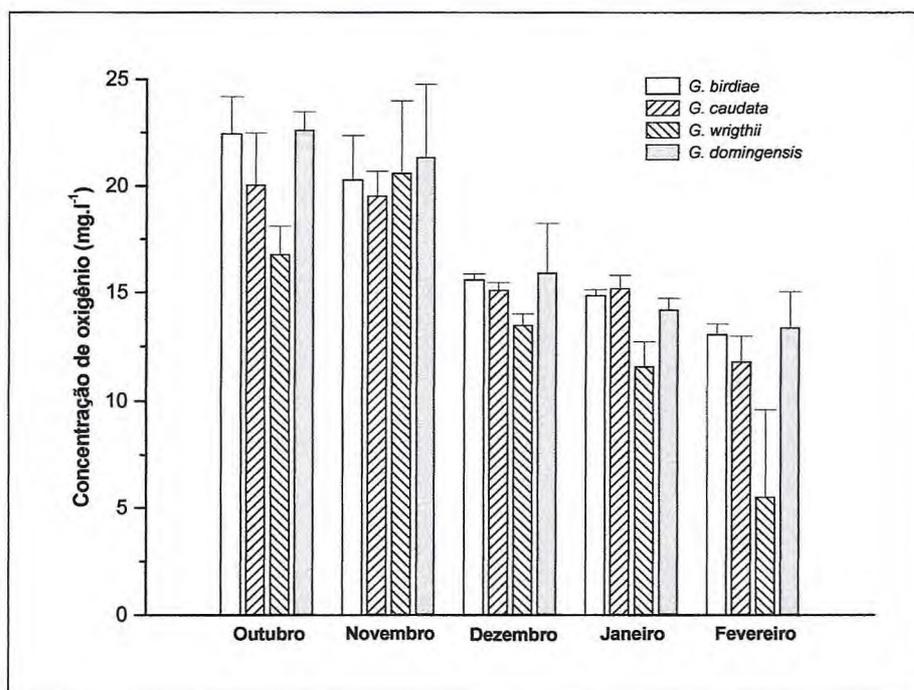


Figura 25: Variação sazonal da produção de oxigênio por 4 (quatro) espécies de algas do gênero *Gracilaria*.

A relação superfície-volume expressa a complexidade morfológica entre as várias espécies de algas e possui significância funcional relativa à absorção de energia e nutrientes pelo organismo. Desta forma, espécies com elevada proporção superfície-volume, possuem grande potencial fotossintético (THOMAS, 2002; GACIA; LITTLER; LITTLER, 1996). Além disso, os talos mais carnudos como os da *G. wrightii* rapidamente alcançam o peso de 20 g utilizado no experimento, se caracterizando uma menor superfície de contato em relação às demais espécies, dessa forma a relação peso-volume pode ter contribuído para o insucesso daquela espécie.

A maior concentração de oxigênio dissolvido na água, observada sempre às 09:00 h (Figuras 20 a 24), não coincidiu com o momento de maior intensidade de luz solar incidente, ou seja, às 12:00 h (Figura 19). Este fato pode ser explicado pela elevação da temperatura dentro das unidades experimentais, a qual quase sempre foi maior ao meio dia (Figura 26).

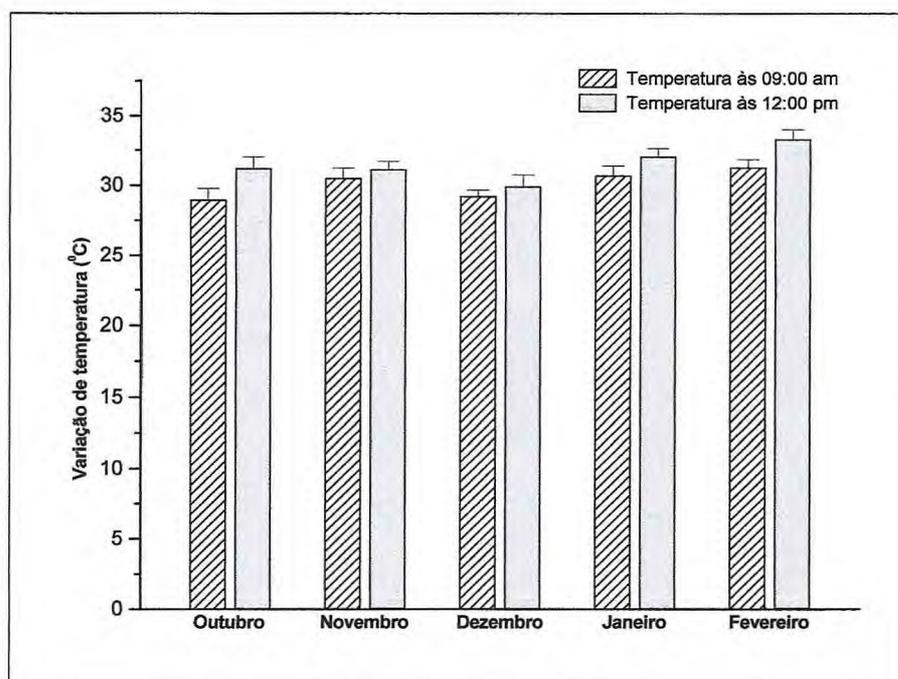


Figura 26: Variação sazonal da temperatura da água durante o experimento, em dois momentos do dia.

Para Werlinger & Krisler (1994) a resposta fotossintética das algas em baixas temperaturas é mínima aumentando conforme aumenta a temperatura, chegando até um ponto ótimo de produção fotossintética. Quando a temperatura ultrapassa este ponto, a taxa fotossintética passa a diminuir rapidamente, provocando a inativação do processo fotossintético e posteriormente a morte da planta. No ambiente natural, um aumento de temperatura apresenta menor efeito sobre os processos fotossintéticos que no ambiente experimentado, visto que a troca de calor constante no ambiente natural mantém a temperatura em um ponto aceitável. Já no sistema experimentado a troca ficou prejudicada pela resistência do vidro, mesmo estando o frasco imerso na água do tanque, assim é perceptível a grande influência desse fator nos resultados aferidos do oxigênio dissolvido na água dos recipientes.

Durante o experimento a temperatura da água ficou acima da observada no ambiente natural das espécies utilizadas, que é de 28°C, possivelmente inibindo a atividade fotossintética. Por outro lado, segundo Esteves (1998), a solubilidade do oxigênio na água depende exclusivamente da temperatura e da pressão, sendo que quanto maior a temperatura, menor a solubilidade, assim

as perdas de oxigênio para o ar também poderiam justificar os valores mais reduzidos observados, diariamente, ao meio-dia.

Quando o experimento foi realizado com temperatura controlada, a concentração de oxigênio foi aumentando gradativamente na água, tanto com variação natural da iluminância (Figura 27) quanto no laboratório, com luz artificial constante (Figura 24).

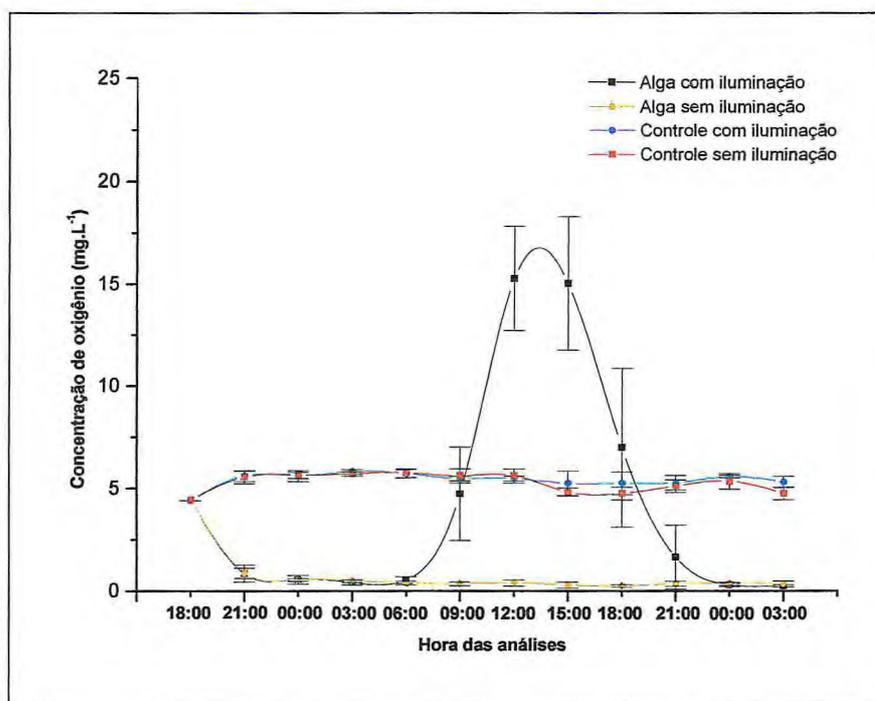


Figura 27: Concentração de oxigênio, ao longo do dia, com temperatura controlada e iluminação natural.

É interessante observar que, a uma temperatura de constante de 26°C, o gráfico foi deslocado para direita estando o período de maior concentração de oxigênio entre 12:00h e 15:00h e não mais às 9:00, quando neste horário a temperatura já girava em torno de 30°C no experimento no viveiro. Nas condições de luz em torno de 2000 lux e temperatura de 26°C o gráfico deslocou-se ainda mais para direita tendo seu pico agora às 15:00 h, porém um gráfico discreto em provável resposta a pouca luminosidade (artificial) (Figura 28).

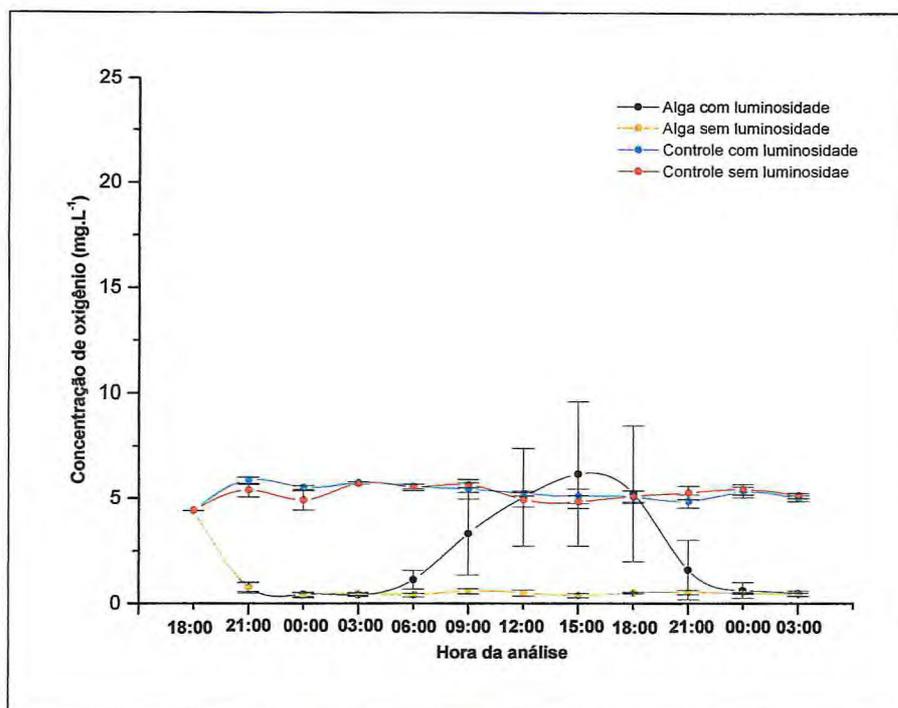


Figura 28: Concentração de oxigênio, ao longo do dia, com temperatura controlada e iluminação artificial.

Como podemos observar, quando foi utilizada a iluminação natural a concentração de oxigênio foi quase 20 mg/L, enquanto com a iluminação artificial não chegou a 10 mg/L. Este fato mostra que as algas estão bem adaptadas à forte radiação natural e que a iluminação artificial utilizada não foi suficiente para otimizar a produção de oxigênio pelas algas. Assim, é possível especular que no teste com iluminância controlada, se o fotoperíodo fosse superior às 12 horas as quais as espécies foram submetidas, o gráfico entraria em um comportamento constante, confirmando a capacidade de adaptação cromática. Além disso, os testes confirmam o fato de que a temperatura elevada nos experimentos realizados no viveiro foi a responsável pela menor concentração de oxigênio na água, no momento de maior radiação solar incidente.

Embora no teste com radiação natural a iluminância tenha sido menor que nos experimentos no viveiro, o comportamento da intensidade luminosa ao longo do dia foi a mesma que a dos experimentos, conforme mostra a figura 29, tendo seu pico igualmente ao meio dia.

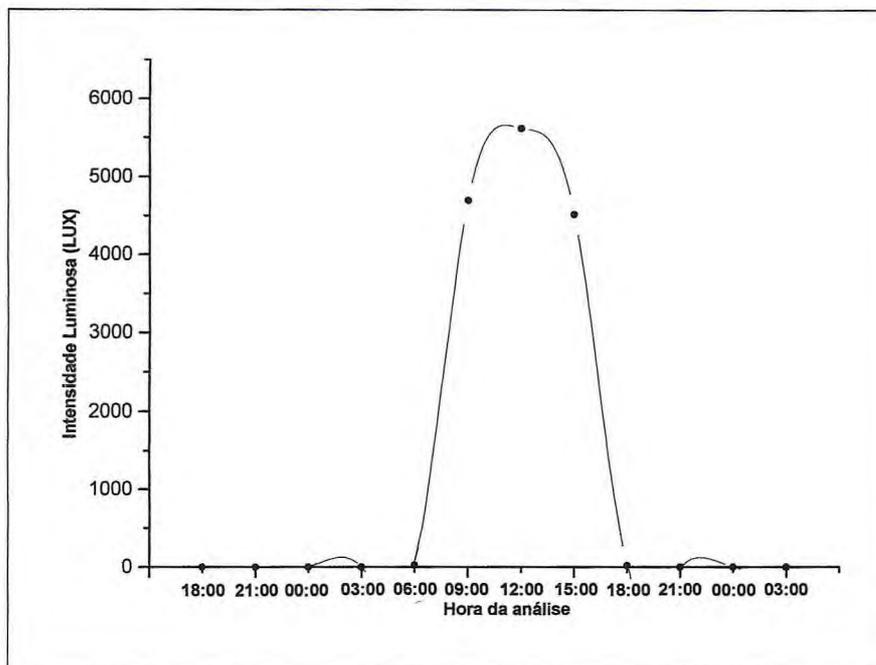


Figura 29: Variação na iluminância natural durante o experimento com temperatura controlada.

De acordo com Phooprong, Ogawa & Hayashizaki, 2007, vários trabalhos tem sido elaborados para se conhecer mais sobre o gênero *Gracilaria*. Porém, no que diz respeito à fotossíntese, fatores ambientais tais como salinidade, temperatura e radiação solar são pouco abordados. Contudo estes autores concluíram após estudos, que a fotossíntese e a taxa de respiração aumentam com a elevação da temperatura até que se atinja um ponto ótimo.

Os resultados também evidenciaram sazonalidade da performance fotossintética das espécies claramente distintas em duas épocas, sendo um período com maior incidência luminosa, onde houve maior produção de O_2 e outro com menor incidência, no início dos meses chuvosos, resultando em taxas fotossintéticas significativamente menores.

Os resultados mostram que todo o oxigênio produzido pelas algas também foi consumido, durante o período de escuro. Na relação entre a taxa fotossintética e a intensidade de luz, se define um ponto onde a produção fotossintética se iguala ao gasto pela respiração que, segundo Werlinger; Krisler (1994) é o ponto de compensação luminosa. Os autores acrescentam

que conhecer o ponto onde as espécies alcançam a saturação é de fundamental importância para alcançar um ponto ótimo de produção.

Segundo Perfeto et al. (2004) fatores abióticos também interferem na fisiologia das algas e a época do ano em que são coletadas as espécies pode definir o comportamento metabólico de cada espécie. Tem sido demonstrado que a fotossíntese algal é limitada pela luz em baixa radiação ao passo que quando em excesso a radiação provoca estresse (FIGUEIROA et al., 1997 *apud* CABELLO-PASINI, AGUIRRE-VON-WOBESER, FIGUEROA, 2000).

Nos experimentos realizados em campo, nos meses de dezembro e janeiro, ao contrário dos outros, a iluminância máxima foi às 09:00 h e não ao meio-dia. Mesmo assim, o maior teor de oxigênio dissolvido foi também observado às 09:00 h. Assim, durante o experimento, os elevados níveis de radiação não inibiram a atividade fotossintética. Várias espécies de algas desenvolvem mecanismos para capturarem a luz solar e são capazes de regularem seu conteúdo de pigmentos em resposta a quantidade e qualidade de luz ao longo da coluna d'água (CASTELO-PEREIRA et al., 2007).

Segundo King; Schramm (1976) *apud* Cabello-Pasini, Aguirre-von-Wobeser, Figueroa (2000), a distribuição espacial e o desenvolvimento sazonal das macroalgas marinhas é fortemente determinado pela radiação solar. Gacia et al. (1996) concluíram que a sazonalidade apresentada pela *Caulerpa taxifolia* devia-se a mecanismos de adaptação.

O ágar extraído de duas espécies de *Gracilaria* também se mostrou quimicamente diferente entre as estações do ano provando que os efeitos climáticos alteram o metabolismo das espécies, além de sua capacidade fotossintética (Marinho-Soriano, 2001).

4. CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho mostram que as espécies de *Gracilaria* estudadas são potencialmente produtoras de oxigênio, já que todas elas atingiram elevadas concentrações de oxigênio em seus frascos de cultivo.

As espécies do gênero *Gracilaria* apresentaram uma produção de oxigênio bastante semelhante, com exceção da espécie *G.wrightii* que produziu menos oxigênio devido a desvantagem na relação peso-volume quando comparada as demais espécies.

Todo o oxigênio produzido foi consumido durante o período de escuro. Além disso, a produção de oxigênio variou de forma sazonal atingindo valores máximos nos meses de maior radiação solar.

A temperatura elevada nos frascos de cultivo impediu a produção de oxigênio no horário de maior incidência luminosa. Este fator se mostrou o maior responsável pelos resultados encontrados, porém com os testes realizados é possível confirmar a igual importância que a exposição a diferentes intensidades luminosas tem no processo de adaptação do mecanismo fotossintético das algas.

É possível concluir também que a temperatura elevada acelera o processo de produção bem como o de respiração trazendo a curva do gráfico para esquerda. Quando a mesma se reduz o processo fotossintético não é inibido e sim retardado em se tratando do intervalo temporal, levando a curva para direita, enquanto que a iluminância age na intensidade dos picos de produção de oxigênio.

Conhecendo os valores ideais de temperatura e iluminância para essas espécies é possível utilizá-las como fornecedores de oxigênio no meio aquático além de melhorar resultados de cultivo por conseqüente melhora na resposta metabólica. Além de aplicar espécies de interesse econômico a cultivos consorciados melhorando a qualidade da água de maneira geral.

5. REFERÊNCIAS

ALENCAR, Jefersson Rosano. **Cultivo da macroalga *Ulva lactuca* integrado às fazendas de camarões marinhos em sistema fechado de recirculação**. Santa Catarina, 2005. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Aqüicultura/CCA/UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

ALGAEBASE. **Gracilaria debilis**. Disponível em: <www.algaebase.org>. Acesso em: 03 ago. 2008.

BEZERRA, Claudio; MASI NETO, Toivi; ALVES, Dárlcio Inácio. **Cultivo de Macroalgas Marinhas do gênero *Gracilaria***. Fortaleza: Ocec, 2004. 36 p.

CABELLO-PASINI, Alejandro, AGUIRRE-von-WOBESER, Eneas & FIGUEROA, Felix. Photoinhibition of photosynthesis in *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyceae), *Chondrus crispus* (Rhodophyceae) and *Ulva lactuca* (Chlorophyceae) in outdoor culture systems. **J. of Photochemistry and Photobiology B: Biology**. n. 57, p. 169 – 178, 2000.

CASTELO-PEREIRA, Dinaelza; CARDOZO, Karina Helena Moraes; COLEPICOLO NETO, Pio; SORIANO, Eliane Marinho. **Efeito dos parâmetros ambientais sobre o conteúdo de pigmentos da macroalga *Gracilaria domingensis* cultivada em viveiros e camarão**. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu, MG. Ecologia no tempo de mudanças globais, 2007.

DANTAS, Norma Pinheiro. **Estudos taxonômicos dos representantes da Ordem *Caulerpales* (*Chlorophyta*) da praia de Guajurú (Estado do Ceará – Brasil)**. 1994. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Oceanografia Biológica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1994.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamento de Limnologia**. 2ªed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1998. 602 p.

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (Fortaleza). Instituto Terramar. **Levantamento de áreas propícias para o cultivo de macroalgas marinhas no Estado do Ceará - Brasil**. Fortaleza: Instituto Terramar, 2002. 28 p.

FERREIRA-CORREIA, Maria Marlúcia. **Rodofíceas Marinhas Bentônicas do Litoral Oriental do estado do Maranhão**. 1983. 266 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 1983.

THOMAS, David Neville. **Seaweeds**. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, In Association With The Natural History Museum, London, 2002. 96 p.

VAN DER HOEK, C.; MANN, D. G. & JAHNS, H. M. **Algae**: An introduction to phycology. Cambridge: Cambridge University Press. 1995. 627 p.

WERLINGER, Camilo; KRISLER, Alveal. Influencias de factores abióticos en el cultivo de Algas. In: FERRARIO, Martha; SAR, Eugenia. **Macroalgas de Interés Económico**: Cultivo, Manejo, Industrialización. La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 1994. Cap. 8, p. 199-228.

WYNNE, Michael J. Taxonomic observations on some marine red algae in Herbarium Hamburgense. **Nova Hedwigia**, v 48, p. 419-430, 1989.

YOSHIMURA, Cristalina Yoshie. **Avaliação do potencial de cultivo e produção de agar de *Gracilaria domingensis* e de *Gracilaria caudata* (Rhodophyta, Gracilariales) na enseada de Armação do Itapocoroy (Penha, Santa Catarina)**. 2006. 163 f. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências, Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.