Fabíola Ornellas de Araújo

Efeitos da radiação UVB no crescimento, conteúdo pigmentar e fotossíntese de *Gracilaria caudata* (Gracilariales, Rhodophyta).

São Paulo 2011

Fabíola Ornellas de Araújo

Efeitos da radiação UVB no crescimento, conteúdo pigmentar e fotossíntese de *Gracilaria caudata* (Gracilariales, Rhodophyta).

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção de Título de Mestre em Ciências, na Área de Botânica.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Estela Maria Plastino

São Paulo 2011 De Araújo, Fabíola Ornellas

Efeitos da radiação UVB no crescimento, conteúdo pigmentar e fotossíntese de *Gracilaria caudata* (Gracilariales, Rhodophyta) de 96 páginas.

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São

Paulo. Departamento de Botânica.

1 - Gracilaria caudata; 2 - Crescimento; 3 - Conteúdo pigmentar;

4 – Fotossíntese; 5- Radiação ultravioleta B.

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). Orientador(a)

Dedico esta dissertação a muitas pessoas que me incentivaram e motivaram, sempre com palavras positivas, belas e carinhosas. Lembrarei de cada passo fácil e complicado. Com persistência pude alcançar o meu sonho. *Nunca devemos desistir do que realmente amamos, e acreditamos que nos faz bem.*

A sabedoria da não violência

A vida verdadeira é como a água: Em silêncio se adapta, ao nível inferior, Que os homens desprezam. Não se opõem a nada, Serve a tudo. Não exige nada, Porque sua origem é da Fonte Imortal. O homem realizado não tem desejos de dentro, Nem tem exigências de fora. Ele é prestativo em se dar. Ele é prestativo em se dar. Ele é prestativo em falar, Suave no conduzir, Poderoso no agir. Age com serenidade. Por isto, é incontaminável.

('A Essência da palavra"- Lao-Tse & Huberto Rohden)

v

Agradecimentos

À Prof^a. Dr^a. Estela Plastino, pela orientação, dedicação, determinação, carinho, paciência e amizade. Por ter me compreendido em meus momentos de tristeza.

À Prof^a. Dr^a. Suzana Ursi, pelos ensinamentos, pelo carinho, paciência e amizade. Por ter me compreendido em meus momentos de tristeza.

Ao Rosário Petti, pela ajuda no laboratório e amizade.

Ao CNPQ pela bolsa de mestrado concedida, pois sem esta seria impossível realizar este trabalho.

À FAPESP pelo suporte financeiro ao projeto.

Ao Prof^o Dr^oCarlos Frederico Martins Menck do "Laboratório de Reparo do DNA" (ICB-USP), por disponibilizar o radiômetro durante a realização desse trabalho.

A todos os LAMigos, Albert, Amanda M., Amanda W., André, Beatriz, Carol, Carlos Eduardo, Cíntia I., Cíntia O., Daniela K., Daniela M., Daniela R., Fábio, Fádia, Flávio, Fungyi, Guilherme, Henrique, José, Leila, Letícia, Lígia, Luciana, Marcella, Mônica, Manu, Mariana, Natália G., Natalia P., Nelso, Priscilla, Suzana, Tatiana e Viviane, pela amizade.

À Marcella, pelas inúmeras idéias, discussões e explicações tecnológicas.

Ao Nelso, pelas discussões e explicações dos termos biológicos adequados, no inglês.

A todos os professores e funcionários do Depto. de Botânica (IB/USP) que proporcionaram descontração e amizade.

Aos meus amigos fatecanos, Alexandre, Clayton, Cleverson, Davidson, Dircilei, Ésdras, Fernanda, Garcia, Ludmilla, Mei, Nivaldo, Paraíso, Renata, Roberto, Sandra...por todos os momentos que tivemos juntos.

Aos meus pais, Shyrlei e Helson, por terem me proporcionado a Vida, permitindo-me enxergar que todos nós possuímos defeitos e qualidades. E por me fazerem acreditar que existe Deus, que nos guia, nos abençoa e nos orienta.

Ao meu irmão Fábio, mestre em Eng^a Elétrica (UFSC), pelo incentivo nos estudos.

À minha irmã Fiorella, mestre em Letras (USP), exemplo de dedicação e horas de estudo.

À minha única avó viva, Olívia, linda, feliz, bondosa, que me proporcionou muitas orientações, ensinamentos e muitos conselhos de Vida. E também, por me fazer acreditar que devemos orar, agradecer e pedir a Deus para nos ajudar a seguir nossa jornada diária.

À tia Áurea, em especial por ter feito, eu acreditar que até de uma derrota tiramos grandes ensinamentos e lições de Vida. Que tudo com o tempo, se resolve, amadurece e se explica por si só.

Às minhas tias, Áurea, Cibele, Denaide, Dora, Inês (in memorium), Laura, Lúcia, Odete, Olga (in memorium), Solange, Sônia e Sueli, que sempre conversaram comigo a respeito da Vida, e sempre me ensinaram a perdoar quem nos magoa. Estas sempre tiverem felizes com meu Sucesso.

Aos meus tios, Américo, Januário, Sérgio e Sidney, que com simplicidade e ensinamentos de Vida, me escutaram, orientaram, e proporcionaram muitos momentos agradáveis, desde a infância.

Aos meus primos, Adriana, Antônio, Carlinhos, Daniel, Érica, Élroy, Gabriel, Giovana, Gustavo, Isabela, Lúcio, Ludmilla, Marcos, Melina, Nário, Karina, Kátia, Kelvin, Olívia, Janaina, João, Júlio, Rodrigo (s), Regina, Rosinha (in memorium), Tati, Verônica...muito obrigada, pelos momentos de descontração.

Aos meus amigos, Ana Carolina, Ana Maria, Amanda, Caíssa, Camila B., Camila L., Camila S., Carla, Carlos, Cristina, Daniela, Edna, Edmundo, Elaine, Érika, Habacuque, Helder, Iolanda, Juliana, Kaio, Laura M., Michely, Nilson, Norberto, Paola, Roberta, Thaísa, Vagner e Vera, por me aceitarem do jeito que sou, e sempre me valorizarem.

À Prof^a Maria José, minha prof^a de Farmacotécnica, por inúmeras conversas, ensinamentos e amizade.

Ao Prof^o Túlio e sua esposa Luíza, por inúmeras conversas, ensinamentos e amizade.

Aos amigos que fiz, ao longo do namoro, Alexandres (pai e filho), Aline, André (s), Bete, Camila, Carol, Cássia, Cauê, Douglas, Fernando, Gisele, Helena, Leandro, Lena, Marcelo, Marcos, Nádia, Paula...pelos momentos de entretenimentos que tivemos juntos.

Ao Alexandre e sua família pelos momentos de carinho e dedicação.

À Maria C. por ter sempre me acolhido nos momentos de tristeza e ter vibrado nos momentos de alegria, e ter feito eu acreditar que Deus mora dentro de nós, e sempre me dizer, que não estamos sozinhos, e sim com nossos anjos da guarda, o tempo todo. Por isto, devemos orar, acreditar, agradecer e sempre ter esperanças, que a justiça sempre acontece, para quem é bom.

ÍNDICE

I. Introdução	1
1. Importância econômica do gênero <i>Gracilaria</i>	1
2. Efeitos da radiação UVB nas algas	2
3. Diversidade intraespecífica	6
4. Gracilaria caudata	8
II. Objetivos	10
III.Materiais e métodos	11
1. Material biológico	11
2. Condições gerais de cultivo	11
2.1.Coleta e preparação da água do mar	11
2.2. Temperatura, irradiância, fotoperíodo e aeração	11
3. Radiação UVB	12
4. Desenho experimental	13
5. Taxas de crescimento	13
6. Composição pigmentar	14
6.1. Ficobiliproteínas e clorofila <i>a</i> (acetona)	14
6.2. Carotenóides totais e clorofila <i>a</i> (DMF)	15
6.3. Análise estatística	15
7. Fotossíntese	15
IV. Resultados	18
1. Crescimento	18
1.1. Taxas de crescimento: período total de experimento	19
1.1.1.PAR (controle)	19
1.1.2.PAR + UVB	19
1.1.3.PAR X PAR+UVB	20
1.2. Taxas de crescimento: dados semanais	20
1.2.1.PAR (controle)	20
1.2.2.PAR + UVB	21

1.2.3.PAR X PAR+ UVB	22
2. Composição pigmentar	23
2.1. Ficobiliproteínas	25
2.1.1. Ficoeritrina	25
2.1.2. Ficocianina	25
2.1.3. Aloficocianina	26
2.2. Clorofila <i>a</i>	27
2.2.1. Clorofila <i>a</i> (acetona)	27
2.2.2. Clorofila <i>a</i> (DMF)	28
2.3. Carotenóides totais	29
2.4. Razões entre pigmentos	30
2.4.1.Razões entre ficobiliproteínas e clorofila <i>a</i> (acetona)	30
2.4.2. Razões entre carotenóides totais e clorofila <i>a</i> (DMF)	32
3. Fotossíntese	34
V. Discussão	39
1. Crescimento	39
2. Composição pigmentar	40
3. Fotossíntese	43
VI. Considerações finais	45
VII.Abstract	47
VIII. Resumo	48
IX.Referências bibliográficas	49

I. Introdução

1. Importância econômica do gênero Gracilaria

O gênero *Gracilaria* Greville possui mais de 100 espécies descritas (Oliveira & Plastino, 1994). Esse gênero está entre os mais cultivados e tem sido alvo da atenção de inúmeros pesquisadores devido, principalmente, ao seu conteúdo em ágar e ao rápido crescimento (Oliveira & Aveal, 1990; Oliveira & Plastino, 1994; Critchley 1997; Oliveira *et al.*, 2000). É responsável por 85% da produção mundial desse ficocolóide (Oliveira *et al.*, 2000) que vem sendo utilizado em uma grande diversidade de produtos industriais, relacionados à alimentação, medicina, cosmética, química, biotecnologia, farmácia, têxtil, dentre outras (FAO, 1991; West, 2001; Neori *et al.*, 2004; http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes).

O ágar é um polissacarídeo sulfatado da família de galactanos presente na parede celular das Rhodophyta (Carvalho & Roque 2000), e sua quantidade e a qualidade variam com a espécie. Fatores ecológicos, tais como luz, nutrientes, batimento de ondas e temperatura atuam no teor desse ficocolóide. Esse polissacarídeo tem um papel importante na biologia dessas algas, incluindo a proteção contra a ação das ondas e dessecação. São ainda importantes nas trocas iônicas e no suporte físico das células (Critchley, 1993; West, 2001).

Espécies de *Gracilaria* vêm sendo cultivadas em diferentes países (Critchley, 1993). Na América Latina, em 2000, a produção de *Gracilaria* a partir de cultivo correspondeu a 33.642 toneladas da produção aquícola global (FAO, 2003), sendo o Chile o maior produtor (FAO, 1990; FAO, 2003).

O Brasil é um país com uma longa costa, banhada por águas tropicais e subtropicais, supostamente propícias para o crescimento de algas e com grande riqueza de espécies, incluindo representantes de valor econômico (Oliveira & Miranda, 1998). Entretanto, não há tradição no cultivo de algas marinhas, e a produção de ágar é bem inferior ao que se exporta (Figura 1). As principais agarófitas explotadas no país são *Gracilaria birdiae* e *G. caudata* (Plastino, 2004). Na costa nordestina, onde se verifica uma grande disponibilidade de mão-de-obra barata e espaço para o cultivo no litoral, seria possível produzir em grande escala uma grande quantidade de algas (Carvalho Filho, 2004). Porém, a produção nacional baseia-se no extrativismo (Oliveira *et al.,* 2000) que teve início na década de 40 (Toledo, 1953).



Figura 1. Importação e exportação de ágar: movimentação financeira no mercado brasileiro referente aos anos 1989-2003 (ALICEWEB. DESENVOLVIMENTO, junho de 2009).

Os efeitos da radiação solar que incluem a radiação fotossinteticamente ativa (PAR, "Photosynthetically Active Radiation") e a ultravioleta (UV) podem interferir na produção de polissacarídeos. Portanto, conhecer os efeitos dessas radiações em algas de valor econômico tornase importante quando se pretende investigar as diferentes estratégias desses organismos para melhor exploração das condições ambientais em uma localidade ou região particular (Espinoza-Avalos, 2005).

2. Efeitos da radiação UVB nas algas

A radiação PAR corresponde à 50% do espectro eletromagnético que atinge à superfície terrestre, e a radiação ultravioleta (UV) compreende apenas 5-8 % (Okuno *et al.*, 1996). Embora essa faixa seja pequena, apresenta um grande impacto sobre a atividade biológica. A radiação UV tem se tornado um tema de crescente preocupação, principalmente por promover depleção na camada de ozônio atmosférico, fenômeno observado desde a década de 1970 (Weatherhead*et al.*, 1997).

O espectro eletromagnético da radiação UV corresponde a comprimentos de ondas entre 100-400nm. É classificada pela Comissão Internacional de Iluminação em três tipos: UVC (100-280 nm), UVB (280-320 nm) e UVA (320-400 nm) (Okuno *et al.*, 1996).

A radiação UVC representa 1,2% do total do espectro. É altamente energética e extremamente prejudicial aos sistemas biológicos, no entanto, é completamente absorvida pelo

ozônio e moléculas de oxigênio da atmosfera antes de atingir a superfície terrestre(Kim & Sancar, 1993; Britt, 1995; Van de Poll *et al.*, 2001; Okuno *et al.*, 1996; Silva, 2008; Xu & Sullivan, 2010).

A radiação UVA representa 6,3% do espectro, sendo muito menos prejudicial, e seu nível de alcance na superfície terrestre é independente da concentração de ozônio, uma vez que não é atenuada por esse gás. Essa radiação contribui para o reparo dos danos causados em organismos pela UVB (Caldewell *et al.*, 1989; Okuno *et al.*, 1996; Silva, 2008; Xu & Sullivan, 2010).

A radiação UVB representa 1,5% do total do espectro a atingir a superfície terrestre. É a mais danosa, podendo causar prejuízos tanto a organismos terrestres quanto aquáticos. Seus níveis de alcance da superfície terrestre são influenciados por vários fatores, tais como ângulo solar zenital, nuvens, aerossóis, albedo de superfície (razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar incidente em uma superfície) e ozônio (Okuno *et al.*, 1996; Weatherhead &Webb, 1997; Plastino & Mansilla, 2004; Silva, 2008).

O ozônio localiza-se na estratosfera, entre 15 a50 km em relação à superfície terrestre. Suas moléculas filtram eficientemente a radiação UVB. A redução de 1% da camada de ozônio pode resultar um aumento de 1,2% dos níveis de radiação UVB que atingem a superfície terrestre (Plastino & Mansilla, 2004; Silva, 2008).

A atividade humana tem desencadeado a produção de compostos que atuam na redução da camada de ozônio, como: bromofluorcarbonos (BFCs), brometo de metila, tetracloreto de carbono, metilclorofórmio (1,1,1 Tricloroetano), gases halons (utilizado antigamente, em extintores de incêndio), clorofluorcarbono (CFC), ácido nítrico, óxido nítrico (NO) derivado do óxido nitroso (N₂O) e óxido nitroso (N₂O). Atualmente, as emissões de N₂O correspondem a duas vezes mais que as de CFCs (Okuno *et al.*, 1996; Ravishankara *et al.*, 2009).

Considerando-se apenas o território brasileiro, é possível notar diferenças na incidência da radiação UV tanto em relação à latitude quanto à sazonalidade (Camargo & Camargo, 2005) (Figura 2). A região próxima do Equador apresenta maior incidência dessa radiação do que o sudeste e o sul do país. Os valores registrados para o Estado do Ceará são ainda superiores aos registrados na Península Antártica em períodos em que há depleção na camada de ozônio (Kirchhoff & Echer, 2001).

O alto índice de radiação UVB pode ser prejudicial aos organismos marinhos, principalmente aos bentônicos, que por estarem fixos ao substrato, podem ficar expostos por longos períodos de maré baixa (Kim & Sancar, 1993; Cabrera *et al.*, 1995). Entretanto, a radiação UV pode penetrar até 60 metros na coluna de água. Existem evidências de que organismos ou ecossistemas localizados até 30 metros são prejudicados por essa radiação (Smith *et al.*, 1992;

Garde & Gustavson, 1999; Häder *et al.*, 1998; Talarico & Maranzana, 2000; Hoyer *et al.*, 2001; Roleda *et al.*, 2006). Efeitos negativos em algas foram observados no crescimento, reprodução e conteúdo de proteínas e pigmentos (Franklin & Forster, 1997; Häder *et al.*, 1998; Talarico & Maranzana, 2000; Hoyer *et al.*, 2001; Bischof *et al.*, 2006; Roleda *et al.*, 2006).

A penetração da radiação na água depende da matéria em suspensão (Bischof *et al*, 2006). Outros fatores associados às mudanças diárias, sazonais e globais podem também contribuir para alterar a quantidade e a qualidade de UV que penetra na massa de água (Talarico & Maranzana, 2000; Bischof *et al*, 2006).



Figura 2. Média mensal do índice de radiação ultravioleta (IUV) nas capitais brasileiras distribuídas por latitude. (LEPA-LAMMA/UFRJ e NASA: 1979-2003). Consultado no site: www.lepa.ufrj.br, em julho de 2008).

A principal importância de avaliar os efeitos danosos provocados pela radiação UVB em organismos marinhos deve-se ao fato de que 50% da produção primária de biomassa do planeta é atribuída à atividade dos ecossistemas aquáticos (Houghton & Woodwell, 1989). Alterações na incidência de radiação UVB poderão ocasionar efeitos deletérios nesses organismos. Os efeitos observados correspondem a danos, reparos e aclimatações, podendo gerar conseqüências no crescimento e na produção primária (Buma *et al.*, 2003). Dentre os efeitos negativos à exposição à UV destacam-se: i) fotoinibição e possível dano ao aparato fotossintetizante (Hanelt *et al.*, 1997; Harker *et al.*, 1999); ii) degradação fotoquímica de biomoléculas, inibindo importantes processos metabólicos (Franklin & Forster, 1997); iii) formação de dímeros de pirimidina-ciclobutano no

DNA, interrompendo sua transcrição e replicação, e conseqüentemente, promovendo modificações no metabolismo e na divisão celular (Britt, 1995; Buma *et al.*, 1995, 2000; van de Poll *et al.*, 2001; Roleda *et al.*, 2006); e iv) produção de espécies reativas de oxigênio, responsáveis por danos oxidativos na célula (Rijstenbil *et al.*, 2000). Esses efeitos negativos podem levar a uma diminuição nas taxas de crescimento e na reprodução (Franklin & Forster, 1997; Häder *et al.*, 1998; Buma *et al.*, 2003).

Possíveis danos da radiação UV no aparato fotossintetizante podem ser decorrência das degradações dos pigmentos. Nas algas vermelhas, além da clorofila *a* e carotenóides, ocorrem as ficobiliproteínas que estão organizadas em estruturas denominadas de ficobilissomos e podem ser de três tipos: ficoeritrina, ficocianina e aloficocianina (Gantt, 1981; Zuber, 1986). A ficoeritrina é o primeiro pigmento a ser afetado pela radiação UV seguido da ficocianina, aloficocianina e carotenóides e, por último, a clorofila (Geber & Häder, 1993; Sinha *et al.*, 1995; Sinha et al., 1998). Os carotenóides, além de captararem e transferirem energia luminosa para as moléculas de clorofila *a*, desempenham também, função de fotoproteção, evitando danos causados pelo excesso de energia solar. Esse padrão de destruição está de acordo com a distribuição desses pigmentos nos cloroplastos (Beach *et al.*, 2000). Tais dados sugerem uma importância maior do conteúdo pigmentar como biomarcador dos efeitos da radiação UV (Cordi *et al.*, 1997).

Defesas contra fatores estressantes em organismos fotossintetizantes são comuns. A sensibilidade e a tolerância à intensidade de radição UVB dependerá da capacidade de prevenção e reparo dos danos causados, variando de acordo com a espécie e também com a idade (Dring *et al.*, 1996; Van de Poll *et al.*, 2001). Esporos são mais suscetíveis à radiação UV que plântulas jovens, e essas menos resistentes que plântulas adultas (Navarro *et al.*, 2010a,b). Essa tolerância irá depender também da posição que a alga ocupa no costão. Algas de infra-litoral são afetadas em maior grau, quando comparadas àquelas que ocorrem no médio-litoral (Van de Poll *et al.*, 2001; Mansilla *et al.*, 2006).

Dentre as defesas fotoquímicas presentes nas algas contra os efeitos da radiação UV estão moléculas de atividade antioxidante, como os aminoácidos tipo micosporinas ("mycosporine-like amino acids"- MAAs) (Dunlap & Yamamoto, 1995; Franklin & Forster, 1997; Sick & Dunlap, 2002). Os MAAs são caracterizados por um ciclohexano ou cromóforo de ciclohexano conjugado com um ou dois aminoácidos e absorvem irradiâncias de 268 a 360 nm. Têm sido utilizados como produtos de proteção solar da pele humana e outros materiais não-biológicos, por exemplo, como aditivos fotoestabilizantes em plásticos, tintas e verniz (Cardozo *et al.*, 2006; Cardozo *et al.*, 2011). Foram isolados 19 MAAs, que ocorrem em maiores

concentrações em espécies dos trópicos, pela provável exposição a quantidades maiores de UV (Shick & Dunlap, 2002).

Além dos MAAs, que exercem a função de proteção contra os efeitos induzidos da radiação UVB nas algas, destacam-se o acúmulo de carotenóides, enzimas desintoxicantes e antioxidantes, que combatem as espécies reativas de oxigênio (EROS), como ânion superóxido (O_2^{-}) , o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o radical hidroxila (HO⁻)(Bowler *et al.*, 1992). As EROS são normalmente produzidas em organismos fotossintetizantes durante o metabolismo, porém esse processo pode ser estimulado na presença de fatores ambientais estressantes, como altos níveis de radiação UV (Papadakis & Roubelakis-Angelakis, 2002). Se o balanço oxidativo favorecer o estado pró-oxidante (desbalanço metabólico), o estresse oxidativo é desencadeado, provocando danos às estruturas celulares (Sies, 1993). Esses danos resultam da capacidade dos EROS em reagir e oxidar biomoléculas fundamentais, como lipídios de membranas, clorofilas, proteínas e ácidos nucléicos, podendo modificar funções biológicas, e até ocorrer a morte celular (Bowler *et al.*, 1992).

A capacidade de uma espécie em se aclimatar em ambientes que apresentem fatores abióticos distintos e condições heterogêneas, ao longo do dia, como é o caso de algas bentônicas dependerá da plasticidade fenotípica e da diversidade genotípica, o que acabará resultando em adaptações a distintas condições ambientais (Gerard, 1988).

3. Diversidade intraespecífica

Diversidade intraespecífica é o conjunto de expressões fenotípicas decorrentes de processos de aclimatação e adaptação. A aclimatação corresponde às diferentes expressões de ajustamento ao ambiente que um organismo pode sofrer dentro dos limites de seu genótipo. Já, a adaptação corresponde à expressão de ajustamento ao ambiente decorrente de alteração no genótipo (Plastino, 2004). Essa diversidade tem sido estudada para algumas espécies de algas bentônicas marinhas que têm ampla distribuição geográfica no Pacífico e no Atlântico. Esses estudos têm elucidado a presença de populações geneticamente isoladas ou espécies crípticas (Rebouças *et al.*, 2002).

O gênero *Gracilaria* (Gracilariales, Rhodophyta) apresenta um histórico de vida trifásico, no qual a fase gametofítica e a tetrasporofítica são isomórficas e independentes (Figura 3). Embora isomórficas, é possível que existam diferenças fisiológicas entre essas fases, como já reportado para algumas espécies (Aguilar-Rosas *et al.*, 1993; Guimarães, 2000; Ursi & Plastino, 2001; Barufi, 2004; Plastino, 2004; Costa, 2005; Espinoza-Avalos, 2005; Ursi, 2005; Ferreira, 2008).



Figura 3. Histórico de vida de Gracilaria (modificado de Oliveira & Plastino, 1984).

As possíveis causas atribuídas às diferenças no desempenho fisiológico de fases isomórficas como gametófitos e tetrasporófitos são: i) organismos diplóides possuem duas cópias de cada gene, o que poderia acelerar o ritmo de adaptação a novos ambientes. Esses indivíduos possuem duas vezes mais probabilidades de ter uma nova mutação benéfica do que haplóides, conseqüentemente, diplóide evoluirá mais rápido; ii) diplóides mantêm maior variação genética porque as mutações persistem, e isto pode melhorar a capacidade de diplóides responderem às mudanças ambientais; iii) indivíduos diplóides estariam em desvantagem em relação aos haplóides devido ao maior gasto energético para replicação de seu DNA; e iv) as células haplóides podem ter uma vantagem nutricional em relação a células diplóides, especialmente em fases

unicelulares(Lewis, 1985; Hughes & Otto, 1999). As células haplóides são geralmente menores do que as diplóides e apresentam uma relação superfície/volume maior (Hughes & Otto, 1999). Considerando-se que a capacidade de transporte de nutrientes através da membrana celular depende da área de superfície, o aumento dessa relação pode levar a vantagens de melhorestaxas de crescimentos ou sobrevivência, especialmente, em condições limitadas de nutrientes (Lewis, 1985; Mable & Otto, 1998; Hughes & Otto, 1999). Destombe *et al.*, (1993) verificaram que a fase haplóide de *Gracilaria verrucosa* na presença de água do mar escassa em nutrientes teve maior crescimento, quando comparada com a fase diplóide, enquanto que em água do mar rica em nutrientes foi verificado o inverso. Dessa maneira, células haplóides poderiam ter vantagens de explorar com mais eficiência ambientes com escassez de nutrientes (Lewis, 1985).

Deve-se considerar que, além dos fatores intrínsecos, o desempenho das fases haplóides e diplóides pode variar de acordo com as condições ambientais. Por exemplo, em *Gracilaria birdiae*, foi verificado que num fotoperíodo de 8h de radiação PAR (100 μ mol fótons. m⁻².s⁻¹), a taxa de crescimento de tetrasporófitos foi maior que a de gametófitos (Barufi, 2004), enquanto que o oposto foi verificado quando cultivados em um fotoperíodo de 14h de radiação PAR (120 μ mol fótons.m⁻².s⁻¹) (Ursi & Plastino, 2001).

Populações procedentes de ambientes com características muito distintas podem ter desenvolvido adaptações que se tornam evidentes, quando esses indivíduos são submetidos às mesmas condições de cultivo. Indivíduos de *G. birdiae* procedentes dos Estados do Ceará e do Espírito Santo apresentaram diferenças quanto às taxas de fotossíntese e seus parâmetros. Tanto a irradiância de compensação quanto a saturação luminosa foram menores em indivíduos do sudeste, enquanto que a eficiência fotossintetizante foi maior para esses mesmos indivíduos (Ursi & Plastino, 2001). Diferenças nas taxas de crescimento entre indivíduos de *G. birdiae*procedentes do nordeste e do sudeste foram também verificadas, bem como respostas distintas à radiação UVB (Ayres, 2009). Indivíduos do nordeste apresentaram maior resistência a essa radiação do que indivíduos do sudeste.

4. Gracilaria caudata

Gracilaria caudata J. Agardh apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o Caribeaté o litoral sul do Brasil, Município de Laguna-Estado de Santa Catarina, 28°S(Plastino & Oliveira, 1997). Trata-se de uma espécie de talo cilíndrico, coloração vermelho-vinácea, com até 34 cm de comprimento e 1,7mm de diâmetro (Figura 4). Do apressório, parte um ou mais ramos,

que podem atingir até a quinta ordem (Plastino & Oliveira, 1997). O histórico de vida é trifásico (Oliveira & Plastino, 1984) e os gametófitos masculinos formam espermatângios do *"tipo-henriquesiana"* (Plastino & Oliveira, 1997). *G. caudata* é coletada no nordeste brasileiro para a produção de ágar e está sujeita a impacto por sua explotação (Miranda, 2000). A espécie possui potencial para cultivo no mar (Assad-Ludewigs, 1984) e tolera uma ampla variação de salinidade (10 a 60 ups) (Yokoya & Oliveira 1992a); *G. caudata* apresenta seus valores ótimos de crescimento em temperaturas de 26 e 30°C (Yokoya & Oliveira 1992b), e a atividade da nitrato redutase na espécie também foi avaliada (Chow *et al.*, 2007).



Figura 4. Aspecto geral de Gracilaria caudata na natureza. Escala, 1cm.

II. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi verificar e compreender os aspectos da diversidade intraespecífica de *Gracilaria caudata*, abrangendo o conhecimento sobre os eventuais efeitos da radiação UVB ao longo prazo (28 dias) em linhagens gametofíticas e tetrasporofíticas procedentes de duas localidades. Essa abordagem permitiu testar o pressuposto de que indivíduos procedentes das populações dos Estados do Ceará e de São Paulo apresentam respostas adaptativas distintas em relação à essa radiação, e que tetrasporófitos são mais resistentes aos efeitos do estresse provocado pela radiação ultravioleta, se comparado aos gametófitos. Foram avaliados os seguintes parâmetros: i) crescimento; ii) conteúdo pigmentar e iii) fotossíntese e respiração.

III. Materiais e métodos

1. Material biológico

Foram utilizadas quatro linhagens de *Gracilariacaudata* J. Agardh que constam do Banco de Germoplasma de Gracilariaceae do LAM (IB-USP): i) gametófitos femininos procedentes da Praia Dura, Ubatuba, Estado de São Paulo (G_{SP}), coletados em 29/04/84 (n.28, SPF 57171); ii) tetrasporófitos procedentes da Praia de Meirelles, Fortaleza, Estado do Ceará (T_{CE}), coletados em 28/02/92 (n.87, SPF 57173); iii) gametófitos femininos (G_{CE}) derivados de tetrásporos liberados por T_{CE} (n.151, SPF 57175); e iv) tetrasporófitos (T_{SP}) obtidos a partir de cruzamentos entre gametófitos, procedentes da Praia Dura, Ubatuba, Estado de São Paulo (n. 152, SPF 57176).

2. Condições gerais de cultivo

2.1. Coleta e preparação da água do mar

A água do mar utilizada nos experimentos foi coletada no Município de São Sebastião (SP). Ela foi submetida à dupla filtragem em filtro de pressão (Cuno) com porosidade de 5 e 1 μ m e esterilizada por aquecimento em banho-maria durante 60 mim, contados a partir da fervura (Oliveira *et al.*, 1995). A salinidade foi de 32 ups. A água do mar previamente esterilizada foi enriquecida com solução de von Stosch modificada (Ursi & Plastino, 2001) e diluída à 25%. O meio foi trocado semanalmente.

2.2. Temperatura, irradiância, fotoperíodo e aeração

As algas foram mantidas a temperaturas controladas de 25±1°C. A irradiância adotada foi de 70±10µmol.m⁻².s⁻¹, provinda de lâmpadas fluorescentes "Luz do Dia" (Osram 40W), mensurada com um sensor esférico Li-COR modelo L1-193, conectado a um medidor de quanta Li-COR modelo L1-185. O fotoperíodo utilizado foi de 14 horas de luz (14 L:10 E). A aeração foi utilizada em intervalos alternados a cada 30 minutos. O ar foi fornecido por um compressor radial (IBRAM).

3. Radiação UVB

A radiação UVB foi obtida por lâmpadas Phillips TL 200 RS (UVB) (Figura 5) e mensurada por meio do radiômetro Vilber-Lourmat VLX – $3W n^{\circ}$ 2218-3W cedido pelo Prof. Dr. Carlos Frederico M. Menck, ICB-USP. A intensidade de radiação UVB adotada foi de 0,08W. m⁻² (Ayres, 2009). A lâmpada UVB foi ligada cinco horas após o início do fotoperíodo, e permaneceu acesa por três horas.



Figura 5. Espectro de emissão da lâmpada UV-B Broad Band Philips TL 20W/12RS utilizadas nos experimentos (hTTP://www.adobe.com/products/readstep2.html).

As fontes de luz foram posicionadas acima das prateleiras onde os frascos foram depositados. Esse espaço foi isolado do ambiente por lâmina de polietineno, o qual impediu que a radiação UVB dissipasse para o ambiente.

Durante os experimentos, as algas permaneceram expostas à radiação em frascos de polipropileno de 500ml, contendo 400ml de água do mar esterilizada e enriquecida. Esses frascos foram cobertos com filme plástico de policloreto de vinilo (PVC, Goodyear-Vitaspenser). Outros filtros foram descartados por filtrarem parcialmente à UVB (Figura 6).



Figura 6. Transmitância dos materiais utilizados no teste para seleção do material a ser usado para tampar os frascos empregados nos experimentos: (a). policloreto de vinilo, PVC, Goodyear-Vitaspenser; (b). biacetato de celulose de 0,075mm; e (c). polipropileno.

4. Desenho experimental

Quatro ápices de um mesmo indivíduo das linhagens selecionadas de *Gracilaria caudata* (T_{SP} , G_{SP} , T_{CE} e G_{CE}), com cerca de 2 cm, foram cultivados em 400 ml de água do mar enriquecida (cerca de 40 mg de alga por frasco), nas condições gerais de cultivo (item 2) por uma semana. Foram realizadas três repetições representadas por três indivíduos distintos de cada linhagem. Após esse período, os ápices foram expostos a duas situações experimentais pelo período de 28 dias: i) controle (PAR, 70 µmol fótons.m⁻².s⁻¹); e ii) tratamento com PAR e UVB (0,08W.m⁻²) por 3 horas ao dia. O crescimento foi avaliado semanalmente. Ao final do experimento, as linhagens foram avaliadas quanto ao conteúdo pigmentar e quanto às taxas de fotossíntese e respiração.

5. Taxas de crescimento

O crescimento foi avaliado por medidas semanais de massa fresca, mensuradas em balança analítica Mettler A200 durante 28 dias. Os dados de massa fresca foram utilizados para o cálculo das taxas de crescimento segundo a fórmula: $TC=[(Mf/Mi)^{1/t} - 1] \times 100\%$, onde TC = Taxa de Crescimento, Mf = Massa final, Mi = Massa inicial e t = tempo (Lignell & Pedersén 1989). Os ápices foram fotografados ao final do experimento, (Casio, exilim ex-z2, 12.1 mega pixels).

As taxas de crescimento obtidas em PAR e PAR+UVB, para cada uma das linhagens (T_{SP} , G_{SP} , T_{CE} e G_{CE}) foram estatisticamente comparadas por análise de variância (ANOVA) bifatorial e trifatorial, levando-se em conta as seguintes variáveis independentes: i) estádio e localidade e ii) estádio, localidade e tempo.

6. Composição pigmentar

Ramos de um mesmo indivíduo das linhagens T_{SP} , G_{SP} , T_{CE} e G_{CE} (três repetições para cada linhagem) foram utilizados para a extração e quantificação de ficobiliproteínas, clorofila *a* e carotenóides totais. Esses ramos foram obtidos a partir do experimento de crescimento realizado em condições PAR (controle) e PAR+UVB (tratamento).

Foram adotadas duas metodologias distintas para extração da clorofila *a*. Numa delas utilizou-se como solvente a acetona, e na outra empregou-se N,N-dimetilformamida (DMF).

6.1. Ficobiliproteínas e clorofila *a* (acetona)

Amostras de 300 mg (massa fresca) foram selecionadas e lavadas em água destilada, sendo removido o excesso de água com papel absorvente. Em seguida, essas amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a 80°C até o momento da extração pigmentar.

A metodologia de extração foi baseada em Kursar *et al.* (1983), com modificações (Plastino & Guimarães, 2001). As amostras foram maceradas em nitrogênio líquido, sendo em seguida acrescentados 4mL de tampão fosfato 50mM, pH 5,5. A solução obtida foi centrifugada por 20 minutos a 44.000xg e 4°C. O sobrenadante (ficobiliproteínas) foi transferido para tubos de ensaio, sendo mantidos no escuro e em temperatura de 4°C até a leitura em espectrofotômetro. O sedimentado foi ressuspendido em 3mL de acetona 90% e centrifugado a 12.000xg e 4°C por 15 minutos. O sobrenadante (clorofila) foi transferido para tubos de ensaio, sendo mantido no escuro e em temperatura de 4°C até a leitura em espectros de absorção foram obtidos registrando-se as absorbâncias no intervalo de 400-700 nm com varredura durante um segundo. A calibragem do aparelho foi realizada com os solventes empregados para cada pigmento. A determinação da quantidade de ficobiliproteínas foi baseada em Kursar *et al.* (1983), enquanto a quantificação de clorofila *a*, em Jeffrey & Humphrey (1975):

 $AFC = 181, 3.A_{651} - 22, 3.A_{614}$ $FC = 151, 1.A_{614} - 99, 1.A_{651}$

 $FE = 155, 8.A_{498,5} - 40, 0.A_{614} - 10, 5.A_{651}$ $Cl a = 11, 85.A_{664} - 1, 54.A_{647} - 0, 08.A_{630}$

6.2. Carotenóides totais e clorofila *a* (DMF)

A extração dos pigmentos lipossolúveis foi realizada a partir de amostras de aproximadamente 30 mg de massa fresca. Essas amostras foram lavadas com água destilada e secas com papel absorvente. Foi adicionado 2 mL de DMF (99,8%) a cada uma. As amostras foram mantidas a 4°C e no escuro por 12 horas. Após esse período, foram centrifugadas a 19.000xg por 20 minutos. O sobrenadante, contendo a clorofila a e os carotenóides totais, foi transferido para tubos de ensaio que permaneceram vedados, no escuro, em temperatura de 4°C, até a leitura no espectrofotômetro (Wellburn, 1994).

Os espectros de absorção dos carotenóides totais e da clorofila *a* foram obtidos da mesma forma descrita para a clorofila *a* quando extraída em acetona (item 6.1).

Empregou-se a equação descrita por Inskeep & Bloom (1985) na determinação da concentração de clorofila *a*:

Cl $a (mg/g^{-1} PF) = [(12,70 \times A_{664,5} - 2,79 \times A_{647}) \times V(ml)] / PF (g)$ PF (peso fresco de alga).

Utilizou-se a equação apresentada por Wellburn (1994) para o cálculo da concentração dos carotenóides totais:

Carotenóides (mg/g⁻¹ PF)= [((1000 x A₄₈₀- 1,12 x Cl *a*) / 245) x V (L))] / PF (g),onde Cl *a* é a concentração de clorofila *a*.

6.3. Análise estatística

Para cada tipo de pigmento, bem como para os quocientes entre tais pigmentos, foi realizada uma análise de variância (Anova) trifatorial, utilizando como variáveis independentes: estádio reprodutivo, localidade e tipo de irradiância.

7. Fotossíntese

Utilizou-se a técnica de oxigênio dissolvido, "frascos claros e escuros", para avaliar as taxas de fotossíntese e respiração (escuro) e determinar a curva Fotossíntese-Irradiância (FxI). As taxas foram determinadas por mudanças na concentração de oxigênio (Littler &Arnold, 1985;

Thomas, 1988). A determinação da curva FxI foi realizada com sete níveis de irradiância: 10, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 µmol fótons.m⁻².s⁻¹ (luz branca, lâmpadas fluorescentes "Luz do dia" Osram 40 W). A respiração foi avaliada no escuro.

A água do mar filtrada foi armazenada no escuro por aproximadamente 5 dias e os níveis de oxigênio dissolvido foram mantidos em 4,0 mg $O_2.L^{-1}$.Ramos de 300mg de um mesmo indivíduo das linhagens T_{SP} , G_{SP} , T_{CE} e G_{CE} (três repetições para cada linhagem) foram colocados em frascos de vidro do tipo D.B.O. (Demanda Biológica de Oxigênio) de volume aproximado de 170 ml, contendo água do mar filtrada. Foram adicionados 2 ml de NaHCO₃ (2mM) para prevenir a limitação de CO₂.

Os frascos foram acondicionados em câmera incubadora, acoplada a um banho com fluxo contínuo de água (Ética 521-2-D) a fim de manter constante a temperatura (25±1°C). Os frascos escuros com ou sem algas foram completamente cobertos por papel alumínio. Os controles na luz e no escuro consistiram de frascos contendo apenas água do mar filtrada. A água do mar contida no interior dos fracos foi homogeneizada, em intervalos regulares, com auxílio de um agitador magnético, durante todo o experimento.

As concentrações de oxigênio foram mensuradas no início e após 1hora de incubação, que equivale ao tempo de duração do experimento, com o auxílio de um oxímetro (YSI modelo 58) acoplado a um eletrodo provido de agitador automático (YSI 5905). A avaliação da produção de oxigênio foi feita a partir das leituras iniciais e finais, utilizando-se as fórmulas sugeridas por Littler & Arnold (1985), e expressas como mg O_2g^{-1} massa fresca.min⁻¹:

FL=FB-Re

FB = (FC/T)/MF

Re=(Fe/T)/MF

FC- nível de O₂ no frasco claro= O₂finalxV- O₂inicialxV

FE- nível de O₂ no frasco escuro= O₂finalxV- O₂inicialxV

(FB= fotossíntese bruta, FL= fotossíntese líquida, Re= respiração no escuro, T- tempo de incubação e MF- massa fresca)

As incubações foram realizadas no mesmo período do dia, num intervalo de 3 a 4 horas, após o início da fase de luz, período em que as taxas de fotossíntese são maiores (Ramus, 1981; Henley, 1993).

As taxas de fotossíntese líquida obtidas em PAR e PAR+UVB para cada uma das linhagens (T_{SP} , G_{SP} , T_{CE} e G_{CE}) foram estatisticamente comparadas por análise de variância

(Anova) bifatorial, utilizando como variáveis independentes a intensidade de irradiância e o tipo de irradiância (PAR e PAR+UVB), seguida de teste *à posteriori* Newman-Keuls.

Além disso, foi realizado um segundo tipo de análise de variância (Anova) bifatorial, utilizando como variáveis independentes a intensidade de irradiância e a linhagem, seguida de teste à *posteriori* de Newman-Keuls. Neste caso, os dados obtidos em PAR e em PAR+UVB foram analisados separadamente.

As taxas de respiração foramestatisticamente comparadas por análise de variância (Anova) bifatorial, utilizando como variáveis independentes: estádio reprodutivo (tetrasporófito ou gametófito) e localidade (Estados do Ceará e de São Paulo).

A construção das curvas de fotossíntese x irradiância (FxI) foi realizada a partir dos valores de oxigênio dissolvido (n=3, por linhagem). Os parâmetros da curva foram calculados segundo Platt *et al.* (1980): Fmáx (fotossíntese máxima), α (eficiência fotossintetizante), I_k (parâmetro de saturação luminosa, calculado a partir de Fmáx/ α) e I_c (irradiância de compensação).

As curvas FxI foram ajustadas segundo os quatro primeiros modelos descritos por Henley (1993). O melhor ajuste foi aquele com maior coeficiente de determinação R² (Zar, 1999): equação 2. Este modelo, apresentado a seguir, foi aplicado aos valores de irradiâncias utilizados nos experimentos: F= Fmax *($(\alpha*I)/((Fmax^2 + (\alpha*I)^2)^{1/2})$ + R, F=fotossíntese líquida, I= irradiância e R= respiração no escuro.

Cada um dos parâmetros obtidos a partir das curvas FxI (Fmáx, α , I_K, I_C, Re e Fmáx/Re) foram comparados por meio de análise de variância (Anova) bifatorial, utilizando como variáveis independentes linhagem e tipo de irradiância (PAR e PAR+UVB).

IV. Resultados

1. Crescimento

O aspecto geral dos ápices das diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* após 28 dias de cultivo nas condições experimentais é apresentado na Figura 7. A partir da terceira semana, os ápices cultivados em PAR+UVB apresentaram-se curvados e despigmentados. Alguns possuíam curvatura de até 360°, adquirindo aspecto espiralado. Os ápices cultivados em PAR (controle) apresentaram-se saudáveis durante todo experimento.



Figura 7. Ápices das diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* após 28 dias de cultivo em duas condições experimentais: i) controle (PAR); e ii) tratamento com PAR+UVB. Escala, 1 cm. Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo (SP).

1.1. Taxas de crescimento: período total de experimento

1.1.1. PAR (controle)

A análise das taxas de crescimento (TCs) de *Gracilaria caudata* considerando-se todo o período experimental (quatro semanas) mostrou que a linhagem T_{SP} apresentou as maiores taxas em relação às demais, enquanto que a linhagem G_{CE} apresentou as menores (p<0,05). As linhagens T_{CE} e G_{SP} apresentaram TCs semelhantes entre si e intermediárias em relação à T_{SP} e G_{CE} (Figura 8; Anexos 1-2). Foram verificadas diferenças significativas quando se comparou linhagens de diferentes localidades, sendo que as linhagens do Estado de São Paulo apresentaram as maiores TCs, quando comparadas às linhagens do Estado do Ceará (F=364,482; p<0,05). Os tetrasporófitos, independentemente do local de origem apresentaram as maiores TCs, quando comparados aos gametófitos (F=277,838; p<0,05). Houve interação entre estádio reprodutivo e localidade (F=45,578; p<0,05) (Figura 8; Anexos 1-2).



Figura 8. Taxas de crescimento de diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em 70 μ mol fótons.m⁻².s⁻¹ durante 28 dias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. Letras distintas representam diferenças significativas.

1.1.2. PAR + UVB

A análise das TCs de *Gracilaria caudata* considerando-se todo o período experimental (quatro semanas) mostrou que as linhagens estudadas apresentaram taxas distintas (p<0,05). As linhagens procedentes do Estado do Ceará apresentaram as maiores taxas de crescimento, quando comparadas às linhagens de São Paulo (F=189,384; p<0,05). Os tetrasporófitos, independentemente da procedência, apresentaram as maiores taxas, quando comparados aos

gametófitos (F=3389,533; p<0,05). A linhagem T_{CE} apresentou as maiores TCs, seguida, respectivamente por G_{CE} , T_{SP} e G_{SP} . Não houve interação entre estádio reprodutivo e localidade (F= 1,025; p>0,05) (Figura 9; Anexos 3-4a).



Figura 9. Taxas de crescimento de diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em radiação UVB em 0,08W.m⁻² durante 28 dias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).

1.1.3. PAR X PAR+UVB

A análise das TCs considerando-se todo o período experimental (quatro semanas) mostrou que as TCs das quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em UVB foram menores do que as observadas no controle (Figura 8-9; Anexos 4b-5).

1.2. Taxas de crescimento: dados semanais

1.2.1. PAR (controle)

Uma análise considerando-se os dados obtidos semanalmente durante quatro semanas de experimento mostrou que houve uma diminuição nas taxas de crescimento para todas as linhagens de *Gracilaria caudata* (T_{SP}, G_{SP}, T_{CE} e G_{CE}) ao longo do tempo (F= 376,090; p<0,05) (Figura 10; Anexos 6-7).

As TCs foram diferentes tanto entre gametófitos e tetrasporófitos, quanto entre linhagens procedentes do Estado do Ceará e de São Paulo em todas as semanas analisadas. Foram observadas maiores TCs para a fase tetrasporofítica se comparada à fase gametofítica ao longo das semanas em cada uma das localidades (F= 4,067; p< 0,05) (Figura 10; Anexos 6-7).



Figura 10. Taxas de crescimento semanais de diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em 70 µmol fótons.m⁻².s⁻¹. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo (SP). Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).

1.2.2. PAR + UVB

A análise das TCs de *Gracilaria caudata* considerando-se os dados obtidos semanalmente durante quatro semanas de experimento mostrou que houve uma diminuição nessas taxas para todas as linhagens de *Gracilaria caudata* (T_{SP} , G_{SP} , T_{CE} e G_{CE}) ao longo do tempo (F=220,429; p<0,05) (Figura 11; Anexos 8-9).

As TCs foram diferentes tanto entre gametófitos e tetrasporófitos, quanto entre linhagens procedentes do Estado do Ceará e de São Paulo em todas as semanas analisadas (F=9,978; p<0,05) (Figura 11; Anexos 8-9). Foram observadas maiores TCs na fase tetrasporofítica quando comparada à fase gametofítica em cada uma das localidades (F=58,190; p< 0,05) (Figura 11; Anexos 8-9).



Figura 11. Taxas de crescimento de diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em radiação UVB em 0,08W.m⁻² durante 28 dias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de SP (SP). Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).

1.2.3. PAR X PAR+ UVB

A análise das TCs de *Gracilaria caudata* considerando-se os dados obtidos semanalmente durante quatro semanas de experimento mostrou que houve uma diminuição nessas taxas para todas as linhagens de *Gracilaria caudata* (T_{SP}, G_{SP}, T_{CE} e G_{CE}) ao longo do tempo (F=255,453; p<0,05) (Figura 12; Anexos 10-11).

As TCs foram diferentes tanto entre gametófitos e tetrasporófitos, quanto entre linhagens do Estado do Ceará e de São Paulo (F= 89,436; p<0,05) (Figura 12; Anexos 10-11). As TCs das algas submetidas à radiação PAR foram maiores que as submetidas a radiação PAR+UVB ao longo das quatro semanas. Foram observadas maiores TCs para a fase tetrasporofítica quando comparada à fase gametofítica em cada uma das localidades (F=10,090; p<0,05) (Figura 12; Anexos 10-11).



Figura 12. Taxas de crescimento de diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR (controle) e PAR+UVB (tratamento) durante 28 dias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo (SP). Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).

2. Composição pigmentar

Os espectros de absorção para cada um dos quatro pigmentos analisados foram similares quanto ao seu perfil, embora as intensidades de absorbância observadas para cada um deles tenham sido distintas em relação à condição do experimento, PAR e PAR+UVB, e ao estádio reprodutivo (Figura 13). Os comprimentos de onda de absorção máxima para clorofila *a*foram de 430, 586, 618 e 664nm, independentemente da extração (acetona e DMF) e da condição do experimento. As ficobiliproteínas apresentaram os seguintes picos de absorção: 496, 536, 564 e 618nm. As maiores intensidades de absorbância foram observadas para a condição PAR.



Figura 13. Espectro de absorção de ficobiliproteínas e clorofila *a* (DMF e acetona) de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de *Gracilaria caudata* cultivados durante 28 dias nas seguintes condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle (P)); e ii) tratamento com PAR+UVB (PB) (0,08W.m⁻²) por 3 horas diárias. Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo (SP). Cada curva corresponde à média de três repetições utilizadas em cada tratamento.

2.1. Ficobiliproteínas

2.1.1. Ficoeritrina

As diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas na condição PAR+UVB apresentaram menores concentrações de ficoeritrina que as verificadas para as algas cultivadas em PAR (F=1341,703; p<0,05) (Figura 14; Anexos 12-13). Na condição PAR, foram observadas maiores concentrações de ficoeritrina para a linhagem T_{CE} , seguida, de G_{CE} e T_{SP} , que apresentaram concentrações semelhantes, enquanto que G_{SP} apresentou as menores concentrações (F= 2,280; p<0,05) (Figura 14; Anexos12-13). Quando as algas foram cultivadas em UVB, não houve diferenças no conteúdo de ficoeritrina entre gametófitos e esporófitos de uma mesma localidade, nem entre gametófitos ou tetrasporófitos de localidades distintas (p>0,05) (Figura 14; Anexos12-13).



Figura 14. Concentração de ficoeritrina de diferentes linhagens de *G. caudata* cultivadas durante 28 dias nas seguintes condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB ($0,08W.m^{-2}$) por 3 horas diárias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).

2.1.2. Ficocianina

As diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas na condição PAR+UVB apresentaram menores concentrações de ficocianina que as verificadas para as algas cultivadas em PAR (F=18,8842; p<0,05) (Figura 15; Anexos 14-15). Na condição PAR, verificou-se maiores concentrações de ficocianina para a linhagem T_{CE} , seguida respectivamente, por G_{CE} e T_{SP} , queapresentaram concentrações distintas, enquanto que G_{SP} apresentou as menores concentrações(F= 1,1525; p<0,05) (Figura 15; Anexos 14-15). Na condição PAR+UVB, as maiores concentrações foram também verificadas para T_{CE} , seguida, respectivamente por G_{CE} , T_{SP} e G_{SP} (p<0,05) (Figura 15; Anexos 14-15).



Figura 15. Concentração de ficocianina de diferentes linhagens de *G. caudata* cultivadas durante 28 dias nas seguintes condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08W.m⁻²) por 3 horas diárias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. Letras distintas representam diferenças significativas (p < 0,05).

2.1.3. Aloficocianina

As diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas na condição PAR+UVB apresentaram menores concentrações de aloficocianina que as verificadas para algas cultivadas em PAR (F=107,800; p<0,05) (Figura 16; Anexos 16-17). Na condição PAR, verificou-se maiores concentrações de aloficocianina para a linhagem T_{CE}, seguida respectivamente, por G_{CE} e T_{SP}, que apresentaram concentrações distintas, enquanto que G_{SP} apresentou as menores concentrações (F= 2,157; p<0,05) (Figura 16; Anexos 16-17). Na condição PAR+UVB, não houve diferenças entre as linhagens (p>0,05) (Figura 16; Anexos 16-17).



Figura 16. Concentração de aloficocianina de diferentes linhagens de *G. caudata* cultivadas durante 28 dias nas seguintes condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08W.m⁻²) por 3 horas diárias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. Letras distintas representam diferenças significativas (p <0,05).

2.2. Clorofila a

2.2.1. Clorofila *a* (acetona)

As diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas na condição PAR+UVB apresentaram menores concentrações de clorofila *a* que as verificadas para as algas cultivadas em PAR (F=1730,701; p<0,05) (Figura 17; Anexos 18-19). Na condição PAR foram observadas maiores concentrações desse pigmento para a linhagem T_{CE} , seguida, de G_{CE} e T_{SP} , que apresentaram concentrações semelhantes, enquanto que G_{SP} apresentou as menores concentrações (F=1,682; p<0,05) (Figura 17; Anexos 18-19). Observou-se que as concentrações de clorofila *a* foram semelhantes para todas as linhagens cultivadas em PAR+UVB (G_{CE} , T_{CE} , G_{SP} e T_{SP}) (p>0,05) (Figura 17; Anexos 18-19).


Figura 17. Valores médios da concentração de clorofia *a* de quatro linhagens de *G. caudata* cultivadas durante 28 dias nas seguintes condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08W.m⁻²) por 3 horas diárias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. Letras distintas representam diferenças significativas (p <0,05).

2.2.2. Clorofila a (DMF)

As diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas na condição PAR+UVB apresentaram menores concentrações de clorofila *a* que as verificadas para as algas cultivadas em PAR (F=15,59196; p<0,05) (Figura 18; Anexos 20-21). Na condição PAR, foram observadas maiores concentrações desse pigmento para a linhagem T_{CE} , seguida, de G_{CE} e T_{SP} , que apresentaram concentrações semelhantes, enquanto que G_{SP} apresentou as menores concentrações (F=3,063145; p<0,05) (Figura 18; Anexos 20-21). Na condição PAR+UVB, as maiores concentrações foram observadas para T_{CE} , seguida, de G_{CE} e T_{SP} , que apresentaram concentrações semelhantes, enquanto que G_{SP} apresentou as menores concentrações (p<0,05) (Figura 18; Anexos 20-21).



Figura 18. Valores médios da concentração de clorofia *a* de quatro linhagens de *G. caudata* cultivadas durante 28 dias nas seguintes condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08W.m⁻²) por 3 horas diárias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo (SP). Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).

2.3. Carotenóides totais

As diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas na condição PAR+UVB apresentaram menores concentrações de carotenóides totais que as verificadas para as algas cultivadas em PAR (F=3103,305; p<0,05) (Figura 19; Anexos 22-23). Na condição PAR, foram observadas maiores concentrações desses pigmentos para a linhagem T_{CE} , seguida, respectivamente por G_{CE} , T_{SP} e G_{SP} (F=2,652; p<0,05) (Figura 19; Anexos 22-23). Na condição PAR+UVB, as maiores concentrações foram observadas para T_{CE} , seguida, de G_{CE} (p<0,05) e T_{SP} , que apresentaram concentrações semelhantes, enquanto que G_{SP} apresentou as menores concentrações (p>0,05) (Figura 19; Anexos 22-23).



Figura 19. Valores médios da concentração de carotenóides totais de quatro linhagens de G. caudata cultivadas durante 28 dias nas seguintes condições experimentais: i) radiação

fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB ($0,08W.m^{-2}$) por 3 horas diárias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo (SP). Letras distintas representam diferenças significativas (p > 0,05).

2.4. Razões entre pigmentos

2.4.1. Razões entre ficobiliproteínas e clorofila *a* (acetona)

Verificou-se efeito significativo das radiações PAR e PAR+UVB em todas as razões calculadas: FE/Cla; AFC/Cla; FC/Cla; FE/FC; FE/AFC; e FC/AFC (Figura 20; Anexos 24-26). As razões AFC/Cla, FE/FC e FE/Cla foram maiores em linhagens cultivadas na condição PAR quando comparadas às cultivadas em PAR+UVB. As razões FE/AFC, FC/Cla e FC/AFC foram maiores em linhagens cultivadas em PAR+UVB quando comparadas às cultivadas em PAR. Todas as razões apresentaram efeito significaivo para as quatro linhagens: FE/Cla (F=1,999; p<0,05); FE/AFC (F=1,793; p<0,05); FC/Cla (F=1,875;p<0,05); FE/FC (F=1,401; p<0,05); FC/AFC (F=1,089; p<0,05); e AFC/Cla (F=1,059; p<0,05) (Figura 20; Anexos 24-26).

A análise comparativa entre as duas condições (PAR) e (PAR+UVB) quanto à porcentagem de pigmentos presentes em cada uma das linhagens estudadas mostra que a ficoeritrinafoi o pigmento predominante (Figura 21). Linhagens cultivadas na presença de UVB apresentaram uma redução das ficoeritrina em relação aos demais pigmentos quando comparados com linhagens cultivadas no controle. As porcentagens referentes à clorofila *a* manteve-se semelhante em ambas as condições testadas (Figura 21).



Figura 20. Razões entre os valores médios das concentrações de ficobiliproteinas e clorofila *a*de quatro linhagens de *G. caudata* em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UV-B ($0,08W.m^{-2}$) por 3 horas diárias. Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).



Figura 21. Porcentagem média de cada pigmento em relação à concentração total de pigmentos extraídos de segmentos apicais de *G. caudata* cultivados durante 28 dias nas seguintes condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08W.m⁻²) por 3 horas diárias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).

2.4.2. Razões entre carotenóides totais e clorofila a (DMF)

As diferentes linhagens de *G. caudata* cultivadas na condição PAR+UVB apresentaram menores razões de carotenóides totais e clorofila *a* (Car/Cla) que as verificadas para as algas cultivadas em PAR (F=290,86; p<0,05) (Figura 22; Anexos 27-29). Na condição PAR, foram observados maiores valores de razão para a linhagem T_{CE} seguida, respectivamente por G_{CE}, T_{SP} e G_{SP} (p<0,05) (Figura 22; Anexos 27-29). Na condição PAR+UVB, os maiores valores foram observados para T_{CE}, seguida de G_{CE} e T_{SP}, que apresentaram razões semelhantes, enquanto que G_{SP} apresentou os menores valores.

Na condição PAR+UVB, notou-se que tanto os tetrasporófitos quanto os gametófitos procedentes do Estado do Ceará apresentaram maiores valores de Car/Cla que as linhagens do Estado de São Paulo (F=15,26; p<0,05) (Figura 22; Anexos 27-29). A análise comparativa entre as duas condições (PAR) e (PAR+UVB) quanto à porcentagem de pigmentos presentes em cada uma das linhagens estudadas mostra que a clorofila *a* foi o pigmento predominante (Figura 23).



Figura 22. Razões entre os valores médios das concentrações de carotenóides totais e clorofila *a*de quatro linhagens gametofíticas de *G. caudata* em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii)tratamento com PAR+UV-B ($0,08W.m^{-2}$)por 3 horas diárias. Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).



Figura 23. Porcentagem média de razões entre (Car/Cla) em relação à concentração total de pigmentos extraídos de segmentos apicais de *G. caudata* cultivados durante 28 dias nas seguintes condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08W.m⁻²) por 3 horas diárias. Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo (SP). Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).

3. Fotossíntese

Analisando-se cada uma das linhagens cultivadas tanto no controle quanto na condição PAR+UVB, verificou-se que houve um aumento da taxa de fotossíntese líquida à medida que a irradiância aumentou: T_{CE} (F=43,854; p<0,05); T_{SP} (F=31,1450; p<0,05); G_{CE} (F=38,1933; p<0,05); e G_{SP} (F=11,7005; p<0,05). Todas as linhagens apresentaram menores taxas de fotossíntese quando cultivadas na presença de UVB: T_{CE} (F=103,284; p<0,05); T_{SP} (F=58,7956; p<0,05); G_{CE} (F=14,8894; p<0,05) e G_{SP} (F=3,1119; p<0,05) (Figura 24; Anexos 30-34).

Ocorreu interação significativa entre as duas variáveis independentes testadas (níveis de irradiância e tratamento) para todas as linhagens: T_{CE} (F=3,652; p<0,05); T_{SP} (F=3,2220; p<0,05); G_{CE} (F=9,5488; p<0,05) e G_{SP} (F=2,3786; p<0,05) (Anexo 30). Em PAR, a diferença entre as taxas de fotossíntese obtida entre a menor e a maior intensidade de irradiância foi mais acentuada que a diferença observada em PAR+UVB (Figura 24; Anexos 30-34).

Comparando-se as taxas de fotossíntese líquida de todas as linhagens quando submetidas a diferentes níveis de irradiância, verificaram-se diferenças entre as linhagens tanto quando cultivadas em PAR (F=192,287; p<0,05), como quando cultivadas em PAR+UVB (F=113,50; p<0,05). Essas taxas foram distintas também entre os diferentes níveis de irradiância tanto em PAR (F=296,599; p<0,05), quanto em PAR+UVB (F=205,45; p<0,05). Ocorreu interação entre as variáveis independentes tanto para os níveis de irradiância PAR (F=137,39; p<0,05) quanto para PAR+UVB (F=101,103; p<0,05) (Anexo 35).

Tanto em PAR, quanto em PAR+UVB, verificaram-se maiores taxas de fotossíntese líquida para a linhagem T_{CE} e menores para a linhagem G_{SP} . As linhagens T_{SP} e G_{CE} apresentaram taxas intermediárias e semelhantes entre si na maioria das intensidades das irradiâncias analisadas (Figura 24; Anexos 35-37).

As taxas de respiração das linhagens cultivadas tanto na radiação PAR, quanto na radiação PAR+UVB apresentaram diferenças significativas em relação ao estádio e a localidade PAR: (F=58,698; p<0,05); PAR+UVB: (F=28,473; p<0,05). Na condição PAR foram distintas para as quatro linhagens, sendo que T_{CE} apresentou a maior taxa, e G_{SP} a menor. Já na condição de tratamento (PAR+UVB) as taxas de respiração foram semelhantes entre T_{CE} , T_{SP} e G_{CE} , G_{SP} (Figura 25; Anexos 38-41).



Irradiância (µmol fotons. m⁻².s⁻¹)





Figura 24. Curvas de Fotossíntese-Irradiância calculadas a partir das taxas de fotossíntese líquida de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e São Paulo (SP) submetidos a irradiância PAR e PAR+UVB (0,08W.m⁻²). Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3).



Figura 25. Taxas de respiração de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e São Paulo (SP) submetidos a irradiância PAR e PAR+UVB (0,08W.m⁻²). Dados apresentados como média e desvio padrão (n=3). Letras distintas representam diferenças significativas (p<0,05).



As curvas Fotossíntese-Irradiância construídas a partir das taxas de fotossíntese líquida de tetrasporófitos e gametófitos de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará e de São Paulo submetidos à irradiância PAR e à irradiância PAR + UVB e os parâmetros calculados a partir de tais curvas são apresentados, respectivamente na Figura 26 e na Tabela 1.





Figura 26. Curvas de Fotossíntese-Irradiância calculadas a partir do modelo de hipérbole retangular (Henley, 1993; Equação 2) a partir das taxas de fotossíntese líquida para tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) submetidas à irradiância PARe à irradiânica PAR+UVB.

Tabela 1. Parâmetros das curvas Fotossíntese-Irradiância calculados a partir das taxas de fotossíntese líquida de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) submetidos à irradiância PAR e PAR + UVB.Valores (média±desvio-padrão, n=3) expressos em: µmol fótons.m⁻².s⁻¹ para Ic (Irradiância de compensação) e I_K (saturação luminosa); (mg O₂. g⁻¹ massa fresca. H⁻¹).µmol fótons.m⁻².s⁻¹ para α (eficiência fotossintetizante); mg O₂.g⁻¹ massa fresca. H⁻¹ para Fmáx (fotossíntese máxima) e Re (respiração no escuro). F/Re representa a razão de Fmáx/Re. R, coeficiente de ajuste ou valor R do algoritmo Levenberg-Marquadt utilizado para ajustar as curvas Fotossíntese-Irradiância.

	T _{CE}		G _{CE}		T _{SP}		G _{SP}	
	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB
R	0,94	0,95	0,95	0,87	0,92	0,80	0,82	0,81
Fmax	17,98±0,02	9,83±0,02	11,73±0,02	5,80±0,02	9,97±0,03	4,84±0,02	6,72±0,02	3,98±0,02
α	$0,05\pm 0,001$	$0,028\pm0,001$	$0,05\pm 0,001$	0,028±0,001	$0,05\pm 0,001$	0,027±0,001	$0,048 \pm 0,001$	$0,035\pm0,001$
Re	0,339±0,49	0,329±0,18	0,329±0,36	0,319±0,09	0,329±0,32	0,318±0,05	0,339±0,28	0,299±0,032
I_K	359,6±0,04	351,07±0,03	234,6±0,04	207,14±0,02	199,4±0,03	179,26±0,028	140±0,035	112,11±0,02
I_C	6,78±0,002	$11,75\pm0,004$	6,58±0,002	11,39±0,001	6,58±0,002	11,78±0,003	7,06±0,003	8,42±0,001
F/Re	53,03835	29,87842	35,6535	18,18182	30,30395	15,22013	19,82301	13,31104

Uma análise comparativa entre a condição controle e PAR+UVB mostrou diferenças significativas nos seguintes parâmetros fotossintetizantes analisados: I_k (F=56,687; p<0,05); F/Re (F=32,765; p<0,05); Fmáx (F=32,760; p<0,05); e I_C (F=36,791; p<0,05) (Anexo 42). Os maiores valores de I_K , Fmax e Re foram verificados em PAR para todas as linhagens analisadas, enquanto que os maiores valores de I_C foram verificados em PAR+UVB (Tabela 1). Quanto aos parâmetros Re (F=3,536; p>0,05), Ic (F=0,6065; p>0,05) e α (F=0,333; p>0,05), não houve diferença entre as condições testadas (Anexo 42).

Os parâmetros fotossintetizantes que apresentaram diferenças significativas entre as linhagens foram I_k (F= 45,788; p<0,05), F/Re (F= 9,361; p<0,05) e Fmáx (F= 10,667; p<0,05) nas irradiâncias PAR e PAR+UVB (Anexo 42). Esses três parâmetros foram maiores para as duas linhagens procedentes do Estado do Ceará quando comparadas às linhagens do Estado de São Paulo. Além disso, com relação a esses três parâmetros, tetrasporófitos apresentaram maiores valores quando comparados a gametófitos de um mesmo local. Em relação às interações entre condição experimental (PAR e PAR+UVB) e linhagem, observou-se diferenças significativas para I_k (F=21,571; p<0,05), F/Re (F=20,237; p<0,05) e Fmáx (F=24,152; p<0,05) (Anexos 42-48). Não houve diferenças para Ic (F=20,0731; p>0,05), α (F=72,727; p>0,05) e Re (F=2,727; p>0,05) (Anexos 42-48).

V. Discussão

1. Crescimento

As respostas à radiação UV têm sido variadas, dependendo do gênero e/ou da espécie de macroalgas estudadas. Algumas rodófitas, como Chondrus crispus e Palmaria palmata, não apresentaram alterações no crescimento quando expostas à radiação UV, enquanto outras, como Rhodymenia pseudopalmata, Phyllophora pseudoceranoides (Van de Poll et al., 2001), Gigartina skottsbergii, Sarcothalia crispata, Mazzaella laminarioides (Andrés et al., 2006) e Iridaea cordata (Navarro, 2004) apresentaram queda no crescimento. As linhagens de Gracilaria caudata, independentemente da procedência, apresentaram queda nas taxas de crescimento (TCs) quando cultivadas na presença da radiação UVB. Essa redução no crescimento ocorreu a partir da segunda semana de exposição. Esses resultados corroboram estudos anteriores em que linhagens de G. birdiae, procedentes também da costa brasileira, apresentaram menores TCs quando expostas à radiação UVB (Ayres, 2009). Além disso, essas plantas apresentaram despigmentação, curvatura e necrose, como observado para G. caudata. Deve-se salientar ainda que não houve uma aclimatação à radiação UVB, pois as TCs foram diminuindo ao longo do experimento, diferentemente do que já foi observado para outras espécies de macroalgas, como em Ulva rigida. Nessa espécie, houve uma queda nas TCs após 7 dias de cultivo, porém, após 20 dias, as TCs das algas mantidas no controle e na UVB eram semelhantes (Altamiro et al., 2000).

Analisando-se as taxas de crescimento (TCs) de *Gracilaria caudata* quando cultivada na irradiância PAR verificou-se que as linhagens procedentes da população do Estado de São Paulo cresceram mais que as do Estado do Ceará. Entretanto, notou-se o inverso quando essas linhagens foram expostas à radiação UVB, ou seja, as linhagens procedentes do Estado do Ceará apresentaram maiores TCs que as demais. Os Estados do Ceará e São Paulo, além de possuírem diferenças geográficas e climáticas, recebem índices de radiação ultravioleta distintos, maiores para a região nordeste (Kirchhoff *et al.*, 2000; Kirchhoff & Echer, 2001). Resultados anteriores obtidos para linhagens de *G. birdiae* mostraram que indivíduos procedentes da costa nordeste do país estão mais aptos a lidar com irradiâncias elevadas do que inidíviduos procedentes do sudeste (Ursi *et al.*, 2003; Donato, 2005). Os resultados gerados para *G. caudata* sugerem que indivíduos procedentes de populações próximas ao equador seriam favorecidos numa situação de aumento nos índices de UVB incidentes quando comparados a indivíduos de populações oriundas de latitudes mais elevadas.

As taxas de crescimento de tetrasporófitos de *Gracilaria caudata* foram maiores em relação às observadas para os gametófitos femininos procedentes das duas localidades distintas (CE e SP). Esses resultados corroboraram estudos anteriores em que tetrasporófitos de *G. birdiae* apresentaram maiores TCs que gametófitos (Barufi, 2004). No entanto, em outros estudos com *G. domingensis* (Ferreira, 2008) e mesmo com *G.birdiae* (Ursi & Plastino, 2001), gametófitos femininos apresentaram TCs superiores quando comparados aos tetrasporófitos. As possíveis razões em relação às diversas respostas observadas podem ser atribuídas às diferentes condições de cultivo utilizadas nos experimentos, como as relacionadas à qualidade e quantidade de luz e às concentrações de nutrientes no meio. Possivelmente, na natureza, pequenas variações nas condições ambientais possam favorecer uma ou outra fase do histórico de vida, trazendo benefícios para a manutenção da espécie num dado ambiente. Essas diferenças no desempenho fisiológico de fases isomórficas são apontadas como vantajosas para a manutenção desse tipo de histórico de vida na natureza (Hughes & Otto, 1999).

2. Composição pigmentar

Um dos efeitos bem conhecidos da radiação UVB em macroalgas é a redução na concentração dos pigmentos (Döhler *et al.*, 1995). A fotodestruição parece ser um processo natural em que o conteúdo pigmentar pode ser danificado não só por radiação ultravioleta, mas também por excesso de radiação PAR (Figueroa *et al.*, 1997). Linhagens de *Gracilaria caudata* submetidas à radiação UVB sofreram redução no conteúdo pigmentar, o que ficou evidente pela despigmentação observada já nas primeiras semanas de cultivo. Essa variação na coloração foi também observada para outras macroalgas como *G. birdiae* (Ayres, 2009) e outras rodófitas quando submetidas à radiação UVB (Wood, 1989; Aguilera *et al.*, 1999a; Poppe *et al.*, 2002; Xu & Gao, 2007; Navarro *et al.*, 2010a, b).

As ficobiliproteínas possuem um papel importante no mecanismo de aclimatação de algas vermelhas em relação à luz, e suas concentrações podem variar à medida que ocorram alterações na irradiância (Talarico, 1996; Figueroa *et al.*, 1997; Roleda *et al.*, 2004a; Roleda *et al.*, 2004b). Ápices de *Gracilaria caudata* expostos à radiação UVB apresentaram reduções nas concentrações de ficoeritrina, ficocianina e aloficocianina, independentemente da linhagem analisada. Resultados semelhantes foram observados para linhagens de *G. birdiae* quando expostas às mesmas condições de radiação UVB utilizadas no atual trabalho (Ayres, 2009). Outras espécies, como *G. edulis, G. lemaneiformis* e *Porphyra umbilicalis*, apresentaram também reduções nas concentrações de

ficobiliproteínas quando expostas à UVB (Aguilera *et al.*, 1999a; Eswaran *et al.*, 2002; Xu & Gao, 2007). As ficobiliproteínas são os primeiros pigmentos de algas vermelhas a serem afetados pela radiação UV especialmente a ficoeritrina, pois está localizada nas porções mais externas dos ficobilissomos (Gerber & Häder, 1993; Sinha *et al.*, 1995; Talarico, 1996).

As linhagens de *Gracilaria caudata* quando expostas à radiação UVB apresentaram também redução nas concentrações de clorofila *a* e carotenóides totais, independentemente do solvente que se utilizou para a extração desses pigmentos (acetona ou DMF). Os carotenóides vêm sendo apontados como compostos importantes em processos de fotoproteção (Cardoso, 1997; Carnicas *et al.*, 1999; Bischof *et al.*, 2006) e teriam quatro funções: estabilidade estrutural, coleta de luz, fotoproteção e atividade antioxidante (Esteban *et al.*, 2009). Destacando o papel de fotoproteção exercido pelos carotenóides, a tendência é que este aumente para que não haja degradação do aparato fotossintetizante, após a incidência da radiação UV (Buma *et al.*, 2000; Holzinger &Lütz, 2006).

A diminuição no conteúdo de clorofila *a*, como verificada em *Gracilaria caudata*, após a exposição à UVB, foi também observada em *Palmaria palmata*, *Phycodrys rubens* (Bischof *et al.*, 2000), *G. lemaneiformis* (Xu & Gao, 2007) e *Laminaria ochroleuca* (Roleda *et al.*, 2004a). Esses resultados divergem dos obtidos para linhagens de *G. birdiae*, em que não houve alteração nas concentrações de clorofila *a* e carotenóides após a exposição à UVB (Ayres, 2009). Em *Porphyra umbilicalis* cultivada em PAR+UVA+UVB+UVC também não houve alteração nas concentrações desses pigmentos (Aguilera *et al.*, 1999a). Entretanto, para outras algas como *Ulva rigida* (Altamiro *et al.*, 2000), *Matocarpus stellatus* e *Chondrus crispus* (Roleda *et al.*, 2004b), houve aumento das concentrações de clorofila *a* e carotenóides totais na presença de UVB. Em *Chondrus crispus*houve redução de alguns tipos de carotenóides e aumento na concentração de clorofila *a*, quando essa espécie foi exposta à radiação UV (Krabs & Wiencke, 2005).

As linhagens de *Gracilaria caudata* procedentes do Estado do Ceará apresentaram uma maior quantidade de pigmentos quando comparadas às de São Paulo, independentemente da presença ou ausência de UVB. Observações semelhantes foram feitas para *G. birdiae* em que as linhagens procedentes do nordeste apresentaram maiores concentrações de ficobiliproteínas e clorofila *a* quando comparadas às linhagens procedentes do sudeste (Costa, 2005; Ayres, 2009). Possivelmente, indivíduos oriundos de regiões mais próximas do equador apresentem maior quantidade de pigmentos por estarem adaptados a receber maiores irradiâncias do que os que ocorrem em populações do sudeste.

O uso de DMF para extração de clorofila *a* mostrou-se mais eficaz que a acetona, pois possibilitou ressaltar diferenças significativas entre as linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas tanto na radiação PAR quanto na radiação PAR+UVB. Tetrasporófitos apresentaram maiores concentrações de clorofila *a* e carotenóides totais que gametófitos. Estudos realizados em *G. domingensis*não mostraram diferenças no conteúdo desses pigmentos quando gametófitos e tetrasporófitos jovens foram analisados separadamente após cultivo em PAR (Ferreira, 2008).

Tetrasporófitos de *Gracilaria caudata* apresentaram maiores concentrações de ficoeritrina, ficocianina e aloficocianina que gametófitos quando cultivados em PAR. Resultados semelhantes foram verificados para *G. birdiae* (Barufi, 2004). A maior quantidade de pigmentos encontrada em tetrasporófitos quando comparados a gametófitos poderia contribuir para uma maior viabilidade dos primeiros. Estudos anteriores em *G. verrucosa* (Destombe *et al.*, 1989) e *G. domingensis* (Guimarães *et al.*, 2003) sugerem que as maiores freqüências de tetrasporófitos em populações naturais deve-se à maior viabilidade desse estádio. Indivíduos diplóides podem deter mais vantagens em relação aos indivíduos haplóides devido a algumas características, como a presença de duas cópias de cada gene, a maior probabilidade de ter uma nova mutação benéfica e a maior variação genética, pois as mutações persistem. Todas essas características podem melhorar a capacidade de diplóides responderem às mudanças ambientais (Lewis, 1995; Hugles & Otto, 1999).

Em *Gracilaria caudata*, as razões AFC/Cla, FE/FC e FE/Cla foram maiores na condição PAR quando comparadas à PAR+UVB, enquanto que as razões FE/AFC, FC/Cla e FC/AFC foram maiores em linhagens cultivadas em PAR+UVB do que as obtidas para linhagens cultivadas em PAR.Estudos sobre o conteúdo pigmentar de *G. birdiae* mostraram que as razões entre os pigmentos foram semelhantes em ambas condições experimentais (PAR e PAR+UVB), com exceção de FE/AFC para uma linhagem selvagem do Estado do Ceará, que apresentou os maiores valores após exposição à UVB (Ayres, 2009), como verificado para *G. caudata*.

A razão Car/Cla foi distinta entre as linhagens de *Gracilaria caudata* em cada uma das condições experimentais (PAR e PAR+UVB). Tetrasporófitos procedentes do Estado do Ceará apresentaram maiores valores para a relação Car/Cla do que as demais linhagens analisadas em ambas condições experimentais. Esses resultados sugerem que a linhagem T_{CE} poderia ser favorecida num possível aumento da radiação UVB, já que os carotenóides estão relacionados à proteção dos fotossistemas (Buma *et al.*, 2000; Holzinger & Lütz, 2006). A razão Car/Cla em *G. birdiae* foi semelhante entre as linhagens analisadas, independentemente da condição (PAR e PAR+UVB) (Ayres, 2009).

Gracilaria caudata apresentou picos de absorção máxima para a clorofila *a* e ficobiliproteínas característicos e distintos dos observados para *G. birdiae* (Plastino *et al.*, 2004), *G. damaecornis e Eucheuma isiforme* (Schubert, 2008), *G. lemaneiformis* (Zhang *et al.*, 1993), *G. tikvahiae* (Kursar *et al.*, 1983) e *Palmaria decipiens* (Post & Larkum, 1993). Os perfis dos espectros foram semelhantes, variando apenas as absorbâncias de acordo com as condições de cultivo e linhagem.

3. Fotossíntese

Todas as linhagens de *Gracilaria caudata* analisadas no presente trabalho- T_{CE}, G_{CE}, T_{SP} e G_{SP}- apresentaram acentuada queda das taxas defotossíntese quando expostas à PAR+UVB, sendo tal queda, respectivamente, da ordem de 33,3%, 44,4%, 50% e 60%. A exposição à UVB acarretou também diminuição dos parâmetros fotossintetizantes Fmax e I_K. Esses dados estão de acordo com outros reportados na literatura, que relatam a radiação UVB como promotora de diminuição, em diferentes proporções, da fotossíntese em diversas espécies de algas, independentemente da duração da exposição, como: G. lemaneiformis (Gao & Xu, 2008; Zheng & Gao, 2009); Chondrus crispus (Yakovleva & Titlyanov, 2001); Ulva lactuca (Fredersdorf & Bischof, 2007); Phyllophora pseudoceranoides, Phycodrys rubens e Polyneura hillae (Van de Poll et al., 2001); Mastocarpus stellatus e Chondrus crispus (Roleda et al., 2004b); e Laminaria sacchanna, L. solidungula, Saccorhiza dermatodea, Monostroma arcticum, Palmaria palmatae Acrosiphonia penicilliformis(Aguilera et al., 1999b). No entanto, casos em que algas expostas à radiação UVB não apresentaram qualquer diminuição na fotossíntese também são relatados, porém em menor quantidade, como para Desmarestia aculeata e M. aculeata (Aguilera et al., 1999b). Não pudemos encontrar nenhuma citação em que a exposição à radiação UVB tenha aumentado a taxa de fotossíntese.

Quanto à variação das taxas defotossíntese em função da diversidade intraespecífica de *Gracilaria caudata* (exposta apenas à radiação PAR), notou-se diferenças entre linhagens de localidades distintas, bem como entre estádios reprodutivos distintos. Tetrasporófitos de *G. caudata* apresentaram maiores taxas de fotossíntese se comparadas às obtidas para gametófitos. Os parâmetros Fmax e I_K foram também maiores para tetrasporófitos. Já em gametófitos e tetrasporófitos jovens de *G. domingensis*, não foi possível verificar essa clara diferença entre estádios (Ferreira, 2008).

As menores taxas de fotossíntese foram observadas para linhagens de *Gracilaria caudata* provenientes do Estado de São Paulo. Os parâmetros Fmax e I_K foram também menores para linhagens desse Estado. Tais dados podem indicar que as linhagens de São Paulo são mais sensíveis à luminosidade, uma vez que atingem seu I_k em luminosidades mais baixas. Esse fato seria um indício de uma possível diferenciação ecotípica entre linhagens de localidades distintas, como já inferido para *G. birdiae* (Ursi, 2005). No entanto, estudos mais aprofundados são necessários para testar tal hipótese, pois os dados obtidos em situações experimentais distintas das utilizadas no presente estudo podem ser diferentes. Um bom exemplo são os trabalhos sobre *G. birdiae*. Estudos realizados com tetrasporófitos demostraram maiores taxas de fotossíntese em linhagens do Estado do Ceará, quando comparadas às linhagens do Estado do Espírito Santo (Donato, 2005). Já a mesma comparação, porém realizada com gametófitos, apontou maiores taxas para linhagens do Espírito Santo (Ursi, 2005). Tais resultados, aparentemente discrepantes, provavelmente estão relacionados não apenas às características intrínsecas de cada linhagem, mas também às diferentes condições de cultivo pré-quantificação da fotossíntese, bem como às próprias técnicas experimentais utilizadas para mensurá-la.

Assim como ocorreu com as taxas de fotossíntese, a exposição à radiação UVB acarretou uma diminuição na taxa de respiração das linhagens de *Gracilaria caudata*, independetemente da localidade de origem ou do estádio reprodutivo. O decaimento na taxa de respiração ocasionado pela exposição a esse tipo de radiação já foi reportado para outras espécies de algas, como: *G.birdiae* (Ayres, 2009), *Ulva lactuca, Laminaria saccharina, Enteromorpha intestinalis, Pilayella litoralis* e *Coralina elongata* (Häder & Schäfer, 1994). Porém, a diminuição nas taxas de respiração foi mais discreta do que a observada para fotossíntese. Uma possível explicação seria o fato da respiração ser mais resistente aos raios UV quando comparada à fotossíntese devido a uma maior quantidade de mitocôndrias do que cloroplastos nas células fotossintetizantes das algas, e por conseguinte, a respiração sofreria menor influência da radiação UV (Aguilera *et al.*, 1999b).

VI. Considerações finais

O objeto de estudo do presente trabalho foia alga vermelha *Gracilaria caudata*, uma espécie de ampla distribuição geográfica, cuja ocorrência vai desde a região sul do Caribe até a região sul do Brasil (Estado de Santa Catarina). Teve como objetivos investigar a diversidade intraespecífica e os eventuais efeitos da radiação UVB na fisiologia da espécie. Os efeitos danosos dessa radiação em organismos marinhos, vêm sendo apontados à medida que novos estudos são realizados. Na natureza, a radiação UVB é parcialmente absorvida pelo ozônio atmosférico, e a diminuição dessegás possibilita que essa radiação atinja a superfície terrestre com mais intensidade. O desenho experimental do atual trabalho difere das condições encontradas na natureza, e os resultados não podem ser interpretados como semelhantes aos que ocorreriam no ambiente natural, porém podem fornecer indícios de efeitos fisiológicos da radiação UVB na espécie selecionada para os estudos.

Comparou-se pela primeira vez em *Gracilaria caudata* linhagens de tetrasporófitos e gametófitos procedentes de duas localidades distintas da costa brasileira (SP e CE), levando-se em consideração os efeitos da radiação UVB. Os parâmetros fisiológicos analisados foram crescimento, composição pigmentar e fotossíntese. Dessa forma, pudemos testar a hipótese de que indivíduos procedentes de localidades diferentes apresentam respostas adaptativas distintas em relação à radiação UVB, e que indivíduos procedentes do nordeste são mais resistentes aos possíveis efeitos de estresse provocado por tal radiação.

Tanto os resultados referentes às taxas de crescimento e conteúdo pigmentar quanto à fotossíntese corroboram essa hipótese de que indivíduos procedentes de regiões próximas ao equador são mais tolerantes à radiação UVB do que indivíduos oriundos do sudeste. Além disso, esses dados ressaltam o vigor da fase tetrasporofítica com relação à fase gametofítica, independentemente da procedência dos indivíduos. Entretanto, deve-se salientar que as linhagens de *Gracilaria caudata* estudadas no atual trabalho apresentaram alterações morfológicas, como despigmentação e enrolamento dos ápices, quando expostas à radiação UVB. Além disso, essa radiação promoveu quedas nas taxas de crescimento, conteúdo pigmentar e fotossíntese, provavelmente como conseqüência de alterações metabólicas promovidas pela absorção dessa radiação pelo DNA e proteínas (Hóllosy, 2002).

Os dados obtidos evidenciam que *Gracilaria caudata* provavelmente possua ecótipos. Ou seja, suas variações fenotípicas estão relacionadas a adaptações dos organismos a ambientes distintos, resultando em populações de uma mesma espécie geneticamente diferentes (Plastino, 2004). No entanto, deve-se ressaltar que as condições experimentais diferem em distintos aspectos das condições ambientais, e os resultados obtidos não podem ser interpretados como idênticos aos que ocorreriam no ambiente natural, caso houvesse um aumento dessa radiação UVB. Desta forma, o presente trabalho abre espaço para novas abordagens como estudos aprofundados com esta espécie, que permitam confirmar na natureza, as diferenças observadas *in vitro*, auxiliando na recuperação de áreas para preservação dessa diversidade.

VII.Abstract

Gracilaria caudata is an agarophyte collected on the northeastern coast of Brazil. This study aimed to evaluate "in vitro" the effects of UVB radiation on growth, pigment content, and photosynthesis of gametophytes and tetrasporophytes of G. caudata from two distinct geographical areas of Brazilian coast (Ceará and São Paulo States). Our hypothesis was that individuals from the southeastern coast are more sensitive to UVB radiation that individuals from the northeastern coast. The general conditions of cultivation were: 23-25°C; 14L:10D; 70±10 umolfótons.m⁻².s⁻¹; 32 psu; seawater enriched with modified von Stosch solution; and aeration every 30 minutes. The apices were cultivated in two different conditions: i) control (PAR), similar to the general conditions; and ii) PAR+UVB (0.08 W m⁻² for 3 hours a day). Growth rates were assessed weekly for 28 days. The pigment content and photosynthesis were analyzed at the end of 28 days. Morphological changes were observed in algae exposed to UVB radiation. These algae showed lower growth rates when compared to those algae grown in PAR. The strains of São PauloState showed higher growth rates than strains of CearáState when cultivated in PAR, whereas in PAR+UVB, the strains from CearáState presented higher rates. Tetrasporophytes, regardless of origin, showed higher growth rates when compared to the gametophytes. Strains showed lower concentrations of phycobiliproteins, chlorophyll a, and total carotenoids when exposed to UVB. All strains showed higher rates of photosynthesis when cultivated in the absence of UVB. The highest values of I_K, Fmax, and Re were observed in PAR, while the highest values of I_C were observed in PAR+UVB. Regarding the parameters Re, Ic, and α, there were no differences between the tested conditions.Strainsfromthe SãoPauloState showed lower rates of photosynthesis, Fmax, and I_{K} . In summary, our findings support the hypothesis that the strains of G. caudata from regions near the equator are more tolerant to UVB radiation than strains from the southeastern coast. Moreover, they emphasize the vigor of tetraporophytes when compared to gametophytes.

VIII. Resumo

Gracilaria caudataé uma das principais agarófitas coletadas no nordeste brasileiro. Este estudo teve como objetivo avaliar "in vitro" os efeitos da radiação UVB no crescimento, conteúdo pigmentar e fotossíntese de gametófitos e tetrasporófitos de G. caudata procedentes de duas localidades distintas da costa brasileira: Estados do Ceará e São Paulo. Nossa hipótese foi que indivíduos procedentes da população do sudeste são mais sensíveis à radiação UVB que indivíduos da população do nordeste. As condições gerais de cultivo foram: 23-25°C; 14L:10E; 70 $\pm 10 \ \mu$ molfótons.m⁻².s⁻¹; 32 psu; água do mar enriquecida com solução de von Stosch modificada; e aeração a cada 30 minutos. Os ápices foram submetidos a duas condições distintas: i) controle (PAR), semelhante às condições gerais; e ii) PAR+UVB (0,08W.m⁻² por 3h ao dia). O crescimento foi analisado semanalmente durante 28 dias. O conteúdo pigmentar e a fotossíntese foram analisados ao final dos 28 dias. Alterações morfológicas foram observadas em algas expostas à radiação UVB. Essas algas apresentaram menores taxas de crescimento quando comparadas às cultivadas em PAR. As linhagens procedentes do Estado de São Paulo apresentaram maiores taxas de crescimento que as linhagens do Estado do Ceará quando cultivadas em PAR, enquanto que na condição PAR+UVB, as procedentes do Estado do Ceará apresentaram maiores taxas. Tetrasporófítos, independentemente da procedência, apresentaram maiores taxas de crescimento, quando comparados a gametófítos. Linhagens cultivadas em PAR+UVB apresentaram menores concentrações de ficobiliproteínas, clorofila *a* e carotenóides totais que as verificadas para as cultivadas em PAR. As linhagens apresentaram maiores taxas de fotossíntese quando cultivadas na ausência de UVB. Os maiores valores de I_K, Fmax e Reforam verificados em PAR, enquanto que os maiores valores de I_C foram observados em PAR+UVB. Quanto aos parâmetros Re, Ic e α, não houve diferenças entre as condições testadas. As menores taxas de fotossíntese foram observadas para as linhagens provenientes do Estado de São Paulo e os parâmetros Fmáx e I_K foram também inferiores. Os dados obtidos neste trabalho corroboram a hipótese de que linhagens procedentes de regiões próximas ao equador são mais tolerantes à radiação UVB do que linhagens oriundas do sudeste. Além disso, ressaltam o vigor da fase tetrasporofítica com relação à fase gametofítica, independentemente da procedência dos indivíduos.

IX. Referências bibliográficas

- Aguilar-Rosas, R.; Marcos-Ramirez, R.; Lobo-Niembro, J.M. & Zertuche Gonzalez, J.A. 1993. Seasonal variation of reproductive and vegetative phases of *Gracilaria pacifica* Abbott, in Estero de Punta Banda, Baja California, Mexico. *Ciencias Marinas* 19: 219–228.
- Aguilera, J.; Jiménez. C.; Figueroa, F.L.; Lebert, M. & Häder, D.P. 1999a. Effect of ultraviolet radiation on thallus absorption and photosynthetic pigments in the red alga *Porphyra umbilicalis*. J. Photochem. Photobiol. B: Biol. 48: 75-82.
- Aguilera, J.; Karsten, U.; Lippert, H.; Vogele, B.; Philipp, E.; Hanelt, D. & Wiencke, C. 1999b. Effects of solar radiation on growth, photosynthesis and respiration of marine macroalgae from the Arctic. *Marine Ecology Progress Series* 191: 109-119.
- Altamiro, M.; Flores-Moya. A. & Figueroa, F.L. 2000. Long-term effects of natural sunlight under various ultraviolet radiation conditions on growth and photosynthesis of intertidal *Ulva rigida* (Chlorophyceae) cultivated *in situ. Bot. Mar.* 43: 119-126.
- Andrés, M.; Werlinger, C.; Palácios, M.; Navarro, N.P. & Cuadra, P. 2006. Effects of UV-B radiation on the inicial stages of growth of *Gigartina skottsbergii*, *Sarcothalia crispata* and*Mazzaella laminarioides* (Gigartinales, Rhodophyta). J. Appl. Phycol. 18: 451-459.
- Assad-Ludewigs, I.Y. 1984. Estudos sobre a biologia de uma espécie de *Gracilaria (Rhodophyta, Gigartinales)* do litoral norte do Estado de São Paulo, Brasil. Tese. Univ. S. Paulo. São Paulo. 190 p.
- Ayres, L.M. 2009. Efeitos da radiação UVB em variantes cromáticas de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta): crescimento, conteúdo pigmentar, fotossíntese e ultra-estrutura. Dissertação. Univ. São Paulo. 146p.
- Barufi, J.B. 2004. Efeitos da luz na reprodução, no crescimento e no conteúdo pigmentar de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta). Dissertação. Univ. S. Paulo. São Paulo. 112p.
- Beach, K.S.; Smith, C.M. & Okano, R. 2000. Experimental analysis of rhodophyte photoacclimation to PAR and UV-radiation using *in vivo* absorbance spectroscopy. *Bot. Mar.* 43: 525-536.
- Bischof, K.; Hanelt, D. & Wiencke, C. 2000. Effects of ultraviolet radiation on photosynthesis and related enzyme reactions of marine macroalgae. *Planta* 211: 555-562.
- Bischof, K.; Gómez, I.; Molis, M.; Halnet, D.; Karsten, U.; Lüder, U.; Roleda, M.Y.; Zacher, K. & Wiencke, C. 2006. Ultraviolet radiation shapes seaweed communities. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 5: 141-166.
- Bowler, C.; Van Montagu, M. & Inzé, D. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43: 83-116.

Britt, A.B. 1995. DNA damage and repair in plants. Plant Mol. Biol. 47: 75-100.

- Buma, A.G.J.; Zemmelink, H.J.; Sjllema, K. & Gieskes; W.W.C. 1995. UVB radiation modifies protein and photosynthetic pigment content, volume and ultrastructure of marine diatoms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 142: 47-54.
- Buma, A. G. J; Van Oijen, T; Van de Poll, W; Veldhuis, M. J. W; Gieskes, W.W.C. 2000. The sensitivity of *Emiliania Huxleyi* (Prymnesiophyceae) to ultraviolet-B radiation. J. Phycol. 36: 296–303.
- Buma, A.G.B.; Boelen, P. & Jefrey, W.H. 2003. UVR-induced DNA damage in aquatic organism. *In:* Horacio, W.B. & Zagarese, E. UV effects in aquatic organisms and ecosystems. Royal Society of Chemistry (Great Britain) 291-320 p.
- Cabrera, S.; Bozzo, S. & Fuenzalida, H. 1995. Variation in UV radiation in Chile. J. Photochem. Photobiol. B: Biol. 28: 137-142.
- Caldwell, M.H.; Teramura, A.H. & Tevini, M. 1989. The changing solar ultraviolet climate and the ecological consequences for higher plants. *Trends Ecol. Evol.* 4: 363-367.
- Camargo, A.P. & Camargo, M.B.P. 2005. Latitude e o tipo climático. *O Agronômico, Campinas*. 57: 18-20.
- Cardoso, S.L. 1997. Fotofísica de carotenóides e o papel antioxidante de β-caroteno. *Química Nova*. 20: 535-540.
- Cardozo, K.H.M.; Carvalho, V.M.; Pinto, E. & Colepicolo, P. 2006. Fragmentation of mycosporine-like amino acids by hydrogen/deuterium Exchange and electrospray ionisation tandem mass spectometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom*. 20: 253-258.
- Cardozo, K.H.M.; Marques, L.G.; Carvalho, V.M.; Carignan, M.O.; Pinto, E.; Marinho-Soriano, E. & Colepicolo, P. 2011. Analyses of photoprotective compounds in red algae from the Brazilian coast. *Rev. Bras. Farmacogn.* 21: 202-208.
- 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. *J. Photochem. Photobiol. B: biol.* 50: 149-158.
- Carvalho, L.R. & Roque, L.F. 2000. Fenóis halogenados e/ou sulfatados de macroalgas marinhas. *Química Nova* 26: 757-764.
- Carvalho Filho, J. 2004. Algas, uma alternativa para as comunidades pesqueiras? *Panorama da Aqüicultura* 14: 53-56.
- Chow, F.; Capociama, F.V.; Faria, R. & Oliveira, M.C. 2007. Characterization of nitrate reductase activity *in vitro* in *Gracilaria caudata* J. Agardh (Rhodophyta, Gracilariales). *Revista Brasileira de Botânica* 30: 123-129.
- Cordi, B. Depledge, M.; Price, D.; Salter, L. & Donkin, M. 1997. Evaluation of chlorophyll fluorescence, *in vivo* spectrophotometric pigment absorption and ion leakage as biomarkers of UVB exposure in marine macroalgae. *Mar. Bio.* 130: 41-49.

- Costa, V.L. 2005. Diversidade intraespecífica em gametófitos de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta): efeitos fisiológicos da concentração de nitrato no meio de cultura. Tese. Univ. S. Paulo. São Paulo. 100p.
- Critchley, A.T. 1993. Gracilaria (Gracilariales, Rhodophyta): na economically important agarophyte. *In*: Ohno, M. & Critchely, A.T. (eds). *Seaweed cultivation and marine ranching*. Japan International Cooperation Agency 89-112 p.
- Critchley, A.T. 1997. *Gracilaria* (Rhodophyta, Gracilariales): an economically important agarophyte. *In*: Ohno, M. & Critchley, A.T. (eds) Seaweed Cultivation and Marine Research. Japan International Cooperation Agency. Yokosyka. Japan. 89-112 p.
- Destombe, C.; Godin, J.; Nocher, M.; Richerd, S. & Valero, M. 1993. Differences in response between haploid and diploid isomorphic phases of *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyta: Gigartinales) exposed to artificial environmental conditions. *Hydrobiologia*. 260/261: 131-137.
- Döhler, G.; Hagmeier, E. & David, C. 1995. Effects of solar and artificial UV irradiance on pigments and assimilation of ¹⁵N ammonium and ¹⁵N b\nitrate by macroalgae. *J. Photochem Photobiol, B. Biol.* 30: 179-187.
- Donato, R. 2005. Diversidade intraespecífica em linhagens tetrasporofíticas de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta): crescimento, caracterização pigmentar, fotossíntese e assimilação denitrato. Tese. Univ. S. Paulo. São Paulo. 98p.
- Dring, M.J.; Wagner, A.; Boeskov, J. & Lüning, K. 1996. Sensitivity of intertidal and subtidal red algae to UVA and UVB radiation, as momitored by chlorophyll fluorescence measurements: influence of collection depth and season, and length of irradiation. *Eur. J. Phycol.* 31:293-302.
- Dunlap, W.C. and Yamamoto, Y. 1995. Small-molecule antioxidants in marine organisms antioxidant activity of mycosporine-glycine. *Comp. Biochem. Physiol.* 112B: 105-114.
- Esteban, R; Martínez, B.; Fernández-Marín, B.; Becerril, J.M. & García-Plazaola, J.I. 2009. Carotenoid composition in Rhodophyta: insights into xantophyll regulation in *Corallina elongata. Eur. J. Phycol.* 44: 221-230.
- Eswaran, K.; Mairh, O.P. & Subba Rao, P.V. 2002. Inhibition of pigments and phycolloid in a marine red alga *Gracilaria edulis* by ultraviolet. *Biol. Plant.* 45: 157-159.
- Espinoza-Avalos J. 2005. Fenología de macroalgas marinas. Hidrobiologica 15: 109-122.
- FAO. Training Manual on *Gracilaria* Culture and Seaweed Processing in China. FAO Training Manual 6. 1990, 107p.
- FAO. Bay of Bengal Programme Post-Harvest Fisheries. *FAO Fisheries Techinical*. Agar and Alginate Production from seaweed in India 1991, 27p.

- FAO. Review of state of world aquaculture. FAO *Fisheries Circular* 886, Revision 2. FAO, Rome, Italy, 2003, 95p.
- Ferreira, L.B. 2008. Diversidade intraespecífica em Gracilaria domingensis (Gracilariales, Rhodophyta): estudos fisiológicos na interpretação do polimorfismo de cor. Tese. Univ. S. Paulo. São Paulo. 200p.
- Figueroa, F.L.; Salles, S.; Aguilera, J.; Jiménez, C.; Mercado, J.; Viñegla, B.; Flores-Moya, A. & Altamiro, M. 1997. Effects of solar radiation on photoinhibition and pigmentation in the red alga *Porphyra leucosticta*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 151: 81-90.
- Franklin, L. & Forster, R. 1997. The changing irradiance environment: consequences for marine macrophyte physiology, productivity and ecology. *Eur. J. Phycol.* 32: 207-232.
- Fredersdorf, J. & Bischof, K. 2007. Irradiance of photosynthetically active radiation determines ultraviolet-susceptibility of photosynthesis in *Ulva lactuca* L. (Chlorophyta). *Phycol. Res.* 55: 295-301.
- Gantt, E. 1981. Phycobilisomes. Ann. Rev. Plant Physiol. 32: 327-347.
- Gao, K. & Xu, J. 2008. Effects of solar UV radiation on diurnal photosynthetic performance and growth of *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta). *Eur. J. Phycol.* 43: 297-307.
- Garde, K.& Gustavson, K. 1999. The impact of UV-B radiation on alkaline phosphatase activity in phosphorus-depleted marine ecosystems. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 238: 93-105.
- Gerard, V.A. 1988. Ecotypic differentiation in light-related traits of the Kelp Laminaria saccharina. Marine Biology 97: 25-36.
- Gerber, S. & Häder, D. 1993. Effect of solar irradiation on motility and pigmentation of three species of phytoplankton. *Environ. Exper. Bot.* 33: 515-521.
- Guimarães, M. 2000. Aspectos fisiológicos de Gracilaria domingensis (Gracilairales, Rhodophyta): subsídios para a compreensão da manutenção do polimorfismo pigmentar. Tese. Univ. S. Paulo. São Paulo. 88p.
- Guimarães, M.; Plastino, E. M. & Destombe, C. 2003. Green mutant frequency in natural population of *Gracilaria domingensis* (Gracialiares, Rhodophyta) from Brazil. *Eur. J. Phycol.* 38: 165-169.
- Häder, D.P. & Schäfer. 1994. Photosynthetic oxygen production in macroalgae and phytoplankton under solar irradiation. *J. Plant. Physiol*. 144: 293-299.
- Häder, D.P.; Kumar, H.; Smith, R. & Worrest, R. 1998. Effects on aquatic ecosystems. J. *Photochem. Photobiol. B: Biol.* 46: 53-68.
- Halnet, D.; Wiencke, C. & Nultsch, W. 1997. Influence of UV radiation on the photosynthesis of Arctic macroalgae in the field. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.* 38: 40-47.

- Harker, M.; Berkaloff, C.; Lemoine, Y.; Britton, G.; Young, A.J.; Duval, J.; Rmiki, N. & Rousseau, B. 1999. Effects of high light and desiccation on the operation of the xanthophylls cycle in two marine brown algae. *Europ. J. Phycol.* 34: 35-42.
- Henley, W.J. 1993. Measurement and interpretation of photosynthetic light-response curves in algae in the context of photoinhibition and diel changes. J. Phycol. 29: 729-739.
- Hóllosy, F. 2002. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron* 33: 179-197.
- Holzinger, A. & Lütz, C. 2006. Algae and UV irradiation: Effects on ultrastructure and related metabolic functions. *Review. Micron* 37: 190–207.
- Hoyer, K.; Karsten, U.; Sawall, T. & Wiencke, C. 2001. Photoprotective substances in Antarctic macroalgae and their variation with respect to depth distribution, different tissues and developmental stages. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 211: 117-129.
- Houghton, R.A. & Woodwell, G.M. 1989. Global climate change. Sci. Am. 260: 18-26.
- Hughes, J.S. & Otto, S.P. 1999. Ecology and the evolution of biphasic life cycles. *Am. Natural*. 154: 306-320.
- Inskeep, W.P. & Bloom, P.R. 1985. Extinction coefficients of chlorophyll *a* and *b* in *N*,*N* Dimethylformamide and 80% Acetone. *Plant Physiol*. 77: 483-485.
- Jeffrey, S.W & Humphrey, G.F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflazen.* 167: 191-194.
- Kim, S. & Sancar, A. 1993. Photobiology school: photochemistry, photophysics, and mechanism of pyrimidine dimmer repair by DNA photolyase. *Photochem. Photobiol.* 57: 895-904.
- Kirchhoff, V.W.J.H.; E., Echer; Paes Leme, N. & Silva, A.A. 2000. A Variação Sazonal da Radiação Ultravioleta Solar Biologicamente Ativa, *Rev.Bras.Geofís*.18: 63-74 p.
- Kirchhoff, V.W.J.H. & Echer, E. 2001. Erythema UV-B exposure near the Antarctic Peninsula and comparison with an equatorial site. *J. Photochem. Photobiol B: Biol.* 60: 102-107.
- Krabs, G. & Wiencke, C. 2005. Photosynthesis, photosynthetic pigments and mycosporine-like amino acids after exposure of the marine red alga *Chondrus crispus* (Gigartinales, Rhodophyta) to different light qualities. *Phycol.* 44: 95-102.
- Kursar, T.A.; Van Der Meer, J. & Albert, R.S. 1983. Light-harvesting system of the red alga *Gracilaria tilkvahiae*. I. Biochemical analyses of pigment mutations. *Plant Physiol*. 73: 353-360.
- Lewis, W. M. 1985. Nutrient scarcity as an evolutionary cause of haploid. Am. Nat. 125: 692-701.

- 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). *Bot. Mar.* 32: 219-227.
- Littler, M.M. & Arnold, K.E. 1985. Electrodes and chemicals. *In*: Littler, M.M. & Littler, D.S. (EDS.). Ecological field methods: macroalgae Handbook of phycological methods. Cambridge University Press, UK. 350-375 p.
- Mable, B.K. & Otto, S.P. 1998. The Evolution of life cycles with haploid and diploid phases. *Bioessays* 20: 453-462.
- Mansilla, A.; Werlinger, C.; Palacios, M.; Navarro, N.P. & Cuadra, P. 2006. Effects of UVB radiation on the initial stages of growth of *Gigartina skottsbergii, Sarcothalia crispata* and *Mazzaella laminarioides* (Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology* 18: 451-459 p.
- Miranda, G.E.C., 2000. Avaliação do impacto da exploração (simulada) da alga agarófita *Gracialaria caudata* J. Agardh (Rhodophyta) no litoral do Estado da Paraíba. Tese de Mestrado. Univ. S. Paulo. São Paulo, 106 p.
- Navarro, N.P. 2004. *Efeitos da radiação UVB em Iridaea cordata (Gigartinales, Rhodophyta)*. Dissertação. Univ. S. Paulo. São Paulo. 87p.
- Navarro, N.P.; Mansilla, A. & Plastino, E.M. 2010a. UVB radiation induces changes in the ultrastructure of *Iridaea cordata*. *Micron* 41: 899-903.
- Navarro, N.P.; Mansilla, A. & Plastino, E.M. 2010b. *Iridae cordata* (Gigartinales, Rhodophyta): responses to artificial UVB radiation. *J. Appl. Phycol.* 22: 385-394.
- Neori, A.; Chopin, T.; Troell, M.; Buschmann, A.H.; Kramer, 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.
- Okuno, E.; Nakajima, T.; Yoshimura, E.M.; Hiodo, F.; Fausto, A.M.F.; Paes, W.S.; Umisedo, N.K. & Otsubo, S. 1996. Radiação ultravioleta solar em S. Paulo, Chiba, Calafate e Ilha de Pascoa. *RBE-Cuaderno de Ingenheria Biomedica* 12: 143-153.
- Oliveira, E.C. & Plastino, E.M. 1984. The life-history of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Brazil. *Japanese Journal of Phycology* 32: 203-208.
- Oliveira, E.C. & Aveal, K. 1990. The mariculture of Gracilaria (Rhodophyta) for the production of Agar. *In*: Akatsuka, I. (ed) *Introduction to Applied Phycology*, SPB Academic Publishing, The Hague, 553-564.
- Oliveira, E.C. & Plastino, E.M. 1994. Gracilariaceae. In: Akatsuka, I. (ed) Biology of Economic Seaweeds, SPB Academic Publishing, The Hague, 185-226.

- Oliveira, E.C.; Paula, E.J., Plastino, E.M. & Petti, R. 1995. Técnicas de cultivo de algas marinas in vitro. In: Alveal, K.; Ferrario, M.E.; Oliveira, E.C & Sar, E. (eds). Manual de Métodos Ficológicos. Universidad de Concepción, Concepción. 429-447.
- Oliveira, E.C. & Miranda, G.E.C. 1998. Aspectos sociais e econômicos da explotação de algas marinhas no Brasil. *In*: Paula, E.J.; Cordeiro-Marino, M.; Santos, D.P.; Plastino, E.M.; Fujii, M.T. & Yokoya, N.S. (eds). *Anais do IV Congresso Latino-Americano, São Paulo*. Sociedade Ficológica da América Latina e Caribe. II: 149-156.
- Oliveira, E.C.; Alveal, K. & Anderson, R. 2000. Mariculture of agar-producing Gracilarioid red algae. *Reviews in Fisheries Science* 8: 345-378.
- Papadakis, A.K. & Roubelakis-Angelakis, K.A. 2002. Oxidative stress could be responsible for realcitrance of protoplasts. *Plant Physiol. Biochem.* 40: 549-559.
- Plastino, E.M. & Oliveira, E.C. 1997. *Gracilaria caudata* J. Agardh (Gracilariales, Rhodophyta) restoring an old name for a common western Altantic algae. *Phycologia* 36: 225-232.
- Plastino, E.M. & Guimarães, M. 2001. Diversidad intraespecifica. In: Alveal, K. & Antezana, T.(eds.). Sustentabilidad de la biodiversidad, un problema actual. Bases científico-tecnicas, teorizaciones y proyecciones. Universidad de Concepcion, Concepcion, 19-27 p.
- Plastino, E.M. & Mansilla, A. 2004. Luz y Fotosíntesis. *In*: Werlinger, C. (ed.) *Biología Marina y oceanografía: conceptos y procesos*. Consejo Nacional del Libro y la Lectura-Universidad de Concepción. Trama Impressores S.A., Chile. 228 p.
- Plastino, E.M. 2004. *Diversidade intraespecifica em algas gracilarióides*. Tese de Livre-Docência. Univ. S. Paulo. São Paulo. 52 p.
- Plastino, E.M.; Ursi, S. & Fujii, M.T. 2004. Color inheritance, pigment characterization, and growth of rare light Green strain of *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta). *Phycological Research* 52: 45-52.
- Poppe, F.; Hanelt, D. & Wiencke, C. 2002. Changes in the ultrastructure, photosynthetic activity and pigments in the Antarctic red algae *Palmaria decipiens* during acclimation to UV radiation. *Bot. Mar.* 45: 253-261.
- Post, A. & Larkum, A.W.D. 1993. UV-absorbing pigments, photosynthesis and UV exposure in Antartica: comparison of terrestrial and marine algae. *Aquatic Botany* 45: 231-243.
- Ramus, J. 1981. The Capture and Transduction of Light Energy. *In*: Lobban, C.S. & Wynne, M.J. (eds). *The Biology of Seaweeds*. University of California Press, Berkeley. 458-492 p.
- Ravishankara, A.R.; Daniel, J.S. & Portmann, R.W. 2009. Nitrous Oxide (N₂O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century. *Science* 325: 1147.
- Rebouças, H.J.; Torres, V.M.; Pontes, G.C.; Silva, F.H.O.; Rodrigues, J.A.G.; Neto, J.T.B.B. & Farias, W.R.L. 2002. Efeito da adição do polissacarídeo sulfatado da alga marinha

Botryocladia occidentalis na ração de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, submetidos à reversão sexual. *XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura*. Goiânia/GO. 002p.

- Rijstenbil, J.W.; Coelho, S.M. & Eijsackers, M. 2000. A method for the assessment of lightinduced oxidative stress in embryos of fucoid algae via confocal laserscan microscopy. *Mar. Biol.* 137: 763–774.
- Roleda, M.Y.; Halnet, D.; Kräbs, G. & Wiencke, C. 2004a. Morphology, growth, photosynthesis and pigments in *Laminaria ochroleuca* (Laminariales, Phaeophyta) under ultraviolet radiation. *Phycol.* 43: 603-613.
- Roleda, M.Y.; Van der poll, W.H.; Halnet, D. & Wiencke, C. 2004b. PAR and UVBR effects on photosynthesis, viability, growth and DNA in different life stages of two coexisting Gigartinales: implications for recruitment and zonation pattern. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 281: 37-50.
- Roleda, M.Y.; Halnet, D. & Wiencke, C. 2006. Growth and DNA damage in young *Laminaria* sporophytes exposed to ultraviolet radiation: implication for depth zonation of kelps on Helgoland (North sea). *Mar. Biol.* 148: 1201-1211.
- Schubert, N. 2008. *Mecanismos de fotoprotección em algas rojas*. Tese. Centro de investigacion científica y de educacion superior de Ensenada, México. 160p.
- Sick, J.M. & Dunlap, W.C. 2002. Mycosporine-Like Amino Acids and Related Gadusols: Biosynthesis, Accumulation and UV-Protective Functions in Aquatic Organisms. *Annu. Rev. Physiol.* 64: 223–262.
- Sies, H. 1993. Strategies of antioxidant defense. Eur. J. Biochem. 215: 213-219.
- Silva, A. A. 2008. Medidas de radiação solar ultravioleta em Belo Horizonte e Saúde Pública. *Revista Brasileira de Geofísica* 26: 417-425.
- Sinha, R.P.;Lebert, M.;Kumar, A.; Kumar, H.D.&Häder;D.P.1995. Spectroscopic and biochemical analyses of UV effects on phycobilisomes of *Anabaena sp.* and *Nostoc carmium. Bot. Acta* 108: 87-92.
- Sinha, R.P.; Klisch, M.; Gröniger, A. & Häder, D.P. 1998. Ultraviolet-absorbing/ screening substances in cyanobacteria, phytoplankton and macroalgae. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.* 47: 83-94.
- Smith, R.C.; Prezelin, B.; Baker, K.; Bidigare, R.; Boucher, N.; Coley, T.; Karentz, D.; Macintyre, S.; Maltlick, H.; Menzies, D.; Ondrusek, M.; Wan, Z. & Waters, J. 1992. Ozone depletion: Ultraviolet radiation and phytoplancton biology in Antartic Waters. *Science* 225: 952-959.
- Talarico, L. 1996. Phycobiliproteins and phycobilisomes in red algae: adaptative responses to light. *Sc. Mar.* 60: 205-222.
- Talarico, L. & Maranzana, G. 2000. Light and adaptative responses in red macroalgae: an overview. J. Photochem. Photobiol. B: Biol. 56: 1-11.

- Thomas, W.L.H. 1988. Photosyntesis and respiration of aquatic macro-flora using the light and dark bottle oxygen method and dissolved oxygean analyzer. *In*: Lobban, C.S.; Chapaman, D.J. & Kremer, B.P. (eds.). *Experimental phycology: a laboratory manual. Cambridge University Press, UK*. 64-77 p.
- Toledo, T.A.N. 1953. Estudo experimental do agar-agar brasileiro. Tese de Livre-Docência da cadeira de Farmacognosia. Univ. S. Paulo. São Paulo. 136p.
- 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: analise de diferentes estádios reprodutivos. *Revta brasil. Bot.* 24: 587-594.
- Ursi, S.; Pedersén, M.; Plastino, E.M. & Snoeijs, P. 2003. Intraspecific variation of fhotosynthesis, respiration and photoprotective carotenoids in *Gracilaria birdiae* (Gracilariales: Rhodophyta). *Mar. Biol.* 142: 997-1007.
- Ursi, S. 2005. Diversidade intraespecífica de Gracilaria birdiae (Gracilariales, Rhodophyta): crescimento, fotossíntese, pigmentos, polissacarídeos e genes da ficoeritrina de linhagens selvagens e variantes. Tese. Univ. S. Paulo. São Paulo. 121p.
- Van de Poll, W.; Eggert, A.; Buma, A. & Breeman, A. 2001. Effects of UV-B induced DNA damage and photoinhibition on growth of temperate marine red macrophytes: habitat-relates differences in UV-B tolerance. J. Phycol. 37: 30-37.
- Weatherhead, E.C.; Tiao, G.C.; Reinsel, G.C.; Frederick, J.E.; Deluisi, J.J.; Choi, Dongseok, & Tam, W. 1997. Analysis of long-term behavior of ultraviolet radiation measured by Robertson-Berger meters at 14 sites in the United States. *Journal of Geophysical Research* 102: 8737-8754.
- Weatherhead, E.C. & Webb, A.R. 1997. International response to the challenge of measuring solar ultraviolet radiation. *Radiat. Prot. Dosim*.72: 223 -229.
- 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. *J. Plant Physiol*. 144: 307-313.
- West, J. 2001. Agarophytes and carrageenophytes. In: Leet, W.S.; Dewees, C. M.; Klingbeil, R. & Larson, E.J. (eds.). California's Living Marine Resource: A Status Report. California, 286– 287.
- Wood, W. 1989. Photoadaptative responses of the tropical red alga *Eucheuma strictum* Shmitz (Gigartinales) to ultraviolet radiation. *Aquat. Bot.* 33: 41-51.
- Yokoya, N.S. & Oliveira, E.C. 1992a. Effects of salinity on the growth rate, morphology and water comtent of some brazilian red algae of economic importance. *Ciências Marina* 18: 49-64.

- Yokoya, N.S. & Oliveira, E.C. 1992b. Temperature response of economically important red algae and their potential for mariculture in Brazilian Waters. J. Appl. Phycol. 4: 339-345.
- Xu, J. & Gao, K. 2007. Growth, pigments, UV-absorbing, compounds and agar yield of economic red seaweed *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) grown at different depths in the coastal waters of south China sea. J. of Appl. Phycol. 20: 681-686.
- Xu, C. & Sullivan, J.H. 2010. Reviewing the Technical Designs for Experiments with Ultraviolet-B Radiation and Impact on Photosynthesis, DNA and Secondary Metabolism. *J. of Integrative Plant Biology* 52: 377-387 p.
- Yakovleva, I.M. & Titlyanov, E.A. 2001. Effect of high visible and UV irradiance on subtidal *Chondrus crispus*: stress, photoinhibition and protective mechanisms. *Aquatic Botany* 71: 47-61.
- Zhang, X.; Wang, Y.; Xiaonan, W.; Wiugeng, F. & Jian, X. 1993. A comparative study on photossynthetic pigments of *Gracilaria lemaneiformis* from different habitats. *Trans.Oceanol. Limnol. Haiyang – Huzhao – Tongbao* 1: 52–9.
- Zheng, Y & Gao, K. 2009. Impacts of solar UV radiation on the photosynthesis, growth, and UVabsorbing compounds in *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) grown at different nitrate concentrations. J. Phycol. 45: 314–323.
- Zuber, H. 1986. Structure of light-harvesting antenna complexes of photosynthetic bacteria, cyanobacteria and red algae. *Trends Biochem. Sci.* 11: 414-419.

X.Anexos

Anexo 1. Análise de variância bifatorial das taxas de crescimento das diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR. Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p < 0.05).

	graus de		
efeitos	liberdade	F	Р
estádio	1	277,838	0,000000
localidade	1	364,482	0,000000
estádio X localidade	1	45,578	0,000145

Anexo 2. Teste *àposteriori* de Newman-Keuls referente à análise de variância bifatorial das taxas de crescimento de ápices de quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR. Dados referente aos 28 dias de experimento. Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

G _{SP}	G _{SP}	G _{CE}	T_{SP}
G _{CE}	0,0003		
$T_{SP} \\$	0,0002	0,0002	
T_{CE}	0,1252	0,0003	0,0002

Anexo 3. Análise de variância bifatorial das taxas de crescimento das diferentes linahgens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR+UVB. Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

efeitos	graus de liberdade	F	Р
estádio	1	3389,533	0,000000
localidade	1	189,384	0,000001
estádio X localidade	1	1,025	0,340870

Anexo 4a. Teste à *posteriori* de Newman-Keuls referente à análise de variância bifatorial das taxas de crescimento de ápices de quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR+UVB. Dados referentes aos 28 dias de experimento. Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo (SP). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

G_{SP}	G _{SP}	G _{CE}	T_{SP}
G _{CE}	0,0002		
T_{SP}	0,0002	0,0003	
T_{CE}	0,0002	0,0002	0,0002

Anexo 4b. Análise de variância unifatorial das taxas de crescimento semanais *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR e PAR+UVB. Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

efeitos	graus de liberdade	F	Р
T_{SP}	1	231,328	0,000001
G_{SP}	1	194,265	0,000002
T _{CE}	1	152,378	0,000247
G _{CE}	1	137,358	0,000303

Anexo 5. Teste à *posteriori* de Newman-Keuls referente à análise de variância unifatorial das taxas de crescimento de ápices de quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR+UVB. Dados referentes aos 28 dias de experimento. Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de Sâo Paulo (SP). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

	PAR+UVB
PAR_T_{SP}	0,0031
PAR_G_{SP}	0,0042
PAR_T_{CE}	0,0015
PAR_G_{CE}	0,0023

Anexo 6. Análise de variância trifatorial das taxas de crescimento semanais de linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR. Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

efeitos	graus de liberdade	F	Р
estádio	1	21,518	0,001669
localidade	1	828,870	0,000000
tempo	1	376,0904	0,000000
estádio X localidade	1	23,789	0,001909
tempo X estádio	1	4,044	0,018462
tempo X localidade	1	57,786	0,000000
tempo X estádio X localidade	2	4,067	0,025670

Anexo 7. Teste *àposteriori* de Newman-Keuls do tipo Newman-Keuls referente à análise de variância trifatorial das taxas de crescimento de diferentes linahgens de *Gracilaria caudata* cultivadas durante 28 dias em PAR. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		G _{SP}				T _{CE}				G _{CE}				T _{SP}			
G _{SP}	1sem	1sem	2sem	3sem	4sem	1sem	2sem	3sem	4sem	1sem	2sem	3sem	4sem	1sem	2sem	3sem	4sem
	2sem	0,0002															
	3sem	0,0001	0,0002														
	4sem	0,0002	0,0001	0,0002													
T _{CE}	1sem 2sem 3sem 4sem	0,0003 0,0001 0,0002 0,0001	0,0001 0,0002 0,0002 0,0001	0,0001 0,0001 0,0005 0,0001	0,0015 0,0066 0,0002 0,0029	0,0083 0,0016 0,0001	0,0057 0,0015	0,0008									
G _{CE}	1sem 2sem 3sem 4sem	0,0001 0,0001 0,0001 0,0001	0,0001 0,0002 0,0001 0,0001	0,0002 0,0001 0,0001 0,0002	0,0001 0,0001 0,0002 0,0001	0,0002 0,0001 0,0001 0,0031	0,0001 0,0003 0,0001 0,0103	0,0001 0,0001 0,0005 0,0002	0,0001 0,0002 0,0002 0,0035	0,0002 0,0001 0,0001	0,0002 0,0001	0,0002					
T _{SP}	1sem 2sem 3sem 4sem	0,0002 0,0001 0,0001 0,0001	0,0002 0,0003 0,0001 0,0001	0,0009 0,0036 0,0025 0,0002	0,0003 0,0002 0,0006 0,0041	0,0037 0,0135 0,0085 0,0002	0,0001 0,0175 0,0024 0,0074	0,0001 0,0001 0,0080 0,0016	0,0002 0,0001 0,0003 0,0059	0,0002 0,0001 0,0002 0,0002	0,0001 0,0003 0,0002 0,0001	0,0067 0,0020 0,0020 0,0002	0,0002 0,0083 0,0011 0,0052	0,0014 0,0001 0,0002	0,0014 0,0001	0,0005	

	graus de		
efeitos	liberdade	F	Р
estádio	1	206,707	0,000001
localidade	1	49,194	0,000111
tempo	1	220,429	0,000000
estádio X localidade	1	58,190	0,000101
tempo X estádio	1	18,686	0,000002
tempo X localidade	1	9,988	0,000185
tempo X estádio X localidade	2	9,978	0,000156

Anexo 8. Análise de variância trifatorial das taxas de crescimento semanais *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR+UVB. Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).
Anexo 9. Teste àposteriori de Newman-Keuls referente à análise de variância bifatorial das taxas de crescimento de ápices de quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR+UVB. Dados referentes aos 28 dias de experimento. Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de Sâo Paulo (SP). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		G_{SP}				T _{CE}				G_{CE}				T_{SP}			
G_{SP}	1sem	1sem	2sem	3sem	4sem	1sem	2sem	3sem	4sem	1sem	2sem	3sem	4sem	1sem	2sem	3sem	4sem
	2sem	0,0065															
	3sem	0,0187	0,0069														
	4sem	0,0228	0,0083	0,0099													
T_{CE}	1sem	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001												
	2sem	0,0016	0,0100	0,0002	0,0002	0,0002											
	3sem	0,0029	0,0029	0,0016	0,0014	0,0001	0,0304										
	4sem	0,0187	0,0057	0,0087	0,0095	0,0001	0,0005	0,0017									
G_{CE}	1sem	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0064	0,0001	0,0001	0,0001								
	2sem	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001	0,0008	0,0022	0,0001	0,0002	0,0001							
	3sem	0,0089	0,0324	0,0338	0,0069	0,0001	0,0010	0,4228	0,0981	0,0001	0,0002						
	4sem	0,0018	0,0044	0,0038	0,0047	0,0002	0,0032	0,5739	0,3728	0,0002	0,0002	0,0016					
T_{SP}	1sem	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0014	0,0001	0,0002	0,0001	0,0018	0,0002	0,0001	0,0001				
	2sem	0,0001	0,0003	0,0002	0,0001	0,0020	0,0010	0,0001	0,0002	0,0002	0,0016	0,0001	0,0001	0,0002			
	3sem	0,0065	0,0246	0,0289	0,0057	0,0001	0,0022	0,0029	0,0077	0,0001	0,0001	0,0016	0,0011	0,0001	0,0002		
	4sem	0,0011	0,0072	0,0049	0,0055	0,0001	0,0024	0,0032	0,0052	0,0002	0,0001	0,0011	0,0019	0,0002	0,0001	0,0017	

	graus de		
efeitos	liberdade	F	Р
estádio	1	332,233	0,000051
localidade	1	68,99	0,000345
estádio X localidade	1	89,436	0,000326
tempo	1	255,453	0,000070
tempo X estádio	1	48,560	0,000089
tempo X localidade	1	12,435	0,000469
tempoX estádio X localidade	2	10,090	0,000214

Anexo 10. Análise de variância trifatorial das taxas de crescimento semanais *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR e PAR+UVB. Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

Anexo 11. Teste *àposteriori* de Newman-Keuls referente à análise de variância bifatorial das taxas de crescimento de ápices de quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR e PAR+UVB. Dados referentes aos 28 dias de experimento. Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. **Negrito**, efeito significativo (p< 0,05). P=PAR e PB= PAR+UVB.

		G _{CE} P				G _{CE} PB				$T_{\rm CE}P$				T _{CE} PB				G _{SP} P				G _{SP} PB				T _{SP} P				T _{SP} PB			
G_{CE} P	lsem	1 sem	2sem	3sem	4sem	lsem	2sem	3sem	4sem	l sem	2sem	3sem	4sem	1 sem	2sem	3sem	4sem	1 sem	2sem	3sem	4sem	1 sem	2sem	3sem	4sem	1 sem	2sem	3sem	4sem	1 sem	2sem	3sem	4sem
	2sem	0,0001																															
	3sem	0,0002	0,0001																														
	4sem	0,0002	0,0002	0,0002																													
G _{CE} PB	lsem	0,0005	0,0002	0,0002	0,0016																												
	2sem	0,0005	0,0003	0,0002	0,0070	0,0079																											
	3sem	0,0007	0,0002	0,0004	0,0004	0,0069	0,0038																										
	4sem	0,0007	0,0003	0,0002	0,0049	0,0005	0,0056	0,0009																									
Tee P	1 sem	0.0004	0.0005	0.0001	0.0005	0.0008	0.0006	0.0009	0.0005																								
	2sem	0.0002	0.0004	0.0002	0.0001	0.0004	0.0007	0.0007	0.0006	0.0007																							
	2.2.11	0,0002	0,0004	0,0002	0,0001	0,0004	0,0007	0,0007	0,0000	0,0007	0.0000																						
	3sem	0,0003	0,0005	0,0006	0,0002	0,0004	0,0005	0,0007	0,0006	0,0008	0,0009																						
	4sem	0,0004	0,0006	0,0003	0,0002	0,0038	0,0168	0,0008	0,0059	0,0005	0,0009	0,0006																					
T_{CE} PB	lsem	0,0003	0,0006	0,0005	0,0005	0,0040	0,0002	0,0009	0,0007	0,0004	0,0009	0,0069	0,0007																				
	2sem	0,0004	0,0007	0,0038	0,0003	0,0290	0,0136	0,0007	0,0005	0,0004	0,0009	0,0077	0,0089	0,0046																			
	3sem	0,0004	0,0003	0,0076	0,0005	0,0679	0,0027	0,0071	0,0007	0,0007	0,0009	0,0057	0,0079	0,0003	0,0050																		
	4sem	0,0004	0,0004	0,0002	0,0034	0,0003	0,0050	0,0049	0,0090	0,0006	0,0002	0,0006	0,0037	0,0003	0,0009	0,0009																	
G _{SP} P	1 sem	0,0006	0,0006	0,0001	0,0005	0,0004	0,0002	0,0003	0,0008	0,0005	0,0007	0,0007	0,0006	0,0004	0,0007	0,0007	0,0005																
	2sem	0,0002	0,0005	0,0002	0,0005	0,0004	0,0002	0,0003	0,0003	0,0006	0,0009	0,0006	0,0007	0,0003	0,0009	0,0006	0,0009	0,0005															
	3sem	0,0006	0,0005	0,0004	0,0002	0,0007	0,0002	0,0003	0,0006	0,0007	0,0007	0,0005	0,0008	0,0003	0,0009	0,0007	0,0006	0,0004	0,0002														
	4sem	0,0006	0,0003	0,0004	0,0005	0,0005	0,0003	0,0003	0,0008	0,0007	0,0007	0,0009	0,0005	0,0005	0,0007	0,0008	0,0008	0,0009	0,0007	0,0002													
G _{SP} PB	1 sem	0,0004	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,0004	0,0009	0,0007	0,0005	0,0004	0,0005	0,0007	0,0005	0,0005	0,0005	0,0009	0,0006	0,0004	0,0003	0,0007												
	2sem	0,0005	0,0005	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,0007	0,0008	0,0006	0,0006	0,0003	0,0007	0,0004	0,0007	0,0007	0,0005	0,0005	0,0004	0,0003	0,0005	0,0005											
	3sem	0,0004	0,0002	0,0003	0,0005	0,0005	0,0003	0,0008	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0008	0,0004	0,0008	0,0005	0,0006	0,0004	0,0006	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007										
	4sem	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0 1358	0.0002	0.0008	0.0004	0.0006	0.0005	0.0004	0.0004	0.0006	0.0004	0.0004	0.0009	0.0004	0.0005	0.0002	0.0006	0.0005	0.0002	0.0003									
		0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,1000	0,0002	0,0000	0,0004	0,0000	0,0005	0,0004	0,0004	0,0000	0,0004	0,0004	0,0003	0,0004	0,000	0,0002	0,0000	0,0005	0,0002	0,0005	0.000-								
T _{SP} P	lsem	0,0002	0,0005	0,0002	0,0006	0,0005	0,0005	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0003	0,0005	0,0003	0,0002	0,0004	0,0004	0,0001	0,0003	0,0004	0,0002	0,0004	0,0003								

	2sem	0,0003	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0008	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	0,0006	0,0004	0,0002	0,0007	0,0004	0,0003	0,0004	0,0003	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0003						
	3sem	0,0004	0,0004	0,0001	0,0004	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0006	0,0002	0,0004	0,0002	0,0003	0,0002	0,0004	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004					
	4sem	0,0002	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0005	0,0002	0,0004	0,0003	0,0008	0,0005	0,0007	0,0002	0,0004	0,0008	0,0003	0,0004	0,0005	0,0002	0,0005	0,0003	0,0001	0,0003	0,0003	0,0005	0,0005	0,0003				
T _{SP} PB	1 sem	0,0004	0,0004	0,0003	0,0006	0,0002	0,0003	0,0004	0,0003	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0001	0,0008	0,0002	0,0005	0,0003	0,0003	0,0002	0,0006	0,0005	0,0001	0,0003	0,0002	0,0004	0,0003	0,0005	0,0003			
	2sem	0,0003	0,0005	0,0001	0,0006	0,0005	0,0006	0,0003	0,0004	0,0003	0,0006	0,0005	0,0003	0,0001	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,0004	0,0004	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001		
	3sem	0,0005	0,0003	0,0004	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0007	0,0004	0,0004	0,1789	0,0004	0,0006	0,0005	0,0004	0,0002	0,0003	0,0004	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004	0,0003	0,0002	0,0005	0,0004	0,0003	
	4sem	0,0006	0,0003	0,0002	0,0006	0,3590	0,0009	0,0005	0,0005	0,0006	0,0005	0,0005	0,0003	0,1978	0,0002	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0002	0,0004	0,0002	0,0004	0,0005	0,0002	0,0003

Anexo 12. Análise de variância trifatorial das concentrações de ficoeritrina de diferentes linhagens de *G. caudata* cultivadas por 28 dias em: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii)tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻²). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

	Graus de		
efeitos	liberdade	F	р
estádio	1	72,553	0,000000
localidade	1	113,635	0,700000
radiação (P e PB)	1	1341,703	0,000000
estádioX localidade	1	0,399	0,536295
estádioX radiação	1	29,363	0,000057
localidade X radiação	1	44,701	0,000005
estádioX localidade X radiação	2	2,280	0,000603

Anexo 13. Teste à *posteriori* de Newman-Keuls da concentração de ficoeritrina de quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas por 28 dias por duas condições em: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii)tratamento com PAR+UVB $(0,08 \text{ W.m}^{-2}$. Negrito, efeito significativo (p< 0,05). P= PAR e PB= PAR+UVB.

	$T_{CE} P$	T _{CE} PB	$T_{SP} P$	T _{SP} PB	$G_{CE} P$	G _{CE} PB	G _{SP} P
T _{CE} PB	0,000142						
$T_{SP} P$	0,000168	0,000150					
T _{SP} PB	0,000121	0,135229	0,000142				
G _{CE} P	0,000159	0,000185	0,107746	0,000139			
G _{CE} PB	0,000164	0,129125	0,000139	0,667690	0,000142		
G _{SP} P	0,000185	0,000145	0,000164	0,000185	0,000168	0,000129	
G _{SP} PB	0,000134	0,132316	0,000164	0,153713	0,000123	0,161104	0,000142

Anexo 14. Análise de variância trifatorial das concentrações de ficocianina de diferentes linhagens de *G. caudata* cultivadas por 28 dias em: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻²). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

efeitos	graus de liberdade	F	р
estádio	1	4,5730	0,048252
localidade	1	2,0638	0,001701
radiação (P e PB)	1	18,8842	0,000501
estádioX localidade	1	2,6421	0,123595
estádioX radiação	1	2,0562	0,170838
localidade X radiação	1	0,0257	0,874531
estádioX localidade X radiação	2	1,1525	0,003712

Anexo 15. Teste à *posteriori* de Newman-Keuls da concentração de ficocianina de quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivados por 28 dias em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻². **Negrito**, efeito significativo (p<0,05). P= PAR e PB= PAR+UVB.

	T _{CE} P	T _{CE} PB	T _{SP} P	T _{SP} PB	G _{CE} P	G _{CE} PB	G _{SP} P
T _{CE} PB	0,008869						
T _{SP} P	0,001602						
T _{SP} PB	0,001800	0,003825	0,004858				
G _{CE} P	0,007041	0,009336	0,003845	0,001098			
G _{CE} PB	0,011072	0,038428	0,001098	0,778811	0,004926		
G _{SP} P	0,004136	0,001902	0,004959	0,003890	0,008714	0,001439	
G _{SP} PB	0,001345	0,003904	0,001338	0,007923	0,001309	0,007164	0,004813

Anexo 16. Análise de variância trifatorial das concentrações de aloficocianina de diferentes linhagens de *G. caudata* cultivadas por 28 dias em: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii)tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻²). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

	graus de		
efeitos	liberdade	F	р
estádio	1	2,937	0,003475
localidade	1	10,671	0,484808
radiação (P e PB)	1	107,800	0,000000
estádioX localidade	1	0,320	0,579471
estádioX radiação	1	0,703	0,414027
localidade X radiação	1	4,620	0,005111
estádioX localidade X radiação	2	2,157	0,000417

Anexo 17. Teste à *posteriori* de Newman-Keuls da concentração de aloficocianina de quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivados por 28 dias por duas condições em: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻². **Negrito**, efeito significativo (p<0,05). P= PAR e PB= PAR+UVB.

	$T_{CE} P$	T _{CE} PB	$T_{SP} P$	T _{SP} PB	$G_{CE} P$	G _{CE} PB	G _{SP} P
T _{CE} PB	0,000163						
$T_{SP} P$	0,015010	0,019202					
T _{SP} PB	0,012311	0,916404	0,005691				
G _{CE} P	0,001851	0,000421	0,009003	0,013029			
G _{CE} PB	0,000186	0,883304	0,013902	0,875205	0,000422		
G _{SP} P	0,011393	0,010922	0,006785	0,009439	0,090688	0,012930	
G _{SP} PB	0,019011	0,809748	0,004258	0,984296	0,012019	0,642100	0,006450

Anexo 18. Análise de variância trifatorial das concentrações de clorofila *a*(extração com acetona) de diferentes linhagens de *G. caudata* cultivadas por 28 dias em: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻²). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

efeitos	graus de liberdade	F	р
estádio	1	21,411	0,000280
localidade	1	70,009	0,500000
radiação (P e PB)	1	1730,701	0,000000
estádioX localidade	1	1,091	0,311688
estádioX radiação	1	6,664	0,020082
localidade X radiação	1	27,096	0,000087
estádioX localidade X radiação	2	1,682	0,004210

Anexo 19. Teste àposteriori de Newman-Keuls da clorofila *a* extraída de segmentos apicais de *G. caudata*tratados em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻²). Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05). P= PAR e PB= PAR+UVB.

	$T_{CE} P$	T _{CE} PB	$T_{SP} P$	T _{SP} PB	$G_{CE} P$	G _{CE} PB	G _{SP} P
T _{CE} PB	0,000142						
$T_{SP} P$	0,000169	0,000170					
T _{SP} PB	0,000199	0,239267	0,000142				
G _{CE} P	0,000471	0,000185	0,005943	0,000189			
G _{CE} PB	0,000164	0,274338	0,000190	0,584719	0,000142		
G _{SP} P	0,000185	0,000170	0,016952	0,000185	0,000221	0,000187	
G _{SP} PB	0,000178	0,081250	0,000164	0,374735	0,000180	0,330269	0,000142

Anexo 20. Análise de variância trifatorial das concentrações de clorofila *a* (extração com DMF) de diferentes linhagens de *G. caudata* cultivadas durante 28 dias experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻²). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

efeitos	graus de liberdade	F	р
estádio	1	30,79483	0,00
localidade	1	74,34673	0,00
radiação (P e PB)	1	15,59196	0,00
estádioX localidade	1	12,81758	0,00
estádioX radiação	1	7,185247	0,00
localidade X radiação	1	18,30303	0,06
estádioX localidade X radiação	2	3,063145	0,00

Anexo 21. Teste àposteriori de Newman-Keuls da clorofila *a* extraídas de segmentos apicais de *G. caudata*tratados em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻²). Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p< 0,05). P= PAR e PB= PAR+UVB.

	T _{CE} P	T _{CE} PB	$T_{SP} P$	T _{SP} PB	G _{CE} P	G _{CE} PB	G _{SP} P
T _{CE} PB	0,000142						
$T_{SP} P$	0,000168	0,000168					
$T_{SP} PB$	0,000163	0,025295	0,000154				
G _{CE} P	0,000197	0,000185	0,000167	0,000164			
G _{CE} PB	0,000164	0,001875	0,000185	0,078414	0,000144		
G _{SP} P	0,000185	0,000159	0,004166	0,000185	0,000168	0,000178	
G _{SP} PB	0,000175	0,008328	0,000164	0,004141	0,000163	0,007176	0,000142

Anexo 22. Análise de variância trifatorial das concentrações de carotenóides totais de diferentes linhagens de *G. caudata* cultivadas durante 28 dias experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻²). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

	graus de		
efeitos	liberdade	F	р
estádio	1	30,695	0,000045
localidade	1	176,878	0,000000
radiação (P e PB)	1	3103,305	0,000000
estádioX localidade	1	1,812	0,197030
estádioX radiação	1	11,051	0,064294
localidade X radiação	1	63,678	0,000001
estádioX localidade X radiação	2	2,652	0,004310

Anexo 23. Teste àposteriori de Newman-Keuls de carotenóides totais extraídos de segmentos apicais de *G. caudata*tratados em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08 W.m⁻²). Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p< 0,05). P= PAR e PB= PAR+UVB.

	T _{CE} P	T _{CE} PB	T _{SP} P	T _{SP} PB	G _{CE} P	G _{CE} PB	G _{SP} P
T _{CE} PB	0,000140						
$T_{SP} P$	0,000158	0,000166					
T _{SP} PB	0,000153	0,000168	0,000149				
G _{CE} P	0,000155	0,000145	0,000159	0,000129			
G _{CE} PB	0,000156	0,000141	0,000155	0,057159	0,000120		
G _{SP} P	0,000180	0,000110	0,000114	0,000124	0,000169	0,000162	
G _{SP} PB	0,000164	0,000119	0,000143	0,000109	0,000165	0,000163	0,000139

Anexo 24. Quocientes médios e respectivos desvios padrões entre os diferentes pigmentos extraídos de segmentos apicais de *G. caudata* tratados em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08W.m⁻²). Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Dados referentes aos 28 dias de experimento.

		Controle	0,08W.m ⁻²
FE/Cla	T _{CE}	9,621±1,0170	8,026±0,929
	GCE	8,447±0,8561	6,856±0,698
	T_{SP}	8,793±1,0413	6,995±0,818
	G _{SP}	6,990±0,0000	5,578±2,334
FE/AFC	T _{CE}	5,269±0,566	6,913±1,009
	G _{CE}	4,817±0,668	6,936±1,167
	T_{SP}	6,062±0,772	8,842±1,442
	G_{SP}	4,725±0,000	6,345±0,621
FC/Cla	T _{CE}	2,667±0,2895	6,243±0,249
	GCE	2,068±0,3199	5,893±0,190
	T_{SP}	2,781±0,1722	6,006±0,237
	G_{SP}	$2,482\pm0,0000$	5,595±1,690
FE/FC	T _{CE}	3,607±0,5091	1,286±0,101
	G _{CE}	4,084±0,5863	1,163±0,086
	T_{SP}	$3,163\pm0,2000$	1,165±0,097
	G_{SP}	2,816±0,0000	$0,997\pm0,069$
FC/AFC	T _{CE}	1,461±0,291	5,377±0,868
	G _{CE}	$1,179\pm0,337$	5,961±0,759
	T_{SP}	$1,917\pm0,138$	7,591±0,709
	G_{SP}	$1,678\pm0,000$	6,363±2,831
AFC/Cla	T _{CE}	1,826±0,176	1,161±0,148
	G _{CE}	$1,754{\pm}0,15$	$0,989 \pm 0,088$
	T_{SP}	1,451±0,017	0,791±0,051
	G_{SP}	$1,480\pm0,000$	0,879±0,547

Anexo 25. Análise de variância dos quocientes entre pigmentos extraídos de segmentos apicais de *G. caudata* tratados em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08W.m⁻²). Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05). P=PAR e PB=PAR+UVB.

	efeitos	graus de liberdade	F	n
FE/Cla	linhagem	3	1.999	<u> </u>
12,014	radiação (P e PB)	1	6,583	0,000046
	linhagemXradiação	3	0,094	0,000461
FE/AFC	linhagem	3	1,793	0,000027
	radiação (P e PB)	1	5,713	0,029494
	linhagemXradiação	3	0,094	0,000078
FC/Cla	linhagem	3	1,875	0,000018
	radiação (P e PB)	1	6,321	0,000000
	linhagemXradiação	3	1,467	0,000054
FE/FC	linhagem	3	1,401	0,002780
	radiação (P e PB)	1	5,013	0,000619
	linhagemXradiação	3	0,591	0,000650
FC/AFC	linhagem	3	1,089	0,000435
	radiação (P e PB)	1	5,945	0,000074
	linhagemXradiação	3	0,623	0,000654
AFC/Cla	linhagem	3	1,059	0,000665
	radiação (P e PB)	1	4,787	0,003412
	linhagemXradiação	3	0,026	0,000410

Anexo 26. Teste àposteriori de Newman-Keuls dos quocientes entre pigmentos extraídos de segmentos apicais de *G. caudata*tratados em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB $(0,08W.m^{-2})$. Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05). P= PAR e PB= PAR+UVB.

FE/Cla	TCE P	GCE P	TSP P	GSP P	TCE PB	GCE PB	TSP PB
GCE P	0,046478	3					
TSP P	0,012938	0,00415					
GSP P	0,2443	0,00107	6 0,00540	1			
TCE PB	0,015637	0,0035 8	4 0,00251	2			
GCE PB	0,003297	0,00228	3 0,00243	2 0,00221	0,04391	8	
TSP PB	0,003254	0,00288	8 0,01059	2 0,00992	5 0,48923	0,0092 1 ⁻	1
GSP PB	0,002233	0,00221	0 0,00126	4 0,00812	0,0632	0,049332	2 0,24458
FE/AFC	TCE P	GCE P	TSP P	GSP P	TCE PB	GCE PB	TSP PB
GCE P	0,0066						
TSP P	0,00943	0,00799					
GSP P	0,007967	0,009717	0,000839				
TCE PB	0,064167	0,006906	0,054123	0,004324			
GCE PB	0,035476	0,006482	0,03321	0,005897	0,527356		
TSP PB	0,063210	0,005978	0,008379	0,008089	0,00963	0,00284	
GSP PB	0,032145	0,005456	0,008857	0,009732	0,000855	0,003097	0,000851
FC/Cla	TCE P	GCE P	TSP P	GSP P	TCE PB	GCE PB	TSP PB
GCE P	0,002876						
TSP P	0,001184	0,70121					
GSP P	0,038531	0,1473	0,05607				
TCE PB	0,008921	0,002475	0,009311	0,002342			
GCE PB	0,025802	0,002737	0,035210	0,002456	0,013498		
TSP PB	0,004342	0,034356	0,005689	0,036587	0,009283	0,0286	
GSP PB	0,000245	0,033214	0,000393	0,036255	0,096167	0,000722	0,006965
FE/FC	TCE P	GCE P	TSP P	GSP P	TCE PB	GCE PB	TSP PB
GCE P	0,003634						
TSP P	0,00179	0,042027					
GSP P	0,002992	0,009911	0,003679				
TCE PB	0,006506	0,005302	0,005432	0,005421			
GCE PB	0,00330	0,009328	0,00234	0,003456	0,463973		
TSP PB	0,004321	0,005380	0,017769	0,003014	0,774396	0,469188	
GSP PB	0,002134	0,008765	0,02240	0,009105	0,3738	0,08597	0,4456

FC/AFC	TCE P	GCE P	TSP P	GSP P	TCE PB	GCE PB	TSP PB
GCE P	0,002024						
TSP P	0,009703	0,2608					
GSP P	0,002255	0,08966	0,2701				
TCE PB	0,009504	0,009529	0,009321	0,009324			
GCE PB	0,001199	0,007858	0,001321	0,007765	0,109245		
TSP PB	0,009321	0,009909	0,009844	0,002018	0,000864	0,00173	
GSP PB	0,001543	0,007890	0,018864	0,002261	0,001659	0,0025	0,16181
AFC/Cla	TCE P	GCE P	TSP P	GSP P	TCE PB	GCE PB	TSP PB
GCE P	0,458044						
TSP P	0,881636	0,455726					
GSP P	0,415898	0,938872	0,38984				
TCE PB	0,00743	0,006808	0,007123	0,006098			
GCE PB	0,001479	0,0059	0,001321	0,00508	0,385417		
TSP PB	0,007321	0,00645	0,00427	0,006985	0,961896	0,442026	
GSP PB	0,001342	0,00567	0,002323	0,007584	0,469967	0,724509	0,55832

Anexo 27. Quocientes médios e respectivos desvios padrões entre os diferentes pigmentos extraídos de segmentos apicais de *G. caudata* tratados em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08W.m⁻²). Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Dados referentes aos 28 dias de experimento.

	Controle	0,08W.m ⁻²
TCE	0,197±0,00642	0,143±0,0074
GCE	0,182±0,00962	0,134±0,0050
TSP	0,172±0,00271	0,133±0,0028
GSP	0,160±0,11942	0,131±0,0021

Anexo 28. Teste àposteriori de Newman-Keuls dos quocientes entre(Car/Cla) extraídos de segmentos apicais de *G. caudata*tratados em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB $(0,08W.m^{-2})$. Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p< 0,05). P= PAR e PB= PAR+UVB.

	T _{CE} P	T _{CE} PB	$T_{SP} P$	T _{SP} PB	G _{CE} P	G _{CE} PB	G _{SP} P
T _{CE} PB	0,000142						
$T_{SP} P$	0,000720	0,000186					
$T_{SP} PB$	0,000778	0,000776	0,000143				
G _{CE} P	0,039539	0,000163	0,033584	0,000678			
$G_{CE}PB$	0,000181	0,001007	0,000765	0,501187	0,000142		
$G_{SP} P$	0,000494	0,000754	0,005482	0,000164	0,000627	0,000685	
G _{SP} PB	0,000765	0,000123	0,000176	0,000189	0,000654	0,000574	0,000145

Anexo 29. Análise de variância dos quocientes entre (Car/Cla) extraídos de segmentos apicais de *G. caudata* tratados em duas condições experimentais: i) radiação fotossinteticamente ativa, PAR (controle); e ii) tratamento com PAR+UVB (0,08W.m⁻²). Dados apresentados como média e desvio-padrão (n=3). Dados referentes aos 28 dias de experimento. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05). P=PAR e PB=PAR+UVB.

efeitos	graus de liberdade	F	р
estádio	1	15,26	0,001255
localidade	1	2,48	0,000830
radiação (P e PB)	1	290,86	0,000000
estádioX localidade	1	1,00	0,340000
estádioX radiação	1	0,02	0,154900
localidade X radiação	1	0,63	0,000077
estádioX localidade X radiação	2	0,40	0,000028

Anexo 30. Análise de variância bifatorial das taxas de fotossíntese líquida de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP). Para cada uma das linhagens, as variáveis independentes utilizadas foram intensidade de irradiância (10, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 μ mol fótons.m⁻².s⁻¹) e tratamento (PAR e PAR+UVB). **Negrito**, efeito significativo (p< 0,05).

		T _{CE}		G _{CE}		T _{SP}		G _{SP}	
	graus de liberdade	F	Р	F	Р	F	Р	F	Р
Níveis de irradiância (1)	1	43,854	0,0000	38,193	0,0000	31,145	0,0000	11,705	0,0002
Tratamento (2)	1	103,284	0,0000	14,889	0,0006	58,795	0,0000	3,1119	0,0048
Interação (1) x (2)	1	3,652	0,0083	9,5488	0,0001	3,2220	0,0156	2,3786	0,0045

Anexo 31. Teste *àposteriori* do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial das taxas de fotossíntese líquida de tetrasporófitos de *Gracilaria caudata* do Estado do Ceará (CE) usando como variáveis indepentendes intensidade de irradiância (10, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 μ mol fótons.m⁻².s⁻¹) e tipo de irradiância (PAR e PAR+UVB). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		T _{CE} PAR							T _{CE} PAR+	-UVB					
		10	50	100	200	400	800	1600	10	50	100	200	400	800	1600
	10														
	50	0,230845													
	100	0,131836	0,011652												
T _{CE} PAR	200	0,994127	0,444431	0,092212											
	400	0,015329	0,000952	0,447490	0,011807										
	800	0,607364	0,127882	0,236700	0,444456	0,093219									
	1600	0,003187	0,000292	0,274471	0,002633	0,699055	0,032313								
	10	0,009054	0,003681	0,001250	0,006794	0,023076	0,004221	0,005897							
	50	0,000189	0,000137	0,000336	0,000163	0,002854	0,000154	0,007554	0,14902						
	100	0,029907	0,001947	0,004125	0,021873	0,006958	0,001210	0,006278	0,37814	0,150600					
T _{CE} PAR+UVB	200	0,000137	0,000144	0,000143	0,000189	0,000145	0,000148	0,000216	0,16300	0,051063	0,15010				
	400	0,006671	0,000457	0,993629	0,005345	0,006684	0,005515	0,007090	0,11375	0,05427	0,68904	0,163020			
	800	0,000144	0,000151	0,000148	0,000137	0,000145	0,000163	0,000134	0,18930	0,103400	0,42211	0,496190	0,13390		
	1600	0,000524	0,000200	0,007105	0,000450	0,003587	0,005306	0,003989	0,09050	0,219000	0,26365	0,044602	0,44279	0,16654	

Anexo 32. Teste à posteriori do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial das taxas de fotossíntese líquida de tetrasporófitos de *Gracilaria caudata* do Estado do São Paulo (SP) usando como variáveis indepentendes intensidade de irradiância (10, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 μ mol fótons.m⁻².s⁻¹) e tipo de irradiância (PAR e PAR+UVB). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

-		T _{SP} PAR							T _{SP} PAR+U	UVB					
		10	50	100	200	400	800	1600	10	50	100	200	400	800	1600
	10														
	50	0,070909													
	100	0,209835	0,003250												
T _{SP} PAR	200	0,307719	0,214333	0,045346											
	400	0,031505	0,000270	0,520773	0,003009										
	800	0,449008	0,022685	0,341387	0,185718	0,134388									
	1600	0,116561	0,001075	0,561060	0,017662	0,780078	0,280889								
	10	0,001174	0,000927	0,007228	0,015899	0,007707	0,003226	0,008556							
	50	0,000181	0,000137	0,001909	0,000189	0,020273	0,000302	0,006513	0,077391						
	100	0,032239	0,000272	0,004434	0,003343	0,009730	0,001239	0,006295	0,465015	0,329531					
T _{SP} PAR+UVB	200	0,000189	0,000144	0,000237	0,000137	0,002117	0,000168	0,000508	0,061512	0,253375	0,265512				
	400	0,018553	0,000244	0,004120	0,001702	0,007614	0,008805	0,006945	0,710754	0,159492	0,951200	0,246731			
	800	0,000137	0,000151	0,000163	0,000144	0,000157	0,000189	0,000151	0,461560	0,188512	0,170673	0,092921	0,197540		
	1600	0,029150	0,000253	0,004665	0,002862	0,009494	0,001206	0,007022	0,644967	0,312783	0,875038	0,279831	0,927274	0,162407	

Anexo 33. Teste à posteriori do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial das taxas de fotossíntese líquida de gametófitos de *Gracilaria caudata* do Estado do Ceará (CE) usando como variáveis indepentendes intensidade de irradiância (10, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 μ mol fótons.m⁻².s⁻¹) e tipo de irradiância (PAR e PAR+UVB). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		G _{CE} PAR							G _{CE} PAR	+UVB					
		10	50	100	200	400	800	1600	10	50	100	200	400	800	1600
	10														
	50	1,000000													
	100	0,037406	0,091156												
G _{CE} PAR	200	0,008729	0,013534	0,413804											
	400	0,014968	0,026945	0,420508	0,642254										
	800	0,004536	0,006411	0,328613	0,662974	0,638386									
	1600	0,000789	0,001039	0,101423	0,410239	0,311396	0,400775								
	10	0,001219	0,001484	0,001606	0,006790	0,004856	0,813487	0,999574							
	50	0,000207	0,000241	0,013195	0,154729	0,007264	0,002735	0,006709	0,402984						
Ger	100	0,000973	0,001222	0,001279	0,005564	0,003974	0,006556	0,009771	0,999430	0,565508					
	200	0,000137	0,000144	0,000189	0,000157	0,000165	0,000172	0,000389	0,262021	0,158212	0,316345				
PAR+UVB	400	0,000225	0,000180	0,012642	0,001572	0,007161	0,002871	0,007096	0,510352	0,927701	0,632724	0,803387			
	800	0,000144	0,000151	0,000137	0,000163	0,000189	0,000148	0,000142	0,133125	0,166378	0,145457	0,156235	0,126678		
	1600	0,000493	0,000584	0,007163	0,004698	0,002836	0,006453	0,009521	0,623770	0,424156	0,873370	0,458567	0,642974	0,134467	

Anexo 34. Teste *àposteriori* do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial das taxas de fotossíntese líquida de gametófitos de *Gracilaria caudata* do Estado de São Paulo (SP) usando como variáveis indepentendes intensidade de irradiância (10, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600μ mol fótons.m⁻².s⁻¹) e tipo de irradiância (PAR e PAR+UVB). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		G _{SP} PAR							G _{SP} PAR-	+UVB					
		10	50	100	200	400	800	1600	10	50	100	200	400	800	1600
	10														
	50	0,318399													
	100	0,143699	0,045279												
G _{SP} PAR	200	0,205772	0,028819	0,930714											
	400	0,287076	0,053387	0,957003	0,940997										
	800	0,215725	0,040676	0,878769	0,975820	0,983770									
	1600	0,139520	0,019271	0,824320	0,999930	0,583201	0,834012								
	10	0,001410	0,028753	0,006524	0,009887	0,009986	0,009763	0,009293							
	50	0,001018	0,011674	0,007893	0,006573	0,008459	0,009014	0,009670	0,932670						
C	100	0,021893	0,002111	0,003865	0,004595	0,004979	0,005625	0,007410	0,609869	0,455138					
G _{SP} PAR+UVB	200	0,001151	0,000213	0,039516	0,001134	0,000738	0,008480	0,001843	0,093226	0,185210	0,396294				
	400	0,025472	0,002394	0,004295	0,006263	0,573610	0,006269	0,000822	0,664873	0,729853	0,997739	0,198649			
	800	0,000213	0,000154	0,003871	0,016253	0,000830	0,000949	0,002621	0,104020	0,336140	0,114817	0,320110	0,068128		
	1600	0,001710	0,023617	0,008877	0,000999	0,008384	0,009349	0,009905	0,971013	0,895489	0,628199	0,150728	0,746182	0,214030	

Anexo 35. Análise de variância bifatorial das taxas de fotossíntese líquida de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP). Para cada tipo de irradiância (PAR e PAR+UVB), as variáveis indepentendes utilizadas foram intensidade de irradiância (10, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 µmol fótons.m⁻².s⁻¹) e linhagens (T_{CE}, G_{CE}, T_{SP} e G_{SP}). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		PAR		PAR+ UVB	
	graus de liberdade	F	Р	F	Р
Níveis de irradiância (1)	1	296,599	0,0000	205,451	0,0000
linhagem (2)	1	192,287	0,0000	113,504	0,0000
Interação (1) x (2)	1	137,39	0,0000	101,13	0,0000

Anexo 36. Teste *àposteriori* do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial das taxas de fotossíntese líquida de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) cultivados em irradiância do tipo PAR, como variáveis indepentendes: intensidade de irradiância (10, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 µmol fótons.m⁻².s⁻¹) e linhagem (T_{CE}, G_{CE}, T_{SP} e G_{SP}). **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		Tce							Tsp						
		10	50	100	200	400	800	1600	10	50	100	200	400	800	1600
	10														
Tao	50	1,000000													
ice	100	1,000000	1,000000												
	200	1,000000	1,000000	1,000000											
	400	0,000135	0,000147	0,000145	0,000132										
	800	0,000120	0,000137	0,000129	0,000159	0,000129									
	1600	0,000159	0,000135	0,000137	0,000129	0,000159	0,002048								
	10	0,000111	0,000129	0,000159	0,000120	0,000137	0,000111	0,000120							
Ten	50	0,000148	0,000176	0,000170	0,000146	0,000145	0,000127	0,000120	0,000134						
rsp	100	0,000145	0,000120	0,000172	0,000147	0,207004	0,000135	0,000137	0,000132	0,000135					
	200	0,000132	0,000172	0,000147	0,000145	0,093374	0,000137	0,000129	0,000135	0,000132	0,990637				
	400	0,000129	0,000132	0,000135	0,000137	0,000120	0,001072	0,574505	0,000159	0,000172	0,000129	0,000159			
	800	0,000168	0,000177	0,000171	0,000174	0,000134	0,000176	0,000170	0,000170	0,000137	0,000120	0,000127	0,000146		
	1600	0,000120	0,000148	0,000134	0,000127	0,000137	0,000147	0,000145	0,000172	0,000159	0,000159	0,000129	0,000132	0,000145	
	10	0,000172	0,000134	0,000127	0,000120	0,000129	0,000145	0,000132	0,000147	0,000129	0,000120	0,000159	0,000135	0,000147	0,690640
6 20	50	0,000137	0,000145	0,000132	0,000135	0,020547	0,000159	0,000120	0,000129	0,000147	0,000869	0,000501	0,000111	0,000148	0,000135
gce	100	0,000177	0,000195	0,000189	0,000183	0,000170	0,000174	0,000168	0,000171	0,000145	0,000148	0,000146	0,000170	0,000159	0,000120
	200	0,000146	0,000170	0,000176	0,000170	0,000147	0,000134	0,000127	0,000148	0,000111	0,000132	0,000145	0,000120	0,000129	0,000129
	400	0,000170	0,000168	0,000170	0,000176	0,000172	0,000148	0,000134	0,000146	0,000120	0,000145	0,000147	0,000127	0,000159	0,000137
	800	0,000147	0,000127	0,000120	0,000172	0,000159	0,000132	0,000135	0,000145	0,000137	0,000111	0,000120	0,000137	0,000172	0,000120
	1600	0,000183	0,000201	0,000195	0,000189	0,000176	0,000171	0,000174	0,000177	0,000147	0,000146	0,000170	0,000168	0,000129	0,000127
	10	0,000176	0,000174	0,000168	0,000170	0,000120	0,000146	0,000148	0,000170	0,000159	0,000147	0,000172	0,000134	0,000120	0,000135
	50	0,000174	0,000183	0,000177	0,000171	0,000148	0,000170	0,000176	0,000168	0,000135	0,000127	0,000134	0,000170	0,000118	0,000147
gsp	100	0,000127	0,000146	0,000148	0,000134	0,000135	0,000172	0,000147	0,000120	0,000120	0,000129	0,000137	0,000145	0,000132	0,655154
	200	0,000189	0,000202	0,000201	0,000195	0,000170	0,000177	0,000171	0,000183	0,000172	0,000170	0,000176	0,000174	0,000137	0,000134
	400	0,000170	0,000171	0,000174	0,000168	0,000127	0,000170	0,000146	0,000176	0,000129	0,000172	0,000120	0,000148	0,000111	0,000132
	800	0,000171	0,000189	0,000183	0,000157	0,000146	0,000168	0,000170	0,000174	0,000132	0,000134	0,000148	0,000176	0,000120	0,000172
	1600	0,000134	0,000170	0,000146	0,000148	0,000132	0,000120	0,000172	0,000127	0,000111	0,000137	0,000135	0,000147	0,000135	0,219831

		Gce							Gsp						<u> </u>
		10	50	100	200	400	800	1600	10	50	100	200	400	800	1600
	10														
tce	50														
	100														
	200														
	400														
	800														
	1600														
	10														
	50														
tsp	100														
	200														
	400														
	800														
	1600														
	10														
	50	0,000137													
gce	100	0,000127	0,000176												
	200	0,000137	0,000172	0,000132											
	400	0,000135	0,000120	0,000135	0,437564										
	800	0,000111	0,000129	0,000134	0,000135	0,000132									
	1600	0,000134	0,000170	0,000111	0,000145	0,000132	0,000148								
	10	0,000132	0,000127	0,000137	0,000120	0,000111	0,000145	0,000135							
	50	0,000172	0,000146	0,000120	0,000137	0,000129	0,000120	0,000159	0,000169						
gsp	100	0,674179	0,000132	0,000172	0,000159	0,000129	0,000159	0,000120	0,000137	0,000145					
	200	0,000148	0,000168	0,000120	0,000147	0,000145	0,000146	0,000111	0,000132	0,000129	0,000127				
	400	0,000145	0,000134	0,000129	0,000159	0,000120	0,000147	0,000137	0,021722	0,000120	0,000135	0,000135			
	800	0,000120	0,000170	0,000111	0,000135	0,000137	0,000127	0,000120	0,000129	0,037820	0,000147	0,000159	0,000159		
	1600	0,170485	0,000145	0,000147	0,000120	0,000159	0,000129	0,000172	0,000129	0,000132	0,221662	0,000120	0,000137	0,000145	

Anexo 37. Teste àposteriori do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial das taxas de fotossíntese líquida de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) cultivados em irradiância do tipo PAR+ UVB com variáveis indepentendes: intensidade de irradiância (10, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 µmol fótons.m⁻².s⁻¹) e linhagem (T_{CE}, G_{CE}, T_{SP} e G_{SP}). **Negrito**, efeito significativo (p< 0,05).

		Tce							Tsp						
		10	50	100	200	400	800	1600	10	50	100	200	400	800	1600
	10														
Tce	50	1,000000													
	100	1,000000	1,000000												
	200	1,000000	1,000000	1,000000											
	400	0,000137	0,000145	0,000132	0,000135										
	800	0,000120	0,000137	0,000129	0,000159	0,000159									
	1600	0,000129	0,000132	0,000135	0,000137	0,000111	0,000120								
	10	0,000111	0,000129	0,000159	0,000120	0,000129	0,000111	0,000159							
Tsp	50	0,000172	0,000134	0,000127	0,000120	0,000137	0,000145	0,000135	0,000147						
	100	0,000135	0,000147	0,000145	0,000132	0,000111	0,000129	0,000120	0,000137	0,000129					
	200	0,000145	0,000120	0,000172	0,000147	0,000159	0,000135	0,000130	0,000132	0,000121	0,000120				
	400	0,000159	0,000135	0,000137	0,000129	0,000120	0,000113	0,038369	0,000120	0,000132	0,000159	0,000137			
	800	0,000170	0,000171	0,000174	0,000168	0,000134	0,000170	0,000148	0,000176	0,000145	0,000127	0,000172	0,000146		
	1600	0,000120	0,000148	0,000134	0,000127	0,000135	0,000147	0,000132	0,000172	0,000111	0,000137	0,000159	0,000145	0,000132	
	10	0,000148	0,000176	0,000170	0,000146	0,000147	0,000127	0,000172	0,000134	0,000129	0,000145	0,000135	0,000120	0,000129	0,000159
Gce	50	0,000132	0,000172	0,000147	0,000145	0,000120	0,000137	0,000159	0,000135	0,000159	0,688405	0,000111	0,000129	0,000120	0,000129
	100	0,000177	0,000195	0,000189	0,000183	0,000176	0,000174	0,000170	0,000171	0,000127	0,000170	0,000148	0,000168	0,000129	0,000120
	200	0,000146	0,000170	0,000176	0,000170	0,000172	0,000134	0,000120	0,000148	0,000137	0,000147	0,000132	0,000127	0,000159	0,000129
	400	0,000168	0,000177	0,000171	0,000174	0,000148	0,000176	0,000146	0,000170	0,000147	0,000134	0,000120	0,000170	0,222342	0,000145
	800	0,000147	0,000127	0,000120	0,000172	0,000129	0,000132	0,000137	0,000145	0,000334	0,000159	0,117598	0,000135	0,000147	0,000120
	1600	0,000183	0,000201	0,000195	0,000189	0,000170	0,000171	0,000168	0,000177	0,000134	0,000176	0,000146	0,000174	0,000137	0,000127
	10	0,000170	0,000168	0,000170	0,000176	0,000120	0,000148	0,000127	0,000146	0,000135	0,000172	0,000145	0,000134	0,000120	0,000137
Gsp	50	0,000174	0,000183	0,000177	0,000171	0,000146	0,000170	0,000170	0,000158	0,000172	0,000148	0,000127	0,000176	0,000120	0,000147
	100	0,000127	0,000146	0,000148	0,000134	0,000132	0,000172	0,000145	0,000120	0,000130	0,000135	0,000129	0,000147	0,000135	0,002647
	200	0,000189	0,000202	0,000201	0,000195	0,000168	0,000175	0,000174	0,000183	0,000148	0,000170	0,000170	0,000171	0,000135	0,000134
	400	0,000176	0,000174	0,000168	0,000170	0,000127	0,000146	0,000134	0,000170	0,000132	0,000120	0,000147	0,000148	0,000111	0,000135
	800	0,000171	0,000189	0,000183	0,000177	0,000170	0,000168	0,000176	0,000174	0,000120	0,000146	0,000134	0,000170	0,000159	0,000172
	1600	0,000134	0,000170	0,000146	0,000148	0,000145	0,000120	0,000147	0,000127	0,000159	0,000132	0,000137	0,000172	0,000137	0,000120

		Gce							Gsp						
		10	50	100	200	400	800	1600	10	50	100	200	400	800	1600
	10														
Teo	50														
ice	100														
	200														
	400														
	800														
	1600														
	10														
Top	50														
isp	100														
	200														
	400														
	800														
	1600														
	10														
Gce	50	0,000132													
000	100	0,000145	0,000146												
	200	0,000129	0,000145	0,000132											
	400	0,000137	0,000127	0,000159	0,000129										
	800	0,000137	0,000120	0,000134	0,000135	0,000172									
	1600	0,000147	0,000170	0,000111	0,000145	0,000129	0,000148								
	10	0,000120	0,000147	0,000135	0,000713	0,000159	0,000132	0,000132							
Gsp	50	0,000135	0,000134	0,000120	0,000137	0,000112	0,000120	0,000159	0,000129						
Cop	100	0,000120	0,000137	0,000172	0,000159	0,000132	0,000159	0,000120	0,000129	0,000145					
	200	0,000172	0,000176	0,000120	0,000147	0,000137	0,000146	0,000112	0,000145	0,000129	0,000127				
	400	0,000159	0,000172	0,000137	0,000515	0,000120	0,000145	0,000135	0,657353	0,000159	0,000137	0,000132			
	800	0,000132	0,000148	0,000111	0,000135	0,000120	0,000127	0,000120	0,000137	0,157024	0,000147	0,000159	0,000129		
	1600	0,000111	0,000135	0,000147	0,000120	0,000135	0,000129	0,000172	0,000159	0,000132	0,000511	0,000120	0,000129	0,000145	

Anexo 38. Análise de variância bifatorial das taxas de respiração das diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR. **Negrito**, efeito significativo (p < 0.05).

efeitos	graus de liberdade	F	Р
estádio	1	121,50	0,00000
localidade	1	64,54	0,00000
estádio X localidade	1	58,698	0,00032

Anexo 39. Teste àposteriori de Newman-Keuls referente à análise de variância bifatorial das taxas de respiração de ápices de quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR. Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. **Negrito**, efeito significativo (p< 0,05).

	TCE	TSP	GCE	GSP
TSP	0,003880			
GCE	0,000348	0,008684		
GSP	0,000231	0,000249	0,000993	

Anexo 40. Análise de variância bifatorial das taxas de respiração das diferentes linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR+UVB. **Negrito**, efeito significativo (p < 0.05).

efeitos	graus de liberdade	F	Р
estádio	1	106,40	0,00000
localidade	1	48,23	0,06000
estádio X localidade	1	28,473	0,005802

Anexo 41. Teste à*posteriori* de Newman-Keuls referente à análise de variância bifatorial das taxas de respiração de ápices de quatro linhagens de *Gracilaria caudata* cultivadas em PAR+UVB. Gametófitos (G_{CE}) e tetrasporófitos (T_{CE}) do Estado do Ceará. Gametófitos (G_{SP}) e tetrasporófitos (T_{SP}) do Estado de São Paulo. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

	TCE	TSP	GCE	GSP
TSP	1,000000			
GCE	0,000329	0,000257	•	
GSP	0,000257	0,000237	1,000000	

Anexo 42. Análise de variância bifatorial dos parâmetros obtidos a partir da curva de Fotossíntese-Irradiância de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) submetidas à irradiância PAR e à irradiância PAR+ UVB.Para cada parâmetro, as variáveis indepentendes utilizadas foram linhagem (T_{CE}, G_{CE}, T_{SP} e G_{SP}) e tipo de irradiância (PAR e PAR+UVB). Fmáx, fotossíntese máxima; α , eficiência fotossintetizante; Re, respiração no escuro; I_K, saturação luminosa; Ic, Irradiância de compensação; F/R, razão de Fmáx/Re. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		Fmax		α		Re	
	Graus de liberdade	F	Р	F	Р	F	Р
Linhagem (1)	1	10,667	0,000	0,333	0,805	3,536	0,164
Tratamento (2)	1	32,760	0,000	0,567	0,765	7,342	0,273
Interação (1) x (2)	1	24,152	0,000	72,727	0,300	2,727	0,197

-		I _k		I _C		F/Re	
	Graus de liberdade	F	Р	F	Р	F	Р
Linhagem (1)	1	45,788	0,000	0,607	0,654	9,361	0,049
Tratamento (2)	1	56,687	0,000	36,791	0,000	32,765	0,044
Interação (1) x (2)	1	21,571	0,019	20,073	0,210	20,237	0,020

Anexos 43. Teste à posteriori do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial para a fotossíntese máxima (Fmax) calculada a partir da curva de Fotossíntese-Irradiância de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) submetidas às irradiâncias PAR e PAR+UVB usando como variáveis indepentendes a linhagem e o tipo de irradiância. **Negrito** efetio significativo (p<0,05).

		T _{CE}		G _{CE}		T _{SP}		G_{SP}	
		PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB
T _{CE}	PAR								
	PAR+UVB	0,000227							
G _{CE}	PAR	0,027627	0,030032						
	PAR+UVB	0,000208	0,027495	0,040507					
T _{SP}	PAR	0,005209	0,004890	0,043269	0,041897				
	PAR+UVB	0,000196	0,004426	0,005412	0,004426	0,040110			
G _{SP}	PAR	0,036752	0,024572	0,022436	0,003455	0,028568	0,034507		
	PAR+UVB	0,030087	0,032076	0,006726	0,014426	0,003444	0,004321	0,040302	

Anexo 44. Teste à *posteriori* do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial para a eficiência fotossintética (α) calculada a partir da curva de Fotossíntese-Irradiância de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) submetidas às irradiâncias PAR e PAR+UVB usando como variáveis indepentendes a linhagem e o tipo de irradiância. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		T _{CE}		G _{CE}		T _{SP}		G _{SP}	
		PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB
T _{CE}	PAR								
	PAR+UVB	1,000000							
G _{CE}	PAR	0,987673	0,889899						
	PAR+UVB	0,505964	0,752819	0,806019					
T _{SP}	PAR	0,560332	0,855893	0,755345	0,557599				
	PAR+UVB	0,605988	0,569342	0,662324	0,544222				
G _{SP}	PAR	0,565778	0,997864	0,974643	0,649657	0,935433	0,843643		
	PAR+UVB	0,547880	0,955053	0,904321	0,989000	0,915432	0,745666	0,921123	

Anexo 45. Teste *àposteriori* do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial para a respiração no escuro (Re) calculada a partir da curva de Fotossíntese-Irradiância de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) submetidas às irradiâncias PAR e PAR+UVB usando como variáveis indepentendes a linhagem e o tipo de irradiância. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		T _{CE}		G _{CE}		T _{SP}		G _{SP}	
		PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB
T _{CE}	PAR								
	PAR+UVB	0,473792							
G _{CE}	PAR	0,262367	0,378906						
	PAR+UVB	0,156466	0,218900	0,370664					
T _{SP}	PAR	0,523456	0,327496	0,346789	0,334967				
	PAR+UVB	0,467676	0,213687	0,209878	0,209001	0,207654			
G _{SP}	PAR	0,167899	0,278689	0,247890	0,354333	0,299556	0,380903		
	PAR+UVB	0,136806	0,169087	0,280900	0,223098	0,278757	0,266874	0,253312	

Anexo 46. Teste à *posteriori* do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial para o parâmetro de saturação luminosa (I_K) calculado a partir da curva de Fotossíntese-Irradiância de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de*Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) submetidas às irradiâncias PAR e PAR+UVB usando como variáveis indepentendes a linhagem e o tipo de irradiância. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		T _{CE}		G _{CE}		T _{SP}		G _{SP}	
		PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB
T_{CE}	PAR								
	PAR+UVB	0,005231							
G _{CE}	PAR	0,004736	0,016188						
	PAR+UVB	0,000396	0,001892	0,002410					
T _{SP}	PAR	0,003101	0,000388	0,004901	0,000469				
	PAR+UVB	0,000488	0,003045	0,004079	0,002989	0,004192			
G_{SP}	PAR	0,002134	0,003299	0,003559	0,003677	0,003331	0,002498		
	PAR+UVB	0,001202	0,001216	0,000232	0,001256	0,003201	0,000116	0,002359	

Anexo 47. Teste à *posteriori* do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial para o ponto de compensação (I_C) calculada a partir da curva de Fotossíntese-Irradiância de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) submetidas às irradiâncias PAR e PAR+UVB usando como variáveis indepentendes a linhagem e o tipo de irradiância. **Negrito**, efeito significativo (p<0,05).

		T _{CE}		G _{CE}	G _{CE}		T _{SP}		G _{SP}	
		PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	
T _{CE}	PAR									
	PAR+UVB	0,005065								
G _{CE}	PAR	0,095110	0,003985							
	PAR+UVB	0,006316	0,060400	0,040112						
T _{SP}	PAR	0,053065	0,005466	0,060655	0,006797					
	PAR+UVB	0,005000	0,751000	0,008229	0,896901	0,037908				
G _{SP}	PAR	0,005277	0,008005	0,006776	0,007110	0,004569	0,006536			
	PAR+UVB	0,004568	0,005312	0,006113	0,005890	0,006023	0,005674	0,005690		

Anexo 48. Teste à *posteriori* do tipo Newman-Keuls referentes à análise de variância bifatorial para a relação entre fotossíntese máxima e respiração no escuro (F/Re) calculada a partir da curva de Fotossíntese-Irradiância de tetrasporófitos (T) e gametófitos (G) de linhagens de *Gracilaria caudata* dos Estados do Ceará (CE) e de São Paulo (SP) submetidas às irradiâncias PAR e PAR+UVB usando como variáveis indepentendes a linhagem e o tipo de irradiância. **Negrito**, efeito significativo (p < 0,05).

				Gar		T		Gaa	
		I CE		OCE		I SP		OSP	
		PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB	PAR	PAR+UVB
T _{CE}	PAR								
	PAR+UVB	0,042100							
G _{CE}	PAR	0,036590	0,021132						
	PAR+UVB	0,043466	0,012132	0,029487					
T _{SP}	PAR	0,041002	0,041110	0,040560	0,046900				
	PAR+UVB	0,035910	0,032090	0,033098	0,028571	0,028990			
G _{SP}	PAR	0,044345	0,044664	0,043342	0,044247	0,022669	0,043908		
	PAR+UVB	0,035591	0,032135	0,030214	0,038769	0,020098	0,037654	0,032516	