



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Departamento de Ciências Ambientais  
CURSO DE BACHARELADO EM GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL  
Rod. Washington Luís, Km. 235 – Cx. Postal. 676  
CEP: 13565-905 – São Carlos – SP – Fone: (016) 3351-9776



## **AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO MICROPLÁSTICO GLITTER NAS TAXAS DE FOTOSÍNTESE DA *EGERIA DENSA* (MACRÓFITA AQUÁTICA SUBMERSA)**

Aluna:

Luana Lume Yoshida

Orientadora:

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Marcela Bianchessi da Cunha Santino

**SÃO CARLOS - SP  
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
CURSO DE BACHARELADO EM GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO MICROPLÁSTICO GLITTER NAS TAXAS DE  
FOTOSSÍNTESE DA *EGERIA Densa* (MACRÓFITO AQUÁTICO SUBMERSO)**

**Luana Lume Yoshida**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Gestão e Análise Ambiental.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marcela Bianchessi da Cunha Santino**

**SÃO CARLOS-SP  
2021**

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO MICROPLÁSTICO GLITTER NAS TAXAS DE FOTOSÍNTESE DA *EGERIA Densa* (MACRÓFITA AQUÁTICA SUBMERSA)**

**Luana Lume Yoshida**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 25 de outubro de 2021 ao Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Gestão e Análise Ambiental.

.....  
**Profª Drª Marcela Bianchessi da Cunha Santino**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, à corrente espírita e aos meus anjos da guarda, pela proteção durante minha jornada, e por me abençoarem com saúde.

Agradeço imensamente meus pais, Elaine e Nelson, por todo o amor, carinho e sabedoria com os quais me criaram, e por batalharem tanto para me oferecer a melhor educação. A minha irmã, Karina, por sempre me guiar em todos os caminhos que trilhei. Obrigada pelo apoio e por estarem ao meu lado em todos os momentos. Eu não seria nada sem vocês. Também agradeço a toda minha família: avós, avôs, tias, tios, primas e primos, sempre presentes em minha vida.

Agradeço ao meu namorado, Cauê, por todo o companheirismo e carinho. Por nunca duvidar de mim, me encorajar diariamente e me acompanhar em novas fases da minha vida. Seu apoio é fundamental em minha vida.

Agradeço a professora Marcela (Departamento de Hidrobiologia), pela orientação e conselhos desde o início da graduação. Pela paciência, por me ensinar tanto, e ser minha inspiração e modelo como profissional. Sou eternamente grata.

Agradeço aos amigos da minha turma por todas as vivências compartilhadas, em especial a Beatriz Grotto, Julia Sanches, Leticia Kamimura e Pollyana Vieira, e a minha veterana, Karol Kotsubo. Obrigada por serem minha âncora durante esses anos, e por compartilharmos todos os momentos, juntas e fortes. Vocês foram meus presentes da Universidade.

Agradeço aos meus amigos Barbara Lazzarini, Francielle Cruz, Micaelle Cavallaro, e Pedro Colloca, pelos anos de companheirismo e amizade. Por todo o apoio, vivência e por seguirmos juntos pela vida.

Agradeço aos companheiros de laboratório, por todos os ensinamentos durante o ano de iniciação científica. Ao professor Irineu, pela orientação e aprendizagens que me proporcionou.

Agradecemos a admirável FAPESP (Processo 2019/19425-8) pelo apoio financeiro e institucional, e por confiar em meu trabalho.

## EPÍGRAFE

*Nunca tivemos tamanha consciência do que estamos fazendo com o planeta e jamais tivemos tanto poder para fazer algo sobre isso.*

**(David Attenborough)**

## RESUMO

A remoção do microplástico glitter pelo enxágue resulta no seu descarte nas estações de tratamento de esgoto ou deposição nos ecossistemas aquáticos, possibilitando uma ampla interação com a biota. Nesse contexto, esse estudo analisou as taxas fotossintéticas (pelo método de frascos claros e escuros) da macrófita submersa *Egeria densa* na presença de três concentrações de glitter: 0,0235 g/L (T1), 0,0117 g/L (T2) e 0,0058 g/L (T3) assim como, também, em sua ausência (tratamento controle, TC). Foram coletados 800 fragmentos apicais de *Egeria densa* (distribuídos em 8 tratamentos (4 sob condições iluminadas e 4 mantidos na ausência de luz para se obter a respiração) com 100 exemplares em cada). No TC observou-se a maior taxa de fotossíntese líquida (FL = equivalente à taxa fotossintética bruta menos a respiração) de *E. densa*, apresentando diferenças de 13,0%, 32,8% e 59,3% maiores em relação aos T1, T2 e T3, respectivamente. Apenas a FL no T1 não foi significativa ( $p > 0,05$ ) em comparação com as demais concentrações de glitter (T2 e T3). Em T1 observou-se a maior taxa média de respiração de *E. densa* e no T3, a menor. A presença de glitter pode ter aumentado a reflectância da água, por ser uma partícula em suspensão, e resultado no predomínio da reflexão regular, comum em uma superfície metálica bem polida. O glitter reflete a radiação diminuindo o processo de absorção de luz, comprometendo a utilização da radiação subaquática por *E. densa*. A maior quantidade de microplástico pode resultar na reflexão contínua da radiação entre as partículas de glitter suspensas, possibilitando sua permanência no frasco, resultando na maior FL no T1 em relação ao T3. Entretanto, considera-se que a *Egeria densa* apresenta distribuição reduzida em locais com intensa ressuspensão de sedimento e, portanto, presume-se que em ambientes naturais a resposta fotossintética seria semelhante ao T3. Dessa maneira, considera-se que a presença de glitter interfere na absorção de luz necessária aos processos fotossintéticos, reduzindo esse processo, possibilitando um desequilíbrio no ecossistema.

**Palavras-chave:** Fotossíntese; Radiação subaquática; Ressuspensão; Reflexão

## ABSTRACT

The removal of the microplastics glitter by fluxing results in its disposal in sewage treatment plants or deposition directly in aquatic ecosystems, enabling a broad interaction with biota. In this context, this study analyzed the photosynthetic rates (by the light and dark bottle method) of the submerged macrophyte *Egeria densa* in the presence of three concentrations of glitter: 0.0235 g (T1/T4), 0.0117 g (T2/T5) and 0.0058 g (T3/T6), as well in its absence (control treatment, CT1 and CT2). We tested 800 apical fragments of *E. densa* distributed in 8 subtreatments (4 under light conditions and 4 in the dark to obtain respiration) with 100 macrophyte fragment in each). The highest net photosynthesis rate (NP = gross photosynthetic (GP) rate subtracted from respiration (RD)) of *E. densa* was observed in the CT1, showing differences of 13.0%, 32.8% and 59.3% higher compared to T1, T2 and T3, respectively. Only the P N in T1 was not significant ( $p > 0.05$ ) compared to the other glitter concentrations (T2 and T3). In T1, the highest mean respiration rate (RD) of *E. densa* was observed, and in T3, the lowest. The presence of glitter may have increased the reflectance, as it is a suspended particle, and resulted in the predominance of regular reflection, common in a well-polished metallic surface. The glitter reflects radiation decreasing the light absorption, altering the utilization of underwater radiation by *E. densa*. The larger amount of microplastics may result in the continuous reflection of radiation between the suspended glitter particles, allowing them to remain in the bottle, resulting in the higher NP in T1 compared to T3. However, it is considered that *Egeria densa* has a reduced distribution in places with intense sediment resuspension, and therefore it is assumed that in natural environments the photosynthetic response would be represented by T3. We concluded that the presence of glitter interferes with the absorption of light necessary for photosynthetic processes, reducing it, enabling an imbalance in the metabolism of the ecosystem.

**Keywords:** Photosynthesis; Underwater radiation; Resuspension; Reflection

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

E. densa – *Egeria densa*

FL – Fotossíntese Líquida

FB – Fotossíntese Bruta

PEAD – Polietileno de alta densidade

PEBD – Polietileno de baixa densidade

PVC – Policloreto de vinila

PPB – Produção primária bruta

PP – Polipropileno

PS – Poliestireno

PVC – Policloreto de vinila

RE – Respiração

TC1 – Tratamento controle 1

TC2 – Tratamento controle 2

T1 – Tratamento 1

T2 – Tratamento 2

T3 – Tratamento 3

T4 – Tratamento 4

T5 – Tratamento 5

T6 – Tratamento 6

T7 – Tratamento 7



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização do Departamento de Botânica e do Departamento de Hidrobiologia, São Carlos, SP. .... 19
- Figura 2: Localização da Represa do Rio Monjolinho, São Carlos, SP..... 19
- Figura 3: Tratamentos na presença de glitter. (A) frascos submetidos a radiação com macrófitas na presença do glitter e (B) frascos isolados da radiação com macrófitas com glitter..... 20
- Figura 4: Tratamento com 0,0235 g do microplástico glitter, submetido à radiação de 47,25  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  RFA. .... 20
- Figura 5: Análise da concentração de oxigênio após a incubação no sistema de germinação .... 22
- Figura 6: Determinação da massa seca da macrófita em balança analítica (modelo M214Ai, marca Bel Engineering; precisão 0,0001 grama)..... 23
- Figura 7: Diagrama de caixa da: (A) fotossíntese líquida (FL em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ), (B) respiração (RE em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ) e (C) fotossíntese bruta (FB em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ) entre os tratamentos sem e com glitter..... 26

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Descrição dos tratamentos do estudo..... 21
- Tabela 2: Taxas de fotossíntese líquida (FL em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ), respiração (RE em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ) e fotossíntese bruta (FB em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ) dos Tratamentos 1 a 6 (com glitter) e 7 e 8 (sem glitter). .... 24

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	12
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
<b>3.1. PLÁSTICO</b> .....	12
<b>3.2. MICROPLÁSTICOS</b> .....	14
<b>3.3. GLITTER</b> .....	15
<b>3.4. MACRÓFITAS AQUÁTICAS: EGERIA DENSA</b> .....	16
<b>3.5. PRODUTIVIDADE DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS</b> .....	17
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	18
<b>4.1. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	18
<b>4.2. EXPERIMENTO</b> .....	19
<b>4.3. ANÁLISE DE DADOS</b> .....	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	30
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS</b> .....	31
<b>APÊNDICE A</b> .....	47
<b>APÊNDICE B</b> .....	51
<b>APÊNDICE C</b> .....	55
<b>APÊNDICE D</b> .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

Sendo considerado um microplástico primário (HORTON et al., 2017; YURTSEVER, 2019a), o glitter é usualmente elaborado do Mylar™, um polímero plástico específico do poliéster BoPET (YURTSEVER, 2019a) e, visando uma alta refletividade, é revestido por alumínio (LOCHER et al., 2018), bismuto, titânio ou ferro (YURTSEVER, 2019b). Apresenta ponto de fusão de 260°C, densidade de 1,38 g cm<sup>-3</sup> e é insolúvel em água (LOCHER et al., 2018). O glitter é produzido e comercializado com uma ampla diversidade de cores e formas (hexagonais, triangulares, estrelas, entre outras), e aplicados em diversos produtos (como bolsas, sapatos, EVA e joias), dos quais tendem a se desprender em função do uso, ou, caso permaneçam nos objetos, encaminhados aos aterros, sendo possível contaminar o ecossistema (YURTSEVER, 2019a).

As dimensões do glitter variam de 50 µm até 6250 µm, sendo usualmente aplicados em cosméticos os de tamanho de 100 µm e 200 µm (BLACKLEDGE & JONES, 2007). De fácil aderência à pele, seja pela força elétrica estática, pelo tamanho reduzido ou óleos dérmicos, a remoção do glitter usualmente é feita através do enxague, resultando em um descarte direto nas estações de tratamento de águas residuais (TAGG & IVAR DO SUL, 2019; YURTSEVER, 2019a), e assim como os outros microplásticos, com provável acumulação no lodo das estações de tratamento de esgoto (TAGG & LABRENZ, 2018), ou então liberação no efluente para o ecossistema aquático (MURPHY et al., 2016).

Muitas espécies aquáticas habitam as águas interiores, como as macrófitas aquáticas, que desempenham diversas funções ecológicas (WAGNER et al., 2014; LAMBERT et al., 2014) e podem entrar em contato com os microplásticos. De acordo com Graneli & Solander (1988) as macrófitas aquáticas permitem que exista um fluxo constante de nutrientes, devido à absorção, acumulação e liberação dos mesmos, contribuindo com matéria orgânica na cadeia alimentar (CUNHA-SANTINO et al., 2010); na qual desempenham um papel primário (CELLAMARE et al., 2012); ampliam a heterogeneidade espacial (CATIAN et al., 2012) devido à adição de estruturas no ambiente (WEAVER et al., 1997); atuam como indicadores limnológicos, apresentando um comportamento que reflete as condições ambientais (MELZER, 1999), entre outros.

*Egeria densa* (Planch), pertencente à família Hydrocharitaceae, conhecida popularmente como elódea brasileira, é uma planta perene herbácea, de água doce, submersa e enraizada. É uma macrófita nativa da América do Sul, sendo encontrada em ambientes de fluxo lento de água. Esta espécie está presente em pelo menos 27 países ao redor do mundo,

tanto em regiões subtropicais quanto temperadas (HUSSNER & LOSCH, 2005; YARROW et al., 2009). Bancos de *Egeria densa* são frequentemente dominantes em águas claras com atenuação de pouca radiação (CARRILLO et al., 2006) e temperatura variando entre 16 e 28 °C (BARKO & SMART, 1981); essas condições foram atendidas nos experimentos realizados nessa etapa do projeto.

A produtividade e o ecossistema podem ser submetidos a modificações devido a alterações na biomassa ou composição das macrófitas, com impactos no ciclo de nutrientes, na biota e nas características físico-químicas do lago (CARPENTER & LODGE, 1986). Segundo Schwarz & Hawes (1997), a claridade da água pode ser um fator limitante na área ocupada e na biomassa da macrófita submersa, reduzindo ambas. Funções de força abióticas como temperatura, transparência, pH, alcalinidade e condutividade (em ordem decrescente de relevância), além de nutrientes, intervêm na distribuição das macrófitas aquáticas (LACOUL & FREEDMAN, 2005).

Portanto, o processo fotossintético e a produtividade primária das macrófitas submersas podem ser limitados principalmente pela luz (CHEN & COUGHNOUR, 1996). Sendo assim, considera-se que a presença do glitter, independente da concentração, resulte em interferência nos caminhos da radiação solar (i.e., absorção e reflexão) subaquática e em efeitos semelhantes às condições de elevada turbidez e, conseqüentemente, a diminuição nas taxas fotossintéticas de *Egeria densa*.

## **2. OBJETIVOS**

Verificaram-se os efeitos do microplástico glitter, em coloração verde, nas quantidades de 0,0235 g, 0,0117 g, e 0,0058 g nas taxas fotossintéticas da macrófita aquática submersa *Egeria densa*.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. PLÁSTICO**

O plástico é um material sintético composto de hidrocarbonetos, e que são desenvolvidos através de reações químicas no gás natural e petróleo bruto. As propriedades particulares dos polímeros, como flexibilidade, rigidez, transparência, e opacidade variam de acordo com os tipos de polimerização. O plástico adquire aspectos específicos de brilho, maleabilidade, textura, entre outras características, quando acrescentado diferentes aditivos (BILBAO, 2015).

O primeiro tipo foi desenvolvido com celulose, em 1862, e apresentava manutenção da forma quando refrigerado, e possibilidade de modelagem quando aquecido. Em 1912, foi patenteado o policloreto de vinila (PVC), que ascendeu rapidamente após a descoberta de sua produção com matéria-prima barata, utilizando o cloro, resíduo da produção de soda cáustica.

Atualmente, alguns dos polímeros produzidos são: Tereftalato de Polietileno (PET), encontrado nas fibras de poliéster e garrafas de bebidas; o Polietileno de alta densidade (PEAD) em canos para gás e água potável; o Policloreto de vinila (PVC) em botas e cabos elétricos; o Polietileno de baixa densidade (PEBD) em sacolas plásticas; o Polipropileno (PP) em para-choques; o Poliestireno (PS) em embalagens de alimentos, entre outros (CATERBOW & SPERANSKAYA, 2020b). A manufatura do plástico tem baixo custo, apresenta uma boa resistência à corrosão e temperatura, além da boa isolamento elétrica (ELIAS, 2015). Tais propriedades promovem a crescente incorporação do plástico na sociedade consumista (THOMPSON et al., 2009; ELIAS, 2015).

Corantes, retardadores de chama e plastificantes são empregados nos plásticos visando aperfeiçoar suas propriedades, muitos prejudiciais para a saúde e o meio ambiente (CATERBOW & SPERANSKAYA, 2020b). Os plásticos podem ser classificados em convencionais, bioplásticos e oxibiodegradáveis, de acordo com o grau de degradação. Embora os dois últimos apresentem em sua composição gorduras vegetais capazes de reduzir o tempo de permanência do plástico no ambiente, e outros compostos aceleradores da degradação, o processo também depende de uma série de condições ambientais, como concentração de oxigênio dissolvido, temperatura, e incidência de luz solar (sensu compilação de ROJO-NIETO & MONTOTO, 2017).

Em média, são produzidas cerca de 400 milhões de toneladas de plástico, sendo apenas 9% recicladas: isso representa, aproximadamente, 9,2 bilhões de toneladas fabricadas entre 1950 e 2017. O Brasil é classificado como o quarto país que mais produz lixo plástico (CATERBOW & SPERANSKAYA, 2020a), com taxa de reciclagem de apenas 1,28% (cerca de 145 mil toneladas) para as 11,3 milhões de toneladas anuais de resíduos plásticos, muito abaixo da média global de reciclagem. Embora o problema da produção de resíduos plásticos seja global, a situação do Brasil é alarmante, pois as toneladas de plásticos são frequentemente descartadas irregularmente, ou então depositadas nos aterros sanitários. O verão de 2018-2019, por exemplo, apresentou recordes nos registros de animais mortos nas praias brasileiras por ingestão de plásticos (TELES, 2020).

### 3.2. MICROPLÁSTICO

Os resíduos plásticos podem ser categorizados em macroplásticos e microplásticos (sensu compilação de ROJO-NIETO & MONTOTO, 2017). Embora exista a necessidade de uma definição comumente aceita de microplásticos (BRENNHOLT & REIFFERSCHIED, 2018), estabelece-se o limite superior do tamanho destes de 5 mm, visto que inclui uma variedade de partículas pequenas que podem ser ingeridas por organismos. Aqueles que, já na fase da fabricação, são produzidos com tamanho microscópico ( $< 500 \mu\text{m}$ ), são denominados de primários, como as microesferas aplicadas em alguns produtos cosméticos (sensu compilação de NIETO & MONTOTO, 2017) e pastas de dentes. Os secundários, por sua vez, apresentam formação pela desintegração de detritos plásticos maiores (LAMBERT & WAGNER, 2018) pela radiação, ação das ondas, temperatura, entre outros fatores (PAOLI, 2008).

Apresentando diferentes propriedades individuais, como a densidade, os microplásticos podem ser encontrados flutuando, em dispersão ou no sedimento. Dessa maneira, interagem amplamente com a biota do ecossistema de água doce, se infiltrando em diversos níveis tróficos das teias alimentares aquáticas (SCHERER et al., 2018). O tamanho das partículas do microplástico determina o estresse causado nos organismos (BESSELING et al., 2013). Além disso, há evidências de transferência dos microplásticos por cadeia trófica, por exemplo, de mexilhões para caranguejos (FARREL & NELSON, 2013). As partículas, portanto, são transferidas da presa para o predador, nos quais podem ser retidas por um bom tempo, embora não esteja estabelecido se o processo resultaria em biomagnificação ou bioacumulação (LAMBERT & WAGNER, 2018).

Ademais, os microplásticos apresentam outros problemas, como resultar no branqueamento e necrose de tecido de corais (REICHERT et al., 2018), colonização por comunidades microbianas (JIANG et al., 2018), e absorção de compostos orgânicos poluentes (TEUTEN et al., 2009). Além disso, foi verificado que as lâminas das macroalgas e superfícies das plantas marinhas podem reter as partículas de microplástico, aumentando a biodisponibilidade dessas partículas (SENG et al., 2020), possivelmente através de incrustação das partículas na matriz de epibiontes associados (GOSS et al., 2018; SENG et al., 2020), aderência devido à camada de polissacarídeos (GUTOW et al., 2016) e revestimento bacteriano (RUMMEL et al., 2017) na superfície das macroalgas.

Pesquisas também investigaram a interação entre microplásticos e processos fotossintéticos de plantas. Segundo Sjollema et al. (2016), embora os microplásticos tenham

reduzido a intensidade da luz, a fotossíntese de uma microalga marinha não foi afetada em condições laboratoriais. Zhao et al. (2019) registraram que tanto a eficiência fotossintética quanto o conteúdo de clorofila da microalga marinha *Karenia mikimotoi* diminuíram em contato com microplásticos de policloreto de vinílica (PVC). Wu et al. (2019) registrou a inibição das atividades fotossintéticas das algas de água doce, de acordo com o tipo e quantidade do microplástico utilizado. Diante disso, conclui-se que a influência dos microplásticos em processos fotossintéticos apresenta dependência da espécie do organismo estudado, da composição, tamanho e quantidade do microplástico.

Com a intensificação dos estudos no início dos anos 2000 acerca da presença dos microplásticos no ambiente aquático, estes foram considerados contaminantes de preocupação emergente (sensu compilação de LAMBERT & WAGNER, 2018; WU et al., 2018). Entretanto, atualmente é limitada a pesquisa focada nos efeitos dos microplásticos na biota do ecossistema de água doce (SCHERER et al., 2018), sendo tais estudos significativamente menores que os do ambiente marinho (WU et al., 2018): cerca de apenas 3,7% dos documentos contendo a palavra “microplásticos” apresentam também o termo “água doce” (LAMBERT & WAGNER, 2018).

Assim, embora existam evidências de que esse ecossistema esteja exposto aos riscos das partículas de plásticos (SCHERER et al., 2018), esta pressão antrópica no compartimento aquático é o menos investigado (BRENNHOLT & REIFFERSCHIED, 2018). Há uma demanda para a realização de análises mais sofisticadas, devido ao pequeno tamanho dos microplásticos (KLEIN et al., 2018), e que seja compreendido a ocorrência e efeitos dos mesmos nos ecossistemas de água doce, habitat de diversas espécies com importância econômica e ecológica (WAGNER et al., 2014; LAMBERT et al., 2014).

### **3.3. GLITTER**

Segundo Whitney et al. (2002), estão presente no glitter partículas do cobre, latão, alumínio, ouro e prata estão inclusos no glitter, além de materiais orgânicos, como politereftalato de etileno, polivinil butiral, polimetil-metacrilato. Dentre os tipos existentes, o glitter metálico reflete mais intensivamente, e o custo do metal é alto e há possibilidade de oxidação e corrosão de alguns desses (o cobre e o alumínio, por exemplo) em exposição a água ou ar. O glitter plástico convencional reflete a luz de maneira difusa e não ostenta um reflexo superior ao glitter metálico.

Diante a contaminação e o risco que o microplástico glitter pode resultar no ecossistema, o glitter “biodegradável” é uma alternativa cada vez mais buscada no mercado. O Laboratório de Análises Químicas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), analisando algumas amostras de glitter alternativo, estimou uma composição de 96% de mica, um mineral, e 4% de corante natural. Apesar de ser uma composição menos agressiva ao meio ambiente, o termo “biodegradável” não poderia ser aplicado, já que não é possível utilizar a mica, o componente principal do produto, como fonte de energia ou alimento (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2019).

### 3.4. MACRÓFITAS AQUÁTICAS

O grupo das macrófitas aquáticas abrange macroalgas, briófitas, pteridófitas e espermatófitas (DENNY, 1985 apud CHAMBERS et al., 2008; PIETERSE, 1990 apud CHAMBERS et al., 2008). Apresenta, portanto, grande diversidade, sendo composto por organismos fotossintéticos e visíveis ao olho nu. As dimensões de tamanho podem variar desde 0,5 mm de diâmetro, pertencente a menor angiosperma do mundo, da espécie *Wolffia sp.*, até 2,5 m de diâmetro, tamanho da *Victoria amazônica*. As macrófitas podem ser classificadas em: flutuantes, que flutuam na superfície da água; de folhas flutuantes, quando são enraizadas, porém suas folhas flutuam; ou podem estar submersas, quando enraizadas ou associadas com o substrato e crescendo completamente submersa; e emergentes, enraizadas e com a parte foliar no ar (CHAMBERS et al., 2008).

Habitando diversos ecossistemas aquáticos (CHAMBERS et al., 2008) a abundância e distribuição das macrófitas aquáticas varia de acordo com alguns fatores, como ação dos herbívoros, turvação das águas, composição dos sedimentos, disponibilidade de nutrientes, ações antrópicas, temperatura, radiação solar (CUNHA-SANTINO & BIANCHINI JR, 2011), pH e condutividade (LACOUL & FREEDMAN, 2006). As macrófitas aquáticas apresentam capacidade de adaptações fisiológicas e morfológicas, de acordo com a estratégia de sobrevivência (CUNHA-SANTINO & BIANCHINI JR, 2011). Elas demonstram respostas fisiológicas (através da morte ou do seu crescimento) em condições de distúrbios antrópicos, o que as tornam eficazes bioindicadores da qualidade da água (LACOUL & FREEDMAN, 2006).

A macrófita aquática *Egeria densa*, utilizada em estudos da interferência humana em compartimentos aquáticos (e.g., DUTARTRE et al., 1999; MCGREGOR et al., 2007;



TIMCHENKO et al., 2015), é considerada nativa nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, na região Sudeste do Brasil (COOK & URMI-KONIG, 1984); porém, pode ser encontrada por todo o país (MACHADO et al., 2020a). Em geral, apresenta ocorrência simultânea com outras espécies de macrófitas aquáticas submersas, e em locais com temperatura mais alta, baixa salinidade, alta transparência nas águas e altas taxas de oxigênio dissolvido (LACET et al., 2019).

A *E. densa* é capaz de absorver nutrientes da coluna d'água de maneira eficiente, como amônia, e principalmente, fósforo. Seu processo fotossintético é realizado no caule e nas folhas, e a planta pode ser encontrada em locais com intensidade de luz alta e moderada (FEIJÓ et al., 2002). Um dos fatores limitantes para o seu desenvolvimento é a turbidez da água, visto que atenua a luminosidade no corpo hídrico, prejudicando a macrófita (BINI & THOMAZ, 2005). Além da turbidez, o pH também influencia no crescimento da *E. densa* (PEZZATO & CAMARGO, 2004). Machado et al. (2020a) registraram os seguintes fatores: o potencial de proliferação da *E. densa* foi intensificado sob a temperatura de 27 °C, já que essa aumentou o crescimento e a quantidade de raízes, ramos; o crescimento tendeu a diminuir com nitrogênio e aumentar com potássio; e a turbidez, em geral, comprometeu o comprimento da macrófita.

### **3.5. PRODUTIVIDADE DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS**

Para que se efetue a dinâmica de matéria orgânica e de energia nos compartimentos aquáticos, a produtividade é um processo essencial (ESTEVES, 1988). Os aspectos químicos e físicos do sedimento e da água influenciam na produtividade das macrófitas (WETZEL, 2001), que, especialmente em locais com correnteza de velocidade baixa e pouca profundidade, é elevada e varia de acordo com a espécie (ESTEVES, 1988). Com adição de matéria orgânica, por exemplo, espécies submersas tendem a apresentar uma maior inibição de crescimento em relação às espécies emergentes (BARKO & SMART, 1983), e, portanto, uma menor produtividade.

A disponibilidade de nutrientes, como nitrogênio e fósforo constituem-se como dois fatores que influenciam a produção primária das macrófitas, como verificado por Thomaz et al. (2007), que registraram uma relação positiva entre a produção de biomassa de *Egeria najas* com a disponibilidade desses nutrientes no sedimento. Dessa maneira, a produção primária de espécies flutuantes, emersas e submersas pode aumentar em uma situação de eutrofização artificial (BIUDES & CAMARGO, 2008).

A produtividade das macrófitas também estabelece uma relação direta com a temperatura (MENENDEZ & PEÑUELAS, 1993; MENENDEZ & SANCHES, 1998), visto que influencia a velocidade das reações químicas desses organismos (KIRK, 1994). Altas temperaturas, por exemplo, aceleram o metabolismo e favorecem a produção primária (GENEVIÈRE et al., 1997); porém, a faixa de temperatura considerada ótima para o crescimento da macrófita varia de acordo com a espécie. A dinâmica sazonal da produtividade desses organismos em regiões temperada apresenta grandes variações devido às estações bem definidas, com temperaturas e radiação luminosa diferentes ao longo do ano (BIUDES & CAMARGO, 2008), resultando, por exemplo, em abundância no verão e desaparecimento no inverno (EVERITT & BURKHOLDER, 1991). Em regiões tropicais, com as temperaturas não tão bem definidas durante as estações do ano, a variabilidade da produção primária pode ser menor (BIUDES & CAMARGO, 2008; BONOCCHI, 2006).

Ademais, a luz também consiste em um fator direto para a produtividade primária (MENENDEZ & PEÑUELAS, 1993; MENENDEZ & SANCHES, 1998), já que é essencial para a realização da fotossíntese. Em geral, uma radiação fotossinteticamente ativa alta (RFA) resulta no aumento das taxas fotossintéticas, até o nível de saturação (COSBY et al., 1984). Pezzato & Camargo (2004), em um estudo com a macrófita aquática *Egeria densa*, registraram uma maior quantidade de radiação fotossinteticamente ativa na estação do outono, e conseqüentemente, uma produção primária bruta (PPB) mais elevada. Assim, há uma relação positiva entre a RFA e PPB da *Egeria densa*, porém a quantidade ideal de RFA varia com a espécie da macrófita, já que algumas são mais bem adaptadas a condições de sombras (CAMARGO et al., 2006). É importante ressaltar que em altas taxas de RFA há possibilidade de inibição da fotossíntese (PLAT et al., 1980) e o desenvolvimento da planta (RUBIM & CAMARGO, 2001).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. ÁREA DE ESTUDO**

As macrófitas utilizadas nos experimentos foram coletadas no Jardim Experimental do Departamento de Botânica (21° 59' 00, 37" S 47° 52' 47, 42" W), nos meses de janeiro e junho, e os bioensaios desenvolvidos no Laboratório de Bioensaios e Modelagem Matemática no Departamento de Hidrobiologia/UFSCar, durante o período de janeiro a setembro. Os dois departamentos (Figura 1) e a represa do Monjolinho (Figura 2), local em que foi recolhida a

água dos bioensaios, estão localizados na Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos.



Figura 1: Localização do Departamento de Botânica e do Departamento de Hidrobiologia, São Carlos, SP.  
Fonte: Google Maps (2019).



Figura 2: Localização da Represa do Rio Monjolinho, São Carlos, SP.  
Fonte: Google Maps, 2019.

## 4.2. EXPERIMENTO

No total, foram coletados 800 fragmentos (ca. 8 cm) de *Egeria densa*, sendo 100 utilizados em cada tratamento ( $n = 8$  tratamentos). As taxas fotossintéticas foram analisadas pelo método de frascos claros e escuros (STRICKLAND, 1960; VINATEA et al., 2010), como retratado na Figura 3.



Figura 3: Tratamentos na presença de glitter. (A) frascos submetidos a radiação com macrófitas na presença do glitter e (B) frascos isolados da radiação com macrófitas com glitter.  
Fonte: Arquivo pessoal (2020).

Os tratamentos contemplados foram: macrófitas na presença do glitter (0,0058 g, 0,0117 g, e 0,0235 g) com radiação (T1, T2 e T3, respectivamente, retratados na Figura 4) e sem radiação (T4, T5, e T6, respectivamente) e macrófitas sem glitter submetidos a radiação (tratamento controle, TC1) e isolados da mesma (tratamento controle, TC2), como descrito na Tabela 1 a seguir. O glitter utilizado nesse estudo apresentou partículas com variação de tamanho de 0,063 mm até 0,71 mm.



Figura 4: Tratamento com 0,0235 g do microplástico glitter, submetido à radiação de  $47,25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  RFA.  
Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Tabela 1: Descrição dos tratamentos do estudo.

Descrição dos tratamentos		Concentração de glitter (g)	Tratamentos
Com glitter	Com radiação	0,0058	T1
		0,0117	T2
		0,0235	T3
	Sem radiação	0,0058	T4
		0,0117	T5
		0,0235	T6
Sem glitter	Com radiação	0	TC1
	Sem radiação	0	TC2

Fonte: Elaboração própria (2021).

Durante a escrita do projeto de pesquisa (2019) para o financiamento pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, as concentrações de glitter foram determinadas com base na mesma ordem de grandeza dos experimentos realizados com acumulação de micro e nanoplásticos em ostras (GASPAR et al. 2018), e, portanto, não representam as concentrações encontradas na natureza, sendo uma simulação laboratorial.

Para os tratamentos com a presença do glitter (T1 a T6), uma balança analítica (modelo M214Ai, marca Bel Engineering; precisão 0,0001 g) foi utilizada para determinar as massas do microplástico utilizadas: ca. 0,0235g, 0,0117g, e 0,0058g, para esse procedimento utilizou-se uma espátula com microcolher. Recentemente, estimou-se que a liberação diária de partículas de glitter em resíduo de lodo ativado e efluente de uma estação de tratamento de água é de  $2.7 - 3.0 \times 10^7$  e  $2.5 - 2.7 \times 10^6$ , respectivamente (RAJU et al., 2020).

Visando a retirada de detritos dos ramos das macrófitas aquáticas (PEZZATO & CAMARGO, 2004), considerando que estas podem reter diversas partículas (SCHULZ et al., 2003), as macrófitas foram lavadas com jatos suaves de água corrente e, na sequência destilada. Foram selecionados fragmentos apicais de 7 cm e inseridos em frascos de DBO com volume de 300 ml, preenchidos, de acordo com Pezzato & Camargo (2004) e visando simular o ambiente natural com maior similaridade, com água ambiente, ou seja, coletada da represa do Monjolinho (22° 00' S e 47° 54' O), na Universidade Federal de São Carlos. Após a coleta, foi necessário remover o material particulado da água com uso do papel filtro

qualitativo ( $\phi$  tamanho de poro = 3  $\mu\text{m}$ ). De acordo com Sotero-Santos et al. (2010), no ano de 2010 a represa do Monjolinho apresentou pH variado de 5.86 à 9.45 (ácido à básico), oxigênio dissolvido variando de 4.89  $\text{mg L}^{-1}$  até 14.43  $\text{mg L}^{-1}$ , e concentrações altas de nutrientes, como nitrogênio e fósforo.

Em cada incubação ( $n = 800$ ) foram analisadas as concentrações iniciais do oxigênio dissolvido na água com oxímetro (marca YSI, modelo 58), antes de se inserir os fragmentos de *E. densa* nos frascos de DBO. Na sequência, os frascos foram incubados em um sistema de germinação por duas horas (adaptado de PEZZATO & CAMARGO, 2004) sob a incidência da radiação ( $47,25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  RFA (MACHADO et al., 2020; WANDERLEY et al., 2021); temperatura média:  $23,3 \pm 1,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ), condições similares a de Rodrigues & Thomaz (2010) (variação até  $200 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  RFA a  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ ), e agitação gentilmente constante para que o glitter permanecesse suspenso, garantindo a homogeneidade no mesmo nos frascos de DBO. Em relação aos frascos sem radiação, estes permaneceram na câmara de germinação simultaneamente no agitador magnético, porém foram vedados completamente com papel alumínio.

Nova determinação da concentração de oxigênio dissolvido foi realizada em cada frasco de DBO após a incubação na luz/escuro (Figura 5). Na sequência, as macrófitas aquáticas foram retiradas dos frascos e secas na estufa de secagem (ca.  $45^\circ\text{C}$ ), até massa constante, tendo suas massas determinadas por gravimetria (modelo M214Ai, marca Bel Engineering; precisão 0,0001 g) (Figura 6).



Figura 5: Análise da concentração de oxigênio após a incubação no sistema de germinação  
Fonte: Arquivo pessoal (2020).

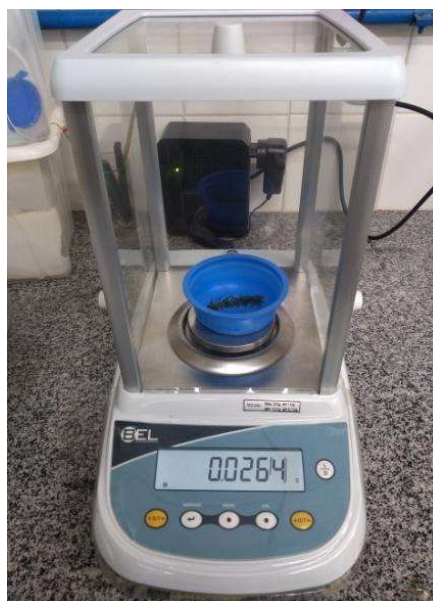


Figura 6: Determinação da massa seca da macrófita em balança analítica (modelo M214Ai, marca Bel Engineering; precisão 0,0001 grama)  
Fonte: Arquivo pessoal (2020).

A partir da obtenção dos dados foram realizados os cálculos de fotossíntese e de respiração, descritas pelas Equações 1 a 3 (LITTLER & ARNOLD, 1985).

$$FL = \frac{(c - i) \times v}{t \times MS} \quad \text{Eq. 1}$$

$$RE = \frac{(i - e) \times v}{t \times MS} \quad \text{Eq. 2}$$

$$FB = FL + RE \quad \text{Eq. 3}$$

em que: FL = fotossíntese líquida ( $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ); RE = respiração ( $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ); FB = fotossíntese bruta; c = concentração final de  $\text{O}_2$  no frasco claro ( $\text{mg L}^{-1}$ ); e concentração final de  $\text{O}_2$  no frasco escuro ( $\text{mg L}^{-1}$ ); i = concentração de  $\text{O}_2$  no frasco inicial ( $\text{mg L}^{-1}$ ); v = volume do frasco de incubação (L); t = tempo de incubação (h) e MS = massa seca de planta incubada (g).

### 4.3. ANÁLISE DE DADOS

Para a verificação das diferenças entre os resultados de fotossíntese líquida (obtidos pelas incubações no claro) e respiração (obtidos pelas incubações no escuro) de *E. densa* com a presença e a ausência de glitter, foi realizado o teste de homogeneidade (D'Agostino-Pearson). Uma vez que a normalidade não foi confirmada, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, sendo o valor de  $p < 0,05$  considerado estatisticamente

significativo. Também foi aplicado o Teste de Comparação Múltipla de Dunn, possibilitando classificar as diferenças entre os tratamentos em: extremamente significativo, muito significativo, significativo e sem diferença significativa.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de fotossíntese líquida (FL), respiração (RE) e fotossíntese bruta (FB) para os 8 tratamentos (6 com glitter e 2 sem glitter) são indicados na Tabela 2 e Figura 6.

Tabela 2: Taxas de fotossíntese líquida (FL em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ), respiração (RE em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ) e fotossíntese bruta (FB em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ) dos Tratamentos 1 a 6 (com glitter) e 7 e 8 (sem glitter).

Tratamentos	Média	DP	Mínimo	Máximo
FL sem glitter	7,60	0,47	0,28	22,54
FL com glitter (0,0058g)	3,09	0,18	0,51	10,80
FL com glitter (0,0117g)	5,11	0,57	0,37	46,20
FL com glitter (0,0235g)	6,71	0,35	0,03	14,87
RE sem glitter	2,18	0,14	0,06	7,38
RE com glitter (0,0058g)	1,25	0,06	0,21	3,53
RE com glitter (0,0117g)	2,20	0,24	0,19	14,30
RE com glitter (0,0235g)	2,29	0,19	0,20	12,06
FB sem glitter	9,78	0,49	1,68	26,30
FB com glitter (0,0058g)	4,34	0,19	1,34	11,98
FB com glitter (0,0117g)	7,31	0,64	1,19	48,79
FB com glitter (0,0235g)	9,01	0,41	0,98	20,47

Fonte: Elaboração própria (2020).

Em relação à FL, os exemplares de *Egeria densa* que não foram submetidos à presença do glitter apresentaram a segunda maior variação (mínimo de  $0,28 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  e máximo de  $22,54 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ) e maior valor da taxa fotossintética ( $7,60 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ), em relação aos demais tratamentos. Em T1 a FL foi a menor dos quatro tratamentos (T1, T2, T3 e TC1) ( $3,09 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ); mostrando uma variabilidade de ca. metade da flutuação dos exemplares que não foram submetidos a presença do glitter (mínimo de  $0,51 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  e máximo de  $10,80 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ). A maior variação entre os quatro tratamentos (T1, T2, T3 e CT1) foi apresentada em T2 (mínimo de  $0,37 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  e máximo de  $46,20 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ).

No teste de normalidade aplicado às taxas de FL, apenas T3 apresentou  $p > 0,05$  ( $p = 0,2352$ ). Quando aplicado o Teste de Comparação Múltipla de Dunn (Apêndice D), apenas

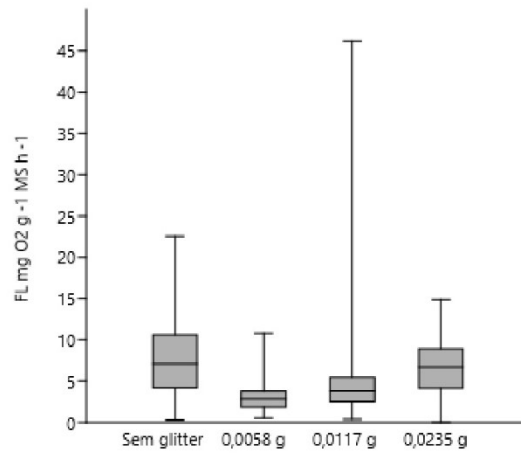


TC e T3 não apresentaram diferença estatisticamente significativa, embora se tenha registrado uma diferença de 13%. Entre os outros tratamentos foram registradas diferenças muito e extremamente significativas ( $p \leq 0,001$ ). A FL dos exemplares de *Egeria densa* que não foram submetidos à presença de glitter foi 1,5 e 2,5 vezes maior em relação à FL das macrófitas com a presença de 0,0117 g e 0,0058 g do microplástico, diferenças extremamente significativas de 32,76% e 59,34%, respectivamente. T3 apresentou FL 1,31 e 2,17 vezes maior em relação a FL de T2 e T1, uma diferença muito significativa ( $p \leq 0,01$ ) de 23,85% e 46,05% respectivamente. A FL de T2 foi 1,65 vezes maior que a FL de T1 (diferença de 39,53%).

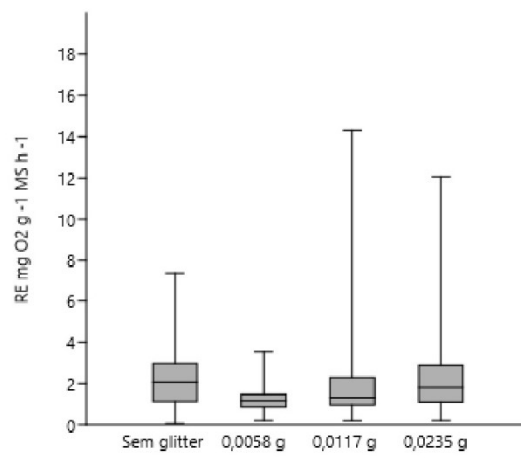
As taxas médias de RE nos quatro tratamentos (T4, T5, T6 e TC2) foram mais próximas em comparação com as taxas médias de FL (Tabela 2), sendo que T4 apresentou o menor valor e variação, e T6 o maior valor. Nenhum desses tratamentos obteve valor de alfa  $> 0,05$  no teste de normalidade. A taxa média de Respiração de TC2 foi 1,74 vezes maior em relação a T4; RE de T6 foi 1,83 vezes maior que T4; e RE de T5 foi 1,76 vezes maior que T4. Foram registradas diferenças extremamente significativas entre TC2 e T4 (sendo TC2 1,74 vezes maior, e uma diferença de 42,66%), e entre T4 e T6 (sendo o T6 1,83 vezes maior, e uma diferença de 45,42%). T5 apresentou RE 1,76 vezes maior em relação a T4, uma diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) de 43,18% (Apêndice B).

Ao comparar a FL com a RE, verificou-se que o processo fotossintético foi mais eficiente em relação ao balanço de oxigênio dissolvido que a RE, sendo em média, 3,5, 2,47, 2,32, e 2,93 vezes maior nos tratamentos sem e com glitter (0,0058 g, 0,0117 g e 0,0235 g), respectivamente. A FB é a soma entre esses dois processos (Tabela 2), não havendo diferenças significativas apenas entre o Controle e a concentração de 0,0235 g do glitter ( $p > 0,05$ ) e registrando diferenças extremamente significativas entre os outros tratamentos.

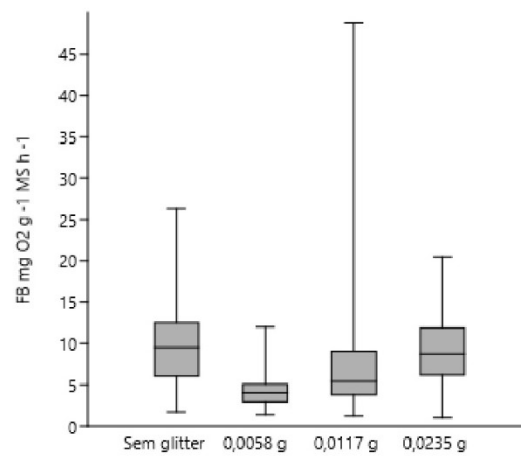
As taxas de FL, sem a presença do glitter, apresentaram maior variabilidade em comparação com as submetidas ao microplástico, como pode ser verificado pelo intervalo interquartil e mediana nos gráficos de caixa (Figura 7). T2, porém, apresentou os maiores valores atípicos (outliers). Cerca de 50% dos valores de T3 e TC1 estão acima de 2,5 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> e abaixo de 12,5 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup>, cerca de 50% dos valores de T2 estão entre 0 e 5 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> e de T1 entre 0 e 6 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup>.



A



B



C

Figura 7: Diagrama de caixa da: (A) fotossíntese líquida (FL em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ), (B) respiração (RE em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ) e (C) fotossíntese bruta (FB em  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ ) entre os tratamentos sem e com glitter.

Fonte: Elaboração própria (2020).

Em relação às taxas de RE, as variabilidades dos tratamentos com e sem glitter foram menores, com 50% dos valores no intervalo acima de  $1 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  e abaixo de  $4 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ . Os maiores valores atípicos permaneceram relacionados à concentração de 0,0117 g de glitter, porém T6 apresentou maior quantidade de outliers se comparado à FL, e ambos demonstraram assimetria positiva (dados assimétricos positivos). As taxas de FB, também, apresentaram grande variabilidade nos dados e a maior quantidade de outliers para os exemplares de *Egeria densa* submetidos à presença de 0,0117 do glitter. Verificou-se, além disso, que para T6 e TC2, 50% dos valores da FB estiveram acima de  $5 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  e abaixo de  $15 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ , e para T4 e T5, 50% dos valores se encontravam acima de  $2,5 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  e abaixo de  $10 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  (Figura 7).

Alguns fatores abióticos limitam os processos fotossintéticos de macrófitas aquáticas, dentre eles, luz, carbono inorgânico e temperatura apresentam maior relevância (MADSEN & MABERLY, 1991). A profundidade do corpo hídrico atenua exponencialmente a luz (PEDERSEN et al., 2013) assim sua penetração pode ser reduzida pelas partículas em suspensão, pigmentos em algas planctônicas e matéria orgânica dissolvida (STAEHR et al., 2012). Considerando que as macrófitas são capazes de transformar a energia da radiação em fotossíntese (DALE & GILLESPIE, 1977), e que partículas em suspensão reduzem a penetração da luz no corpo hídrico (STAEHR et al., 2012), a presença do glitter pode ter resultado nessa diminuição, visto que se comporta como um sedimento em suspensão, e que as taxas fotossintéticas foram menores nas incubações de *E. densa* com o microplástico. Apesar de resultar em efeitos semelhantes ao de turbidez, o acréscimo do microplástico glitter possivelmente não ocasionaria em adição de nutrientes, situação semelhante para a turbidez originada por partículas de solo (MACHADO et al., 2020b).

Além disso, deve-se ponderar que na superfície da água há possibilidade de ocorrer a refletividade, transmissão e absorção da energia incidente, sendo que a quantidade e qualidade das partículas em suspensão determinam se essa será absorvida, dispersa e transmitida. A reflectância da água varia de acordo com a sua superfície e a interação com a radiação solar direta, sua difusão e a transmissão. Naturalmente, a superfície da água reflete uma parte da radiação solar direta (NOVO et al., 1989); mas, a reflectância aumenta como resultado da elevação de sedimentos em suspensão (BHATTI & NASU, 2007). Ademais, quanto menor a

dimensão da partícula, maior sua reflectância (HOLYER, 1978). Dessa maneira, o microplástico glitter, atuando como um sedimento em suspensão, aumentou a reflectância da água, refletindo a energia da radiação em maior intensidade e diminuindo o processo de absorção, assim, a radiação subaquática pode ter sido comprometida.

Considerando que a reflectância de metais é muito intensa (STENZEL, 2016) e que o glitter contém partículas de metal para obter uma alta refletividade (LOCHER et al., 2018; YURTSEVER, 2019b), esse microplástico também se comportou como uma superfície refletora. Segundo Stenzel (2016), a luz pode ser absorvida ou dispersa no volume ou na superfície do corpo, ou então transmitida ou refletida (parcialmente ou totalmente). A maior quantidade de microplástico pode resultar na reflexão contínua da energia de radiação entre as próprias partículas de glitter, aumentando a possibilidade de a luz permanecer dentro do frasco, o que poderia explicar a maior taxa fotossintética líquida e bruta no T1 (0,0235 g) do que no T3 (0,0058 g). Esse efeito pode ocorrer nos ecossistemas aquáticos, em pontos específicos com ressuspensão de partículas em função do fluxo hidrodinâmico ou ressuspensão induzida pelo vento (BERTRIN et al., 2017), em que a *E. densa* coloniza os remansos de ambientes lóticos (PEZZATO & CAMARGO, 2004) ou as zonas litorâneas dos ambientes lênticos (VÁRI, 2013).

Deve-se considerar ainda que a energia da onda (formada pelo fetch) é uma das limitações para a distribuição das macrófitas submersas, sendo que algumas espécies apresentam áreas de preferência para colonização onde a suspensão de sedimentos e mistura de água é menor (CHAMBERS, 1987), como a *Egeria densa*, que tem distribuição reduzida nos locais em que o movimento da água, e conseqüentemente a ressuspensão de sedimentos, é maior (BERTRIN et al., 2017). Portanto, é possível presumir que em ambientes naturais, a resposta fotossintética de *Egeria densa* seria semelhante ao Tratamento 3, considerado a ressuspensão reduzida dos microplásticos e as dimensões maiores do corpo hídrico em comparação com os bioensaios utilizados nesse estudo, resultando em um espaço e distanciamento mais amplo entre as partículas de glitter ressuspendidas.

Assim, o glitter interferiu na radiação que poderia ser absorvida nos processos fotossintéticos. Segundo Morini & Muleo (2003), a luz regula o crescimento e desenvolvimento das plantas, se relacionando diretamente com as taxas de fotossíntese das macrófitas submersas (MENENDEZ & PEÑUELAS, 1993; MENENDEZ & SANCHES, 1998), sendo extremamente essencial para os processos fotossintéticos (FREEDMAN & LACOUL, 2006). Portanto, a presença de microplástico pode diminuir as taxas fotossintéticas

em um banco monoespecífico de *Egeria densa*, porém esse processo não será determinante no balanço de oxigênio dissolvido nesses locais. Entretanto, deve-se destacar que a redução da taxa de fotossíntese pode prejudicar a macrófita, já que, segundo Simpson & Eaton (1986) a eficiência desse processo pode determinar o sucesso de uma espécie.

As variações entre as taxas fotossintéticas em uma mesma espécie podem ser decorrentes do estágio fenológico da planta, assim como das condições ambientais específicas nas quais a planta se desenvolve (RODRIGUES & THOMAZ, 2010), época do ano, altura em que a planta se encontra na coluna d'água (PEZZATO & CAMARGO, 2004), e temperatura (HARAMOTO & IKUSIMA, 1988). Portanto, considerando que os exemplares de *Egeria densa* utilizados na pesquisa apresentavam diferentes estágios fenológicos, de maneira a reproduzir um ambiente aquático real, e que o estudo foi desenvolvido durante diferentes estações do ano, tais aspectos podem ter influenciado nos grandes valores atípicos dos tratamentos, como os apresentados pelos T2 e T5.

Os diferentes estágios fenológicos das macrófitas são importantes, pois de outra maneira se poder-se-ia subestimar a real influência dos microplásticos. Em uma pesquisa envolvendo a espécie *Chlorella pyrenoidosa* verificou-se que do fim da fase logarítmica para a estacionária, após uma exposição às partículas microplásticas, a capacidade fotossintética, biomassa, entre outros aspectos, foram capazes de se recuperar (MAO et al., 2018). Portanto, as fases fisiológicas influenciam nos efeitos das substâncias tóxicas (HONG et al., 2008). Em relação às algas, de modo geral são as fases lag, logarítmico, estacionário e fases de senescência (TSAI et al., 2017).

De maneira geral, embora a aplicação do glitter não seja frequentemente diária, algumas situações de uso único podem resultar em uma quantidade substancial nas estações de tratamento de água residuais e, conseqüentemente nos ecossistemas aquáticos, como festivais de carnaval e outras celebrações. Entretanto, existem poucas investigações científicas considerando o glitter como um poluente microplástico, possivelmente pela pouca compreensão sobre a composição do mesmo (TAGG & IVAR DO SUL, 2019). Cerca de oito estudos diferentes documentaram partículas de glitter encontradas em amostras retiradas do ambiente, com variação nos tamanhos, formatos e cores dos microplásticos. A pequena quantidade de glitter observada poderia ser resultante de grande parte da amostragem ser realizada na superfície da água, pela não detecção do glitter durante a separação por densidade ou flotação das amostras, ou então pela dissolução do revestimento da cor em solução ácida (YURTSEVER, 2019b). É interessante destacar que a alteração do revestimento da partícula

foi possível apenas em uma situação não frequente em condições naturais e, portanto, o PET permaneceria intacto quando depositado no compartimento aquático, com maior probabilidade de interferir nas taxas fotossintéticas da macrófita devido sua superfície metálica.

Embora existam diversas restrições e subsídios para a diminuição do desperdício de plásticos descartáveis, não há medidas direcionadas para o glitter, que é introduzido no ecossistema já em pequenos fragmentos que podem se acumular no meio como um poluente. Portanto, é importante a formulação de regulamentações e restrições em relação à produção, e uso deste microplástico individual ou em outros produtos no mercado (YURTSEVER, 2019a), visto que a contínua introdução de microplásticos nos ecossistemas aquáticos se constituirá em uma grande problemática no futuro (SARIJAN et al., 2021). É necessário considerar o glitter como um microplástico contaminante, capaz de interferir em atividades essenciais para o ecossistema, como a fotossíntese de macrófitas aquáticas, devido à sua estrutura de microplástico e superfície metálica, que podem aumentar a reflectância da água e reflexão da luz. Considera-se também a possibilidade de interferência nos estômatos, como registrado por Dong et al. (2020).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os dados obtidos, é possível afirmar que o glitter interferiu na radiação subaquática. A presença do microplástico, nas quantidades de 0,0058 g (T1) e 0,0117 g (T2), apresentaram uma influência extremamente significativa, reduzindo as taxas de fotossíntese líquida da *E. densa* em cerca de 32,76% e 59,34%, respectivamente, em relação ao Tratamento Controle (TC1). Considera-se que a redução do processo fotossintético, e, conseqüentemente, do oxigênio dissolvido na água, principalmente em mais de 50% pode resultar em diversos desequilíbrios no ecossistema. As macrófitas que tiveram interação com o glitter também apresentaram maiores valores atípicos tanto na taxa média de fotossíntese líquida quanto na de respiração. Presume-se que, em ecossistema natural, os efeitos do microplástico glitter na *E. densa* seriam semelhantes aos ocorridos em T1 e T2.

Embora a diferença não tenha sido significativa entre os TC1 e o T3, registrou-se uma pequena diferença (13%) nas taxas fotossintéticas líquida e bruta, nos exemplares de *Egeria densa* submetidos à presença do glitter (na quantidade de 0,0235 gramas) são menores que as das macrófitas sem o microplástico. Dessa maneira, a presença do microplástico resulta sempre na diminuição da taxa fotossintética da macrófita submersa. O estudo conclui que esse

efeito pode ser decorrente da estrutura de microplástico das partículas, que aumentam as partículas sólidas em suspensão e do glitter apresentar superfície metálica (de alta reflectância), diminuindo a energia luminosa da luz incidente que retorna ao frasco, além de aumentar a reflectância da água, diminuindo a absorção de luz para os processos fotossintéticos. Ressalta-se a importância de mais estudos sobre a influência desse microplástico no ecossistema aquático, e futuras investigações para atribuir uma proporção de interferência dos dois fatores identificados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. W. **Aspectos ecológicos da comunidade de macrófitas aquáticas na represa do funil, MG: perspectiva para o manejo**. 2012. 154 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

ARMSTRONG, W. Aeration in higher plants. **Advances in Botanical Research**, [s. l.], v. 7, p. 225-332, 1980. DOI: 10.1016/S0065-2296(08)60089-0

BARKO, J.; SMART, R. M. Comparative influences of light and temperature on the growth and metabolism of selected submersed freshwater macrophytes. **Ecological Monographs**, [s. l.], v. 51, n. 2, p. 219-236, jun. 1981. DOI: 10.2307/2937264

BARKO, J. W.; SMART, R. M. Effects of organic matter additions to sediment on the growth on aquatic plants. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 71, p. 161-175, 1983.

BERTRIN, V.; BOUTRY, S.; JAN G.; DUCASSE, G.; GRIGOLETTO, F.; RIBAUDO, C. Effects of wind-induced sediment resuspension on distribution and morphological traits of aquatic weeds in shallow lakes. **Journal of Limnology**, [s. l.], v. 76, p. 84-96, jun. 2017. DOI: 10.4081/jlimnol.2017.1678

BESSELING, E., WEGNER, A., FOEKEMA, E. M., VAN DEN HEUVEL-GREVE, M. J.; KOELMANS, A. A. Effects of microplastic on fitness and PCB bioaccumulation by the Lugworm *Arenicola marina* (L.). **Environmental Science & Technology**, Washington, v. 47, n. 1, p. 593-600, 2013.

BHATTI, A.; NASU, S. Effect of suspended sediment concentration on remote sensing reflectance and light penetration depth. **Proceedings Symposium on Global Environment**, [s. l.], v. 15, p. 7-12, 2007. DOI: 10.2208/proge.15.7

BILBAO, A. **Desengancharse del Plástico**. Madrid: Ecologistas en Acción, 2015. 20 p.

BINI, L. M.; THOMAZ, S. M. Prediction of *Egeria najas* and *Egeria densa* occurrence in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil-Paraguay). **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 83, n. 3, p. 227-238, nov. 2005.

BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. Estudo dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. **Oecologia Australis**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 7-19, ago. 2008.

BLACKLEDGE, R. D.; JONES, E. L. Jr. de. All that glitters is gold. *In*: BLACKLEDGE, R.

D. (org.). **Forensic analysis on the cutting Edge: New Methods for trace evidence analysis**. [S. l.]: Wiley-Interscience, 2007, p. 1-32.

BONOCCHI, K. S. L. **Dinâmica populacional das macrófitas aquáticas emersas *Spartina alterniflora* Loiseleur, *Crinum procerum* Carey e *Scirpus californicus* Steud, na bacia do Rio Itanhaém, SP**. 2006. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

BRENNHOLT, N.; HEB, M.; REIFFERSCHIED, G. de. Freshwater microplastics: challenges for regulation and management. In: WAGNER, M.; LAMBERT, S. (org.). **Freshwater Microplastics, the Handbook of Environmental Chemistry**, vol. 58. Cham: Springer, 2018. p. 239-272. DOI: 10.1007/978-3-319-61615-5\_12

CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G.; ASSUMPCÃO, A. M. Primary production of *Utricularia foliosa* L., *Egeria densa* Planchon and *Cabomba furcata* Schult & Schult.f from rivers of the coastal plain of the State of São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 570, p. 35-39, 2006.

CARRILO, Y.; GUARÍN, A.; GUILLOT, G. Biomass distribution, growth and decay of *Egeria densa* in a tropical high-mountain reservoir (NEUSA, Colombia). **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 85, n. 1, p. 7-15, jul. 2006. DOI: 10.1016/j.aquabot.2006.01.006

CARPENTER, S. R.; LODGE, D. M. Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 26, p. 341-370, 1986. DOI: 10.1016/0304-3770(86)90031-8

CATERBOW, A.; SPERANSKAYA, O. de. Benção e maldição. In: FUNDAÇÃO HEINRICH BOLL. (org.). **Atlas do plástico**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2020a. p. 16-17.

CATERBOW, A.; SPERANSKAYA, O. de. Inovação em três letras. In: FUNDAÇÃO HEINRICH BOLL. (org.). **Atlas do plástico**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2020b. p. 12-13.

CATIAN, G.; LEME, F. M., FRANCENER, A.; CARVALHO, F. S.; GALLETTI, V. S.; POTT, A.; POTT, V. J.; SCREMIN-DIAS, E.; DAMASCENO-JUNIOR, G. A. Macrophyte structure in lotic-lentic habitats from Brazilian Pantanal. **Oecologia Australis**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 782-796, dez. 2012. DOI: 10.4257/oeco.2012.1604.05

CELLAMARE, M.; MORIN, S.; COSTE, M.; HAURY, J. Ecological assessment of French Atlantic lakes based on phytoplankton, phytobenthos and macrophytes. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 184, p. 4685-4708, set. 2012. DOI: 10.1007/s10661-011-2295-0

CHAMBERS, P. A.; LACOUL, P.; MURPHY, K. J.; THOMAZ, S. M.; LACOUL, P. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. **Hydrobiologia**, [s. l.], v. 595, p. 9-26, jan. 2008. DOI: 10.1007/978-1-4020-8259-7\_2

CHAMBERS, P. A. Nearshore occurrence of submersed aquatic macrophytes in relation to wave action. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s. l.], v. 44, p. 1666-1669, set. 1987. DOI: 10.1139/f87-204

CHEN, D-X.; COUGHENOUR, M. B. A mechanistic model for submerged aquatic macrophyte photosynthesis: *Hydrilla* in ambient and elevated CO<sub>2</sub>. **Ecological Modelling**, [s. l.], v. 89, n. 1-3, p. 133-146, ago. 1996. DOI: 10.1016/0304-3800(95)00127-1



- COOK, C. D. K.; GUT, B. J.; RIX, E. M.; SCHNELLER, J.; SEITZ, M. **Water plants of the world**. The Hague, The Netherlands: Fr. Junk B.V. Publishers, 1974. 561 p.
- COOK, C. D. K.; URMI-KÖNIG, K. A revision of the genus *Egeria* (Hydrocharitaceae). **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 19, n. 1-2, p. 73–96, ago. 1984.
- COLMER, T. D.; WINKEL, A.; PEDERSEN, O. A perspective on underwater photosynthesis in submerged terrestrial wetland plants. **AoB Plants**, [s. l.], v. 2011, p. 1-15, nov. 2011. DOI: 10.1093/aobpla/plr030
- COSBY, B. J.; HORNBERGER, G. M.; KELLY, M. G. Identification of photosynthesis-light models for aquatic systems: II. Application to a macrophyte dominated stream. **Ecological Modeling**, [s. l.], v. 23, n. 1-2, p. 25-51, mai. 1984. DOI: 10.1016/0304-3800(84)90117-0
- CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR., I. Colonização de macrófitas aquáticas em ambientes lênticos. **Boletim ABLimno**, v. 39, p. 1 - 14, 2011.
- CUNHA-SANTINO, M. B.; PACOBAHYBA, L. D.; BIANCHINI Jr., I. Decomposition of aquatic macrophytes from Cantá Stream (Roraima, Brazil): kinetics approach. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 236-345, 2010. DOI: 10.4322/actalb.02202012
- DALE, H. M.; GILLESPI, T. J. The influence of submersed aquatic plants on temperature gradients in shallow water bodies. **Canadian Journal of Botany**, [s. l.], v. 55, n. 16, p. 2216-2225, ago. 1977. DOI: 10.1139/b77-251
- DONG, Y.; GAO, M.; SONG, Z.; QIU, W. Microplastic particles increase arsenic toxicity to rice seedlings. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 259, p. 113892, 2020. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113892
- DUTARTRE, A. J.; HAURY, L.; JOGOREL, J. Succession of *Egeria densa* in a drinking water reservoir in Morbihan (France). **Hydrobiologia**, [s. l.], v. 415, p. 243-247, nov. 1999.
- ELIAS, R. 2015. Mar del plástico: una revisión del plástico em el mar. **Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero**, [s. l.], v. 27, p. 83-105, 2015.
- ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1988. 828 p.
- EVERIT, D. T.; BURKHOLDER, J. M. Seasonal dynamics of macrophyte communities from a stream flowing over granite flat rock in North Carolina, USA. **Hydrobiologia**, v. 222, p. 159-172, set. 1991.
- FARREL, P.; NELSON, K. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 177, p. 1-3, jun. 2013. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.01.046
- FEIJÓ, C.; GARCIA, M. E.; MOMO, F.; TOJA, J. Nutrient absorption by the submerged macrophyte *Egeria densa* Planch: effect of ammonium and phosphorous availability in the water column on growth and nutrient uptake. **Limnetica**, [s. l.], v. 21, n. 1–2, p. 93–104, 2002.

FREEDMAN, B.; LACOUL, P. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. **Environmental Reviews**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 89-136, jun. 2006. DOI: 10.1139/a06-001

GAO, M.; GUO, Z.; DONG, Y.; SONG, Z. Effects of di-n-butyl phthalate on photosynthetic performance and oxidative damage in different growth stages of wheat in cinnamon soils. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 250, p. 357-365, jul. 2019. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.04.022

GASPAR, T. R.; CHI, R. J.; PARROW, M. W.; RINGWOOD, A. H. Cellular Bioreactivity of micro and nano-plastic particles in oysters. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, p. 1-8, out. 2018. DOI: 10.3389/fmars.2018.00345

GENEVIÈRE, M. C.; DUTHIE, H. C.; TAYLOR, W. D. Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. **Aquatic Botanic**, [s. l.], v. 59, n. 3-4, p. 195-215, dez. 1997. DOI: 10.1016/S0304-3770(97)00071-5

GOPAL, B. de. Aquatic weeds problems and management in Asia. *In*: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (org.). **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford: Oxford University Press, 1990. p. 318-340.

GOSS, H.; JASKIEL, J.; ROTJAN, R. *Thalassia testudinum* as a potential vector for incorporating microplastics into benthic marine food webs. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 135, p. 1085-1089, out. 2018. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2018.08.024

GRANÉLI, W.; SOLANDER, D. Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes. **Hydrobiologia**, [s. l.], v. 170, n. 1, p. 245-266, 1988. DOI: 10.1007/BF00024908

GUTOW, L.; ECKERLEBE, A.; GIMENEZ, L.; SABOROWSKI, R. Experimental evaluation of seaweeds as a vector for microplastics into marine food webs. **Environmental Science and Technology**, Washington, v. 50, n. 2, p. 915-923, dez. 2016. DOI: 10.1021/acs.est.5b02431

HARAMOTO, T.; IKUSIMA, I. Life cycle of *Egeria densa* planch, an aquatic plant naturalized in Japan. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 389-403, mai. 1988. DOI: 10.1016/0304-3770(88)90070-8

HOLYER, R. J. Toward Universal Multispectral suspended sediment algorithms. **Remote Sensing of Environment**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 323-338, out. 1978. DOI: 10.1016/0034-4257(78)90023-8

HONG, Y.; HU, H. Y.; LI, F. M. Growth and physiological responses of freshwater green alga *Selenastrum capricornutum* to allelochemical ethyl 2-methyl acetoacetate (EMA) under different initial algal densities. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [s. l.], v. 90, n. 3, p. 203-212, mar. 2018. DOI: 10.1016/j.pestbp.2007.11.009

HORTON, A.; SVENDSEN, C.; WILLIAMS, R.; SPURGEON, D.; LAHIVE, E. Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK – Abundance, sources and methods for effective quantification. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 114, n. 1, p. 218-226, jan. 2017. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.09.004

HOWARD-WILLIAMS, C.; SCHWARZ, A.-M.; VINCENT, W. F. Deep-water aquatic plant communities in an oligotrophic lake: physiological responses to variable light. **Freshwater Biology**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 91-102, fev. 1995. DOI: 10.1111/j.1365-2427.1995.tb00389.x

HUSSNER, A.; LÖSCH, R. Alien aquatic plants in a thermally abnormal river and their assembly one ophyte-dominated macrophyte stands (River Erft, Northrhine-Westphalia). **Limnologia – Ecology and Management of Inland Waters**, [s. l.], v. 35, n. 1-2, p. 18–30, mai. 2005. DOI: 10.1016/j.limno.2005.01.001

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Biodegradável ou não**. Blog Instituto de Pesquisas Tecnológicas. [s. l.], 2019. Disponível em: [https://www.ipt.br/noticias\\_interna.php?id\\_noticia=1497](https://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=1497). Acesso em: 04 out. 2021.

JAMBECK, R. J.; GEVER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAVAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Marine Pollution**, [s. l.], v. 347, n. 6223, p. 768-771, fev. 2015. DOI: 10.1126/science.1260352

JIANG, P.; ZHAO, S.; LIXIN, Z.; DAOJI, L. Microplastic associated bacterial assemblages in the intertidal zone of the Yangtze Estuary. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 624, p. 48-54, mai. 2018.

KIRK, J. T. O. **Light and photosynthesis in aquatic ecosystems**. 2<sup>th</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 509 p.

KLEIN, S.; DIMZON, I. K.; EUBELER, J.; KNEPPER, T. P. de. Analysis, occurrence, and degradation of microplastics in the aqueous environment. *In*: WAGNER, M.; LAMBERT, S. (org.). **Freshwater Microplastics, the Handbook of Environmental Chemistry, vol. 58**. Cham: Springer, 2018. p. 51-68. DOI: 10.1007/978-3-319-61615-5\_3

LACET, J. B.; MOURA, A. N.; DANTAS, E. W. Invasion of *Egeria densa* Planch in semiarid reservoirs. **Brazilian Journal of Botany**, [s. l.], v. 42, n. 3, p. 491 - 497, set. 2019.

LACOU, P.; FREEDMAN, B. Relationships between aquatic plants and environmental factors along a steep Himalayan altitudinal gradient. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 84, n. 1, p. 3-16, jan. 2006. DOI: 10.1016/j.aquabot.2005.06.011

LAMBERT, S.; SINCLAIR, C.; BOXALL, A. de. Occurrence, degradation, and effect of polymer-based materials in the environment. *In*: WHITACRE, D. M. (org.). **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**. Cham: Springer, 2014. p. 1–53. DOI: 10.1007/978-3-319-01327-5\_1

LAMBERT, S.; WAGNER, M. da. Microplastics are contaminants of emerging concern in freshwater environments: An Overview. *In*: WAGNER, M.; LAMBERT, S. da. **Freshwater Microplastics, the Handbook of Environmental Chemistry, vol. 58**. Cham: Springer, 2018. p. 1-23. DOI: 10.1007/978-3-319-61615-5\_1

LITTLER, M. M.; ARNOLD, K. E. de. Electrodes and chemicals. *In*: LITTLER, M. M., LITTLER, D. S. (org.). **Handbook of phycological methods (Ecological field methods: macroalgae)**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. p. 349-375.

LOCHER, K.; BORGHARDT, J. M.; WACHTEL, H.; SCHAEFER, K. J.; WAGNER, K. G. Mechanistic study on hydrodynamics in the mini-scale biphasic dissolution model and its

influence on in vitro dissolution and partitioning. **European Journal Pharmaceutical Sciences**, [s. l.], v. 124, p. 328–338, nov. 2018. DOI: 10.1016/j.ejps.2018.09.005

LUCAS, W. J.; SMITH, F. A. The formation of alkaline and acid regions at the surface of *Chara corallina* cells. **Journal of Experimental Botany**, [s. l.], v. 24, n. 78, p. 1-14, fev. 1973.

MABERLY, S. C.; MADSEN, T. V. Freshwater angiosperm carbon concentrating mechanisms: processes and patterns. **Functional Plant Biology**, Melbourne, v. 29, n. 3, p. 393-405, mar. 2002. DOI: 10.1071/PP01187

MACHADO, R. **Efeitos da temperatura e da turbidez no crescimento de *Egeria densa* Planch.** 2020. 109 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

MACHADO, R.; BIANCHINI JR, I.; CUNHA-SANTINO, M. B. Temperature and turbidity as drive forces to the growth of *Egeria densa* (Planchon) under to controlled conditions. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 164, n. 4571, p. 103234, mar. 2020b. DOI: 10.1016/j.aquabot.2020.103234

MADSEN, T. V.; MABERLY, S. C. Diurnal variation in light and carbon limitation of photosynthesis by two species of submerged freshwater macrophyte with a differential ability to use bicarbonate. **Freshwater Biology**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 175-187, out. 1991. DOI: 10.1111/j.1365-2427.1991.tb01727.x

MAO, Y.; AI, H.; CHEN, Y.; ZHANG, Z.; ZENG, P.; KANG, L.; LI, W.; GU, W.; HE, Q.; LI, H. Phytoplankton response to polystyrene microplastics: perspective from an entire growth period. **Chemosphere**, [s. l.], v. 208, n. 59-68, out. 2018. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.05.170

MCGREGOR, E. B.; SOLOMON, K. R.; HANSON, M. L. Monensin Is Not Toxic to Aquatic Macrophytes at Environmentally Relevant Concentrations. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, [s. l.], v. 53, n. 4, p. 541-551, jul. 2007.

MELZER, A. de. Aquatic macrophytes as tools for lake management. In: HARPER, D. M.; BRIERLEY, B.; FERGUSON, A. J. D.; PHILLIPS, G. (org.). **The Ecological Bases for Lake and Reservoir Management, Developments in Hydrobiology**, vol. 136. Dordrecht: Springer, 1999. p. 181-190. DOI: 10.1007/978-94-017-3282-6\_17

MENENDEZ, M.; PEÑUELAS, J. Seasonal photosynthetic and respiratory responses of *Ruppia cirrhosa* (Petagna) to changes in light and temperature. **Archiv für Hydrobiologie**, Stuttgart, v. 129, n. 2, p. 221-230, dez. 1993. DOI: 10.1127/archiv-hydrobiol/129/1993/221

MENENDEZ, M.; SANCHES, A. Seasonal variations in P-I responses of *Chara hispida* L. and *Potamogeton pectinatus* L. from stream Mediterranean ponds. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 1-15, mai. 1998. DOI: 10.1016/S0304-3770(98)00061-8

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos e ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, [s. l.], v. 40, n. 9, p. 1094-1110, jul. 2017. DOI: 10.21577/0100-4042.20170091

MORINI, S.; MULEO, R. de. Effects of light quality on micropropagation of woody species.

In: JAIN, S. M.; ISHII, K. (org.). **Micropropagation of woody trees and fruits**, **Forestry Sciences**, vol. 75. Dordrecht: Springer Science+Business Media Dordrecht, 2003. p. 3-35. DOI: 10.1007/978-94-010-0125-0\_1

MURPHY, F.; EWINS, C.; CARBONNIER, F.; QUINN, B. Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. **Environmental Science & Technology**, [s. l.], v. 50, n. 11, p. 5800–5808, mai. 2016. DOI: 10.1021/acs.est.5b05416

NAPPER, I. E.; BAKIR, A.; ROWLAND, S. J.; THOMPSON, R. C. Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 99, n. 1-2, p. 178-185, out. 2015. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2015.07.029

NIELSEN, S. L.; SAND-JENSEN, K. Regulation of photosynthetic rates of submerged rooted macrophytes. **Oecologia**, [s. l.], v. 81, p. 364-368, 1989. DOI: 10.1007/BF00377085

NOVO, E. M. M.; HANSOM, J. D.; CURRAN, P. J. The effect of viewing geometry and wavelength on the relationship between reflectance and suspended sediment concentration. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 10, n. 8, p. 1357-1372, 1989. DOI: 10.1080/01431168908903973

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. 468 p.

PAOLI, M. A. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. 2. ed. São Paulo: Chemkeys, 2008.

PEDERSON, O.; COLMER, T. D.; SAND-JENSEN, K. Underwater photosynthesis of submerged plants – recent advances and methods. **Frontiers in Plant Sciences**, [s. l.], v. 4, n. 140, p. 1-19, mai. 2013. DOI: 10.3389/fpls.2013.00140

PEZZATO, M. M.; CAMARGO, A. F. M. 2004. Photosynthetic rate of the aquatic macrophyte *Egeria densa* Planch. (Hydrocharitaceae) in two rivers from the Itanhaém River Basin in São Paulo State, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 153-162, 2004. DOI: 10.1590/S1516-89132004000100021

PLATT, T.; GALLEGOS, C. L.; HARRISON, W. G. Photoinhibition of photosynthesis in natural assemblage of marine phytoplankton. **Journal of Marine Research**, New Haven, v. 38, n. 4, p. 687-701, 1980.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: EMBRAPA, 2000. 15 p.

QUIAN, L.; QI, S.; CAO, F.; ZHANG, J.; ZHAO, F.; LI, C.; WANG, C. Toxic effects of boscalid on the growth, photosynthesis, antioxidant system and metabolism of *Chlorella vulgaris*. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 242 (Pt A), p. 171-181, nov. 2018. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.06.055

RAJU, S.; CARBERY, M.; KUTTYKATTIL, A.; SENTHIRAJAH, K.; LUNDMARK, A.; ROGERS, Z.; SCB, S.; EVANS, G.; PALANISAMI, T. Improved methodology to determine the fate and transport of microplastic in a secondary wastewater treatment plant. **Water Research**, [s. l.], v. 173, p. 115549, abr. 2020. DOI: 10.1016/j.watres.2020.115549

REICHERT, J.; SCHELLENBER, J.; SCHUBERT, P.; WILKE, T. Responses of reef building corals to microplastic exposure. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 237, p. 955-960, jun. 2018. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.11.006

RODRIGUES, R. B.; THOMAZ, S. M. 2010. Photosynthetic and growth responses of *Egeria densa* to photosynthetic active radiation. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 92, n. 4, p. 281-284, mai. 2010. DOI: 10.1016/j.aquabot.2010.01.009

ROJO-NIETO, E.; MONTOTO, T. **Basuras marinas, plásticos y microplásticos: Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global (Marine litter, plastics and microlastic: sources, impacts and consequences of a global threat)**. [S. l.]: Ecogistas em acción, 2017. 53 p.

RUBIM, M. A. C.; CAMARGO, A. F. M. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* Mitchell em um braço do rio Preto, Itanhaém, São Paulo. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 75-83, 2001.

RUMMEL, C. D.; JAHNKE, A.; GOROKHOVA, E.; KUHNEL, D.; SCHIMITT-JANSEN, M. Impacts of biofilm formation on the fate and potential effects of microplastic in the aquatic environment. **Environmental Science and Technology Letters**, Washington, v. 4, n. 7, p. 258-267, jun. 2017. DOI: 10.1021/acs.estlett.7b00164

SAND-JENSEN, K.; KRAUSE-JENSEN, D. Broad-scale comparison of photosynthesis in terrestrial and aquatic plant communities. **Oikos**, [s. l.], v. 80, n. 1, p. 203-208, 1997. DOI: 10.2307/3546536

SANTAMARÍA, L.; VAN VIERSEN, W. Photosynthetic temperature responses of fresh and brackish water macrophytes: a review. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 58, n. 2, p. 135-150, set. 1997. DOI: /10.1016/S0304-3770(97)00015-6

SARIJAN, S.; AZMAN, S.; SAID, M. I. M.; JAMAL, M. H. Microplastics in freshwater ecosystems: a recent review of occurrence, analysis, potential impacts, and research needs. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 1-16, jan. 2021. DOI: 10.1007/s11356-020-11171-7

SCHERER, C.; WEBER, A.; LAMBERT, S.; WAGNER, M. de. Interactions of microplastics with freshwater Biota. In: WAGNER, M.; LAMBERT, S. (org.). **Freshwater Microplastics, the Handbook of Environmental Chemistry, vol. 58**. Cham: Springer, 2018. p. 153-180. DOI: 10.1007/978-3-319-61615-5\_8

SCHMITT, M. R.; ADAMS, M. S. Dependence of rates of apparent photosynthesis on tissue phosphorus concentrations in *Myriophyllum spicatum* L. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 11, p. 379-387, 1981. DOI: 10.1016/0304-3770(81)90071-1

SCHULZ, M.; KOZERSKI, H. P.; PLUNTKE, T.; RINKE, K. The influence of macrophytes on sedimentation and nutrient retention in the lower River Spree (Germany). **Water Research**, [s. l.], v. 37, n. 3, p. 569-578, fev. 2003. DOI: 10.1016/s0043-1354(02)00276-2

SCHWARZ, A. M.; HAWES, I. Effects of changing water clarity on characean biomass and species composition in a large oligotrophic lake. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 56, n. 3-4, p. 169-181, 1997. DOI: 10.1016/S0304-3770(96)01114-X

SENG, N.; LAI, S.; FONG, J.; SALEH, M. F.; CHENG, C.; CHEOK, Z. Y.; TODD, P. A. Early evidence of microplastics on seagrass and macroalgae. **Marine and Freshwater Research**, Austrália, v. 71, n. 8, p. 922-928, jan. 2020. DOI: 10.1071/MF19177

SIMPSON, P. S.; EATON, J. W. Comparative studies of the photosynthesis of the submerged macrophyte *Elodea canadensis* and the filamentous algae *Cladophora glomerata* and *Spirogyra* sp. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 1-12, mar. 1986. DOI: 10.1016/0304-3770(86)90112-9

SJOLLEMA, S. B.; REDONDO-HASSELERHAM, P.; LESLIE, H. A.; KRAAK, M. H. S.; VETHAAK, D. Do plastic particles affect microalgal photosynthesis and growth? **Aquatic Toxicology**, [s. l.], v. 170, p. 259-261, jan. 2016. DOI: 10.1016/j.aquatox.2015.12.002

SOTERO-SANTOS, R. B.; DELLAMANO-OLIVEIRA, M. J.; CARVALHO, E. G.; MINILLO, A.; ROCHA, O. Phytoplanktonic Structure and Chemistry of the Water in the Monjolinho Reservoir (SP, Brazil) During a Cyanobacterial Bloom Episode. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, Brasil, v. 5, n. 1, p. 63-70, 2010. DOI: 10.5132/jbse.2010.01.011

STAEHR, P. A.; BAASTRUP-SPOHR, L.; SAND-JENSEN, K.; STEDMON, C. Lake metabolism scales with lake morphometry and catchment conditions. **Aquatic Sciences**, [s. l.], v. 74, n. 1, p. 155-169, mai. 2012. DOI: 10.1007/s00027-011-0207-6

STENZEL, O. **The Physics of thin film optical spectra**. 2th ed. [S. l.]: Springer, Cham, 2016. 352 p. (Springer Series in Surface Sciences). DOI: 10.1007/978-3-319-21602-7

STIRLING, C. M.; DAVEY, P. A.; WILLIAMS, T. G.; LONG, S. P. Acclimation of photosynthesis to elevated CO<sub>2</sub> and temperature in five British native species of contrasting functional type. **Global Change Biology**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 237-246, out. 1997. DOI: 10.1046/j.1365-2486.1997.00071.x

STRICKLAND, J. Measuring the production of marine phytoplankton. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1960. 122 v.

TAGG, A. S.; IVAR DO SUL, J. A. Is this your glitter? An overlooked but potentially environmentally-valuable microplastic. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 146, p. 50-53, jun. 2019. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.05.068

TAGG, A. S.; LABRENZ, M. 2018. Closing microplastic pathways before they open: a model approach. **Environmental Science & Technology**, [s. l.], v. 52, n. 6, p. 3340-3341, mar. 2018. DOI: 10.1021/acs.est.8b00961

TELES, D. B. de. Gigante pelo próprio lixo que produz. *In*: FUNDAÇÃO HEINRICH BOLL. (org.). **Atlas do plástico**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2020. p. 18-19.

TEUTEN, E. L.; SAQUING, J. M.; KNAPPE, D. R.; BARLAZ, M. A.; HONSSON, S.; BJORN, A.; ROWLAND, S. J.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S.; YAMASHITA, R.; OCHI, D.; WATANUKI, Y.; MOORE, C.; VIET, P. H.; TANA, T. S.; PRUDENTE, M.; BOONYATUMANOND, R.; ZAKARIA, M. P.; AKKHAVONG, K.; TAKADA, H. Transport and release of chemicals from plastic to the environment and to wildlife. **Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences**, [s. l.], v. 364, n. 1526, p. 2027-2045, 2009.

THOMAZ, S. M.; CHAMBERS, P. A.; PIERINI, S. A.; PEREIRA, G. Effects of phosphorus and nitrogen amendments on the growth of *Egeria najas*. **Aquatic Botany**, [s. l.], v. 86, n. 2, p. 191–196, 2007. DOI: 10.1016/j.aquabot.2006.10.0

THOMPSON, R. C.; SWAN, S. H.; MOORE, C. J.; VOMSAAL, F. S. Our plastic age. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 364, p. 1973-1976, jul. 2009. DOI: 10.1098/rstb.2009.0054

TIMCHENKO, E. V.; TIMCHENKO, P. E.; TREGUB, N. V.; ASADOVA, A. A.; ZHERDEVA, L. 99 A. Optical methods for monitoring aquatic plants under the influence of pollutants. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOPHOTONICS, 2015, Florença-Itália. **Anais** of 3 rd Internation Conference of BioPhotonics, Florença:Institute of Applied Physics Nello Carrara, 2015. Disponível em: 10.1109/BioPhotonics.2015.7304037. Acesso em: 04 out. 2021.

TSAI, K. P.; UZUN, H.; KARANFILI, T.; CHOW, A. T. Dynamic changes of disinfection by product precursors following exposures of *Microcystis aeruginosa* to wildfire ash solutions. **Environmental Science & Technology**, [s. l.], v. 51, n. 15, p. 8272-8282, jun. 2017. DOI: 10.1021/acs.est.7b01541

VÁRI, Á. Colonisation by fragments in six common aquatic macrophyte species. **Fundamental and Applied Limnology**, Stuttgart v. 183, n. 1, p. 15-26, jul. 2013. DOI: 10.1127/1863-9135/2013/0328

VINATEA, L.; GÁLVEZ, A. O.; BROWDY, C. L.; STOKES, A.; VENERO, J. HAVEMAN, J.; LEFFLER, J. W. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive race way culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering**, v. 42, n. 1, p. 17–24, jan. 2010. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2009.09.0

WAGNER, M.; SCHERER, C.; ALVAREZ-MUÑOZ, D.; BRENNHOLT, N.; BOURRAIN, X.; BUCHINGER, S.; FRIES, E.; GROBOIS, C.; KLASMEIER, J.; MARTI, T.; RODRIGUEZ-MOZAZ, S.; URBATZKA, R.; VETHAAK, A. D.; WINTHER-NIELSEN, M.; REIFFERSCHIED, G. 2014. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. **Environmental Sciences Europe**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 1-9, jul. 2014.

WANDERLEY, E. L.; BIANCHINI JR, I.; CUNHA-SANTINO, M. B. Surfactant and temperature as forcing functions on the growth of *Egeria densa* and *Chara* sp: a modeling approach. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 28, n. 20, p. 26145 - 26153, mai. 2021. DOI: 10.1007/s11356-021-12456-1

WANG, Z.; WANG, C.; WANG, B.; WANG, X.; LI, J.; WU, J.; LIU, L. Interactive effects of air pollutants and atmospheric moisture stress on aspen growth and photosynthesis along an urban-rural gradient. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 260, p. 114076, mai. 2020. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114076

WEAVER, M. J.; MAGNUSON, J. J.; CLAYTON, M. K. 1997. Distribution of littoral fishes in structurally complex macrophytes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s. l.], v. 54, p. 2277- 2289, 1997. DOI: 10.1139/f97-130



WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River ecosystems**. 3. rd. Philadelphia: Academic Press, 2001. 1006 p.

WHITNEY, L. R., OUDERKIRK, A. J.; SCANLAN, T. J. **Color shifting film glitter**. Depositante: 3m Innovative Properties Company. US Pat 6, 475, 609. Concessão: 5 nov. 2002. Disponível em: <https://patentimages.storage.googleapis.com/c3/23/8d/0e6180e7449b2e/US6475609.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2019.

WU, C.; ZHANG, K.; XIONG, X. de. Microplastic pollution in inland waters focusing on Asia. In: WAGNER, M.; LAMBERT, S. (org.). **Freshwater Microplastics, the Handbook of Environmental Chemistry, vol. 58**. Cham: Springer, 2018. p. 85-100. DOI: 10.1007/978-3-319-61615-5\_5

WU, Y.; GUO, P.; ZHANG, X.; ZHANG, Y.; XIE, S.; DENG, J. Effect of microplastics exposure on the photosynthesis system of freshwater algae. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], v. 374, p. 219-227, jul. 2019. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.04.039

YARROW, M.; MARÍN, V. H.; FINLAYSON, M.; TIRONI, A.; DELGADO, L. E.; FISCHER, F. The ecology of *Egeria densa* Planchon (Liliopsida: Alismatales): A wetland ecosystem engineer? **Revista Chilena de Historia Natural**, [s. l.], v. 82, n. 2, p. 299-313, jun. 2009. DOI: 10.4067/S0716-078X2009000200010

YOKOTA, K.; WATERFIELD, H.; HASTINGS, C.; DAVIDSON, E.; KWIETNIEWSKI, E.; WELLS, B. Finding the missing piece of the aquatic plastic pollution puzzle: Interaction between primary producers and microplastic. **Limnology and Oceanography Letters**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 91-104, jun. 2017. DOI: 10.1002/lol2.10040

YURTSEVER, M. Glitters as a Source of Primary Microplastics: An Approach to Environmental Responsibility and Ethics. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, [s. l.], v. 32, p. 459-478, jun. 2019a. DOI: 10.1007/s10806-019-09785-0

YURTSEVER, M. Tiny, shiny, and colorful microplastics: Are regular glitters a significant source of microplastics? **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 146, p. 678-682, set. 2019b. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.07.009

ZHAO, T.; TAN, L.; HUANG, W.; WANG, J. The interactions between micro polyvinyl chloride (mPVC) and marine dinoflagellate *Karenia mikimotoi*: The inhibition of growth, chlorophyll and photosynthetic efficiency. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 247, p. 883-889, abr. 2019. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.01.114

**APÊNDICE A – Valores das taxas de Fotossíntese Líquida, Respiração e Fotossíntese Bruta nos tratamentos sem e com glitter (0,0058 g, 0,0117 g, e 0,0235 g).**

Sem glitter			Com glitter								
TC			0,0058 g			0,0117 g			0,0235 g		
FL	RE	FB	FL	RE	FB	FL	RE	FB	FL	RE	FB
21,533	4,763	26,296	3,158	1,157	4,315	9,386	0,617	10,003	14,146	0,566	14,712
12,725	0,913	13,638	5,060	2,381	7,441	7,048	1,486	8,535	11,569	0,385	11,954
8,382	1,107	9,489	2,500	1,128	3,628	9,259	1,607	10,866	14,576	1,768	16,344
10,799	0,753	11,551	3,000	1,082	4,082	7,386	0,996	8,383	7,805	1,815	9,620
11,468	1,612	13,081	2,832	1,565	4,397	6,864	1,888	8,753	7,476	3,445	10,921
10,688	5,123	15,811	5,152	1,364	6,516	9,385	2,457	11,842	7,200	5,679	12,879
11,705	0,137	11,841	1,322	0,839	2,161	10,500	1,122	11,622	8,938	0,723	9,661
16,962	0,529	17,491	3,924	1,065	4,989	5,357	1,425	6,782	6,571	1,991	8,562
7,649	3,103	10,752	3,305	0,674	3,978	9,789	1,493	11,282	8,214	5,472	13,686
6,912	2,481	9,393	3,228	1,167	4,395	8,000	1,068	9,068	6,297	2,112	8,409
7,808	3,069	10,877	5,491	1,076	6,567	8,373	5,319	13,692	5,579	1,521	7,100
6,230	7,377	13,607	4,034	0,632	4,666	10,990	9,027	20,017	7,933	1,017	8,950
11,280	4,381	15,661	5,852	1,481	7,332	17,381	4,043	21,424	6,222	1,855	8,077
10,696	3,158	13,854	4,597	1,349	5,947	2,898	7,323	10,221	13,331	0,662	13,993
1,272	0,586	1,858	5,298	1,279	6,577	7,178	7,362	14,540	7,755	8,068	15,822
4,238	3,926	8,164	10,803	1,174	11,977	8,500	3,406	11,906	12,932	7,540	20,472
6,612	4,901	11,513	9,128	1,245	10,372	19,737	3,750	23,487	2,518	3,317	5,835
7,583	4,513	12,097	4,861	1,181	6,041	46,200	2,586	48,786	5,219	2,652	7,871

9,180	2,070	11,251	3,409	0,993	4,402	26,341	1,431	27,773	4,226	2,468	6,695
12,087	0,089	12,176	5,823	1,525	7,348	3,148	1,311	4,459	4,753	2,552	7,305
10,071	0,058	10,128	1,004	1,208	2,213	1,942	2,216	4,158	8,421	2,887	11,308
11,014	1,094	12,108	4,438	1,417	5,855	3,407	0,591	3,997	13,059	3,514	16,572
13,263	0,316	13,580	1,492	0,997	2,488	4,078	2,143	6,221	12,727	1,114	13,841
6,718	0,664	7,382	2,217	1,200	3,417	0,860	1,747	2,607	9,559	1,312	10,871
14,968	2,925	17,893	2,341	2,736	5,077	9,706	0,882	10,588	7,256	0,472	7,727
13,622	1,514	15,137	3,286	1,304	4,590	2,586	1,822	4,408	5,753	0,517	6,271
4,026	2,198	6,224	2,287	1,406	3,693	1,216	1,440	2,656	5,394	0,946	6,340
6,818	1,335	8,153	1,339	1,139	2,479	2,806	0,451	3,257	7,938	2,983	10,922
4,896	1,006	5,902	1,654	1,230	2,884	2,164	2,480	4,644	3,296	0,874	4,171
3,020	2,593	5,613	2,093	0,641	2,734	3,039	1,912	4,951	6,042	2,512	8,554
9,182	2,967	12,149	4,896	0,494	5,390	4,802	0,833	5,635	4,816	0,917	5,733
8,956	2,118	11,074	5,081	0,352	5,433	2,747	3,409	6,156	10,818	5,603	16,421
7,621	2,419	10,041	3,878	0,634	4,511	3,939	2,703	6,642	7,973	4,219	12,191
8,528	2,941	11,470	4,385	0,583	4,967	2,483	1,250	3,733	7,433	2,923	10,356
5,280	2,340	7,620	3,021	0,889	3,910	4,417	1,565	5,982	7,009	4,408	11,417
8,506	3,576	12,082	2,813	0,957	3,770	11,514	2,409	13,923	8,491	4,227	12,717
4,527	3,329	7,857	1,943	0,643	2,586	5,854	5,000	10,854	12,612	1,078	13,691
7,036	2,382	9,418	2,386	0,506	2,892	2,293	5,018	7,312	9,760	3,934	13,695
2,807	3,176	5,983	3,696	0,236	3,932	4,314	2,586	6,900	4,988	3,394	8,382
6,361	2,573	8,934	2,352	0,827	3,178	4,428	5,147	9,575	11,341	4,398	15,740
3,506	4,156	7,662	8,916	1,469	10,385	3,830	8,131	11,961	9,091	5,843	14,934
7,143	2,679	9,821	3,894	1,132	5,026	3,976	8,814	12,790	7,759	1,916	9,675
3,750	4,714	8,464	3,083	1,118	4,201	6,641	2,308	8,948	5,207	1,488	6,695
8,190	4,121	12,311	3,421	0,840	4,261	3,832	8,589	12,420	1,625	2,292	3,917
12,285	3,698	15,983	3,168	0,861	4,028	2,143	14,297	16,440	5,910	1,781	7,691
17,910	2,362	20,272	2,827	1,829	4,656	4,206	10,705	14,910	10,528	2,006	12,535

7,296	1,785	9,080	4,138	1,456	5,594	5,177	1,609	6,787	14,871	3,116	17,987
10,335	3,779	14,114	2,952	0,896	3,847	9,114	1,088	10,202	8,561	2,547	11,108
7,287	1,306	8,593	3,015	0,721	3,736	5,227	0,913	6,140	11,965	1,448	13,413
13,339	1,154	14,493	2,226	1,125	3,351	7,282	1,121	8,403	6,906	2,143	9,049
11,436	1,623	13,059	1,508	0,752	2,260	5,684	1,081	6,765	9,814	2,386	12,200
18,232	1,962	20,194	0,657	0,684	1,341	3,587	1,250	4,837	9,844	0,852	10,695
11,178	2,328	13,506	2,302	0,591	2,892	2,834	1,061	3,895	7,763	1,699	9,462
6,161	1,917	8,078	1,843	0,615	2,458	4,457	0,890	5,348	9,472	0,662	10,133
10,700	2,492	13,192	0,835	1,147	1,982	4,265	1,013	5,278	10,211	1,689	11,899
11,338	2,959	14,297	3,022	1,113	4,135	4,388	1,058	5,446	7,800	1,344	9,144
4,487	1,346	5,833	1,010	0,629	1,638	4,437	0,833	5,271	7,195	2,018	9,213
6,512	3,433	9,944	2,500	1,352	3,852	5,461	0,515	5,976	10,342	1,383	11,725
8,852	2,050	10,902	4,025	0,563	4,588	5,056	1,054	6,110	11,820	1,784	13,604
9,068	4,954	14,022	1,398	1,602	3,001	2,243	0,981	3,224	12,896	1,472	14,368
7,392	2,111	9,503	1,853	1,761	3,614	3,052	0,796	3,849	9,442	0,445	9,887
10,147	2,423	12,570	1,718	0,847	2,566	0,922	0,753	1,675	6,445	4,016	10,462
5,571	4,545	10,117	3,650	2,607	6,257	1,700	0,194	1,894	7,500	2,384	9,884
10,168	2,020	12,188	2,323	2,565	4,888	1,059	0,965	2,024	4,263	3,448	7,711
22,540	1,311	23,852	1,767	1,063	2,830	2,584	0,490	3,075	4,777	2,889	7,666
21,379	1,007	22,385	1,748	0,676	2,424	3,886	1,344	5,230	4,007	2,822	6,829
6,339	2,533	8,872	1,481	2,247	3,729	3,064	1,368	4,431	4,511	1,632	6,143
6,872	0,516	7,387	2,113	1,652	3,765	2,293	0,794	3,087	5,106	1,545	6,651
5,078	0,972	6,049	3,574	1,743	5,316	2,372	0,777	3,149	3,918	2,459	6,377
4,155	0,861	5,015	4,100	1,268	5,368	1,721	1,125	2,846	5,575	1,848	7,422
2,360	0,366	2,726	4,955	1,968	6,923	1,478	0,622	2,100	8,918	2,870	11,787
7,625	1,326	8,950	3,611	1,379	4,990	1,317	0,509	1,826	6,422	0,922	7,344
4,187	1,535	5,722	3,281	1,109	4,390	3,488	0,686	4,175	1,229	1,831	3,059
8,562	1,348	9,910	2,206	1,144	3,350	2,392	0,701	3,093	1,860	5,989	7,849

7,602	1,193	8,795	2,919	0,952	3,872	3,623	1,168	4,791	2,091	1,163	3,253
4,612	0,751	5,363	3,103	1,489	4,592	0,621	0,564	1,185	2,870	1,919	4,788
2,613	0,567	3,180	3,750	2,390	6,140	2,660	1,264	3,924	3,840	1,222	5,062
3,571	0,911	4,483	1,352	0,580	1,932	3,805	1,556	5,361	2,984	1,250	4,234
4,788	1,254	6,042	9,198	1,157	10,355	1,644	0,945	2,588	0,030	0,950	0,980
4,238	1,052	5,290	2,118	2,529	4,647	2,541	0,922	3,462	1,049	0,203	1,252
3,983	1,098	5,082	1,654	3,529	5,183	2,500	1,564	4,064	1,491	2,281	3,772
4,715	2,264	6,979	3,372	1,565	4,937	2,656	1,096	3,752	4,065	1,818	5,883
5,468	1,508	6,976	1,290	1,433	2,723	1,071	1,868	2,940	1,504	0,434	1,938
3,856	2,449	6,305	3,131	1,390	4,521	0,369	1,200	1,569	1,738	1,175	2,914
4,526	2,882	7,408	1,746	1,722	3,468	4,766	2,005	6,771	2,674	1,462	4,136
3,698	2,448	6,146	2,658	1,282	3,940	2,652	1,107	3,759	0,699	5,776	6,476
0,769	2,064	2,833	2,350	2,576	4,926	2,717	1,298	4,014	2,260	1,013	3,273
0,443	1,341	1,785	0,508	1,694	2,202	3,000	1,143	4,143	2,581	1,086	3,667
1,967	0,202	2,169	3,804	1,680	5,485	2,719	1,075	3,794	2,325	1,907	4,232
1,913	2,130	4,043	2,184	1,382	3,566	3,791	0,768	4,558	0,307	1,217	1,525
0,845	1,106	1,951	2,224	1,325	3,550	3,918	0,755	4,674	6,339	1,723	8,062
0,421	1,404	1,825	3,473	2,673	6,146	1,695	1,517	3,212	6,872	0,414	7,285
0,856	1,771	2,627	0,545	1,306	1,851	4,655	1,235	5,890	5,078	0,982	6,060
0,938	3,509	4,446	0,573	1,115	1,688	2,652	1,387	4,039	4,155	0,658	4,813
0,492	3,636	4,128	2,381	1,126	3,508	1,426	1,117	2,543	2,360	0,762	3,122
0,282	1,399	1,681	1,136	1,162	2,297	3,850	3,032	6,882	7,625	1,402	9,026
4,121	1,261	5,382	2,216	0,997	3,212	1,773	0,706	2,479	4,187	1,272	5,459
13,252	1,509	14,761	2,625	1,025	3,650	4,878	1,933	6,811	8,562	1,067	9,629
9,911	0,280	10,191	2,192	0,208	2,401	3,660	2,872	6,533	7,602	1,290	8,892
5,650	4,020	9,670	1,544	0,437	1,981	4,074	2,122	6,196	4,612	12,064	16,676

**APÊNDICE B – Valores de oxigênio dissolvido na água e biomassa das macrófitas nos tratamentos sem e com glitter (0,0058 g, 0,0117 g, e 0,0235 g) e com radiação.**

Sem glitter			0,0058 g			0,0117 g			0,0235 g		
O <sub>2</sub> (mg/L)		Massa	O <sub>2</sub> (mg/L)		Massa	O <sub>2</sub> (mg/L)		Massa	O <sub>2</sub> (mg/L)		Massa
Antes	Depois		Antes	Depois		Antes	Depois		Antes	Depois	
2,60	8,50	0,0411	7,48	7,80	0,015	8,98	10,05	0,017	2,76	6,90	0,044
2,68	8,05	0,0633	7,46	8,02	0,017	9,04	9,82	0,017	2,50	8,30	0,075
2,40	5,30	0,0519	7,47	7,87	0,024	9,14	10,14	0,016	3,15	9,00	0,06
2,72	6,37	0,0507	7,47	8,06	0,030	9,06	10,36	0,026	3,12	7,34	0,081
3,83	6,98	0,0412	7,49	8,13	0,034	8,96	10,04	0,024	2,75	5,82	0,062
4,45	7,92	0,0487	7,48	8,27	0,023	9,15	10,36	0,020	2,62	5,74	0,065
3,64	7,76	0,0528	7,44	7,70	0,030	9,18	10,65	0,021	2,57	6,02	0,058
3,32	8,68	0,0474	7,35	7,97	0,024	9,11	10,11	0,028	2,46	4,90	0,056
1,18	2,98	0,0353	7,37	8,39	0,046	9,17	9,79	0,010	4,40	6,47	0,038
1,65	3,12	0,0319	7,41	8,09	0,032	8,90	9,78	0,017	4,84	7,30	0,059
3,88	5,4	0,0292	7,82	9,05	0,034	8,91	10,54	0,029	4,77	6,60	0,049
4,67	5,7	0,0248	7,71	8,81	0,041	9,02	9,76	0,010	4,50	8,35	0,073
3,65	7,47	0,0508	7,81	8,52	0,018	8,87	9,60	0,006	3,66	5,85	0,053
4,2	6,66	0,0345	7,83	9,01	0,039	8,71	9,22	0,026	3,68	8,95	0,059
4,5	5,02	0,0613	7,82	8,59	0,022	8,95	9,73	0,016	3,50	6,85	0,065
4,3	6,71	0,0853	7,74	9,13	0,019	9,05	9,56	0,009	3,82	8,01	0,049
2,49	5,73	0,0735	7,78	9,21	0,024	8,97	9,72	0,006	1,78	2,48	0,042
2,51	6,15	0,072	7,80	8,73	0,029	8,80	9,57	0,003	1,44	2,79	0,039
2,19	5,96	0,0616	7,80	8,85	0,046	9,03	9,75	0,004	1,38	2,80	0,05
2,65	7,67	0,0623	7,77	8,69	0,024	8,88	9,22	0,016	1,33	2,87	0,049

2,63	6,9	0,0636	7,98	8,29	0,046	8,89	9,18	0,022	2,20	3,8	0,029
2,32	6,05	0,0508	8,03	8,53	0,017	8,8	9,47	0,03	2,09	4,31	0,026
2,2	6,4	0,0475	7,97	8,33	0,036	8,75	9,31	0,021	2,36	4,6	0,026
2,3	4,62	0,0518	7,95	8,12	0,012	8,95	9,11	0,028	3,39	5,99	0,041
2,29	7,03	0,0475	7,96	8,5	0,035	8,72	9,6	0,014	3,79	5,72	0,04
2,2	6,55	0,0479	7,96	8,65	0,032	9,07	9,42	0,02	5,15	5,99	0,022
3	3,73	0,0272	7,96	8,55	0,039	8,86	9,01	0,019	2,76	5,18	0,067
2,55	3,8	0,0275	8,00	8,1	0,011	8,81	9,39	0,031	4,67	6,3	0,031
2,46	3,56	0,0337	7,99	8,14	0,014	8,72	9,01	0,02	4,21	5,9	0,077
2,12	2,71	0,0293	8,01	8,31	0,022	8,2	8,97	0,038	5	7,88	0,072
2,06	4,68	0,0428	8,07	9,01	0,029	8,17	9,06	0,028	4,68	6,25	0,049
2,55	5,41	0,0479	7,92	8,76	0,025	8,2	9,07	0,048	3,4	6,84	0,048
2,06	4,26	0,0433	8,08	8,46	0,015	8,02	8,8	0,03	3,6	5,54	0,037
1,94	3,64	0,0299	8,08	8,84	0,026	7,98	8,47	0,03	1,86	3,52	0,034
1,9	3,03	0,0321	8,09	8,66	0,028	8,14	8,62	0,016	1,67	3,74	0,044
2,33	4,95	0,0462	8,07	8,7	0,034	8,16	9,25	0,014	2,22	3,72	0,027
4,17	5	0,0275	8,07	8,5	0,033	8,06	8,7	0,016	2,42	4,85	0,029
4,31	5,6	0,0275	8,12	8,4	0,018	8,14	8,51	0,024	1,92	3,82	0,029
5,02	5,92	0,0481	8,11	8,45	0,014	8,14	8,58	0,015	1,86	3,19	0,04
4,94	5,75	0,0191	8,11	8,85	0,047	8,3	8,79	0,017	1,74	3,91	0,029
5,01	5,62	0,0261	7,81	8,66	0,014	8,12	8,84	0,028	1,85	4,05	0,036
5,03	6,33	0,0273	8,04	8,31	0,01	7,9	8,34	0,017	2,09	4,04	0,038
4,68	5,32	0,0256	8,06	8,95	0,043	7,64	8,49	0,019	4,36	5,2	0,024
5,2	7,04	0,0337	8,23	8,88	0,029	8,19	8,66	0,018	5,24	5,54	0,028
4,52	6,33	0,0221	8,08	8,42	0,016	8,26	8,68	0,029	4,38	5,96	0,04
4,45	6,05	0,0134	8,10	8,98	0,047	8,2	8,8	0,021	4,33	6,92	0,037
4,61	6,04	0,0294	8,07	9,19	0,041	8,14	9,21	0,031	2,8	5,1	0,023
5,42	6,55	0,0164	8,10	8,59	0,025	7,97	8,93	0,016	4,97	7,39	0,042
5,34	7,56	0,0457	8,09	8,88	0,039	8,22	8,68	0,013	2,92	5,64	0,034
5,78	8,35	0,0289	8,3	8,8	0,034	8,46	8,96	0,01	2,76	5,32	0,056
5,15	6,69	0,0202	8,43	8,8	0,037	8,31	9,03	0,019	3,14	5,07	0,03

5,73	8,72	0,0246	8,31	8,43	0,027	8,49	8,82	0,014	2,38	4,48	0,032
5,02	7,74	0,0365	8,32	8,9	0,038	8,54	8,95	0,022	3,92	5,99	0,04
5,74	6,89	0,028	8,30	8,66	0,029	8,35	8,87	0,018	4,77	7,22	0,039
4,96	7,05	0,0293	8,62	8,86	0,043	8,42	9,02	0,021	4,12	6,06	0,029
4,8	6,41	0,0213	8,44	9,52	0,054	8,6	9,03	0,015	3,94	6,02	0,04
3,7	4,37	0,0224	8,4	8,54	0,021	8,4	9,11	0,024	3,97	5,74	0,037
4,3	4,86	0,0129	7,73	8,44	0,043	8,32	9,15	0,023	3,83	5,34	0,022
3,27	6,02	0,0466	8,14	9,09	0,035	8,58	9,18	0,018	4,04	6,01	0,025
4,03	6,69	0,044	8,26	8,48	0,024	8,57	8,89	0,021	3,65	5,55	0,022
3,73	5,1	0,0278	8,25	8,56	0,025	8,59	8,94	0,017	3,63	5,21	0,025
4,55	6,85	0,034	8,16	8,9	0,065	8,65	8,76	0,018	3,6	5,25	0,038
3,8	6,92	0,084	8,24	8,79	0,023	8,58	8,86	0,025	6,94	8,35	0,028
3,5	6,72	0,0475	8,21	8,56	0,023	8,55	8,67	0,017	6,95	8,84	0,067
3,4	6,21	0,0187	8,23	8,62	0,033	8,61	9,12	0,03	7,13	8,63	0,047
3,66	6,71	0,0214	8,24	8,36	0,01	8,54	9,04	0,019	7,38	8,55	0,044
7,12	8,84	0,0407	8,22	8,54	0,032	8,55	9,03	0,024	7,47	8,7	0,041
7,57	8,39	0,0179	8,24	8,34	0,007	8,54	8,78	0,016	7,29	8,57	0,038
6,86	7,95	0,0322	7,87	8,63	0,032	8,6	8,97	0,023	7,15	8,2	0,04
7,55	8,5	0,0343	7,98	8,83	0,031	8,9	9,25	0,031	7,44	9,25	0,049
7,42	7,87	0,0286	7,97	8,7	0,022	8,84	9,04	0,02	7,25	9,2	0,033
7,17	8,7	0,0301	7,94	8,98	0,043	8,83	9,32	0,056	7,24	8,55	0,031
7,19	8,82	0,0584	7,99	8,2	0,01	8,8	9,4	0,026	7,49	7,78	0,035
7,2	8,53	0,0233	7,97	8,27	0,02	8,65	9,02	0,023	7,67	8,57	0,073
7,35	8,47	0,0221	7,97	8,55	0,03	8,8	9,3	0,021	7,65	8,05	0,029
6,98	8,09	0,0361	7,98	8,4	0,02	8,24	8,31	0,017	7,91	8,35	0,023
7,68	10,18	0,1435	8,00	8,4	0,016	8,58	8,94	0,02	7,49	8,13	0,025
7,82	9,47	0,0693	7,99	8,3	0,034	8,52	9,21	0,027	7,53	8,3	0,039
6,7	7,83	0,0354	7,81	8,46	0,011	8,72	8,96	0,022	7,78	7,79	0,05
7,64	9,55	0,0676	7,96	8,33	0,026	9,75	10,06	0,018	7,14	7,55	0,059
8	9,28	0,0482	7,98	8,12	0,013	9,71	10,05	0,02	7,3	7,63	0,033
7,4	8,89	0,0474	7,94	8,43	0,022	9,55	9,92	0,021	7,71	8,55	0,031



7,41	9,55	0,0587	8	8,16	0,019	9,53	9,70	0,024	7,35	7,71	0,036
7,36	8,91	0,0603	7,93	8,36	0,021	9,54	9,60	0,024	7,5	7,85	0,03
7,36	8,92	0,0517	7,96	8,23	0,023	9,67	10,62	0,03	6,9	7,67	0,043
7,1	8,35	0,0507	7,97	8,25	0,016	9,54	9,83	0,016	7,46	7,75	0,062
8,23	8,37	0,0273	7,97	8,44	0,03	9,59	9,82	0,013	7,37	8,03	0,044
8,19	8,26	0,0237	7,98	8,06	0,024	9,56	9,85	0,015	6,6	7,45	0,049
7,87	8,38	0,0389	7,77	8,12	0,014	9,45	9,74	0,016	7,26	7,97	0,046
8	8,56	0,0439	7,85	8,53	0,047	9,68	10,61	0,037	7,08	7,14	0,029
8,29	8,49	0,0355	7,88	8,62	0,05	9,59	10,23	0,025	7,12	8,84	0,041
8,26	8,35	0,0321	7,87	8,59	0,031	9,70	9,9	0,018	7,57	8,39	0,018
8,28	8,43	0,0263	7,86	8,01	0,041	9,16	9,88	0,023	6,86	7,95	0,032
8,27	8,5	0,0368	7,87	7,98	0,029	9,71	10,03	0,018	7,55	8,5	0,034
8,33	8,43	0,0305	7,87	8,84	0,061	9,79	10,29	0,053	7,42	7,87	0,029
8,27	8,34	0,0373	7,85	8,14	0,038	9,78	10,55	0,03	7,17	8,7	0,03
8,71	10,18	0,0535	7,86	8,25	0,026	9,54	9,78	0,02	7,19	8,82	0,058
8,65	11,91	0,0369	7,75	8,73	0,056	9,54	9,84	0,012	7,2	8,53	0,023
8,75	10,97	0,0336	7,77	7,96	0,013	9,22	9,73	0,021	7,35	8,47	0,022
8,8	11,32	0,0669	7,76	7,9	0,014	9,65	10,31	0,024	6,98	8,09	0,036

**APÊNDICE C – Valores de oxigênio dissolvido na água e biomassa das macrófitas nos tratamentos sem e com glitter (0,0058 g, 0,0117 g, e 0,0235 g) e sem radiação.**

Sem glitter			0,0058 g			0,0117 g			0,0235 g		
O <sub>2</sub> (mg/L)		Massa	O <sub>2</sub> (mg/L)		Massa	O <sub>2</sub> (mg/L)		Massa	O <sub>2</sub> (mg/L)		Massa
Antes	Depois		Antes	Depois		Antes	Depois		Antes	Depois	
3,61	2,00		8,05	7,74	0,040	8,70	8,60	0,024	2,98	2,80	0,048
2,92	2,50	0,051	8,00	7,50	0,032	9,07	8,85	0,022	2,84	2,80	0,016
2,80	2,40	0,069	8,06	7,86	0,027	9,05	8,87	0,017	2,43	2,10	0,028
2,50	2,20	0,054	8,03	7,74	0,040	9,04	8,86	0,027	2,60	2,00	0,050
4,40	3,84	0,060	7,91	7,62	0,028	9,26	8,90	0,029	4,26	3,30	0,042
4,51	3,40	0,052	8,01	7,77	0,026	9,25	9,06	0,012	3,72	2,80	0,024
3,60	3,57	0,033	8,00	7,83	0,030	9,12	9,01	0,015	3,40	3,20	0,042
3,90	3,74	0,033	7,97	7,75	0,031	9,11	8,94	0,018	1,00	0,38	0,047
1,60	1,00	0,045	7,92	7,77	0,033	9,16	8,96	0,020	1,20	0,62	0,016
1,20	0,55	0,029	7,07	6,86	0,027	8,42	8,20	0,031	4,38	3,80	0,041
3,81	3,10	0,039	7,06	6,88	0,025	9,00	8,50	0,014	4,02	3,80	0,022
3,99	3,09	0,035	7,03	6,83	0,048	9,18	8,50	0,011	4,00	3,65	0,052
3,19	2,60	0,018	7,08	6,85	0,023	9,22	8,53	0,026	4,15	3,45	0,057
4,04	3,40	0,020	7,09	6,75	0,038	8,97	8,35	0,013	3,90	3,64	0,059
4,10	3,85	0,030	7,10	6,88	0,026	9,06	8,26	0,016	7,20	5,85	0,025
4,40	3,45	0,064	7,11	6,89	0,028	8,72	8,20	0,023	7,50	5,62	0,037
2,75	1,60	0,036	7,10	6,90	0,024	8,85	8,37	0,019	2,31	1,85	0,021
2,20	1,52	0,035	7,11	6,94	0,022	8,95	8,50	0,026	2,31	1,64	0,038
2,08	1,59	0,023	7,09	6,90	0,029	8,79	8,52	0,028	2,39	1,87	0,032
2,36	2,34	0,036	7,14	6,84	0,030	8,64	8,55	0,010	2,45	1,46	0,058

2,50	2,35	0,034	7,11	6,82	0,036	8,60	8,34	0,018	2,20	1,33	0,045
2,12	1,98	0,391	7,09	6,85	0,025	8,57	8,52	0,013	2,13	1,61	0,022
2,00	1,95	0,019	7,09	6,90	0,029	8,59	8,30	0,02	2,70	2,53	0,023
2,00	1,83	0,024	7,11	6,85	0,033	8,53	8,36	0,015	1,96	1,45	0,058
2,90	2,12	0,038	7,12	6,83	0,016	8,40	8,35	0,009	8,72	8,56	0,051
2,34	1,92	0,040	7,13	6,89	0,028	8,65	8,35	0,025	8,50	8,43	0,020
10,16	9,65	0,042	7,12	6,88	0,026	8,35	8,23	0,013	8,45	8,24	0,033
9,98	9,56	0,035	7,11	6,87	0,032	8,48	8,41	0,023	8,53	8,17	0,018
9,95	9,73	0,047	7,11	6,81	0,037	8,54	8,33	0,013	8,63	8,38	0,043
10,21	9,65	0,033	7,00	6,88	0,028	8,54	8,41	0,01	8,73	8,39	0,020
10,08	9,37	0,032	6,94	6,86	0,024	8,15	8,04	0,02	8,73	8,53	0,033
10,06	9,45	0,036	6,92	6,87	0,021	8,10	7,80	0,013	9,90	9,25	0,017
10,20	9,70	0,043	6,95	6,83	0,028	8,45	8,25	0,011	9,87	9,06	0,029
10,00	9,50	0,031	6,95	6,87	0,021	8,32	8,07	0,03	9,94	9,10	0,043
9,98	9,20	0,026	7,02	6,86	0,027	8,46	8,34	0,012	9,88	9,11	0,026
9,82	9,00	0,050	7,03	6,88	0,024	8,42	8,20	0,014	9,74	9,23	0,018
9,75	8,84	0,034	7,04	6,92	0,028	9,00	8,39	0,018	9,45	9,23	0,031
9,78	8,84	0,041	7,00	6,88	0,036	9,25	8,34	0,027	9,95	8,99	0,037
9,85	9,02	0,059	6,96	6,91	0,032	8,25	8,00	0,015	9,95	9,21	0,033
9,75	8,87	0,039	7,03	6,89	0,025	9,00	8,30	0,020	9,76	8,98	0,027
9,81	9,17	0,051	7,05	6,91	0,014	8,97	8,39	0,011	9,94	9,27	0,017
9,71	9,06	0,023	7,06	6,94	0,016	9,12	8,55	0,010	9,31	9,02	0,023
9,81	9,04	0,036	7,05	6,93	0,016	8,97	8,37	0,039	9,33	9,08	0,025
9,85	9,10	0,025	7,05	6,90	0,027	8,95	8,24	0,012	9,35	8,89	0,030
9,92	9,03	0,027	7,09	6,88	0,037	9,72	8,50	0,013	9,36	8,98	0,032
9,39	8,82	0,036	7,14	6,89	0,021	9,90	8,28	0,023	9,27	8,83	0,033
9,07	8,70	0,036	7,11	6,91	0,021	7,55	7,30	0,023	9,43	9,00	0,021
9,10	8,45	0,031	7,08	6,92	0,027	7,62	7,43	0,026	8,75	8,30	0,027
9,25	8,94	0,026	7,08	6,92	0,033	7,64	7,48	0,026	9,44	9,19	0,026
9,30	9,07	0,036	8,71	8,47	0,032	7,62	7,46	0,021	9,45	9,22	0,016
9,35	9,06	0,030	8,75	8,58	0,034	7,66	7,50	0,022	9,32	9,04	0,018

9,45	8,86	0,027	8,73	8,58	0,033	7,65	7,38	0,032	9,27	8,88	0,069
9,23	8,78	0,045	8,78	8,60	0,046	7,59	7,31	0,040	9,41	8,89	0,046
9,27	8,93	0,029	8,77	8,67	0,024	7,60	7,34	0,044	9,15	9,03	0,027
9,45	8,93	0,027	8,75	8,50	0,033	7,63	7,37	0,039	9,36	9,19	0,015
10,03	9,60	0,031	8,73	8,52	0,028	7,59	7,42	0,024	9,33	9,08	0,028
9,84	9,63	0,022	8,77	8,63	0,033	7,59	7,42	0,031	9,34	9,04	0,022
10,02	9,56	0,023	8,76	8,43	0,037	7,55	7,39	0,047	9,37	9,24	0,014
10,16	9,50	0,020	8,74	8,57	0,045	7,55	7,34	0,030	9,41	9,19	0,019
9,90	9,54	0,048	8,82	8,46	0,034	7,59	7,31	0,043	9,45	9,29	0,016
10,14	9,48	0,011	8,88	8,57	0,026	7,57	7,45	0,023	9,23	9,10	0,044
10,10	9,63	0,047	8,85	8,58	0,048	7,58	7,46	0,024	10,36	9,87	0,018
10,21	9,61	0,029	8,95	8,42	0,031	7,57	7,53	0,031	10,37	9,89	0,030
10,11	9,57	0,020	8,95	8,42	0,031	7,55	7,44	0,017	10,30	9,73	0,025
10,00	9,68	0,040	8,84	8,57	0,038	7,55	7,43	0,037	10,42	9,95	0,024
9,63	9,24	0,037	8,96	8,85	0,024	7,57	7,32	0,028	10,30	9,76	0,029
9,63	9,25	0,058	9,13	8,70	0,029	7,31	7,00	0,034	10,00	9,63	0,034
9,65	9,53	0,023	9,09	8,84	0,023	7,30	7,03	0,051	9,88	9,64	0,023
9,61	9,45	0,035	9,12	8,84	0,024	7,32	7,15	0,033	10,45	10,05	0,024
9,64	9,43	0,025	7,48	7,25	0,027	7,31	7,10	0,028	10,26	9,84	0,034
9,73	9,65	0,037	7,70	7,41	0,022	7,31	7,07	0,058	10,47	10,03	0,023
9,85	9,50	0,033	7,69	7,45	0,026	7,27	7,16	0,032	9,80	9,65	0,024
9,68	9,42	0,040	7,69	7,52	0,023	7,34	7,13	0,046	9,91	9,55	0,030
9,66	9,43	0,025	7,68	7,40	0,037	7,31	7,16	0,032	10,97	9,84	0,028
9,78	9,45	0,026	7,66	7,42	0,038	7,32	7,13	0,024	10,11	9,91	0,026
9,85	9,50	0,042	7,79	7,53	0,026	7,27	7,12	0,040	10,08	9,75	0,026
9,90	9,70	0,070	7,88	7,59	0,018	7,30	6,99	0,037	9,95	9,77	0,022
9,83	9,57	0,053	7,83	7,70	0,034	7,30	7,16	0,014	10,05	9,82	0,028
9,83	9,56	0,043	7,29	6,99	0,039	7,30	7,05	0,040	10,07	9,88	0,030
9,67	9,33	0,032	7,35	7,06	0,017	7,31	7,13	0,029	10,00	9,98	0,015
9,60	9,28	0,049	7,32	6,68	0,027	7,32	7,05	0,026	10,25	9,85	0,026
9,72	9,00	0,044	7,39	7,15	0,023	7,26	7,01	0,034	10,2	9,84	0,030

9,83	9,64	0,048	7,39	7,05	0,036	7,27	6,93	0,027	9,43	9,36	0,024
9,87	9,15	0,019	7,41	6,98	0,046	7,25	7,05	0,025	9,95	9,74	0,027
9,11	8,72	0,044	7,80	7,49	0,027	7,45	7,20	0,019	9,95	9,68	0,028
9,22	8,75	0,020	7,80	7,53	0,032	7,39	7,12	0,037	10,28	9,66	0,016
9,27	8,56	0,029	7,80	7,29	0,030	7,39	7,14	0,029	10,18	9,97	0,031
9,33	9	0,052	7,78	7,50	0,025	7,37	7,13	0,032	10,21	10,00	0,029
8,73	8,67	0,037	7,20	6,93	0,024	7,37	7,17	0,028	10,05	9,75	0,024
9,26	9,03	0,045	7,22	7,01	0,023	7,35	7,22	0,025	10,14	9,86	0,035
9,2	8,9	0,016	7,24	7,02	0,025	7,35	7,28	0,014	9,87	9,60	0,019
9,26	9,01	0,041	7,22	7,04	0,010	7,35	7,08	0,027	9,86	9,78	0,023
9,32	8,83	0,027	7,22	6,93	0,033	7,36	7,16	0,024	9,90	9,76	0,017
8,55	7,75	0,042	7,25	7,03	0,030	7,36	7,09	0,029	10,00	9,83	0,031
9,07	8,67	0,034	7,26	7,07	0,025	8,70	8,35	0,038	9,75	9,67	0,013
8,95	8,63	0,017	7,27	7,04	0,030	8,78	8,54	0,010	9,95	9,70	0,021
8,74	8,54	0,034	7,24	7,05	0,029	8,55	8,46	0,015	9,98	9,68	0,028
8,9	8,73	0,024	7,24	7,02	0,032	8,61	8,32	0,018	10,10	9,90	0,023
8,67	8,65	0,017	7,93	7,90	0,022	8,73	8,28	0,019	10,11	9,68	0,040
9,05	8,38	0,011	7,96	7,86	0,034	8,65	8,36	0,016	10,12	8,23	0,024

**APÊNDICE D - Comparação das taxas médias de fotossíntese líquida e respiração entre os tratamentos sem glitter (Tratamento Controle, TC) e com glitter (0,0235 g, 0,117 g, 0,0058 g)**

		TC		0,0058 g		0,0117 g		0,0235 g					
				ES ( $p \leq 0,001$ ) 59,34%	ES ( $p \leq 0,001$ ) 42,66%	ES ( $p \leq 0,001$ ) 32,76%	SDS ( $p > 0,05$ )	SDS ( $p > 0,05$ ) 13%	SDS ( $p > 0,05$ )				
<b>0,0235 g</b>	FL	SDS ( $p > 0,05$ ) 13%	RE	SDS ( $p > 0,05$ )	FL	ES ( $p \leq 0,001$ ) 46,05%	RE	ES ( $p \leq 0,001$ ) 45,42%	FL	RE	ES ( $p \leq 0,001$ ) 23,85%	RE	SDS ( $p > 0,05$ )
<b>0,0117 g</b>	FL	ES ( $p \leq 0,001$ ) 32,76%	RE	SDS ( $p > 0,05$ )	FL	MS ( $p \leq 0,01$ ) 39,53%	RE	S ( $p \leq 0,05$ ) 43,18%	FL	RE	ES ( $p \leq 0,001$ ) 23,85%	RE	SDS ( $p > 0,05$ )
<b>0,0058 g</b>	FL	ES ( $p \leq 0,001$ ) 59,34%	RE	ES ( $p \leq 0,001$ ) 42,66%	FL	MS ( $p \leq 0,01$ ) 39,53%	RE	S ( $p \leq 0,05$ ) 43,18%	FL	RE	ES ( $p \leq 0,001$ ) 46,05%	RE	ES ( $p \leq 0,001$ ) 45,42%

ES – Extremamente significativo

MS – Muito significativo

SDS – Sem diferença significativa

S - Significativo