

## **Estudos integrados em ecossistema. Estação Ecológica de Jataí**

**Organizado por:**

José Eduardo dos Santos, José Salatiel Rodrigues Pires, Luiz Eduardo Moschini.

São Carlos : EdUFSCar, 2006. 4 volume.

**ISBN:** 85-7600-083-0

**Palavras Chave:** 1. Ecossistema. 2. Estação Ecológica de Jataí (SP). I. Título.

# Crescimento de *Egeria najas* Planchon da Lagoa do Óleo em condições laboratoriais

Bianchini Jr., I.,<sup>1,2</sup> Bitar, A. L.<sup>2</sup> & Cunha-Santino, M. B.<sup>2</sup>

---

## Abstract – Growth of *Egeria najas* Planchon from Óleo Lake in laboratory conditions

– The objective of this study was to describe, under controlled conditions, the growth of an aquatic macrophyte, *Egeria najas*. Samples of *Egeria najas*, water lagoon and sediment were collected in the Óleo Lake, situated in the Jataí Ecological Station, São Paulo State, Luiz Antônio municipal district (21°33' to 21°37'S, 47°45' to 47°51'W). In laboratory, the plants were washed, separated in small parts, measured and weighted. To perform the experiment, eight glass tubes were used (1 meter in length and 3.5 cm of diameter). The tubes were filled with water samples and separated into two groups: in four tubes, sediments were added and, in the remainders, no sediments were added. Daily measures (36 days) of length and initial and final weights of the plants were performed. It was possible to describe the temporary relationships of biomass. The results revealed that, in the two experimental conditions, the aquatic macrophytes present similar doubling times (Td). The group of the plants without sediment presented Td = 4.2 days, while the other group (fixed plants to the sediment), Td = 4.1 days. The growth coefficient ( $r_m$ ) of the group of plants without sediment was 0.171 day<sup>-1</sup> and, for the group fixed in the sediment,  $r_m$  = 0.164 day<sup>-1</sup>. It was possible to calculate the biomass yield (K) that was 1.419 g DW m<sup>-2</sup> for the group of plants without sediment and 1.159 g DW m<sup>-2</sup> for the group with sediment. The results showed that *Egeria najas* presented similar capacity of absorption of nutritious in the column of water as much as in the sediment, considering that doubling times were practically the same. The results also suggested that the sediment didn't enrich the middle, for this reason, it didn't increase the growth rates. It is also possible that the CO<sub>2</sub> limited the samples because the mean values of biomass were closer or a little higher in the medium without sediment.

**Keywords:** *aquatic macrophyte; Egeria najas; growth; biomass.*

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi descrever, em condições controladas, o crescimento de uma espécie de macrófita aquática, a *Egeria najas*. As amostras de *Egeria najas*, de água e de sedimento foram coletadas na Lagoa do Óleo, situada na Estação Ecológica de Jataí, Estado de São Paulo, município de Luiz Antônio (21°33' a 21°37'S, 47°45' a 47°51'W). Em laboratório, as plantas foram lavadas, separadas em partes menores, medidas e pesadas. Para

---

1 Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Hidrobiologia. e-mail: <irineu@power.ufscar.br>.

2 Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. e-mail: <mbcunha@cosmo.com.br>.

a execução do experimento, foram utilizados oito tubos de vidro (1 metro de comprimento e 3,5 cm de diâmetro). Os tubos foram preenchidos com água da lagoa e, em seguida, divididos em dois grupos: em quatro tubos foram adicionados sedimentos e nos restantes não. Pelas medidas diárias (36 dias) de comprimento e dos pesos iniciais e finais das plantas foi possível descrever as variações temporais de biomassa. Os resultados revelaram que, nas duas condições experimentais, as macrófitas aquáticas apresentaram tempos de duplicação ( $T_d$ ) semelhantes. O grupo das plantas no meio sem sedimento apresentou  $T_d = 4,2$  dias, enquanto o outro grupo (plantas fixas ao sedimento),  $T_d = 4,1$  dias. O coeficiente de crescimento ( $r_m$ ) do grupo de plantas no meio sem sedimento foi  $0,171 \text{ dia}^{-1}$  e, para o grupo de plantas com sedimento,  $r_m = 0,164 \text{ dia}^{-1}$ . Calculou-se, ainda, o rendimento de biomassa ( $K$ ), que foi  $1.419 \text{ g PS m}^{-2}$  para o grupo de plantas no meio sem sedimento e  $1.159 \text{ g PS m}^{-2}$  para o grupo com sedimento. Os resultados sugeriram que *Egeria najas* apresentou capacidade similar de absorção de nutrientes tanto na coluna d'água quanto no sedimento, considerando que os tempos de duplicação foram praticamente iguais. Os resultados sugeriram, também, que o sedimento não enriqueceu o meio a ponto de incrementar as taxas de crescimento. É possível, ainda, que o  $\text{CO}_2$  tenha sido limitante, pois os valores médios de biomassa das plantas foram próximos ou até um pouco maiores nas culturas sem sedimento.

**Palavras-chave:** *macrófitas aquáticas*; *Egeria najas*; *crescimento*; *biomassa*.

## Introdução

As regiões litorâneas dos ecossistemas lênticos constituem-se como as interfaces entre os ambientes terrestres e aquáticos. Nessas áreas de transição, geralmente as comunidades de plantas aquáticas apresentam elevadas taxas de produção e grande diversidade (WETZEL, 1990; SFRISO & MARCOMINI, 1999). Em sua grande maioria, os lagos são pequenos e rasos (WETZEL, 1983), e as características morfométricas favorecem, em geral, a ocorrência de extensas regiões litorâneas e, conseqüentemente, o desenvolvimento das comunidades de macrófitas aquáticas.

As *macrófitas aquáticas* abrangem as formas macroscópicas de vegetação aquática, incluindo macroalgas, musgos, espécies de pteridófitas adaptadas ao ambiente aquático e verdadeiras angiospermas, originárias do ambiente terrestre (Programa Internacional de Biologia, IBP) e com adaptações para a vida na água (SPENCER & BOWES, 1993; SCREMIN-DIAS et al., 1999). Essas plantas constituem um grupo ecológico importante entre os vegetais que ocorrem nos ambientes aquáticos (REA et al., 1998; ROONEY & KALFF, 2000). A importância desses organismos não se restringe à elevada produtividade ou às suas interações com a fauna; são importantes também por exercerem papel de destaque nos ciclos de vários elementos químicos; há exemplos em que representam a principal fonte autóctone de matéria orgânica das regiões litorâneas (PIECZYNSKA, 1993). Nesse contexto, em alguns ecossistemas aquáticos, os detritos das macrófitas aquáticas podem ser responsáveis por até 50% do aporte de matéria orgânica e de nutrientes (BENNER et al., 1986). A conversão dos detritos das plantas aquáticas é de extrema importância para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos dos ambientes aquáticos e subsidia, direta ou indiretamente, o crescimento de vários organismos vinculados à cadeia de detritos (MORAN & HODSON, 1989).

Estudos que tratam de macrófitas aquáticas em áreas alagáveis têm registrado a ocorrência de sincronismo entre os ciclos de vida desses organismos e a variação do nível da água (JUNK

& PIEDADE, 1993a; PENHA, 1994; PIEDADE et al., 1994; PENHA et al., 1999). Esse sincronismo está relacionado com adaptações que compreendem: 1) resistência das sementes e dos esporos à inundação e à dissecação; 2) curto ciclo reprodutivo e taxas elevadas de reprodução; 3) alta produtividade; 4) tolerância das plantas à inundação; 5) tolerância das plantas à dissecação; e 6) adaptações à flutuação no nível da água (JUNK & PIEDADE, 1993a).

Sistemas ecológicos, tais como as planícies de inundação, que recebem subsídios externos periódicos de água e de nutrientes, estão entre os mais produtivos do mundo (WESTLAKE, 1963; ODUM, 1988). A alta produtividade está relacionada à manutenção desses sistemas em estágio de desenvolvimento precoce, quando as taxas de produção primária líquida são mantidas elevadas em decorrência da flutuação do nível da água (MARGALEF, 1968; ODUM, 1988). Para as comunidades de macrófitas aquáticas, as cheias trazem os nutrientes (do tributário principal e da decomposição dos detritos do meio terrestre adjacente), que, associados à grande disponibilidade de ambientes para a colonização, promovem um máximo de produção. Há casos em que a enchente/cheia coincide com a fase de maior acúmulo de biomassa por parte dessas comunidades (DA SILVA, 1990; DA SILVA & ESTEVES, 1993); na vazante, parte da comunidade é exportada para o leito do rio, porém, grande parte da biomassa pode permanecer na área para morrer e se decompor na seca. Nesses sistemas, as macrófitas aquáticas podem representar os transferidores de energia e nutrientes da fase aquática para a terrestre (JUNK, 1980; DA SILVA, 1990).

Entre os fatores abióticos que condicionam o crescimento das macrófitas aquáticas, podem ser citados: a intensidade luminosa, a temperatura, a turbidez, o pH e as concentrações de carbono inorgânico dissolvido e de nutrientes (ALLAN, 1995; SAIA & BIANCHINI JR., 1998). Em relação aos fatores abióticos que condicionam o crescimento de *Egeria najas*, foi verificado que essa espécie pode utilizar eficientemente o  $\text{HCO}_3^-$  como fonte alternativa de carbono inorgânico, além de crescer em condições de baixa disponibilidade de  $\text{CO}_2$  e de pH elevado (PIERINI & THOMAZ, 2004). Em relação à intensidade luminosa, Thomaz & Tavechio (2003) relataram que a grande incidência dessa macrófita no reservatório de Itaipu está relacionada com seu baixo requerimento por intensidades de radiação luminosa (0-124  $\mu\text{M m}^{-2} \text{s}^{-1}$  RFA).

O gênero *Egeria* tem como uma de suas principais características a formação de dossel na superfície da coluna d'água, sendo este um fator que pode dificultar o desenvolvimento de outras espécies submersas, por causa da redução da penetração de luz (DUARTE et al., 1994). No reservatório de Itaipu, esse gênero desenvolve-se até a profundidade de 8 m e apresenta uma estrutura longilínea de até 9 m (THOMAZ & BINI, 1999). Atualmente, esse gênero tem sido motivo de preocupação para os administradores de alguns reservatórios de usinas hidrelétricas situadas nas regiões tropicais, pois, dependendo do número de ocorrências e da quantidade, as biomassas desprendidas dos dosséis podem obstruir as tomadas d'água, interferindo nos procedimentos de operação das usinas.

As avaliações da produtividade primária das macrófitas aquáticas são freqüentemente efetuadas com base nas alterações de biomassa (JUNK & PIEDADE, 1993b). Em geral, para esses vegetais, as variações temporais de biomassa são adequadamente descritas pelo modelo logístico (BIANCHINI JR., 2003). No entanto, nos estágios avançados do crescimento ou sob condições adversas, podem ocorrer decréscimos nos valores de biomassa. Diante da importância da dinâmica do crescimento das macrófitas para a manutenção das cadeias tróficas e para a

administração dos ecossistemas aquáticos, este estudo teve por objetivo descrever e discutir aspectos do crescimento de *Egeria najas* em condições de laboratório.

## Materiais e Métodos

### Local de coleta

A macrófita aquática *Egeria najas* Planchon foi coletada na Lagoa do Óleo, situada na Estação Ecológica de Jataí, que se localiza a noroeste do Estado de São Paulo, no município de Luiz Antônio. A Lagoa do Óleo (21°36'S e 47°49'W) pertence ao conjunto de lagoas marginais da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu, unindo-se, eventualmente, ao rio nos períodos de chuva (entre novembro e março). As lagoas marginais dessa planície de inundação são caracterizadas por pouca profundidade e grande abundância de macrófitas aquáticas, associadas ao ciclo hidrológico (NOGUEIRA, 1989).

A Lagoa do Óleo é pequena (17.400 m<sup>2</sup>), rasa (GUNTZEL et al., 2000) e intensamente colonizada por macrófitas aquáticas. Esse ambiente possui perímetro de 1.522 m, larguras máxima e mínima de 50 e 20 m, respectivamente, e comprimento máximo de 678 m (CUNHA-SANTINO, 2003). Essa lagoa possui as seguintes espécies de macrófitas aquáticas: 1) submersas livres: *Utricularia breviscapa* Wright ex Griseb. (Lentibulariaceae) e *Cabomba piauhyensis* Gradn (Cabombaceae); 2) submersas enraizadas: *Egeria najas* Planch. (Hydrocharitaceae) e *Ceratophyllum submersum* (Gray) Wilmot-Dear (Ceratophyllaceae); 3) flutuantes: *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth (Pontederiaceae), *Ludwigia* sp (Onagraceae), *Salvinia auriculata* Aubl. (Salviniaceae) e *Ricciocarpus natans* (L.) Corda (Ricciaceae); 4) emersas: *Scirpus cubensis* Poepp & Kunth (Cyperaceae) e *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae); Cunha-Santino (2003). Esse sistema está submetido a baixas concentrações de oxigênio dissolvido (de 3,5 a 5,5 mg L<sup>-1</sup> na superfície e de 0,2 a 4,3 mg L<sup>-1</sup> no fundo). Os valores médios verificados para o pH foram 5,3 na superfície e 5,7 no fundo. A profundidade média de desaparecimento do disco de Secchi foi 1,3 m. As concentrações de carbono orgânico dissolvido variaram de 3,61 a 5,54 mg L<sup>-1</sup>. Os sedimentos superficiais apresentaram fração orgânica de aproximadamente 23% (PERET & BIANCHINI JR., 2004).

### Descrição da espécie

As espécies do gênero *Egeria* caracterizam-se por serem submersas fixas ou de vida livre de água doce, dióicas e por possuir raízes não ramificadas, caule alongado (até 3 m ou mais) e irregularmente ramificado. Possuem folhas opostas ou verticiladas, geralmente em verticilos de cinco por nó, sésseis, lineares a lanceoladas, em geral recurvadas, margem de serrulada a denticulada, células hialinas grandes presentes no mesófilo, com estípulas ausentes. Apresentam inflorescência suspensa na superfície da água sobre um rígido pedúnculo e espátas solitárias e sésseis. Apresentam flores 1-5 por espata, unissexuadas, com três sépalas ovais e verdes e três pétalas grandes e vistosas, brancas, de ovais a suborbiculares. A flor masculina apresenta: nove estames, filetes de alongados a clavados, brancos ou amarelos, três vezes mais longos que as anteras, com três; nectários lobados. A flor feminina apresenta: três estaminódios livres, ovário ínfero, 3-carpelar, 1-locular, três estiletos unidos na base, estigmas irregularmente 2-3-lobado achatados. Possuem, ainda, fruto cápsula, deiscência irregular, ovóide e com sementes elipsóides.

des (COOK & URMI-KÖNIG, 1984). Suas raízes são adventícias e se desenvolvem nas laterais dos ramos. Suas flores possuem larguras que variam entre 1,2 e 1,8 cm. As partes encontradas livres na água são geralmente as apicais. Suas populações podem ser encontradas em lagos, riachos e reservatórios (HOENE, 1948; FASSET, 1957; ARBER, 1978).

*Egeria najas* foi descrita pela primeira vez em 1849 por Planchon e publicada nas monografias de St. John (COOK & URMI-KÖNIG, 1984) com as seguintes descrições: caule 0,8-1,4 mm de diâmetro; folhas alongadas, recurvadas ou menos freqüentemente estendidas, 8-17 x 1-2 mm, maior parte em verticilos de cinco por nó; inflorescência axilar; flor masculina: 2-3 por espata, espata 5-7 mm, pedicelo de até 32 mm; sépalas 3 x 1,5-2 mm; pétalas 6 x 4-6mm; estames 1,5-2 mm, filetes alongados e pouco papilosos na parte superior, de brancos a amarelos; nectários 0,2-0,5 mm, lobos laterais estreitamente bifurcados e menores que o lobo central; flor feminina: espata 3,4-8 x 1-2 mm; sépalas 1,2-3,3 x 1,2-1,8 mm; pétalas 2,8-5,7 x 2,5-5,1 mm; estaminódios não nascidos sobre uma haste, cilíndricos e truncados no ápice, 0,4-1,3 mm, amarelos; ovário com de 6-9 óvulos; estilete com de 1,6-3,2 mm, dividido em 2-3 ramos, em até pelo menos 2/3 de seu comprimento, de branco a amarelo pálido. Fruto sésil, fusiforme, 7,5-8 mm; sementes estreitamente elipsóides, 2,8-4,2 mm (COOK & URMI-KÖNIG, 1984). Essa espécie está confinada na América do Sul, sendo que no Brasil está presente em Minas Gerais, Paraná e São Paulo (AONA & AMARAL, 2002).

Normalmente, *E. najas* apresenta a formação de dossel na superfície da coluna d'água (DUARTE et al., 1994). Contudo, também encontra-se submersa fixa no sedimento ou livre-natante. Segundo Hoene (1948), *E. najas*, conhecida como Elodea, possui folhas (quatro) em verticilos, denteadas, caules extensos e foliosos. De acordo com Joly (1987), são plantas submersas que possuem raízes submersas revestidas de pêlos absorventes longos, e sua época de floração é o inverno. Na Estação Ecológica de Jataí, esta espécie é encontrada somente na Lagoa do Óleo, principalmente no período chuvoso, quando provavelmente a entrada de nutrientes torna-se mais acentuada. Nesse período, ela ocupa grande área da lagoa, com seu ápice chegando próximo à superfície e apresentando flor (BITAR, 2003).

## Experimento de crescimento

Amostras de plantas, de água e de sedimento foram coletadas na Lagoa do Óleo. O sedimento foi coletado com draga de Eckman-Birge, e as de água, com garrafa de van Dorn. As amostras de água foram integradas (superfície, meio e fundo). Para iniciar o experimento, as plantas foram lavadas, separadas em partes menores, medidas e pesadas. Na preparação, foram utilizados oito tubos de vidro (1 m de comprimento e 3,5 cm de diâmetro) graduados (mm). Quatro tubos foram preenchidos com água da lagoa (vol.  $\approx$  860 ml) e com sedimento (vol.  $\approx$  100 ml); nos demais ( $n = 4$ ) foram adicionadas apenas alíquotas de água (vol.  $\approx$  960 ml). Para as inclusões das plantas nos tubos com sedimento, foi necessário esperar cerca de três horas para que ocorresse a deposição das partículas. Antes da inclusão, as plantas foram pesadas e tiveram os comprimentos determinados (comprimento inicial  $\approx$  2,0 cm). As macrófitas dispostas nos tubos contendo sedimento foram fixadas; as demais foram deixadas livres. Os tubos foram mantidos em laboratório, em local onde havia incidência de radiação artificial e solar indireta (radiação média:  $209,6 \pm 22,3 \mu\text{E s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ; Biospherical Instruments Inc., QSL-100).

As medidas de comprimento foram realizadas durante 36 dias, por meio das graduações impressas nos tubos. Ao final do experimento, as plantas foram retiradas e tiveram novamente

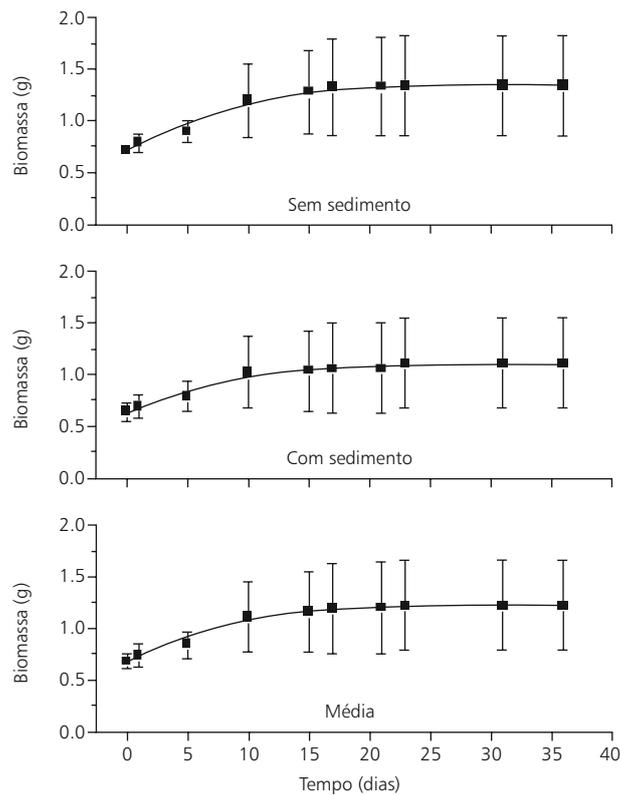
suas medidas de comprimento diretamente registradas. Em seguida, foram secas e pesadas para estimar a biomassa (g PS m<sup>-2</sup>). Os resultados foram ajustados ao modelo da curva logística (Equação 1; KREBS, 1972), com base no método não linear (algoritmo iterativo de Levenberg Marquardt; PRESS et al., 1993),

$$N = \frac{K}{1 + e^{(a-r_m t)}} \quad (1)$$

em que: K = capacidade suporte do meio (por exemplo, biomassa ou número de indivíduos); e = base logaritmo natural; t = tempo (dia); r<sub>m</sub> = coeficiente de crescimento (dia<sup>-1</sup>); a = constante de integração;  $a = \ln\left(\frac{K-N_0}{N_0}\right)$ ; e N = tamanho ou biomassa da população.

## Resultados e Discussão

De acordo com as medidas diárias de comprimento e os pesos iniciais e finais das plantas, foi possível descrever temporalmente a variação da biomassa (Figura 1).



**Figura 1** Variação temporal da biomassa de *Egeria najas* nas diferentes condições experimentais.

Os ajustes dos resultados ao modelo adotado (Equação 1) determinaram os seguintes coeficientes de crescimento (r<sub>m</sub>): 1) plantas incubadas nos meios contendo sedimento: 0,164 dia<sup>-1</sup>;

2) plantas incubadas nos meios contendo apenas água da lagoa:  $0,171 \text{ dia}^{-1}$ . O modelo matemático empregado foi adequado para descrever as variações temporais dos crescimentos, pois os ajustes geraram coeficientes de determinação elevados ( $r^2$  para todos os casos: 0,98). A partir das estimativas dos coeficientes de crescimento, verificou-se que as plantas apresentaram tempos de duplicação ( $T_d$ ) semelhantes nas duas condições experimentais. O grupo de plantas que cresceu nos meios que continham sedimento apresentou  $T_d$  médio de 4,2 dias, enquanto para o outro (plantas livres) o tempo médio de duplicação foi de 4,1 dias. Ainda com base na parametrização do modelo adotado, calculou-se o valor médio da quantidade máxima de biomassa ( $K$ ) para cada grupo, que foi  $1.419,5 \text{ g PS m}^{-2}$  para cultura sem sedimento e  $1.159,3 \text{ g PS m}^{-2}$  para o meio com sedimento.

Embora o sedimento seja uma importante fonte de nutrientes para as macrófitas aquáticas e principalmente para as enraizadas (ESTEVEZ & CAMARGO, 1986), os resultados sugerem que a *Egeria najas* apresentou, nas duas condições, capacidade similar de absorção de nutrientes, considerando que seus tempos de duplicação foram semelhantes. Normalmente, para as plantas aquáticas, tem-se verificado que os dois principais nutrientes que limitam seus crescimentos são nitrogênio e fósforo. Contudo, as formas inorgânicas do carbono podem se constituir como fator limitante para as plantas submersas (DUARTE et al., 1994). Dependendo da espécie, o carbono inorgânico pode ser assimilado a partir da coluna d'água ou do próprio sedimento (DICKINSON & MURPHY, 1998). Nesse contexto, tem-se reportado que, por meio de seu sistema radicular, esse gênero pode assimilar intensamente nutrientes do sedimento (BARCO & SMART, 1980). Por possuir baixos teores de fibras (THOMAZ & ESTEVES, 1984), parte dos nutrientes assimilados pode ser rapidamente liberada para a coluna d'água, por causa das elevadas taxas de decomposição que os organismos apresentam (BITAR, 2003). Os resultados sugerem que, mesmo com a adição de sedimento nos meios, não ocorreram incrementos significativos de N e P, pois, nesse caso, o esperado seria que os  $r_m$  e, ainda, os valores de  $K$  fossem mais elevados na condição mais fértil. Considerando que as adições de sedimento incrementaram a disponibilidade de nutrientes e que as biomassas foram semelhantes nas duas condições, os resultados sugerem que o carbono inorgânico possa ter sido o fator limitante do crescimento. Nesse caso, há registros inequívocos de que o carbono inorgânico em conjunto com o pH pode limitar o crescimento das espécies do gênero *Egeria* (PEZZATO, 2002). Na descrição das taxas de fotossíntese de *Egeria densa* em dois rios com características limnológicas diferentes, Pezzato & Camargo (2004) inferiram que as formas inorgânicas de carbono constituíram-se em um dos principais fatores controladores. Além da disponibilidade de carbono inorgânico, é possível que partículas depositadas sobre as folhas tenham se constituído como outro fator de interferência no crescimento das plantas incubadas nos meios com sedimento. Assim, há de se considerar que, por se tratar de uma espécie submersa, ela depende exclusivamente da radiação solar subaquática para a realização do processo de fotossíntese. Nesse contexto, para o reservatório de Itaipu, Thomaz et al. (1999) supõem que essa espécie tenha seu crescimento limitado por causa da elevada turbidez, fazendo seu crescimento ser restrito.

Comparando os coeficientes de crescimento obtidos neste experimento com os determinados por outros autores, observou-se que a *Egeria najas* apresentou os maiores valores de  $r_m$  e, conseqüentemente, os menores tempos de duplicação (Tabela 1). Os valores obtidos para essas duas variáveis sugerem o grande potencial de colonização dessas plantas, podendo aumentar consideravelmente sua biomassa nas lagoas e nos reservatórios em curtos períodos de

tempo. Experimento de crescimento realizado com *E. densa*, sob condições controladas (PISTORI et al. 2004), registrou tempos de duplicação que variaram entre 12 e 194 dias, adotando-se os coeficientes instantâneos de crescimento (JACKSON, 1980). No ajuste desses resultados de crescimento de *E. densa* ao modelo da curva logística (Equação 1), verifica-se que o coeficiente de crescimento obtido foi de  $0,107 \text{ dia}^{-1}$ , equivalente a um Td  $\approx 6,5$  dias, próximo, portanto, do verificado para *E. najas*.

**Tabela 1** Coeficientes de crescimento e tempo de duplicação de algumas espécies de macrófitas aquáticas, em diferentes condições de desenvolvimento (modificado de BIANCHINI JR., 2003).

Macrófita	Coeficiente de crescimento ( $\text{dia}^{-1}$ )	Tempo de duplicação (dia)	Autor
<i>Eichhornia crassipes</i>	0,040	17,3	Thomaz et al. (1999)
<i>Eichhornia crassipes</i>	0,053	11 -15	Penfound & Earle (1948)
<i>Eichhornia crassipes</i>	0,025	27,7	Henry-Silva et al. (2002)
<i>Egeria densa</i>	0,063-0,009	12-194	Pistori et al. (2004)
<i>Egeria densa</i>	0,107*	6,5*	Pistori et al. (2004)
<i>Egeria najas</i>	0,082	8,5	Thomaz et al. (1999)
<i>Egeria najas</i>	0,058	11,9	Thomaz et al. (1999)
<i>Egeria najas</i>	0,022	31,5	Thomaz et al. (1999)
<i>E. najas</i> - c/ sedimento	0,164	4,1	este trabalho
<i>E. najas</i> - s/ sedimento	0,171	4,2	este trabalho
<i>E. najas</i> - média	0,168	4,1	este trabalho
<i>Glycerina maxima</i>	0,050	13,9	Esteves (1979)
<i>Justicia americana</i>	0,092	7,5	Boyd (1969)
<i>Salvinia auriculata</i>	0,064	10,8	Thomaz et al. (1999)
<i>Salvinia auriculata</i>	0,094	7,2	Saia & Bianchini Jr. (1998)
<i>Salvinia molesta</i>	0,036	19,1	Mitchell & Tur (1975)
<i>Salvinia molesta</i>	0,031-0,01	22,4-69,3	Henry-Silva et al. (2002)
<i>Pistia stratiotes</i>	0,031	22,4	Henry-Silva et al. (2002)

(\*) parâmetros estimados pelo ajuste dos resultados ao modelo da curva logística (Equação 1).

Comparando os resultados de biomassa (K) obtidos neste experimento com os verificados por outros autores, nota-se que estes foram muito próximos aos registrados para *Glycerina maxima*: =  $1.507 \text{ g PS m}^{-2}$  (ESTEVES, 1979); *Paspalum repens* =  $1.444 \text{ g PS m}^{-2}$  (PETRACCO, 1995); *Sparganium fallax* =  $1.400 \text{ g PS m}^{-2}$  (HWANG et al., 1996); foram maiores que os verificados para *E. najas* =  $234 \text{ g PS m}^{-2}$  (THOMAZ et al., 1999); *Egeria densa* =  $977,2 \text{ g PS m}^{-2}$  (BEYRUTH, 2002); *Salvinia auriculata* =  $199,8 \text{ g PS m}^{-2}$  (SAIA & BIANCHINI JR., 1998); *Schoenoplectus mucronatus ssp. robustus* =  $850 \text{ g PS m}^{-2}$  (HWANG et al., 1996); *Nymphaea rudgeana* =  $62,1 \text{ g PS m}^{-2}$  (CAMARGO & FLORENTINO, 2000); *Pistia stratiotes* =  $205,3 \text{ g PS m}^{-2}$  (CAMARGO & FLORENTINO, 2000); *Salvinia molesta* =  $96,3 \text{ g PS m}^{-2}$  (CAMARGO & FLORENTINO, 2000); e *Utricularia foliosa* =  $70,4 \text{ g PS m}^{-2}$  (CAMARGO & FLORENTINO, 2000); e menores que os obtidos para *Eichhornia crassipes* =  $2.027 \text{ g PS m}^{-2}$  (GRECO & FREITAS, 2002); e *Justicia americana* =  $2.385,7 \text{ g PS m}^{-2}$  (BOYD, 1969). Entretanto, deve-se ressaltar que esse parâmetro (K) pode variar intraespecificamente, em decorrência das condições ambientais (por exemplo, estado trófico, fetch, variações climá-

ticas). Nesse contexto, espécies de um mesmo tipo ecológico podem ter necessidades nutricionais diferentes, e uma espécie pode ter sua produção limitada por uma concentração maior do que outra espécie (CAMARGO et al., 2003). Supõe-se que a rápida estabilização alcançada nesse experimento seja decorrente dos elevados conteúdos de biomassa empregados no início (em relação à disponibilidade de nutrientes e/ou carbono inorgânico).

Os elevados valores de desvios-padrão verificados neste experimento sugerem que, mesmo dentro de um mesmo ambiente, indivíduos da mesma espécie possuem taxas diferenciadas de crescimento, dependendo, nesse caso, das condições fisiológicas dos organismos. Em um microambiente favorável para a produção primária, uma determinada espécie pode aumentar consideravelmente sua biomassa, sendo que, nos sistemas aquáticos, esse fato pode acarretar elevada ocupação.

Com base nos procedimentos experimentais adotados, de modo geral, registrou-se que: 1) *E. najas* cresceu fixa ao sedimento e na forma livre-natante; e 2) essa planta aquática apresentou elevado potencial de crescimento (com tempos de duplicação da ordem de quatro dias) e elevada densidade (aproximadamente 1,3 kg PS m<sup>-2</sup>). Contudo, são necessários estudos suplementares, *in situ*, que descrevam suas taxas de produção primária, tendo em vista avaliar sua importância na estrutura trófica da Lagoa do Óleo e para a aquisição dos conhecimentos necessários para a administração adequada de sistemas aquáticos artificiais.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento deste experimento (FAPESP, Processo n. 98/12564-4) e ao Laboratório de Cultura e Fisiologia do Fitoplâncton, Departamento de Botânica, UFSCar, pela aquisição das medidas de radiação (RFA).

## Referências Bibliográficas

- ALLAN, J. D. *Stream Ecology – Structure and function of running waters*. London: Chapman & Hall, 1995. 388 p.
- AONA, L. Y. S.; AMARAL, M. C. E. *Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo*. v. 2. São Paulo: Hucitec, 2002. pp. 123-127.
- ARBER, A. *Water plants: a study of aquatic angiosperms*. New York: Wheldon & Wesley, 1978. 436 p.
- BARKO, J. W.; SMART, R. M. Mobilization of sediment P by submerged freshwater macrophytes. *Freshwater Biol.*, v. 10, pp. 229-238, 1980.
- BENNER, R. B.; MORAN, M. A.; HODSON, R. E. Biogeochemical cycling of lignocellulosic carbon in marine and freshwater ecosystems: relative contributions of procaryotes and eucaryotes. *Limnol. Oceanogr.*, v. 31, pp. 89-100, 1986.
- BEYRUTH, Z. Macrófitas aquáticas de um lago marginal ao rio Embu-mirim, São Paulo, Brasil. *Rev. Saúde Pública*, v. 26, pp. 272-282, 2002.
- BIANCHINI JR., I. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Eds.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM, 2003. pp. 85-126.

BITAR, A. L. *Mineralização e formação de gases da degradação de Eichhornia azurea Kunth e Egeria najas Planch.* 2003. 119 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

BOYD, C. E. Production, mineral nutrient absorption, and biochemical assimilation by *Justicia americana* and *Alternanthera philoxeroides*. *Arch. Hydrobiol.*, v. 66, pp. 139-160, 1969.

CAMARGO, A. F. M.; FLORENTINO, E. R. Population dynamics and net primary production of the aquatic macrophyte *Nymphaea rudgeana* C. F. Mey in a lotic environment of the Itanhaém river basin (SP, Brazil). *Rev. Brasil. Biol.*, v. 60, pp. 83-92, 2000.

CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. Fatores limitantes à produção primária. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Eds.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM, 2003. pp. 59-83.

COOK, C. D. K.; URMI-KÖNIG, K. A revision of the genus *Egeria*. *Aquatic Bot.*, v. 19, pp. 73-96, 1984.

CUNHA-SANTINO, M. B. *Atividade enzimática, cinética e modelagem matemática da decomposição de Utricularia breviscapa da Lagoa do Óleo (Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antonio - SP)*. 2003. 140 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

DA SILVA, C. J. *Influência da variação do nível d'água sobre a estrutura e funcionamento de uma área alagável do Pantanal Matogrossense (pantanal de Barão de Melgaço, município de Santo Antônio de Leverger e Barão de Melgaço - MT)*. 1990. 250 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

DA SILVA, C. J.; ESTEVES, F. A. Biomass of three macrophytes in the Pantanal of the Mato Grosso, Brazil. *Int. J. of Ecol. and Env. Sci.*, v. 19, pp. 11-23, 1993.

DICKINSON, G.; MURPHY, K. J. *Ecosystems: a functional approach*. London: Routledge, 1998. 190 p.

DUARTE, C. M.; PLANAS, D.; PEÑUELAS, J. Macrophytes, taking control of ancestral home. In: MARGALEF, R. (Ed.). *Limnology now: a paradigm of planetary problems*. Amsterdam: Elsevier, 1994. pp. 59-79.

ESTEVES, F. A. Die Bedeutung der aquatischen Mackrophyten für den Stoffhaushalt des Schöhsees. I. Die Produktion na Biomasse. *Arch. Hydrobiol.*, v. 57, pp. 117-143, 1979.

ESTEVES, F. A.; CAMARGO, A. F. M. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. *Acta Limnol. Brasil.*, v. 1, pp. 273-298, 1986.

FASSET, N. C. *A manual of aquatic plants*. Madison: Ed. University of Wiscosin Press, 1957. 405 p.

GRECO, M. K. B.; FREITAS, J. R. On two methods to estimate production of *Eichhornia crassipes* in the eutrophic Pampulha Reservoir (MG, Brazil). *Rev. Brazil. Biol.*, v. 62, pp. 463-471, 2002.

GÜNTZEL, A. M.; ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; RIETZLER, A. C. Diversidade do zooplâncton de lagoas marginais do Rio Mogi-Guaçu: I Rotifera. In: SANTOS, J. E.; PIRES, J. S. R. (Ed.). *Estudos integrados em ecossistemas. Estação Ecológica de Jataí*. v. 2. São Carlos: Rima, 2000. pp. 537-557.

- HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M. Effect of nutrient concentrations on the growth of aquatic macrophytes *Eichhornia crassipes*, *Pistia Stratiotes* and *Salvinia molesta*. In: EWRS INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON AQUATIC WEEDS, 11. 2002. *Proceedings...* Moliets et Maà (France), 2002. pp. 147-150.
- HOENE, F. C. *Plantas aquáticas*. São Paulo: Instituto de Botânica-SP/Secretaria da Agricultura de São Paulo, 1948. 168 p.
- HWANG, Y. H.; FAN, C. W.; YIN, M. H. Primary production and chemical composition of emergent aquatic macrophytes, *Schoenoplectus mucronatus* ssp. *robustus* and *Sparganium fallax*, in lake Yuan-Yang, Taiwan. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, v. 37, pp. 265-273, 1996.
- JACKSON, G. A. Marine biomass production through seaweed aquaculture. In: SAN PIETRO, A. (Ed.). *Biochemical and photosynthetic aspects of energy production*. New York: Academic Press, 1980. pp. 31-58.
- JOLY, A. B. *Botânica: introdução à taxonomia vegetal*. São Paulo: Editora Nacional, 1987. 775 p.
- JUNK, W. J. Áreas inundáveis – Um desafio para a limnologia. *Acta Amazônica*, v. 10, pp. 775-795, 1980.
- JUNK, W. J.; PIEDEDE, M. T. F. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus: species diversity and adaptations to the flood pulse. *Amazoniana*, v. 12, pp. 467-484, 1993a.
- JUNK, W. J.; PIEDEDE, M. T. F. Biomass and primary-production of herbaceous plant communities in the Amazon floodplain. *Hydrobiologia*, v. 263, pp. 155-162, 1993b.
- KREBS, C. J. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. New York: Harper & Row Po., 1972. 694 p.
- MARGALEF, R. *Perspectives in ecological theory*. Chicago: The Univ. of Chicago Press, 1968. 111 p.
- MITCHELL, D. S.; TUR, N. M. The rate of growth of *Salvinia molesta* (*S. auriculata* Auct.) in laboratory and natural conditions. *J. Appl. Ecol.*, v. 12, pp. 213-225, 1975.
- MORAN, M. A.; HODSON, R. E. Formation and bacterial utilization of dissolved organic carbon derived from detrital lignocellulose. *Limnol. Oceanogr.*, v. 34, pp. 1034-1047, 1989.
- NOGUEIRA, F. M. B. *Importância das macrófitas aquáticas E. azurea e S. cubensis (Poepp & Kunth) na ciclagem de nutrientes e nas principais características limnológicas da Lagoa do Infernã, SP*. 1989. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.
- PERET, A. M.; BIANCHINI JR., I. Stoichiometry of aerobic mineralization (O/C) of aquatic macrophytes leachate from a tropical lagoon. *Hydrobiologia*, v. 528, pp. 167-168, 2004.
- PENFOUND, W. T.; EARLE, T. T. The biology of the water hyacinth. *Ecol. Monogr.*, n. 18, pp. 447-472, 1948.
- PENHA, J. M. F. *Ecologia populacional de Pontederia lanceolata Nuttall em uma área alagável do Pantanal Matogrossense - MT*. 1994. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais)

– Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

PENHA, J. M. F.; SILVA, C. J. DA; BIANCHINI JR., I. Productivity of the aquatic macrophyte *Pontederia lanceolata* Nutt. (Pontederiaceae) on floodplains of the Pantanal Mato-grossense, Brazil. *Wetlands Ecology and Management*, v. 7, pp. 155-163, 1999.

PETRACCO, P. Determinação da biomassa e estoque de nitrogênio e fósforo de *Polygonum spectabile* Mart. e *Paspalum repens* Berg. Da represa de Barra Bonita (SP). 1995. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PEZZATO, M. M. Efeitos da radiação fotossinteticamente ativa, temperatura, pH e concentração de carbono inorgânico na produção primária da macrófita aquática *Egeria densa* Planch. 2002. 45 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

PEZZATO, M. M.; CAMARGO, A. F. M. Photosynthetic rate of the aquatic macrophyte *Egeria densa* Planch. (Hydrocharitaceae) in two rivers from the Itanhaém basin in São Paulo State, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Tech.*, v. 47, pp.153-162, 2004.

PIECZYNSKA, E. Detritus and nutrient dynamics in the shore zone of lakes: a review. *Hydrobiologia*, v. 251, pp. 49-58, 1993.

PIEDEDE, M. T. F.; LONG, S. P.; JUNK, W. J. Leaf and canopy photosynthetic CO<sub>2</sub> uptake of a stand of *Echinochloa polystachya* on the Central Amazon floodplain: Are the high potential rates associated with the C<sub>4</sub> syndrome realized under the near-optimal conditions provide by exceptional natural habitat? *Oecologia*, v. 97, pp. 193-201, 1994.

PIERINI, S. A.; THOMAZ, S. M. Effects of inorganic carbon source on photosynthetic rates of *Egeria najas* Planchon and *Egeria densa* Planchon (Hydrocharitaceae). *Aquat. Bot.*, v. 78, pp. 135-146, 2004.

PISTORI, R. E. T.; CAMARGO, A. F. M.; HENRY-SILVA, G. G. Relative growth rate and doubling time of the submerged aquatic macrophyte *Egeria densa* Planch. *Acta. Limnol. Brasil.*, v. 16, pp. 77-84, 2004.

PRESS, W. H.; TEUKOLSKY, S. A.; VETTERLING, W. T.; FLANNERY, B. P. *Numerical recipes in C: the art of scientific computing*. New York: Cambridge University Press, 1993. 994 p.

REA, T. E.; KARAPATAKIS, D. J.; GUY, K. K.; PINDER III, J. E.; MACKAY JR., H. E. The relative effects of water depth, fetch and other physical factors on the development of macrophytes in a small southeastern US pond. *Aquat. Bot.*, v. 61, pp. 289-299, 1998.

ROONEY, N.; KALFF, J. Inter-annual variation in submerged macrophyte community biomass and distribution: the influence of temperature and lake morphometry. *Aquat. Bot.*, v. 68, pp. 321-335, 2000.

SAIA, F. T.; BIANCHINI JR., I. Modelo do crescimento e senescência de *Salvinia auriculata* em condições de laboratório. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 8. 1996, São Carlos. *Anais...* São Carlos, PPG-ERN-UFSCar, 1998. pp. 1331-1342.

- SCREMIN-DIAS, E.; POTT, V. J.; HORA, R. C.; SOUZA, P. R. *Nos jardins submersos da Bodoquena – Guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região*. Campo Grande: Editora UFMS, 1999. 160 p.
- SFRISO, A.; MARCOMINI, A. Macrophyte production in a shallow coastal lagoon. Part II. Coupling with sediment, SPM and tissue carbon, nitrogen and phosphorus concentrations. *Mar. Environ. Research*, v. 47, pp. 285-309, 1999.
- SPENCER, W.; BOWES, G. Ecophysiology of the world's most troublesome aquatic weeds. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Eds.). *Aquatic weeds*. Oxford: Oxford University Press, 1993. 593 p.
- THOMAZ, S. M.; ESTEVES, F. A. Estudo da biomassa de algumas espécies de macrófitas aquáticas tropicais quanto ao seu valor nutritivo. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 4. 1984, São Carlos. *Anais...* São Carlos, PPG-ERN-UFSCar, 1984. pp. 437-465.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios. In: RAOUL, H. (Ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu - SP, FUNDIBIO e FAPESP, 1999. pp. 597-626.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; SOUZA, D. C.; PAGIORO, T. A.; CARMO, M.; PIERINI, S.; RIBEIRO, R.; HEIL, S. A. *Estudos de macrófitas aquáticas no reservatório de Itaipú: monitoramento e fatores ecológicos relacionados com as alterações da biomassa*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá (Nupélia), 1999. 83 p.
- THOMAZ, S. M.; TAVECHIO, W. L. G. Effects of light on the growth and photosynthesis of *Egeria najas* Planchon. *Brazil. Arch. Biol. Technol.*, v. 46, pp. 203-209, 2003.
- WESTLAKE, D. F. Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev.*, v. 38, pp. 385-425, 1963.
- WETZEL, R. G. *Limnology*. Philadelphia: Saunders, 1983. 767 p.
- WETZEL, R. G. Detritus, macrophytes and nutrient cycling in lakes. *Mem. Inst. Ital. Idrobiol.*, v. 47, pp. 233-249, 1990.