



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO MESQUITA FILHO"
Centro de Aqüicultura - CAUNESP



CRESCIMENTO DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES
Pistia stratiotes E *Salvinia molesta* EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE
TEMPERATURA E FOTOPERÍODO

LEONARDO FARAGE CANCIAN

Jaboticabal – São Paulo
2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA
CAUNESP

CRESCIMENTO DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES
Pistia stratiotes E *Salvinia molesta* EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE
TEMPERATURA E FOTOPERÍODO

LEONARDO FARAGE CANCIAN

ORIENTADOR: Prof. Dr. GUSTAVO HENRIQUE GONZAGA SILVA

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO MONTEIRO

CAMARGO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aqüicultura, Área de Concentração em Aqüicultura em águas Continentais, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre.

Jaboticabal – São Paulo
2007

"Faça de cada obstáculo uma oportunidade, transforme tudo que é negativo em alguma coisa positiva."

(Linda Armstrong)

Dedico este trabalho aos meus pais Antonio e Regina que sempre me deram apoio tanto nos bons momentos quanto nos momentos ruins. Graças a eles e à custa de muito sacrifício deles que pude chegar até aqui. E graças a eles que este trabalho se tornou possível. Essa é pra vocês!!

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento todo especial aos meus pais Antonio e Regina, meu irmão Giuliano e minha avó Alexandrina por todo o carinho em todos esses anos e pelo apoio em todos os momentos da minha vida, nos altos e baixos, sempre me motivando e me incentivando a ir mais longe.

Ao Prof. Dr. Gustavo Henrique Gonzaga Silva pela amizade desde os anos da graduação, pelo apoio e incentivo, que contribuíram muito para o meu crescimento profissional, e principalmente pela orientação neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo, por ter participado praticamente desde o início da minha formação acadêmica. Pela boa convivência e pela amizade em todos estes anos. Pelo incentivo em todas as etapas da minha formação, meus sinceros agradecimentos.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida, que foi fundamental para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Irineu Bianchini Júnior pela grande ajuda na análise dos dados e valiosas sugestões.

Ao Prof. Dr. Robinson Antonio Pitelli, por gentilmente oferecer a estrutura do Laboratório de Controle Biológico da UNESP-Jaboticabal, que foi fundamental para a realização deste trabalho, pela receptividade e pelo constante bom humor.

Aos funcionários e estagiários do Laboratório de Controle Biológico de Jaboticabal, pelo apoio logístico e pelas amizades que surgiram.

Ao técnico do Laboratório de Ecologia Aquática, Carlos Fernando Sanches, pela grande ajuda nas coletas em campo, pelas análises no laboratório,

pelo imenso bom humor em todos os momentos e pela grande amizade em todos estes anos de convivência.

Aos colegas membros e ex-membros do Laboratório de Ecologia Aquática, Raquel, Cotó, Zé, Renata, Soraia, Maura, Ana, Amarílis, Malu... todos vocês!! Pelos bons momentos juntos, pela divertida convivência e pelas grandes amizades.

Ao pessoal do Caunesp, em especial às turmas de 2005 e 2006 pela amizade e pelos bons momentos que passamos juntos.

A Elis Winkaler, pessoa muito especial, pela grande amizade, pelos momentos juntos e pelas conversas a noite na garagem ou no portão, valeu mesmo querida!!!

Ao Charles Young Kim pela amizade, pelos eventos gastronômicos que não foram poucos e por me salvar do tédio várias e várias vezes!

A Jaque, à Gabi e à Aike, por tudo que passamos juntos na facul, em algum barzinho ou alguma balada, ou mesmo fazendo nada em casa, um agradecimento todo especial!

A toda a galera da Ecologia por tudo!! Não tem como não agradecer a vocês!!!

Aos docentes e funcionários do departamento de Ecologia, minha outra casa, em especial à Sueli, à Marilene e à Sandra, pela excelente convivência e pela grande amizade.

Não poderia deixar de fazer um agradecimento todo especial às moradoras e ex-moradors da Morada, em especial à Jheyne, à Ana e à Carol e à Sara, por me acolherem nos inúmeros bate-e-voltas para Rio Claro, pela companhia, pelos montes de sushi, pela enorme amizade e por tudo que passamos juntos, muito obrigado mesmo!!!

A Lye Otani, pela grande amizade e apoio. Pelo ombro amigo que foi tão importante tantas vezes. Por sempre me motivar e principalmente pelo carinho... devo muito à você Ly.

Às meninas da Margarita's, Gabi, Meire e Amira. Minha segunda casa em Rio Claro pelo carinho, pela grande amizade e por tudo que temos passado juntos. Por todos os momentos maravilhosos de convivência só tenho a agradecer!!!!

Um agradecimento muito especial à Gabi, minha eterna companheira de casa!! Pessoa incrível com quem eu tive a honra e o privilégio de morar junto e que é de uma importância enorme na minha vida. Pela mais sincera amizade, pelo carinho, pela cumplicidade, pelas conversas e desabafos... não teria espaço aqui pra colocar tudo o que eu tenho pra te agradecer Gabito... de verdade. Muito obrigado mesmo!! Por tudo!!

Na mesma medida tenho que agradecer ao Léo Trevelin. Cara incrível, agora companheiro de casa. Pela gigantesca amizade que surgiu nesses sete anos, pelas conversas, pelas discussões. Por todos esses anos de convivência em Rio Claro. Um grande irmão que ganhei aqui em Rio Claro... valeu mesmo cara!

A Soraia que agora além de companheira de laboratório também é companheira de casa. Pela amizade e divertida convivência em casa. Muito obrigado!

Ao pessoal do Triathlon, principalmente ao Marcelo Bosshard, Rodrigo Dantas, Renato Dantas e Ricardo Dantas, pelos treinos, pela amizade, pela força e constante incentivo e pelas valiosas dicas.

São tantas pessoas para agradecer que se fosse colocar tudo no papel essa dissertação não teria fim. Podem ter certeza que mesmo que seus nomes não estejam aqui não esqueci de vocês não. Todos vocês são muito importantes

para mim e podem ter certeza que carrego todos vocês comigo. Só tenho a agradecer... MUITO OBRIGADO GALERA!!!!

SUMÁRIO

Lista de figuras e tabelas.....	ii
Resumo Geral.....	01
Introdução Geral.....	03
Referências Bibliográficas.....	13
Cápítulo 1. Crescimento da macrófita aquática flutuante <i>Pistia stratiotes</i> em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo.....	20
Resumo.....	21
Introdução.....	22
Material e Métodos.....	23
Resultados.....	26
Discussão.....	29
Agradecimentos.....	33
Referências Bibliográficas.....	33
Capítulo 2. Crescimento da macrófita aquática flutuante <i>Salvinia molesta</i> em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo.....	39
Resumo.....	40
Introdução.....	41
Material e Métodos.....	42
Resultados.....	44
Discussão.....	48
Agradecimentos.....	51
Referências Bibliográficas.....	51

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Introdução Geral

- Figura 1. Macrófita flutuante *Salvinia molesta* (a) e *Pistia stratiotes* (b); Câmaras climáticas utilizadas no experimento (c); unidades experimentais acondicionadas dentro das câmaras climáticas (d).....12
- Figura 2. Unidades experimentais durante período experimental (a); unidades experimentais contendo *Salvinia molesta* (b) e *Pistia stratiotes* (c).....13

Cápítulo 1. Crescimento da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo

- Figura 1. Médias e desvios padrão da capacidade suporte (K) de *Pistia stratiotes* nos tratamentos 1 (15°C/8h fotoperíodo), 2 (15°C/12h fotoperíodo), 3 (15°C/16h fotoperíodo), 4 (25°C/8h fotoperíodo), 5 (25°C/12h fotoperíodo), 6 (25°C/16h fotoperíodo), 7 (30°C/8h fotoperíodo) e 8 (30°C/12h fotoperíodo).....27
- Figura 2. Médias e desvios padrão da biomassa total (g MS/m²) de *Pistia stratiotes* submetida a diferentes temperaturas e fotoperíodos.....28
- Tabela 1. Número médio de brotos produzidos por *Pistia stratiotes* submetida a diferentes temperaturas e fotoperíodos.....29

Capítulo 2. Crescimento da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo

- Figura 1. Médias e desvios padrão da capacidade suporte (K) de *Salvinia molesta* nos tratamentos 1(15°C/ 8h fotoperíodo), 2(15°C/ 12h fotoperíodo), 3(15°C/ 16h fotoperíodo), 4

(25°C/ 8h fotoperíodo), 5(25°C/ 12h fotoperíodo), 6(25°C/ 16h fotoperíodo), 7(30°C/ 8h fotoperíodo) e 8(30°C/ 12h fotoperíodo).....46

Figura 2. Médias e desvios padrão da biomassa total (g MS/ m²) de *Salvinia molesta* submetida a diferentes temperaturas e fotoperíodos.....47

CRESCIMENTO DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES *Pistia stratiotes* E
Salvinia molesta EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA E
FOTOPERÍODO

RESUMO GERAL

A presente dissertação está estruturada em dois capítulos no formato de artigo científico e teve como objetivo avaliar o crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* em diferentes condições de fotoperíodo e temperatura em condições de laboratório. O delineamento experimental foi casualizado sendo constituído de oito tratamentos (T) e três réplicas. Os tratamentos foram: T1 (15°C/8h de fotoperíodo); T2 (15°C/12h de fotoperíodo); T3 (15°C/16h de fotoperíodo); T4 (25°C/8h fotoperíodo); T5 (25°C/12h de fotoperíodo); T6 (25°C/16h de fotoperíodo); T7 (30°C/8h de fotoperíodo) e T8 (30°C/12h de fotoperíodo). A capacidade suporte (K) foi calculada para todas as réplicas em cada um dos tratamentos. Para identificar a ocorrência de diferenças significativas foi aplicada a análise de variância ($p < 0,05$) e posteriormente o teste de Duncan. Não houve diferenças significativas entre as capacidades suportes de *P. stratiotes* nos tratamentos T1 e T8 ($p = 0,05$), T2 e T7 ($p = 0,62$), T3 e T4 ($p = 0,26$), T3 e T5 ($p = 0,36$), T4 e T5 ($p = 0,06$) e T5 e T7 ($p = 0,09$). O maior crescimento de *Pistia stratiotes* ocorreu em temperaturas intermediárias e em fotoperíodos mais longos, com um melhor desempenho quando submetida à temperatura de 25°C e 16 horas de fotoperíodo. Para *Salvinia molesta* observou-se que não houve diferença significativa entre T1 e T4 ($p=0,233$), T1 e T7 ($p=0,638$), T4 e T6 ($p=0,106$) e T4 e T7 ($p=0,420$). Foi possível observar um melhor crescimento de *S. molesta* em temperaturas mais baixas, sendo o

melhor desempenho observado (tratamento T3) com temperatura de 15°C e fotoperíodo de 16 horas.

INTRODUÇÃO GERAL

1. As macrófitas aquáticas e sua importância

As macrófitas aquáticas são originalmente vegetais terrestres que sofreram modificações adaptativas para colonizar ambientes aquáticos, sendo classificadas em submersas, emergentes, com folhas flutuantes e flutuantes livres. Estes vegetais apresentam adaptações que permitem seu crescimento em um gradiente que compreende desde solos saturados até submersos na coluna d'água (Esteves, 1998; Bianchini Jr. *et al.*, 2002; Camargo *et al.*, 2003).

Até a década de 80, no Brasil, acreditava-se que as macrófitas aquáticas desempenhavam um papel pouco relevante na dinâmica dos ecossistemas lacustres, sendo seu estudo negligenciado no âmbito das pesquisas limnológicas (Esteves, 1988; Thomaz & Bini, 2003). Atualmente, contudo, pesquisas sobre o papel funcional das macrófitas aquáticas no metabolismo de ecossistemas límnicos ressaltam a importância destes organismos no estabelecimento de trocas entre o ecossistema aquático e o ambiente terrestre adjacente (Luciano, 1996).

O grande número de nichos ecológicos e a vasta diversidade de espécies animais observadas nas regiões litorâneas podem ser atribuídos principalmente à comunidade de macrófitas aquáticas, uma vez que servem de abrigo a animais nectônicos e bentônicos (Brum & Esteves, 2001). Entre os diversos papéis desempenhados pelas macrófitas aquáticas pode-se citar sua função como hospedeiras para associações com algas perifíticas e bactérias fixadoras de nitrogênio (Brum & Esteves, 2001; Esteves, 1998), seu importante papel trófico devido aos altos conteúdos de proteínas e carboidratos solúveis e sua reduzida

fração de parede celular (Camargo, 1984; Henry-Silva & Camargo). As macrófitas também atuam como armazenadoras de nutrientes, influenciando as características físico-químicas dos corpos d'água (Pagioro & Thomaz, 1999). Em regiões tropicais, estes vegetais atuam como fornecedores de matéria orgânica para a cadeia detritívora, sendo responsáveis muitas vezes por mais de 50% do material orgânico dos ambientes aquáticos através dos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes (Bianchini Jr. *et al.*, 2002).

A importância das macrófitas aquáticas para com os ambientes aquáticos tem sido evidenciada por um grande número de autores como Esteves & Camargo (1986), Horne & Goldman (1994), Henry-Silva & Camargo (2003), Bianchini Jr. *et al.*, (2002) e Thomaz & Bini (1998). Estudos relacionados à composição química e valores de biomassa das plantas (Biúdes & Camargo, 2006; Henry-Silva *et al.*, 2001; Henry-Silva & Camargo, 2003; Rooney & Kalff, 2000), referentes à produção primária de diferentes espécies (Camargo *et al.*, 2002; Carr *et al.*, 1997), ao crescimento das plantas e tempo de duplicação (Pistori *et al.*, 2004; Xie *et al.*, 2004; Rubim & Camargo, 2001; Cary & Weerts, 1984; Santamaría & Hootsmans, 1998), às interações entre espécies (Henry-Silva & Camargo, 2005; Van *et al.*, 1999; Benassi & Camargo, 2000) e à decomposição das macrófitas aquáticas (Bianchini Jr. *et al.*, 2002; Bianchini Jr & Cunha, 1998; Brum & Esteves, 2001) são alguns exemplos de aspectos que têm sido tratados nos estudos referentes às macrófitas aquáticas. Tais estudos são de grande importância para o conhecimento da ecologia das diferentes espécies de macrófitas aquáticas e para o conhecimento dos fatores ecológicos que podem atuar como fatores condicionantes do crescimento destes vegetais.

2. Fatores condicionantes do crescimento de macrófitas aquáticas

A existência de um organismo é determinada por uma faixa denominada limite de tolerância, ou seja, os limites mínimos e máximos de determinados fatores ambientais, tais como, temperatura, luminosidade e nutrientes, dentre os quais um organismo consegue viver e se reproduzir (Odum, 1988). O conhecimento destes fatores é de grande importância em estudos sobre produção primária de macrófitas aquáticas, uma vez que estes vegetais podem em condições próximas aos seus limites de tolerância realizar somente os processos fotossintéticos suficientes para a sua sobrevivência. Por outro lado, pode ocorrer um incremento na produção primária e conseqüentemente um aumento da reprodução sexuada e vegetativa quando as características ambientais são favoráveis (Gopal, 1990). Quando isso ocorre, determinadas espécies de macrófitas aquáticas podem crescer excessivamente afetando e prejudicando a utilização dos corpos d'água. Geralmente, essas condições ótimas de desenvolvimento ocorrem devido às ações humanas, principalmente através do lançamento de efluentes orgânicos, que promovem o aumento da disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, favorecendo o crescimento de macrófitas aquáticas (Seshavatharam, 1990). É necessário, portanto, para o controle e manejo adequado de macrófitas aquáticas, o conhecimento das condições ambientais ótimas para o seu crescimento, assim como os aspectos biológicos e auto-ecológicos das espécies (Camargo *et al.*, 2003).

Algumas macrófitas aquáticas flutuantes ocorrem com frequência em ambientes eutrofizados. Nestas condições podem apresentar valores elevados de biomassa e cobrir grandes áreas, como por exemplo, bancos de *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes* na represa Billings, na região metropolitana de São Paulo (Palombo, 1997). Diversos estudos

relacionados à produtividade primária de macrófitas aquáticas têm demonstrado que espécies emersas e flutuantes apresentam maior produtividade se comparadas às espécies submersas e com folhas flutuantes (Esteves, 1998; Barko & Smart, 1983), sendo que a produtividade destes vegetais está diretamente relacionada à temperatura, à luminosidade (Menendez & Peñuelas, 1993; Menendez & Sanchez, 1998) assim como à disponibilidade de nutrientes (Camargo *et al.*, 2003).

Experimentos em laboratório e em campo têm sido realizados com o objetivo de verificar a taxa de crescimento de macrófitas aquáticas flutuantes, e o que se pôde observar é que taxas de crescimento mais elevadas têm sido obtidas em ambientes mais ricos em nutrientes (Camargo *et al.*, 2003). Finlayson (1984), por exemplo, realizando um estudo em uma lagoa de estabilização na Austrália, observou altas taxas de crescimento específico e reduzido tempo de duplicação (2,7 dias) para *Salvinia molesta*, atribuindo essas altas taxas a valores elevados nas concentrações de nitrogênio (24 mg/L) e fósforo (9 mg/L) na água. Reddy & Debusk (1985), em experimento de laboratório trabalhando com *S. molesta* em concentrações de ortofosfatos de 3 mg/L verificaram taxa de duplicação de apenas 1,4 dias. Observaram também taxas elevadas de crescimento para *Eichhornia crassipes* (máximo 51,8 gPS/ m²/ dia e biomassa de 2200 gPS/ m²) e para *Pistia stratiotes* (máximo 28,3 gPS/ m²/ dia e 974 gPS/ m² de biomassa). Pistori (2005) verificou maior produção primária da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* em uma represa impactada pelo lançamento de efluentes de aquíicultura quando comparada com as taxas de crescimento desta mesma espécie em uma represa não impactada. Henry-Silva (2001) observou maiores taxas de crescimento de *E. crassipes* e *P. stratiotes* quando cultivadas em ambiente com maiores concentrações de nitrogênio e fósforo. Neste contexto, o conhecimento das variáveis físicas e químicas que influenciam o crescimento das macrófitas aquáticas torna-se então

indispensável para o conhecimento da dinâmica destas espécies tanto em seus ambientes naturais, quanto em ambientes artificiais ou que sejam alterados por atividades antrópicas.

3. Influência da temperatura e do fotoperíodo no crescimento de macrófitas aquáticas

A disponibilidade de luz e a temperatura são duas variáveis que influenciam diretamente o crescimento de macrófitas aquáticas. Esses vegetais possuem uma ampla tolerância à temperatura, ocorrendo desde ambientes tropicais até temperados, sendo que temperaturas altas geralmente favorecem o desenvolvimento de diversas espécies. Em estudo referente à biomassa e produtividade primária de macrófitas aquáticas na província de Buenos Aires (Argentina), verificou-se que a maioria das espécies estudadas apresentou maiores valores de biomassa e produtividade na primavera e no verão (Pastore *et al.*, 1995). Camargo *et al.* (2003) verificaram a existência de faixas ótimas de temperatura para as diversas espécies de macrófitas aquáticas, em função das variáveis sazonais do ambiente e de sua localização geográfica.

A luz é outro fator que deve ser levado em consideração em estudos ecológicos de macrófitas aquáticas. Toda a vida na Terra e os processos que ocorrem no planeta são possíveis e mantidos devido ao fluxo de energia promovido pela incidência da radiação solar. O aumento de produtividade primária, biomassa e a manutenção dos ciclos de vida de todos os elementos da cadeia alimentar são possíveis graças à radiação solar absorvida pelas plantas no processo de fotossíntese e transformada posteriormente em energia química latente (Larcher, 1984). A disponibilidade de luz é de extrema importância para as plantas, e controla a fotossíntese em ecossistemas aquáticos, exercendo grande influência na composição das espécies e nas adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas

expostas a diferentes intensidades luminosas (Osmond & Chow, 1988), (Richardson *et al.*, 1983).

A produção primária das macrófitas aquáticas pode aumentar de acordo com a disponibilidade e intensidade luminosa. No entanto, intensidades luminosas altas podem inibir ou restringir o desenvolvimento de certas espécies. Em estudo que tratou das taxas de crescimento da macrófita aquática *Salvinia molesta* em um rio da Bacia do rio Itanhaém verificou-se que intensidades luminosas mais elevadas ($852 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) podem restringir o desenvolvimento dessa espécie (Rubim & Camargo, 2001). Outros estudos demonstram que existe uma faixa ótima de intensidade luminosa para determinadas espécies de macrófitas. Na avaliação da produção primária de *Egeria densa* em um rio de águas claras, em diferentes épocas do ano observou-se que ocorreu uma maior produção primária bruta no outono, devido a uma maior quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, indicando que a produção primária esteve diretamente relacionada à luz (Pezzato & Camargo, 2004). Foi também verificado que variações de fotoperíodo e temperatura influenciaram diversas fases do crescimento da macrófita aquática submersa *Ruppia drepanensis* (Santamaría & Hoostmans, 1998; Santamaría & Van Vierssen, 1995).

4. Aqüicultura e macrófitas aquáticas

A aqüicultura mundial tem se expandido nas últimas décadas acarretando em um aumento de produção de biomassa de organismos aquáticos e aumento de nutrientes nos ecossistemas aquáticos decorrentes da utilização de rações, fertilizantes, excretas dos organismos e outras práticas utilizadas nestes sistemas de produção. Dessa forma, estes fatos associados muitas vezes a técnicas inadequadas de manejo acabam gerando impactos

nos ambientes aquáticos proporcionando alterações nas variáveis físicas e químicas destes ambientes (Boyd, 1997).

O aumento de nutrientes nos ambientes aquáticos proporciona condições favoráveis para o crescimento excessivo das comunidades de fitoplâncton e de macrófitas aquáticas. Este crescimento pode ocasionar o excessivo acúmulo de biomassa vegetal que ao se decompor promove a redução nas concentrações de oxigênio dissolvido na água dos sistemas de criação. Além disso, a grande variedade de compostos sintetizados por estes organismos vegetais pode afetar as atividades de aquicultura, tornando impróprio o consumo de peixes, camarões e moluscos (Gerber *et al.*, 1979).

Por outro lado, o uso de macrófitas aquáticas tem sido verificado como uma alternativa de tratamento de água visando diminuir o lançamento dos efluentes de aquicultura nos ambientes aquáticos (Henry-Silva, 2001; Pereira, 2004, Henry-Silva & Camargo, 2006). Entretanto, apesar dos sistemas de tratamento com macrófitas aquáticas terem sua eficiência comprovada para efluentes urbanos (Salati *et al.*, 1999; Ennabili *et al.*, 1998; Farahbakshazad *et al.*, 2000), este tipo sistema em atividades de aquicultura ainda é pouco utilizado, apesar de ser um sistema eficiente na remoção de nutrientes e ainda ser possível utilizar as plantas em outras etapas do sistema produtivo o que poderia acarretar em uma redução de gastos.

5. Considerações finais

Atualmente os diversos sistemas de produção, principalmente nos países em desenvolvimento, têm crescido de forma acelerada e conseqüentemente os impactos ao meio ambiente também têm aumentado, principalmente devido ao aumento de efluentes

gerados pelas atividades de aquicultura. Os ambientes aquáticos em particular são ecossistemas que acabam sofrendo sensivelmente com o aumento destes impactos, tornando-se ambientes cada vez mais alterados e eutrofizados por atividades antrópicas, favorecendo assim o surgimento de condições favoráveis, por exemplo, para a proliferação de organismos patogênicos, vetores de doenças e o crescimento excessivo da comunidade de macrófitas aquáticas. Verifica-se, portanto, a importância dos estudos de macrófitas aquáticas referentes aos fatores limitantes, às condições ótimas de crescimento e os estudos de produtividade, para que se conheça a auto-ecologia das espécies, podendo-se assim evitar o crescimento indesejado destes vegetais nos ambientes aquáticos e também fazer uso destas plantas de diversas formas na aquicultura com, por exemplo, nos sistemas de tratamentos de efluentes. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento das macrófitas aquáticas *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* em diferentes condições de fotoperíodo e temperatura e verificar o resultado destas condições ambientais no crescimento destes vegetais.

6. Estruturação dos capítulos

Os capítulos tratam dos experimentos desenvolvidos no Laboratório de Controle Biológico de Plantas Daninhas da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Jaboticabal no período de novembro de 2005 a março de 2006.

O primeiro capítulo intitulado “**Crescimento de *Pistia stratiotes* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo**” teve como objetivo verificar o crescimento da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* (Figura 1b) sob diferentes condições de temperatura e fotoperíodo em incubadoras climáticas em condições de laboratório. O

delineamento experimental foi casualizado sendo composto de oito tratamentos e três réplicas. Os tratamentos utilizados foram: T1 - 15°C/8h de fotoperíodo; T2 - 15°C/12h de fotoperíodo; T3 - 15°C/16h de fotoperíodo; T4 - 25°C/8h fotoperíodo; T5 - 25°C/12h de fotoperíodo; T6 - 25°C/16h de fotoperíodo; T7 - 30°C/8h de fotoperíodo e T8 - 30°C/12h de fotoperíodo. As macrófitas aquáticas foram colocadas em unidades experimentais retangulares (27 x 18 cm) de 4L contendo uma solução nutritiva e acondicionadas nas câmaras climáticas onde se avaliou o crescimento dos vegetais (Figuras 1c e 1d).

O segundo capítulo intitulado “**Crescimento de *Salvinia molesta* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo**” também visou avaliar o crescimento de uma macrófita aquática flutuante, porém a espécie utilizada foi *Salvinia molesta* (Figura 1a) em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo em condição de laboratório utilizando incubadoras climáticas. O delineamento experimental foi casualizado sendo composto de oito tratamentos e três réplicas. Os tratamentos utilizados foram: T1 - 15°C/8h de fotoperíodo; T2 - 15°C/12h de fotoperíodo; T3 - 15°C/16h de fotoperíodo; T4 - 25°C/8h fotoperíodo; T5 - 25°C/12h de fotoperíodo; T6 - 25°C/16h de fotoperíodo; T7 - 30°C/8h de fotoperíodo e T8 - 30°C/12h de fotoperíodo. Os indivíduos de *Salvinia molesta* foram colocados em unidades experimentais retangulares (27 x 18 cm) de 4L contendo uma solução nutritiva e acondicionadas nas câmaras climáticas onde o crescimento das macrófitas aquáticas foi avaliado (Figuras 1c e 1d).



Figura 1. Macrófita flutuante *Salvinia molesta* (a) e *Pistia stratiotes* (b); Câmaras climáticas utilizadas no experimento (c); unidades experimentais acondicionadas dentro das câmaras climáticas (d).

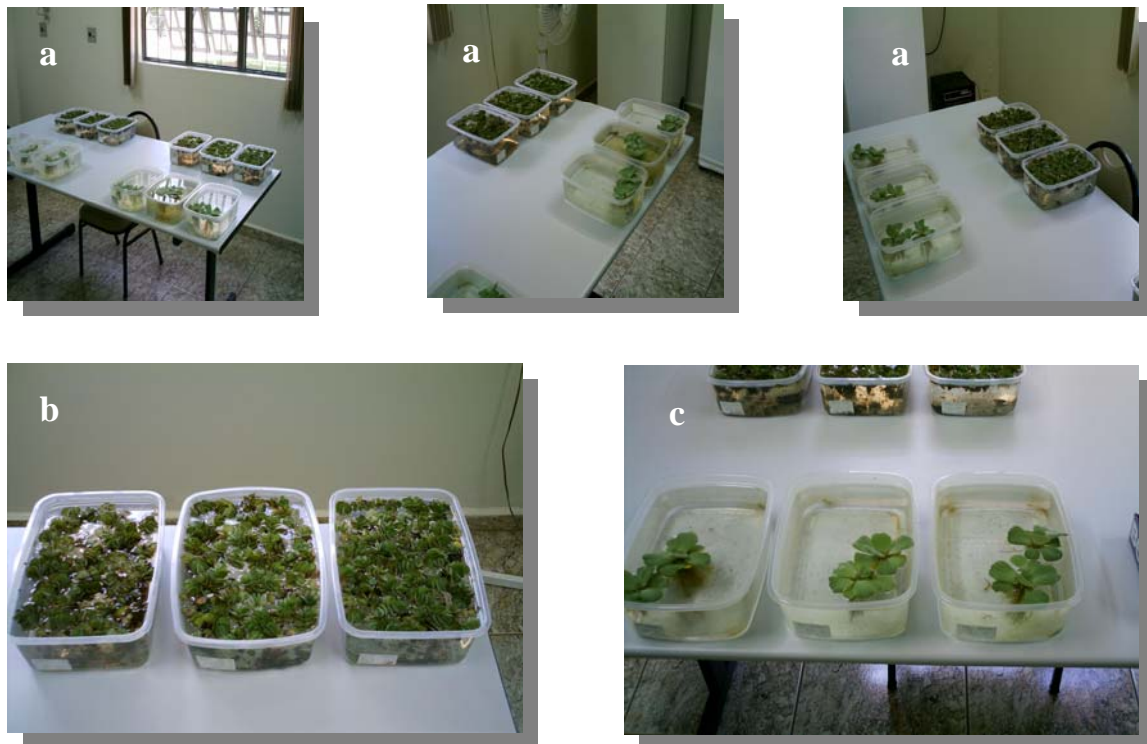


Figura 2. Unidades experimentais durante período experimental (a); unidades experimentais contendo *Salvinia molesta* (b) e *Pistia stratiotes* (c).

REFERÊNCIAS

- Barko, J. W.; Smart, R. M. 1983. Effects of organic matter additions to sediment on the growth on aquatic plants. **Journal of Ecology**, Oxford. 71, 161-175.
- Benassi, R. F. & Camargo, A. F. M. 2000. Avaliação do processo competitivo entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* D. S. Mitchell. **Revista Iniciação Científica**. 1, 59-66.
- Bianchini Jr., I. & Cunha, M. B. 1998. Mineralização Aeróbia de *Cabomba piauhyensis* e *Scirpus cubensis*. **Acta Limnol. Bras.** 10(1), 81-91.

- Bianchini Jr., I.; Pacobahyba, L. D. & Cunha-Santino, M. B. 2002. Aerobic and Anaerobic decomposition of *Montrichardia arborescens* (L.) Schott. **Acta Limnol. Bras.** 14(3), 27-34.
- Biúdes, J. F. V. & Camargo, A. F. M. 2006. Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora* due to organic pollution in the Itanhaém river Basin (Sp, Brazil). **Braz. J. Biol.** 66(3), 781-789.
- Boyd, C. E. 1997. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aqüicultura.** Auburn University, Alabama. 55 p.
- Brum, P. R. & Esteves, F. A. 2001 Dry weight loss and chemical changes in the detritus of three tropical aquatic macrophyte species (*Eleocharis interstincta*, *Nymphaea ampla* and *Potamogeton stenostachys*) during decomposition. **Acta Limnol. Bras.** 13(1), 61-73.
- Camargo, A. F. M. 1984. **Estudo ecológico de três espécies de macrófitas aquáticas tropicais: Macroinvertebrados associados e decomposição da biomassa.** Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 93 p. Dissertação (Mestrado).
- Camargo, A. F. M.; Pezzato, M. M.; Henry-Silva, G. G & Assumpção, A. M. 2002. Production primaire de *Utricularia foliosa*, *Egeria densa* et *Cabomba furcata* dans des cours d'eaux de l'aplaine côtière du Sud de l'Etat de São Paulo, Brésil. **Actes du 11^{ème} Symposium International EWRS sur la gestion des plantes aquatiques, Moliets et Maâ (France), 2-6 septembre.**
- Camargo, A. F. M.; Pezzato, M. M.; Henry-Silva, G. G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas.** Editora da Universidade Estadual de Maringá. Cap. 3, p. 59 – 83.

- Carr, G. M.; Duthie, H. M. & Taylor, W. D. 1997. Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. **Aquatic Botany**. 59, 195-215.
- Cary, P. R. & Weerts, P. G. J. 1984. Growth of *Salvinia molesta* as affected by water temperature and nutrition. III. Nitrogen-phosphorus interactions and effect of pH. **Aquatic Botany**. 19, 171-182.
- Ennabili, A.; Ater, M. & Radoux, M. 1998. Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Península. **Aquatic Botany**. 62, 45-56.
- Esteves, F. A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. Ed. Interciências/FINEP. Rio de Janeiro, R. J. 574p.
- Esteves, F. A.; Camargo, A. F. M. 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. **Acta Limnol. Bras.** 1, 273-298.
- Farahbakhshazad, N.; Morrison, G. M. & Salati, E. F. 2000. Nutrient removal in a vertical upflow wetland in Piracicaba, Brazil. **Ambio**. 29, 74-77.
- Finlayson, C. M. 1984. Growth of *Salvinia molesta* in lake Moondarra, Mout Isa, Australia. **Aquatic Botany**. 18, 257-262.
- Gerber, N. N. 1979. Volatile substances from actinomycetes: their rule in the odor pollution water. **Critical Reviews in Microbiology**. 7, 191-214.
- Gopal, B. 1990. Aquatic weeds problems and management in Asia. In: Pieterse, A. H.; Murphy, K. J. (Ed.) **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford: Oxford University Press. Cap 16, p. 318-340.
- Henry-Silva, G. G. & Camargo, A. F. M. 2003. Avaliação sazonal da biomassa da macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do Estado de São Paulo, Brasil). **Hoehnea**. 30(1), 71-77.

- Henry-Silva, G. G. & Camargo, A. F. M. 2005. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. **Hoehnea**. 32(3), 445-452.
- Henry-Silva, G. G. & Camargo, A. F. M. 2006. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. **Scientia Agricola**, 63: 433-438.
- Henry-Silva, G. G. 2001. **Utilização das macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento de biomassa vegetal**. 78 p. Dissertação (mestrado).
- Henry-Silva, G. G.; Camargo, A. F. M. Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Planta Daninha*. 23(4): 1-8. 2006.
- Henry-Silva, G. G.; Pezzato, M. M.; Benassi, R. F. & Camargo, A. F. M. 2001. Chemical composition of five species of aquatic macrophytes from lotic ecosystems of the southern coast of the state of São Paulo (Brazil). **Acta Limnol. Bras.** 13, 11-17.
- Horne, A. J.; Goldman, C. R. 1994. **Limnology**. New York. MacGraw-Hill inc. 576 p.
- Larcher, W. 1984. **Okologie der Pflanzen auf physiologischer Grundlage**. 4. überarb. Aufl. Stuttgart. UTB Ulmer. 403p.
- Luciano, S. C. 1996. **As macrófitas *Eichhornia azurea* (Kunth) e *Brachiaria arrecta* (Stent) como armazenadores de nitrogênio e fósforo na região inundável do rio Taquari (Zona de desembocadura na Represa de Jurumirim, São Paulo)**. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos. 160 p. Dissertação (Mestrado).
- Menendez, M. & Sanchez, A. 1998. Seasonal variations in P-I responses of *Chara hispida* L. and *Potamogeton pectinatus* L. from stream Mediterranean ponds. **Aquatic Botany**. 61(1), 1-15.

- Menendez, M. & Peñuelas, J. 1993. Seasonal photosynthetic and respiratory responses of *Ruppia cirrhosa* (PETAGNA) GRANDE to changes in light and temperature. **Archiv fur Hydrobiologie**, Stuttgart. 129(2), 221-230.
- Odum, E. P. c1988. **Ecologia**. Tradução: Christopher J. Tribe. Supervisão da tradução: Ricardo Iglesias Rios. Ed. Guanabara. Rio de Janeiro. il. Título do original em inglês: Basic Ecology. 434 p.
- Osmond, C. B. & Chow, W. S. 1988. Ecology of photosynthesis in the sun and shade: summary and prognostications. **Australian Journal of Plant Physiology**. 15, 1-19.
- Pagioro, T. A. & Thomaz, S. M. 1999. Influence of the decomposition of *Eichhornia azurea* on selected abiotic limnological variables of different environments of the floodplain of the high Paraná river. **Acta Limnol. Bras.** 11(2). 157-171.
- Palombo, C. P. 1997. **Determinação do padrão fenológico de *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms (aguapé) e *Pistia stratiotes* L. (Alface d'água)**. Departamento de Ecologia Geral, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 213 p. Tese (Doutorado).
- Pastore, P. M.; Tur, N. M. & Marrone, M. T. 1995. Biomassa y productividad primaria de macrofitos no emergentes de una laguna y su afluyente (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Rio de Janeiro. **Revista Brasileira Biologia**. 55(2), 267-281.
- Pereira, A. M. M. 2004. **Influência da velocidade de corrente no tratamento de efluentes de carcinicultura com a macrófita aquática *Pistia stratiotes***. 45 p. Dissertação (mestrado)
- 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**. 47(1), 153-162.
- Pistori, R. E. T. 2005. **Crescimento da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* em viveiros de aquicultura com distintos estados tróficos**. Centro de Aquicultura da Unesp (CAUNESP), dissertação (mestrado), 32 p.
- Pistori, R. E. T.; Camargo, A. F. M. & Henry-Silva, G. G. 2004. Relative growth rate and doubling time of the submerged Aquatic Macrophyte *Egeria densa* Planch. **Acta Limnol. Bras.** 16(1), 77-84.
- Reddy, K. R. & Debusk, W. F. 1985. Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. **Journal of Environmental Quality**. 14, 459-462.
- Richardson, K.; Beardall, J. & Raven, J. A. 1983. Adaptation of unicellular algae to irradiance: a analysis of strategies. **New Phytologist**. 93, 157-191.
- Rooney, N. & Kalff, J. 2000. Inter-annual variation in submerged macrophyte community biomass and distribution: the influence of temperature and lake morphometry. **Aquatic Botany**. 68, 321-335.
- Rubim, M. A. L. & Camargo A. F. M. 2001. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* Mitchell em um braço do rio Preto, Itanhaém, São Paulo. **Acta Limnol. Bras.** 13(1), 75-83.
- Salati, E.; Salati, E. J.; Tauk-Tornisielo, S. M.; Brega, D. F. & Bombonato, C. J. 1999. Use of the HSD system (Hydric Depuration with Soils) associatede to other constructed wetlands techniques for public water supply. **Water Science Technology**. 40, 203-210.
- Santamaria, L. & Hoostmans, M. J. M. 1998. The effect of temperature on the photosynthesis, growth and reproduction of a Mediterranean submerged macrophyte, *Ruppia drepanensis*. **Aquatic Botany**. 60, 169-188.

- Santamaría, L. & Van Vierssen, W. 1995. Photosynthetic temperature responses of fresh and brackish water macrophytes-a review. **Aquatic Botany**. 58, 135-140.
- Seshavatharam, V. 1990. Traditional uses and problem of noxious growth. In: Gopal, B. (Ed.). **Ecology and management of aquatic vegetation in the Indian subcontinent**. Dordrecht: Kluwer Academic. Cap. 9, p. 201- 218. (Geobotany, 16).
- Thomaz, S. M. & Bini, L. M. 1998. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. **Acta Limnol. Bras.** 10(1), 103-116.
- Thomaz, S. M., Bini, L. M. 2003. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. 1. Maringá: ed. UEM. 341 p.
- Van, T. K.; Wheeler, G. S. & Center, T. D. 1999. Competition between *Hydrilla verticillata* and *Vallisneria Americana* as influenced by soil fertility. **Aquatic Botany**. 63, 225-233.
- Xie, Y; Wen, M.; Yu, D. & Li, Y. 2004. Growth and resource allocation of water hyacinth as affected by gradually increasing nutrient concentrations. **Aquatic Botany**. 79, 257-266.

CAPÍTULO I

Crescimento de *Pistia stratiotes* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo

RESUMO

As macrófitas aquáticas possuem uma ampla faixa de tolerância à temperatura e a condições de fotoperíodo. Embora em geral temperatura e intensidade luminosa elevadas possam favorecer o desenvolvimento de macrófitas aquáticas, cada espécie apresenta um desenvolvimento ótimo em condições distintas. Neste contexto este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* em diferentes condições ambientais de fotoperíodo e temperatura. O delineamento experimental foi casualizado sendo constituído de oito tratamentos (T) e três réplicas. Os tratamentos foram: T1 (15°C/8h de fotoperíodo); T2 (15°C/12h de fotoperíodo); T3 (15°C/16h de fotoperíodo); T4 (25°C/8h fotoperíodo); T5 (25°C/12h de fotoperíodo); T6 (25°C/16h de fotoperíodo); T7 (30°C/8h de fotoperíodo) e T8 (30°C/12h de fotoperíodo). A capacidade suporte (K) foi estimada para todas as réplicas em cada um dos tratamentos. Para identificar a ocorrência de diferenças significativas foi aplicada a análise de variância ($p < 0,05$) e posteriormente foi aplicado o teste de Duncan. Não houve diferenças significativas entre as capacidades suportes de *P. stratiotes* nos tratamentos T1 e T8 ($p = 0,05$), T2 e T7 ($p = 0,62$), T3 e T4 ($p = 0,26$), T3 e T5 ($p = 0,36$), T4 e T5 ($p = 0,06$) e T5 e T7 ($p = 0,09$). O maior crescimento de *P. stratiotes* ocorreu em temperaturas intermediárias e em fotoperíodos mais longos, com um melhor desempenho quando submetida à temperatura de 25°C e 16 horas de fotoperíodo.

PALAVRAS-CHAVE: Macrófita aquática flutuante, câmaras climáticas, capacidade suporte, fatores condicionantes.

INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas desempenham um papel importante nos ecossistemas aquáticos devido à sua atuação na ciclagem de matéria orgânica, no fluxo de energia e no armazenamento de nutrientes (Engelhardt & Ritchie, 2001; Bianchini Jr, 2003; Amado *et al.*, 2005; Biudes & Camargo, 2006; Henry-Silva & Camargo, 2006). Estes vegetais também podem ser importantes produtores primários em diversos ecossistemas aquáticos continentais (Pistori *et al.*, 2004; Henry-Silva & Camargo, 2003; Camargo *et al.*, 2003). Diversos trabalhos também constataram a relevância destes vegetais para com as comunidades de macroinvertebrados (Takeda *et al.*, 2003), peixes (Agostinho *et al.*, 2003), perifíton (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003) e zooplâncton (Lansac-Tôya *et al.*, 1997).

Uma das questões mais freqüentes no estudo das macrófitas aquáticas é estabelecer os fatores que determinam a sua dinâmica. Os modelos básicos de distribuição e desenvolvimento da vegetação aquática geralmente são explicados pelas relações fisiológicas entre as plantas e as condições ambientais e na tolerância e na habilidade para crescer nestas diferentes condições. Os padrões de crescimento desses vegetais estão relacionados principalmente com luminosidade, temperatura, disponibilidade de nutrientes, pH, alcalinidade, salinidade, velocidade da corrente, variação no nível d'água e processos ecológicos, sendo que as variáveis abióticas e bióticas atuam em conjunto sobre uma população ou sobre um indivíduo (Riis *et al.*, 2000; Murphy, 2002; Henry-Silva & Camargo, 2005; Madsen *et al.*, 1998; Barendregt & Bio, 2003; Neiff & Neiff, 2003).

A maioria das macrófitas aquáticas flutuantes possui grande plasticidade fenotípica, rápida reprodução vegetativa e elevadas taxas de crescimento (Henry-Silva *et al.*, 2002; Rubim & Camargo, 2001; Datta, 1990). A proliferação indesejada destes vegetais acarreta

prejuízo aos diversos usos dos recursos hídricos, tais como a obstrução de canais de irrigação, prejuízo à navegação e atividades de recreação, redução da capacidade de geração de energia elétrica e comprometimento da atividade pesqueira (Anderson, 1990; Gopal, 1990; Seshavatharam, 1990).

As macrófitas aquáticas flutuantes *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* são consideradas algumas das espécies mais problemáticas nos ecossistemas aquáticos tropicais pelo fato de alterarem a qualidade da água e a composição de espécies dos ecossistemas aquáticos (Terry, 1981; Okafor, 1982; Spencer & Bowes, 1990). *P. stratiotes* é uma erva aquática flutuante livre, da Família Araceae. É uma planta rosulada, estolonífera, perene, apresentado tamanho muito variado em função do ambiente (Pott & Pott, 2000). É uma espécie amplamente distribuída nos ambientes aquáticos tropicais, de origem incerta, sendo hoje a planta aquática mais amplamente distribuída no mundo. No Brasil os maiores prejuízos são causados nas áreas mais quentes e em mananciais poluídos (Lorenzi, 1982). Citam-se como exemplos de crescimento indesejado de *P. stratiotes* a proliferação em canais de irrigação na Gâmbia (Terry, 1981), em um braço do reservatório de Itaipu, Brasil (Thomaz *et al.*, 1999) e em viveiros de criação de peixes na África (Petr, 2000). Neste contexto, este trabalho teve como objetivos avaliar o crescimento da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* submetida a diferentes condições de temperatura e fotoperíodo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os indivíduos de *Pistia stratiotes* foram coletados em ecossistema lótico da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém, litoral Sul do Estado de São Paulo (23° 50' e 24° 15' S; 46° 35' e 47° 00' W). Este ecossistema lótico apresentou as seguintes características físicas e

químicas (valores médios anuais): temperatura ($^{\circ}\text{C}$) = 21,47; pH = 4,14; alcalinidade (Meq/L) = 0,20; nitrogênio total (mg L^{-1}) = 0,33 e fósforo total (mg L^{-1}) = 45,63 (Camargo & Pereira, 2002).

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle Biológico de Plantas Daninhas, localizado na UNESP, campus de Jaboticabal ($21^{\circ} 15' 22'' \text{ S}$, $48^{\circ} 18' 58'' \text{ W}$), nos meses de novembro de 2005 a março de 2006. As plantas foram acondicionadas em unidades experimentais retangulares (27 x 18 cm) de 4L com uma solução nutritiva modificada e proposta por Hoagland & Arnon (1950), diluída a 10% contendo as seguintes concentrações de nutrientes: $\text{NH}_4\text{-N} = 10,5 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N} = 10,5 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{PO}_4\text{-P} = 3,1 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{K} = 23,0 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{Ca} = 20,0 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{Mg} = 5,9 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{Fe} = 0,6 \text{ mg L}^{-1}$ e micronutrientes ($\text{H}_3\text{BO}_3 = 2,68 \text{ g L}^{-1}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 1,81 \text{ g L}^{-1}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 0,22 \text{ g L}^{-1}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 0,08 \text{ g L}^{-1}$ e $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 0,02 \text{ g L}^{-1}$). A solução nutritiva de cada unidade foi substituída em cada período de obtenção de massa fresca, ou seja, a cada três dias. As unidades experimentais foram acondicionadas em câmaras climáticas com controle de temperatura e fotoperíodo. A radiação no interior das incubadoras foi determinada através da utilização de radiômetro da marca Li-cor e apresentou valores médios e desvios padrão de $32,04 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$ e $4,89 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2$, respectivamente.

O delineamento experimental foi casualizado, sendo constituído por oito tratamentos com três réplicas cada. Os tratamentos utilizados foram: T1 - $15^{\circ}\text{C}/8\text{h}$ de fotoperíodo; T2 - $15^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ de fotoperíodo; T3 - $15^{\circ}\text{C}/16\text{h}$ de fotoperíodo; T4 - $25^{\circ}\text{C}/8\text{h}$ de fotoperíodo; T5 - $25^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ de fotoperíodo; T6 - $25^{\circ}\text{C}/16\text{h}$ de fotoperíodo; T7 - $30^{\circ}\text{C}/8\text{h}$ de fotoperíodo e T8 - $30^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ de fotoperíodo.

A massa fresca inicial média de *Pistia stratiotes* utilizada nos experimentos foi $6,37 \text{ g} \pm 1,73 \text{ g}$. Para avaliar o crescimento, foi obtida a massa fresca das plantas a intervalos de

três dias durante 30 dias. As plantas foram retiradas das unidades experimentais e colocadas sobre uma peneira durante cinco minutos para eliminar o excesso de água (Agami & Reddy, 1990). Em seguida as plantas foram pesadas e recolocadas nas unidades experimentais. Antes de serem acondicionadas novamente nas câmaras climáticas a solução nutritiva remanescente nas unidades experimentais era descartada e em seguida repostas. Desta forma, durante todo o período experimental pretendeu-se manter as concentrações de nutrientes das unidades experimentais com pouca variação. Durante todo o experimento também foram contados, a cada três dias, os números de brotos produzidos por *P. stratiotes* nas unidades experimentais.

A massa seca de *Pistia stratiotes* foi estimada a partir da relação entre a massa fresca e a massa seca de indivíduos (Eq. 1), coletados nos ecossistemas lóticos do litoral sul do estado de São Paulo:

$$MF = 5,986 \times MS \quad (r^2 = 0,9917) \quad (\text{Eq. 1}),$$

em que: MS = Massa seca de *Pistia stratiotes*; MF = Massa fresca de *Pistia stratiotes*.

A capacidade suporte foi estimada para todas as réplicas dos diferentes tratamentos. Considerou-se como capacidade suporte (K) os valores médios finais de massa seca de *Pistia stratiotes* expressos em g MS/m². Aos dados aplicou-se à análise de variância (ANOVA one-way) e como teste a posteriori o teste de Duncan para verificar a ocorrência de diferenças significativas entre os tratamentos. O nível de significância considerado para todos os testes foi 0,05 (ZAR, 1999).

RESULTADOS

Após 30 dias houve incremento no acúmulo de biomassa de *Pistia stratiotes* com o aumento da temperatura e do fotoperíodo. O melhor desempenho ocorreu à temperatura de 25°C e fotoperíodo de 16 horas (Figuras 1 e 2). No entanto, quando esta espécie foi submetida à temperatura de 30°C ocorreu uma tendência de diminuição no crescimento, fato este que foi ainda mais acentuado quando se associou esta temperatura mais alta com fotoperíodos mais longos. A 30°C e 12 horas de fotoperíodo houve uma acentuada redução na biomassa vegetal e uma menor capacidade suporte (Figuras 1 e 2). Verificou-se também uma redução de biomassa vegetal assim como da capacidade suporte dos vegetais submetidos à temperatura de 15°C e 8 horas de fotoperíodo.

Não ocorreram diferenças significativas entre a capacidade suporte de *Pistia stratiotes* submetida às diferentes condições de temperatura e fotoperíodo nos seguintes tratamentos: T1 (15°C/ 8h fotoperíodo) e T8 (30°C/ 12h fotoperíodo); T2 (15°C/ 12h fotoperíodo) e T7 (30°C/ 8h fotoperíodo); T3 (15°C/ 16h fotoperíodo) e T4 (25°C/ 8h fotoperíodo); T3 (15°C/ 16h fotoperíodo) e T5 (25°C/ 12h fotoperíodo); T4 (25°C/ 8h fotoperíodo) e T5 (25°C/ 12h fotoperíodo); T5 (25°C/ 12h fotoperíodo) e T7(30°C/ 8h fotoperíodo). Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a capacidade suporte de *P. stratiotes* nos demais tratamentos (Figura 1).

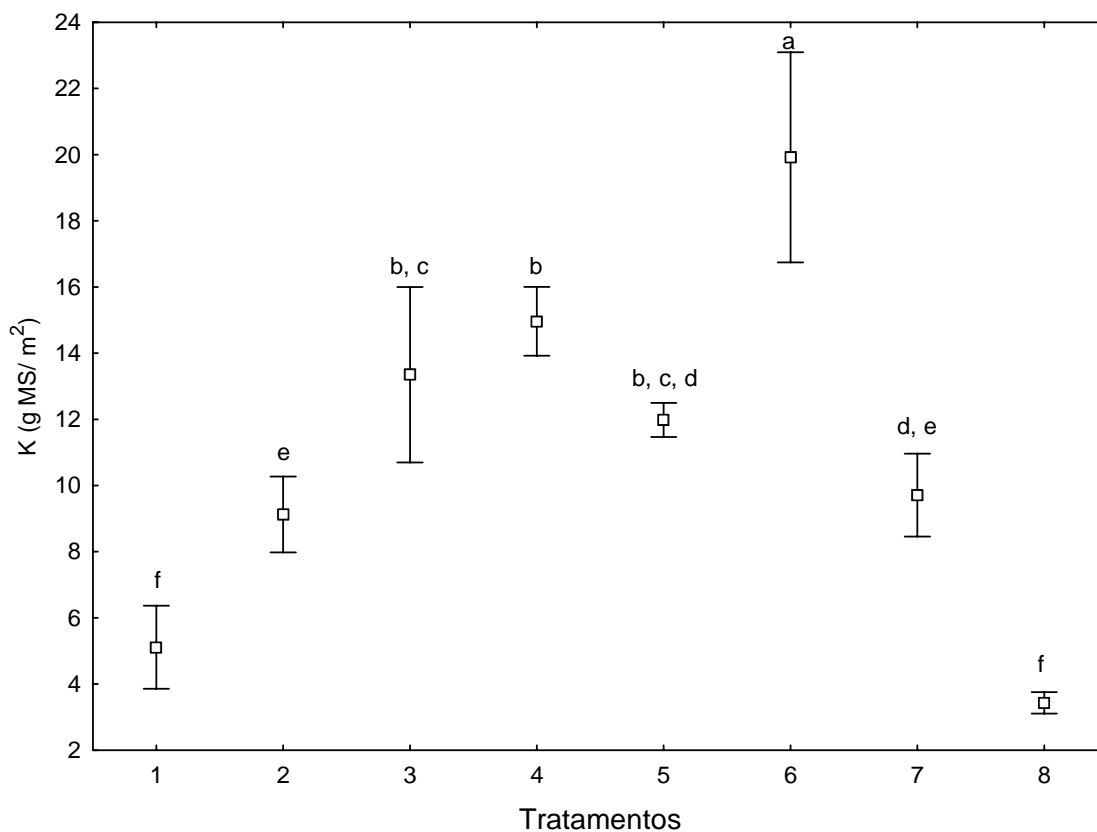


Figura 1. Médias e desvios padrão da capacidade suporte (K) de *Pistia stratiotes* nos tratamentos 1 (15°C/8h fotoperíodo), 2 (15°C/12h fotoperíodo), 3 (15°C/16h fotoperíodo), 4 (25°C/8h fotoperíodo), 5 (25°C/12h fotoperíodo), 6 (25°C/16h fotoperíodo), 7 (30°C/8h fotoperíodo) e 8 (30°C/12h fotoperíodo). Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

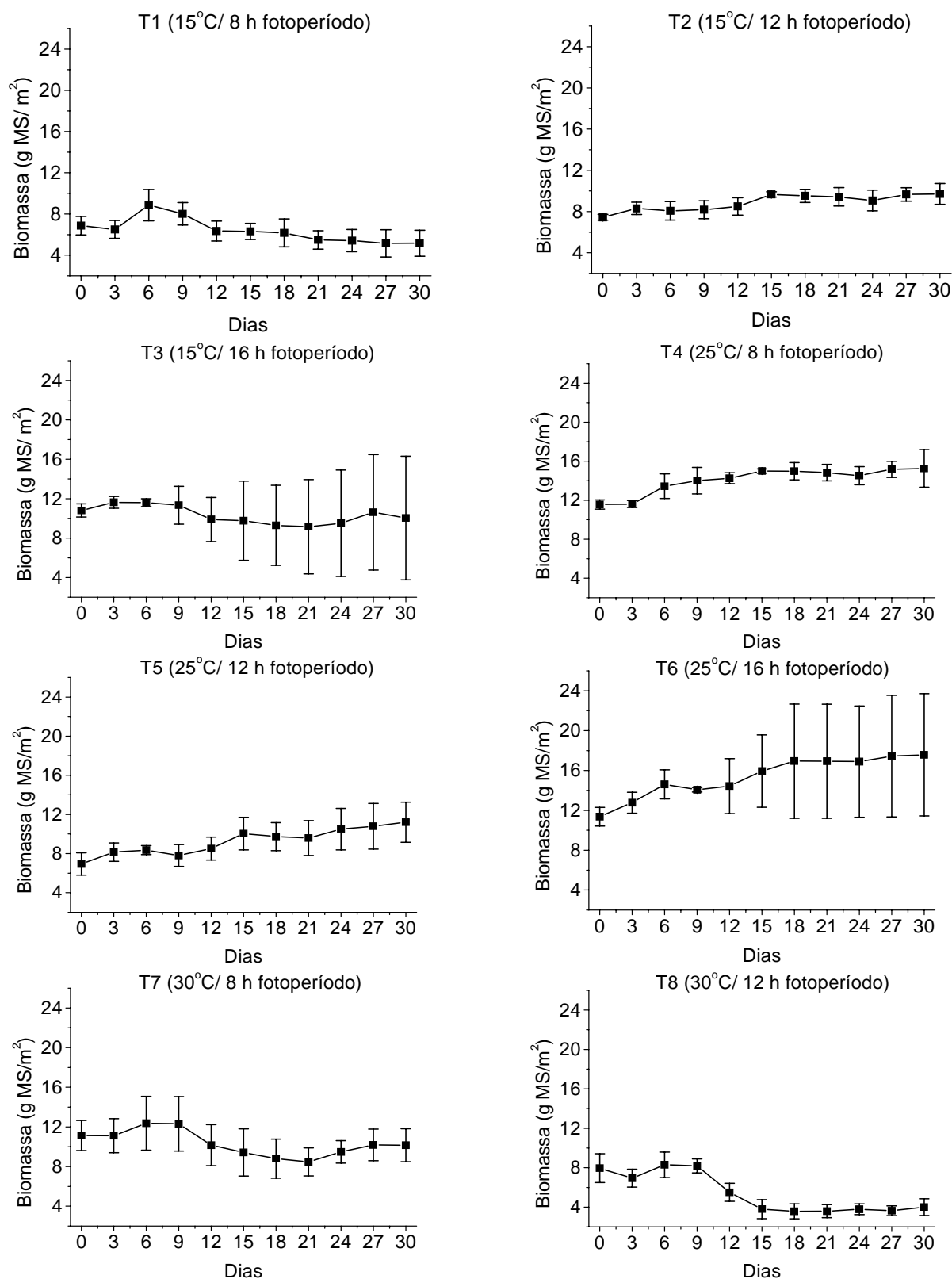


Figura 2. Médias e desvios padrão da biomassa total (g MS/m²) de *Pistia stratiotes* submetida a diferentes temperaturas e fotoperíodos.

Nas temperaturas intermediárias (25°C) e elevadas (30°C) a produção de brotos ao longo do período experimental aumentou enquanto que a produção de biomassa reduziu (Tabela 1).

Tabela 1. Número médio de brotos produzidos por *Pistia stratiotes* submetida a diferentes temperaturas e fotoperíodos.

DIAS	TRATAMENTOS							
	T1 (15°C/8h)	T2 (15°C/12h)	T3 (15°C/16h)	T4 (25°C/8h)	T5 (25°C/12h)	T6 (25°C/16h)	T7 (30°C/8h)	T8 (30°C/12h)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,67	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	2,67	2,00	9,67	0,00	0,00
15	1,33	0,00	0,00	4,67	2,67	14,33	3,00	1,33
18	1,33	0,00	0,00	7,33	7,00	18,00	4,33	2,33
21	1,33	0,00	0,33	9,00	7,67	20,00	6,33	3,33
24	1,33	0,00	0,67	10,00	19,00	21,00	7,33	5,00
27	1,33	0,00	1,33	11,33	23,67	23,67	9,33	5,00
30	1,33	0,00	1,33	11,67	34,67	24,67	13,00	10,00

DISCUSSÃO

A temperatura e fotoperíodo são variáveis abióticas que influenciam diretamente a produção primária das macrófitas aquáticas (Santamaria & Van Vierssen, 1997), sendo que essas influências também proporcionam alterações na distribuição de espécies e na

estrutura das comunidades (Rooney & Kalff, 2000; Svensson & Wigren-Svensson, 1992). Embora temperaturas elevadas favoreçam o desenvolvimento de macrófitas aquáticas de diferentes grupos ecológicos, cada espécie apresenta um ótimo de crescimento em temperaturas que podem ser mais ou menos elevadas. Em paralelo, a disponibilidade de luz é um fator primário que controla a fotossíntese em ecossistemas aquáticos, influenciando nas adaptações morfológica e fisiológica destes vegetais (Camargo et al, 2003). No caso de *Pistia stratiotes*, pode-se observar que a temperatura foi a variável que mais afetou o seu crescimento. Houve uma tendência de aumento de biomassa em temperaturas intermediárias e em fotoperíodos mais longos. O melhor desempenho de crescimento ocorreu na condição experimental de 25°C e 16 horas de fotoperíodo. Tal condição, principalmente em relação à temperatura, é semelhante à encontrada nos ecossistemas aquáticos onde esses vegetais ocorrem naturalmente no Brasil (Camargo et al., 2002). Resultado semelhante também foi verificado por Rubim (2004), que observou maiores taxas de crescimento e conseqüentemente maior biomassa de *P. stratiotes* em meses de temperaturas intermediárias que variaram em torno de 23°C e 25°C.

Em temperatura mais baixa (15°C) houve um reduzido ganho de biomassa ocorrendo inclusive amarelamento e morte de folhas dos vegetais, principalmente no fotoperíodo de oito horas. *Pistia stratiotes* apresentou menor tolerância às condições de baixa temperatura, fato que pode ser verificado pelo menor ganho de biomassa das plantas nestas condições. Esse evento corrobora os dados encontrados na literatura pelos quais é possível verificar que realmente está espécie não tolera temperaturas baixas (Mazzeo et al., 1996). Nesse contexto, em reservatórios do Uruguai, *P. stratiotes* foi drasticamente afetada em condições de baixas temperaturas, fato evidenciado principalmente pela morte de folhas e a diminuição no tamanho dos indivíduos (Mazzeo et al., 1996). Estes resultados indicam

que a temperatura é uma variável que influencia diretamente a produção de biomassa e a taxa de crescimento de macrófitas aquáticas, conforme constatado também por Camargo *et al.* (2003), Rubim (2001), Santamaria & Hoostmans (1998) e Santamaria & Van Vierssen (1995). Na medida em que a temperatura diminui, pode ocorrer a redução da velocidade das reações químicas e conseqüentemente alteração no equilíbrio destas reações nos vegetais. Em baixas temperaturas ocorre menor disponibilidade de energia metabólica, assim como a redução na absorção de água e nutrientes. Os processos metabólicos ocorrem em menor intensidade e a assimilação e o crescimento são reduzidos ou interrompidos (Larcher, 2000). Por outro lado, é importante salientar, que em condições muito próximas ao limite de tolerância, as macrófitas aquáticas podem realizar os processos fotossintéticos apenas o suficiente para sua sobrevivência (Larcher, 2000).

Principalmente nos tratamentos com temperaturas intermediárias, ocorreu aumento da produção de brotos, enquanto que o crescimento das plantas foi sendo reduzido, ocorrendo inclusive o amarelamento e morte das folhas mais externas. Tal fato provavelmente esteja relacionado a uma estratégia adaptativa de *Pistia stratiotes*, que em condições ambientais adversas (em geral em temperaturas altas e/ou alta densidade vegetal), pararia de investir no crescimento e passaria a investir na produção de brotos, proporcionando com isto maiores chances de sobrevivência. É importante ressaltar que temperaturas altas podem também ocasionar um efeito depressor nos processos vitais, sendo que as proteínas e outras moléculas biológicas podem não funcionar adequadamente (Ricklefs, 2001).

Nos tratamentos com temperatura de 15°C e fotoperíodo curto (8 horas) a produção de biomassa foi reduzida, tendendo a aumentar em fotoperíodo mais longo (12 horas). Na cultura com temperatura de 15°C foi observado um ganho de biomassa na medida em que

se aumentou o fotoperíodo. Nos meios sob temperatura de 25°C também se verificou aumento gradativo da produção de biomassa na medida em que se aumentou o fotoperíodo. Estes resultados provavelmente estejam relacionados com o incremento da atividade fotossintética de *Pistia stratiotes* quando submetida a fotoperíodos maiores. Santamaria & Hoostmans (1998) e Santamaria & Van Vierssen (1995) verificaram que fotoperíodo mais curto não afetou a produção de biomassa da macrófita aquática submersa *Ruppia drepanensis* em temperaturas intermediárias (20°C). Entretanto, quando o mesmo fotoperíodo foi combinado a uma temperatura mais baixa (14°C), a produção de biomassa desta espécie foi reduzida em 60% devido à redução da atividade fotossintética vegetal.

Na temperatura de 30°C houve redução de biomassa na medida em que se aumentou o fotoperíodo. Nestes casos, essas duas variáveis devem ter exercido efeitos aditivos, uma vez que a temperatura e o fotoperíodo mantidos em valores altos e constantes durante todo o experimento podem ter sido estressantes para a planta. É importante salientar que tais condições raramente ocorrem no ambiente natural e que provavelmente *Pistia stratiotes* não esteja adaptada a tolerar tais condições extremas. Estes resultados evidenciam que ambos, temperatura e fotoperíodo, atuam conjuntamente sobre o crescimento e desenvolvimento das macrófitas aquáticas.

O conhecimento das variáveis ambientais que influenciam o crescimento de macrófitas aquáticas pode ser de grande importância do ponto de vista aplicado, uma vez que através do conhecimento dos seus mecanismos de atuação torna-se possível estabelecer métodos de manejo destes vegetais a fim de controlar o seu crescimento indesejado tanto em ambientes artificiais quanto em ambientes naturais. Pode se concluir com os resultados deste trabalho que temperatura e fotoperíodo influenciam o crescimento de *Pistia stratiotes*, sendo que esta espécie apresentou maior crescimento quando submetida à temperatura de

25°C e fotoperíodo de 16 horas e menor quando submetida à 30°C e 12 horas de fotoperíodo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelo apoio financeiro, ao Prof. Dr. Irineu Bianchini Junior pelas sugestões e ajuda nas análises dos dados, ao Prof. Dr. Robinson Antonio Pitelli e aos funcionários, pós-graduandos e graduandos do NEPEAM, pelas sugestões e apoio logístico para o desenvolvimento dos experimentos e ao técnico Carlos Fernando Sanches pelo auxílio no trabalho de campo.

REFERÊNCIAS

- Agami, M. & Reddy, K. R. 1990. Competition for space between *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Pistia stratiotes* L. cultured in nutrient-enriched water. **Aquatic Botany** 38, 195-208.
- Agostinho, A.A.; Gomes, L.C. & Julio Jr., H.F. 2003. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Eds. Thomaz, S. & Bini, L.M. Nupélia - Maringá (SC). Eduem, Maringá, 261-280.
- Amado, A. M. 2005. Short-term and seasonal effects of water level variations on *Eleocharis interstincta* (VAHL) nutrient content in a tropical coastal lagoon. **Acta Limnológica Brasiliensia** 17(1), 91-99.
- Barendregt, A. & Bio, A.M.F. 2003. Relevant variables to predict macrophytes communities in running waters. **Ecological Modelling**. 160: 205-217.
- Bianchini Jr., I. 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In:

- Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas.** Eds. Thomaz, S. & Bini, L.M. Nupélia - Maringá (SC). Eduem, Maringá, 85-126
- Biudes, J. F. V. & Camargo, A. F. M. 2006. Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora* due to organic pollution in the basin of the river Itanhaém (SP, Brazil) **Brazilian Journal of Biology.** 62(2), 781-789.
- Camargo, A. F. M. & Pereira, A. M. M. 2002. Ecologia da Bacia Hidrográfica do rio Itanhaém. In: Schiavetti, A. & Camargo, A. F. M. 2002. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações.** Ilhéus – BA. Editus. 293 p. : il.
- Camargo, A. F. M., Pereira, L. A. & Pereira, A. M. M. 2002. Ecologia da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém. In: Schiavetti, A. & Camargo, A. F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teoria e Aplicações.** UESC, 239-256.
- Camargo, A. F. M.; Henry-Silva, G. G. & Pezzato, M. M. 2003. Crescimento e produção primária de macrófitas aquáticas em zonas litorâneas. In: Henry, R. (Ed.). **Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos.** Fundibio/Rima, São Carlos, 213-232
- Datta, S. C. 1990. Ecology of plant populations II. Reproduction. In: Gopal, B. (Ed.) **Ecology and Management of Aquatic Vegetation in the Indian Subcontinent.** Kluwer Academic Publishers, Netherlands.371-391.
- Engelhardt, A. M. & Ritchie, M. E. 2001. Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services. **Nature.** 411, 687-689.
- Gopal, B. 1990. Aquatic weed problems and management in Asia. In: Pieterse, A. H. & Murphy, K. J. (Eds.) **Aquatic Weeds-The Ecology and Management of Nuisance Aquatic Vegetation.** Oxford University Press. Oxford. 318-340.
- Henry-Silva, G. G. & Camargo, A. F. M. 2005. Interações ecológicas entre as macrófitas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. **Hoehnea.** 32(3), 445-452.

- Henry-Silva, G. G.; Camargo, A. F. M. & Pezzato, M. M. 2002. Effect of nutrient concentration on the growth of *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* and *Salvinia molesta*. **EWRS on Aquatic Weeds**. 1, 40-43.
- Henry-Silva, G. G.; Camargo, A. F. M. 2003. Avaliação sazonal da biomassa da macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do estado de São Paulo, Brasil). **Hoehnea**. 30(1), 71-77.
- Henry-Silva, G. G.; Camargo, A. F. M. 2006. Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aqüicultura. **Planta Daninha**. 23(4), 1-8.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. 1950. The water culture method of growing plants without soil. University of California, Berkeley, 347. **Calif. Agric. Exp. Stn. Circ.** 32 p.
- Lansac-Toya, F.A.; Bonecker, C.C.; Velho, L.F.M. & Lima, A.F. 1997. Composição, distribuição e abundância da comunidade zooplânctonica. In: Vazzoler, A.E.A.M.; Agostinho, A.A.; Hahn, N.S. (Ed.). **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, 117-155.
- Larcher, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. RiMa. São Carlos. 531p.
- Lorenzi, H. 1982. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. Nova Odessa, São Paulo, Brazil. 425 p.
- Madsen, T. V., Hahn, P. & Johansen, J. 1998. Effect of inorganic carbon supply on the nitrogen requirement of two submerged macrophytes, *Elodea Canadensis* and *Callitriche cophocarpa*. **Aquatic Botany**. 62, 95-106.
- Mazzeo, N., Gorga, J., Ferrando, J. & Pintos, W. 1995. Spatial and temporal variation of physicochemical parameters in a shallow reservoir seasonally covered by *Pistia stratiotes* L. in Uruguay. **Journ. of Fresh. Ecol. La Cross**. 10(2), 141-149.

- Murphy, K.J. 2002. Plant communities and plant diversity in softwater lakes of northern Europe. **Aquatic Botany** 73, 287-324.
- Neiff, J.J. & Poi de Neiff, A.S.G. 2003. Connectivity processes as a basis for the management of aquatic plants. In: **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Eds. Thomaz, S. & Bini, L.M. Nupélia - Maringá (SC). Eduem, Maringá, 39-58.
- Okafor, L. I. 1982. A preliminary study of some major aquatic weeds in Lake Chad, Nigeria. In: **Symposium on Aquatic Weeds**, 6., Proceedings...10-19.
- Petr, T. 2000. Interactions between fish and aquatic macrophytes in inland waters. A review. **FAO Fishers Technical Paper**. 396, Rome. FAO, 185 p.
- Pistori, R. E. T.; Camargo, A. F. M. & Henry-Silva, G. G. 2004. Relative growth rate and doubling time of the submerged aquatic macrophyte *Egeria densa* Planch. **Acta Limnológica Brasiliensia**. 16(1): 77-84.
- Pompêo, M.L.M. & Moschini-Carlos, V. 2003. **Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos**. Rima Editora, São Carlos, 124 p.
- Pott, V. J. & Pott, A. 2000. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. Embrapa: Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS). 404 p., il.
- Rataj, K. & Horeman, T. J. 1977. **Aquarium Plants**. Hong Kong. T.F.H Publications. 448 p., il.
- Ricklefs, R. E. 2001. **A economia da natureza**. Guanabara Koogan. 5a. Ed.
- Riis, T; Sand-Jensen, K; Vestergaard, O. 2000. Plant communities in lowland Danish streams: species composition and environmental factors. **Aquatic Botany**. 66: 255-172.
- Rooney, N. & Kalff, J. 2000. Inter-annual variation in submerged macrophyte community biomass and distribution: the influence of temperature and lake morphometry. **Aquat.**

Bot. 68, 321-335.

Rubim, M. A. L. & Camargo, A. F. M. 2001. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* em um braço do rio Preto, Itanhaém, São Paulo. **Acta Limnológica Brasiliensia**. 13(1), 61-73.

Rubim, M. A. L. 2004. **Estudos ecológicos das espécies de macrófitas aquáticas *Salvinia molesta* Mitchell e *Pistia stratiotes* L.: Taxa de crescimento e ciclagem de nutrientes**. UNESP, Rio Claro. 114 p. Dissertação (Doutorado).

Santamaria, L. & Hoostmans, M. J. M. 1998. The effect of temperature on the photosynthesis, growth and reproduction of a Mediterranean submerged macrophyte, *Ruppia drepanensis*. **Aquat. Bot.** 60, 169-188.

Santamaria, L. & Van Vierssen, W. 1995. Interactive effect of photoperiod and irradiance on the life cycle of a winter annual water plant, *Ruppia drepanensis* Tineo. In: Santamaria, L. **The ecology of *Ruppia drepanensis* Tineo in a Mediterranean brackish marsh (Doñana National Park, SW Spain). A basis for the management of semiarid floodplain wetlands**. PhD thesis, IHE Delft. Balkema, Rotterdam. 15-87.

Santamaria, L. & Van Vierssen, W. 1997. Photosynthetic temperature responses of fresh- and brackish-water macrophytes: a review. **Aquat. Bot.** 58, 135-150.

Seshavatharam, V. 1990. Traditional uses and problem of noxious growth. In: Gopal, B. (Ed.) **Ecology and Management of Aquatic Vegetation in the Indian Subcontinent**. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 201-218.

Spencer, W. & Bowes, G. 1990. Ecophysiology of the world's most troublesome aquatic weeds. In: Pieterse, A. H. & Murphy, K. J. (Eds.) **Aquatic Weeds-The Ecology and Management of Nuisance Aquatic Vegetation**. Oxford University Press. Oxford. 318-340.

- Svensson, R. & Wigren-Svensson, M. 1992. Effects of cooling water discharge on the vegetation in the Forsmark Biotest Basin, Sweden. **Aquat. Bot.** 42, 121-141.
- Takeda, A.M.; Souza-Franco, G.M.; Melo, S.M. & Monkolski, A. 2003. Invertebrados associados às macrófitas aquáticas da planície de inundação do alto rio Paraná (Brasil). In: **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Eds. Thomaz, S. & Bini, L.M. Nupélia - Maringá (SC). Eduem, Maringá, 243-260.
- Terry, P. J. 1981. **Weeds and their control in the Gambia. Tropical Pest Management**. London. 27, 44-52.
- Thomaz, S. M., Bini, L. M., Souza, M. C., Kita, K. K. & Camargo, A. F. M. 1999. Aquatic macrophytes of Itaipu Reservoir, Brazil: survey of species and ecological considerations. **Brazil Arch. Of Biol. and Tech.** 42(1), 15-22.
- Zar, J. H. 1999. **Biostatistical analysis**. 4th Edition. Prentice-Hal Inc. New Jersey, USA.

CAPÍTULO II

Crescimento de *Salvinia molesta* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo

RESUMO

As macrófitas aquáticas possuem ampla faixa de tolerância à temperatura e a condições de fotoperíodo. Contudo, cada espécie apresenta desenvolvimento ótimo em condições distintas de temperatura e fotoperíodo. Neste contexto este trabalho teve como objetivo principal avaliar o crescimento da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* em diferentes condições ambientais de fotoperíodo e temperatura. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado sendo constituído de oito tratamentos (T) e três réplicas. Os tratamentos foram: T1 (15°C/8h de fotoperíodo); T2 (15°C/12h de fotoperíodo); T3 (15°C/16h de fotoperíodo); T4 (25°C/8h fotoperíodo); T5 (25°C/12h de fotoperíodo); T6 (25°C/16h de fotoperíodo); T7 (30°C/8h de fotoperíodo) e T8 (30°C/12h de fotoperíodo). A capacidade suporte (K) foi estimada para todas as réplicas em cada um dos tratamentos. Para verificar a ocorrência de diferenças significativas entre os tratamentos foi aplicada a análise de variância ($p < 0,05$) e posteriormente foi aplicado o teste de Duncan. Observou-se que não houve diferença significativa entre T1 e T4 ($p = 0,233$), T1 e T7 ($p = 0,638$), T4 e T6 ($p = 0,106$) e T4 e T7 ($p = 0,420$). Foi possível observar um melhor crescimento em temperaturas mais baixas, sendo o melhor desempenho observado no tratamento T3, com temperatura de 15°C e fotoperíodo de 16 horas.

PALAVRAS-CHAVE: Macrófita aquática flutuante, capacidade suporte, câmaras climáticas, fatores condicionantes.

INTRODUÇÃO

A comunidade de macrófitas aquáticas é constituída por vegetais que apresentam elevada importância nos ecossistemas aquáticos devido à sua grande atuação na dinâmica destes ambientes. O papel funcional das macrófitas aquáticas ressalta a importância destes organismos no estabelecimento de trocas entre o ecossistema aquático e o ambiente terrestre adjacente (Camargo *et al.*, 2003). Diversos estudos demonstraram que as macrófitas aquáticas apresentam elevada produtividade e que são importantes na ciclagem de nutrientes (Bianchini Jr. *et al.*, 2002). O grande número de nichos ecológicos e a vasta diversidade de espécies animais observadas nas regiões litorâneas podem ser atribuídos principalmente à alta produtividade das macrófitas aquáticas, sendo que estes vegetais são considerados os principais responsáveis pela produtividade biológica em ecossistemas aquáticos rasos e com zonas litorâneas amplas (Camargo *et al.*, 2003).

Dentre os fatores que regulam a dinâmica das macrófitas aquáticas, as variáveis abióticas luz e temperatura exercem grande influência no desenvolvimento destes vegetais (Santamaría & Van Vierssen, 1997), alterando inclusive a distribuição de espécies e a estrutura da comunidade (Rooney & Kalff, 2000; Svensson & Wigren-Svensson, 1992). Temperaturas elevadas tendem a favorecer o crescimento dos diferentes grupos de macrófitas aquáticas; no entanto, cada espécie apresenta um ótimo de crescimento em determinadas faixas de temperatura que podem ser mais ou menos elevadas. A disponibilidade de luz, por sua vez, é uma variável que influencia a fotossíntese, podendo ocasionar adaptações morfológica e fisiológica destes vegetais (Camargo *et al.*, 2003). Além destas variáveis, outros fatores exercem influência no crescimento de macrófitas aquáticas,

tais como: disponibilidade de nutrientes, pH, alcalinidade, salinidade, velocidade da corrente, variação no nível d'água e processos ecológicos (Riis *et al.*, 2000; Murphy, 2002; Henry-Silva & Camargo, 2005; Madsen *et al.*, 1998; Barendregt & Bio, 2003; Neiff & Neiff, 2003).

Salvinia molesta é uma pteridófito da Ordem Salviniiales, Família Salviniaceae. É uma planta aquática flutuante que forma colônia de rametes por crescimento ramificado do rizoma horizontal (Room, 1990). É uma macrófita aquática flutuante nativa da América do Sul e atualmente encontra-se amplamente distribuída em diversas regiões tropicais do Mundo (Mitchell, 1979). Esta espécie apresenta uma rápida reprodução vegetativa, grande plasticidade fenotípica e altas taxas de crescimento (Rubim & Camargo, 2001; Henry-Silva *et al.*, 2002; Datta, 1990), podendo cobrir rapidamente grandes áreas de corpos d'água, bloquear canais de navegação e também prejudicar a pesca e a recreação em determinados ambientes aquáticos (Mitchell *et al.*, 1980). As alterações físicas e químicas que *Salvinia molesta* causa estão relacionadas às modificações de variáveis limnológicas como, por exemplo, turbidez, concentração de cátions e ânions e de material em suspensão, redução de nutrientes e da luz e provavelmente, competição com o plâncton (Mitchell *et al.*, 1980). Existem registros de crescimento indesejado desta espécie na Oceania, África, América, Europa e Ásia (Doeleman, 1990). Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* submetida a diferentes condições de temperatura e fotoperíodo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os indivíduos de *Salvinia molesta* foram coletados no rio Aguapeú, na Bacia

Hidrográfica do Rio Itanhaém, localizado no litoral Sul do Estado de São Paulo (23° 50' e 24° 15' S; 46° 35' e 47° 00' W). As variáveis limnológicas deste ecossistema lótico apresentam os seguintes valores médios: temperatura = 21,47 °C; pH = 4,14; alcalinidade = 0,20 Meq L⁻¹; Nitrogênio total = 0,33 mg L⁻¹ e Fósforo total = 45,63 µg L⁻¹ (Camargo & Pereira, 2002).

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle Biológico de Plantas Daninhas da UNESP, campus de Jaboticabal (21° 15' 22"S 48° 18' 58"W), nos meses de novembro de 2005 a março de 2006. As plantas foram acondicionadas em unidades experimentais retangulares (27 x 18 cm) de 4L, com solução nutritiva proposta por Hoagland & Arnon (1950), contendo concentrações de NH₄-N = 10,5 mg L⁻¹, NO₃-N = 10,5 mg L⁻¹, PO₄-P = 3,1 mg L⁻¹, K = 23,0 mg L⁻¹, Ca = 20,0 mg L⁻¹, Mg = 5,9 mg L⁻¹, Fe = 0,6 mg L⁻¹ e micro-nutrientes (H₃BO₃ = 2,68 g L⁻¹, MnCl₂ 4H₂O = 1,81 g L⁻¹, ZnSO₄ 7H₂O = 0,22 g L⁻¹, CuSO₄ 5H₂O = 0,08 g L⁻¹ e H₂MoO₄ 4H₂O = 0,02 g L⁻¹). A solução nutritiva de cada unidade foi substituída a cada três dias. As unidades experimentais foram acondicionadas em incubadoras com controle de temperatura e fotoperíodo. A radiação no interior das incubadoras (determinada através da utilização de radiômetro da marca Li-cor) apresentou valores médios e desvios padrão de 32,04 µmol.s⁻¹.m² e 4,89 µmol.s⁻¹.m², respectivamente.

O delineamento experimental foi casualizado, sendo constituído por oito tratamentos com três réplicas cada. Os tratamentos utilizados foram T1 – 15°C/8h de fotoperíodo; T2 – 15°C/12h de fotoperíodo; T3 – 15°C/16h de fotoperíodo; T4 – 25°C/8h de fotoperíodo; T5 – 25°C/12h de fotoperíodo; T6 – 25°C/16h de fotoperíodo; T7 – 30°C/8h de fotoperíodo e T8 – 30°C/12h de fotoperíodo.

A massa fresca inicial média utilizada e o desvio padrão foram, respectivamente, 40,84 g e 0,53 g. Para avaliar o crescimento foi obtida a massa fresca das plantas a intervalos de 3 dias durante 30 dias. As plantas foram retiradas das unidades experimentais e postas para secar durante cinco minutos para eliminar o excesso de água (Agami & Reddy, 1990). Em seguida foram pesadas e recolocadas nas unidades experimentais. Antes de serem acondicionadas novamente nas câmaras climáticas a solução nutritiva remanescente nas unidades experimentais foi descartada e posteriormente repostas por nova solução nutritiva; este procedimento visou manter as concentrações de nutrientes das unidades experimentais sem variação.

A massa seca de *Salvinia molesta* foi estimada a partir da relação entre a massa fresca e a massa seca de indivíduos (Eq. 1), coletados nos ecossistemas lóticos do litoral sul do estado de São Paulo:

$$MF = 5,628 \times MS \quad (r^2 = 0,90807) \quad (\text{Eq. 1}),$$

em que: MS = Massa seca de *Salvinia molesta*; MF = Massa fresca de *Salvinia molesta*.

A capacidade suporte foi estimada para todos os tratamentos. Considerou-se como capacidade suporte (K) os valores médios finais de massa seca de *P. stratiotes* expressos em g MS/m². Aos dados de K aplicou-se à análise de variância (ANOVA one-way) e o teste de Duncan para verificar a ocorrência de diferenças significativas entre os tratamentos. O nível de significância considerado para todos os testes foi 0,05 (ZAR, 1999).

RESULTADOS

Não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) da capacidade suporte de *Salvinia molesta* entre os tratamentos T1 (15°C/ 8h fotoperíodo), T4 (25°C/ 8h fotoperíodo) e T7

(30°C/ 8h fotoperíodo), e entre os tratamentos T4 (25°C/ 8h fotoperíodo) e T6 (25°C/ 16h fotoperíodo). Para os demais tratamentos ocorreram diferenças significativas para a capacidade suporte de *S. molesta* (Figura 1).

Neste estudo *Salvinia molesta* apresentou melhor desempenho quando submetida a temperaturas mais baixas (15°C), apesar de que quando mantidas na temperatura de 15°C e 8 horas de fotoperíodo as plantas não cresceram. Nas condições em que este experimento foi desenvolvido, 15°C revelou-se a temperatura ideal, mas, somente se o fotoperíodo fosse de 12 ou 16 horas, uma vez que, nesta mesma temperatura, na medida em que se aumentou o fotoperíodo, houve um aumento na produção de biomassa vegetal e um aumento da capacidade suporte (Figuras 1 e 2). Nos demais tratamentos houve uma variação no desempenho de *S. molesta*, com uma tendência de perda de biomassa e redução da capacidade suporte.

Quando mantidas a 25°C e 8 horas de fotoperíodo, as plantas apresentaram uma redução de 44,4% de biomassa em relação ao início, ocorrendo também redução na capacidade de suporte. Quando o fotoperíodo aumentou para 12 horas, a perda de biomassa foi reduzida (22%). A 25°C e 16 horas de fotoperíodo a redução de biomassa vegetal de *Salvinia molesta* foi mais acentuada, ou seja, 59% da biomassa inicial, proporcionando também a redução da capacidade suporte do meio. Quando submetida à temperatura de 30°C e 8 horas de fotoperíodo, *S. molesta* sofreu uma redução de 40% na biomassa até o 24º dia do experimento. A partir daí, as plantas apresentaram ganho de biomassa, observando-se ao final do experimento (30dias) 80% de biomassa em relação ao início. A condição de 30°C e 12 horas de fotoperíodo foi a mais crítica para *S. molesta*. Os vegetais sofreram perdas contínuas e acentuadas de biomassa, acumulando no final do experimento

(30 dias) perda da ordem de 93% da biomassa. Essa condição ambiental resultou no menor valor de capacidade suporte dentre todos os tratamentos.

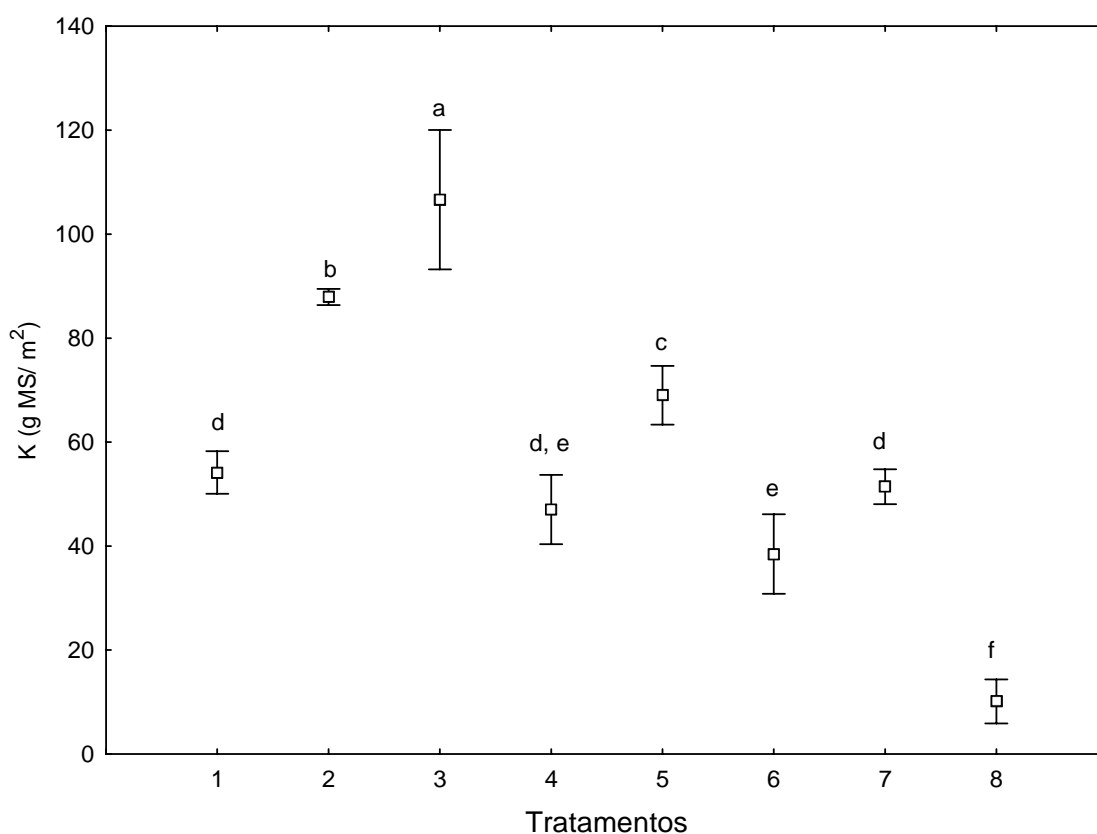


Figura 1. Médias e desvios padrão da capacidade suporte (K) de *Salvinia molesta* nos tratamentos 1(15°C/ 8h fotoperíodo), 2(15°C/ 12h fotoperíodo), 3(15°C/ 16h fotoperíodo), 4 (25°C/ 8h fotoperíodo), 5(25°C/ 12h fotoperíodo), 6(25°C/ 16h fotoperíodo), 7(30°C/ 8h fotoperíodo) e 8(30°C/ 12h fotoperíodo). Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

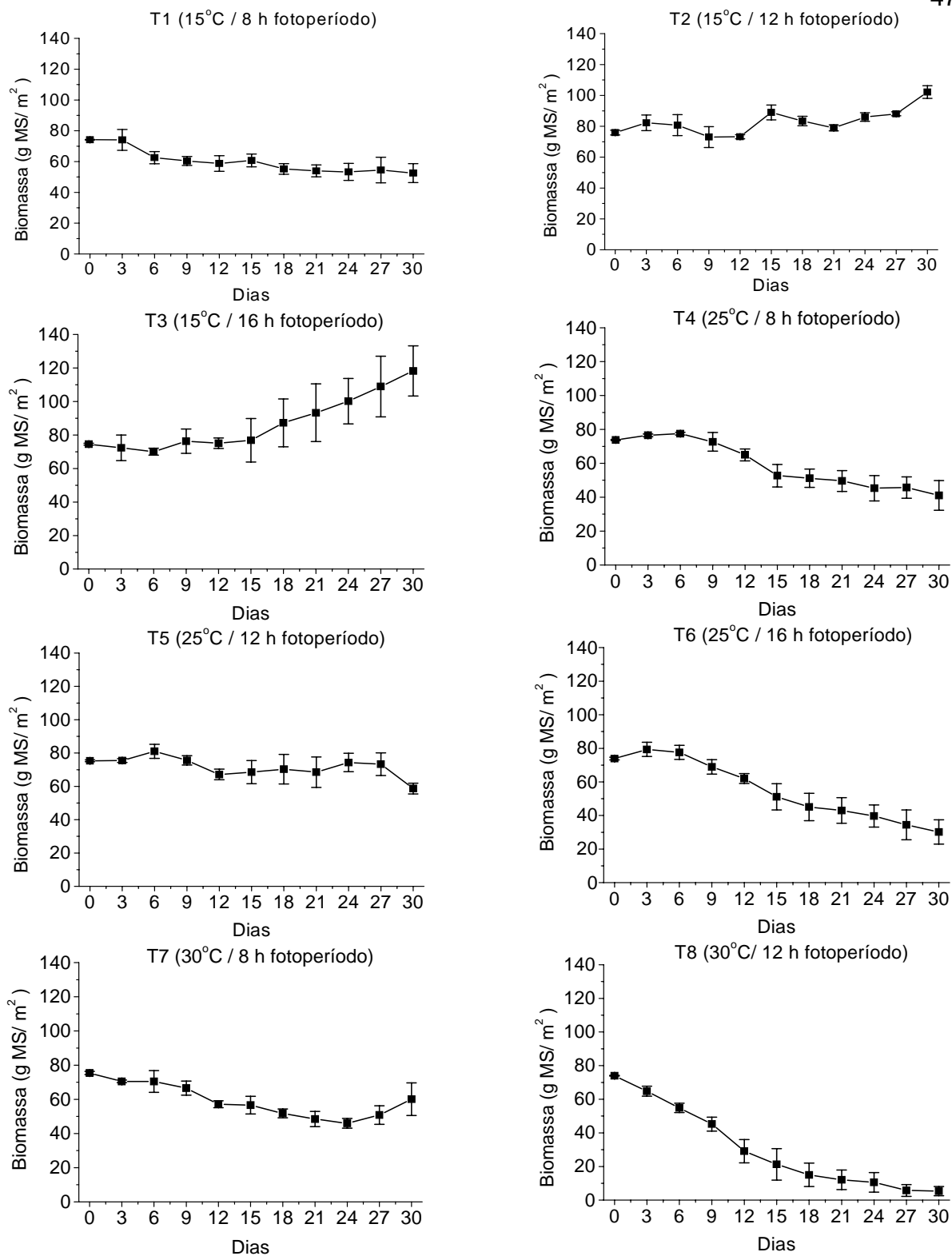


Figura 2. Médias e desvios padrão da biomassa total (g MS/ m²) de *Salvinia molesta* submetida a diferentes temperaturas e fotoperíodos.

DISCUSSÃO

Neste estudo, a temperatura e o fotoperíodo influenciaram o crescimento de *Salvinia molesta*. Foi possível verificar o aumento de biomassa em temperaturas mais baixas e em fotoperíodos intermediários e longos, com melhor desempenho na condição experimental de 15°C e 16 horas de fotoperíodo e de 15°C e 12 horas de fotoperíodo. *S. molesta* apresentou uma perda e redução de biomassa em condições de baixa temperatura (15°C) e fotoperíodo curto (8 horas). Isto provavelmente ocorreu pelo fato destas condições ambientais estarem muito próximas do limite de tolerância desta espécie, uma vez que para *S. molesta* temperaturas acima de 30°C e abaixo de 15°C podem limitar o seu crescimento. A temperatura de 15°C ainda está dentro do limite de tolerância para esta espécie, no entanto o fotoperíodo de 8 horas não é comum na maioria dos ambientes naturais em que *S. molesta* ocorre (Rubim, 2001), fato este que pode ter acentuado os efeitos das baixas temperaturas sob este vegetal aproximando-o de seu limite de tolerância (Larcher, 2000).

O maior crescimento de *Salvinia molesta* quando submetida a 15°C e fotoperíodos de 16 e 12 horas, não corroboram os resultados obtidos por Mitchell & Tur (1975) e Cary & Weerts (1983). Estes autores constataram que o maior desenvolvimento desta espécie ocorreu à temperatura de 22°C. Por outro lado, Whiteman & Room (1991) verificaram que *S. molesta* pode suportar temperaturas muito baixas, desde que não ocorra congelamento da superfície da água. Neste contexto, os resultados obtidos permitem inferir que *S. molesta* apresenta uma ampla faixa de tolerância à temperatura, podendo-se desenvolver em baixas temperaturas, desde que exista um fotoperíodo superior a 8 horas. Provavelmente esta

tolerância a diferentes condições ambientais seja um dos fatores que explique a ampla distribuição destes vegetais em diversas regiões através do mundo. Além disso, o nicho ecológico de *S. molesta* não se restringe à temperatura e fotoperíodo, outras variáveis influenciam o desenvolvimento desta espécie nos diversos ecossistemas aquáticos.

Em condições de temperaturas intermediárias (25°C) *Salvinia molesta* também apresentou com o transcorrer do experimento, redução da biomassa, independente do fotoperíodo a que estava submetida. Nos fotoperíodos de 8 e 16 horas essa redução de biomassa foi mais acentuada e ocorreu de maneira mais rápida quando comparada com o fotoperíodo de 12 horas. Temperaturas em torno de 25°C e fotoperíodos intermediários, em torno de 12 horas são condições em que estes vegetais ocorrem naturalmente em ambientes aquáticos (Camargo *et al.*, 2002; Rubim & Camargo, 2001). Quando se compara os resultados obtidos neste experimento com os resultados obtidos pra *Pistia stratiotes* (capítulo 1) verifica-se diferenças no crescimento das duas espécies. Sob temperatura de 25°C *P. stratiotes* apresentou melhor desempenho, que foi ainda mais acentuado para as plantas em fotoperíodos mais longos (12 e 16 horas). No entanto, foi verificado que para *Salvinia molesta* além da temperatura de 25°C não ter favorecido o crescimento das plantas, observou-se que com o aumento do fotoperíodo a redução da biomassa foi mais acentuada.

A radiação fotossinteticamente ativa é outra variável que pode ter influenciado o crescimento de *Salvinia molesta*. A radiação fotossinteticamente ativa disponível nas câmaras climáticas em todos os tratamentos deste estudo foi em média $32,04 \pm 4,89 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^2$. Esta quantidade de radiação é baixa quando comparada com a radiação disponível em ambientes naturais mesmo em períodos como no inverno nos quais a radiação tende a ser menor em relação aos outros períodos do ano. Rubim (2004) verificou menor valor de radiação fotossinteticamente ativa em um período de inverno de $78 \pm 59,84$

$\mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^2$, valor este bem mais elevado que o observado no interior das câmaras climáticas. Menendez & Peñuelas (1993) e Menendez & Sanchez (1998) realizando estudos com macrófitas aquáticas submersas verificaram que tanto valores baixos de radiação quanto altos reduzem a fotossíntese, portanto interferem no crescimento dos vegetais. Room (1986) também verificou que além de temperatura e nutrientes, *S. molesta* pode ter seu crescimento limitado pela radiação.

Comparando-se os resultados obtidos para *Pistia stratiotes* (capítulo 1) e *Salvinia molesta* verificou-se que *P. stratiotes* cresceu melhor em temperatura intermediária, sendo que o fotoperíodo influenciou de maneira mais intensa o crescimento dos vegetais nas temperaturas mais extremas. Por sua vez, *S. molesta* apresentou melhor desempenho em temperatura mais fria (15°C), sendo uma espécie mais tolerante a temperaturas baixas do que *P. stratiotes*. Além disso, o fotoperíodo provavelmente exerceu maior influência sobre *S. molesta* do que sobre *P. stratiotes*, uma vez que houve uma variação muito maior no crescimento dessa espécie quando cultivada em diferentes fotoperíodos.

Verifica-se assim a importância de se conhecer as variáveis ambientais que influenciam o crescimento das macrófitas aquáticas. Através deste conhecimento torna-se possível fazer o manejo adequado destes vegetais com o objetivo de controlar o crescimento destas plantas evitando seu crescimento desordenado em ambientes naturais assim como em ambientes artificiais evitando-se assim que estes vegetais possam vir a causar prejuízo ao homem e impactos negativos para os ambientes aquáticos. Concluiu-se com este estudo que temperatura e fotoperíodo influenciam o crescimento de *Salvinia molesta*, tendo esta espécie apresentado melhor desempenho quando submetida à temperatura de 15°C e fotoperíodo de 16 horas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelo apoio financeiro, ao Prof. Dr. Irineu Bianchini Junior pelas sugestões e ajuda nas análises dos dados, ao Prof. Dr. Robinson Antonio Pitelli e aos funcionários, pós-graduandos e graduandos do NEPEAM, pelas sugestões e apoio logístico para o desenvolvimento dos experimentos e ao técnico Carlos Fernando Sanches pelo auxílio no trabalho de campo.

REFERÊNCIAS

- Agami, M. & Reddy, K. R. 1990. Competition for space between *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Pistia stratiotes* L. cultured in nutrient-enriched water. **Aquatic Botany** 38: 195-208.
- Barendregt, A. & Bio, A.M.F. 2003. Relevant variables to predict macrophytes communities in running waters. **Ecological Modelling**. 160: 205-217.
- Bianchini Jr., I.; Pacobahyba, L. D. & Cunha-Santino, M. B. 2002. Aerobic and anaerobic decomposition of *Montrichardia arborescens* (L.) Schott. **Acta Limnol. Bras.** 14(3), 27-34.
- Camargo, A. F. M. & Pereira, A. M. M. 2002. Ecologia da Bacia Hidrográfica do rio Itanhaém. In: Schiavetti, A. & Camargo, A. F. M. 2002. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus – BA. Editus. 293 p. : il.

- Camargo, A. F. M.; Pezzato, M. M.; Henry-Silva, G. G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Editora da Universidade Estadual de Maringá. Cap. 3, p. 59 – 83.
- Cary, P. R. & Weerts, P. G. J. Growth of *Salvinia molesta* as affected by water temperature and nutrition II. Effects of phosphorus level. **Aquatic Botany**. 17, 1-70.
- Datta, S. C. 1990. Ecology of plant populations II. Reproduction. In: Gopal, B. (Ed.) **Ecology and Management of Aquatic Vegetation in the Indian Subcontinent**. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.371-391.
- Doeleman, J. A. 1990. Economic assessment series 1. Biological control of *Salvinia*. E. **ACIAR – Australian Centre for International Agricultural Research**.
- Henry-Silva, G. G. & Camargo, A. F. M. 2005. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. **Hoehnea**. 32(3), 445-452.
- Henry-Silva, G. G.; Camargo, A. F. M. & Pezzato, M. M. 2002. Effect of nutrient concentration on the growth of *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* and *Salvinia molesta*. **EWRS on Aquatic Weeds**. 1, 40-43.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. 1950. The water culture method of growing plants without soil. University of California, Berkeley, 347. **Calif. Agric. Exp. Stn. Circ.** 32 p. in relation to light and temperature. **Aquatic Botany**. 17, 119-124.
- Larcher, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. RiMa. São Carlos. 531p.
- Lorenzi, H. 1982. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. Nova Odessa, São Paulo, Brazil. 425 p.
- Madsen, T. V., Hahn, P. & Johansen, J. 1998. Effect of inorganic carbon supply on the nitrogen requirement of two submerged macrophytes, *Elodea Canadensis* and

- Callitriche cophocarpa*. **Aquatic Botany**. 62, 95-106.
- Menendez, M. & Sanches, A. 1998. Seasonal variations in P-I responses of *Chara hispida* L. and *Potamogeton pectinatus* L. from stream Mediterranean ponds. **Aquatic Botany**. 61, 1-15.
- Menendez, M. & Peñuelas, J. 1993. Seasonal photosynthetic and respiratory responses of *Ruppia cirrhosa* (PETAGNA) GRANDE to changes in light and temperature. **Archiv fur Hydrobiologie**, Stuttgart. 129(2), 221-230.
- Mitchell, D. S. & Tur, N. M. 1975. The rate of growth of *Salvinia molesta* (*Salvinia auriculata* Auct.) in laboratory and natural conditions. **J. Appl. Ecol.** 12, 213-225.
- Mitchell, D. S. 1979. Aquatic weeds in Papua New Guinea. New Guinea. **Science**. 6, 154-160.
- Mitchell, D. S.; Petr, T. & Viner, A. B. 1980. The water-fern *Salvinia molesta* in the Sepik River, Papua New Guinea. **Environmental Conservation**. 7(2), 115-122.
- Murphy, K.J. 2002. Plant communities and plant diversity in softwater lakes of northern Europe. **Aquatic Botany** 73, 287-324.
- Neiff, J.J. & Poi de Neiff, A.S.G. 2003. Connectivity processes as a basis for the management of aquatic plants. In: **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Eds. Thomaz, S. & Bini, L.M. Nupélia - Maringá (SC). Eduem, Maringá, 39-58.
- Pott, V. J. & Pott, A. 2000. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. Embrapa: Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS). 404 p., il.
- Riis, T; Sand-Jensen, K; Vestergaard, O. 2000. Plant communities in lowland Danish streams: species composition and environmental factors. **Aquatic Botany**. 66: 255-172.

- Room, P. M. 1986. Equations relating growth and uptake of nitrogen by *Salvinia molesta* to temperature and the availability of nitrogen. **Aquatic Botany**. 24, 43-59.
- Room, P. M. 1990. Ecology of a simple plant-herbivore system: biological control of *Salvinia*. **Tree**. 5(3), 74-79.
- Rooney, N. & Kalff, J. 2000. Inter-annual variation in submerged macrophyte community biomass and distribution: the influence of temperature and lake morphometry. **Aquatic Botany**. 68, 321-335.
- Rubim, M. A. L. & Camargo, A. F. M. 2001. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* em um braço do rio Preto, Itanhaém, São Paulo. **Acta Limnológica Brasiliensia**. 13(1), 61-73.
- Rubim, M. A. L. 2004 **Estudos ecológicos das espécies de macrófitas aquáticas *Salvinia molesta* Mitchell e *Pistia stratiotes* L.: Taxa de crescimento e ciclagem de nutrientes**. UNESP, Rio Claro. 114 p. Dissertação (Doutorado).
- Santamaría, L. & Van Vierssen, W. 1995. Photosynthetic temperature responses of fresh and brackish water macrophytes-a review. **Aquatic Botany**. 58, 135-140.
- Svensson, R. & Wigren-Svensson, M. 1992 Effects of cooling water discharge on the vegetation in the Forsmark Biotest Basin, Sweden. **Aquat. Bot.** 42, 121-141.
- Whiteman, J. B. & Room, P. M. 1991. Temperatures lethal to *Salvinia molesta* Mitchell. **Aquatic Botany**. 40, 27-35.
- Zar, J. H. 1999. **Biostatistical analysis**. 4th Edition. Prentice-Hal Inc. New Jersey, USA.

