
ECOLOGIA

KAREN ZAUNER GIMENES

**EFEITO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE
NUTRIENTES NA COMPETIÇÃO ENTRE
Salvinia molesta E *Pistia stratiotes***



Rio Claro
2008

KAREN ZAUNER GIMENES

EFEITO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES
DE NUTRIENTES NA COMPETIÇÃO ENTRE
Salvinia molesta E *Pistia stratiotes*

Orientador: Dr. ANTONIO FERNANDO MONTEIRO CAMARGO

Co-orientador: Dr. JOSÉ FRANCISCO VICENTE BIUDES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Campus de Rio Claro, para obtenção do grau de
Ecólogo.

Rio Claro
2008

574.5263 Gimenes, Karen Zauner

G491e Efeito de diferentes concentrações de nutrientes na
competição entre *Salvinia molesta* e *Pistia stratiotes* /
Karen Zauner Gimenes. - Rio Claro: [s.n.], 2008
30 f. : il., gráfs., tabs., fots.

Trabalho de conclusão (bacharelado – Ecologia) –
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de
Rio Claro

Orientador: Antonio Fernando Monteiro Camargo

Co-orientador: José Francisco Vicente Biudes

1. Ecologia aquática. 2. Macrófitas aquáticas. 3.
Crescimento. 4. Comprimento da raiz. 5. Temperatura I.
Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Dedico este trabalho aos meus amados avós Ermelinda e Lazaro (*in memoriam*) e Maria e Albrecht, por todo amor, atenção e pelas lições de vida recebidas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me acompanhar em todos os meus passos, me mostrando que nem sempre o que eu quero é o que é o melhor para mim e por me dar forças para superar as dificuldades.

Agradeço aos meus pais Eleonora e Lazaro, por todo o apoio que me deram para chegar até aqui, e por todos os sacrifícios que fizeram por mim, sei que não foram poucos!

Agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram a realizar este trabalho. Ao professor Antonio Camargo pela orientação, e pelos ensinamentos nos últimos dois anos em que trabalhamos juntos. Ao José Francisco, pela co-orientação e compreensão. Ao técnico Carlos Fernando Sanches pela ajuda nas coletas, tornando-as muito mais rápidas e descontraídas. À Ana Pavão pela ajuda em todas as fases do trabalho, desde a coleta, até as correções finais. À Maria Alice pela ajuda no laboratório e à Raquel pelas dicas ao longo do experimento.

Agradeço ao meu namorado, Daniel Teyo, também pela grande ajuda desde a montagem do experimento, até os detalhes finais e por estar sempre disposto a ajudar.

Agradeço à minha grande amiga Renata Sebalos, pelo apoio em todos os momentos, pelos conselhos e pela sinceridade. Às irmãs Tatiana e Thaís Neves pela amizade e por terem sempre me acolhido nos momentos em que precisei. À Roseli Lika, também pela amizade, pela sua calma e pelo enorme coração. A todas vocês, obrigada por terem tornado mais alegres os anos de faculdade!

À turma de 2005 da Ecologia pelos bons momentos vividos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	6
INTRODUÇÃO.....	7
METODOLOGIA.....	10
RESULTADOS.....	16
DISCUSSÃO.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

RESUMO

Pistia stratiotes e *Salvinia molesta* são duas macrófitas aquáticas flutuantes predominantes em ambientes de água parada. Embora as duas espécies em questão ocorram em ambientes com altos níveis de fósforo, *P. stratiotes* tem seu crescimento limitado por baixas concentrações de nitrogênio e fósforo, enquanto *S. molesta* se desenvolve bem tanto em águas com baixas como com altas concentrações de nutrientes. Dessa forma, *S. molesta* tem maior habilidade competitiva do que *P. stratiotes* em baixas concentrações de nitrogênio e fósforo.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo principal analisar a relação de competição entre *P. stratiotes* e *S. molesta*, quando submetidas a diferentes concentrações de nutrientes ao longo do tempo.

O estudo foi desenvolvido em uma casa de vegetação do Jardim Experimental da Unesp de Rio Claro, com duração de 66 dias, no período entre 25 de janeiro e 31 de março de 2008. As duas espécies foram misturadas em proporções iguais de área, em seis unidades experimentais. Em intervalos entre 4 e 7 dias, os nutrientes de cada unidade foram trocados e medidos o pH e a temperatura da água, bem como a massa fresca, massa morta e o comprimento da raiz de cada espécie.

Todas as concentrações de nutrientes oferecidas foram suficientes para o bom crescimento de *P. stratiotes*, a qual venceu a competição, limitando o crescimento de *S. molesta* por falta de espaço e luz, levando-a à exclusão competitiva. O crescimento de *P. stratiotes* aumentou à medida que maiores concentrações de nutrientes foram oferecidas. Além disso, a temperatura também parece ter influenciado o crescimento da espécie, sendo esse maior em maiores temperaturas. A parte submersa de ambas as espécies diminuiu ao longo do experimento, devido às maiores ofertas de nutrientes.

Palavras Chaves: *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*, competição, nutrientes, crescimento.

INTRODUÇÃO

Macrófitas aquáticas são plantas herbáceas, macroscópicas que habitam desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos, os quais podem ser desde bainhas de bromeliáceas que acumulam água até ambientes de água salgada, como baías e recifes de corais, passando por lagos, represas e rios. São, em sua maioria, vegetais originalmente terrestres que ao longo do processo evolutivo desenvolveram adaptações que lhes permitiram sobreviver no meio aquático (ESTEVES, 1998).

A comunidade de macrófitas aquáticas é uma importante produtora de biomassa nos ambientes onde é encontrada e desempenha um papel de grande relevância na dinâmica desses ecossistemas (ESTEVES, 1998). Muitos animais utilizam essas plantas como fonte de alimento, abrigo e local de desova (TAVARES et al., 2002). As macrófitas são também amplamente utilizadas pelo homem em sua alimentação, seja na forma direta ou indireta; como fertilizante de solo; como fonte de matéria prima para remédios, utensílios domésticos, artesanato e até mesmo para a construção civil (ESTEVES, 1998). Além disso, as macrófitas são empregadas na remoção de poluentes de efluentes domésticos, industriais e agrícolas (VARDANYAN; INGOLLE, 2006). Henry-Silva e Camargo (2008) demonstraram a eficiência do uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes de aquicultura, diminuindo a turbidez e as concentrações de fósforo e de nitrogênio nessas águas. No entanto, a intensificação do processo de eutrofização dos corpos de água tem causado um crescimento acelerado dos vegetais aquáticos, os quais podem se tornar um problema (CORRÊA; VELIN; ARRUDA, 2002). Dentre tais problemas destacam-se o impedimento da navegação, comprometimento da captação de água, problemas relacionados à geração de energia elétrica e criação de condições para o desenvolvimento de mosquitos e caramujos transmissores de doenças (ESTEVES, 1998).

As duas espécies de macrófitas utilizadas no presente trabalho são *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*. Quanto à forma de vida, ambas são espécies flutuantes livres (ESTEVES, 1998). *Pistia stratiotes* é nativa da América Tropical (inclusive do Brasil). Esta macrófita aquática apresenta folhas aveludadas e sulcadas, medindo

entre 15 e 20 cm de altura e forma rosetas com raízes pendentes. A multiplicação desta espécie ocorre rapidamente através da separação das mudas que se formam na extremidade dos estolões (LORENZI; SOUSA 1999). *S. molesta* é originária dos neotrópicos. Esta planta apresenta caules horizontais que flutuam abaixo da superfície da água e produzem pares de folhas. Essas folhas podem ser flutuantes ou emergentes de formato ovalado ou retangular e são cobertas por cerdas brancas que formam uma camada protetora repelente à água. Esta espécie produz ainda, uma terceira folha marrom, altamente dividida, a qual se pendura embaixo da água, sendo facilmente confundida com raiz. A reprodução de *S. molesta* ocorre efetivamente através de meios vegetativos, ou seja, a partir da fragmentação espontânea do caule quando a planta se torna madura. (MITCHELL; THOMAS, 1972).

P. stratiotes e *S. molesta* podem ser abundantes em ambientes de água parada ou baixa correnteza. Camargo e Biudes (2006) verificaram, em rios da bacia hidrográfica de Itanhaém (litoral sul do estado de São Paulo), que embora os locais de vida dessas duas espécies sejam próximos e o fluxo de água suficiente para transportá-las para áreas diferentes, essas duas espécies não coexistem num mesmo local. Segundo estes autores uma das prováveis causas dessa não coexistência são as concentrações de nutrientes exigidas pelas duas espécies de macrófitas e a disponibilidade destes no ambiente. O nitrogênio e o fósforo são dois nutrientes de grande importância para os vegetais em geral e para as macrófitas aquáticas em particular. Ambos são elementos essenciais para o metabolismo dos organismos aquáticos, o fósforo, por participar de processos como o armazenamento de energia e estruturação da membrana celular e o nitrogênio, por participar da formação das proteínas, componente básico da biomassa. (ESTEVES, 1998). Embora as duas espécies de macrófita em questão ocorram em ambientes com altos níveis de fósforo, *P. stratiotes* necessita de concentrações mais elevadas desse nutriente do que *S. molesta*, a qual também cresce em áreas com baixas concentrações de fósforo. (CAMARGO; BIUDES, 2006). Henry - Silva, Camargo e Pezzato (2002) concluíram que o crescimento de *S. molesta* ocorre tanto em altas como em baixas concentrações de nutrientes, enquanto *P. stratiotes* tem seu crescimento limitado por baixas concentrações de nitrogênio e fósforo.

Outro fator que determina a distribuição das espécies e, conseqüentemente, a coexistência ou não das mesmas em um determinado habitat é a competição. No

presente caso, tem-se uma competição interespecífica, isto é, a exploração de um recurso por uma determinada espécie levando à redução de sua disponibilidade para uma segunda espécie, a qual tem seu crescimento, fecundidade ou sobrevivência limitados. Se duas espécies vierem a coexistir em um ambiente estável, sem que elas apresentem nichos diferenciados, uma das espécies será eliminada pela outra (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006). Benassi e Camargo (2000) verificaram que, em situação de baixa concentração de nutrientes, *S. molesta* apresenta maior habilidade competitiva do que *P. stratiotes*. Henry-Silva e Camargo (2005) observaram a existência de competição assimétrica entre *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*, sendo esta vencida pela primeira espécie.

Neste contexto, este estudo tem por objetivo analisar a relação de competição entre as duas espécies de macrófitas aquáticas, *P. stratiotes* e *S. molesta*, quando submetidas a diferentes concentrações de nutrientes ao longo do tempo. As mudanças na disponibilidade desses nutrientes podem ser causadas por distúrbios nos ecossistemas em que essas plantas se encontram.

METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido em uma casa de vegetação do Jardim Experimental do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, campus de Rio Claro (22°24'36"S e 47°33'36"W), a fim de avaliar o processo competitivo entre *P. stratiotes* (figura 1) e *S. molesta* (figura 2) quando submetidas a diferentes concentrações de nutrientes ao longo do tempo. O experimento teve duração de 66 dias, no período entre 25 de janeiro e 31 de março de 2008.



Figura 1. *Pistia stratiotes*



Figura 2. *Salvinia molesta*

Seis caixas plásticas retangulares (réplicas) com 41,0 cm de comprimento, 30,5 cm de largura e 21,5 cm de profundidade constituíram as unidades experimentais (figuras 3 e 4). Inicialmente, 40% da área superficial de cada caixa foi coberta com *P. stratiotes* (aproximadamente 78 g MF/m²) e 40% foi coberta com *S. molesta* (aproximadamente 43,5 g MF/m²), misturadas de forma aleatória. Os indivíduos de ambas as espécies utilizadas no experimento foram coletados no rio Aguapeú, pertencente à bacia do Rio Itanhaém, litoral sul do estado de São Paulo, no qual estas espécies ocorrem em abundância.



Figura 3. Disposição das unidades experimentais na casa de vegetação no Jardim Experimental do Instituto de Biociências, Unesp – Rio Claro.



Figura 4. Detalhe das seis réplicas.

Cada uma das caixas foi preenchida com 20 litros de água da rede de abastecimento do Campus Universitário e, ao longo do experimento, foi adicionada a solução de Hoagland modificada (HOAGLAND & ARNOLD, 1950) (tabela 1) em diferentes concentrações: 0,1%, 1% e 5% (tabela 2).

Tabela 1. Concentração (em $\mu\text{g.L}^{-1}$) de cada um dos nutrientes presentes na solução de Hoagland (100%).

Nutrientes	Solução de Hoagland a 100% ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
N - NH_4	14000
N - NO_3	196000
P - PO_4	31000
K	234000
Ca	160000
Mg	48000
Fe	660
B	470
Mn	500
Cl	650
Zn	50
Cu	20
Mo	10

Tabela 2. Concentração (em $\mu\text{g.L}^{-1}$) dos nutrientes na solução de Hoagland diluída a 0,1%, 1% e 5%.

Nutrientes	Solução de Hoagland ($\mu\text{g.L}^{-1}$)		
	0,1%	1%	5%
N - NH_4	14	140	700
N - NO_3	196	1960	9800
P - PO_4	31	310	1.550
K	234	2340	11700
Ca	160	1600	8000
Mg	48	480	2400
Fe	0,66	6,6	33
B	0,47	4,7	23,5
Mn	0,5	5	25
Cl	0,65	6,5	32,5
Zn	0,05	0,5	2,5
Cu	0,02	0,2	1
Mo	0,01	0,1	0,5

As diferentes concentrações da solução foram utilizadas conforme indicado:

- 0,1%: entre os dias 0 e 6 (solução nutritiva adicionada no dia 0), 28 e 34 (solução nutritiva adicionada no dia 28);
- 1% : entre os dias 7 e 27 (solução nutritiva adicionada nos dias 7, 14 e 21);
- 5% : entre os dias 34 e 65 (solução nutritiva adicionada nos dias 38, 45, 52 e 59).

As variáveis temperatura e pH da água de cada caixa foram medidas em intervalos que variaram entre 4 e 7 dias, sempre no período da manhã, com o aparelho Water Quality Checker, modelo U10 da marca Horiba. Nos mesmos dias destas medições, as plantas foram retiradas de sua unidade experimental e separadas por espécie para a determinação da massa fresca. Antes da pesagem, toda a massa morta foi retirada e o excesso de água retido na parte submersa das macrófitas foi escorrido por aproximadamente 20 minutos. As folhas mortas (amarronzadas ou com mais de 50% de sua área amarelada) retiradas foram secas em estufa a 60°C até atingirem peso constante. Os valores de massa morta representam a soma da massa morta da respectiva coleta, com as demais

registradas anteriormente. A massa bruta é dada pela soma das massas fresca e morta obtidas em cada coleta.

Para avaliar o crescimento da parte submersa, quatro indivíduos de cada espécie foram selecionados aleatoriamente e tiveram sua parte submersa medida. A medição foi realizada na maior ramificação de cada planta e, no caso dos indivíduos de *P. stratiotes* que apresentavam brotos (indivíduos filhos), foi considerada a raiz da planta mãe.

Paralelamente à obtenção da massa das macrófitas e comprimento das partes submersas, as caixas foram esvaziadas, limpas e novamente preenchidas com água. Após a pesagem, as plantas foram devolvidas às suas respectivas unidades experimentais, às quais foi adicionada a solução nutritiva de Hoagland na concentração pré-estabelecida.

Para tornar possível a comparação dos dados obtidos com outros experimentos, a massa fresca foi transformada em unidade de massa seca por área (g MS.m^{-2}). Diferentes massas frescas de indivíduos das duas espécies, das mesmas populações utilizadas nas unidades experimentais, foram pesadas: 50g, 100g, 150g, 200g, 250g e 300g de *P. stratiotes*; e 50g, 100g, 150g, 200g, e 250g de *S. molesta*. Após isso, as plantas foram secas em estufa a 60°C até atingirem peso constante. Aos dados de massa fresca e seca obtidos foi aplicada uma análise de regressão linear simples, a qual gerou como resultado as equações da reta abaixo apresentadas, a partir das quais foram estimados os valores de massa seca para os respectivos valores de massa fresca obtidos ao longo do experimento.

- *Pistia stratiotes*: $y = 0,0474x + 0,1085$ ($R^2 = 0,9991$)

- *Salvinia molesta*: $y = 0,0429x - 0,5467$ ($R^2 = 0,9885$)

Onde: x = massa fresca e y = massa seca.

A taxa de crescimento relativa foi calculada através da equação abaixo, descrita por Jackson (1980).

$$\text{TCR} = (\ln x_2 - \ln x_1) / (T_2 - T_1)$$

Onde: TCR = taxa de crescimento relativo

x_1 = peso seco inicial (g)

x_2 = peso seco final (g)

T_1 = tempo inicial (dias)

T_2 = tempo final (dias)

A Análise de Variância (ANOVA – one-way) (ZAR, 1999) foi aplicada para verificar a existência de diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores obtidos em cada coleta para as seguintes variáveis no decorrer do experimento: massa fresca, massa morta, massa bruta, taxa de crescimento e comprimento da parte submersa. O teste de Tukey foi aplicado a posteriori.

RESULTADOS

Os valores de pH se mantiveram relativamente constantes durante o experimento, sendo o valor mínimo igual a 6,52 aos 21 dias de experimento, e máximo igual a 7,11 aos 38 dias (Figura 5).

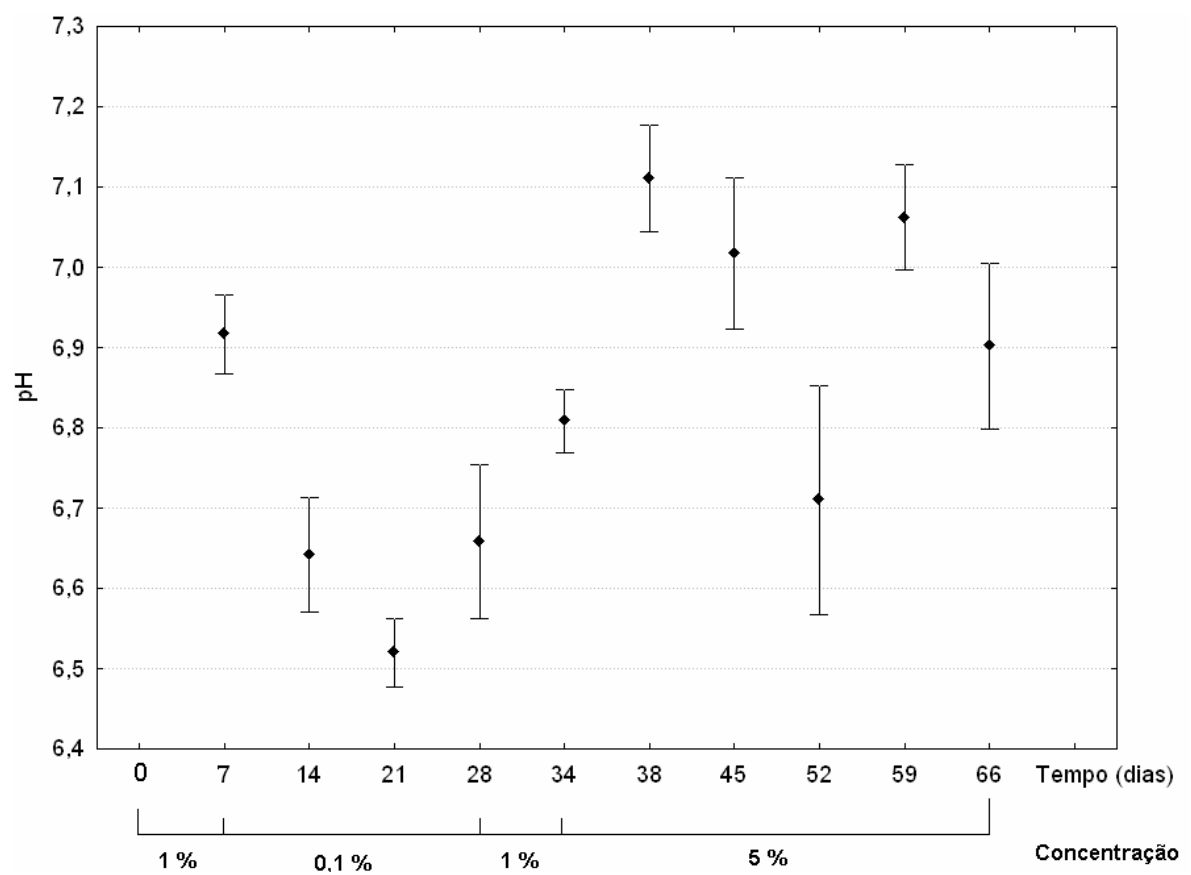


Figura 5. Variação do pH da água ao longo do experimento.

A temperatura da água aumentou ao longo das três primeiras semanas de experimento, passando de 22,12 °C, em média, para 23,3 °C, máximo valor atingido durante o experimento. Após esse período, as temperaturas oscilaram entre 22,5 °C e 23,5 °C durante 24 dias. Aos 52 dias de experimento, a temperatura atingiu seu valor mínimo (20,25°C), voltou a aumentar para 22,35 °C e caiu novamente, atingindo 20,4 °C na data da última coleta (figura 6).

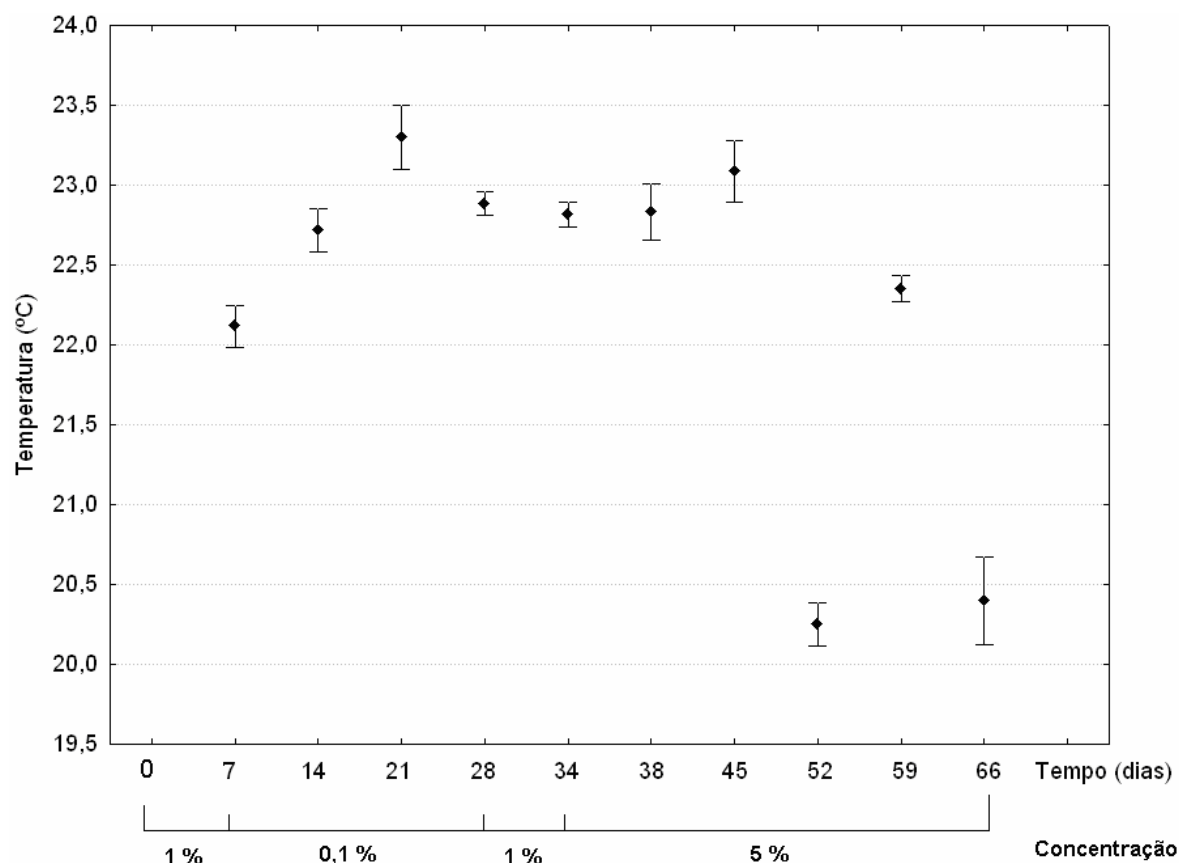


Figura 6. Variação da temperatura da água ao longo do experimento.

Em relação à massa fresca, a Análise de Variância (ANOVA) indicou diferenças significativas entre as biomassas de *P. stratiotes* ($p < 0,05$ e $F = 106,28$) e *S. molesta* ($p < 0,05$ e $F = 206,282$) no decorrer do experimento. A biomassa de *P. stratiotes* aumentou significativamente ao longo dos primeiros 21 dias, passando de 78,49 g MS.m⁻², em média, para 150,48 g MS.m⁻². A partir daí a biomassa manteve-se estável durante 24 dias (média do período igual a 157,23 g MS.m⁻²) e voltou a aumentar, atingindo seu valor máximo (209,95 g MS.m⁻²) aos 52 dias de experimento. Quanto à *S. molesta*, sua biomassa inicial média de 43,48 g MS.m⁻² apresentou pequeno aumento apenas na primeira semana (51,05 g MS.m⁻²) e após isso diminuiu gradativamente, chegando próximo de zero ao final dos 66 dias (3,40 g MS.m⁻²) (figura 9).

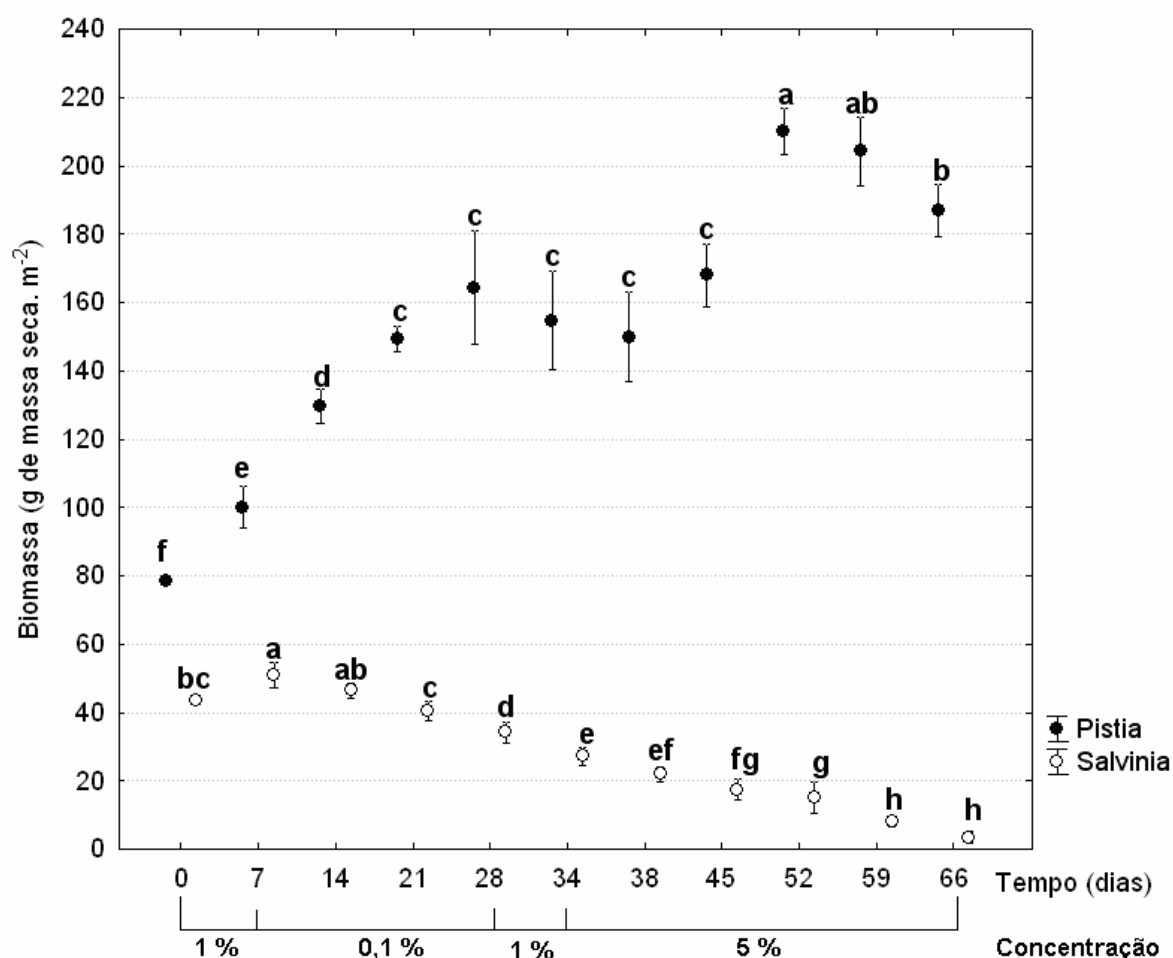


Figura 9. Variação da biomassa de *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* durante os 66 dias de experimento. As diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias das biomassas de cada espécie individualmente ao longo do tempo, de acordo com o teste de Tukey.

A Análise de Variância apontou também diferenças significativas entre as massas mortas de *P. stratiotes* ($p < 0,05$ e $F = 210,621$) e *S. molesta* ($p < 0,05$ e $F = 334,462$) ao longo do tempo. No início do experimento (até dia 21 para a *P. stratiotes* e dia 14 para a *S. molesta*), praticamente não houve morte de folhas. A média do período foi igual a $1,57 \text{ g MS.m}^{-2}$ para *P. stratiotes* e $1,36 \text{ g MS.m}^{-2}$ para *S. molesta*. Após esse período, a massa morta das duas macrófitas aumentou gradativamente. *P. stratiotes* atingiu a média de $69,84 \text{ g MS.m}^{-2}$ aos 66 dias de experimento, enquanto *S. molesta*, atingiu a média de $22,93 \text{ g MS.m}^{-2}$ no mesmo período (figura 10).

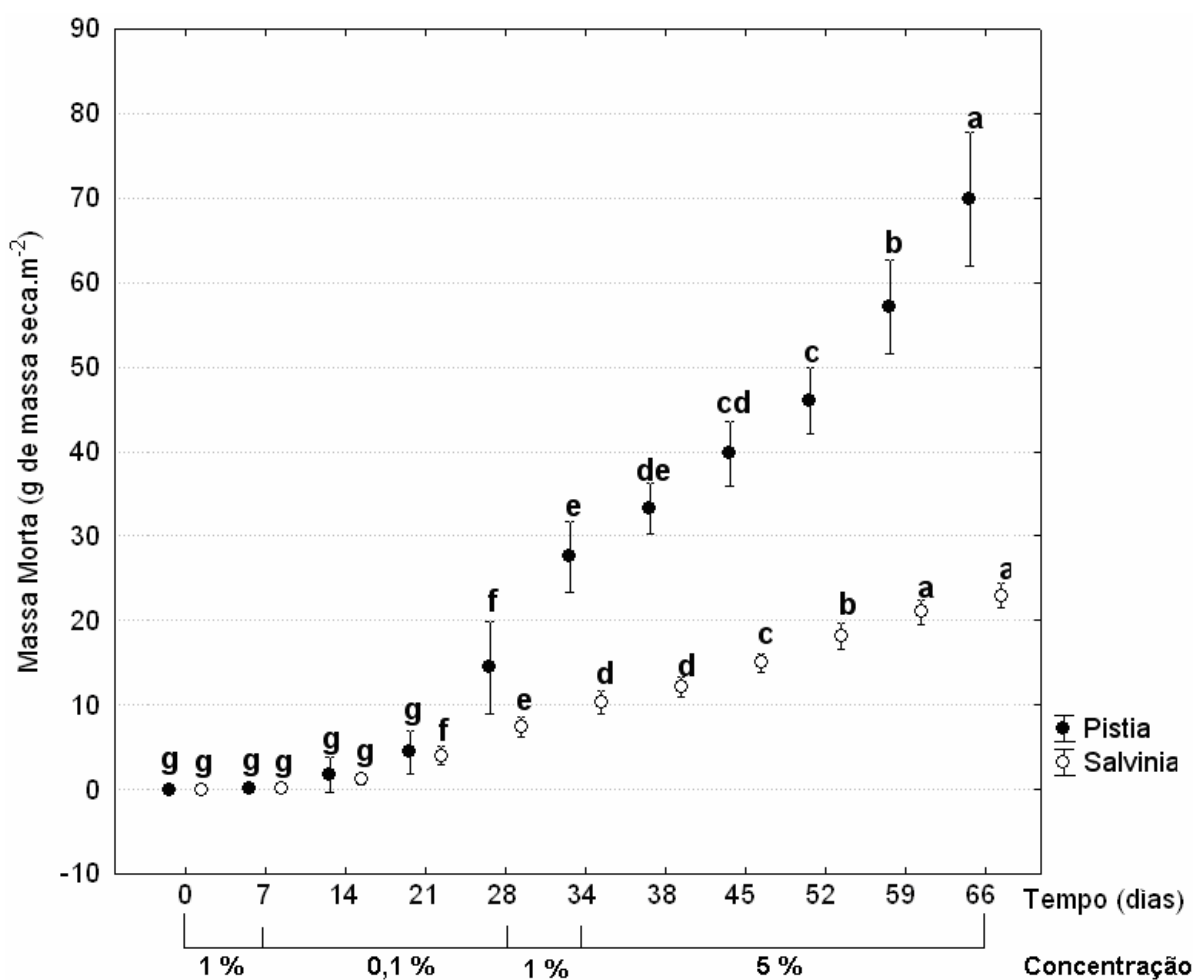


Figura 10. Variação de massa morta de *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* durante os 66 dias de experimento. As diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias das massas mortas de cada espécie individualmente ao longo do tempo, de acordo com o teste de Tukey.

A Análise de Variância realizada para a massa bruta apontou diferenças significativas tanto para *P. stratiotes* ($p < 0,05$ e $F = 313,44$) como para *S. molesta* ($p < 0,05$ e $F = 49,89$). A massa bruta de *P. stratiotes* aumentou gradativamente durante os 28 primeiros dias, passando de 78,49 g MS.m⁻² para 178,77 g MS.m⁻², em média. Entre os dias 28 e 38, a massa bruta permaneceu estabilizada, sendo a média do período igual a 181,40 g MS.m⁻². Após esse período, tornou a aumentar, atingindo valor máximo, no qual permaneceu estabilizado durante as três últimas semanas de experimento, apresentando média igual a 258,04 g MS.m⁻². Quanto à *S. molesta*, sua massa bruta atingiu valor máximo com uma semana de experimento, passando de 43,48 g MS.m⁻² para 51,25 g MS.m⁻². A partir da segunda semana, a massa bruta passou a cair, mantendo-se constante entre os dias 38 e 52 (média do período igual a 33,24 g MS.m⁻²) e atingiu seu menor valor na data da última coleta (26,33 g MS.m⁻²) (figura 11).

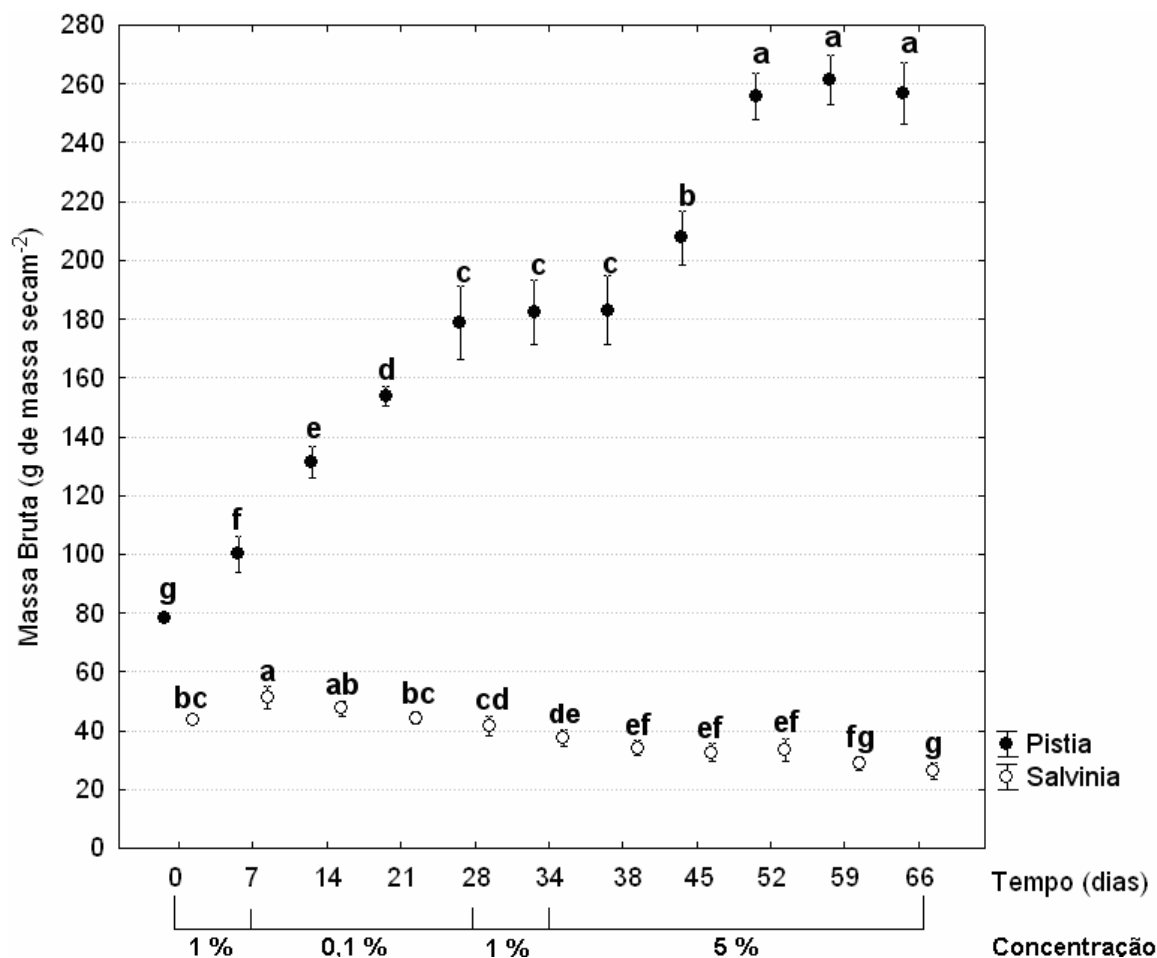


Figura 11. Variação de massa bruta de *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* durante os 66 dias de experimento. As diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias das massas brutas de cada espécie individualmente ao longo do tempo, de acordo com o teste de Tukey.

A Análise de Variância aplicada às taxas de crescimento demonstrou a existência de diferença significativa entre as taxas de crescimento das duas espécies de macrófitas ao longo do tempo (*P. stratiotes*: $p < 0,05$ e $F = 29,2217$; *S. molesta*: $p < 0,05$ e $F = 25,0007$). *P. stratiotes* apresentou sua maior taxa de crescimento na primeira semana (média igual a 0,0401). A partir desse momento, o crescimento tendeu a diminuir, permanecendo negativo e estabilizado entre os dias 29 e 38 (-0,0089). A partir daí a taxa de crescimento voltou a aumentar, chegando a 0,0321 entre os dias 46 e 52, quando começou novamente a cair, passando a ser negativa na data da última coleta (-0,0128). *S. molesta* também apresentou sua maior taxa de crescimento ao longo da primeira semana de experimento, atingindo média igual a 0,0264. Em todas as demais semanas, sua taxa de crescimento foi

negativa, sendo menos negativa entre os dias 39 e 52 (-0,0582) e atingindo valor mínimo entre os dias 53 e 66 (-0,0992) (figura 12).

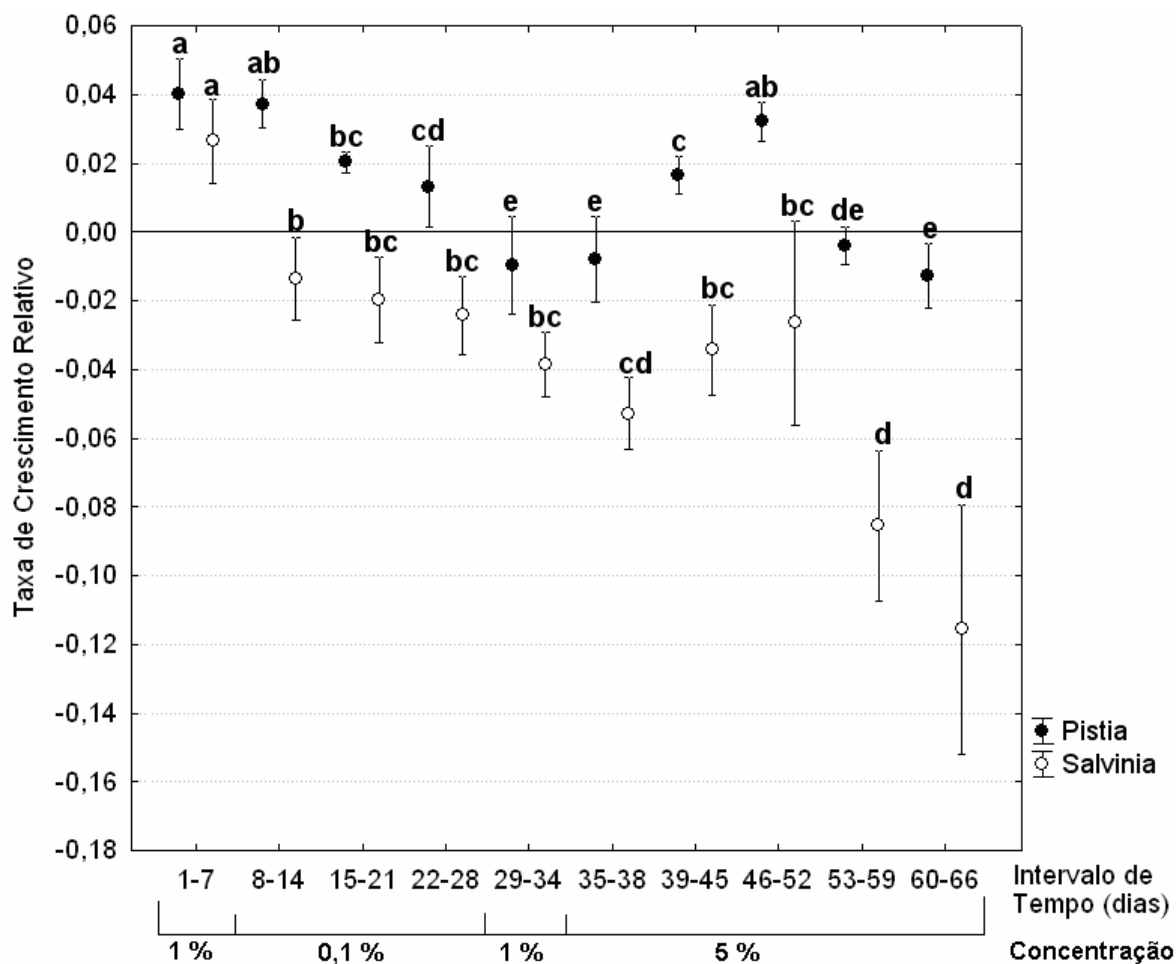


Figura 12. Valores da taxa de crescimento de *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* durante os 66 dias de experimento. As diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias das taxas de crescimento de cada espécie individualmente ao longo do tempo, de acordo com o teste de Tukey.

As fotografias abaixo (figura 13) mostram cada uma das seis unidades experimentais após 59 dias de experimento. Nota-se claramente a dominância de *P. stratiotes*.



Figura 13. Detalhe de cada unidade experimental após 59 dias de experimento.

A Análise de Variância apontou diferenças significativas também no comprimento da parte submersa de *P. stratiotes* ($p < 0,05$ e $F = 17,766$) e *S. molesta* ($p < 0,05$ e $F = 55,201$) ao longo do experimento. *P. stratiotes* apresentava, inicialmente, 19,70 cm, em média, de comprimento da parte submersa. Ao longo da primeira semana, seu comprimento aumentou, passando para 23,57 cm e a partir daí, apenas diminuiu até o dia 59, quando atingiu média igual a 11,04 cm. Na última semana houve um discreto aumento na média, a qual passou para 11,34 cm. *S. molesta* sofreu redução da parte submersa ao longo de todo o experimento, passando de 4,32 cm no início do experimento, para 0,85 cm na data da última coleta (figura 14).

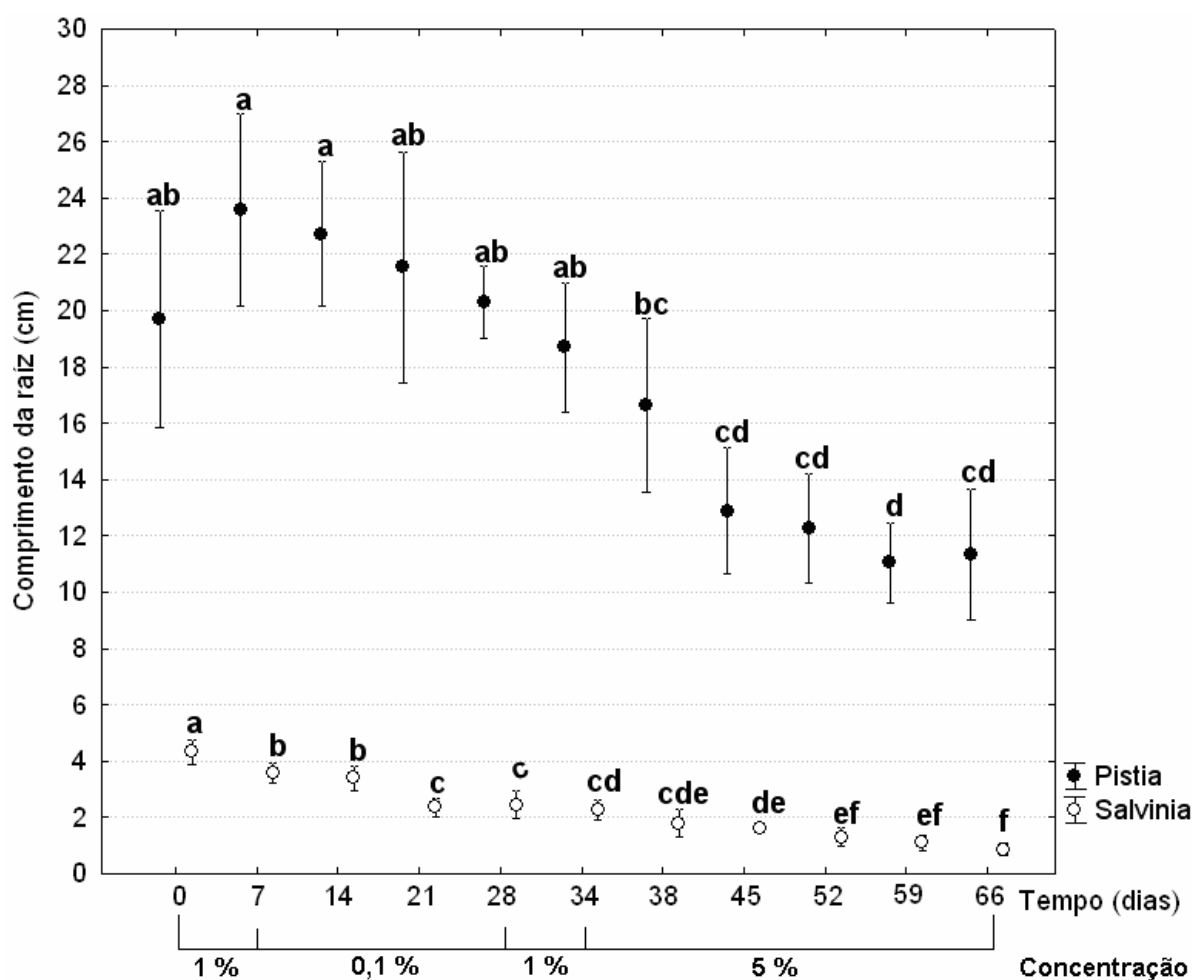


Figura 14. Valores de comprimento da parte submersa de *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* durante os 66 dias de experimento. As diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos comprimentos das raízes de cada espécie individualmente ao longo do tempo, de acordo com o teste de Tukey.

DISCUSSÃO

Pode-se verificar que a competição entre as duas espécies foi vencida por *P. stratiotes*, a qual praticamente eliminou *S. molesta*, nas concentrações de nutrientes utilizadas (0,1%; 1% e 5% da solução de Hoagland). No entanto, as altas concentrações de nutrientes oferecidas são suficientes para a ocorrência e crescimento das duas espécies isoladamente, conforme pode-se observar em alguns trabalhos já realizados. Camargo e Biudes (2006) concluíram que a concentração de fósforo é um importante fator responsável pela distribuição das duas espécies de macrófitas nos rios da bacia hidrográfica do Rio Itanhaém. Os autores observaram que *P. stratiotes* é encontrada em rios que apresentam concentrações de fósforo mais elevadas do que os rios onde *S. molesta* é encontrada. Rubin e Camargo (2001) verificaram que *S. molesta* pode apresentar altas taxas de crescimento tanto em águas com baixas concentrações de nutrientes (N e P), como com concentrações mais elevadas. O mesmo foi verificado por Pavão (2007), que realizou um experimento com diferentes concentrações de fósforo ($0 \mu\text{g.L}^{-1}$; $15,5 \mu\text{g.L}^{-1}$; $155 \mu\text{g.L}^{-1}$; e $1550 \mu\text{g.L}^{-1}$) e observou crescimento semelhante de *S. molesta* em todas as concentrações. No entanto, no presente experimento, quando as duas espécies foram colocadas juntas em altas concentrações de nutrientes, *P. stratiotes* apresentou maior habilidade competitiva, limitando o crescimento de *S. molesta* devido à falta de espaço e à redução da disponibilidade de luz causada pelo sombreamento exercido pelas folhas de *P. stratiotes*. Entretanto, caso as duas espécies viessem a coexistir em ambientes com baixas concentrações de nutrientes, *S. molesta* apresentaria maior habilidade competitiva do que *P. stratiotes*, como demonstrado por Benassi e Camargo (2000).

A exclusão competitiva pode ser observada quando *P. stratiotes* levou a biomassa de *S. molesta* praticamente a 0 gMS.m^{-2} . Segundo Townsend, Begon e Harper (2006) e Ricklefs e Miller (1999) a exclusão competitiva ocorre em ambientes estáveis. No entanto, o presente experimento, onde diferentes concentrações de nutrientes foram oferecidas ao longo do tempo, mostra que a exclusão competitiva pode ocorrer também em ambientes instáveis.

Pode-se notar ainda, que o período com a maior massa de *P. stratiotes* foi exatamente aquele onde a maior concentração de nutrientes foi oferecida (5%). Pistori (2005) observou que *S. molesta* cultivada em represa eutrofizada apresentou coeficientes de crescimento intrínseco aproximadamente 28 vezes superiores aos das plantas cultivadas na represa não eutrofizada. Em relação à *P. stratiotes*, Henry-Silva, Camargo e Pezzato (2002) observaram maior taxa de crescimento em maiores concentrações de fósforo ($77 \mu\text{g.L}^{-1}$) do que em baixas concentração ($15 \mu\text{g.L}^{-1}$). Esses dados, corroborados pelo presente trabalho, mostram que embora algumas espécies de macrófitas possam também habitar ambientes oligotróficos, sua taxa de crescimento e, conseqüentemente, sua biomassa são maiores em maiores concentrações de nutrientes.

Um segundo fator que parece ter influenciado o crescimento de *P. stratiotes* é a temperatura da água. Observando-se os gráficos de biomassa e temperatura pode-se notar que a curva de biomassa parece acompanhar a de temperatura em grande parte do experimento, isto é, a maior biomassa da espécie foi obtida quando ocorreram as maiores temperaturas, e passaram a diminuir com a queda da temperatura. Rubim (2004) também verificou maiores taxas de crescimento de *P. stratiotes* quando submetidas a altas temperaturas (verão) do que em baixas temperaturas (inverno).

Quanto às partes submersas, ambas as espécies de macrófita apresentaram diminuição no comprimento desta ao longo do experimento, conforme maiores concentrações de nutrientes foram sendo oferecidas. O mesmo também foi observado por Pavão (2007) em relação à *S. molesta*, constatando que quanto maior a disponibilidade de fósforo, menor o comprimento da parte submersa da espécie. Tal fato deve-se, provavelmente, ao maior investimento de energia na parte aérea, em detrimento da parte submersa, uma vez que não há necessidade de ampliação da superfície de contato da mesma para melhor absorção de nutrientes.

Diante desses resultados pode-se concluir que todas as concentrações de nutrientes oferecidas foram suficientes para o bom crescimento de *P. stratiotes*, a qual venceu a competição, limitando o crescimento de *S. molesta* por falta de espaço e luz, levando-a à exclusão competitiva. O crescimento de *P. stratiotes* aumentou à medida que maiores concentrações de nutrientes foram oferecidas. Além disso, a temperatura também parece ter influenciado o crescimento da espécie, sendo esse maior em maiores temperaturas. A parte submersa de ambas

as espécies diminuiu ao longo do experimento, devido às maiores ofertas de nutrientes.

Pode-se inferir, portanto, que no caso de essas duas espécies virem a coexistir em momentos e locais determinados devido, por exemplo, ao transporte pelas águas, dentro de uma bacia hidrográfica, *P. stratiotes* irá eliminar *S. molesta* quando o ambiente atingido for eutrófico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENASSI, R. F.; CAMARGO, A. F. M. Avaliação do Processo competitivo entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* D. S. Mitchell. **Rev. Iniciação Científica**, Rio Claro, n. 1, p.59-66, 2000.

CAMARGO, A. F. M.; BIUDES, J. F. V. Influence of limnological characteristics of water in the occurrence of *Salvinia molesta* and *Pistia stratiotes* in rivers from the Itanhaém River basin (SP, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 18, n. 3, p.239-246, 2006.

CORRÊA, M. R.; VELINI, E. D.; ARRUDA, D. P. Teores de metais na biomassa de *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, Edição especial, p.45-49, 2002.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M. **Effect of nutrient concentration on the growth of *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* and *Salvinia molesta***. In: 11 EWRS International Symposium on Aquatic Weeds, 2002, Moliets et Maã. Proceedings of the 11 EWRS International Symposium on Aquatic Weeds. Moliets et Maã : Cemagref, 2002. v. 01. p. 147-150.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. **Hoehnea**, v. 332, n. 3, p.445-452, 2005.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, fev. 2008.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The Water culture method of growing plants without soil**. Berkeley, California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p.

JACKSON, G.A. 1980. **Marine biomass production through seaweed aquaculture**. In: San Pietro, A. (ed.) Biochemical and photosynthetic aspects of energy production. Academic, New York. p.31-58.

LORENZI, H.; SOUSA, H. M. **Plantas Ornamentais no Brasil: Arbustivas, Herbáceas e Trepadeiras**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 1999. 1088p.

MITCHELL, D.S.; THOMAS P.A. Ecology of waterweeds in the Neotropics. UNESCO Technical Papers in Hydrology, n.12. 1972.

PAVÃO, A. C. **Crescimento de *Salvinia molesta* D. S. Mitchell submetida a diferentes concentrações de fósforo.** 2007. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ecologia), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

PISTORI, R. E. T. **Crescimento da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* crescendo em duas represas submetidas a diferentes níveis de impactos.** 2005. 45 f. Dissertação de Mestrado (Mestre em Aqüicultura em Águas Continentais), Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal - Sp, 2005.

RICKLEFS, R. E.; MILLER, G. L. **Ecology.** 4. ed. New York: Freeman, 1999. 822 p.

RUBIM, M. A. L. **Estudos ecológicos das espécies de macrófitas aquáticas *Salvinia molesta* Mitchell e *Pistia stratiotes* L.: taxa de crescimento e ciclagem de nutrientes.** 2004. 114 f. Tese de Doutorado (Doutor) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

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

TAVARES, K. S.; ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; RIETZLER, C. A. **Macrófitas aquáticas.** São Carlos: Probio, 2002. 19 p.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 592 p.

VARDANYAN, L.G; INGOLE, B. S. Studies on heavy metal accumulation in aquatic macrophytes from Sevan (Armenia) and Carambolim (India) lake systems. **Environment International**, Republic Of Armenia, v. 32, n. 2, p.208-218, fev. 2006.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis.** 4. ed. New Jersey: Prentice-hal Inc, 1999.

Karen Zauner Gimenes
(graduanda)

Antonio Fernando Monteiro Camargo
(orientador)

José Francisco Vicente Biudes
(co-orientador)