

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CENTRO DE AQUICULTURA

CAUNESP

CRESCIMENTO DA MACRÓFITA AQUÁTICA
FLUTUANTE *Salvinia molesta* EM VIVEIROS DE
AQUICULTURA COM DISTINTOS ESTADOS
TRÓFICOS.

RAQUEL EDUARDA TREVISAN PISTORI

Jaboticabal – São Paulo

2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CENTRO DE AQUICULTURA

CAUNESP

CRESCIMENTO DA MACRÓFITA AQUÁTICA
FLUTUANTE *Salvinia molesta* EM VIVEIROS DE
AQUICULTURA COM DISTINTOS ESTADOS TRÓFICOS

RAQUEL EDUARDA TREVISAN PISTORI

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

2005

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	i
Lista de Tabelas.....	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	iii
1. Introdução.....	01
2. Material e Método.....	03
2.1 Área de Estudo.....	03
2.2 Variáveis Físicas e Químicas.....	05
2.3 Índice de Estado Trófico (IET).....	05
2.4 Coeficiente de Crescimento (r_m) e Capacidade de Suporte (K).....	06
2.5 Composição Química da Biomassa Vegetal e Estoque de N e P.....	09
2.6 Análise Estatística.....	09
3. Resultados.....	10
3.1 Características Químicas e Físicas das Águas das Represas.....	11
3.2 Índice de Estado Trófico (IET).....	14
3.3 Curvas de Crescimento.....	15
3.4 Composição Química da Biomassa Total de <i>S. molesta</i> e Estoque de N e P....	17
4. Discussão.....	18
5. Conclusões.....	23
6. Referências Bibliográficas.....	24

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Cercados com *Salvinia molesta* na Represa 1 em Outubro de 2003..... 07
- Figura 2:** Cercados com *Salvinia molesta* em Outubro de 2003. Em primeiro plano cercado com tela e em segundo plano cercado sem tela.....07
- Figura 3:** Valores das concentrações de nitrogênio orgânico total (mg/L) e fósforo total (µg/L) na água da represa 1 (R_1) e represa 2 (R_2)..... 12
- Figura 4:** Ordenação pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos meses de coleta na represa 1 (indicados pelo número 1) e represa 2 (indicados pelo número 2), com base nas variáveis limnológicas analisadas. Os dois componentes explicam 72,8 % da variação observada..... 14
- Figura 5:** Dispersão dos valores de peso seco (g) e peso fresco (g) de *Salvinia molesta*. $PS = 0,40457 + 0,01725 * PF$, $r = 0,97679$, $n = 20$16
- Figura 6:** Curvas de crescimento de *S. molesta* nos diferentes tratamentos A = represa 1 com tela, B = represa 1 sem tela, C = represa 2 com tela, D = represa 2 sem tela, K = capacidade de suporte, r_m = coeficiente de crescimento intrínseco. Os gráficos apresentam escalas distintas..... 16

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** : Dados morfométricos e batimétricos das represas estudadas (R1) e (R2), onde, V = volume; A = área superficial; P = perímetro; Z_m = profundidade máxima; Z = profundidade média, Z_r = profundidade relativa; Ce = comprimento máximo efetivo; L = largura máxima efetiva; D_L = índice de desenvolvimento de margem; D_v = índice de desenvolvimento de volume..... 04
- Tabela 2** : Índice de Estado Trófico (IET), baseado na concentração de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)..... 05
- Tabela 3**: Valores mensais das variáveis físicas e químicas de superfície da água da represa 1 (R1) e represa 2 (R2), contendo *Salvinia molesta*..... 11
- Tabela 4**: Correlação das variáveis limnológicas das represas com os componentes I e II da Análise de Componentes Principais (ACP)..... 13
- Tabela 5**: Índice de Estado Trófico (IET $\mu\text{g L}^{-1}$) mensal em ambas as represas..... 15
- Tabela 6**: Valores médios e desvios padrão da porcentagem de nitrogênio total e fósforo total, na biomassa de *S. molesta*..... 17
- Tabela 7**: Valores médios e desvios padrão do estoque de nitrogênio e fósforo totais (mg. m^{-2}) no início e final do experimento em cada tratamento..... 18
- Tabela 8**: Densidade (K - g PS/m^2), tempo de duplicação (TD - dias), local (C = campo e L = laboratório), concentrações de N e P totais e P-PO₄ para a macrófita aquática do gênero *Salvinia*..... 21

CRESCIMENTO DA MACRÓFITA AQUÁTICA FLUTUANTE *Salvinia molesta* EM VIVEIROS DE AQUICULTURA COM DISTINTOS ESTADOS TRÓFICOS.

RESUMO

Salvinia molesta é uma espécie de macrófita aquática flutuante livre que tem habilidade para colonizar rapidamente muitos ambientes aquáticos com características físicas e químicas distintas. Efluentes das atividades de aquicultura podem proporcionar a eutrofização dos ambientes aquáticos, favorecendo o desenvolvimento indesejado de algumas macrófitas aquáticas, especialmente do tipo ecológico flutuante livre. No Centro de Aquicultura da UNESP - Jaboticabal a espécie *S. molesta* é encontrada em abundância em várias represas.

Neste contexto, os objetivos principais deste trabalho foram avaliar os coeficientes de crescimento e da composição química da biomassa de *S. molesta* crescendo em duas represas do CAUNESP. Represa 1 (R1) que não recebe descarga de efluentes de aquicultura e represa 2 (R2) submetida a descarga de efluentes dos setores de nutrição, piscicultura e ranicultura.

O estudo foi desenvolvido entre os meses de julho de 2003 a março de 2004. Em cada represa foram colocados oito cercados de 1 m² cada contendo rametes de *S. molesta*. Quatro possuíam tela plástica vazada com abertura de poro de 3 x 4 mm na parte inferior e os outros quatro não contiveram proteção para verificar possíveis interferências de herbivoria por animais aquáticos nos coeficientes de crescimento.

Os coeficientes de crescimento em R1 (0,026 dia⁻¹) foram inferiores ao de R2 (0,731 dia⁻¹). A herbivoria e o diferente grau de trofia dos ambientes (R1 meso-eutrófica e R2 hiper-eutrófica) foram fatores que exerceram forte influência nos coeficientes de crescimento.

Os resultados permitiram concluir que os lançamentos de efluentes de aquicultura promoveram a eutrofização e conseqüentemente aumento do crescimento de *S. molesta*.

Palavras Chaves: *Salvinia molesta*, aquicultura, eutrofização, crescimento.

GROWTH OF FLOATING AQUATIC MACROPHYTE *Salvinia molesta* IN AQUACULTURE RESERVOIRS WITH DIFFERENT TROPHIC LEVELS

ABSTRACT

Salvinia molesta is a free-floating aquatic macrophyte, which colonize many aquatic environments with distinct physical and chemical characteristics. In this context, effluents from aquaculture activities may contribute to eutrofication of aquatic environments enabling the undesirable development of some aquatic macrophytes, specially the ecological type of free floating. In the Aquaculture Center of UNESP (CAUNESP) – Jaboticabal City, São Paulo State, Brazil, the *S. molesta* is easily found in many reservoirs.

The main aim of this research is to study the growth rates and the chemical composition of *S. molesta* breeding in two reservoirs in CAUNESP. The first one (R1) does not receive any aquaculture effluents, whereas the second (R2) receive effluents from fish, frog and shrimp breeding tanks. This study was developed from July 2003 to March 2004. Eight square structures of 1 m² each were set up in each reservoir; four of each had plastic sieves with 3 x 4 mm openings covering inferior part. The other four structures did not have any protection in order to allow fish interference concerning the growth rates. The growth rates in R1 (0,026 day⁻¹) were lower than the values of R2 (0,731 day⁻¹). The fish herbivory and the different trofic levels in the reservoirs (R1 meso-eutrophic and R2 hypereutrophic) were factors that strongly influenced the growth rates.

According to the results, we conclude that aquaculture effluents cause eutrofication and, consequently increase the growth of *S. molesta*.

Key words: *Salvinia molesta*, aquaculture, eutrification, growth.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a aquicultura mundial tem se expandido e sua produção aumentada. Esta expansão está associada à produção de biomassa de organismos aquáticos e ao aumento de nutrientes no ambiente, por meio da utilização de rações, fertilizantes, subprodutos da agroindústria, excretas de animais, entre outras práticas utilizadas. Entretanto, o manejo inadequado da produção pode causar mudanças nas características químicas e físicas do ambiente aquático (Boyd & Queiroz, 1997).

Algumas rações empregadas nos sistemas de criações podem apresentar elevados teores de proteínas e nutrientes, sendo apenas uma fração dos alimentos disponíveis digeridas pelos organismos (Vinatea, 1997). Esses alimentos não consumidos são convertidos em sólidos orgânicos em suspensão, dióxido de carbono, amônia, fosfatos e outros compostos (Mires, 1995) que, associados às excretas e às fezes, proporcionam o incremento da carga de matéria orgânica e inorgânica nos ecossistemas aquáticos (Macintosh & Phillips, 1992; Beardmore *et al.*, 1997).

No Brasil e na maioria dos países em desenvolvimento grande parte dos efluentes domésticos, industriais e de aquicultura são lançados sem tratamento prévio nos cursos d'água. Esses aportes de matéria orgânica e poluentes têm gerado preocupação crescente com o elevado nível de poluição e eutrofização dos ambientes aquáticos (Tundisi, 2003). Em longo prazo, a eutrofização pode inviabilizar o ecossistema receptor, tanto do ponto de vista ecológico como social (Esteves, 1998).

O aumento da concentração de nitrogênio e fósforo é a principal causa da eutrofização no ambiente de água doce. Como consequência promove-se a floração de cianobactérias, redução de oxigênio dissolvido, crescimento elevado de fitoplâncton, morte de organismos aquáticos, diminuição da produção aquícola, aumento na incidência de plantas aquáticas no ambiente e aumento no custo de tratamento dos efluentes (Margalef, 1983; Wetzel, 1983; Esteves, 1998; Thomaz & Bini, 1999; Baccarin, 2002; Henry-Silva, 2000; Tundisi, 2003).

As macrófitas aquáticas flutuantes, principalmente em países de clima tropical, apresentam taxas elevadas de crescimento, pois possuem a capacidade de absorver e estocar grande quantidade de nutrientes. Também são consideradas altamente produtivas, principalmente em ambientes eutróficos, devido a grande plasticidade fenotípica e rápida reprodução vegetativa (Lalana, 1980; Finlayson, 1984; Debusk & Reddy, 1987; Datta,

1990; Greenway, 1997, Brix, 1997). *Eichhornia crassipes*, por exemplo, pode dobrar de peso em 12 dias e alcançar produtividade de $150 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Westlake, 1963), e *Salvinia molesta* pode apresentar uma produtividade de até $110 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Mitchell & Tur, 1975).

A produtividade elevada das plantas aquáticas pode estar relacionada a vários fatores, sendo que os principais são: a espécie, o tipo ecológico, processos ecológicos (especialmente competição e predação) e as características abióticas, como, temperatura, radiação fotossinteticamente ativa, transparência da água, velocidade de corrente, tipo de substrato e concentrações de nutrientes (Camargo *et al.*, 2003). Os métodos tradicionais de controle da proliferação das macrófitas aquáticas (químicos, mecânicos e biológicos) muitas vezes apresentam baixa eficiência em virtude da ausência de estudos básicos sobre a ecologia das espécies (Thomaz & Bini, 1999). Neste contexto a estimativa da taxa de crescimento e da produção primária das macrófitas aquáticas assim como o conhecimento da variação sazonal de seus fatores limitantes são importantes. Conhecendo-se a autoecologia de determinada espécie, pode-se manejar adequadamente o ambiente aquático, com o objetivo de controle, quando esta se torna indesejável (Camargo *et al.*, 2003).

Em vários locais alterados por atividades antrópicas, as espécies do gênero *Salvinia* proliferam-se indesejadamente, causando prejuízos econômico e sanitário ao uso múltiplo do ecossistema aquático no que se refere à geração de energia elétrica, navegação, suprimento de água, usos recreativos, entre outros (Moozhil & Pallauf, 1986). Pode-se citar como exemplos de crescimentos indesejados, a proliferação desta espécie no lago Kariba, situado no Zimbábue (Mitchell, 1969) e o de *Salvinia natans*, em canais de drenagem na Iugoslávia (Murphy *et al.*, 1990).

No Brasil *S. molesta* é amplamente distribuída ocorrendo tanto em ecossistemas aquáticos naturais como em ambientes aquáticos impactados por atividades antrópicas (Bini *et al.*, 1999; Henry-Silva *et al.*, 2000). No Centro de Aqüicultura da UNESP – Campus de Jaboticabal esta espécie, em determinadas épocas, é encontrada em abundância em algumas represas, podendo ocasionar prejuízos, especialmente nas criações de organismos aquáticos.

Os objetivos principais deste trabalho foram avaliar e estabelecer possíveis interferências no coeficiente de crescimento e na composição química da biomassa total da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* em duas represas submetidas a diferentes níveis de eutrofização. Tem também como verificar possíveis interferências de organismos aquáticos em seu crescimento.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 – Área de Estudo

De acordo com Macedo (2000), o Centro de Aqüicultura da Unesp (Caunesp), Campus de Jaboticabal / S.P. (latitude 21° 18` S; longitude 48° 18` O), foi criado em 1988 ocupando aproximadamente 14 hectares. Em sua estrutura encontram-se seis represas artificiais, dispostas em série. Assim, a água de uma represa passa diretamente para a outra com fluxo contínuo, abastecendo tanques e viveiros menores de peixes, rãs e camarões de um sistema composto por três setores: piscicultura, ranicultura e carcinicultura. Em algumas represas são lançadas as águas residuais dos tanques e viveiros destes três setores, que se situam em paralelo às represas. Os efluentes de todo o conjunto de viveiros deságuam no córrego Jaboticabal, afluente do rio Mogi-Guaçu. Os períodos nos quais ocorrem maiores produções correspondem à estação do verão (dezembro, janeiro e fevereiro) quando as temperaturas elevadas favorecem a reprodução e a despesca dos viveiros arraçoados.

O estudo foi desenvolvido em duas destas represas do Centro de Aqüicultura da Unesp (Caunesp), que foram denominadas represa 1 (R1) e represa 2 (R2). Na Tabela 1 estão apresentadas as distintas morfometrias e batimetrias das duas represas estudadas. O índice de desenvolvimento de volume (Dv) próximo de 1,0 e a razão profundidade média sobre profundidade máxima (Z/Z_m) demonstram que R1 aproxima mais à relação para um cone ideal (Macedo, 2000).

Tabela 1. Dados morfométricos e batimétricos das represas R1 e R2, em que, V = volume; A = área superficial; P = perímetro; Z_m = profundidade máxima; Z = profundidade média, Z_r = profundidade relativa; Ce = comprimento máximo efetivo; L = largura máxima efetiva; D_L = índice de desenvolvimento de margem; D_v = índice de desenvolvimento de volume.

Medidas	Represa 1 (R1)	Represa 2 (R2)	Unidade
V	5208,00	4630,78	M ³
A	3472,08	4268,04	M ²
P	255,25	305,50	M
Z _m	3,46	2,50	M
Z	1,49	1,08	M
Z _r	5,50	2,84	%
Ce	97,70	110,50	M
Le	57,70	71,00	M
D _L	1,22	1,32	
D _v	1,22	1,54	
Z/Z _m	0,41	0,51	

Modificado de Macedo (2000)

A represa 1 é utilizada como fonte de abastecimento de todo o sistema composto pelos setores de piscicultura, ranicultura e carcinicultura e também de outras represas, pois sua nascente está situada em altitude mais elevada. Em suas áreas adjacentes encontram-se os setores de fazenda de gado e caprino. Em suas águas não ocorrem lançamentos de efluentes de aquíicultura. Entretanto, são cultivadas em pequenas quantidades, algumas espécies de peixes como lambari (*Astyanax* sp.) e matrinxã (*Brycon cephalus*).

Na represa 2 ocorrem lançamentos de efluentes de outros tanques e viveiros em paralelo dos setores de nutrição, piscicultura e ranicultura. Nesta represa, também é criada grande quantidade de peixes sendo aproximadamente, 2200 pacus (*Piaractus mesopotamicus*), 900 matrinxãs (*Brycon cephalus*), 600 kg de espécies de peixes sem registros e várias tilápias (*Oreochromis niloticus*). Para as manutenções de tais espécies de peixes todos são arraoados com frequência.

2.2 Variáveis Físicas e Químicas

O estudo foi desenvolvido entre os meses de julho de 2003 a março de 2004, com duração de 231 dias. Foram obtidas medidas superficiais de variáveis físicas e químicas da água das duas represas, no período da manhã entre as 9:00 e 10:00 horas. Os valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), turbidez (NTU) e concentração de oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) foram obtidos com o aparelho *Water Quality Checker* marca Horiba modelo U-10. A radiação fotossinteticamente ativa (RFA), foi determinada com um radiômetro marca Licor, modelo Li-192-SA. A transparência da água foi avaliada com o disco de Sechi e as concentrações de nitrogênio orgânico total foram determinados segundo métodos de Mackereth *et al.*, (1978). Os teores de fósforo orgânico total e ortofosfato ($\text{P}\cdot\text{PO}_4$) foram determinados segundo Golterman *et al.*, (1978). As concentrações de clorofila – a foram determinadas segundo metodologia descrita em Nusch (1980).

2.3 – Índice de Estado Trófico (IET):

As concentrações de fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$) foram utilizadas para estabelecer o Índice de Estado Trófico (IET) segundo Wetzel (1975) (Tabela 2).

Tabela 2. Índice de Estado Trófico (IET), baseado na concentração de fósforo total ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)

Fósforo Total ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Índice de Estado Trófico (IET)
< 5	Ultra-oligotrófico
5 – 10	Oligo-mesotrófico
10 – 30	Meso-eutrófico
30 - 100	Eutrófico
> 100	Hiper-eutrófico

Modificado de Wetzel (1975)

2.4 - Coeficiente de Crescimento (r_m) e Capacidade de Suporte (K)

Na margem das represas, foram fixados oito cercados de 1 m², distribuídos aleatoriamente. Quatro possuíam, na parte inferior, tela plástica vazada com abertura de poros de 3 x 4 mm e os demais não continham nenhuma proteção. O objetivo de utilizar cercados protegidos foi verificar as possíveis interferências de herbivoria nos rendimentos de crescimento. Assim, nos dois ambientes, foram totalizados quatro tratamentos com quatro réplicas em cada, sendo eles denominados: represa 1 com tela, represa 1 sem tela, represa 2 com tela e represa 2 sem tela.

Em cada cercado, foram colocados inicialmente 10 rametes de *S. molesta* de tamanhos similares, totalizando aproximadamente 15 g de peso fresco. Os rametes foram coletados em uma das represas de criação semi-intensiva de peixes do Caunesp. Mensalmente, todos os indivíduos de cada cercado foram coletados e pesados, retirando-se o excesso de água, deixando-a escorrer por cinco minutos, segundo metodologia utilizada por Agami & Reddy (1990). Posteriormente, os rametes foram devolvidos aos respectivos cercados (Figura 1 e 2).



Figura 1. Cercados com *Salvinia molesta* na Represa 1 em outubro de 2003



Figura 2. Cercados com *Salvinia molesta* na Represa 2 em outubro de 2003. Em primeiro plano cercado com tela e em segundo plano cercado sem tela.

Para estimar a capacidade de suporte (K) de cada tratamento foi ajustada a equação logística ao ganho de biomassa de *S. molesta*. Segundo Krebs (1994), para representar o crescimento de uma população em uma curva logística, esta deve ter uma distribuição inicial estável dos indivíduos, unidades de medidas adequadas para a população, a relação entre densidade e a taxa de crescimento deve ser linear e a taxa de crescimento dependente da densidade. Neste trabalho, estes fatores foram observados. Assim, foi ajustado um modelo de crescimento logístico para cada tratamento por meio da parametrização da Equação 1.

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

Em que,

N_t = biomassa (g PS);

t = tempo;

K = capacidade suporte (máximo valor de N);

e = 2,71828 (base dos logaritmos naturais);

a = constante de integração que define a posição relativa da curva à origem;

r_m = coeficiente de crescimento intrínseco.

Os coeficientes de crescimento intrínseco (r_m) e as capacidades de suporte (K) foram estimados dos ajustes das variações temporais de biomassa ao modelo sigmóide (Krebs, 1994). Para estes ajustes foram fixados os coeficientes de crescimento para R1 e R2 como sendo inerente da espécie dentro das condições climáticas adotadas. Os ajustes foram efetuados, por meio de regressões não lineares, calculadas pelo algoritmo iterativo de Levenberg-Marquardt Press *et al.*, (1993).

O tempo de duplicação (TD) foi calculado de acordo com a Equação 2, dividindo-se o logaritmo natural de 2 pelo coeficiente de crescimento intrínseco (r_m).

$$TD = \frac{\ln(2)}{r_m}, \quad (2),$$

2.5 – Composição Química da Biomassa Vegetal e Estoque de N e P

As amostras de biomassas vegetais (rametes coletados da mesma população utilizada nas unidades amostrais) foram obtidas em triplicata no início e ao final do experimento em ambas represas. Em seguida foram limpas com sucessivas lavagens para a remoção de perifíton, detritos orgânicos e partículas inorgânicas associadas. Posteriormente foram secas em estufa a 60° C, até atingirem peso constante e trituradas em moinho, para a determinação das percentagens de nitrogênio e fósforo total. Pela diferença entre a percentagem inicial e final, obteve-se a assimilação de nitrogênio e fósforo pelos indivíduos de *S. molesta*. Os resultados foram expressos em percentagem de peso seco (% PS). Após a obtenção destes valores, foi obtida a média das variáveis analisadas nos vegetais e obtidos os desvios padrão. Para o cálculo do estoque de N e P em *S. molesta* foram considerados os valores iniciais e finais da biomassa (g PS. m⁻²) de cada tratamento e os teores de N e P na biomassa (%PS).

Os teores de fósforo total foram determinados segundo metodologia descrita em Esteves (1980). O método analítico de determinação do nitrogênio orgânico total foi o de Kjeldahl, proposto por Allen *et al.*, (1974) e adaptado especificamente para macrófitas aquáticas por Esteves (1980). As análises de composição química das plantas e da água foram efetuadas no Laboratório de Ecologia Aquática do Departamento de Ecologia da Unesp - Rio Claro.

2.6 – Análise Estatística

Aos dados de temperatura, pH, condutividade, turbidez, concentração de oxigênio dissolvido, alcalinidade, radiação fotossintética, transparência, N-total, P-total e clorofila-a, foi aplicada a Análise dos Componentes Principais (ACP) (Bouroche & Saporta, 1982), com o objetivo de agrupar as variáveis para caracterizar o estado trófico das represas. A massa seca dos indivíduos colocados nos cercados, nos diferentes períodos amostrados, foi obtida com base em regressão linear entre peso fresco e peso seco.

Para testar a normalidade e a homocedasticidade dos dados da composição química de *S. molesta* (% PS) foram utilizados os testes de D'Agostinho e de Bartlett. Verificadas a distribuição normal e a variância homogênea dos dados foi aplicada a Análise de Variância da classificação (ANOVA - one-way) e a posteriori o teste de Tuckey. O nível de significância adotado foi de 0,05% (Zar, 1999).

3. RESULTADOS

3.1 - Características Químicas e Físicas das Águas das Represas

Os valores mensais das variáveis físicas e químicas das águas superficiais de R1 e R2 estão apresentados na Tabela 3. Os valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), turbidez (NTU) e alcalinidade (mg. L^{-1}) foram sempre superiores em R2. Os ambientes mostram-se ligeiramente neutros e semelhantes com valores médios de $\text{pH} = 6,9$ e $6,8$ em R1 e R2, respectivamente. Os valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) foram maiores em R2 com exceção do mês de janeiro (R1: $30 \mu\text{S.cm}^{-1}$ e R2: $20 \mu\text{S.cm}^{-1}$). As concentrações de oxigênio dissolvido no mês de julho ($19,5$ e $20,3 \text{ mg. L}^{-1}$ em R1 e R2, respectivamente) foram superiores quando comparadas aos meses seguintes nos quais as concentrações diminuíram e variaram em média de $6,5$ e $6,7 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente. Os valores de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foram maiores em R2, com exceção do mês de março quando se obteve $462,0 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e $76,3 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ em R1 e R2, respectivamente. Para os valores de transparência da água, as médias foram $2,2$ e $0,6 \text{ m}$ em R1 e R2, respectivamente. As concentrações de clorofila – a ($\mu\text{g. L}^{-1}$) foram sempre inferiores em R1.

Tabela 3. Valores mensais das variáveis físicas e químicas de superfície da água da represa 1 (R1) e represa 2 (R2), contendo *Salvinia molesta*.

	MESES																	
	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		janeiro		Fevereiro		Março	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Temperatura °C	19,5	20,3	20,1	21,4	21,3	23,1	23,8	25,1	25,5	27,2	25,2	26,7	26,5	28,6	25,7	26,2	25,0	27,1
pH	7,8	7,4	6,8	6,5	7,6	7,0	7,0	6,9	6,8	6,7	6,7	6,7	6,8	6,7	6,7	6,2	6,1	6,6
Condutividade (mS.cm ⁻¹)	20,0	77,0	21,0	79,0	22,0	80,0	21,0	78,0	20,0	82,0	19,0	76,0	25,0	16,0	20,0	50,0	21,0	78,0
Turbidez (FTU)	5,0	28,0	5,0	34,0	4,0	32,0	1,0	45,0	1,0	28,0	1,0	60,0	3,0	35,0	4,0	10,0	2,0	24,0
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	6,4	8,1	5,9	9,2	6,2	9,3	5,5	7,2	6,1	4,6	6,3	3,7	8,4	6,4	6,7	7,8	6,6	5,6
Alcalinidade (ug.L ⁻¹)	0,27	0,74	0,32	0,82	0,36	0,82	0,36	0,88	0,24	0,68	0,29	0,82	0,12	0,43	0,21	0,78	0,22	0,74
Radiação (mmol.m ⁻² .s ⁻¹)	722,1	819,1	270,2	605,0	724,0	839,0	1108,0	1320,0	86,2	128,0	346,0	563,0	698,0	1151,0	184,1	183,1	462,0	76,3
Transparência da água	2,6	0,5	2,2	0,5	2,4	0,5	2,2	0,5	2,4	0,5	2,0	0,5	2,0	0,5	2,0	1,0	2,0	0,5
P - PO ₄ (mg.L ⁻¹)	4,92	3,00	3,00	3,00	22,79	6,05	3,00	3,00	3,00	3,62	2,38	14,90	3,00	6,92	13,49	10,36	3,00	3,62
Clorofila - a (ug.L ⁻¹)	3,00	17,80	3,00	16,02	3,00	44,86	16,02	72,98	3,00	14,69	3,00	29,4	3,00	18,69	10,68	17,36	6,04	25,34

Os valores das concentrações de nitrogênio total (mg/L) e fósforo total ($\mu\text{g/L}$) nas águas de ambas as represas estão apresentados na Figura 3.

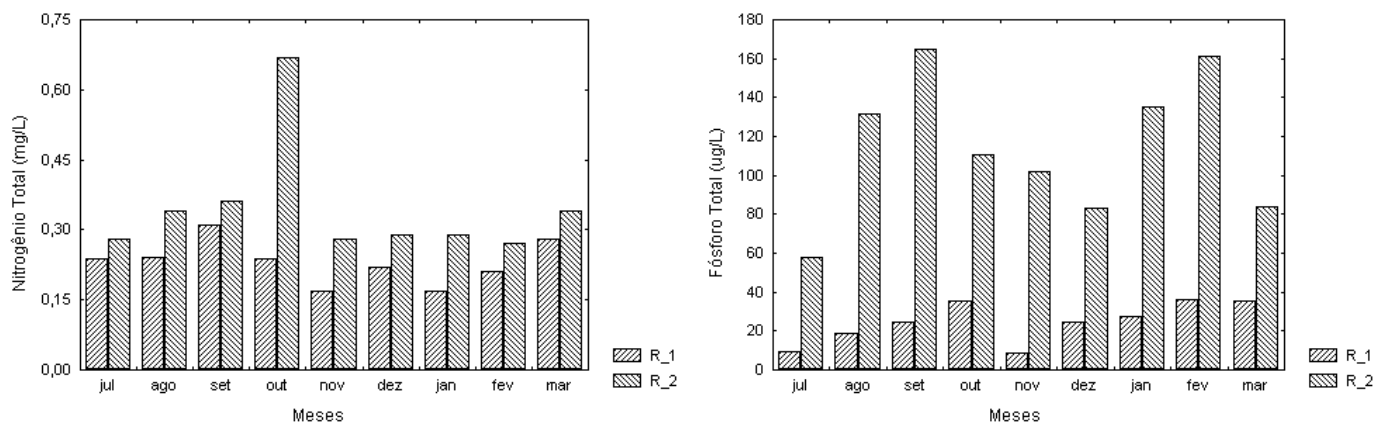


Figura 3. Valores das concentrações de nitrogênio orgânico total (mg/L) e fósforo total ($\mu\text{g/L}$) na água da represa 1 (R_1) e represa 2 (R_2).

Os valores das concentrações de nitrogênio total e fósforo total foram sempre inferiores em R1. Os valores de P-PO_4 oscilaram nos dois ambientes, e em alguns meses R1 apresentou maiores concentrações que R2 e vice versa. Os valores médios de P-PO_4 foram $6,51 \mu\text{g/L}$ e $6,05 \mu\text{g/L}$ em R1 e R2, respectivamente.

A análise dos componentes principais (Tabela 4) resumiu 72,8 % da variabilidade total dos dados das represas nos 9 meses de coleta. O primeiro componente explicou 50,42 % da variância total, enquanto que o segundo explicou 22,37 %. Com exceção da temperatura, pH e oxigênio dissolvido, as demais variáveis apresentaram correlação com o componente I, sendo que a condutividade elétrica, turbidez, alcalinidade, nitrogênio e fósforo total e clorofila – a estiveram correlacionados positivamente. Apenas a variável transparência da água correlacionou-se negativamente com o componente I. A temperatura apresentou correlação negativa com o componente II enquanto o pH e a concentração de oxigênio dissolvido apresentaram correlação positiva. A única variável não correlacionada com os dois componentes, pelo valor estabelecido (0,7), foi a radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

Tabela 4. Correlação das variáveis limnológicas das represas com os componentes I e II da Análise dos Componentes Principais (ACP).

Variáveis	Componentes Principais	
	I	II
Temperatura	0,251	<u>-0,796</u>
PH	-0,194	<u>0,852</u>
Condutividade elétrica	<u>0,864</u>	0,065
Turbidez	<u>0,893</u>	0,052
Oxigênio dissolvido	-0,076	<u>0,790</u>
Alcalinidade	<u>0,930</u>	0,079
Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA)	0,330	0,581
Transparência da água	<u>-0,929</u>	0,115
Nitrogênio total	<u>0,773</u>	0,248
Fósforo total	<u>0,838</u>	-0,180
Clorofila – a	<u>0,870</u>	0,143
% de Variação Explicada	50,42	22,37

No primeiro reservatório (R1) houve clara separação entre os meses que se encontram à esquerda do gráfico (Figura 4). Estes apresentaram os menores valores das variáveis que estiveram positivamente correlacionadas com o componente principal I (condutividade, turbidez, alcalinidade, N e P - Total) e o maior valor da variável que está negativamente correlacionada com o mesmo componente (transparência da água). Os meses de coleta de R2, estão à direita do gráfico e apresentam características opostas, ou seja, possuem maiores valores de condutividade, turbidez, alcalinidade, N e P – Total e menores valores de transparência da água.

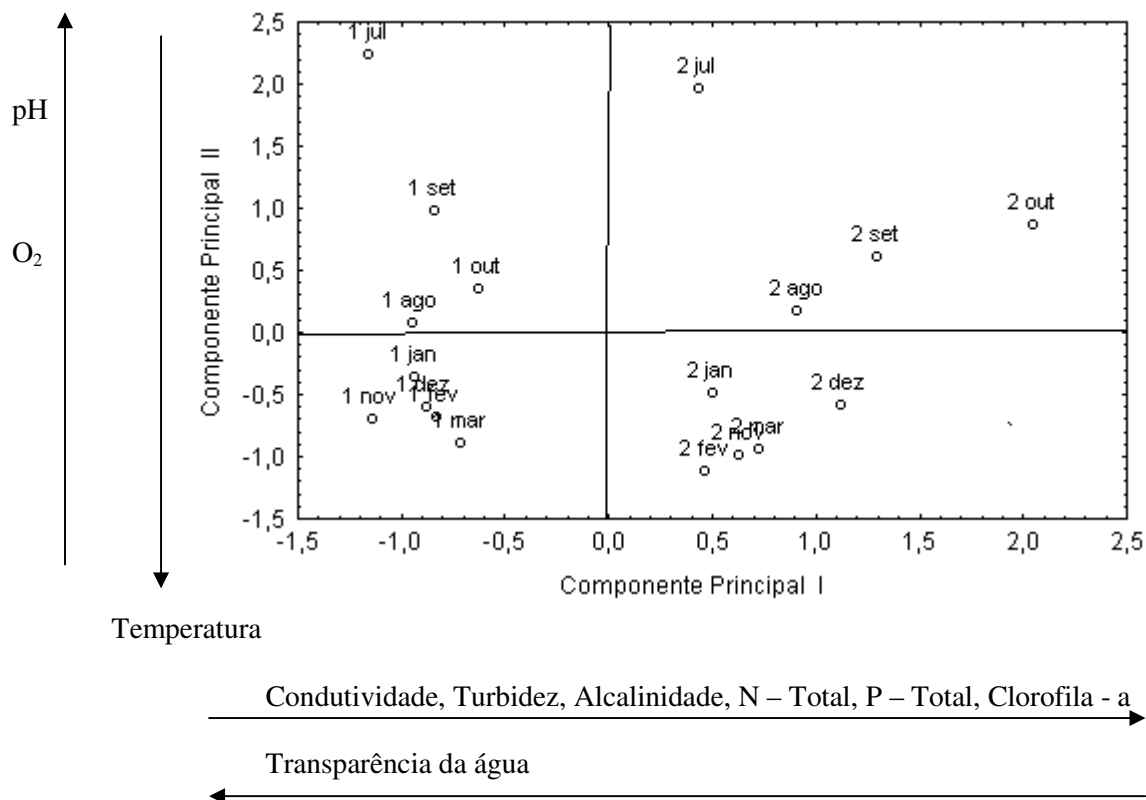


Figura 4. Ordenação pela Análise dos Componentes Principais (ACP) dos meses de coleta na represa 1 (indicados pelo número 1) e represa 2 (indicados pelo número 2), com base nas variáveis limnológicas analisadas. Os dois componentes explicam 72,8 % da variação observada.

3.2 – Índice de Estado Trófico (IET)

Os Índices de Estado Trófico (IET) estabelecidos mensalmente para as represas estão apresentados na Tabela 5. Os dados mostram que a represa 1 foi menos eutrofizada que a represa 2, com exceção do mês de março.

Tabela 5. Índice de Estado Trófico (IET) mensal em ambas as represas.

IET		
Meses	Represa 1	Represa 2
Jul-03	Oligo-mesotrófico	Eutrófico
Ago-03	Meso-eutrófico	Hipereutrófico
Set-03	Meso-eutrófico	Hipereutrófico
Out-03	Eutrófico	Hipereutrófico
Nov-03	Oligo-mesotrófico	Hipereutrófico
Dez-03	Meso-eutrófico	Eutrófico
Jan-04	Meso-eutrófico	Hipereutrófico
Fev-04	Eutrófico	Hipereutrófico
Mar-04	Eutrófico	Eutrófico

3.3 - Curvas de Crescimento

A análise de regressão linear simples entre peso fresco e peso seco de *S. molesta* apresentou coeficiente de correlação de 0,97679 e a equação obtida foi $PS = 0,40457 + 0,1725 * PF$, onde PS = peso seco (g) e PF = peso fresco (g), (Figura 5).

As curvas de crescimento de *S. molesta* nos diferentes tratamentos estão apresentadas na Figura 5. No início do experimento os tratamentos possuíam biomassas semelhantes de $0,67 \pm 0,01$ g PS/m².

O valor máximo de biomassa no tratamento de R 1 com tela foi de $3,37 \pm 1,34$ g PS no 180° dia do experimento. Após este dia, os valores oscilaram até atingirem a biomassa de $2,73 \pm 0,96$ g PS no 231° dia, final do experimento (Figura 6 A). A curva de crescimento do tratamento de R1 sem tela apresentou comportamento semelhante ao com tela da mesma represa. O valor máximo de biomassa foi de $3,38 \pm 1,07$ g PS/m² no 180° dia do experimento. Após este dia os valores oscilaram e atingiram a biomassa de $1,80 \pm 0,23$ g PS/m² no 231° dia, final do experimento (Figura 6 B).

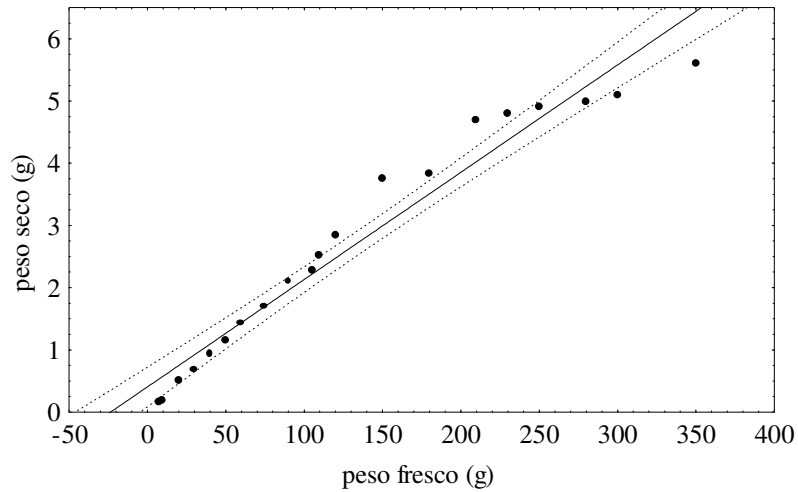


Figura 5. Dispersão dos valores de peso seco (g) e peso fresco (g) de *Salvinia molesta*. $PS = 0,40457 + 0,01725 * PF$, $r = 0,97679$, $n = 20$

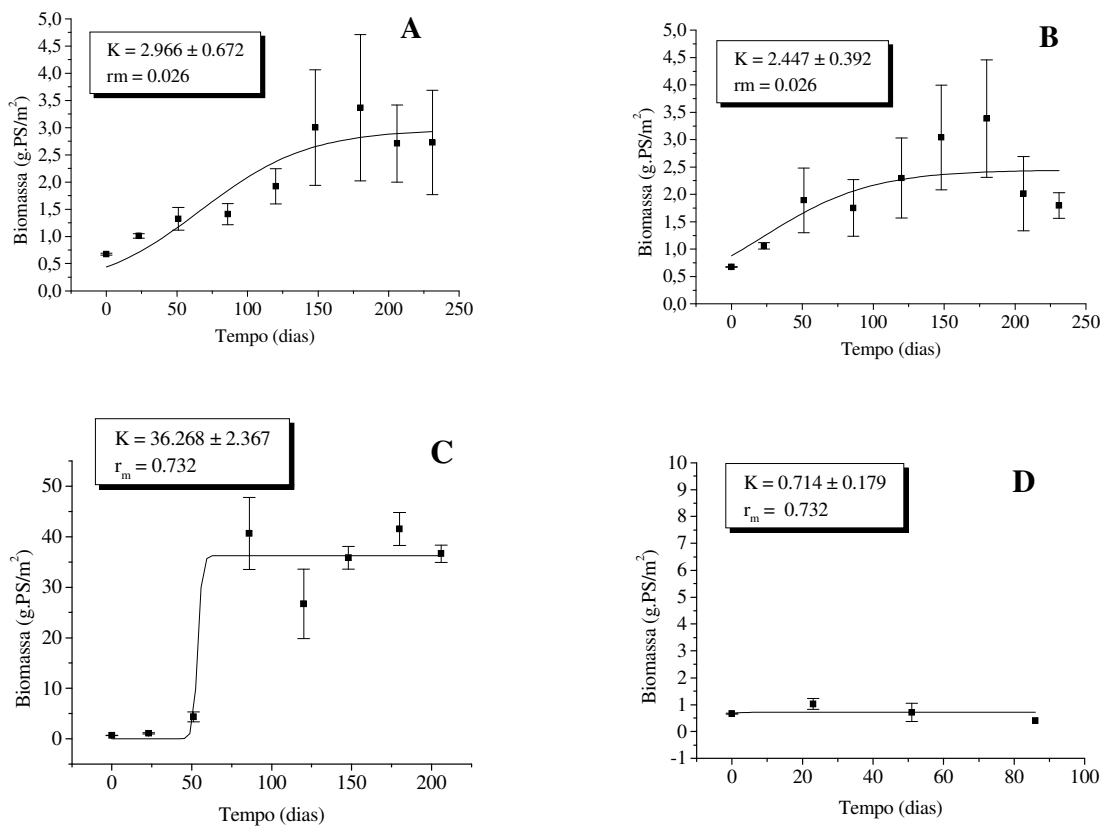


Figura 6. Curvas de crescimento de *S. molesta* nos diferentes tratamentos A = represa 1 com tela, B = represa 1 sem tela, C = represa 2 com tela, D = represa 2 sem tela, K = capacidade de suporte, r_m = coeficiente de crescimento. Os gráficos apresentam escalas distintas.

O valor máximo de biomassa de *S. molesta* $41,52 \pm 3,23$ g PS/m² no 180° dia no tratamento de R 2 com tela foi maior quando comparado a todos os outros tratamentos. A biomassa de $36,63 \pm 1,72$ foi atingida no 206° dia (Figura 6 C).

Para o ajuste da equação logística ao ganho de biomassa de *S. molesta* no tratamento sem tela de R2, foi considerado o coeficiente de crescimento intrínseco de $0,732 \text{ dia}^{-1}$ que foi obtido no tratamento com tela da mesma represa. Assim, a biomassa atingiu seu valor máximo no 23° dia do experimento $1,02 \pm 0,20$ g PS/m², diminuindo até atingir o valor de $0,40$ g PS/m² no 86° dia, que foi considerado o final do experimento. Neste tratamento não ocorreu ganho de biomassa até 231° dia de experimento, o que o diferenciou dos demais (Figura 6 D).

3.4 - Composição Química da Biomassa Total de *S. molesta* e Estoque de N e P

Os valores médios e desvios padrão dos teores de nitrogênio e fósforo totais em percentagem de peso seco, na biomassa de *S. molesta* são apresentados na tabela 6. Os teores de nitrogênio total na biomassa de *S. molesta* na represa 1, ao final do experimento, foram similares aos teores no início, não apresentando diferenças significativas. Já na represa 2, os teores de nitrogênio total foram significativamente superiores ($p \geq 0,05$) ao final do experimento. Os teores de fósforo total na biomassa de *S. molesta* na represa 1 foram significativamente inferiores ($p \leq 0,05$) ao final do experimento. Na represa 2 foram constatadas diferenças significativas superiores ($p \geq 0,05$) ao final do experimento.

Tabela 6. Valores médios e desvio padrão da porcentagem de nitrogênio total e fósforo total, na biomassa de *S. molesta*.

Variáveis	Represa 1		Represa 2
	Início Julho / 03	Fim Março / 04	Fim Março / 04
Nitrogênio (%PS)	$1,38 \pm 0,089$ (a)	$1,41 \pm 0,029$ (a)	$2,03 \pm 0,039$ (b)
Fósforo (%PS)	$0,22 \pm 0,001$ (b)	$0,20 \pm 0,005$ (a)	$0,41 \pm 0,008$ (c)

Médias e desvios seguidos de letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os valores médios e desvios padrão do estoque de nitrogênio e fósforo totais (mg. m⁻²) na biomassa no início e no fim do experimento em cada tratamento está apresentado na tabela 7.

Tabela 7. Valores médios e desvios padrão do estoque de nitrogênio e fósforo totais (mg. m⁻²) no início e final do experimento em cada tratamento.

Tratamento	ESTOQUE			
	Início Julho / 03		Fim Março / 04	
	Nitrogênio	Fósforo	Nitrogênio	Fósforo
R1 com tela	9,3 ± 0,2	1,5 ± 0,04	29,9 ± 22,7	4,2 ± 3,2
R1 sem tela	9,3 ± 0,1	1,5 ± 0,02	26,3 ± 5,9	3,7 ± 0,8
R2 com tela	9,1 ± 0,2	1,4 ± 0,03	515,9 ± 321,8	104,2 ± 65,0
R2 sem tela	9,2 ± 0,2	1,5 ± 0,03	17,3 ± 5,7	3,5 ± 1,1

4 – DISCUSSÃO

Através da análise de componentes principais (PCA) e de acordo com os índices de estado trófico (IET) obtidos observaram-se diferenças no grau de impacto gerado nas represas. Com exceção do mês de março, R1 mostrou-se menos eutrofizada que R2. De fato, em R1 não ocorre o lançamento de efluentes de tanques e viveiros do sistema composto pelos setores de piscicultura, ranicultura e carcinicultura. Entretanto, em suas áreas adjacentes próximas às nascentes, há os setores da fazenda de gado e caprino que podem ter favorecido a entrada de materiais e possíveis infiltrações nos períodos de precipitações elevadas. Estes fatores podem ter contribuído para o aporte de nutrientes no mês de março. Já em R2 são lançados os efluentes dos sistemas de tanques e viveiros em paralelo dos setores de nutrição, piscicultura e ranicultura. Também ocorre o arraçoamento da grande quantidade de peixes que nela é cultivado. Aldon & Buendia (1998) observaram que o excesso de alimento nos sistemas de criação de peixe pode causar elevada descarga de nitrogênio e fósforo para os efluentes e corpos d' água receptores. Estes fatores também podem ter contribuído para tornar o ambiente de R2 mais eutrofizado. Como em R1 são cultivadas poucas espécies de peixes e utilizadas pequenas quantidades de rações, provavelmente, este fator não influenciou nos resultados. Macedo (2000) também constatou que em R1 o ambiente é menos eutrófico que em R2. A autora observou valores médios de fósforo total de 12 e 4 µg/L em R1 no período de chuva e seca, respectivamente.

Em R2 foi observada uma concentração média de 154 $\mu\text{g/L}$ no período de chuva. Neste estudo, os valores médios encontrados em R1 foram 30,8 e 9,7 $\mu\text{g/L}$ no período de chuva e seca, respectivamente. Em R2 a concentração média foi 116 $\mu\text{g/L}$ no período de chuva. Os resultados obtidos permitem concluir que os efluentes lançados em R2, assim como o arraçoamento dos peixes cultivados neste viveiro podem ter contribuído para o aumento no grau de trofia do ambiente. A água de R1, usada como fonte de abastecimento apresentou características diferentes de R2. É importante ressaltar que formular dietas com maior digestibilidade e com menor quantidade de nutrientes e efetuar o manejo correto das criações podem contribuir para minimizar tais impactos (Henry-Silva, 2000; Baccarin 2002). Além disso, há a necessidade do tratamento dos efluentes de aquicultura antes de serem lançados nos ambientes aquáticos, evitando-se assim a eutrofização dos corpos d'água receptores. De acordo com estas afirmações, pode-se constatar que existe a possibilidade dos efluentes gerados pela aquicultura promoverem a eutrofização artificial dos ambientes aquáticos.

O crescimento excessivo de indivíduos de uma população de macrófitas aquáticas flutuantes deve-se, geralmente, a dois fatores principais: a falta de herbívoros e ao nível elevado de eutrofização (Esteves, 1998). De fato, as estimativas dos coeficientes de crescimento intrínseco (r_m) nas duas represas podem ter sido influenciadas por estes fatores. As diferenças entre as capacidades suporte nos dois ambientes provavelmente estiveram relacionadas a herbivoria, especialmente por peixes. Esta interferência pode ser observada devido à presença das telas protetoras. Assim, o ganho de biomassa de *S. molesta* nos tratamentos de R1 foram muito semelhantes durante os 231 dias de estudo. Já em R2, o tratamento sem proteção sofreu forte influência da grande quantidade de peixes que são cultivadas. O aumento da biomassa neste tratamento não passou do 86º dia de experimento. Seus valores foram muito inferiores quando comparados ao tratamento com proteção da mesma represa que oscilaram até final do experimento (231º dia). As diferenças no grau de trofia dos dois ambientes também podem ter influenciado nos valores dos coeficientes de crescimento intrínseco de *S. molesta* que foram $\cong 28$ vezes superiores em R2 mais eutrofizada.

O coeficiente de crescimento para o tratamento sem tela de R2 não pode ser estimado, pois este sofreu interferência intensa da ação de peixes. Este coeficiente é característico para cada espécie, podendo variar segundo o ambiente ou as condições experimentais (Odum, 1985). Assim, é possível supor que se não existisse a interferência

dos organismos aquáticos no tratamento sem proteção, este provavelmente se comportaria de forma semelhante ao tratamento com proteção por estarem submetidos às mesmas condições. Desta forma, os coeficientes de crescimento intrínseco foram fixados e assim obteve-se o ajuste da equação logística ao ganho de biomassa de *S. molesta*.

O resultado de correlação linear entre peso fresco e peso seco de *S. molesta* para a obtenção da equação da reta que estima a massa seca dos indivíduos utilizados neste estudo, mostraram que esta relação pode fornecer boa estimativa de crescimento e capacidade de suporte para esta espécie de macrófita aquática. Outros autores também observaram correlações altas entre variáveis biométricas e peso seco. Rubim & Camargo (2001) obtiveram correlações elevadas entre peso seco e número de folhas e a partir destas duas variáveis, estimaram a taxa de crescimento específico e o tempo de duplicação de *S. molesta*.

Vários pesquisadores avaliam o crescimento de *S. molesta* em experimentos de campo e laboratório. Os resultados deste estudo e os obtidos por outros autores para alguns fatores como, densidade, tempo de duplicação (TD dias) e valores de concentrações de N-total, P-total e P-PO₄ apresentam-se na Tabela 8. Junk & Howard – Williams (1984) obtiveram tempo de duplicação reduzido (7,2 dias) para *Salvinia auriculata* no Lago do Castanho (Amazônia Central), que segundo Schimidt (1973) contém concentrações de nitrogênio total entre 0,31 e 2,86 mg/L e de ortofosfatos entre zero e 30 µg/L. Henry-Silva *et al.* (2002) testando o efeito de diferentes concentrações de nutrientes no crescimento de *S. molesta* observaram que esta espécie apresentou crescimento semelhante quando cultivada em condições com maiores ou menores concentrações de nitrogênio e fósforo; entretanto, a densidade foi um dos fatores que interferiu no crescimento. Para uma densidade baixa o tempo de duplicação foi 49,51 dias e, com o aumento da densidade este tempo aumentou para 346,5 dias. Rubim & Camargo (2001) trabalhando em um braço do Rio Preto (Porto Boacica), em Itanhaém S.P., registraram reduzido tempo de duplicação em águas pobres em nutrientes, provavelmente devido à baixa densidade de indivíduos utilizados. O tempo de duplicação reduzido (10,7 a 3,5 dias) obtido por Reddy & De Busk (1985) também foi determinado sob baixas densidades de *Salvinia rotundifolia*. Mitchel & Tur (1975) também observaram que em baixas densidades *S. molesta* apresentou reduzidos tempos de duplicação (8,6 dias).

Tabela 8. Densidade (g.PS / m²), tempo de duplicação (TD - dias), local (C = campo, L = laboratório), concentrações de N e P totais e P-PO₄ para a macrófita aquática do gênero *Salvinia*.

Espécie	D	TD	Local	N-total	P-total	P-PO₄	Autor
<i>S. molesta</i>	Baixa	8,6	C				Mitchel & Tur, 1975
<i>S. molesta</i>	Alta	11,6	C				Mitchel & Tur, 1975
<i>S. molesta</i>		1,4	C	24 mg/L	9 mg/L		Finlayson, 1984
<i>S. molesta</i>	Baixa	3,5 a 7,1	C	< 0,44 mg/L		< 20 ug/L	Rubim & Camargo, 2001
<i>S. molesta</i>	Baixa	49,51	C	0,33 ± 0,05 mg/L	77 ± 24,3 ug/L	11,6 ± 4,1 ug/L	Henry - Silva, et al 2002
<i>S. molesta</i>	Alta	346,5	C	0,19 ± 0,05 mg/L	15,1 ± 7,7 ug/L	28,1 ± 8,4 ug/L	Henry - Silva, et al 2002
<i>S. auriculata</i>		7,2	C	0,31 e 2,86 mg/L		0 e 30 ug/L	Junk & Howard - Williams, 1984
<i>S. auriculata</i>	Baixa	7,2					Saia e Bianchini Junior, 1998
<i>S. rotundifolia</i>	Baixa	10,7 a 3,5	L			3 mg/L	Reddy & De Busk, 1985
<i>S. rotundifolia</i>	Alta	231 a 23,1	L				Reddy & De Busk, 1985
<i>S. molesta</i>	Baixa	26,6	C	0,23 mg/L	24,45 ug/L	6,51 ug/L	Este Estudo
<i>S. molesta</i>	Baixa	0,95	C	0,35 mg/L	114,55 ug/L	6,05 ug/L	Este Estudo

Durante os nove meses deste estudo (231 dias) R1 apresentou um tempo de duplicação de 26,6 dias. Já em R2, o tempo de duplicação reduziu para 0,95 dias. Pôde-se concluir que *S. molesta* cresceu intensamente em ambientes com baixas ou altas concentrações de nutrientes, e que outros fatores podem ser limitantes ao desenvolvimento desta espécie. Nesse contexto, os baixos valores de densidade obtidos nas duas represas podem ter contribuído para tempos de duplicação reduzidos. Quando se compara o tempo de duplicação de R1 com os de outros autores é possível considerá-lo relativamente curto. Entretanto, as elevadas concentrações na água de R2 de nitrogênio ($\cong 1,5$ vez) e principalmente de fósforo totais (4,7 vezes), maiores que em R1, pode ter sido um dos fatores que reduziu o tempo de duplicação para esta espécie em R2 ($\cong 28$ vezes maior que em R1).

A temperatura e a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) são fatores que podem influenciar as taxas de crescimento de macrófitas aquáticas. Temperaturas acima de 30 e abaixo de 15 °C limitam o crescimento de *S. molesta* (Mitchel & Tur, 1975; Usha Rani & Bambie, 1983). Os valores de temperatura da água foram sempre superiores em R2. De acordo com o intervalo de variação de temperatura o menor valor encontrado ao longo do experimento foi 19,5 °C em R1 e o maior valor foi 28,6 °C em R2. Supõe-se que este fator não tenha se constituído em fator limitante ao crescimento de *S. molesta* neste estudo, permitindo os registros de coeficientes de crescimento elevados.

No final do experimento, o teor de nitrogênio (% PS) na biomassa de *S. molesta* em R1 foi semelhante ao início. Para os teores de nitrogênio orgânico total não houve diferenças significativas, apenas um pequeno aumento no final. Para os teores de fósforo total, as concentrações foram significativamente inferiores e diminuíram no final. Em R2 as concentrações finais de nitrogênio total foram significativamente superiores quando comparadas ao início. Também para as concentrações de fósforo total, no final, foram constatadas diferenças significativamente superiores. Essas variações provavelmente estiveram associadas aos estados tróficos das represas (Tucker, 1981; Morris, 1982; Esteves, 1998). No presente estudo os teores de N e P na biomassa de *S. molesta* em R1 foram sempre inferiores que em R2. Os elevados teores de nutrientes na biomassa de *S. molesta* em R2 também pode ser um dos fatores que contribuíram para os elevados coeficientes de crescimento. O aumento obtido no estoque de N e P em *S. molesta* (g PS. m⁻²) em R2 permite concluir que esta espécie, quando manejada de forma adequada, pode

ser utilizada no tratamento de água removendo nutrientes e contribuindo para a atenuação da eutrofização do ambiente aquático.

5 – CONCLUSÕES

- ✓ A Represa 1 utilizada como fonte de abastecimento de todos os sistemas de criação do Caunesp e que não recebe efluentes de aquicultura pôde ser classificada como meso-eutrófica de acordo com as concentração de fósforo total.
- ✓ Na Represa 2 onde foram lançados efluentes de piscicultura e ranicultura sem tratamento houve o aumento das concentrações de nutrientes (principalmente N e P - totais) o que levou este ambiente a ser classificado como hiper-eutrófico de acordo com as concentrações de fósforo. A maior quantidade de nutrientes nesta represa promoveu o maior crescimento de *Salvinia molesta* neste ambiente.
- ✓ A baixa densidade de plantas utilizada no início do experimento foi um dos fatores que influenciaram no crescimento de *S. molesta* que apresentou reduzido tempo de duplicação nas duas represas,
- ✓ Em R2, o tempo de duplicação desta espécie foi \cong 28 vezes menor que em R1 em função da maior quantidade de N e P,
- ✓ Os elevados teores de N e P especialmente na biomassa de R2 permitem inferir que quando manejada de forma adequada, *S. molesta* pode ser utilizada no tratamento de água, pois remove nutrientes (acumulando-os em sua biomassa) e contribuindo para a atenuação da eutrofização do ambiente aquático,
- ✓ A herbivoria limitou fortemente o crescimento de *S. molesta* em R2 por este ser um ambiente povoado com grandes quantidades de peixes.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agami, M. & Reddy, K. R. 1990. Competition for space between *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Pistia stratiotes* L. culture in nutrient-enriched water. *Aquatic Botany*, v. 38 (2-3): p. 195-208.
- Aldon, E. & Buendia, R., 1998. Environment friendly practices in the aquafarm, SEAFDEC. *Asian Aquaculture*, 20 (2): 22 – 27
- Allen, S. E., Grimshaw, H. M., Parkinson, J. A., Quarmby, C. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 565p.
- Baccarin, A. E. 2002. Impacto Ambiental e Parâmetros Zootécnicos da Produção de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sob Diferentes Manejos Alimentares. Jaboticabal, Centro de Aqüicultura, Unesp. P 887. (Tese de Doutorado).
- Bouroche, J. M.; Saporta, G. 1982 *Análise de Dados*. Rio de Janeiro: Ed. Zahar.
- Beardmore, J.A.; Mair, G.C. & Lewis, R.I. 1997. Biodiversity in aquatic systems in relation to aquaculture. *Aquaculture Research*. 28: 829-839.
- Bini, L.M., Thomaz, S.M., Murphy, K.J. & Camargo, A.F.M. 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipú Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, 415: 147-154.
- Boyd, C.E. & Queiroz, J., 1997, Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros para aqüicultura. Trad. Eduardo Ono. Campinas: ASA. Pond Bottom Soil and Water Quality Management for Pond Aquaculture. 55p.
- Brix, H. 1997. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *Water Science Technology*. 35(5): 11-17.
- 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.
- Debusk, W.F. & Reddy, K.R. 1987. Wastewater treatment using floating aquatic macrophytes: contaminant removal process and management strategies. In: REDDY, K.R & SMITH, W.H. (Ed.). Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery. Magnolia Publishing Inc. Florida: 643-656.
- Esteves, F.A., 1980. Die Bedeutung der aquatischen Makrophyten für den Stoffhaushalt des Schöhsees. III Die anorganischen Hauptbestandteile der aquatischen Makrophyten. Gewässer u. Abwasser, 66/67: 29-94.
- Esteves, F.A., 1998. Fundamentos de Limnologia. Ed. Interciências/FINEP. Rio de Janeiro, R. J., 574p.
- Finlayson, C.M. 1984. Growth Rates of *Salvinia molesta* in lake Moondarra, Mount Isa, Austrália. Aquatic Botany, 18: 257-262.
- Golterman, H.L., Clymo, R.S., Ohsntad, M.A.M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 213p. (IBP Handbook, 8).
- Greenway, M. 1997 Nutrient content of wetland plants in constructed wetlands receiving municipal effluent in tropical Australia. Water Science Technology, v. 35, n. 5, p. 135-142.
- Henry-Silva, G. G., & Camargo, A. F. M. 2000 Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidade de uso de suas biomassas. Naturalia. v. 26.
- Henry-Silva, G. G. 2001 Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal. Dissertação (Mestrado) - Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal.

- Henry-Silva, G. G; Camargo, A. F. M. & Pezzato, M. M. 2002. Effect of nutrient concentration on the growth of aquatic macrophytes *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* and *Salvinia molesta*. Proceedings of the 11th EWRS International Symposium on Aquatic Weeds. Moliets et Maâ (France): 147-150.
- Junk, W. J. & Howard-Williams, C. 1984, Ecology of aquatic macrophytes in Amazonia. In: H. Sioli (ed). Dr. W. JUNK Publ. The Amazon-Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin. Dordrecht, Boston, Lancaster, p 269-293.
- Krebs, C. J., 1994 Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance package. Pearson Addison Wesley; 5th edition. P. 816
- Lallana, V. H. 1980. Productividad de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms en una laguna isleña del Rio Paraná Medio. 2. Biomassa y dinámica de población. *Ecologia*, 5: 1-16.
- Macedo, C. F. 2000. Qualidade da água em viveiros de criação de peixes com sistema de fluxo contínuo. Jaboticabal, Centro de Aquicultura, Unesp. (Tese de Doutorado).
- Macintosh, D. & Phillips, M. 1992. Environmental issues in shrimp farming. In: Shrimp 92. 3th Global Conference on the Shrimp Industry, Hong Kong, Proceedings: 118-145.
- Mackereth, F.I.F., Heron, J. & Talling, J. F. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association. London, 121p.
- Margalef, R., 1983. *Limnologia*. Barcelona: Omega, 1010p.
- Mires, D. 1995. Aquaculture and the aquatic environment: mutual impact and preventive management. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 47: 163-172.
- Mitchell, D.S. 1969. The ecology of vascular hydrophytes on Lake Kariba. *Hydrobiologia* 34, 448-64.
- Mitchell, D.S. & Tur, N.M. 1975. The Rate of Growth of *Salvinia molesta* (*S. auriculata* Auct.) in Laboratory and Natural Conditions. *Journal of Applied Ecology*, 12: 213-225.

- Morris, J.T. 1982. A model of growth responses by *Spartina alterniflora* to nitrogen limitation. *Journal Ecology*, 70: 25 – 42.
- Moozhiyil, M. & Pallauf, J. 1986. Chemical composition of the water fern, *Salvinia molesta*, and its potential as feed source for ruminants. *Economic botany* (40) 3. 375 – 383.
- Murphy, K.J.; Robson, T.O.; Arsenovic, M. & Van Der Zwerde, W. 1990. Aquatic weed problems and management in Europe. In: Pieterse, A. H. & Murphy, K.J. (Eds.) *Aquatic Weeds-The ecology and management of nuisance aquatic vegetation*. Oxford University Press, Oxford: 295-317.
- Nusch, E.A 1980. Comparison of different methods for chlorophyll and phalopigments determination. *Arch. Fur. Hidrobiology*, 14: 14-36.
- Odum, E.P. 1985. *Ecologia*. Interamericana, Rio de Janeiro, 434 p.
- Press, W.H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., Flannery, B.P. 1993. *Numerical recipes in C: the art of scientific computing*. Cambridge Univ. Press, New York, 994 p.
- Reddy, K.R. & De Busk, Q.F. 1985. Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. *Journal of Environmental Quality*, 14: 459 – 462.
- 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 Limnologica Brasiliensia*, 13(1): 78-83.
- Saia, F. T.; Bianchini Junior, I. 1998. Modelo do crescimento e senescência de *Salvinia auriculata* em condições de laboratório. In: *Seminário Regional de Ecologia*, 8., 1998, São Carlos. *Anais...* São Carlos: PPG-ERN. UFSCAr, v.3, p. 1331-1342.

- Schimdt, G.W. 1973. Primary production of phytoplankton in three types of Amazonian waters. II: The limnology of a tropical flood-plain lake in Central Amazonia (Lago do Castanho). *Amazoniana*, 4:139-203.
- Statistica. 2000. Version: 5.5. Series: 1000-A-N4. StatSoft®.
- Thomaz, S.M. & Bini, L.M. 1999. A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: um estudo na represa de Itaipu. In: Henry, R. (Ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu. FUNDIBIO/FAPESP: 596-625.
- Tucker, C. S., 1981. The effect of ionic form and level of nitrogen on the growth and composition of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Hydrobiologia*, v. 83, p. 517-522.
- Tundisi, J. G., 2003. A crise da água: eutrofização e suas conseqüências. In. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. J. G. Tundisi (ed.) Rima, IIE, São Carlos. 247p
- Usha Rani, V.U. & Bhambie, S. 1983. A study on the growth of *Salvinia molesta* Mitchell in relation to light and temperature. *Aquatic Botany*, 17 119-124.
- Valenti, W. C. 2000. Aquaculture for sustainable development. In: Valenti, W. C.; Poli, C. R.; Pereira, J. R. Borghetti (2000). *Aqüicultura no Brasil, bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq / Ministério da Ciência e Tecnologia. 399p.
- Vinatea, L.A. 1997. Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões. Trad. Marlene Alano Coelho. Florianópolis. Ed. da UFSC, 166p.
- Westlake, D.F. 1963. Comparison of plant productivity. *Biological Review*, 38: 385-425.
- Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. W. B. Saunders Company, Philadelphia, 743p.
- Wetzel, R.G. 1983. *Limnology*. EUA: W. B. Saunders Company, 743p.
- Zar, J.H. 1999 *Biostatistical analysis*. 4ª Edition. Prentice-Hal Inc. New Jersey, USA.