
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

SARA REGINA DE AMORIM

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA MACRÓFITA
AQUÁTICA FLUTUANTE *Pistia stratiotes* L. EM
DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO**



Rio Claro
2009

SARA REGINA DE AMORIM

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA MACRÓFITA AQUÁTICA
FLUTUANTE *Pistia stratiotes* L. EM DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção dos
graus de bacharel e licenciada em Ciências
Biológicas

Rio Claro
2009

574.5263 Amorim, Sara Regina de
A524a Avaliação do crescimento da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* L. em diferentes concentrações de nitrogênio / Sara Regina de Amorim. - Rio Claro : [s.n.], 2009
45 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura e Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro

Orientador: Antonio Fernando Monteiro Camargo

1. Ecologia aquática. 2. Ecologia de macrófitas aquáticas. 3. Fator limitante. 4. Crescimento. 5. Nitrogênio. I. Título.

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

Dedico esse trabalho a todos que acreditam na construção
de um mundo melhor por meio de nossas ações
e da prática de repensá-las sempre, e que, mesmo
com todas as dificuldades e frustrações desse percurso,
não perdem as esperanças nem se acomodam.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente à minha família, pelo exemplo, pela garra, pela forma como valorizaram e valorizam a formação humana, e pelo sempre presente incentivo aos estudos.

À minha mãe, por ter nos apoiado a sair de casa mesmo num momento tão delicado, para seguir nossos sonhos, segurando todas as barras, e até se anulando em certos momentos para que pudéssemos mesmo segui-los.

A meu pai, que não pôde estar de corpo presente no meu ingresso à Universidade, mas que de certa forma me acompanhou e continua me acompanhando e protegendo.

À minha irmã, por todas as discussões, pelas conversas madrugada afora e pelo exemplo de correr atrás do que quer e fazer dar certo.

Ao Igor, meu namorado, pela paciência em todos os meus momentos de crise nesses anos, pelas conversas intermináveis que me fizeram me conhecer melhor e tornar céu de brigadeiro o que antes era *cumulonimbus*, por agüentar os finais de semana roubados por Rio Claro, pela dedicação que demonstra em tudo o que faz, pelo companheirismo e cumplicidade de todas as horas.

Ao professor Antonio, pela orientação em grande parte de minha graduação, pela paciência nos momentos de correção, sumiço e dúvida, mas principalmente pelos momentos em que demonstra o quão satisfeito fica ao ver nosso entusiasmo pela Ecologia.

Ao técnico Carlos Fernando Sanchez, ou melhor, ao Caquinho, pela disposição, doação e bom humor intermináveis, que tornaram a passagem pela Ecologia muito mais acolhedora.

A todo o pessoal do laboratório e Departamento, Ana, Amarílis, Raquel, Tati, Luciana, Léo, Zé, Karen, Alexandre, Matheus, Gisele, Simone, Cris, cada um a seu modo, pela oportunidade de convivência, amizade, desabafos, compartilhamento e ajuda nos trabalhos, conversas e bagunças ao longo do experimento, churrascos, congresso...

À Fapesp, pela bolsa de iniciação científica concedida, sem a qual não poderia me dedicar a esse trabalho (Processo nº200 8/57342-2).

Às muitas pessoas com quem morei em Rio Claro, especialmente à Jéssica e à Joice (Gordinhas!), que ficarão, com certeza, guardadas pra sempre em meu

coração pela estranheza, pela loucura, pelo empenho, companheirismo e cumplicidade; à mesma Joice, por me fazer pensar muito mais nas questões educacionais e o quanto elas se ligam a todo o resto; à Thaty, pela extrema meiguice de todas as horas; à Flavinha, pelos vários anos de convivência, choros, conversas de trabalho (Viva o proletariado!); à acolhedora Katita de meus primeiros dois anos na Cidade Azul, pela influência em meu círculo de amizades dentro dessa bolha que chamados de Universidade; ao Thiago e ao Gui, por agüentar tanta mulher junta!

Ao xadrez, por proporcionar minha primeira descoberta do mundo além família, portões da escola e limites de município, e por me ajudar a entender a importância de se pensar muito bem nas conseqüências de cada ato antes de executá-lo.

A todos do Cursinho Comunitário ATHO pelas muitas discussões educacionais madrugada adentro, aos que acreditam na práxis como forma de mudar a atual realidade, ou que de algum jeito ainda acreditam na humanidade, e que me mostraram inúmeras facetas de querer ser útil de alguma forma.

À Michele, pelas conversas existenciais durante as muitas idas e vindas Sorocaba - Rio Claro, principalmente às do início desse ano de tantos questionamentos, que me foram muito preciosas. Ao Daniel, pela esperança, simplicidade e sensibilidade que confortam. Ao Wagner, por me ajudar a enxergar a importância de conviver com o 5º CBN como um todo. Enfim, aos agregados e a todo o CBN 2005, mesmo com todas as discussões ao longo desses cinco anos, por me propiciar o difícil exercício de conviver com o diferente, e aprender a admirar as distintas qualidades de cada um, mesmo com tanta divergência no modo de pensar.

Ao professor Beto, meu primeiro orientador, pelas conversas, regadas à naftalina, sobre as incertezas da faculdade.

Ao IBGE, por me permitir rever o mundo real depois de tanto tempo vivendo na bolha.

Aos professores Maria Rosa, Leila, Reinaldo, Marquinhos e Gustavo, que fizeram a diferença, cada um a seu modo.

Enfim, a todas as pessoas e coisas que, de alguma forma, estiveram presentes em minha jornada e me possibilitaram sofrer as várias metamorfoses ao longo da vida.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	06
1. INTRODUÇÃO.....	07
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1. Delineamento Experimental.....	10
2.2. Variáveis da água e absorção de nutrientes.....	14
2.3. Crescimento de <i>P. stratiotes</i>	14
2.4. Teores de nitrogênio, fósforo e clorofilas a e b na biomassa.....	16
2.5. Análises estatísticas e gráficas.....	16
3. RESULTADOS.....	17
3.1. Variáveis da água e absorção de nutrientes.....	17
3.2. Regressão linear massa fresca/massa seca.....	19
3.3. Crescimento de <i>P. stratiotes</i>	20
3.4. Teores de nitrogênio, fósforo e clorofila a e b na biomassa.....	24
4. DISCUSSÃO.....	28
5. CONCLUSÃO.....	28
6. REFERÊNCIAS.....	28
7. APÊNDICE.....	38
7.1. Tabelas de valores brutos do experimento.....	38

RESUMO

A disponibilidade de nutrientes é um dos fatores que controla a produção primária dos ecossistemas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da concentração de nitrato (N-NO_3) no crescimento da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes*. Um experimento com delineamento totalmente casualizado foi realizado em laboratório, consistindo de três réplicas e cinco tratamentos: (1) sem adição de nitrato; (2) $196\mu\text{g.L}^{-1}$, (3) $490\mu\text{g.L}^{-1}$, (4) $980\mu\text{g.L}^{-1}$ e (5) $1960\mu\text{g.L}^{-1}$. Em intervalos de sete dias, durante 70 dias, foi obtida a massa fresca de *P. stratiotes*. A massa fresca foi transformada em massa seca, e a esses valores aplicou-se o modelo de crescimento logístico. Também foram analisados o diâmetro de roseta, o número de indivíduos, o volume de raiz, a absorção de N-NO_3 e P-PO_4 por *P. stratiotes* e os teores de nitrogênio, fósforo e clorofila *a* e *b* da biomassa. Os valores médios de capacidade suporte (*K*) encontrados foram: (1) $220,9 \text{ gMS.m}^{-2}$; (2) $262,8 \text{ gMS.m}^{-2}$; (3) $288,3 \text{ gMS.m}^{-2}$; (4) $356,9 \text{ gMS.m}^{-2}$; e (5) $394,6 \text{ gMS.m}^{-2}$. Os resultados indicam que a relação entre concentração de nitrato e *K* é uma hipérbole que apresenta *K* como valor assintótico. Conclui-se que o aumento da disponibilidade de nitrato promove o aumento no crescimento desta espécie. Conclui-se também que *P. stratiotes* apresenta consumo de luxúria de nitrogênio e que a maior disponibilidade de nitrogênio promove o aumento do número de indivíduos e do diâmetro da roseta e a diminuição da relação volume de raiz/biomassa do indivíduo.

Palavras-chave: *Pistia stratiotes*, macrófitas aquáticas, fator limitante, crescimento, disponibilidade de nutrientes, nitrogênio.

1. INTRODUÇÃO

A comunidade de macrófitas aquáticas é um importante componente dos ecossistemas aquáticos continentais. Ela contribui para a cadeia detritívora e de herbivoria de muitos animais, além de servir como substrato de refúgio, auxiliar a estabilização das margens e poder se associar a bactérias fixadoras de nitrogênio, desenvolvendo um importante papel na produção de nitrogênio assimilável (ESTEVES, 1998). Nos ecossistemas aquáticos tropicais sul-americanos, aproximadamente 95% da biomassa total pode se concentrar nessas plantas, possibilitando que muitas redes tróficas tenham início particularmente em seu detrito (POMPÊO e MOCHINI-CARLOS, 2003). Além disso, algumas espécies podem ser exploradas no controle da eutrofização artificial, por apresentarem elevada capacidade de assimilar e estocar nutrientes (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2002; TILLEY *et al.*, 2002).

A produção primária da comunidade de macrófitas é controlada por uma série de fatores limitantes, dentre os quais a concentração de nutrientes, temperatura, velocidade de corrente, radiação fotossinteticamente ativa, variação do nível de água e disponibilidade de carbono inorgânico (CAMARGO *et al.*, 2003). O nitrogênio é um nutriente importante para o metabolismo dos ecossistemas, participando na formação de proteínas, componente básico da biomassa (FAÇANHA *et al.*, 2008). Além disso, é essencial na composição de moléculas que atuam em processos metabólicos (BIUDES e CAMARGO, 2008). A importância desse elemento pode ser responsável por limitar o crescimento de macrófitas aquáticas quando presente em baixas concentrações. Henry-Silva *et al.* (2002) constataram menores ganhos de peso em *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* quando estas são cultivadas em águas com baixas concentrações de nitrogênio e fósforo.

Pistia stratiotes, popularmente conhecida como alface d'água, é uma espécie herbácea aquática flutuante livre, de 15 a 20 cm de altura, perene, com folhas aveludadas, formando rosetas com raízes pendentes. Pertencente à família Araceae, é originária da América Tropical (POTT e POTT, 2000; LORENZI e SOUZA, 2001) e tem ampla ocorrência nas regiões tropical e subtropical (HOLM *et al.*, 1970; COOK *et al.*, 1974). É uma espécie que não tolera baixas temperaturas, e quando presente em mananciais poluídos localizados em regiões quentes, geralmente escapa ao controle e torna-se uma planta daninha. Sua multiplicação é facilitada pela

separação das mudas que se formam na extremidade de estolões (LORENZI e SOUZA, 2001).

A eutrofização dos ecossistemas aquáticos resulta da liberação de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio, compostos estimuladores desse processo. A eutrofização artificial, ocasionada pela ação humana, acelera o processo de liberação de nutrientes na água, provocando a deterioração dos ecossistemas aquáticos (TUNDISI, 2003). Como resultado, tem-se a produção de mais matéria orgânica do que se pode consumir e decompor, provocando profundas mudanças no metabolismo desse ambiente (ESTEVES, 1998). O único grupo de macrófitas aquáticas que tem seu crescimento favorecido com a eutrofização artificial é o das flutuantes livres (ESTEVES, 1998), sendo esse o fator que ocasiona seu crescimento excessivo e indesejável em ambientes como represas e lagos que já foram impactados de alguma forma pelas atividades humanas. Esse crescimento excessivo inviabiliza os usos múltiplos dos corpos d'água, dificultando a navegação, a geração de energia elétrica, a captação de água e a atividade pesqueira, entre outros (LOPES-FERREIRA, 2000; THOMAZ *et al.*, 1999; TANAKA, 1998), fazendo com que várias espécies desse grupo sejam classificadas como pragas. As principais macrófitas aquáticas consideradas como praga são *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia molesta* (CAMARGO *et al.*, 2003).

O estudo da ecologia dos diferentes grupos de macrófitas aquáticas é importante para entender aspectos que determinam sua distribuição e de parte da dinâmica dos ecossistemas aquáticos, informações valiosas na preservação e manejo (CAMARGO *et al.*, 2003; THOMAZ *et al.*, 2003). Além disso, as macrófitas aquáticas flutuantes livres, em especial, apresentam potencial para o emprego no tratamento de efluentes, por apresentarem grande capacidade de retirar substâncias da coluna d'água. Esse potencial poderia ser melhor aproveitado entendendo a resposta desse grupo de vegetais às diferentes concentrações de nutrientes. Sua aplicação no tratamento de efluentes pode aumentar a eficiência de processos já utilizados, ou mesmo substituí-los, dependendo do caso (ELIAS *et al.*, 2001; SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 2002; CAMERON *et al.*, 2003; ROUSSEAU *et al.*, 2004; LIN *et al.*, 2005).

Atualmente, são poucos os estudos disponíveis a respeito da influência da disponibilidade de nutrientes no crescimento de macrófitas aquáticas. Nesse contexto, são necessários novos trabalhos sobre o tema, inclusive com a realização

de estudos experimentais nos quais se controlem as variáveis para a compreensão da influência de cada uma delas no crescimento de espécies de macrófitas aquáticas.

Assim, o atual estudo tem como objetivo principal verificar, experimentalmente, o efeito de diferentes concentrações de nitrogênio no crescimento da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes*. Ele testa as hipóteses de que quanto maior a disponibilidade de nitrogênio na forma de nitrato (N-NO₃) maior o crescimento dessa espécie; *P. stratiotes* não cresce em baixas concentrações de nitrogênio; e *P. stratiotes* apresenta consumo de luxúria de nitrogênio. Assim, avaliaram-se as concentrações de nitrogênio nas quais *P. stratiotes* apresenta seu maior crescimento; verificaram-se as taxas de crescimento e capacidade suporte de *P. stratiotes* nas diferentes concentrações de nitrogênio, mantendo constantes os demais nutrientes; e determinaram-se os teores de nitrogênio nas partes aérea e submersa de *P. stratiotes* com o objetivo de verificar o principal local de estocagem deste nutriente na biomassa vegetal da espécie.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Delineamento Experimental

Os indivíduos de *P. stratiotes* foram coletados no rio Mineiros, pertencente à bacia hidrográfica do rio Itanhaém, litoral sul do Estado de São Paulo. Estes foram selecionados ainda em campo e em laboratório, de modo que todos apresentassem tamanho e aparência semelhantes. Essas plantas foram cultivadas em caixas plásticas (unidade experimental) contendo solução nutritiva, medindo 42 cm x 31 cm x 25 cm de profundidade, totalizando um volume aproximado de 30L. Como fonte de nutrientes foi utilizada a solução de Hoagland modificada (HOAGLAND e ARNON, 1950) a 1% (Tabelas 1, 2 e 3), e dela realizadas diluições apenas na concentração de nitrogênio fornecida na forma de nitrato, mantendo constante a concentração dos demais nutrientes. Foram preparadas separadamente as soluções estoque de cada nutriente, de onde era utilizada apenas uma fração que alcançasse a concentração desejada em 15L de solução nutritiva, volume este completado com água de torneira.

Tabela 1. Concentração de sais (g.L^{-1}) na solução de Hoagland modificada 1%.

Sais	Concentração (g/L)	Volume da solução estoque a ser usada (mL de solução estoque/L de água)
NH_2PO_4	1,3608	1
KNO_3	1,011	6
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,6409	4
MgSO_4	1,2038	2
Fe-EDTA	0,05	1
Micronutrientes	*	1

Tabela 2. Concentração de micronutrientes (mg.L^{-1}) na solução de Hoagland modificada 1%.

*Micronutrientes	Concentração
H_3BO_3	26,8
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	18,1
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2,2
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,08
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,02

Tabela 3. Concentração de cada elemento ($\mu\text{g.L}^{-1}$) disponível na solução de Hoagland modificada 1%.

Elementos	Concentração
N	1959,6
P	309,6
K	2740
Ca	1602
Mg	1095,4
S	639,6
Fe	50
Cl	6,49
Mn	5,03
Zn	0,56
Cu	0,2
B	4,69
Mo	0,08

O experimento foi constituído de quinze unidades experimentais localizadas dentro da casa de vegetação do Laboratório de Ecologia Aquática da Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de Rio Claro, e realizado entre 14 de janeiro e 25 de março de 2009, totalizando 70 dias.

O efeito de diferentes concentrações de nitrogênio no crescimento de *P. stratiotes* foi verificado a partir de cinco diferentes tratamentos divergindo na disponibilidade de N-nitrato. Cada tratamento foi representado por três réplicas, distribuídas de forma aleatorizada dentro da casa de vegetação. As concentrações de nitrogênio testadas foram:

- Tratamento I: sem adição de N-nitrato;
- Tratamento II: adição de $196\mu\text{g.L}^{-1}$ de N-nitrato;
- Tratamento III: adição de $490\mu\text{g.L}^{-1}$ de N-nitrato;
- Tratamento IV: adição de $980\mu\text{g.L}^{-1}$ de N-nitrato;
- Tratamento V: adição de $1960\mu\text{g.L}^{-1}$ de N-nitrato.

Para compensar a não adição de Ca e K no Tratamento I por meio dos sais $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e KNO_3 por estes conterem N- NO_3 , foram utilizados os sais de cloreto de cálcio (CaCl_2) e cloreto de potássio (KCl) até atingir a concentração necessária dos elementos citados.

As soluções nutritivas foram substituídas a cada sete dias, sempre às quartas-feiras no período da manhã. Foram adicionados nutrientes mais duas vezes durante a semana (Tabelas 4 e 5), às tardes de sexta-feira e às manhãs de segunda-feira, de forma a tentar manter a solução nutritiva com sua concentração de nutrientes

constante.

Tabela 4. Concentração de cada elemento ($\mu\text{g.L}^{-1}$) reposta às sextas e segundas-feiras, excetuando-se o nitrogênio.

Elementos	Concentração
P	154,8
K	1370
Ca	801
Mg	547,57
S	319,8
Fe	25
Cl	3,25
Mn	2,02
Zn	0,28
Cu	0,1
B	2,35
Mo	0,04

Tabela 5. Concentração de N-nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) reposta às sextas e segundas-feiras em cada tratamento.

Tratamento	Reposição
I	-
II	98
III	245
IV	490
V	980

Os indivíduos de *P. stratiotes* foram separados entre as unidades experimentais de modo a cada uma comportar quantidades semelhantes de vegetais ao início do experimento. Foram utilizados cerca de cinco indivíduos por unidade experimental, somando aproximadamente 220g de massa fresca, ou cerca de 90 gMS.m^{-2} .



Figura 1. Fotografia de *P. stratiotes*



Figura 2. Esquema de *P. stratiotes*.



Figura 3. Disposição das unidades experimentais na casa de vegetação.



Figura 4. Disposição dos indivíduos de *P. stratiotes* nas unidades experimentais.

2.2. Variáveis da água e absorção de nutrientes

Ao final de cada semana, foram coletadas amostras de solução nutritiva restante nas caixas para se determinar os teores de O₂ dissolvido pelo método de Winkler (Golterman *et al.*, 1978), N-Nitrato (N-NO₃) pelo método de Mackereth *et al.* (1978), N-Nitrito (N-NO₂) segundo método descrito em Stricklands e Parsons, (1960), N-Amônia (N-NH₄) segundo Koroleff (1976) e P-Ortofosfato (P-PO₄) segundo método descrito em Golterman *et al.* (1978). O aparelho Water Quality Checker, marca Horiba, modelo U-10, foi utilizado para as medidas de pH, temperatura, turbidez e condutividade elétrica. Também se coletaram amostras de água da torneira nos dias em que esta foi utilizada para preencher o volume das unidades experimentais, e semanalmente, foi medido o volume de solução nutritiva restante nas caixas. Esses cuidados foram tomados com o propósito de se calcular corretamente a absorção de nutrientes pelos vegetais a partir das concentrações reais de nutrientes encontrados ao início e final de cada semana.

Amostras de água do rio Mineiros foram recolhidas no período de coleta dos indivíduos de *P. stratiotes* usados no experimento, para que suas características pudessem ser analisadas e comparadas às do experimento. Também foram observadas as concentrações de N-NO₃, N-NO₂, N-NH₃ e P-PO₄ da água deste rio em quatro períodos do ano anterior (2008) para obter possíveis variações na concentração destes nutrientes em ambiente natural.

A taxa de absorção ($\mu\text{g.L}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) de N-nitrato e P-ortofosfato foi obtida segundo a equação:

$$A = (x_1 - x_2) / (t_2 - t_1),$$

Em que: A = taxa de absorção; x_1 = concentração de N-NO₃ ou P-PO₄ da água no tempo t_1 ($\mu\text{g.L}^{-1}$); x_2 = concentração de N-NO₃ ou P-PO₄ na água no tempo t_2 ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

2.3. Crescimento de *P. stratiotes*

Semanalmente, os vegetais foram removidos para a determinação de sua biomassa fresca e, posteriormente, devolvidos às suas respectivas unidades experimentais. Antes de efetuar a pesagem dos mesmos, o excesso de água retido

nas raízes foi retirado, deixando a água escorrer por cerca de cinco minutos. Nesse mesmo momento, foram medidos o número total de indivíduos por unidade experimental, o diâmetro da roseta (cm) de todos os indivíduos e o volume total de raiz (cm³) de cada unidade experimental. Os valores de volume total de raiz foram transformados em volume por metro quadrado (cm³.m⁻²), e para possibilitar a comparação com outros trabalhos, foi calculada a razão entre o volume total de raiz e a biomassa total de *P. stratiotes* por unidade experimental.

Os valores de massa fresca foram transformados em unidade de massa seca por área (gMS.m⁻²) para possibilitar a comparação dos resultados obtidos nesse trabalho com os resultados de outros estudos.

A massa seca das macrófitas aquáticas foi estimada a partir da equação de regressão linear simples entre a massa fresca e a massa seca de indivíduos coletados no rio Mineiros, no mesmo período em que os utilizados nas unidades experimentais. Para tanto, os indivíduos foram pesados e separados em grupos de diferentes massas, que foram colocados em sacos de papel dentro de estufa para secar até atingir massa constante. A partir do momento em que se notou que as plantas atingiram massa constante, todos os grupos de indivíduos foram pesados novamente, e os dados de massa inicial e final foram usados para a confecção da regressão.

Aos dados de biomassa total de cada um dos tratamentos foi ajustado um modelo de crescimento logístico através da parametrização por meio da equação (Krebs, 1994):

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

Em que: N_t = biomassa (g MS.m⁻²); t = tempo (dias de experimento); K = capacidade suporte (máximo valor de N) (g/L); e = 2,71828 (base dos logaritmos naturais); a = constante de integração que define a posição da curva na origem; e r_m = coeficiente de crescimento intrínseco. Os coeficientes de crescimento intrínseco (r_m) e a capacidade suporte (K) foram estimados a partir dos ajustes das variações temporais de biomassa no modelo sigmóide, efetuados através de regressões não lineares, calculadas pelo algoritmo iterativo de Levenberg-Marquardt (PRESS *et al.*, 1993). As curvas de crescimento geradas nesse processo foram usadas para analisar o aumento de biomassa das plantas de cada tratamento ao longo do tempo.

2.4. Teores de nitrogênio, fósforo e clorofilas *a* e *b* na biomassa

A análise dos teores de nitrogênio e fósforo na biomassa aérea e submersa de *P. stratiotes* foi realizada ao início e ao final do experimento, e seguiram, respectivamente, o método de determinação Kjeldahl proposto por Allen *et al.* (1974) e o método descrito por Esteves (1980). Antes da análise química, o material vegetal coletado foi limpo por meio de sucessivas lavagens, visando à remoção de perifíton, detritos orgânicos e partículas inorgânicas associadas. Após esses procedimentos, o material foi seco em estufa a 60°C até atingir massa constante, e triturado em moinho. A análise de clorofila ocorreu somente ao final do experimento, incentivada pela observação da coloração das plantas nos diferentes tratamentos ao longo do tempo, e seguiu o método descrito por Vollenweider (1974).

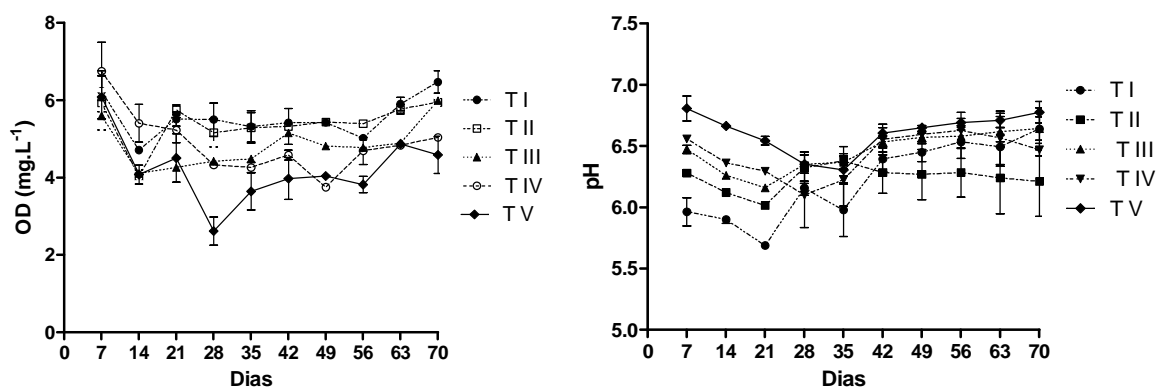
2.5. Análises estatísticas e gráficas

Com o objetivo de se comparar o aumento da biomassa de *P. stratiotes* nos diferentes tratamentos, foi aplicada a Análise de Variância com medidas repetidas (ANOVA-rm) e a posteriori o teste de Tukey (Zar, 1999). À produção de biomassa, biomassa final e aos teores de nitrogênio e fósforo nas biomassas aérea e submersa e de clorofila *a* e *b* foi aplicada a ANOVA One-way, e a posteriori também foi utilizado o teste de Tukey (Zar, 1999). O nível de significância considerado para todos os testes foi de 0,05. O programa estatístico utilizado foi o STATISTICA for Windows (Stat Soft, Inc. 2000, serial number: ax 103b150729fa). O programa GraphPad Prism 5.0 (GPW5-066646-RCG7389) foi utilizado para a elaboração dos gráficos.

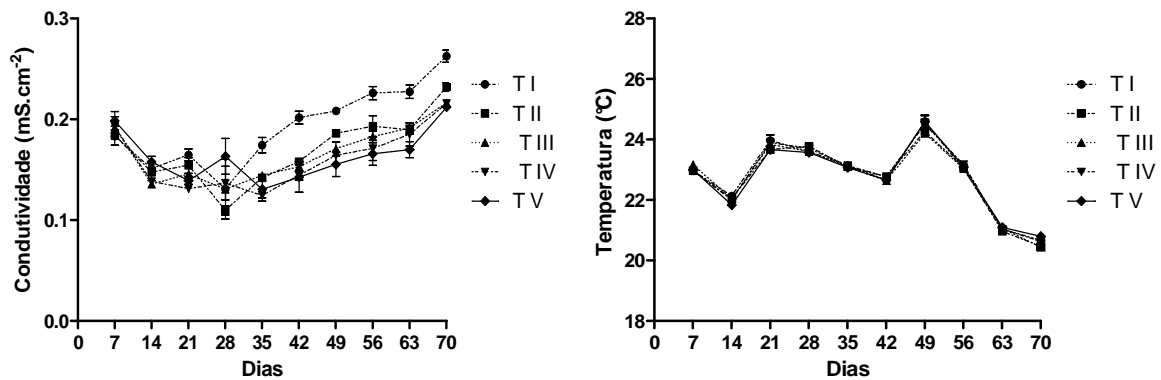
3. RESULTADOS

3.1. Variáveis da água e absorção de nutrientes

Os menores valores médios de oxigênio dissolvido foram observados no Tratamento V (Figura 5). Os maiores valores de pH também ocorreram nesse tratamento, enquanto os menores ocorreram no Tratamento I. Todos os tratamentos apresentam decréscimo de valores de pH nas primeiras semanas de experimento (Figura 6). Os tratamentos sofreram decréscimo da condutividade no início do experimento, e os valores dessa mesma variável passou a aumentar a partir dos dias 28 e 35, seguindo um padrão semelhante ao do pH no início do experimento, e se diferenciando pelo fato do pH praticamente se estabilizar a partir do 42º dia, enquanto a condutividade mostrou-se mais elevada a cada semana. A partir do 35º dia, há maior diferenciação da condutividade do Tratamento I em relação aos demais tratamentos, apresentando os maiores valores até o final do experimento (Figura 7). A temperatura da água variou ao longo do experimento, entre 20,3°C (70º dia) e 25°C (49º dia), sem diferenças relevantes entre os tratamentos (Figura 8).



Figuras 5-6. Variação semanal das variáveis oxigênio dissolvido (mg.l^{-1}) e pH em cada tratamento ao longo do experimento.



Figuras 7-8. Variação semanal das variáveis condutividade elétrica ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-2}$) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) em cada tratamento ao longo do experimento.

A absorção de N-NO_3 pelos vegetais foi intensa ao longo dos 70 dias de experimento (Figura 9), sendo absorvido praticamente todo o nitrogênio disponível em cada um dos tratamentos (Tabela 6). Do mesmo modo ocorreu com o P-PO_4 até o 35 $^{\circ}$ dia de experimento, com a absorção de cerca de $94\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ de P-PO_4 de um total disponível de $96,2\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$. Entretanto, a partir do 42 $^{\circ}$ dia, o Tratamento I apresentou queda na absorção total de P-PO_4 , evento também ocorrido com o Tratamento II a partir do 56 $^{\circ}$ dia. Os Tratamentos III e IV, por sua vez, sofreram redução na absorção de P-PO_4 a partir das análises da última coleta de água, no 70 $^{\circ}$ dia. O Tratamento I atingiu seu mínimo de absorção de P-PO_4 no 56 $^{\circ}$ dia, e voltou a absorver maiores quantidades de P-PO_4 a partir do 63 $^{\circ}$ dia (Figura 10).

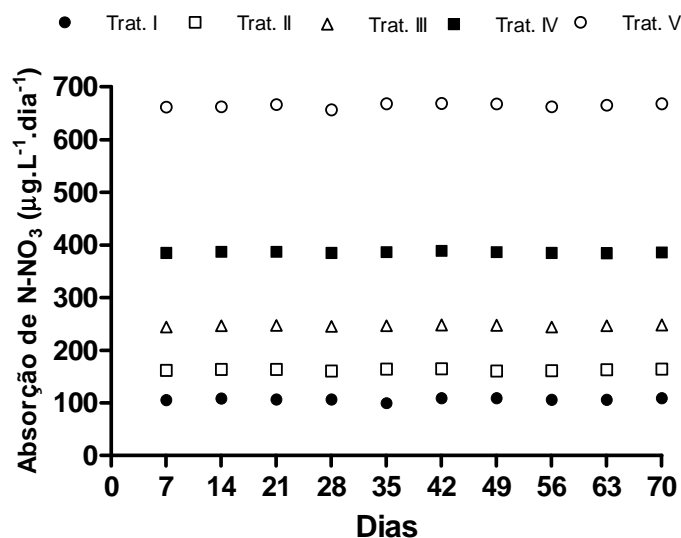
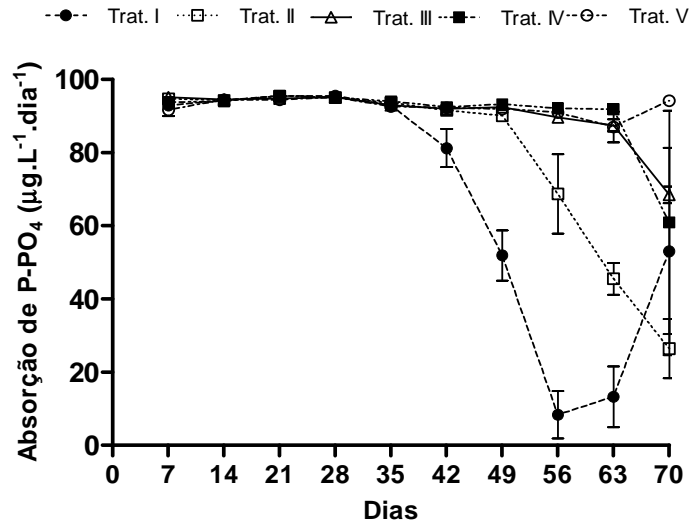


Figura 9. Taxa de absorção de N-NO_3 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) dos diferentes tratamentos.

Tabela 6. Disponibilidade e absorção médias de N-NO₃ (µg.L⁻¹.dia⁻¹).

	Trat. I	Trat. II	Trat. III	Trat. IV	Trat. V
Disponibilidade	108,5	164,5	248,5	388,5	668,5
Absorção média	106,4	162,7	246,5	386,0	664,9

**Figura 10.** Taxa de absorção de P-PO₄ (µg.L⁻¹.dia⁻¹) dos diferentes tratamentos.

As concentrações de N-NO₃, N-NO₂, N-NH₃ e P-PO₄ da água do rio Mineiros em diferentes períodos do ano e no período de coleta dos indivíduos de *P. stratiotes* são destacadas na Tabela 7.

Tabela 7. Concentrações de N-NO₃, N-NO₂, N-NH₃ e P-PO₄ (µg.L⁻¹) do rio Mineiros em diferentes períodos do ano e no período de coleta dos indivíduos de *P. stratiotes* (janeiro/2009).

Data	N-NO ₃		N-NO ₂		N-NH ₃		P-PO ₄	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
mar/08	131,70	10,48	5,05	1,59	<5*	-	11,26	3,07
mai/08	67,24	3,69	<5*	-	<5*	-	<5*	-
ago/08	111,20	18,17	<5*	-	<5*	-	7,19	2,41
nov/08	86,14	7,56	12,41	2,38	12,41	0,70	14,37	3,12
jan/09	69,66	6,10	<5*	-	<5*	-	8,33	2,48

* concentrações menores que 5µg.L⁻¹ não são detectáveis pelo método utilizado.

3.2. Regressão linear massa fresca/massa seca

O gráfico de regressão linear simples confeccionado a partir dos dados de biomassa fresca e seca de plantas coletadas no Rio Mineiros em janeiro de 2009 é apresentado na Figura 11.

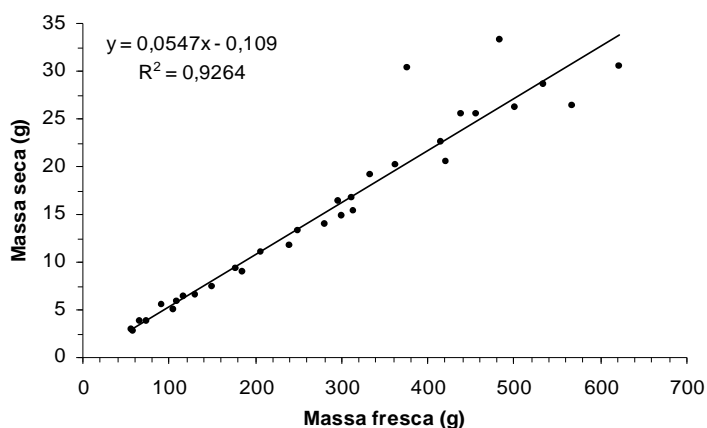


Figura 11. Regressão linear entre massa fresca e massa seca das plantas coletadas no rio Mineiros em janeiro de 2009. No canto superior esquerdo, encontra-se a equação para estimar a massa seca ao longo do experimento, $MS=0,0547*MF-0,109$, sendo MS = massa seca (g) e MF = massa fresca (g).

3.3. Crescimento de *P. stratiotes*

A ANOVA-rm confirmou a existência de diferenças significativas de biomassa seca entre os tratamentos e ao longo do tempo ($p \leq 0,05$). A partir do 35º dia, é mais evidente a diferença no crescimento de *P. stratiotes* entre os tratamentos (Figura 12).

A massa dos Tratamentos I e IV diferiu significativamente nos dias 49, 63 e 70; dos Tratamentos I e V a partir do 42º dia; dos Tratamentos II e IV no 70º dia; dos Tratamentos II e V a partir do 49º dia; e dos Tratamentos III e V, nos dias 56 e 70. O Teste de Tukey evidenciou a ausência de diferença significativa na biomassa de cada tratamento a partir dos dias 28 (I), 42 (II), 49 (III) e 56 (IV e V). No 70º dia de experimento, a massa seca oscilou em torno de 211 gMS.m⁻² no Tratamento I, 244 gMS.m⁻² no Tratamento II, 272 gMS.m⁻² no Tratamento III, 330 gMS.m⁻² no Tratamento IV e 369 gMS.m⁻² no Tratamento V.

A capacidade suporte aumentou na medida em que foi oferecida uma maior quantidade de nitrogênio às plantas, atingindo seu máximo valor no Tratamento V (394,6gMS.m⁻²). Os tratamentos apresentaram valores semelhantes de coeficiente de crescimento intrínseco (r_m) (0,054 a 0,058), com exceção do Tratamento I, com valor mais elevado que os demais (0,070). A Análise de Variância One-way indicou a ocorrência de diferença significativa no ganho de massa entre os tratamentos ($p \leq 0,05$). O teste de Tukey confirmou que o ganho de massa dos tratamentos só não apresentou diferenças significativas entre o Tratamento I e II e os Tratamentos II e III (Tabela 8).

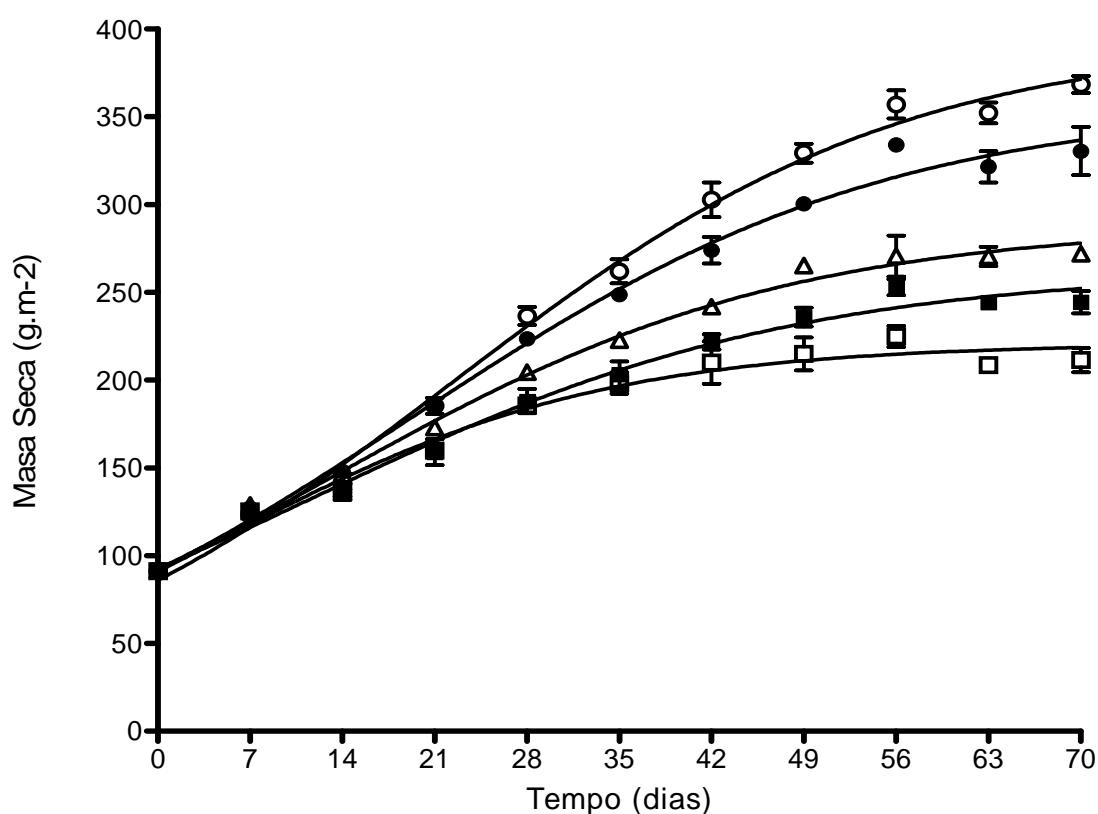


Figura 12. Valores de biomassa (gMS.m^{-2}) encontrados semanalmente. □ = Tratamento I; ■ = Tratamento II; △ = Tratamento III; ● = Tratamento IV; ○ = Tratamento V.

Tabela 8. Médias e desvios padrão da capacidade suporte (K), coeficiente de crescimento intrínseco (r_m) e ganho de massa encontrados ao final do experimento para cada um dos tratamentos (gMS.m^{-2}).

Tratamento	K	r_m	Ganho de massa
I	$220,9 \pm 4,549$	$0,070 \pm 0,008$	$120,28 \pm 13,04$ (d)
II	$262,8 \pm 6,669$	$0,054 \pm 0,005$	$152,54 \pm 10,68$ (c, d)
III	$288,8 \pm 5,466$	$0,058 \pm 0,004$	$180,64 \pm 4,38$ (c)
IV	$356,9 \pm 8,601$	$0,055 \pm 0,004$	$238,92 \pm 23,67$ (b)
V	$394,6 \pm 8,546$	$0,058 \pm 0,003$	$277,39 \pm 8,77$ (a)

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

O número de indivíduos por unidade experimental aumentou gradativamente ao longo do experimento até o 42º dia, a partir do qual houve diminuição ou estagnação da taxa de aumento do número de indivíduos. O maior número de indivíduos foi observado no Tratamento V em praticamente toda a duração do experimento. Os Tratamentos I e II exibiram número semelhante de indivíduos ao longo de todo o experimento. Estes também foram os menores, excetuando-se o período anterior ao 14º dia, no qual ainda não havia a diferença relevante entre os

tratamentos (Figura 13).

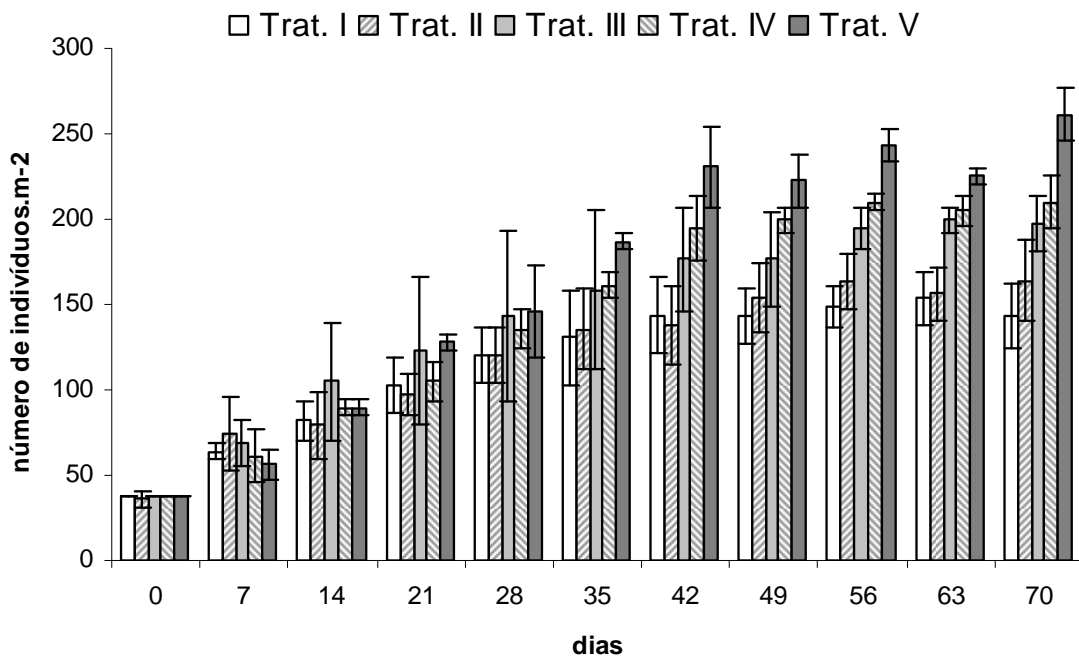


Figura 13. Número de indivíduos.m⁻² nos diferentes tratamentos em cada semana.

Até o 49º dia, não foi possível identificar um padrão claro entre o diâmetro da roseta e as diferentes concentrações de nitrogênio. A partir do 56º dia, observou-se um padrão no qual os tratamentos com maiores concentrações de nitrogênio apresentaram indivíduos com maiores diâmetros de roseta (Figura 14).

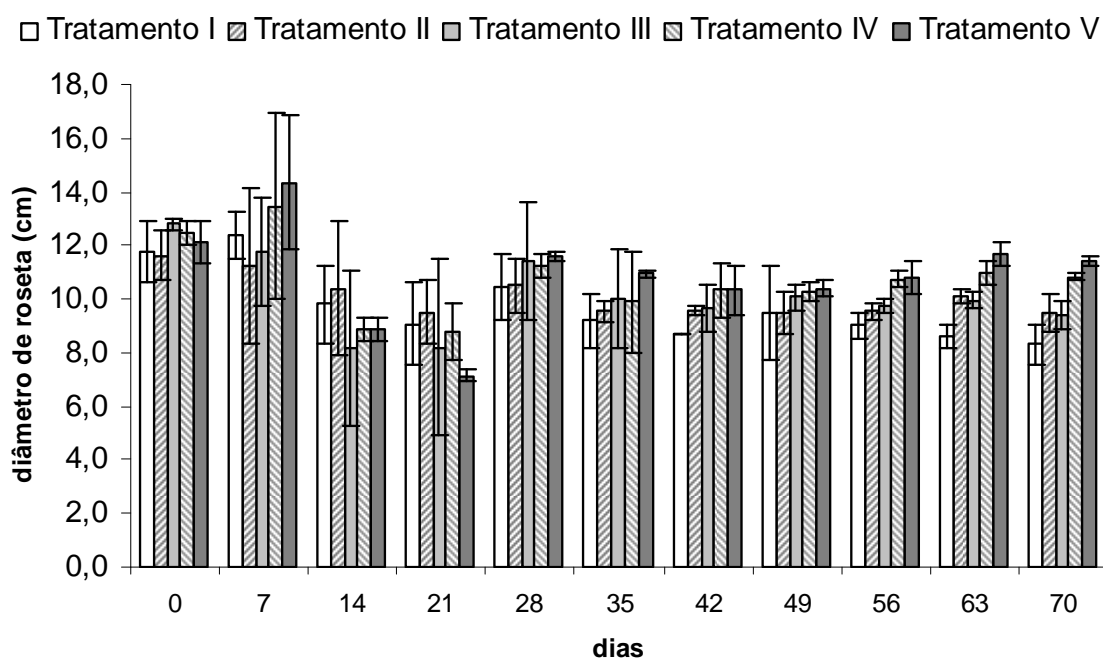


Figura 14. Diâmetro de roseta (cm) por unidade experimental de indivíduos de *P. stratiotes* em cada tratamento.

Ao longo da primeira semana de experimento, constatou-se uma grande perda de raízes em todos os tratamentos, que se soltaram dos vegetais e entraram em decomposição. O volume total de raiz foi quantificado a partir do 7º dia de experimento. Nas primeiras medidas, os tratamentos apresentaram volume de raiz semelhantes. A partir do 35º dia, o volume total de raiz começou a mostrar-se crescente em relação à disponibilidade de nitrogênio (Figura 15). Ao relacionar tais dados com a biomassa total de cada unidade experimental, nota-se que essa razão é maior nos tratamentos com menor disponibilidade de nitrogênio (Figura 16).

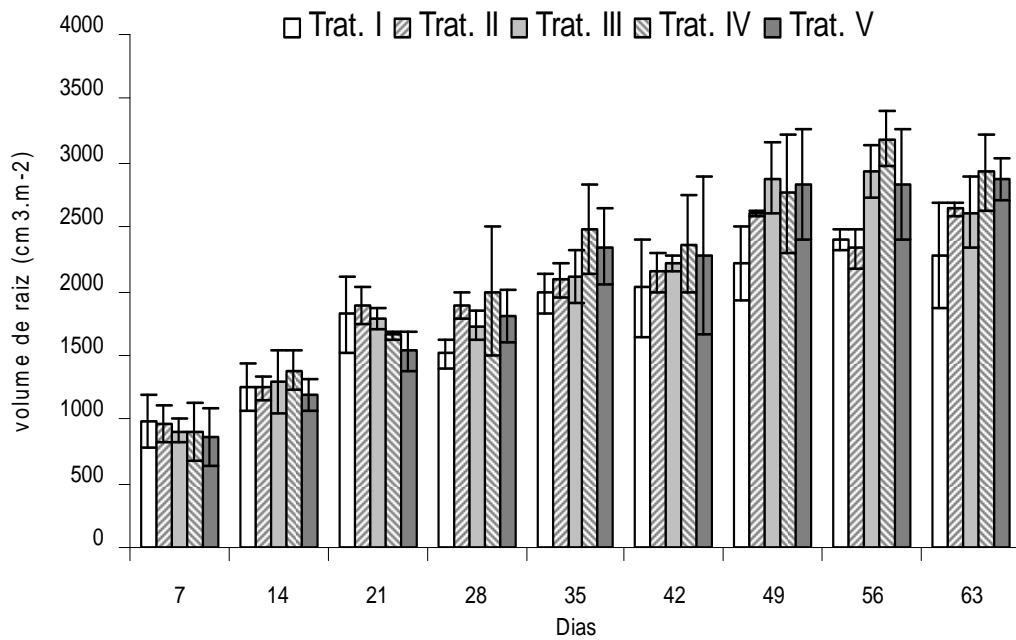


Figura 15. Variação semanal do volume total de raiz ($\text{cm}^3.\text{m}^{-2}$) de *P. stratiotes* em cada tratamento.

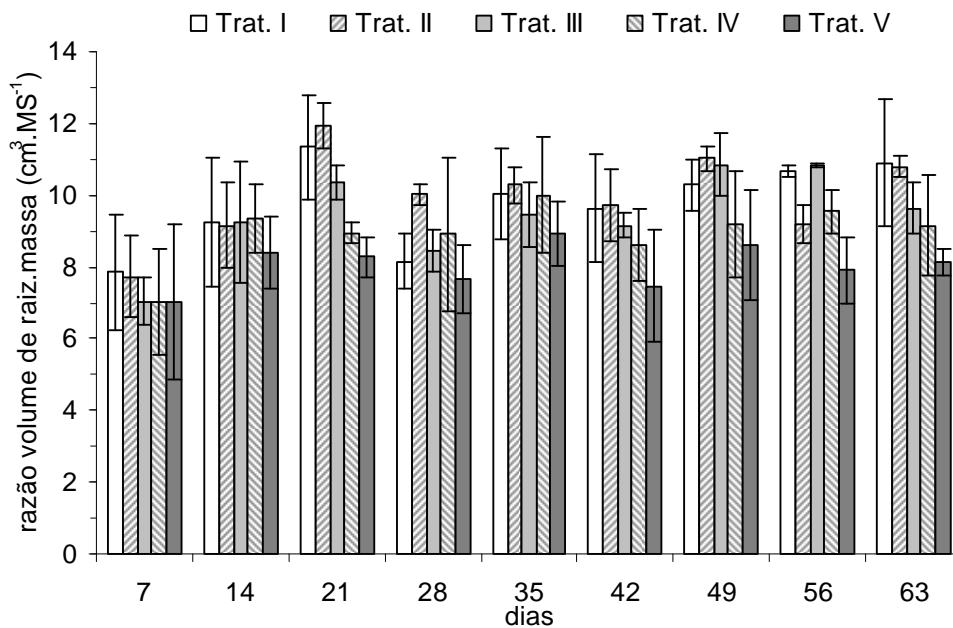


Figura 16. Razão entre volume de raiz e biomassa seca de *P. stratiotes* ($\text{cm}^3.\text{gMS}^{-1}$) por unidade experimental ao longo do experimento.

3.4. Teores de nitrogênio, fósforo e clorofila *a* e *b* na biomassa

Maiores teores de nitrogênio na biomassa aérea e submersa de *P. stratiotes* foram notados com o aumento da disponibilidade de nitrogênio. Entretanto, os indivíduos do início do experimento possuíam as maiores porcentagens de

nitrogênio, e não apresentaram diferenças no estoque de nitrogênio entre biomassa aérea e submersa (Tabela 9). Em todos os tratamentos, os maiores teores de nitrogênio foram observados na biomassa aérea dos vegetais.

Tabela 9. Teor de nitrogênio (N % MS) na biomassa aérea e submersa de *P. stratiotes* ao início e ao final do experimento nos diferentes tratamentos. *DP = desvio padrão.

Tratamento	Folha	Raiz
Inicial	2,23 ± 0,12 (a)	2,22 ± 0,08 (a)
I	1,03 ± 0,03 (d)	0,98 ± 0,02 (d)
II	1,11 ± 0,05 (d)	1,00 ± 0,17 (d)
III	1,12 ± 0,04 (d)	1,07 ± 0,03 (c)
IV	1,27 ± 0,02 (c)	1,08 ± 0,01 (c)
V	1,59 ± 0,03 (b)	1,39 ± 0,04 (b)

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

O teor de fósforo na biomassa aérea de *P. stratiotes* foi maior em todos os tratamentos, padrão inverso ao encontrado nas plantas no início do experimento, que possuíam maiores porcentagens de fósforo na biomassa submersa. As porcentagens de fósforo da biomassa aérea de *P. stratiotes* diminuíram com o aumento na oferta de nitrogênio às plantas, com os menores valores sendo encontrados a partir das plantas do início do experimento. As maiores porcentagens de fósforo na biomassa submersa foram encontradas nas amostras dos vegetais do início do experimento; entre os tratamentos, o Tratamento III possuíam os vegetais com os maiores valores, com decréscimo nos tratamentos seguintes (Tabela 10).

Tabela 10. Teor de fósforo (P % MS) na biomassa aérea e submersa de *P. stratiotes* no início e final do experimento nos diferentes tratamentos.

Tratamento	Folha	Raiz
Inicial	0,194 ± 0,006 (d)	0,234 ± 0,016 (a)
I	0,382 ± 0,013 (a)	0,175 ± 0,007 (b)
II	0,349 ± 0,005 (a,b)	0,176 ± 0,004 (b)
III	0,316 ± 0,003 (b)	0,187 ± 0,004 (a)
IV	0,273 ± 0,020 (c)	0,166 ± 0,002 (b,c)
V	0,240 ± 0,034 (c,d)	0,153 ± 0,006 (c)

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

Os valores de clorofila, tanto *a* quanto *b*, aumentaram com maior disponibilidade de nitrogênio na água. Os resultados da ANOVA One-way e do teste a posteriori confirmaram que os valores de clorofila *a* e *b* dos Tratamentos IV e V

foram significativamente maiores em relação aos valores dos demais tratamentos (Tabela 11).

Tabela 11. Concentração de clorofilas *a* (mg.g⁻¹MS) e *b* (µg.g⁻¹MS) nas folhas de *P. stratiotes*.

Tratamento	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>
I	1,658 ± 0,051 (b)	4,88 ± 0,27 (b)
II	2,049 ± 0,260 (b)	5,76 ± 0,72 (b)
III	2,081 ± 0,097 (b)	5,93 ± 0,30 (b)
IV	3,145 ± 0,452 (a)	9,22 ± 1,73 (a)
V	2,949 ± 0,208 (a)	9,14 ± 0,87 (a)

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



Figura. Detalhe dos indivíduos de *P. stratiotes* fora das unidades experimentais no 70º dia de experimento. a) Tratamento I; b) Tratamento II; c) Tratamento III; d) Tratamento IV; e) Tratamento V.



Figura. *P. stratiotes* nas unidades experimentais no 70º dia de experimento. a) Tratamento I; b) Tratamento II; c) Tratamento III; d) Tratamento IV; e) Tratamento V.

4. DISCUSSÃO

Ocorreu crescimento de *P. stratiotes* em todos os tratamentos, demonstrando que, nas concentrações testadas, o nitrogênio não limitou o crescimento das plantas desde o início do experimento. Entretanto, *P. stratiotes* cresceu a uma menor taxa quando submetida a menores concentrações de nitrogênio, atingindo sua capacidade suporte em menor tempo, conforme evidenciado pela precoce ausência de crescimento significativo de *P. stratiotes* em menores concentrações de nitrogênio. Retomando uma das hipóteses desse estudo, na qual *P. stratiotes* não cresce em baixas concentrações de nitrogênio, as concentrações testadas podem não ter sido baixas o suficiente para limitar o crescimento dessa espécie desde o início do experimento. Quando exposta a baixas concentrações de nutrientes (3,15 mg de N-NO₃.L⁻¹), *Pistia* primeiramente absorve fósforo e nitrogênio para depois crescer (PISTORI, 2009). Nota-se que os teores de nitrogênio na biomassa das plantas do início do experimento é maior, e esse crescimento inicial pode ter ocorrido justamente pela reserva de nutrientes já existente em sua biomassa, com o déficit de nitrogênio no ambiente influenciando mais tardiamente o crescimento dessa espécie.

As diferentes concentrações testadas mostram um claro padrão de aumento de biomassa com o aumento da disponibilidade de nitrogênio. *Spartina alterniflora*, espécie de macrófita aquática emersa, também apresentou maior biomassa quando submetida a altas concentrações de nitrogênio (MORRIS, 1982). Biudes e Camargo (2006), medindo a biomassa de *S. alterniflora* em rios da Bacia do rio Itanhaém, observaram que *S. alterniflora* também apresenta maior biomassa em um rio impactado por descargas de efluentes domésticos, ou seja, com maiores concentrações de nutrientes, entre eles, nitrogênio e fósforo.

A curva de crescimento sigmóide é o resultado da ação crescente de fatores danosos conforme a densidade da população aumenta (ODUM e BARRETT, 2008). Observa-se que ao longo dos últimos dias de experimento, *P. stratiotes* exibiu menor taxa de crescimento, evidenciando uma possível influência da densidade das plantas nas unidades experimentais. Henry-Silva *et al.* (2002) citam que o acréscimo na

densidade das plantas é um fator que provavelmente afeta o crescimento de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta*. Comparando as curvas de crescimento de *P. stratiotes* em cada tratamento, pode-se dizer que esse fatores danosos influenciaram primeiramente as plantas dos tratamentos com menores concentrações de nitrogênio, mesmo que esses tratamentos apresentassem densidades menores às densidades dos tratamentos com maiores concentrações de nitrogênio (IV e V). Essa situação evidencia que as condições experimentais às quais os vegetais dos tratamentos com menor disponibilidade de nitrogênio foram submetidos são capazes de suportar uma menor densidade de plantas.

O maior diâmetro de roseta nos tratamentos com maior concentração de nitrato confirma que *P. stratiotes* investe no crescimento dos indivíduos quando presente em ambientes mais favoráveis a seu desenvolvimento. Porém, nesse experimento, o número de indivíduos também foi maior nos tratamentos com maior disponibilidade de nitrogênio. Os resultados sugerem que em maiores concentrações de nitrogênio, *P. stratiotes* investe tanto no crescimento individual quanto no aumento em número de indivíduos. A ocorrência de uma relação inversamente proporcional entre disponibilidade de nutrientes e razão volume de raiz/massa já foi observada em outros estudos. Essa relação pode indicar que o crescimento de *P. stratiotes* é deslocado a sua parte submersa quando cultivada em menores concentrações de nitrogênio, provavelmente como forma de aumentar a superfície de contato com a água, e assim, a capacidade de absorver nutrientes. *E. crassipes*, quando cultivada em menores concentrações de nitrogênio e fósforo, também investe na formação de maiores porcentagens de raiz (SATO e KONDO, 1981), e foi verificado maior ganho de biomassa aérea em relação à submersa de *S. molesta* quando esta espécie é submetida a maiores concentrações de fósforo ($155\mu\text{g.L}^{-1}$ e $1550\mu\text{g.L}^{-1}$) (PAVÃO, 2007).

Os maiores valores de oxigênio dissolvido foram encontrados no Tratamento I. O aumento gradual do oxigênio dissolvido a partir do 56º dia de experimento nos tratamentos contendo menores concentrações de nitrogênio, e o aumento da absorção de P-PO₄ nesse mesmo período coincidem com a estagnação do crescimento de *P. stratiotes*. Esses resultados podem ter sido causados pela proliferação de fitoplâncton nas réplicas desses tratamentos, uma vez que menores valores de massa de macrófita aquática nas unidades experimentais possibilitam uma maior entrada de radiação na água contida nas caixas. Entretanto, não foram

realizadas análises do conteúdo de clorofila da água, impossibilitando essa afirmação.

Sabe-se que a condutividade elétrica é maior em águas contendo maior concentração de íons. Maiores concentrações de íons foram incorporados aos tratamentos com maiores concentrações de nitrogênio, na forma do ânion NO_3^- . Entretanto, os maiores valores de condutividade foram encontrados nos tratamentos onde a disponibilidade de N-NO_3 , foi menor. Nesses mesmos tratamentos, houve redução na absorção de fósforo, o que poderia ser responsável pelo aumento da condutividade. Mas esse dado somente não explica os maiores valores de condutividade, pois nas últimas semanas de experimento, a absorção de ortofosfato volta a aumentar, enquanto a condutividade também aumenta. Outros fatores, como a concentração de outros nutrientes não mensurados ao final de cada semana podem ter possibilitado esse resultado.

As temperaturas observadas ao longo do experimento provavelmente não influenciaram negativamente o desenvolvimento de *P. stratiotes*, pois se enquadram acima dos 15°C e abaixo dos 30°C , limite seguro ao desenvolvimento da espécie (USHA RANI & BHAMBIE, 1983).

Independentemente das concentrações testadas, *P. stratiotes* absorveu praticamente todo o nitrogênio disponível ao longo de todo o experimento. Esse padrão de absorção de N-nitrato sugere que essa espécie apresenta consumo de luxúria de nitrogênio. O consumo de luxúria já foi observado em outras espécies, como em *S. molesta*, tanto para o fósforo, quando esta espécie foi submetida Até a concentração de $1550 \mu\text{g.L}^{-1}$ de ortofosfato, quanto para o nitrogênio, até a concentração de $5600 \mu\text{g.L}^{-1}$ de N-NO_3 (PAVÃO, 2007; DIAS, 2008). Também já se observou grande absorção de nitrogênio e fósforo por outras oito espécies de macrófitas aquáticas, incluindo *P. stratiotes* (REDY e DE BUSK, 1985). Entretanto, altas concentrações de nutrientes podem reduzir a absorção de *E. crassipes* e *S. auriculata* (PETRUCIO e ESTEVES, 2000). Independentemente desses resultados, a ocorrência de consumo de luxúria pode depender das condições experimentais de cada estudo, como por exemplo, a concentração de nutrientes utilizada e o tempo de duração do experimento.

Uma maior disponibilidade de nitrogênio possibilitou maior estocagem de nitrogênio, principalmente na biomassa aérea. Os teores de nitrogênio na biomassa também diferiram entre os tratamentos, apesar destes sempre serem maiores na

biomassa aérea. Nos tratamentos com maior disponibilidade de nitrogênio, os teores de nitrogênio na biomassa também foram mais elevados. De fato, a absorção de N e P pelos tecidos dos vegetais, em geral, é maior quando a disponibilidade de N e P aumenta (LARCHER, 2000), e esse padrão também tem sido observado em outros trabalhos (BIUDES e CAMARGO, 2006; PAVÃO, 2007). Porém, as plantas do início do experimento mostraram possuir os maiores teores de nitrogênio, tanto na parte aérea quanto submersa, mesmo submetidas a tratamentos com maiores concentrações de nitrogênio que as contidas na água do rio em que foram coletadas. Esse resultado pode ser causado pela maior disponibilidade global de nitrogênio em ambiente natural, que, apesar de presente em menores concentrações, está sempre sendo renovado por meio da vazão natural dos rios.

As concentrações de clorofila na biomassa de *P. stratiotes*, tanto *a* quanto *b*, aumentaram com a maior disponibilidade de nitrogênio. Sabendo-se que o nitrogênio é um importante componente da molécula de clorofila, os resultados confirmaram que em locais com maior disponibilidade de nitrogênio, *P. stratiotes* apresenta maiores concentrações de clorofila em sua biomassa.

A análise dos teores de fósforo na biomassa de *P. stratiotes* confirmaram que a menor disponibilidade de nitrogênio diminui o teor de fósforo da biomassa aérea dessa espécie. Os teores de fósforo na biomassa das plantas submetidas ao experimento apresentaram resultado contrastante com o observado nas plantas ao início do experimento. Nota-se que as plantas analisadas logo após serem retiradas de seu ambiente natural apresentam maiores teores de fósforo em sua biomassa submersa, enquanto que, as plantas submetidas a todos os tratamentos apresentam maiores teores de fósforo em sua biomassa aérea. Por meio dos resultados dos teores de fósforo na biomassa aérea das plantas submetidas aos cinco tratamentos, observa-se que no Tratamento V encontram-se as plantas com menores teores de fósforo. Mas estes valores ainda são maiores que os teores das plantas do início do experimento. Esses resultados podem ir ao encontro do que já foi discutido anteriormente, a respeito da disponibilidade de nitrogênio em ambiente natural. As plantas que vivem em ambiente natural não sofrem com o estresse causado pela redução gradual da concentração de nutrientes na água, como ocorreu nesse experimento, apesar da tentativa em minimizá-la com a adição de nutrientes algumas vezes na semana.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o nitrogênio não foi um fator limitante nas concentrações testadas, pois se observou crescimento de *P. stratiotes* em todos os tratamentos. O aumento da disponibilidade de nitrato promove o aumento no crescimento desta espécie como evidenciado pelos menores valores de coeficiente de crescimento e maiores valores de capacidade suporte. Também pode se concluir que essa espécie apresenta consumo de luxúria de nitrogênio e que a maior disponibilidade de nitrogênio promove o aumento do número de indivíduos e do diâmetro da roseta e a diminuição da relação volume de raiz/biomassa do indivíduo.

6. REFERÊNCIAS

- ALLEN, S. E., et al. 1974. **Chemical analysis of Ecological materials**. Blackwell, Oxford, 565p.
- BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. 2008. Estudo dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas. **Oecol. Bras.**, 12 (1): 7-19.
- CAMARGO, A. F. M.; HENRY-SILVA, G. G. ; PEZZATO, M. M. 2003. Crescimento e Produção Primária de Macrófitas Aquáticas em Zonas Litorâneas. In: Raoul Henry. (Org.). **Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos**. 1ª ed. São Carlos/SP: Rima Editora, p. 213-248.
- CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. Pp. 85-126. In: S. M. Thomaz & L. M. Bini, (eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. EDUEM. Maringá. 341p.
- CAMERON, K.; MADRAMOOTOO, C.; CROLLA, A.; KINSLEY, C. 2003. Pollutant removal from municipal sewage lagoon effluents with a free-surface wetland. **Water Research**, 37: 2803-2812.
- COOK, C. D. K.; GUT, B. J. ; RIX, E. M.; SCHNELLER, J.; SEITZ, M. 1974. **Water Plants of the World. A Manual for the Identification of the Genera of Freshwater Macrophytes**. Dr W. Junk Publishers, The Hague.
- DUBOIS, M. 1956. A colorimetric method for determination of sugars and related substances, **Anal. Chem.**, 350 – 356 p.
- ELIAS, J. M.; SALATI FILHO, E.; SALATI, E. 2001. Performance of constructed wetland system for public water supply. **Water Science and Technology**, 44 (11-12):

579-584.

ESTEVEES, F. A. Die bedeutung der aquatischen makrophyten für den stoffhaushalt des schönsees. III. Die anorganischen hauptbestandteile der aquatischen makrophyten. *Gewässer und Abwässer*, v. 66/67, p. 29-94, 1980.

ESTEVEES, F. A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciência.

FAÇANHA, A. R.; CANELLAS, L. P.; DOBBSS, L. B. 2008. Capítulo 2: Nutrição Mineral. Pp. 33-50. In: G. B. Kerbauy (org.). **Fisiologia Vegetal**. 2ª edição. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 431p.

GOLTERMAN, H. L.; CLYNO, R. S. & OHSNTAD, M. A. M. 1978. **Methods for Physical and Chemical Analysis of freshwater**. 2. ed. Oxford ed., Blackwell, 315p.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M. 2002. Effects 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), p. 147-150.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. 2002. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 2, p. 519-526.

HOLM, L. G.; WELDON, L. W.; BLACKBURN, R. D. 1970. Aquatic weeds. **Pest Articles & News Summaries**, 16: 576–89.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. 1950. **The water culture method of growing plants without soil**. Circular/ California Agricultural Experiment Station, Berkeley, n. 347.

KOROLEFF, F. 1976. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. **Methods of**

seawater analysis. New York: Verlag Chemie Weinheim, p. 117-181.

KREBS, C. J. **Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance package.** Pearson Addison Wesley, 5thed., p. 816, 1994.

LIN, Y. F.; JING, S. R.; LEE, D.Y.; CHANG, Y. F.; CHEN, Y. M.; SHIH, K. C. 2005. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. **Environmental Pollution**, 134: 411-421.

LOPES-FERREIRA, C. 2000. **Estudo de uma área alagada do rio Atibaia visando à elaboração de proposta de manejo para a melhoria da qualidade da água no reservatório de Salto Grande (Americana, SP).** Tese de Doutorado. USP, São Paulo, Brasil. 145p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. 2001. **Plantas ornamentais do Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras.** 3^a ed. Nova Odessa- SP: Instituto Plantarum, 1088 p.

MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. 1978. **Water analysis: some revised methods for limnologists.** London: Freshwater Biological Association (Scientific Publications, 36).

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. 2008. **Fundamentos de Ecologia.** 5^a edição. São Paulo, Cengage Learning.

PAVÃO, A. C. 2007. **Crescimento de *Salvinia molesta* D. S. Mitchell submetida a diferentes concentrações de fósforo.** Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, 21p.

PETRUCIO, M. M.; ESTEVES, F. A. 2000. Uptake rates of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. **Rev. Bras. Biol.** 60 (2): 229-236.

PISTORI, R. E. T. 2009. **Crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes**

***Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* (Mitchell) em diferentes concentrações de nutrientes.** Tese de Doutorado. Centro de Aquicultura, UNESP (CAUNESP), Jaboticabal.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos.** São Carlos: Rima Editora, 2003, 124 p.

POTT, V. J.; POTT, A. 2000. **Plantas aquáticas do Pantanal.** Brasília, DF: EMBRAPA. 404 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, W, F. 1985. Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. **Environ. Qual.**, 14 (4): 459-462.

ROUSSEAU, D. P. L.; VANROLLEGHEM, P.A.; PAUW, N. 2004. Constructed wetlands in Flanders: a performance analysis. **Ecological Engineering**, 23: 151-153.

SATO, H., KONDO, T., 1981. Biomass production of waterhyacinth and its ability to remove inorganic minerals from water II. Further experiments on the relation between growth and concentration of culture solution. **Jap. J. Ecol.** Vol. 31, no. 3, pp. 257-267.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FÁVERO, E. G. P.; BRAGA, F. M. S. 2002. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. floating plants. **Braz. J. Biol.** 62 (4A): 713-723.

STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, J. R. 1960. A manual of seawater analysis. **Bulletin/Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, n. 126.

TANAKA, R. H. 1998. Prejuízos provocados por macrófitas aquáticas. In: Workshop sobre o controle de macrófitas aquáticas. **Anais... IBAMA**, Brasília-DF, p. 36-38.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; SOUZA, M. C.; KITA, K. K. AND CAMARGO, A. F. M. 1999. Aquatic Macrophytes of Itaipu Reservoir, Brazil: Survey of Species and Ecological Considerations. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 42 : (1), 15-22.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; PAGIORO, T. A. 2003. Macrófitas aquáticas em Itaipu: ecologia e perspectivas para o manejo. Pp. 319-341. In: S. M. Thomaz & L. M. Bini, (eds.), **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. EDUEM. Maringá, 341p.

TILLEY, S. M.; BADRINARAYANAN, H.; ROSATI, R. & SON, J. 2002. Constructed wetlands as recirculation filters in large scale shrimp aquaculture. **Aquacultural Engineering**, 26: 81-109.

TUNDISI, J. G. 2003. A crise da água: eutrofização e suas conseqüências. In: J. G. Tundisi (ed.) **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. Rima, IIE, São Carlos. 247p.

VOLLENDEIDER, R. A. 1974. **A Manual on methods for measuring primary production in aquatic environments**. 2nd ed. IBP Handbook 12. Blackwell Scientific Publications. Osney Mead, Oxford, 225 pg.

WETZEL, R. G. 1975. **Limnology**, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 743p.

ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. 4th Edition. Prentice-Hal Inc. New Jersey, USA.

7. APÊNDICE

7.1 – Tabelas de valores brutos do experimento

Tabela 1. Valores de biomassa seca, médias e desvios padrão do Tratamento I (gMS.m⁻²). DP= desvio padrão.

Réplicas	Dias de experimento										
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
I	90,25	121,67	136,88	159,99	186,96	200,46	217,76	216,47	229,9	211,07	212,38
II	92,56	125,43	129,36	154,31	180,40	186,83	186,27	197,92	212,7	203,22	198,97
III	90,46	128,82	143,48	165,38	189,48	207,75	226,01	230,36	232	211,41	222,75
Média	91,09	125,31	136,57	159,89	185,61	198,35	210,01	214,92	224,86	208,57	211,37
DP	1,28	3,57	7,06	5,53	4,68	10,62	20,97	16,27	10,59	4,64	11,92

Tabela 2. Valores de biomassa seca, médias e desvios padrão do Tratamento II (gMS.m⁻²). DP= desvio padrão.

Réplica	Dias de experimento										
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
I	93,56	131,17	143,81	172,30	198,01	213,26	228,72	242,54	262,08	251,03	251,77
II	91,72	118,32	137,22	157,87	191,24	207,50	222,91	239,98	249,42	241,20	231,94
III	90,29	123,11	127,85	146,54	174,61	188,85	213,65	225,20	247,20	240,53	249,47
Média	91,86	124,20	136,29	158,90	187,95	203,20	221,76	235,90	252,90	244,25	244,39
DP	1,64	6,50	8,02	12,91	12,04	12,76	7,60	9,36	8,02	5,88	10,85

Tabela 3. Valores de biomassa seca, médias e desvios padrão do Tratamento III (gMS.m⁻²). DP= desvio padrão.

Réplica	Dias de experimento										
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
I	91,88	127,66	127,55	171,08	203,05	221,53	237,54	263,35	283,00	264,90	269,76
II	92,05	130,84	148,73	173,35	206,91	224,35	241,32	263,25	281,67	265,33	270,39
III	90,41	127,98	144,48	174,61	203,66	222,46	246,57	269,18	247,20	281,28	276,11
Média	91,45	128,82	140,25	173,01	204,54	222,78	241,81	265,26	270,63	270,50	272,09
DP	0,90	1,75	11,20	1,79	2,08	1,43	4,54	3,39	20,30	9,34	3,49

Tabela 4. Valores de biomassa seca, médias e desvios padrão do Tratamento IV (gMS.m⁻²). DP= desvio padrão.

Réplica	Dias de experimento										
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
I	91,80	123,07	147,97	180,28	223,34	253,84	288,71	305,22	336,66	324,54	350,05
II	91,34	125,88	145,50	182,95	220,16	245,86	263,67	300,14	335,56	335,08	337,34
III	91,59	132,25	150,28	191,23	227,21	246,07	269,51	295,73	329,82	305,05	304,09
Média	91,58	127,06	147,92	184,82	223,57	248,59	273,97	300,36	334,01	321,56	330,49
DP	0,23	4,70	2,39	5,71	3,53	4,55	13,10	4,75	3,67	15,24	23,73

Tabela 5. Valores de biomassa seca, médias e desvios padrão do Tratamento V (gMS.m⁻²). DP= desvio padrão.

Réplica	Dias de experimento										
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
I	91,42	116,86	133,81	176,22	232,96	258,80	298,71	326,25	366,27	363,49	376,52
II	90,04	126,11	148,26	190,11	246,62	275,14	321,52	339,84	363,84	350,15	369,25
III	92,05	126,26	143,83	189,73	229,87	252,08	288,09	321,94	341,14	343,15	359,90
Média	91,17	123,08	141,97	185,35	236,48	262,01	302,77	329,34	357,08	352,27	368,55
DP	1,03	5,38	7,40	7,91	8,91	11,86	17,08	9,34	13,86	10,33	8,33

Tabela 6. Valores médios de diâmetro da roseta por unidade experimental (cm).

dia	Tratamento I			Tratamento II			Tratamento III			Tratamento IV			Tratamento V		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	12,9	10,6	11,8	12,6	11,5	10,8	13,0	12,8	12,6	12,4	12,9	12,1	11,2	12,7	12,4
7	11,4	12,9	12,9	12,9	12,9	7,9	12,9	12,9	9,4	17,2	12,9	10,3	17,2	12,9	12,9
14	8,6	11,4	9,4	12,9	10,3	7,9	11,4	7,4	5,7	9,4	8,6	8,6	8,6	8,6	9,4
21	10,8	7,9	8,5	8,5	10,8	9,2	11,9	7,0	5,7	8,5	9,9	7,9	7,0	7,0	7,4
28	11,8	9,4	10,2	9,6	11,6	10,3	13,8	11,0	9,5	10,7	11,6	11,4	11,5	11,8	11,5
35	10,3	8,3	9,0	9,8	9,1	9,7	12,1	9,4	8,6	7,7	11,1	10,9	11,0	11,0	10,8
42	8,7	8,7	8,7	9,7	9,4	9,7	10,7	13,3	23,7	9,3	10,4	11,3	11,2	10,4	9,4
49	8,2	8,7	11,5	9,1	9,0	10,4	10,6	9,6	10,0	9,9	10,6	10,4	10,3	10,7	10,1
56	9,2	9,4	8,5	9,9	9,3	9,5	9,8	9,5	10,0	10,4	11,0	10,8	11,5	10,7	10,2
63	8,1	9,0	8,7	10,0	9,9	10,4	10,0	9,6	10,2	10,5	11,2	11,2	12,1	11,7	11,2
70	8,9	8,5	7,5	9,2	9,0	10,3	10,0	9,0	9,2	10,8	10,7	11,0	11,6	11,2	11,4

Tabela 7. Número de indivíduos por metro quadrado (n. m⁻²).

dia	Tratamento I			Tratamento II			Tratamento III			Tratamento IV			Tratamento V			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
0	38,40	38,40	38,40	30,72	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40
7	69,12	61,44	61,44	61,44	61,44	99,85	61,44	61,44	84,49	84,49	46,08	61,44	76,80	46,08	61,44	61,44
14	92,17	69,12	84,49	61,44	76,80	99,85	69,12	107,53	138,25	84,49	92,17	92,17	92,17	92,17	84,49	84,49
21	84,49	115,21	107,53	107,53	84,49	99,85	76,80	130,57	161,29	107,53	92,17	115,21	115,21	130,57	130,57	122,89
28	107,53	138,25	115,21	138,25	107,53	115,21	92,17	145,93	192,01	145,93	138,25	122,89	122,89	161,29	115,21	161,29
35	107,53	161,29	122,89	161,29	130,57	115,21	115,21	153,61	207,37	153,61	168,97	161,29	184,33	184,33	192,01	192,01
42	130,57	168,97	130,57	161,29	138,25	115,21	145,93	176,65	207,37	215,05	192,01	176,65	207,37	230,41	253,46	253,46
49	138,25	161,29	130,57	168,97	161,29	130,57	153,61	168,97	207,37	207,37	199,69	192,01	222,73	207,37	238,10	238,10
56	138,25	161,29	145,93	176,65	168,97	145,93	184,33	192,01	207,37	207,37	207,37	215,05	238,10	238,10	253,46	253,46
63	138,25	168,97	153,61	168,97	161,29	138,25	192,01	199,69	207,37	199,69	215,05	199,69	222,73	230,41	222,73	222,73
70	122,89	161,29	145,93	184,33	168,97	138,25	184,33	192,01	215,05	215,05	222,73	192,01	276,50	261,14	245,78	245,78

Tabela 8. Valores brutos de volume total de raiz (cm³.m⁻²).

Dia	Tratamento I			Tratamento II			Tratamento III			Tratamento IV			Tratamento V			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
7	768,0	1190,5	998,5	921,7	844,9	1113,7	806,5	960,1	960,1	729,6	806,5	1152,1	1075,3	883,3	614,4	614,4
14	1344,1	1382,5	1036,9	1228,9	1152,1	1344,1	1190,5	1113,7	1574,5	1228,9	1382,5	1536,1	1190,5	1075,3	1305,7	1305,7
21	1689,7	1612,9	2150,5	1958,5	1996,9	1728,1	1766,5	1881,7	1728,1	1612,9	1689,7	1651,3	1382,5	1689,7	1536,1	1536,1
28	1574,5	1574,5	1382,5	1920,1	1958,5	1766,5	1843,3	1728,1	1612,9	1536,1	1920,1	2534,6	2035,3	1728,1	1651,3	1651,3
35	1843,3	2150,5	1958,5	2073,7	2227,3	1958,5	1881,7	2304,1	2150,5	2073,7	2649,8	2726,6	2496,2	2534,6	1996,9	1996,9
42	1728,1	1881,7	2457,8	1996,9	2150,5	2304,1	2265,7	2150,5	2227,3	2765,0	1996,9	2342,5	2112,1	2957,0	1766,5	1766,5
49	2073,7	2035,3	2534,6	2611,4	2611,4	2573,0	2765,0	2688,2	3187,4	3187,4	2265,7	2841,8	2880,2	2381,0	3225,8	3225,8
56	2419,4	2304,1	2457,8	2457,8	2150,5	2381,0	3072,2	3033,8	2688,2	3417,8	2995,4	3149,0	3187,4	2957,0	2342,5	2342,5
63	2188,9	1920,1	2726,6	2649,8	2688,2	2573,0	2534,6	2381,0	2918,6	2841,8	2688,2	3264,2	2918,6	2995,4	2688,2	2688,2

Tabela 9. Porcentagem de N (N % MS) na biomassa aérea de *P. stratiotes* no início e final do experimento nos diferentes tratamentos.

Inicial	Tratamento I	Tratamento II	Tratamento III	Tratamento IV	Tratamento V
2,17	1,00	1,11	1,14	1,27	1,55
2,37	1,01	1,17	1,06	1,27	1,55
2,15	1,01	1,08	1,09	1,28	1,59

Tabela 10. Porcentagem de N (N % MS) na biomassa submersa de *P. stratiotes* no início e final do experimento nos diferentes tratamentos.

Inicial	Tratamento I	Tratamento II	Tratamento III	Tratamento IV	Tratamento V
2,35	0,97	0,92	1,06	1,07	1,44
2,15	0,96	0,92	1,09	1,06	1,38
2,16	0,98	0,92	1,09	1,08	1,40

Tabela 11. Porcentagem de P (P % MS) na biomassa aérea de *P. stratiotes* no início e final do experimento nos diferentes tratamentos.

Inicial	Inicial 1	Inicial 2	Tratamento				
			Tratamento I	Tratamento II	Tratamento III	Tratamento IV	Tratamento V
0,185	0,202	0,367	0,343	0,312	0,312	0,267	0,208
0,194	0,196	0,386	0,348	0,318	0,318	0,241	0,230
0,190	0,197	0,401	0,352	0,318	0,318	0,289	0,298

Tabela 12. Porcentagem de P (P % MS) na biomassa submersa de *P. stratiotes* no início e final do experimento nos diferentes tratamentos.

Inicial	Inicial 1	Inicial 2	Tratamento				
			Tratamento I	Tratamento II	Tratamento III	Tratamento IV	Tratamento V
0,210	0,255	0,171	0,173	0,184	0,184	0,168	0,159
0,214	0,231	0,174	0,171	0,186	0,186	0,167	0,153
0,250	0,242	0,168	0,179	0,193	0,193	0,162	0,157

Tabela 13. Absorção semanal de N-NO₃ (µg.L⁻¹) dos diferentes tratamentos.

Dia	Tratamento I			Tratamento II			Tratamento III			Tratamento IV			Tratamento V		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	732,6	728,9	743,4	1132,2	1124,5	1130,5	1716,1	1694,7	1703,6	2689,9	2690,8	2688,6	4623,4	4632,5	4625,1
14	759,9	754,8	759,9	1151,9	1144,1	1134,9	1717,1	1701,4	1687,2	2710,2	2709,7	2707,4	4625,9	4643,1	4627,6
21	743,3	734,2	751,6	1129,4	1147,8	1149,9	1705,1	1714,5	1709,0	2709,9	2717,1	2697,5	4671,8	4675,7	4642,7
28	711,2	-	752,4	1129,7	1108,0	1126,4	1713,1	1704,8	1728,7	2678,2	2698,4	2689,3	4583,0	4584,1	4586,1
35	540,1	754,8	762,5	1152,2	1152,0	1145,2	1721,6	1711,7	1680,1	2691,4	2703,7	2720,4	4681,5	4663,1	4682,9
42	761,4	762,1	759,9	1151,9	1152,6	1153,3	1720,4	1712,4	1721,0	2719,9	2720,6	2721,1	4681,5	4681,5	4682,1
49	759,9	764,6	754,5	1094,1	1142,2	1120,4	1725,0	1731,4	1743,8	2681,0	2705,6	2721,2	4670,9	4676,0	4671,2
56	746,1	755,3	711,5	1132,1	1133,8	1111,9	1692,0	1681,5	1677,3	2691,2	2692,5	2686,8	4608,6	4633,3	4648,7
63	719,9	743,4	750,8	1124,0	1145,8	1144,0	1719,0	1720,3	1731,9	2662,6	2686,2	2698,4	4671,9	4649,1	4641,0
70	758,5	761,5	760,6	1153,1	1152,8	1142,2	1734,6	1741,6	1742,0	2684,0	2718,8	2695,8	4686,1	-	4669,6

Tabela 14. Absorção p Absorção semanal de P-PO₄ (µg.L⁻¹) dos diferentes tratamentos.

Dia	Tratamento I			Tratamento II			Tratamento III			Tratamento IV			Tratamento V		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	655,9	633,4	650,6	659,7	665,3	660,1	659,9	661,8	672,2	653,9	653,2	654,5	664,1	617,8	629,6
14	657,4	658,4	658,3	657,9	660,1	656,3	664,0	658,3	657,8	653,6	660,6	654,0	666,0	652,0	661,0
21	663,7	665,0	669,2	665,4	664,8	661,3	656,8	667,7	671,8	662,9	669,0	651,4	665,1	662,4	656,7
28	666,6	663,6	663,7	662,3	665,9	663,2	665,7	665,0	666,9	661,5	664,5	659,5	667,7	667,0	673,2
35	657,7	626,2	656,2	653,5	652,0	652,9	655,5	642,2	644,6	663,5	656,0	647,7	639,8	647,5	646,2
42	541,1	486,3	630,5	638,1	633,2	635,3	636,0	636,5	647,0	640,5	643,0	645,2	645,5	640,6	638,9
49	274,9	246,4	425,9	625,6	623,1	625,3	632,7	647,2	650,2	646,8	657,2	644,2	640,9	647,3	630,0
56	-124,6	57,2	-39,6	419,3	317,8	617,9	628,5	608,6	623,2	648,3	646,3	627,7	621,4	635,4	636,6
63	131,3	-23,1	-96,8	257,2	206,9	328,0	576,0	617,5	614,6	650,1	627,0	638,2	609,6	652,1	535,8
70	451,6	642,3	-120,1	29,4	62,2	238,9	413,8	463,1	471,1	647,2	-103,9	622,9	658,0	660,0	655,0

Tabela 15. Valores brutos de oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹).

Dia	Tratamento I			Tratamento II			Tratamento III			Tratamento IV			Tratamento V		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	6,76		5,70	5,23		6,63	4,93	6,26	5,99	7,50	6,64	5,52			
14	-	4,73	4,69	-	3,85	4,20	3,87	4,33	-	5,89	-	4,91	3,83	-	4,32
21		5,33	5,69		5,62	5,87	3,72	4,80	4,90	5,55	5,13	3,88			
28	5,92	5,07		4,79	5,52		3,95	4,89	4,34	4,30	2,98	2,25			
35	5,72	4,91		4,89	5,68	4,34	4,61	4,39	4,13	3,16	4,12				
42	5,40		5,43	4,86	5,78	5,14	5,16	4,45	4,71	4,52	3,43				
49			5,42		5,43		4,81		3,75	4,04					
56		5,00	5,03	5,40	5,38		4,66	4,89	4,34	5,04	4,03	3,61			
63	5,73		6,07	5,64		5,89	5,18	4,59	4,83	4,87					
70	6,76	6,18		6,02	5,86	6,09	5,88	4,99	5,08	5,07	4,10				

Tabela 16. Valores brutos de pH.

Dia	Tratamento I			Tratamento II			Tratamento III			Tratamento IV			Tratamento V		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	5,76	5,97	6,16	6,26	6,26	6,32	6,43	6,45	6,54	6,55	6,56	6,56	7	6,77	6,65
14	5,88	5,86	5,96	6,09	6,14	6,13	6,25	6,23	6,3	6,35	6,34	6,4	6,67	6,67	6,65
21	5,66	5,66	5,74	6,02	5,98	6,04	6,14	6,14	6,2	6,27	6,31	6,3	6,6	6,55	6,48
28	6,18	6,24	6,05	6,46	6,44	6,07	6,34	6,39	6,32	5,58	6,46	6,26	6,5	6,27	6,29
35	5,59	6,33	6,01	6,49	6,5	6,14	6,43	6,41	6,26	5,81	6,52	6,34	6,52	6,22	6,18
42	6,44	6,2	6,54	6,19	6,05	6,61	6,45	6,53	6,62	6,8	6,4	6,46	6,65	6,65	6,52
49	6,53	6,3	6,51	6,25	5,92	6,63	6,51	6,57	6,63	6,74	6,51	6,53	6,69	6,67	6,59
56	6,71	6,27	6,62	6,19	5,99	6,67	6,52	6,54	6,68	6,92	6,44	6,52	6,65	6,76	6,66
63	6,64	6,18	6,66	6,04	5,86	6,82	6,43	6,57	6,85	6,99	6,27	6,44	6,6	6,79	6,74
70	6,8	6,3	6,82	6,05	5,82	6,76	6,53	6,57	6,83	6,53	6,37	6,51	6,6	6,88	6,85

Tabela 17. Valores brutos de turbidez (NTU).

Dia	Tratamento I			Tratamento II			Tratamento III			Tratamento IV			Tratamento V		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
14	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1
21	1	2	1	3	8	2	12	4	4	2	2	6	2	4	3
28	0	2	1	2	1	2	0	4	1	17	1	1	1	1	1
35	14	1	10	1	5	4	2	1	2	10	0	1	2	14	12
42	1	2	1	4	3	1	1	2	3	3	3	2	3	2	7
49	1	0	4	1	0	1	3	2	1	0	2	3	4	1	5
56	2	3	2	3	15	1	2	2	2	3	3	3	6	7	5
63	2	1	5	2	0	5	5	3	7	3	8	15	13	9	22
70	2	9	5	5	3	1	6	5	1	3	16	5	2	3	7

Tabela 18. Valores brutos de condutividade (mS.cm⁻²).

Dia	Tratamento I			Tratamento II			Tratamento III			Tratamento IV			Tratamento V		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	0,179	0,190	0,181	0,171	0,178	0,202	0,187	0,185	0,204	0,187	0,179	0,212	0,216	0,194	0,186
14	0,138	0,159	0,156	0,137	0,142	0,164	0,129	0,141	0,137	0,138	0,140	0,137	0,169	0,154	0,150
21	0,153	0,171	0,170	0,141	0,154	0,168	0,145	0,148	0,144	0,135	0,130	0,129	0,139	0,133	0,146
28	0,127	0,138	0,128	0,104	0,107	0,118	0,990	0,100	0,102	0,920	0,870	0,920	0,670	0,630	0,890
35	0,170	0,189	0,164	0,141	0,139	0,146	0,142	0,141	0,150	0,115	0,124	0,135	0,121	0,123	0,148
42	0,207	0,209	0,189	0,160	0,162	0,152	0,163	0,146	0,150	0,136	0,146	0,151	0,115	0,147	0,166
49	0,205	0,213	0,207	0,185	0,190	0,183	0,184	0,160	0,168	0,160	0,162	0,171	0,134	0,156	0,176
56	0,227	0,214	0,237	0,178	0,188	0,213	0,175	0,179	0,194	0,178	0,148	0,187	0,143	0,178	0,176
63	0,229	0,215	0,238	0,183	0,188	0,198	0,184	0,201	0,189	0,178	0,169	0,208	0,156	0,183	0,171
70	0,260	0,254	0,274	0,226	0,230	0,240	0,212	0,222	0,215	0,212	0,215	0,220	0,214	0,213	0,210

Tabela 19. Valores brutos de temperatura (°C).

Dia	Tratamento I			Tratamento II			Tratamento III			Tratamento IV			Tratamento V		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	23,1	22,9	22,9	22,9	22,9	23,1	23	23,1	23,4	22,9	23	23	22,9	22,9	23,2
14	22,2	22,1	22,1	22	22	22,1	22,1	22	22	21,9	22,1	22	21,9	21,8	21,8
21	23,9	24	24	23,5	23,7	23,8	23,8	23,6	24,1	24,4	23,6	23,7	23,5	23,6	23,9
28	23,5	23,7	23,6	23,8	23,7	23,8	23,7	23,6	23,5	23,7	23,7	23,7	23,6	23,5	23,6
35	23,1	23,2	23,1	23	23,2	23,1	23,1	23,1	23,1	23,3	23	23,1	23,1	23	23,1
42	22,6	22,8	22,6	22,8	22,8	22,7	22,7	22,6	22,6	22,8	22,7	22,8	22,8	22,5	22,7
49	25	24,3	24,4	24,2	24,3	24,3	24,2	24,2	24,2	24,8	24,2	24,5	24,5	24,3	25
56	22,9	23,2	23	23,1	23,1	23	23,1	23	23	23,1	23,2	23,2	23,2	23,1	23
63	20,9	21,1	21,1	20,9	21	21	21	21,1	21,1	21,1	20,8	21,2	21	21,2	21,1
70	20,8	20,4	20,8	20,4	20,4	20,6	20,4	20,5	20,4	20,9	20,3	20,7	20,6	20,9	20,9

Tabela 20. Tabela da ANOVA (Análise de variância com medidas repetidas) para os diferentes tratamentos ao longo do tempo.

Repeated Measures Analysis of Variance (sara.STA)						
Sigma-restricted parameterization						
Effective hypothesis decomposition						
efect	SS	MS	F	p	degr. Of freedom	
Intercept	7481236	7481236	20857,18	0,000000	1	
TRAT_	111066	27766	77,41	0,000000	4	
Error	3587	359			10	
TEMPO	752658	75266	1172,93	0,000000	10	
TEMPO*TRAT_	67522	1688	26,31	0,000000	40	
Error	6417	64			100	

Tabela 21. Valores brutos das variáveis N-NO₃, N-NO₂, N-NH₃ e P-PO₄ (µg.L⁻¹) do rio Mineiros em diferentes períodos do ano e no período de coleta dos indivíduos de *P. stratiotes*.

Data	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	P-PO ₄
mar/08	137,5	<5 *	<5 *	14,53
	119,6	<5 *	<5 *	10,81
	138	6,86	<5 *	8,446
mai/08	66,48	<5 *	<5 *	5,188
	63,98	<5 *	<5 *	<5 *
	71,25	<5 *	<5 *	<5 *
ago/08	131,9	5,391	5,468	9,852
	97,89	<5 *	<5 *	5,145
	103,8	<5 *	<5 *	6,584
nov/08	84,85	9,767	<5 *	17,64
	94,26	13,06	<5 *	14,03
	79,3	14,4	<5 *	11,43
jan/09	65,791	<5 *	<5 *	11,16
	66,509	<5 *	<5 *	7,242
	76,691	<5 *	<5 *	6,581

* concentrações menores que 5µg.L⁻¹ não são detectáveis pelo método utilizado.

Orientada: Sara Regina de Amorim

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo

Rio Claro, 17 de dezembro de 2009