

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CRESCIMENTO, ALOCAÇÃO DE RECURSOS E REQUERIMENTO DE
NUTRIENTES EM *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav.**

VANESSA DAVID DOMINGOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Câmpus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Agricultura.

BOTUCATU-SP
Dezembro – 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CRESCIMENTO, ALOCAÇÃO DE RECURSOS E REQUERIMENTO DE
NUTRIENTES EM *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav.**

VANESSA DAVID DOMINGOS

Orientador: Prof.º Dr. Dagoberto Martins
Co-Orientador: Prof.º Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Agricultura.

BOTUCATU-SP
Dezembro – 2003

REPRODUÇÃO
AUTORIZADA

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

D671c Domingos, Vanessa David, 1978-
Crescimento, alocação de recursos e requerimento de
nutrientes em *Heteranthea reniformis* Ruiz & Pav. / Vanessa
David Domingos. -- Botucatu, [s.n.], 2004.
v, 86 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação(mestrado) -- Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas.
Orientador: Dagoberto Martins.
Co-orientador: Dirceu Maximino Fernandes.
Inclui bibliografia.

1. Plantas aquáticas - Crescimento. 2. Nutrientes.
3. Absorção. I. Martins, Dagoberto. II. Fernandes,
Dirceu Maximino. III. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade
de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

Palavras-chave: Agriãozinho; Macronutrientes.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CRESCIMENTO, ALOCAÇÃO DE RECURSOS E REQUERIMENTO DE NUTRIENTES
EM *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav."

ALUNA: VANESSA DAVID DOMINGOS


ORIENTADOR: PROF. DR. DAGOBERTO MARTINS

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

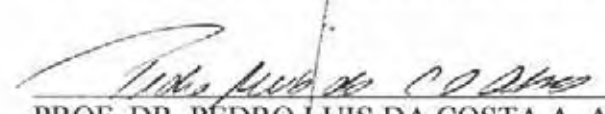
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. DAGOBERTO MARTINS



PROF. DR. EDUARDO A. LEMUS ERASMO



PROF. DR. PÉDRO LUIS DA COSTA A. ALVES

Data da Realização: 30 de janeiro de 2004.

Aos meus pais *Otacílio Domingos* e *Áurea David Domingos* pelo amor, carinho e incentivo em todos os momentos da minha vida.

OFEREÇO

Aos meus irmãos *Alexandre* e *Marlon* pela amizade incondicional e companheirismo que nos mantém unidos, independente da distância e objetivos a serem alcançados em nossas vidas.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A presença de Deus em toda a minha vida tem sido a minha força e sustento, para percorrer os caminhos aparentemente difíceis até o momento em que reconheço minha total dependência em Deus. Agradeço a Ele por esta oportunidade que reverteu em uma experiência de vida importante para consolidar conhecimentos necessários para novas conquistas.

À Universidade Estadual Paulista “ Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Prof. Dr. Dagoberto Martins pela confiança e orientação integral que sempre esteve disponível a contribuir na elaboração deste trabalho, bem como sua compreensão, estímulo e distinta amizade.

Ao Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes pela orientação em conhecimentos específicos em áreas afins, disposição, amizade e apoio dedicados.

Ao Prof. Dr. Eduardo Lemus Erasmo, pela amizade, apoio, incentivo na busca do conhecimento e orientação na graduação que constituiu em um aprendizado de ensinamentos para a vida, possibilitando assim, o surgimento de novas oportunidades de crescimento profissional e pessoal.

À Prof. Dr^a Cibele Martins pelos ensinamentos, disposição em contribuir e amizade.

Aos Professores Dr. Roberto Antonio Rodella e Dr. Edivaldo Domingues Veline pelos ensinamentos e amizade.

Ao CNPq pelo apoio financeiro pela concessão de bolsa de estudo.

À equipe de trabalho do NUPAM, Neumárcio, Marcelo, Luciana, João Renato, Sidiney, Paulo, Lívia, Ana Paula, Caio e Leonildo, pela amizade e disposição em auxiliar na realização deste trabalho.

Às companheiras de república Mônica, Alana e Ana Paula, que sempre me acolheram com carinho e amizade.

Às amigas Mariléia e Rosa pela amizade, consideração e carinho.

À amiga Adriana, minha conterrânea, pelo carinho, atenção e compreensão.

Aos amigos João Paulo e Vanessa pelo carinho, pois foram verdadeiramente meus irmãos em Cristo, contribuindo para o meu conforto espiritual em Deus.

Às amigas Michelle, Márcia e Deine pela companhia, incentivo e amizade dedicada desde o início deste curso.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas pela gentileza e disposição.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura e todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 <i>Heteranthera reniformis</i>	11
4.2 Nutrição mineral de plantas aquáticas.....	12
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
5.1 Avaliação de diluições da solução de Hoagland & Arnon (1950) adaptada por Sarruge (1975).....	16
5.2 Soluções Nutritivas.....	19
5.3 Soluções de micronutrientes e Fe-EDTA.....	21
5.4 Variáveis analisadas.....	21
5.5 Variáveis climáticas.....	22
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6.1 Parâmetros biométricos e diagnose visual.....	24
6.2 Teor e extração de nutrientes na planta inteira.....	43

6.3 Teor e extração de nutrientes nos caules.....	53
6.4 Teor e extração de nutrientes nas folhas.....	61
6.5 Teor e extração de nutrientes nas raízes.....	72
6.6 Requerimento de nutrientes.....	80
7. CONCLUSÕES.....	81
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

1. RESUMO

O presente trabalho objetivou verificar o efeito de diferentes níveis de macronutrientes na extração destes elementos, no teor contido na massa seca, bem como no crescimento de *Heteranthera reniformis*. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da FCA/UNESP, Campus de Botucatu-SP. O estudo foi realizado em duas etapas: a primeira consistiu de um ensaio com cinco diluições correspondentes a 20, 40, 60, 80 e 100% da solução completa de Sarruge (1975), além de uma testemunha constituída por água destilada por 32 dias, com o intuito de selecionar uma solução base (diluição a 80%) que condicionasse o melhor desenvolvimento da planta sendo utilizada para a aplicação dos níveis de nutrientes para a etapa seguinte do estudo. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com duas testemunhas (solução base e água destilada) e quatro níveis (0, 25, 50, 75% da solução base) avaliados individualmente em N, P, K, Ca, Mg e S, com quatro repetições, conduzido no período de 35 dias. As avaliações foram constituídas pela massa seca (folha, caule, raiz e total), medidas biométricas na raiz (volume, comprimento e diâmetros), área foliar, número de folhas, teores dos nutrientes e quantidade de extração dos respectivos nutrientes (folha,

caule, raiz e total). Os fatores limitantes ao crescimento de *H. reniformis* foram as ausências de N, P e Mg. As condições mais favoráveis ao desenvolvimento da planta ocorreram em soluções a 75% de P e 50 % de N, K, Mg e S, as quais propiciaram os maiores resultados de área foliar (465,5; 567,5; 512,6; 524,3 e 516,2 cm², respectivamente) e número de folhas (46; 75; 42; 69 e 53 folhas, respectivamente). Para a massa seca total e massa seca de caules, obtiveram maiores resultados (3,77 e 2,81 g, respectivamente) com a adição de 50% de N, enquanto nas folhas (1,27 g) ocorreu a 50 % de Mg. A biomassa do caule foi produzida em maior proporção em relação ao total dos componentes da planta, que variou entre 49,9 a 74,6%. A extração e o teor de nutrientes na planta inteira em função dos seus respectivos níveis (N: 124,9 kg.ha⁻¹ e 131,6 g.kg⁻¹; P 15,82 kg.ha⁻¹ e 13,58 g.kg⁻¹) expressaram o potencial da espécie na remoção de N e P. Quanto ao Mg, houve influência favorável e desfavorável, respectivamente, no crescimento da planta pela a adição de Mg e K. Os teores de N, Mg e S foram maiores nas folhas do que nos caules. Em relação à ordem decrescente de macronutrientes requeridos por *H. reniformis*, baseada nas quantidades extraídas para a produção de massa seca, foi: N>K>P>Mg>S.

Palavras-chave: Agriãozinho, macronutrientes, planta aquática.

GROWING, RESOURCES ALLOCATION AND NUTRIENT REQUIREMENTS OF *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav. Botucatu, 2003. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: VANESSA DAVID DOMINGOS

Adiviser: DAGOBERTO MARTINS

Co-adviseur: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

SUMMARY

This research aimed to study the effect of different macronutrients levels, its extraction and amounts in dry biomass, as well as to verify its influence over *Heteranthera reniformis* growing. The trial was carried out inside green-house at Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) of Plant Production Department of FCA/UNESP, Campus of Botucatu-SP. The study was realized at two steps: the first one consisted of five dilutions correspondent at 20, 40, 60, 80 and 100% of complete Hoagland solution adjusted for Sarruge (1975). Distil water was used to select a complete check (dilution at 80%), and as a basic solution just to apply the nutrients levels for the second

step. It was used the Complete Random Blocks as experimental design, with two treatments control (basic solution and distil water) 4 replications and four levels (0, 25, 50, 75 of the nutrient solution selected) and two evaluated alone in N, P, K, Ca, Mg and S during 35 days period. The characteristics evaluated were dry biomass (leaf, stem, root and total), root biometric dimensions (volume, length and diameters), foliar area, number of leaves, macronutrients grades (leaf, stem and root) and extraction quantity of respective nutrients. The limiting factors of *H. reniformis* growing were the omissions of N, P and Mg. The most favorable conditions for plant development occurred at solutions of 75% of P and 50% of N, K, Mg and S, that provided the biggest foliar area results (465.5; 512.6; 524.3 and 516.2 cm², respectively) and leaves numbers (46; 75; 42; 69 and 53 leaves, respectively). The majors total dry biomass and stem dry biomass (3.77 and 2.81 g, respectively) were obtained with addition of 50% of N, while the biggest leaves dry biomass (1,27 g) occurred at 50% of Mg. The stem dry biomass showed the highest plant proportion, that varied between 49.9 and 74.6% related to the total plants components. The extractions and grade of macronutrients on the entire plant in function of respective levels (N: 124.9 kg.ha⁻¹ and 131.6 g.kg⁻¹; P: 15.82 kg.ha⁻¹ and 13.58 g.kg⁻¹) expressed the specie potential of to remove N and P. Related to Mg, there was favorable and unfavorable influence by the addition of Mg and K. The N, Mg and S grades were highest in leaves when compared with stems. The decrease requirement order of macronutrients obtained for *H. reniformis*, according to the amounts removed to the dry biomass production, was N>K>P>Mg>S

Keywords: Agriãozinho, macronutrients, aquatic weed.

3. INTRODUÇÃO

As plantas aquáticas possuem diferentes graus de colonização, com ampla adaptação à diversas condições ambientais. Dentre as funções ecológicas estão a oferta de alimento e habitat propício para peixes e invertebrados, ciclagem de nutrientes, proteção das margens de corpos hídricos e, ainda, à retenção de nutrientes.

Entretanto, quando ocorrem modificações no ambiente, como despejo de resíduos urbanos e industriais, bem como o escoamento superficial de solo em áreas agrícolas podem propiciar o aumento da concentração de nutrientes que resulta em sérias perturbações no ecossistema. Em consequência, a grande quantidade de biomassa produzida pelas plantas aquáticas pode ocasionar maior consumo de oxigênio, devido a incrementos no teor de matéria orgânica através de sua decomposição (Larcher, 1986), o que determina normalmente a redução da quantidade de O₂ dissolvido na água.

O crescimento populacional rápido destas plantas e elevadas produções de biomassa favorecem a ocupação de vastas áreas, que pode afetar a múltipla utilização da água. Dentre os problemas mais frequentes, incluem a redução na produção de peixes e atividades pesqueiras, esportes aquáticos, navegação, irrigação e produção de energia hidrelétrica. Também, existem problemas como habitat favorável à criação de insetos vetores

de doenças em humanos e intoxicação de animais em cidades localizadas próximas a estes reservatórios. A medida que a concentração de nutrientes na água atinge níveis elevados, em geral, observa-se um aumento populacional de plantas aquáticas flutuantes como *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* Mitchell, emersas como *Egeria najas* Planch., *Egeria densa* Planch. e *Ceratophyllum demersum* L., e enraizadas nas margens de corpos hídricos como *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc, *Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf e *Brachiaria arrecta* (Hack.) Stent., entre outras (Thomaz, 2002).

Atualmente, existem vários estudos relacionados à absorção e movimento de nutrientes nas plantas aquáticas que permitem conhecer a capacidade de adaptação destas plantas, como em *M. aquaticum* (Nuttall, 1985; Sytsma et al., 1993; Rejmanek, 1991), *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Thypha domingensis* (Pers.) Poir., *E. crassipes*, *Myriophyllum spicatum* L., *C. demersum*, entre outras (Khedr et al., 1997 e Romero, 1999). No entanto, são escassos os estudos referentes à absorção de nutrientes e crescimento de *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav., que até o momento pode ser considerada infestante de áreas de arroz irrigado, bem como canais de irrigação (Vasconcelos et al., 1999; Ferrero, 1996; Vescovi et al. 1996).

H. reniformis é nativa de regiões de clima tropical e subtropical das Américas e África. No Brasil apresenta ampla distribuição em quase todo território. Considerada como uma planta perene, adapta-se tanto na água quanto no solo, desde que úmido. Desenvolve-se inicialmente a partir da semente que germina apenas em solo saturado de água, após o que, ocorre o enraizamento. No entanto, quando aumenta o nível da água, a planta desprende-se e flutua. Possui como meio de reprodução predominante a propagação vegetativa, através da qual se originam grandes conjuntos de plantas, sendo possível formar extensos tapetes flutuantes (Kissmann, 1997).

Visto que esta espécie possui uma elevada capacidade de colonização em condições favoráveis, torna-se necessário conhecer seu desenvolvimento para subsidiar medidas preventivas de controle. Assim, o presente projeto de pesquisa objetivou estudar o crescimento, alocação de recursos e requerimento de nutrientes de *H. reniformis* sob o efeito de diferentes níveis de nutrientes em condições ambientais controladas.

4. REVISÃO DE LITERATURA

Nos ambientes aquáticos, os nutrientes que estão acumulados nos sedimentos nas regiões mais profundas dos corpos hídricos, são regenerados e liberados à zona de produção. Em condições naturais, este sistema possui alta capacidade para solubilizar compostos orgânicos e inorgânicos que estão distribuídos em gradientes (Rickelefs, 1996), também associados a outros fatores como luz, temperatura e gases (Esteves, 1998). Estes gradientes determinam a distribuição espacial dos organismos condicionados aos seus respectivos habitats.

Entretanto, este equilíbrio tem sido alterado com o aumento constante na concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo. A eutrofização, processo natural e gradativo que ocorre em rios e lagos, tem sido acelerada pelo excesso destes nutrientes (Forni, 2001).

As plantas aquáticas conferem autonomia a este ambiente, pois representam a base da organização do sistema através da produção de biomassa que, ao decompor, promovem uma liberação maciça de nutrientes inorgânicos e matéria orgânica dissolvida. As taxas de liberação são influenciadas pela dinâmica populacional das plantas aquáticas, pela sua mortalidade durante e a seguir ao período de crescimento, pelas

condições ambientais presentes na morte e decomposição da matéria orgânica. Além destes fatores, o tipo de vegetação também influencia na decomposição, bem como na liberação de nutrientes e compostos orgânicos, sendo mais acelerada nas plantas aquáticas submersas e de folhas flutuantes quando comparada às emersas (Wetzel, 1993). Contudo, o crescimento excessivo de plantas aquáticas tem causado sérios problemas, citados anteriormente, que motivaram a realização de vários estudos. Segundo Esteves (1998), o aumento populacional desordenado destas plantas deve-se a dois fatores principais: à falta de predadores e ao aumento do nível de eutrofização do ambiente (aumento da oferta de fosfatos e compostos nitrogenados). Guillaumond (1977) ressaltou que *M. aquaticum* desenvolve-se geralmente em ecossistemas altamente afetados pelo homem.

De acordo com Esteves (1998), estes vegetais apresentam ampla biodiversidade, variando em diferentes graus de adaptação ao meio aquático. Isto pode ser observado em espécies como *H. reniformis*, que pode ser emersa ou submersa assim como aquelas verdadeiramente aquáticas, as plantas submersas.

Portanto, a classificação das plantas aquáticas foi dividida em grupos ecológicos (Esteves, 1998):

- Emersas: Plantas enraizadas no sedimento e com folhas fora d'água (*T. domingensis*, *Pontederia cordata* L. *Eleocharis geniculata* (L.) Roem. & Schult., etc.).
- Folhas flutuantes: plantas enraizadas no sedimento, e com folhas flutuando na superfície da água (*Nymphae ampla* DC., *Vitoria amazônica* (Poepp.) J.E Sowerby., *Nymphoides inidica* DW., etc.).
- Submersas enraizadas: plantas enraizadas no sedimento, que crescem totalmente submersas na água. Podem crescer até 11 m de profundidade, dependendo da disponibilidade de luz, a maioria tem órgãos reprodutivos flutuando na superfície ou aéreos (*M. aquaticum*, *E. densa*, *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle., etc.).
- Submersas livres: plantas que têm rizóides pouco desenvolvidos e que permanecem flutuando submergidas na água em locais de pouca turbulência. Geralmente ficam presas aos pecíolos e talos das plantas aquáticas de folhas flutuantes e

nos caules das emersas. Durante o período reprodutivo emitem flores emersas, com exceção de *C. demersum*.

- Flutuantes: são aquelas que flutuam na superfície da água, geralmente seu desenvolvimento máximo ocorre em locais protegidos pelo vento (*E. crassipes*, *S. molesta*, *P. stratiotes*, *Lemna minor* L. e *Azolla filiculoides* Lam.).

Khedr et al. (1997) estudaram a relação entre plantas aquáticas e seus ambientes em canais de irrigação e drenagem, classificando a vegetação em sete grupos de ocorrência. Verificaram que grupos de plantas submersas apresentavam menor diversidade de espécies e menor concentração de dominância, sendo mais afetadas pelo sombreamento das árvores na margem do canal do que emersas e flutuantes. As variáveis ambientais que apresentaram correlação significativa com espécies dominantes foram: sombreamento, largura do canal, condutividade elétrica e concentração do íon potássio na água.

Sytsma et al. (1993) verificaram em *Myriophyllum aquaticum* que a taxa de crescimento relativa de raízes adventícias apresentou-se maior em relação a planta inteira. Este comportamento pode sugerir um possível desvio na alocação de biomassa, após a emergência do meristema apical em contato com o ar.

Reddy et al. (1984) determinaram características de crescimento sazonal de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *Hydrocotyle umbellata* L. selecionadas e cultivadas em condições adequadas de nutrientes na Flórida central. Observaram que em condições não limitantes, *E. crassipes* produzia 2 kg de matéria seca por m² com densidade máxima de plantas, ainda que coletado 0,5 kg de matéria seca não afetou a razão de crescimento.

Rani & Bhambie (1983) estudaram o crescimento de *S. molesta* sob o efeito de duas condições de luz (sombra de árvores e radiação solar completa), sendo monitorada a temperatura e a incidência de radiação solar. Verificaram que o aumento na massa fresca tem uma relação linear positiva com a intensidade de luz (3500- 4500 kcal.m⁻².dia⁻¹) e temperatura do ar (25 – 30° C), com taxa de crescimento relativo variando de 0,01 a 0,07 g.dia⁻¹.

Camargo et al. (2002) realizaram comparação da produção primária de três plantas aquáticas submersas (*Utricularia foliosa* L., *E. densa* e *Cabomba furcata* Schultes) entre características físicas e químicas da água de rios de São Paulo. A produção

primária bruta de *U. foliosa* foi mais alta no verão ($24,75 \text{ mg O}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ peso seco} \cdot \text{h}^{-1}$) e *E. densa* no outono ($6,55 \text{ mg O}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ peso seco} \cdot \text{h}^{-1}$). A espécie mais produtiva foi *U. foliosa* que apresentou correlação positiva com a temperatura, além do recurso adicional de nutrientes, por ser uma planta carnívora. A baixa intensidade de luz e concentração de nutrientes limitou a produção primária de *E. densa*, não interferindo nos usos múltiplos da água.

Sanchez et. al. (2001) descreveram padrões de eutrofização em áreas de várzea e as respostas fisiológicas dos principais produtores primários em relação aos anos com maiores precipitações. Nestes anos, houve redução nos teores totais de nitrogênio e fósforo, com variações dependentes do nível da água. Observaram, também, que a planta aquática emersa *Cladium mariscus* (L.) Pohl apresentou uma relação significativa com estes nutrientes, podendo ser considerada como um indicador de eutrofização em áreas inundadas.

Existem estudos referentes à utilização destas plantas como alternativa para minimizar os efeitos negativos causados pela alta densidade populacional de plantas. Gao et. al. (2002) avaliaram a absorção de compostos organofosforados (Malathion, Demeton-S-Methyl e Crufomate) em *E. densa*, *M. aquaticum* e *Spirodela oligorrhiza* (Kurtz.) Hegelm. que expressaram um potencial para acumular e metabolizar estes compostos. Dentre as espécies testadas encontrou-se maiores evidências em *S. oligorrhiza* que, através de extratos de enzimas, degradou 15-25% dos pesticidas por um período de 24 horas.

Entretanto, a utilização de plantas aquáticas para reverter em benefícios ao homem e ao meio ambiente, requer um conhecimento mais elaborado em relação ao potencial produtivo destas plantas, bem como as propriedades físicas e químicas do meio, com o intuito de evitar maiores impactos no ecossistema.

4.1. *Heteranthera reniformis*

H. reniformis é uma planta aquática que pertence à família Pontederiaceae, possuindo alguns nomes populares como agriãozinho aquático, hortelã-dobrejo, pavoia, aguapé-mirim, dentre outros.

Lorenzi (2000) também caracterizou *H. reniformis* como uma planta perene, aquática, enraizada ou flutuante, herbácea, estolonífera, ramificada de 20-60 cm de comprimento, nativa da América Tropical e do Continente Africano.

Kissmann (1997) afirma que esta planta é infestante em solos úmidos ou inundados, como em áreas de arroz irrigado ou de várzea ocorrendo nas margens de canais e de outros corpos hídricos. A reprodução pode ser através de sementes que necessitam de solo saturado de água, mas também há propagação vegetativa com o que se originam grandes conjuntos de plantas. Dentre as características que diferenciam as espécies estão o formato das folhas que podem ser aéreas ou flutuantes e a quantidade de flores por espata, a exemplo de *H. reniformis* que possui várias flores formando um cacho enquanto que *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd. apresenta apenas uma flor.

Ferrero et al. (1996) avaliaram a influência de *H. reniformis* no rendimento da colheita de arroz irrigado através de modelos estimados de graus-dia para o crescimento da planta daninha. Esta espécie emergiu em intervalos de 7 dias até 49 dias após a emergência do arroz. Constataram uma redução de 20% no peso seco entre as plantas que acumularam 308 graus-dia em relação às plantas que emergiram com o arroz (403 graus-dias acumulados).

Kent et al. (2001) estudaram o crescimento de plantas daninhas de um banco de sementes do solo em função de diferentes profundidades de lâmina d'água (0, 2, 4 e 8 cm) e períodos de inundação (intervalos de 2, 4 e 7 dias). Em profundidades maiores observou-se um aumento no número de plantas de *Heteranthera callifolia* Rchb. ex. Kunth em relação a outras espécies estudadas.

4.2. Nutrição mineral de plantas aquáticas

A presença ou desenvolvimento de um organismo assim como a colonização de uma comunidade depende de um complexo de condições. Segundo a lei do mínimo de Liebig, sob condições de estado constante o material essencial que está disponível em quantidades mais próximas da necessidade mínima tende a ser o fator limitante (Odum, 1988). Portanto, o desenvolvimento de uma determinada espécie, em um ambiente sob condições constantes de nutrientes, temperatura e água pode ser afetado pela baixa incidência de luz, sendo este o fator limitante, que está incluído dentre os recursos essenciais para a sobrevivência da espécie. Os critérios de interpretação de resultados referentes à absorção de nutrientes e o crescimento da planta estão baseados no nível crítico que corresponde à concentração na folha abaixo do qual a taxa de crescimento se reduz significativamente (Dechen et al., 1995).

Rejmanek (1991) determinou em *M. aquaticum* padrões indicadores de deficiência através da razão N:P (nitrogênio e fósforo) a qual valores acima ou abaixo de 10 indicaram limitação de fósforo ou nitrogênio, respectivamente. Observou deficiência de P em folhas meristemáticas emersas com razão N:P maior que 1,9.

Sytsma (1993) encontrou razões N : P entre 7,8 e 8,4 determinando a importância relativa destes nutrientes que está relacionada de forma ambígua para a espécie, embora apresente maior sensibilidade à deficiência de fósforo. Concluíram que *M. aquaticum* possui adaptação a ambientes ricos em nutrientes por expressar sintomas de deficiência em uma restrita faixa de variação de concentração destes nutrientes, ou seja, pode ser considerada como uma espécie que necessita de maiores quantidades de nutrientes.

O estudo da biologia de algumas plantas aquáticas emersas como *M. aquaticum* e *Ludwigia peploides* (Kunth) Raven foi realizado por Rejmankova (1992), que apresentaram crescimento rápido, alto acúmulo de nitrogênio, maior alocação de biomassa e nitrogênio nas raízes com rápida decomposição. Estas plantas desenvolveram-se bem quando submetidas a uma ampla faixa de concentração de N adicionado em água (20 – 140 mg de $\text{NO}_3 \text{L}^{-1}$).

Nutall (1985) demonstrou o potencial de *M. aquaticum* para remover nitrogênio e fósforo em diferentes condições de luminosidade. Em lagoas cobertas com polietileno, constatou-se durante 6 meses uma taxa de crescimento média desta planta de 6,27 g/m²/dia, resultando em um acúmulo diário de P e N de 0,12 g/m² e 0,22 g/m², respectivamente.

Henry-Silva et al. (2002) avaliaram o efeito de diferentes concentrações de nitrogênio e fósforo no crescimento de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta*. O crescimento de *S. molesta* não apresentou limitações com as concentrações altas e baixas usadas (N total- 0,33 e 0,19 mg L⁻¹ / P total- 77 e 15,1 µg L⁻¹), enquanto *E. crassipes* e *P. stratiotes* apresentaram baixa taxa de crescimento relativo (0,016 g dia⁻¹ para ambas espécies) quando cultivadas em baixas concentrações de N e P.

Cary et al. (1983) avaliaram o crescimento de *S. molesta* influenciado pela temperatura e nutrientes na água. Encontraram valores de taxa de crescimento relativo maiores em condições de temperatura e nutrientes de 22 ° C e 2 mg PO₄³⁻ L⁻¹, sendo que a 19° C apresentou acúmulo de fósforo pela alta capacidade de estocar nutriente (1,3 % matéria seca). O controle desta espécie pode estar relacionado à manutenção de níveis mínimos de N e P na água.

Madsen et al. (2002) estudaram a contribuição relativa de raízes e folhas na absorção de nutrientes por plantas aquáticas submersas, condicionadas a um sistema de canal de drenagem ao ar livre, contendo água proveniente de um curso d'água rico em nutrientes, com fluxo de nitrogênio e fósforo inorgânicos. Verificaram que as espécies conseguiram suprir sua demanda por nutrientes minerais apenas pela absorção realizada através das folhas. Isto pode ser constatado quando as raízes foram removidas, não afetando a taxa de crescimento relativo.

Chambers et al. (1994) avaliaram o impacto causado pelo efluente de esgotos, a diferentes distâncias do mesmo, associado à variação de densidades de plantas aquáticas na dinâmica de nutrientes em rios. Verificaram que independente das distâncias do efluente estudadas, a presença de altas densidades (valor estimado 200 g m⁻²) de plantas aquáticas ocasionou um aumento na concentração de fósforo total (30 µg L⁻¹ para 118 µg L⁻¹)

e nitrogênio total dissolvido ($323 \mu\text{g L}^{-1}$ para $553 \mu\text{g L}^{-1}$), enquanto densidades moderadas (valor estimado 135 g m^{-2}) causaram menor impacto ($30 \mu\text{g L}^{-1}$ para $60 \mu\text{g L}^{-1}$) e ($323 \mu\text{g L}^{-1}$ para $277 \mu\text{g L}^{-1}$) para os respectivos nutrientes.

No entanto, os estudos referentes à absorção de nutrientes e crescimento de *H. reniformis* são inexistentes até o momento, embora seja uma espécie infestante de canais de irrigação e áreas de arroz irrigado e que possui potencial para colonizar áreas extensas, nas margens de corpos hídricos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa-de-vegetação no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da FCA/UNESP, Campus de Botucatu-SP.

As mudas foram obtidas em um canal de drenagem na várzea localizado na Fazenda Edgardia, que é pertencente à UNESP, Campus de Botucatu. Foram selecionadas mudas com três folhas. Para o plantio foram utilizados vasos plásticos (13,8 x 28,3 x 11,8 cm de largura, comprimento e altura, respectivamente) com capacidade para 4,5 litros, totalizando uma área de superfície aproximada de 0,04 m², contendo 0,5 litros de pedras de aquário lavadas com água destilada. Neste substrato foi realizado o plantio de uma muda (lavada com água destilada) sendo adicionado 0,5 litro de solução nutritiva com aeração constante através de um sistema de mangueiras e registros interligados a compressores de ar (marca Betta Angel). As soluções nutritivas foram renovadas a cada três dias, sendo lavado o substrato com água destilada.

O início do experimento, utilizado como referencial de comparação com as análises seqüenciais, foi determinado através de uma amostragem composta de vinte plantas selecionadas com o mesmo padrão pré-estabelecido para a montagem do experimento. Portanto, em todas as tabelas apresentadas, este tratamento foi denominado de “início”.

Antes da instalação do experimento foi realizado um teste que objetivou determinar a concentração de nutrientes da solução de Sarruge (1975) mais próxima dos níveis adequados para a espécie, solução esta utilizada como testemunha.

5.1 Avaliação de diluições da solução de Hoagland & Arnon (1950) adaptada por Sarruge (1975).

Nesta etapa prévia à instalação do estudo definitivo, seguindo métodos descritos anteriormente para seleção de mudas, plantio e condução de experimento, foram utilizadas cinco diluições correspondentes a 20, 40, 60, 80 e 100% da solução completa de Sarruge (1975), além de uma testemunha constituída por água destilada. A composição química das soluções diluídas está descrita na Tabela 1, as quais foram padronizadas a pH 6,5 através da adição de gotas de HCl ou NaOH.

Para manter as concentrações iniciais de nutrientes durante o intervalo de troca da solução, foram realizadas reposições do volume da solução com água destilada conforme a evaporação de cada vaso, através do nível marcado com grafite em uma plaqueta colada na lateral deste recipiente.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente ao acaso, com seis tratamentos em quatro repetições, com um período de duração de 32 dias. As variáveis analisadas foram: área foliar, número de folhas, massa seca (folha, caule, raiz e total) e medidas de raiz (volume, comprimento e diâmetro). Para a determinação do peso seco, as partes da planta foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar (62° C) até atingirem peso constante. Para as avaliações biométricas de raiz foi utilizado um sistema medidor constituído por um scanner, onde foram colocadas bandejas transparentes com água para receber uma alíquota da amostra de raiz, a qual foi determinado o peso seco para o cálculo por

regra de três simples para obter os valores da amostra total. As imagens da raiz foram enviadas para o software Winrhizo que calculou o comprimento, volume e diâmetro.

Tabela 1. Composição química das soluções nutritivas diluídas, correspondentes a porcentagens da solução completa de Sarruge (1975), expressa em ml da solução estoque por 2 litros da solução final.

Solução estoque	Tratamentos (%)				
	100	80	60	40	20
KH ₂ PO ₄	2	1,6	1,2	0,8	0,4
KNO ₃	10	8	6	4	2
Ca(NO ₃) ₂	10	8	6	4	2
MgSO ₄	4	3,2	2,4	1,6	0,8
Micronutrientes ¹	2	1,6	1,2	0,8	0,4
Fe-EDTA ²	2	1,6	1,2	0,8	0,4

1, 2 o preparo das soluções de micronutrientes e Fe-EDTA estão explicadas no item 5.3

Os resultados obtidos permitiram a escolha da solução nutritiva que propiciava condições próximas do nível ótimo que atenderia a demanda nutricional da espécie. Verificou-se que a diluição referente a 80% da solução completa de Sarruge propiciava condições mais favoráveis ao desenvolvimento da planta na maioria das variáveis analisadas em relação aos outros tratamentos (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Massa seca (folha, caule, raiz e total), área foliar e número de folhas de *Heteranthera reniformis* sob o efeito de diluições da solução de Sarruge (1975). Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Massa seca (g.vaso ⁻¹)				Área foliar (cm ²)	Número folhas
	Folha	Caule	Raiz	Total		
Início	0,032 d	0,061 e	0,008 e	0,148 e	16,53 d	3 d
Água destilada	0,027 d	0,220 e	0,055 d	0,255 e	17,65 d	8 d
20%	0,390 c	0,817 d	0,091 c	1,297 d	207,35 c	36 c
40%	0,743 b	1,787 b	0,190 a	2,720 b	349,15 b	66 a
60%	0,380 c	1,230 c	0,126 b	1,736 c	183,50 c	37 c
80%	0,923 a	2,410 a	0,188 a	3,521 a	420,44 a	51 b
100%	0,633 b	1,313 c	0,097 bc	2,044 c	292,90 b	43 c
Teste F	82,8 **	51,5 **	44,8 **	75,3 **	61,4**	69,9**
C.V. (%)	14,6	18,0	15,97	14,7	16,2	13,39
d.m.s	0,11	0,35	0,03	0,43	60,3	8,2

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.
 **Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Tabela 3. Volume, comprimento e diâmetro médio da raiz de *Heteranthera reniformis* sob o efeito de diluições da solução de Sarruge, (1975). Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Raiz					
	Volume		Comprimento		Diâmetro	
	(cm ³)		(cm)		(cm)	
Início	0,110	e	43,7	c	0,053	a
Água destilada	0,957	cd	658,7	c	0,045	b
20%	1,720	a	1696,6	b	0,036	c
40%	1,167	bc	2974,4	a	0,032	c
60%	1,440	ab	2106,3	b	0,037	c
80%	1,437	ab	1902,0	b	0,038	bc
100%	0,710	d	1799,1	b	0,036	c
Teste F	20,4**		20,4**		9,9**	
CV (%)	19,3		23,2		9,8	
d.m.s	0,36		648,83		0,0068	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

**Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

5.2 Soluções Nutritivas

Esta etapa foi realizada por um período de condução de 35 dias nas mesmas instalações, procedimentos de montagem e biometria do experimento anterior (Figura 1).

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente ao acaso com quatro níveis de N, P, K, Ca, Mg e S (0, 25, 50 e 75% da solução base) avaliados individualmente, além de duas testemunhas (solução base e água destilada), com quatro repetições.

As composições das soluções nutritivas utilizadas foram baseadas em 80% da solução de Sarruge (1975), na qual foram substituídos as respectivas variações dos níveis de concentração com o balanceamento dos nutrientes necessário para o estudo isolado de cada tratamento de acordo com as Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 apresentadas em anexo. A condutividade elétrica na água destilada foi 0,00 mS cm⁻¹, enquanto entre as soluções nutritivas houve variação de 0,95 a 2,66 mS cm⁻¹.

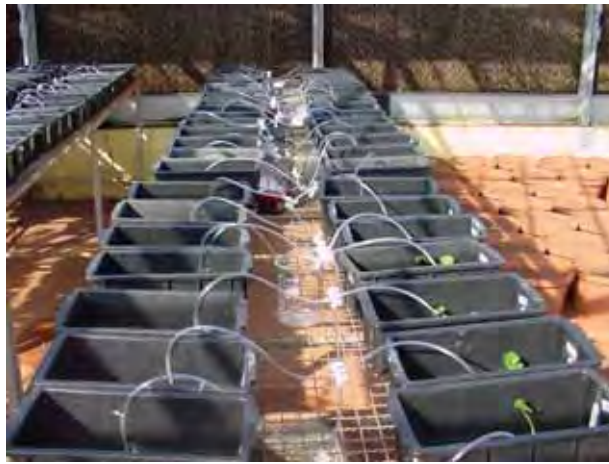


Figura 1. Fotos referentes ao início do experimento e detalhes da montagem. Botucatu/SP, 2003.

5.3 Soluções de micronutrientes e Fe-EDTA

Para o preparo da solução de micronutrientes foram utilizados H_3BO_3 (2,86 g), $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (1,81 g), ZnCl_2 (0,10 g), CuCl_2 (0,04 g), $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (0,02 g) sendo diluídos em água destilada e em seguida, o volume foi completado para 1 litro em um balão volumétrico.

A solução de Fe-EDTA foi obtida através da dissolução de 26,2 g de EDTA dissódico (etileno diamino tetra acetato de sódico) e 24,0 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ separadamente em água destilada, sendo depois misturados. Esta solução foi areada com um compressor de ar (Betta Angel) no período de 12 horas. Em seguida esta solução foi submetida a um filtro de papel sendo o volume completado para 1 litro em balão volumétrico e armazenada em frasco de vidro escuro, tampado e acondicionado em câmara fria.

5.4. Variáveis analisadas

As avaliações foram constituídas pela determinação da massa seca (folha, caule, raiz e total), medidas biométricas na raiz (volume, comprimento total e diâmetro), área foliar, número de folhas, teores e quantidade de extração dos nutrientes sob estudo nas partes planta (folha, caule, raiz e total).

A determinação dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas diferentes partes da planta foi realizada no Laboratório de Relação Solo/Planta do Departamento de Produção Vegetal, da FCA-Unesp/Botucatu. Para a determinação dos teores de P, K, Ca, Mg e S, o material vegetal foi digerido em uma mistura de ácido nítrico-perclórico, sendo para o N submetido à digestão sulfúrica, seguindo metodologia proposta por Malavolta et al. (1989). O N das amostras foi determinado por titulometria, enquanto os outros macronutrientes foram determinados por espectrometria de plasma.

Os resultados dos teores dos macronutrientes avaliados nas diferentes partes da planta foram expressos em $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ da massa seca, que possibilitou determinar a quantidade desses elementos extraídos em $\text{mg} \cdot \text{vaso}^{-1}$, através da multiplicação dos teores pela produção de massa seca. Em relação aos resultados de teores e extração dos macronutrientes,

que não foram apresentados em determinadas variáveis, houve a necessidade de priorizar quanto ao elemento avaliado em questão pela restrição de massa seca disponível para as duas digestões ácidas.

Quanto aos resultados referentes ao cálcio foi constatada contaminação desse elemento no tratamento de ausência do mesmo. Este fato pode ser explicado por uma provável liberação de cálcio do substrato (pedra de aquário) para a solução, a qual apresentou concentração média de $77.970 \text{ mg kg}^{-1}$ no final do experimento. Portanto, os resultados de todas as variáveis analisadas referentes a este nutriente não foram apresentados em função da alteração dos níveis de cálcio pré-determinados.

A análise de variância dos resultados foi efetuada pelo teste F e a comparação de médias pelo teste t a 5% de probabilidade.

5.5 Variáveis climáticas

Durante o período experimental, foram coletadas diariamente as variáveis climáticas referentes à temperatura e umidade relativa (%), mínimas e máximas. Os resultados destas variáveis estão apresentados nas Figuras 2 e 3.

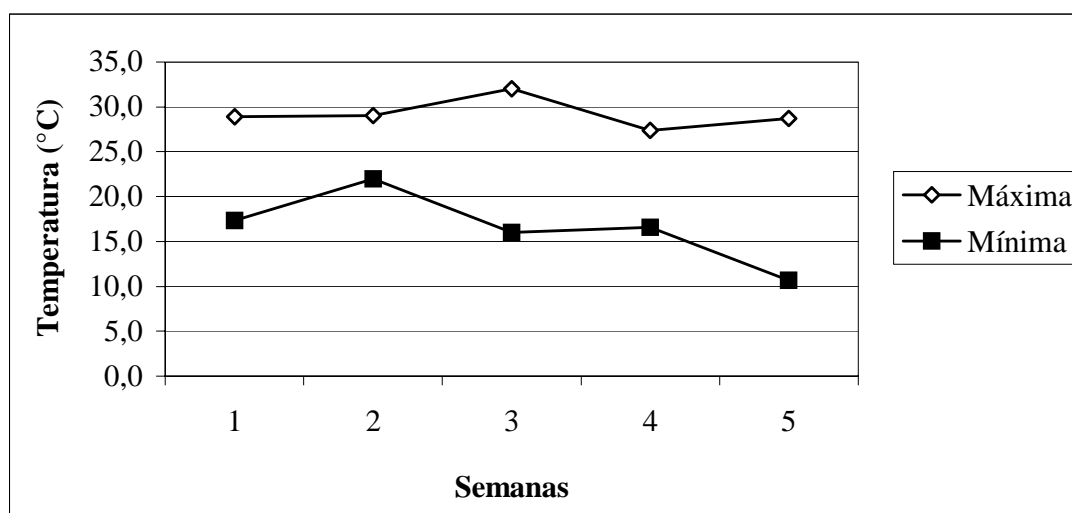


Figura 2. Temperatura média semanal, durante o período de junho a julho.

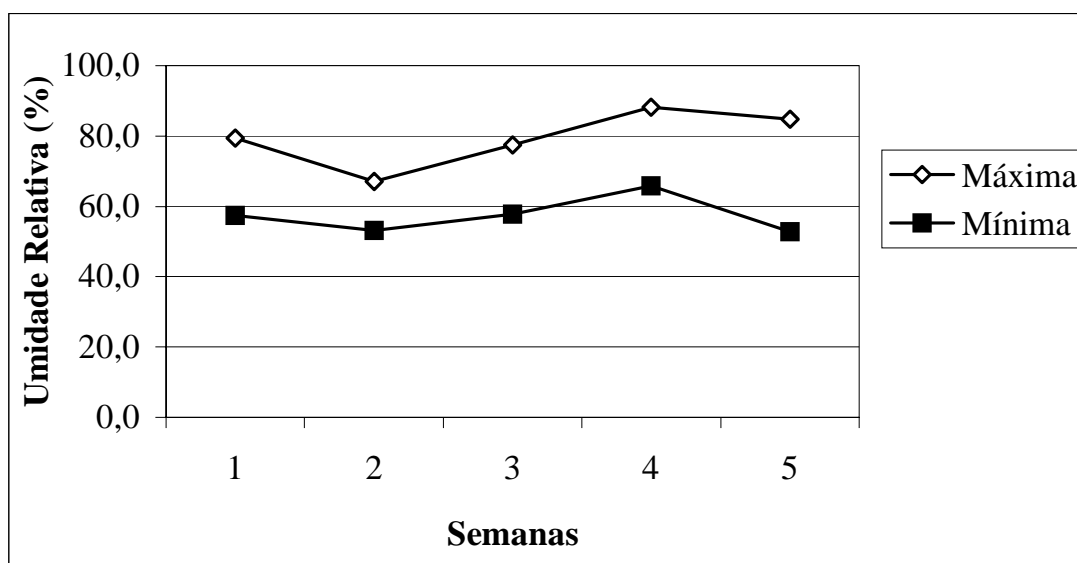


Figura 3. Umidade relativa média semanal, durante o período de junho a julho.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Parâmetros biométricos e diagnose visual

O efeito das diferentes concentrações de macronutrientes sobre a área foliar e o número de folhas encontram-se apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. Observou-se que a maior área foliar e número de folhas foram obtidos com a utilização de 50 % de nitrogênio, sendo semelhante à solução completa, porém quanto a área foliar, apenas os níveis de 50-75% de N foram estatisticamente semelhante à solução completa. Dentre os níveis de fósforo, verificou-se um aumento crescente na área foliar e no número de folhas com o incremento de fósforo na solução. Quanto aos níveis de potássio, observou-se que estas duas variáveis apresentaram valores crescentes até 50% de potássio, sendo este tratamento semelhante à solução completa. Em relação aos níveis de magnésio, nitrogênio e fósforo pode ser ressaltada a importância destes elementos para a planta, quando foram comparados os tratamentos de ausência e água destilada. Verificou-se que a ausência de magnésio condicionou a maior redução na área foliar em relação à ausência de todos os elementos. Enquanto, a ausência de enxofre também afetou a área foliar, embora os demais níveis deste elemento não tenham apresentado diferenças estatísticas.

Tabela 4. Efeito de diferentes concentrações de macronutrientes sobre a área foliar (cm²) de *Heteranthera reniformis*. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	15,6	d	15,6	c	15,6	c	15,6	c	15,6	c
Água destilada	29,44	d	29,44	c	29,44	c	29,44	c	29,44	c
0 %	34,50	d	90,46	c	376,61	b	22,94	c	212,29	b
25 %	299,59	c	366,63	b	307,60	b	380,46	b	493,36	a
50 %	567,50	a	379,25	b	512,57	a	524,30	a	516,15	a
75 %	486,33	b	465,53	ab	334,32	b	472,90	a	450,23	a
100 %	508,37	ab	508,37	a	508,37	a	508,37	a	508,37	a
Teste F	85,2**		26,1**		26,8**		60,5**		31,3**	
C.V. (%)	19,4		31,4		26,5		22,5		25,5	
d.m.s	79,2		122,3		115,9		92,3		119,3	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.
 **Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Tabela 5. Efeito de diferentes concentrações de macronutrientes sobre o número de folhas de *Heteranthera reniformis*. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	3	d	3	c	3	d	3	c	3	d
Água destilada	8	d	8	c	8	d	8	c	8	d
0 %	6	d	12	c	37	bc	7	c	26	c
25 %	42	c	33	b	28	c	47	b	53	a
50 %	75	a	42	ab	42	ab	45	b	49	ab
75 %	53	b	46	ab	36	bc	69	a	41	ab
100 %	49	bc	49	a	49	a	49	b	49	ab
Teste F	115,7**		20,1**		23,1**		146,8**		37,8**	
C.V. (%)	13,4		27,2		21,7		11,5		17,8	
d.m.s	7,9		13,1		11,0		6,5		10,2	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.
 **Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Na Tabela 6 observa-se que a massa seca de folhas de *H. reniformis* foi afetada em função dos níveis dos nutrientes. Verificou-se uma maior produção de folhas com a utilização da solução a 50% dos macronutrientes. Como observado nos resultados de área

foliar, nos tratamentos com água destilada e ausência de Mg, notou-se que a falta desse nutriente bem como do nitrogênio na solução pode ser tão prejudicial quanto à ausência de todos os nutrientes. Isso confirma a importância vital do nitrogênio e magnésio na planta, que está relacionada à constituição de aminoácidos, proteínas, atividade enzimática, assim como síntese de clorofila. Em relação à ausência de enxofre, pode ser verificada uma redução na massa seca de folhas, embora em proporções menores aos citados, mas significativas quando comparada com os resultados dos demais nutrientes.

Tabela 6. Efeito de diferentes concentrações de macronutrientes sobre a massa seca das folhas (g/vaso) de *Heteranthera. reniformis*. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
Início	0,032 e	0,032 c	0,032 c	0,032 d	0,032 c
Água destilada	0,028 e	0,028 c	0,028 c	0,028 d	0,028 c
0 %	0,073 e	0,167 c	0,810 ab	0,067 d	0,383 b
25 %	0,527 d	0,577 b	0,563 b	0,857 bc	0,981 a
50 %	1,073 a	0,723 ab	1,087 a	1,217 a	0,977 a
75 %	0,896 b	0,933 a	0,793 ab	0,956 b	1,012 a
100 %	0,793 c	0,793 ab	0,793 ab	0,793 c	0,793 a
Teste F	238,1**	12,0**	14,4**	99,4**	30,6**
C.V. (%)	10,3	41,1	31,8	15,6	23,2
d.m.s	0,088	0,335	0,327	0,154	0,244

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

**Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quanto à massa seca de caules (Tabela 7), observou-se maior incremento na biomassa seca das plantas de *H. reniformis* a 75 % para nitrogênio e magnésio (2,81g e 2,72 g). Verificou-se, também, que houve aumento da biomassa caulinar com o aumento dos níveis de N, P, Mg e S, exceto para o K.

Tabela 7. Efeito de diferentes concentrações de macronutrientes sobre a massa seca de caules (g/vaso) de *Heteranthera reniformis*. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
Início	0,056 c	0,056 b	0,056 c	0,056 c	0,056 c
Água destilada	0,087 c	0,087 b	0,087 c	0,087 c	0,087 c
0 %	0,226 c	0,460 b	1,640 a	0,240 c	0,830 b
25 %	1,467 b	1,270 a	0,859 b	1,273 b	1,577 a
50 %	2,526 a	1,090 a	1,743 a	1,420 b	1,613 a
75 %	2,810 a	1,617 a	1,317 ab	2,723 a	1,633 a
100 %	1,447 b	1,447 a	1,447 ab	1,447 b	1,447 a
Teste F	83,6**	10,6**	8,0**	107,4**	32,1**
C.V. (%)	17,7	40,2	42,3	15,8	21,1
d.m.s	0,38	0,61	0,76	0,29	0,38

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

**Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Em relação à biomassa de raízes, a aplicação de 25% de N, já proporcionou a maior massa seca de raízes em comparação aos demais tratamentos (Tabela 8). Merece ressaltar que a ausência de N, condicionou a uma biomassa de raízes estatisticamente semelhante à solução completa, sendo possível inferir que nas condições avaliadas, a ausência de N provavelmente induziria ao crescimento de raízes para aumentar a área de exploração do meio em busca de nutrientes.

Tabela 8. Efeito de diferentes concentrações de macronutrientes sobre a massa seca de raízes (g/vaso) de *Heteranthera reniformis*. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
Início	0,0087 d	0,0087 c	0,0087 d	0,0087 d	0,0087 c
Água destilada	0,0532 cd	0,0532 bc	0,0532 cd	0,0532 cd	0,0532 bc
0 %	0,1090 bc	0,1486 ab	0,1356 ab	0,0143 d	0,1534 a
25 %	0,2549 a	0,1921 a	0,0945 bc	0,1099 bc	0,1389 ab
50 %	0,1667 ab	0,1256 abc	0,1854 a	0,2073 a	0,1595 a
75 %	0,0648 cd	0,2426 a	0,0814 bc	0,1830 a	0,0876 abc
100 %	0,1646 ab	0,1646 ab	0,1646 a	0,1646 ab	0,1646 a
Teste F	6,6**	3,5*	10,4**	15,7**	3,5*
C.V. (%)	48,2	55,6	32,5	33,9	51,6
d.m.s	0,099	0,130	0,059	0,063	0,099

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Na Tabela 9 encontram-se as médias da massa seca total, onde não houve diferenças entre os níveis de P e S, exceto as respectivas ausências. A adição de 50% de N proporcionou a maior produção de massa seca total (3,77 g), embora não tenha apresentado diferenças em relação a 75% de N. Quanto ao K e Mg, observou-se a 50% e 75% maiores produções de massa seca em relação aos seus demais níveis.

Tabela 9. Efeito de diferentes concentrações de macronutrientes sobre a massa seca total (g/vaso) de *Heteranthera reniformis*. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
Início	0,097 c	0,097 b	0,097 c	0,097 d	0,097 c
Água destilada	0,169 c	0,169 b	0,169 c	0,169 d	0,169 c
0 %	0,407 c	0,775 b	2,586 ab	0,322 d	1,367 b
25 %	2,248 b	2,039 a	1,517 b	2,240 c	2,696 a
50 %	3,766 a	1,939 a	3,015 a	2,844 b	2,750 a
75 %	3,770 a	2,792 a	2,191 ab	3,863 a	2,733 a
100 %	2,405 b	2,405 a	2,405 ab	2,405 c	2,405 a
Teste F	182,7**	12,3**	10,5**	219,2**	30,4**
C.V. (%)	11,3	37,1	36,5	10,3	21,6
d.m.s	0,35	0,95	1,1	0,31	0,67

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Na Tabela 10 está apresentada a distribuição percentual da massa seca das diferentes partes da planta de *H. reniformis* analisadas (folha, caule e raiz), bem como a massa seca total da planta. Verifica-se que a biomassa caulinar predomina em relação aos demais componentes, independente do nível de nutriente aplicado. Este comportamento pode estar relacionado à função fotossintética do caule pela presença de pigmentos verde (clorofila) associada, provavelmente, à melhor utilização dos recursos em relação a gastos metabólicos na formação desta biomassa. Isto pode ser comprovado na contribuição do caule, que obteve resultados variando entre 49,9 a 74,6 % em relação à matéria seca total referente aos tratamentos 50 e 0% de Mg, respectivamente. Para estes dois extremos, a contribuição de raízes, foi mais expressiva no nível de maior concentração (50% de Mg), o qual obteve 7,3 % enquanto que a ausência de Mg atingiu 4,4 %. No entanto, este comportamento foi o inverso no cultivo em água destilada, a qual apresentou a maior proporção de raízes (31,5 %) em relação aos tratamentos avaliados e principalmente quanto às ausências de N (26,8%), P (19,2%) e S (11,2%) que foram maiores em relação aos seus respectivos níveis mais concentrados. Estes resultados demonstram que *H. reniformis*, nas condições testadas, destina grande parte dos fotoassimilados para a produção de raízes, quando na ausência dos nutrientes

essenciais para seu desenvolvimento. Este fato permite refletir sobre o potencial agressivo da espécie, que em condições nutricionais adversas prioriza a produção de biomassa que pode retornar em recursos para a sua sobrevivência.

A alocação de biomassa nas folhas apresentou uma amplitude que variou entre 16,6 e 42,8 % em relação ao total de massa seca produzida pela planta, os quais são referentes ao cultivo em água destilada e 50% de Mg.

Tabela 10. Produção de massa seca total expressa em g/vaso e sua distribuição percentual entre os componentes de *Heteranthera reniformis*, sob diferentes níveis (%), em comparação ao início do experimento e cultivo em água destilada. Botucatu/SP, 2003.

Níveis	N						
	Início	Água destilada	0 ¹	25	50	75	100
(g/vaso)	0,097	0,169	0,407	2,248	3,766	3,770	2,404
Folha %	33,0	16,6	17,9	23,4	28,5	23,8	33,0
Caule %	57,7	51,5	55,5	65,3	67,1	74,5	60,2
Raiz %	9,0	31,5	26,8	11,3	4,4	1,7	6,8
P							
(g/vaso)	0,097	0,169	0,775	2,039	1,939	2,792	2,405
Folha %	33,0	16,6	21,5	28,3	37,3	33,4	33,0
Caule %	57,7	51,5	59,4	62,3	56,2	57,9	60,2
Raiz %	9,0	31,5	19,2	9,4	6,5	8,7	6,8
K							
(g/vaso)	0,097	0,169	2,586	1,517	3,015	2,191	2,405
Folha %	33,0	16,6	31,3	37,1	36,1	36,2	33,0
Caule %	57,7	51,5	63,4	56,6	57,8	60,1	60,2
Raiz %	9,0	31,5	5,2	6,2	6,1	3,7	6,8
Mg							
(g/vaso)	0,097	0,169	0,322	2,240	2,844	3,863	2,405
Folha %	33,0	16,6	20,8	38,3	42,8	24,7	33,0
Caule %	57,7	51,5	74,6	56,8	49,9	70,5	60,2
Raiz %	9,0	31,5	4,4	4,9	7,3	4,7	6,8
S							
(g/vaso)	0,097	0,169	1,367	2,696	2,750	2,733	2,405
Folha %	33,0	16,6	28,0	36,4	35,5	37,0	33,0
Caule %	57,7	51,5	60,7	58,5	58,7	59,8	60,2
Raiz %	9,0	31,5	11,2	5,2	5,8	3,2	6,8

1) 0, 25, 50, 75 e 100 correspondem a porcentagens do nutriente na solução completa.

O volume total de raiz (Tabela 11), não diferiu entre os tratamentos de K (exceto a 50%) e S (exceto ausência). Já, para N observou-se diferenças entre as soluções de menor e maior concentração, em que as primeiras condicionaram um maior volume médio entre si. Entre as ausências dos demais tratamentos, também foi observado este

comportamento, que pode ser considerado, de forma geral, como uma indução ao desenvolvimento de raízes quando se encontra em condições de estresse nutricional.

Tabela 11. Efeito de diferentes concentrações de macronutrientes sob o volume (cm³) da raiz de *Heteranthera reniformis*. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	0,12	d	0,12	c	0,12	d	0,12	c	0,12	c
Água destilada	0,33	cd	0,33	c	0,33	cd	0,33	c	0,33	c
0%	1,01	bc	1,20	b	0,71	bc	0,14	c	1,06	b
25%	2,03	a	1,27	ab	0,72	b	1,04	b	1,56	ab
50%	1,49	ab	1,33	ab	1,63	a	1,70	a	1,65	ab
75%	0,54	cd	1,79	a	0,90	b	1,37	ab	1,79	a
100%	1,31	ab	1,31	ab	1,31	a	1,31	ab	1,31	ab
Teste F	7,88**		10,13**		17,33**		16,8**		10,82**	
C.V. (%)	43,5		31,1		26,8		32,2		31,0	
d.m.s	0,7		0,6		0,4		0,5		0,6	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Em relação ao comprimento total de raiz (Tabela 12), para N, K (exceto a 50 e 75% de K) e S não foram observadas diferenças entre seus respectivos níveis. A ausência de Mg apresentou um sistema radicular menos desenvolvido, com redução significativa em comparação ao cultivo em água destilada. Quando as plantas foram cultivadas na ausência de P, verificou-se maior comprimento total de raiz em relação ao maior nível do nutriente na solução. Este comportamento também foi observado em plantas de milho híbrido cultivadas sob estresse de P, o qual pode ter favorecido a diferenciação na partição dos fotoassimilados, sendo esta hipótese atribuída à ausência deste elemento (Brasil, 2003). Portanto, *H. reniformis* demonstrou ser uma espécie altamente agressiva com potencial em recrutar P, mesmo em ambientes estressados, já que a absorção deste nutriente ocorre via difusão, ou seja, contato íon-raiz.

Tabela 12. Efeito de diferentes concentrações de macronutrientes sob o comprimento (cm) da raiz de *Heteranthera reniformis*. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	43,0		43,0	c	43,0	c	43,0	c	43,0	c
Água destilada	245,8		245,8	c	245,8	c	245,8	c	245,8	bc
0%	571,6		2094,6	a	819,3	bc	193,9	c	927,1	abc
25%	740,4		1834,6	ab	1001,2	bc	946,2	b	1918,6	a
50%	912,5		1146,5	abc	2579,6	a	1565,9	a	1314,1	ab
75%	1187,6		1930,5	ab	1297,9	b	1291,7	ab	1974,0	a
100%	901,0		901,0	bc	901,0	bc	901,0	b	901,0	abc
Teste F	1,53 ^{ns}		4,71 ^{**}		6,82 ^{**}		9,35 ^{**}		4,13 [*]	
C.V. (%)	85,6		56,2		55,8		45,0		61,1	
d.m.s	985,0		1151,3		961,1		584,4		1118,9	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

ns Não significativo pelo teste F.

Quanto ao diâmetro das raízes (Tabela 13), em termos absolutos, com exceção do nível 25% de N, houve o crescimento de raízes mais finas quando comparadas ao início. Nielsen & Barber (1978) citados por Brasil (2003), relatam a importância de sistemas radiculares mais finos por possuírem geometria mais favorável à absorção de nutrientes pouco móveis no solo, a exemplo do P. Isto permite refletir que em ambientes ricos em nutrientes *H. reniformis* prioriza o desenvolvimento de raízes mais finas, para aumentar a eficiência na absorção.

Tabela 13. Efeito de diferentes concentrações de macronutrientes sobre o diâmetro médio (cm) da raiz de *Heteranthera reniformis*. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	0,058	a	0,058	a	0,058	a	0,058	a	0,058	a
Água destilada	0,041	c	0,041	b	0,041	b	0,041	b	0,041	b
0%	0,043	c	0,039	b	0,033	c	0,030	c	0,038	b
25%	0,051	ab	0,037	b	0,030	c	0,039	b	0,035	b
50%	0,045	bc	0,038	b	0,030	c	0,036	bc	0,040	b
75%	0,037	c	0,038	b	0,036	c	0,036	bc	0,039	b
100%	0,040	c	0,040	b	0,040	b	0,040	b	0,040	b
Teste F	8,61**		11,98**		25,48**		17,64**		13,89**	
C.V. (%)	9,5		8,8		8,9		9,0		8,4	
d.m.s	0,0074		0,0064		0,0059		0,0063		0,0061	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Os sintomas visuais expressos pela planta quando determinado elemento encontra-se em quantidades insuficiente ou excessiva, que pode resultar em deficiência ou toxicidade, geralmente são difíceis para identificar. A limitação se baseia no conhecimento das características morfológicas apresentadas pela espécie em resposta às condições de intrínsecas de vários ambientes naturais. Nas Figuras de 4 a 8, estão apresentadas fotos das plantas de *H. reniformis* sob o efeito de diferentes concentrações de macronutrientes aos 35 dias após o transplante (D.A.T).

Em relação aos sintomas visíveis, pode-se descrever as deficiências para:

- Nitrogênio: as plantas cultivadas sob a ausência, apresentaram redução no desenvolvimento através da biomassa total, área foliar e número de folhas em relação a 50% de N (tratamento favorável); amarelecimento generalizado no limbo, referente ao cultivo em água destilada (início após a 2ª semana de transplante) e a 25% de N (início após a 3ª semana de transplante) (Figura 4).

- **Fósforo:** as plantas cultivadas sob a ausência apresentaram redução no número de folhas, área foliar; as folhas conservaram formato normal e possuíam limbo verde claro; e poucas ramificações (Figura 5).
- **Potássio:** as plantas condicionadas às concentrações analisadas apresentaram área foliar desenvolvida, semelhante à solução completa (100% de K) (Figura 6).
- **Magnésio:** as plantas cultivadas sob a ausência, apresentaram redução no desenvolvimento, através da área foliar, número de folhas, biomassa total, processo de mortalidade acelerado quando comparado ao cultivo em água destilada; amarelecimento generalizado a 25% de Mg (Figura 7).
- **Enxofre:** as plantas condicionadas à ausência, apresentaram redução no desenvolvimento, através da área foliar, número de folhas, biomassa total; concentração de ramificações curtas; e limbo foliar verde claro com aspecto pálido (Figura 8).



100% água destilada 0%



100% água destilada 25%



100% água destilada 50%



100% água destilada 75%

Figura 4. *Heteranthera reniformis* sob o efeito de diferentes níveis de nitrogênio (0, 25, 50, 75 e 100%) e sob o cultivo em água destilada aos 35 D.AT. Botucatu/SP, 2003.



100% água destilada 0%



100% água destilada 25%



100% água destilada 50%



100% água destilada 75%

Figura 5. *Heteranthera reniformis* sob o efeito de diferentes níveis de fósforo (0, 25, 50, 75 e 100%) e sob o cultivo em água destilada aos 35 D.AT. Botucatu/SP, 2003.



100% água destilada 0%



100% água destilada 25%



100% água destilada 50%



100% água destilada 75%

Figura 6. *Heteranthera reniformis* sob o efeito de diferentes níveis de potássio (0, 25, 50, 75 e 100%) e sob o cultivo em água destilada aos 35 D.AT. Botucatu/SP, 2003.



100% água destilada 0%



100% água destilada 25%



100% água destilada 50%



100% água destilada 75%

Figura 7. *Heteranthera reniformis* sob o efeito de diferentes níveis de magnésio (0, 25, 50, 75 e 100%) e sob o cultivo em água destilada aos 35 D.AT. Botucatu/SP, 2003.



100% água destilada 0%



100% água destilada 25%



100% água destilada 50%



100% água destilada 75%

Figura 9. *Heteranthera reniformis* sob o efeito de diferentes níveis de enxofre (0, 25, 50, 75 e 100%) e sob o cultivo em água destilada aos 35 D.AT. Botucatu/SP, 2003.

O suprimento de nitrogênio afetou significativamente o crescimento das plantas, seguido do magnésio e fósforo, como observado nas variáveis anteriormente analisadas. Isto expressa a importância do nitrogênio para a espécie que, dentro da amplitude de concentrações testadas, este nutriente foi considerado o principal limitante para o crescimento de *H. reniformis*.

Na Tabela 14 estão apresentadas as razões N:P encontradas nas folhas de *H. reniformis*. Koerselman et al. (1996) sugeriram que a razão N:P determinada na vegetação diretamente indica quais dos dois nutrientes, N ou P, são limitantes. Rejmanek (1991), determinou em *M. aquaticum* padrões indicadores de deficiência através da razão N:P em folhas meristemáticas emersas, na qual valores acima ou abaixo de 10 indicaram limitação de fósforo ou nitrogênio, respectivamente. Duarte (1992), citado por Romero et al. (1999), compilou dados em concentrações de nutrientes de várias plantas aquáticas e concluiu que N e P tenderam sempre a estar presentes nos tecidos das plantas em uma razão próxima de 12.

Tabela 14. Relação N:P nas folhas de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	9,0	b	9,0	b	9,0	b	9,0	c	9,0	c
0 %	-		-		9,2	b	-		10,2	bc
25 %	8,5	b	10,6	b	9,9	b	16,2	ab	18,8	ab
50 %	6,9	b	9,6	b	10,7	b	12,9	bc	17,6	abc
75 %	7,2	b	8,7	b	11,4	b	-		11,2	abc
100 %	19,0	a	19,0	a	19,0	a	19,0	a	19,0	a
Teste F	72,0**		79,2**		17,0**		28,1**		2,7	°
C.V. (%)	14,8		12,4		13,7		27,8		34,3	
d.m.s	2,2		2,1		2,8		4,7		8,7	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

° Significativo pelo teste F a 10 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

No presente estudo optou-se por utilizar o padrão proposto por este último autor, pelo fato de ser uma razão generalizada para plantas aquáticas. Dentre os tratamentos de nutrientes analisados, foram encontradas razões N:P entre 6,9 a 19,0, que apresentou maior sensibilidade à deficiência de nitrogênio. Contudo, o suprimento de N analisado não foi suficiente para evitar a limitação deste elemento nas folhas, que provavelmente tenha sido direcionado para outras partes da planta, a exemplo do caule.

Romero et al. (1999) analisaram o efeito de N e P no crescimento de *P. australis* e verificaram razões molares entre 17 e 22 (razão molar ideal 26,6), o que indicou limitação de N em todos os tratamentos, nos quais utilizou fertilizantes comerciais na concentração de $500 \mu\text{mol l}^{-1}$ a $1000 \mu\text{mol l}^{-1}$. A limitação de N ocorrida nesta espécie aquática foi discutida pelo autor, sugeriu que o ambiente controlado em casa-de-vegetação não forneceu condições de luz suficiente para a saturação da fotossíntese de *P. australis* e, portanto, o período de luz usado pode estar associado à temperatura e, provavelmente, limitou o crescimento em altas concentrações de N.

Entretanto, o crescimento de *H. reniformis* analisado pela massa seca total demonstrou que houve resposta ao suprimento de nitrogênio, visto que as maiores biomassas foram obtidas nas soluções a 50 e 75% de N. As plantas condicionadas na solução completa (100% de N) apresentaram limitação de P (N:P = 19,0), seguida dos tratamentos 25 a 50% de Mg (N:P = 16,2 e 12,9) e S (N:P = 18,8 e 17,6). No entanto, as razões N:P nos tecidos das plantas podem ser reguladas não apenas pelo suprimento externo destes nutrientes, mas por alguns outros fatores de crescimento, ou combinação destes fatores, que não foi possível serem revelados no presente estudo.

A relação N:Mg nas folhas está representada na Tabela 15. Verificou-se que na ausência de S, bem como entre os níveis 25 a 75% de Mg e propiciaram os maiores valores desta relação, ou seja, nestas condições a planta priorizou a absorção de N. Com o aumento da concentração de K houve um aumento na relação N:Mg, o que, indica que houve competição entre Mg e K entre 50 e 100% de K. As condições mais favoráveis à absorção de Mg ocorreram entre os níveis de 25 a 75% de N e P, os quais determinaram menores relações N:Mg.

Tabela 15. Relação N:Mg nas folhas de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	12,0	b	12,0	b	12,0	b	12,0	b	12,0	d
0 %	-		-		7,3	d	-		28,3	a
25 %	7,3	c	6,8	c	8,2	cd	26,0	a	20,2	bc
50 %	7,1	c	7,2	c	11,0	bc	-		23,3	ab
75 %	8,0	c	6,2	c	12,1	b	23,8	a	22,7	ab
100 %	15,2	a	15,2	a	15,2	a	15,2	b	15,2	cd
Teste F	61,1**		105,1**		8,2**		45,9**		9,6°	
C.V. (%)	13,8		11,2		15,9		22,3		16,2	
d.m.s	2,0		1,6		3,1		5,1		5,9	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

° Significativo pelo teste F a 10 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

6.2 Teores e extração de nutrientes na planta inteira

Na Tabela 16 estão apresentados os teores de N na massa seca total e parte aérea de *H. reniformis*. Nota-se que os maiores teores (137,63 e 131,63 g.kg⁻¹) foram obtidos quando a planta foi cultivada em solução completa (100% de N) e a 75 % de N, respectivamente. Quanto aos demais nutrientes, que são referente à parte aérea da planta, observou-se que a ausência de K e S condicionou a menores teores de N (115,69 e 113,61 g.kg⁻¹), apresentando diferenças entre seus respectivos níveis.

Tabela 16. Teores de nitrogênio na massa seca total e parte aérea (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N ²	P ¹	K ¹	Mg ¹	S ¹
Início	133,86 a	101,45 ab	101,45 c	101,45 b	101,45 c
0 %	107,54 b	-	115,69 b	-	113,61 b
25 %	106,98 b	90,44 c	134,77 a	133,61 a	123,11 a
50 %	104,25 b	104,02 a	126,70 ab	82,04 c	126,70 a
75 %	131,63 a	95,53 abc	126,89 ab	-	124,88 a
100 %	137,63 a	94,59 bc	94,59 c	94,59 b	94,59 d
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Teste F	13,2**	74,3**	15,2**	38,2**	48,8**
C.V. (%)	6,2	5,7	6,0	7,2	2,9
d.m.s	13,2	8,9	12,5	8,8	5,9

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

1 Parte aérea

2 Massa seca total

A extração de N na planta inteira e parte aérea (Tabela 17), apresentou aumentos crescentes com a adição de N (25-75%) à solução. A absorção de nitrogênio obtida entre os níveis de N, ressalta o potencial da planta em remover este nutriente do meio, quando são comparados com a ausência e a 75% de N ($44,0$ e $499,7 \text{ mg.vaso}^{-1}$), os quais correspondem a $11,0$ e $124,9 \text{ kg.ha}^{-1}$, respectivamente. A diferença entre estes dois extremos foi de 91,2%. Estes resultados obtidos podem ser considerados elevados quando são comparados à extração de N por espécies terrestres, como em sistemas de rotação de culturas, após a sucessão de arroz e trigo há a remoção de $181,8 \text{ kg.ha}^{-1}$ (Sharma & Sharma, 2002). Em sistemas de monocultivo de arroz, a extração apresenta uma amplitude de $40,2$ a $54,3 \text{ kg.ha}^{-1}$ entre variedades (Singh et al. 2002). Em relação às espécies aquáticas emersas como *C. papyrus*, *T. latifolia* e *P. australis*, a remoção de N varia entre 1.000 a $2.500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Brix, 1994). Considerando que *H. reniformis* remove $125 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$, após um período de doze meses teria extraído $1.500 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, correspondente a uma extração de nitrogênio mediana entre as plantas aquáticas.

Quanto aos demais nutrientes que foram analisados, observou-se uma menor extração de N quando na ausência de S ($155,1 \text{ mg.vaso}^{-1}$) referente a $38,78 \text{ kg.ha}^{-1}$. No

entanto, entre os níveis de P não foram observadas diferenças significativas. Entre os níveis de K e Mg (25 e 50%) foram diferentes.

Tabela 17. Extração de nitrogênio na massa seca total e parte aérea (mg.vaso⁻¹) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N ²		P ¹		K ¹		Mg ¹		S ¹	
Início	13,0	d	9,8	b	9,8	c	9,8	c	9,8	c
0 %	44,0	d	-		298,5	ab	-		155,1	b
25 %	240,2	c	184,0	a	202,6	b	298,3	a	332,0	a
50 %	392,7	b	198,5	a	376,4	a	233,1	b	347,0	a
75 %	499,7	a	264,8	a	276,5	ab	-		341,0	a
100 %	331,5	b	227,8	a	227,8	b	227,8	b	227,8	b
Teste F	51,0**		13,8**		7,6**		110,8**		22,3**	
C.V. (%)	18,6		36,0		33,9		17,9		20,9	
d.m.s	83,7		94,5		139,7		40,7		87,7	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

1 Parte aérea

2 Massa seca total

Na Tabela 18 estão descritos os teores de fósforo na massa seca total e parte aérea. Os tratamentos com N (parte aérea) e S, foram semelhantes entre seus respectivos níveis, exceto a 100%. Verificou-se que a adição de P à solução propiciou incrementos crescentes com variações entre 5,02 e 13,58 g.kg⁻¹. Entretanto, este comportamento foi observado em ordem decrescente com o aumento dos níveis de K e Mg. Da Silva et al. (1994) estudaram a composição química de plantas aquáticas submersas, dentre as quais *E. densa* e *E. azurea*, que apresentaram teores de P (6,1 e 3,2 g.kg⁻¹), menores que os obtidos para *H. reniformis*.

Quanto à extração de fósforo na massa seca total e parte aérea (Tabela 19), houve aumento quando foram adicionados à solução P, K, Mg e S. A maior quantidade (63,29 mg.vaso⁻¹) de P extraída, equivalente a 15,82 Kg.ha⁻¹, ocorreu a 75% de Mg, que apresentou diferenças significativas entre seus respectivos níveis. As ausências de P, Mg e S influenciaram negativamente a extração de fósforo na planta inteira. Provavelmente, a ausência destes elementos afetou a absorção e utilização de P para produção de massa seca por serem primordiais às funções metabólicas no desenvolvimento da planta.

Nuttal (1985) relatou o acúmulo de N e P em *M. aquaticum*, durante o período de 2 anos em lagoas na Austrália, onde apresentou uma amplitude média trimestral de 0,32 a 14,11 g P.m⁻². Enquanto as extrações obtidas entre os tratamentos do presente estudo variaram entre 0,09 a 1,58 g P.m⁻².mes⁻¹ (3,9 a 63,29 mg P.0,04 m⁻²) e para comparar com os resultados do autor citado, corresponderiam após um período de três meses em 0,27 a 4,74 g P.m⁻². Assim, *H. reniformis* apresenta uma amplitude restrita de extração de fósforo nas condições analisadas, quando comparada à espécie citada. Henry-Silva et al. (2001) analisaram a composição química de *P. stratiotes*, *S. molesta*, *E. azurea*, *U. foliosa* e *E. densa*. Dentre estas espécies, *E. densa* mostrou elevados estoques de fósforo (1,2 g P m⁻²), pela maior concentração deste nutriente na biomassa, embora a média de biomassa total tenha sido menor do que as obtidas por *E. azurea*, *S. molesta* e *P. stratiotes*. O potencial de *E. azurea* e *P. stratiotes* na remoção de P total foi constatado quando analisaram o desenvolvimento em efluentes de piscicultura, onde estas espécies removeram 82,0 e 83,3 % da concentração de fósforo presente no corpo hídrico, respectivamente (Henry-Silva et al., 2002).

Tabela 18. Teores de fósforo na massa seca total e parte aérea (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N ²	P ¹	K ¹	Mg ¹	S ¹
Início	14,03 a	20,93 a	20,93 a	20,93 b	20,93 a
0 %	-	5,02 d	20,13 a	36,23 a	14,48 bc
25 %	14,33 a	11,14 c	19,29 a	17,21 bc	15,84 bc
50 %	12,71 a	13,65 b	15,53 b	16,26 cd	14,72 bc
75 %	13,67 a	13,58 b	16,00 b	16,35 cd	17,65 ab
100 %	9,48 b	12,11 c	12,11 c	12,11 d	12,11 c
Teste F	55,9**	215,3**	10,0**	35,6**	3,9*
C.V. (%)	12,0	4,7	10,6	12,4	16,7
d.m.s	2,3	1,1	3,3	4,4	4,7

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

1 Parte aérea

2 Massa seca total

Tabela 19. Extração de fósforo na massa seca total e parte aérea (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N ²	P ¹	K ¹	Mg ¹	S ¹
Início	1,36 c	2,03 c	2,03 d	2,03 f	2,03 d
0 %	-	3,90 c	28,58 c	11,38 e	19,92 c
25 %	32,16 b	22,63 b	32,96 bc	37,75 c	42,17 a
50 %	47,95 a	26,78 ab	47,70 ab	46,08 b	38,83 ab
75 %	52,02 a	37,86 a	52,16 a	63,29 a	48,30 a
100 %	22,77 b	29,05 ab	29,05 bc	29,05 d	29,05 bc
Teste F	32,6**	9,7**	8,5**	102,2**	21,8**
C.V. (%)	26,0	39,2	32,9	12,2	21,0
d.m.s	12,0	14,2	18,8	6,9	11,2

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

1 Parte aérea

2 Massa seca total

Na Tabela 20 estão apresentados os teores de potássio na massa seca total e parte aérea. Estas foram maiores a 75% de S (150,71 g.kg⁻¹), de Mg (91,85 g.kg⁻¹), de K (85,11 g.kg⁻¹), de N (113,89 g.kg⁻¹) e a 50% de P (126,43 g.kg⁻¹). Dentre os níveis de potássio, houve aumento com a adição deste elemento à solução, porém em menor proporção quando comparado ao início e à solução completa (100%).

No entanto, a extração de potássio permite observar melhor o comportamento da planta em relação aos tratamentos analisados (Tabela 21). Verificou-se em termos biológicos que os tratamentos N, Mg (exceto a 100% para ambos) e K condicionaram a aumentos na extração de potássio com o incremento destes nutrientes na solução, enquanto não foram observadas diferenças estatísticas entre os níveis de P e S (exceto a 100%).

Tabela 20. Teores de potássio na massa seca total e parte aérea (g.kg⁻¹) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N ²	P ¹	K ¹	Mg ¹	S ¹
Início	69,60 bc	104,88 ab	104,88 a	104,88 c	104,88 b
0 %	-	83,72 b	37,69 d	132,62 b	129,71 ab
25 %	77,32 bc	106,79 ab	59,90 c	134,81 ab	151,46 a
50 %	64,95 c	126,43 a	75,00 b	91,85 c	145,00 a
75 %	113,89 ab	98,40 ab	85,11 b	150,17 a	150,71 a
100 %	94,14 ab	104,52 ab	104,52 a	104,52 c	104,52 b
Teste F	21,9**	2,0**	36,1**	19,0**	7,0 **
C.V. (%)	20,5	16,4	9,7	7,5	10,9
d.m.s	25,5	30,3	13,4	16,0	25,5

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

1 Parte aérea

2 Massa seca total

Tabela 21. Extração de potássio na massa seca total e parte aérea (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N ²		P ¹		K ¹		Mg ¹		S ¹	
Início	6,73	c	10,11	b	10,11	c	10,11	c	10,11	c
0 %	-		64,68	b	97,86	bc	42,78	c	176,82	b
25 %	172,16	b	216,52	a	89,52	c	303,16	b	407,33	a
50 %	245,19	b	238,22	a	223,95	a	260,58	b	402,64	a
75 %	435,41	a	252,44	a	191,23	ab	579,98	a	411,94	a
100 %	226,53	b	251,13	a	251,13	a	251,13	b	251,13	b
Teste F	18,2**		21,6**		8,0**		118,9**		15,1**	
C.V. (%)	36,7		23,1		39,4		13,6		26,3	
d.m.s	118,2		70,6		101,0		58,2		129,5	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

1 Parte aérea

2 Massa seca total

Com relação aos teores de magnésio na planta inteira e parte aérea (Tabela 22), pode-se considerar que os tratamentos K e Mg influenciaram diretamente nos teores de Mg. Quanto menor a concentração de K, houve aumento nos teores de Mg. Provavelmente, tal fato tenha ocorrido talvez pela redução na competição entre ambos pelo sítio de absorção. Quanto aos níveis de magnésio, foram observados aumentos com a adição deste elemento na solução, embora apenas a ausência tenha apresentado diferença significativa dos demais níveis. Dentre os tratamentos N, P e S (exceto ausência) não foram observadas diferenças.

A extração de magnésio (Tabela 23), aumentou com a adição deste elemento, sendo que na ausência o valor extraído é semelhante quando comparado ao início. As ausências de P e S também afetaram a extração de magnésio na massa seca total. Quanto aos níveis de K, biologicamente houve redução na extração de magnésio com o aumento da concentração de potássio, embora tenha apresentado diferenças estatísticas. Dentre os níveis de N analisados na parte aérea, houve maior extração com a adição de 50 a 75% de Mg, as

quais foram mais favoráveis ao crescimento da planta, aumentando assim a demanda de magnésio.

Tabela 22. Teores de magnésio na massa seca total e parte aérea (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N ²		P ¹		K ¹		Mg ¹		S ¹	
Início	15,17	ab	15,17	a	15,17	b	15,17	a	15,17	a
0 %	-		14,88	a	20,80	a	5,68	c	9,29	c
25 %	12,06	a	13,83	a	19,36	a	7,72	b	11,24	b
50 %	11,02	ab	15,38	a	15,32	b	9,43	b	11,16	b
75 %	9,77	b	16,06	a	14,78	b	9,56	b	12,25	b
100 %	6,82	c	8,34	b	8,34	c	8,34	b	8,34	c
Teste F	87,2**		12,9**		45,9**		25,1**		22,4**	
C.V. (%)	9,9		9,8		7,1		11,8		7,8	
d.m.s	1,5		2,4		2,0		2,0		1,6	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

1 Parte aérea

2 Massa seca total

Tabela 23. Extração de magnésio na massa seca total e parte aérea (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N ²		P ¹		K ¹		Mg ¹		S ¹	
Início	1,03	d	1,47	d	1,47	d	1,47	d	1,47	d
0 %	-		11,43	cd	52,82	a	1,08	d	12,72	cd
25 %	26,92	b	28,35	b	29,63	bc	17,33	c	30,46	ab
50 %	41,38	a	29,05	b	47,47	ab	26,73	b	31,29	ab
75 %	37,13	a	44,21	a	31,12	abc	36,90	a	33,55	a
100 %	16,37	c	20,05	bc	20,05	cd	20,05	c	20,05	bc
Teste F	78,8**		9,7**		7,0**		41,8**		12,0**	
C.V. (%)	16,9		37,1		40,1		21,5		29,3	
d.m.s	6,1		14,8		22,0		6,6		11,3	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

1 Parte aérea 2 Massa seca total

Na Tabela 24 estão apresentados os teores de enxofre na massa seca total e parte aérea. Observou-se que os tratamentos N, P, K e Mg condicionaram a um comportamento semelhante na planta: à medida que aumentou a concentração destes nutrientes ocorreu redução nos teores de enxofre. Isto, talvez possa estar relacionado ao maior desenvolvimento da planta em soluções com maiores concentrações destes nutrientes, o que aumentou a demanda de enxofre para a produção de biomassa. Visto que a ausência ou menores concentrações de N, P e Mg afetaram o crescimento, o K, como regulador osmótico, pode ter influenciado de maneira competitiva em relação aos outros íons que auxiliam na absorção de S. Dentre os tratamentos de S, observou-se aumentos com a adição deste elemento, sendo obtido os menores teores ($1,88 \text{ g.kg}^{-1}$) na ausência.

Tabela 24. Teores de enxofre na massa seca total e parte aérea (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N ²		P ¹		K ¹		Mg ¹		S ¹	
Início	5,83	a	7,93	a	7,93	a	7,93	a	7,93	a
0 %	-		6,14	b	4,77	bc	7,72	a	1,88	d
25 %	4,99	b	4,22	d	5,09	bc	6,28	b	4,39	c
50 %	4,22	bc	4,74	cd	5,07	bc	5,14	b	4,66	bc
75 %	3,73	c	5,06	cd	3,96	c	5,31	b	4,69	bc
100 %	3,90	c	5,57	bc	5,57	b	5,57	b	5,57	b
Teste F	61,4**		18,5**		9,7**		8,1**		29,4**	
C.V. (%)	11,8		9,5		13,9		11,8		12,9	
d.m.s	0,8		0,9		1,3		1,3		1,1	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

1 Parte aérea

2 Massa seca total

Quanto à extração de S (Tabela 25), verificou-se que a planta expressou redução em relação aos tratamentos citados anteriormente, exceto para o K. Isto pode ser observado quando ocorreram as maiores extrações de S nas soluções mais concentradas destes nutrientes, os quais proporcionaram condições favoráveis ao crescimento,

via ativação do metabolismo bem como estruturação do aparato fotossintético, o que influenciou positivamente na absorção e utilização do S para a produção de massa seca.

Tabela 25. Extração de enxofre na massa seca total e parte aérea (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N ¹		P ²		K ²		Mg ²		S ²	
Início	0,57	d	0,77	c	0,77	d	0,77	c	0,77	b
0 %	-		4,74	bc	12,30	abc	2,45	c	2,57	b
25 %	11,22	bc	8,53	ab	7,49	c	13,81	b	11,76	a
50 %	15,96	a	9,11	ab	14,92	a	14,59	b	12,45	a
75 %	14,12	ab	14,25	a	8,47	bc	20,43	a	12,77	a
100 %	9,42	c	13,46	a	13,46	ab	13,46	b	13,46	a
Teste F	38,9**		7,3**		9,2**		54,9**		29,7**	
C.V. (%)	22,1		39,0		31,0		16,4		20,2	
d.m.s	3,4		5,9		5,3		3,2		3,2	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

1 Parte aérea

2 Massa seca total

6.3 Teores e extração de nutrientes nos caules

Na Tabela 26 estão apresentados os teores de nitrogênio nos caules. Não houve diferenças entre 0 e 75% de S. Já, entre os tratamentos de N e P, ocorreram diferenças e de forma crescente no teor de N com a adição destes nutrientes. Nos tratamentos de K, o teor de N foi maior a 25% de K (52,45 g.kg⁻¹).

Tabela 26. Teores de nitrogênio nos caules (g.kg⁻¹) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
0 %	25,00 bc	37,67 bc	44,47 bc	-	47,51 a
25 %	24,03 c	36,03 c	52,45 a		45,13 a
50 %	29,31 b	44,33 a	47,09 ab		47,04 a
75 %	41,91 a	42,61 ab	46,48 b		46,48 a
100 %	39,71 a	39,71 abc	39,71 c		39,71 b
Teste F	30,2**	4,2*	6,0**		5,6*
C.V. (%)	8,2	7,3	7,1		5,2
d.m.s	4,8	5,3	5,9		4,2

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Na Tabela 27, estão expressas as quantidades de nitrogênio extraídas pelos caules, as quais foram semelhantes entre os respectivos níveis de P (exceto a omissão), K e S (exceto a omissão). Enquanto que os tratamentos de N, influenciaram significativamente com extrações que variaram de 5,9 a 118,6 mg.vaso⁻¹, com uma ampla diferença entre estes extremos de 95,02 %.

Tabela 27. Extração de nitrogênio nos caules (mg.vaso⁻¹) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
0 %	5,87 d	17,25 b	72,91		39,25 b
25 %	35,39 c	45,98 ab	45,41		71,06 a
50 %	74,18 b	47,88 a	81,40		75,03 a
75 %	118,58 a	67,05 a	61,19		75,91 a
100 %	57,61 bc	57,61 a	57,61		57,61 ab
Teste F	26,4**	4,2*	1,0 ^{ns}		7,0**
C.V. (%)	24,5	33,5	37,3		16,0
d.m.s	26,0	28,7	43,2		18,5

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

ns Não significativo pelo teste F

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Na Tabela 28 correspondente aos teores de P nos caules, observou-se que os incrementos na concentração dos nutrientes, exceto a omissão de P, não propiciaram diferenças significativas no teor de P.

A extração de P nos caules (Tabela 29), em termos biológicos apresenta diferenças de forma crescente entre o aumento dos respectivos níveis de N, P e Mg. As ausências de P e Mg afetaram significativamente a extração de P. Observou-se que a concentração de N, de 50 a 75%, auxilia na extração de P, que pode estar relacionada ao maior desenvolvimento da planta nestas condições. Enquanto que a ausência de K em relação aos seus tratamentos, condicionou a maior extração de P, provavelmente, propiciou condições mais favoráveis como a disponibilidade de nutrientes que estão envolvidos diretamente à produção de massa seca e que auxiliam na absorção. Já, entre os níveis de S, não foram observadas diferenças na extração, exceto na omissão deste elemento.

Tabela 28. Teores de fósforo nos caules (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes					
	N	P	K	Mg	S	
0 %		1,59 c	7,74	7,68	5,76	a
25 %		4,51 b	7,33	8,29	6,86	a
50 %		5,48 ab	4,91	7,46	7,01	a
75 %		5,34 ab	5,51	7,09	7,10	a
100 %		6,56 a	6,56	6,56	6,56	a
Teste F		20,6**	1,9 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,2 ^{ns}	
C.V. (%)		15,3	23,5	11,4	34,4	
d.m.s		1,3	2,7	1,5	4,2	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

° Significativo pelo teste F a 10 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Tabela 29. Extração de fósforo nos caules (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes					
	N	P	K	Mg	S	
Início	0,39 c	0,39 c	0,39 c	0,39 c	0,39 c	
0 %	-	0,73 c	12,70 a	1,84 c	4,87 bc	
25 %	11,32 b	5,69 b	6,19 b	10,45 b	10,95 a	
50 %	15,83 ab	6,30 ab	9,28 ab	10,46 b	10,83 a	
75 %	19,24 a	8,58 ab	6,03 b	19,47 a	11,86 a	
100 %	9,42 b	9,42 a	9,42 ab	9,42 b	9,42 ab	
Teste F	10,7**	11,3**	8,3**	45,3**	7,5**	
C.V. (%)	52,3	45,4	44,1	24,2	45,8	
d.m.s	7,4	3,6	4,9	3,2	5,6	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Na Tabela 30, estão descritos os teores de potássio nos caules. Os quais foram semelhantes entre os tratamentos de P (exceto a 50%), Mg (exceto omissão) e S (exceto a 100%). No entanto, entre os níveis de N (25 a 75%) e K foi observado aumento de forma crescente com a adição destes nutrientes. Verificou-se que os maiores teores foram obtidos entre 25 a 75% de S (105,18 a 110,7 g.kg⁻¹).

Tabela 30. Teores de potássio nos caules (g.kg⁻¹) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
Início	43,06 b	43,06 c	43,06 b	43,06 d	43,06 b
0 %	-	61,97 bc	24,15 c	57,51 cd	92,83 a
25 %	57,54 b	83,72 ab	45,08 b	110,47 a	105,18 a
50 %	50,07 b	94,01 a	61,65 a	77,75 b	105,12 a
75 %	98,23 a	69,04 b	68,32 a	98,26 a	110,70 a
100 %	63,21 b	63,21 bc	63,21 a	63,21 bc	63,21 b
Teste F	17,9**	5,4**	18,1**	23,0**	12,9**
C.V. (%)	25,1	19,3	13,3	12,3	15,2
d.m.s	23,2	23,8	12,0	16,4	23,5

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Na Tabela 31 referente à extração de potássio nos caules, verificou-se que ocorreram diferenças estatísticas entre os respectivos níveis de P e S, exceto nas ausências dos mesmos. As maiores extrações de potássio ocorreram quando foram adicionados 75% de N, Mg e S (280,67; 266,99 e 181,17 mg.vaso⁻¹, respectivamente). A absorção e uso de potássio pela massa seca, podem ser influenciados positivamente pelo o incremento de N, K e Mg, através de aumento de forma crescente na extração de K.

Tabela 31. Extração de potássio nos caules (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
Início	2,39 c	2,39 b	2,39 c	2,39 d	2,39 c
0 %	-	28,37 b	39,95 bc	13,84 d	77,01 b
25 %	83,33 bc	106,96 a	38,42 bc	141,18 b	166,21 a
50 %	126,90 b	101,27 a	107,01 a	111,73 bc	171,33 a
75 %	280,67 a	103,26 a	95,08 ab	266,99 a	181,17 a
100 %	91,51 b	91,51 a	91,51 ab	91,51 c	91,51 b
Teste F	13,0**	8,7**	4,0*	52,2**	12,7**
C.V. (%)	50,9	36,7	57,2	22,1	29,8
d.m.s	88,3	47,2	63,5	41,2	61,0

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Na Tabela 32 estão apresentados os teores de magnésio nos caules. Observou-se que ocorreram diferenças entre os tratamentos de N, K e Mg. No entanto, a ausência de K condicionou ao maior teor de Mg ($8,05 \text{ g.kg}^{-1}$), provavelmente pela falta da competição entre ambos. Para os tratamentos de Mg, ocorreram diferenças que variaram de $0,85$ a $4,16 \text{ g.kg}^{-1}$, correspondente a 79,5% de aumentos crescentes entre estes extremos. Quanto aos níveis de P, não houve influência significativa no teor de Mg.

Tabela 32. Teores de magnésio nos caules (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	5,38	a	5,38	a	5,38	c	5,38	a	5,38	a
0 %	-		5,03	a	8,05	a	0,85	d	5,00	ab
25 %	4,37	b	4,24	ab	7,30	ab	3,12	c	4,97	ab
50 %	4,62	b	5,61	a	5,94	bc	3,82	bc	6,20	a
75 %	3,30	c	5,38	a	6,25	bc	4,16	b	6,52	a
100 %	3,22	c	3,22	b	3,22	d	3,22	bc	3,22	b
Teste F	93,8**		3,4*		8,7**		22,6**		3,8*	
C.V. (%)	9,7		17,9		16,4		15,6		19,8	
d.m.s	0,6		1,5		1,8		1,0		1,8	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Quanto à extração de Mg nos caules (Tabela 33), observou-se que não ocorreram diferenças entre 25 a 75% de K, visto que em sua ausência houve a maior extração de Mg. Este fato pode estar associado à possível relação de competição entre estes nutrientes. Os níveis de S não influenciaram a extração de Mg, com exceção da solução a 100% e na ausência de S que reduziram a extração de Mg. O fornecimento de N (exceto a 75%), P e Mg condicionou aumentos crescentes na extração de magnésio, exceto a 100%. Verificou-se, que as quantidades extraídas de Mg nos caules, obtidas pela maioria dos tratamentos dos nutrientes analisados, foram superiores às extrações encontradas nas folhas. Portanto, isto permite refletir a respeito do aumento na demanda de Mg pelos caules, devido a uma provável atividade fotossintética, o que confirma a hipótese anteriormente citada referente à maior proporção de massa seca produzida por este órgão em relação às folhas.

Tabela 33. Extração de magnésio nos caules (mg.vaso⁻¹) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	0,30	d	0,30	c	0,30	d	0,30	c	0,30	c
0 %	-		2,29	bc	13,19	a	0,20	c	4,12	bc
25 %	6,41	c	5,38	ab	6,49	bc	3,98	b	8,03	ab
50 %	11,68	a	6,04	ab	10,56	ab	5,50	b	10,19	a
75 %	9,32	b	8,83	a	8,04	abc	11,28	a	10,65	a
100 %	4,61	c	4,61	b	4,61	cd	4,61	b	4,61	bc
Teste F	62,6**		5,5**		5,7**		58,1**		7,6**	
C.V. (%)	19,2		47,9		45,8		21,5		39,9	
d.m.s	1,8		3,9		5,9		1,6		4,5	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Foi observado que os teores de enxofre nos caules reduziu significativamente quando se aumentou a concentração de Mg na solução (Tabela 34). Nos tratamentos de S, houve aumento crescente com o incremento dos níveis deste elemento. No entanto, entre os níveis de N, P (exceto ausência) e K, não foram observadas diferenças. Na ausência de P, o teor de enxofre foi maior em relação aos seus respectivos níveis, provavelmente, pela redução no crescimento observado nas variáveis biométricas da planta, que pode ter resultado no início do processo, em morte de células, aumentando assim o teor de enxofre presente em determinada quantidade de massa seca produzida.

Tabela 34. Teores de enxofre nos caules (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	3,10	a	3,10	a	3,10	a	3,10	b	3,10	a
0 %	-		2,40	b	1,70	b	3,94	a	0,51	d
25 %	2,17	b	1,58	c	2,02	b	3,36	ab	0,98	c
50 %	1,68	bc	1,59	c	1,52	b	2,21	c	1,28	bc
75 %	1,71	bc	1,73	c	1,92	b	1,67	cd	1,33	bc
100 %	1,57	c	1,57	c	1,57	b	1,57	d	1,57	b
Teste F	34,2**		10,9**		10,5**		26,1**		35,5**	
C.V. (%)	17,5		16,5		16,0		12,4		17,5	
d.m.s	0,5		0,6		0,6		0,6		0,5	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Na Tabela 35 referentes às quantidades de extração de enxofre, fica evidente a importância de N, P e Mg quando são analisados os aumentos na extração ocorridos de forma crescente com a adição destes nutrientes. Isto pode estar relacionado ao caráter de essencialidade que estes nutrientes exercem na planta, os quais preparam e ativam o metabolismo para a absorção de outros nutrientes, como o enxofre. Também foram verificadas diferenças entre os níveis de S, que propiciaram a extração deste nutriente em ordem crescente com o aumento de sua concentração embora estatisticamente não houve diferenças entre 50 a 100%. Entretanto, não foram observadas diferenças entre os tratamentos de K.

Tabela 35. Extração de enxofre nos caules (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera. reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	0,17	c	0,17	d	0,17	b	0,17	c	0,17	c
0 %	-		1,10	c	2,81	a	0,93	c	0,43	c
25 %	3,20	ab	2,01	ab	1,73	a	4,27	a	1,56	b
50 %	4,26	a	1,66	bc	2,58	a	3,13	b	1,98	ab
75 %	4,95	a	2,60	a	2,51	a	4,54	a	2,19	a
100 %	2,28	b	2,28	ab	2,28	a	2,28	b	2,28	a
Teste F	13,2**		9,4**		3,9*		32,5**		22,3**	
C.V. (%)	39,7		30,6		42,1		21,0		23,5	
d.m.s	1,8		0,9		1,5		1,0		0,6	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

6.4 Teores e extração de nutrientes nas folhas

Na Tabela 36 estão apresentados os teores de N nas folhas. Os tratamentos que utilizaram N e P apresentaram diferenças entre seus respectivos níveis, exceto em K (0- 75%), Mg (25-50%) e S (25 – 75%).

O fornecimento de 25% e 50% de Mg propiciaram os maiores teores de N nas folhas (84,75 e 82,04 g.kg^{-1}) em relação à solução completa. Também apresentou diferenças, embora em menor proporção, entre os níveis de N e P em relação ao início do experimento, os quais condicionaram valores menores. As características do ambiente de várzea onde foram coletadas as plantas, como alto teor de matéria orgânica constituída de compostos nitrogenados, provavelmente influenciaram este teor elevado.

Os teores existentes nas folhas são elevados, quando comparados com teores geralmente considerados suficientes ou médios em outras espécies como arroz de sequeiro (25,2 g kg^{-1} matéria seca total), feijão (8,6 g kg^{-1} folhas), milho (27,5 –32,5 g kg^{-1} folhas), soja (40-55 g kg^{-1} folhas) pimenta-do-reino (23,5 g kg^{-1} folhas) e goiabeira (16,22 g

kg⁻¹ folhas) (Crusciol, 1999; Boaro, 1999; Borket, 1994; Coelho, 1995; Veloso, 1999; Salvador, 1999).

Dentre as plantas aquáticas que são conhecidas como biofiltros de ambientes contaminados por nitrogênio e fósforo, estão *E. crassipes*, *S. auriculata*, *P. australis*, *Thypha latifolia* L. e *Cyperus papyrus* L. (Petruccio & Esteves, 2000; Brix, 1994), no entanto, ainda são escassos os trabalhos que confirmam essa capacidade de absorção referente à espécie em estudo. Observando os resultados obtidos, pode-se ressaltar esta assertiva, na qual a espécie expressa um alto potencial para remoção de N, porém depende da densidade populacional e condições climáticas do ambiente como altas temperaturas, que pode ser prejudicial à qualidade da água, em relação ao aumento do teor de sólidos em suspensão, compostos nitrogenados e fosforados e redução de oxigênio dissolvido ocorrido no processo de decomposição da biomassa.

Aoi & Hayashi (1996) estudaram a absorção de nutrientes e crescimento de *P. stratiotes* e *E. crassipes*, em água de esgoto composta por NH₄⁺ (2 mg L⁻¹), NO₃⁻ (20 mg L⁻¹) e PO₄⁻ (0,7 mg L⁻¹) e soluções nutritivas constituídas apenas por NH₄⁺ (8-13 mg L⁻¹), NO₃ (5,5-9 mg L⁻¹) e PO₄⁻ (6,5-7,5 mg L⁻¹). Os teores totais de N encontrados em *E. crassipes* (21,5 g kg⁻¹) foram 1,5 vezes superiores em relação aos obtidos por *P. stratiotes* (16,5 g kg⁻¹).

Tabela 36. Teores de nitrogênio nas folhas (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
Início	63,56 a	63,56 a	63,56 bc	63,56 b	63,56 b
0 %	52,17 bc	-	71,21 ab	-	66,10 b
25 %	55,93 ab	54,41 b	82,32 a	84,75 a	77,98 a
50 %	44,80 c	59,69 ab	79,61 a	82,04 a	79,66 a
75 %	50,26 bc	52,92 b	80,41 a	-	78,40 a
100 %	54,88 ab	54,88 b	54,88 c	54,88 c	54,88 c
Teste F	3,8*	95,8**	8,5**	306,1**	32,1**
C.V. (%)	10,5	8,8	9,0	8,0	4,4
d.m.s	10,0	7,4	11,6	6,8	5,5

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade. * Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Na Tabela 37 estão apresentadas as médias de quantidade de extração de N nas folhas. As maiores extrações que diferiram estatisticamente entre seus respectivos níveis, foram encontradas em 50% de Mg ($100,43 \text{ mg vaso}^{-1}$), 50% de K ($85,21 \text{ mg vaso}^{-1}$), 75 % de S ($79,17 \text{ mg vaso}^{-1}$), 75% de P ($49,96 \text{ mg vaso}^{-1}$) e 50% de N ($47,99 \text{ mg vaso}^{-1}$).

Tabela 37. Extração de nitrogênio nas folhas (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
Início	2,06 d	2,06 b	2,06 c	2,06 d	2,06 c
0 %	3,83 d	-	57,39 b	-	25,39 b
25 %	29,52 c	30,95 a	45,41 b	72,58 b	76,40 a
50 %	47,99 a	42,18 a	85,21 a	100,43 a	77,94 a
75 %	44,86 ab	49,96 a	63,08 ab	-	79,17 a
100 %	43,19 b	43,19 a	43,19 b	43,19 c	43,19 b
Teste F	190,6**	12,2**	13,0**	61,4**	23,4**
C.V. (%)	9,2	38,5	27,0	26,2	22,9
d.m.s	4,7	19,2	23,7	17,0	20,7

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Quanto aos níveis de K, observou-se que a omissão deste elemento induziu a uma maior produção de massa seca em relação à extração. Provavelmente, este comportamento pode estar relacionado com a maior disponibilidade de Mg, na ausência de K, o qual auxilia no incremento de produção de massa seca pelo aumento da atividade fotossintética da planta (Marschner, 1990).

Na Tabela 38 estão apresentados os teores de fósforo nas folhas em função de diferentes níveis dos macronutrientes analisados.

Em relação aos teores de P nas folhas dentro dos níveis de nitrogênio, os quais apresentaram valores semelhantes ao início do experimento, sendo diferentes da solução completa (100%). Verificou-se um aumento crescente no teor de P com a adição de N (25-75%) na solução. Este resultado corrobora com Malavolta et al. (1989), que relata a importância do N em relação à absorção de P, pelo estímulo no desenvolvimento da planta, bem como no sistema radicular que propicia maior contato íon-raiz, facilitando assim a absorção por difusão, como é o caso do P.

Tabela 38. Teores de fósforo nas folhas (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	7,12	a	7,12	a	7,12	a	7,12	b	7,12	a
0 %	-		2,38	d	7,89	a	20,02	a	6,49	ab
25 %	6,57	ab	5,12	c	8,41	a	5,75	b	5,04	b
50 %	6,46	b	6,23	b	7,51	a	6,38	b	4,63	bc
75 %	7,06	ab	6,09	b	7,05	a	6,79	b	4,00	a
100 %	2,92	c	2,92	d	2,92	b	2,92	c	2,92	c
Teste F	209,5**		86,3**		13,8**		53,6**		7,1**	
C.V. (%)	7,0		7,2		13,5		17,4		19,3	
d.m.s	0,6		0,6		1,6		2,5		1,9	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Observa-se aumentos crescentes nos teores de P com o incremento de fósforo à solução, apresentando diferenças entre seus respectivos níveis. Dentre os quais, a ausência de P, apresentou o menor teor em relação aos demais tratamentos.

Os fatores K e Mg (exceto a ausência), não diferiram estatisticamente entre seus respectivos níveis. A ausência de Mg, provavelmente influenciou no balanço cátion-ânion e regulação do pH celular, que condicionaram aos elevados teores de fósforo na folha, o qual apresenta forma aniônica na planta (Marschner, 1990).

Quanto aos níveis de S, observou-se decréscimos no teor de fósforo com a adição de enxofre na solução. Com o aumento da concentração de S, provavelmente, condicionou maior absorção deste elemento e conseqüente aumento na assimilação de sulfato através da síntese de ésteres de sulfato, processo pelo qual ocorre nos cloroplastos, ativado principalmente pelo fósforo na forma de ATP que resulta na formação de compostos estáveis, como o aminoácido cisteína (Marschner, 1990). Portanto, pode-se inferir que houve maior consumo de fósforo na folha com o aumento dos níveis de S via aceleração do metabolismo da planta.

Na Tabela 39 estão apresentadas as quantidades de fósforo extraídas pelas folhas, e estas foram diferentes entre os níveis dos nutrientes analisados, sendo sempre superiores à solução completa (100% de P) e início, exceto para as ausências de P, Mg e S.

Tabela 39. Extração de fósforo na folha (mg.vaso⁻¹) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	0,23	d	0,23	d	0,23	d	0,23	d	0,23	d
0 %	-		0,39	d	6,43	ab	1,29	c	2,48	c
25 %	3,46	b	2,95	bc	4,55	bc	4,78	b	4,90	b
50 %	6,93	a	4,43	ab	8,15	a	7,75	a	4,37	b
75 %	6,34	a	5,68	a	5,51	b	6,49	a	7,09	a
100 %	2,29	c	2,29	cd	2,29	cd	2,29	c	2,29	c
Teste F	165,4**		10,5**		11,8**		35,3**		16,6**	
C.V. (%)	12,4		43,6		32,0		23,0		28,6	
d.m.s	0,7		2,1		2,6		1,6		1,8	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Nos tratamentos de N e P, a extração nas folhas foi crescente até 50% e 75%, respectivamente, com redução significativa na solução completa. Em relação aos tratamentos de Mg, foram observados aumentos na extração de P, a qual foi reduzida a partir do nível 75%. Isto também foi observado na presença de S, na qual a extração de P aumentou com a adição deste elemento, embora tenha apresentado estabilidade entre os níveis 25 e 50%, sendo reduzida significativamente a 75%. Dentre os níveis de K, observou-se que apenas na solução completa (100% de P) a extração foi menor em relação à massa seca das folhas, ou seja, houve melhor uso do fósforo extraído para a alocação de biomassa foliar.

A Tabela 40 refere-se aos teores de potássio nas folhas, que apresentou diferenças em todos os níveis de macronutrientes estudados, exceto em 25-75% de K e dentro dos níveis de S. A resposta da planta ao teor deste nutriente, com as diluições de K, apresentou reduções significativas em comparação à solução completa (100% de K) que foi superior aos demais tratamentos, com exceção de Mg. Para este último tratamento, percebe-se, que houve uma provável inibição competitiva com o K ou utilização para produção de biomassa, quando são comparados a ausência de Mg com os demais níveis respectivos.

Tabela 40. Teores de potássio nas folhas (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Mg	S
Início	26,54 a	26,54 ab	26,54 b	26,54 c	26,54 c
0%	-	19,06 b	7,43 d	68,84 a	36,22 abc
25%	19,77 b	22,32 ab	14,14 c	23,36 cd	45,39 a
50%	14,88 c	30,00 a	12,43 c	13,51 d	38,74 ab
75%	15,67 bc	23,71 ab	15,99 c	42,54 b	38,11 abc
100%	30,93 a	30,93 a	30,93 a	30,93 bc	30,93 bc
Teste F	55,2**	2,3°	40,5**	22,7**	3,0*
C.V. (%)	14,0	20,7	13,6	20,6	18,2
d.m.s	4,4	9,3	4,3	12,5	11,6

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

° Significativo pelo teste F a 10 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Com relação à extração de potássio pela folha (Tabela 41), observou-se que a solução completa apresentou maiores valores em relação aos níveis de N, P, e K. A maior extração de potássio ($44,07 \text{ mg.vaso}^{-1}$) ocorreu com 25% de S, embora não houve diferenças estatísticas entre os respectivos níveis. Tal diferença, na extração de potássio, foi obtida entre os níveis de 0-75% de Mg, correspondente a 87,8%, ou seja, a disponibilidade, absorção e utilização do K para a produção de biomassa e, em termos gerais, apresentou aumentos com a adição de Mg na solução. Os resultados obtidos permitem inferir que a absorção de K e seu uso para a produção de biomassa exige concentrações suficientes de Mg para atender a demanda da planta para o seu desenvolvimento.

Tabela 41. Extração de potássio nas folhas (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	0,86	d	0,86	c	0,86	d	0,86	c	0,86	c
0%	-		3,17	c	6,01	c	4,91	c	13,75	b
25%	10,49	c	12,64	b	7,67	c	20,00	b	44,07	a
50%	15,96	b	19,72	a	13,15	b	16,26	b	37,71	a
75%	14,15	bc	21,06	a	12,04	b	40,18	a	37,63	a
100%	24,57	a	24,57	a	24,57	a	24,57	b	24,57	b
Teste F	44,0**		26,1**		33,5**		17,4**		20,7**	
C.V. (%)	22,3		24,4		22,6		33,2		23,9	
d.m.s	80,4		43,0		57,8		37,5		55,6	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Para os níveis de N, P e S (exceto a ausência) apresentados na Tabela 42, não foram observadas diferenças significativas, exceto na solução a 100%. Verificou-se, no tratamento Mg, aumentos crescentes no teor de Mg com o incremento dos níveis desse nutriente na solução. Para o K, este comportamento foi observado de forma mais intensa do que em relação ao último tratamento citado, embora em ordem decrescente com o aumento dos níveis de potássio, onde os maiores teores de Mg foram obtidos na ausência e a 25% de K (9,88 e 10,10 g.kg^{-1} , respectivamente).

Tabela 42. Teores de magnésio pelas folhas (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	5,30	b	5,30	b	5,30	c	5,30	a	5,30	a
0%	-		8,03	a	9,88	a	1,65	c	2,40	c
25%	7,69	ab	8,18	a	10,10	a	3,35	bc	3,86	b
50%	6,40	ab	8,40	a	7,56	b	3,55	ab	3,46	b
75%	6,47	ab	8,72	a	6,68	b	3,53	abc	3,54	b
100%	3,60	c	3,60	b	3,60	d	3,60	ab	3,60	b
Teste F	36,8**		9,8**		32,7**		3,6*		18,2**	
C.V. (%)	16,1		16,5		10,8		30,4		10,3	
d.m.s	1,4		2,1		1,4		1,9		0,7	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

No que se refere à extração (Tabela 43), observou-se que com o aumento crescente de N e P, propiciou maiores extrações de Mg, embora seja mais intenso a 50 % de K ($8,5 \text{ mg.vaso}^{-1}$). Dentre os níveis de magnésio, a extração desse elemento apresentou uma amplitude que variou de $0,103$ a $4,313 \text{ mg.vaso}^{-1}$, correspondente a um aumento de 97 %.

Tabela 43. Extração de magnésio pelas folhas (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	0,17	d	0,17	e	0,17	c	0,17	b	0,17	b
0%	-		1,34	de	8,04	a	0,10	b	0,91	b
25%	4,05	b	4,72	bc	5,68	ab	2,87	a	3,79	a
50%	6,82	a	5,83	ab	8,50	a	4,31	a	3,47	a
75%	5,82	a	7,73	a	5,37	ab	3,44	a	3,54	a
100%	2,85	c	2,85	cd	2,85	bc	2,85	a	2,85	a
Teste F	62,8**		16,1**		6,9**		7,2**		14,5**	
C.V. (%)	18,9		32,6		40,7		49,4		28,4	
d.m.s	1,1		2,2		3,7		2,0		1,2	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Na Tabela 44 estão apresentados os teores de enxofre nas folhas de *H. reniformis*. Na ausência de P, foi observado o maior teor de enxofre ($2,88 \text{ g.kg}^{-1}$), sendo que não apresentou diferenças em relação ao início, solução completa (100% de S) e fósforo a 75%. Enquanto que os menores teores foram obtidos na ausência e a 25% de enxofre, correspondentes a $0,83$ e $1,54 \text{ g.kg}^{-1}$, respectivamente.

Tabela 44. Teores de enxofre pelas folhas (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	2,72	ab	2,72	a	2,72	a	2,72	a	2,72	a
0%	-		2,88	a	1,96	ab	2,70		0,83	c
25%	2,82	a	1,97	b	2,49	a	2,18		1,54	bc
50%	2,55	ab	2,05	b	2,34	ab	1,96		2,03	ab
75%	2,01	b	2,36	ab	1,57	b	2,07		2,38	a
100%	2,32	ab	2,32	ab	2,32	ab	2,32		2,32	a
Teste F	19,4**		3,3*		3,3°		2,4 ^{ns}		8,8**	
C.V. (%)	20,0		14,5		19,7		15,6		20,3	
d.m.s	0,7		0,6		0,8		0,6		0,7	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

° Significativo pelo teste F a 10 % de probabilidade.

ns Não significativo pelo teste F.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

Quanto à extração (Tabela 45), os menores valores encontrados foram obtidos nas ausências de Mg ($0,09 \text{ g.kg}^{-1}$), S ($0,33 \text{ g.kg}^{-1}$) e P ($0,48 \text{ g.kg}^{-1}$), sendo que a ausência de magnésio na solução propiciou o mesmo valor em relação ao início ($0,09 \text{ g.kg}^{-1}$).

Tabela 45. Extração de enxofre nas folhas (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes									
	N		P		K		Mg		S	
Início	0,09	c	0,09	d	0,09	c	0,09	c	0,09	c
0%	-		0,48	cd	1,58	b	0,09	c	0,33	c
25%	1,49	b	1,11	bc	1,30	b	1,84	b	1,51	b
50%	2,75	a	1,53	ab	2,52	a	2,37	a	1,91	ab
75%	1,82	b	2,22	a	1,22	b	1,98	ab	2,36	a
100%	1,84	b	1,84	ab	1,84	b	1,84	b	1,84	b
Teste F	22,3**		7,0**		15,4**		42,6**		35,9**	
C.V. (%)	29,8		44,1		25,0		19,0		19,9	
d.m.s	0,7		1,0		0,6		0,5		0,5	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

- Ausência de dados, pela restrição de material vegetal para as duas digestões.

6.5 Teores e extração de nutrientes nas raízes

Nas Tabelas 46 encontram-se os teores e extrações de nitrogênio nas raízes. Em relação aos teores, com a utilização da solução completa ($51,0 \text{ g.kg}^{-1}$) foi suficiente para obter um teor semelhante ao das folhas ($54,88 \text{ g.kg}^{-1}$), isto pode ser relacionado à solução mais concentrada de N que estava em contato com a raiz, em comparação às folhas que necessitaram obter este elemento após sua translocação e redistribuição entre as partes da planta.

Quando são analisadas as extrações (Tabela 47), ocorridas entre os níveis de N, em um primeiro momento, induziriam a concluir que os resultados médios entre níveis de menores concentrações (0-25% de N) propiciaram maiores extrações de nitrogênio em relação às soluções mais concentradas (50-75% de N). Entretanto, é interessante ressaltar que, o maior crescimento de raízes influenciou estes resultados, como resposta da planta em priorizar os recursos disponíveis para este órgão que permite explorar o meio em busca de nutrientes.

Tabela 46. Teores de nitrogênio nas raízes (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	N	
Início	32,41	bc
0%	30,31	c
25%	27,02	c
50%	30,15	c
75%	39,47	b
100%	51,00	a
Teste F	10,8**	
C.V. (%)	13,3	
d.m.s	8,3	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

Tabela 47. Extração de nitrogênio nas raízes (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	N	
Início	0,280	c
0%	3,19	bc
25%	7,00	a
50%	5,02	ab
75%	2,37	bc
100%	7,05	a
Teste F	5,8**	
C.V. (%)	46,5	
d.m.s	3,5	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

Na Tabela 48 estão descritos os teores de P obtidos nas raízes de *H reniformis*. Observou-se que, na maioria dos tratamentos dos nutrientes analisados apresentou teor de fósforo inferior ao início. Isto pode estar associado ao consumo de fósforo para o desenvolvimento da planta ao longo do experimento. Merece destacar, que o maior teor de P foi obtido na ausência de Mg, fato que pode ser associado ao menor desenvolvimento da planta neste tratamento. Enquanto que nos demais níveis de Mg, onde houve condições favoráveis ao maior crescimento da planta, através da adição deste nutriente e conseqüente aumento no consumo de fósforo e translocação para a parte aérea em comparação à ausência de Mg na solução. Quanto aos níveis de S, não foram observadas diferenças significativas no teor de P.

Tabela 48. Teores de fósforo nas raízes (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes							
	P		K		Mg		S	
Início	6,91	a	6,91	a	6,91	b	6,91	a
0%	1,05	d	4,50	b	8,53	a	2,37	b
25%	1,51	cd	3,55	c	3,17	c	3,93	b
50%	1,94	c	3,11	cd	2,42	c	3,08	b
75%	2,15	bc	3,44	cd	2,47	c	3,56	b
100%	2,63	b	2,63	d	2,63	c	2,63	b
Teste F	91,5**		30,1**		34,8**		4,5*	
C.V. (%)	14,3		12,1		18,0		36,9	
d.m.s	0,7		0,9		1,4		2,4	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Na Tabela 49 estão apresentadas as extrações de fósforo nas raízes, na qual observou-se biologicamente que a solução completa (100% de P) propiciou extrações próximas ou superiores às obtidas entre os níveis de P, K e S. A ausência de Mg, condicionou a maior extração de fósforo nas raízes ($3,17 \text{ mg.vaso}^{-1}$) quando comparada com os demais nutrientes, provavelmente, pela menor demanda de P exigida pela parte aérea. Esta afirmativa pode ser explicada pela ausência de Mg, que propiciou condições desfavoráveis à estruturação do aparato fotossintético, sendo assim afetado o crescimento da planta, o que determinou talvez maior acúmulo de fósforo nas raízes.

Tabela 49. Extração de fósforo nas raízes (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes							
	P		K		Mg		S	
Início	0,06	c	0,06	b	0,06	b	0,06	b
0%	0,12	bc	0,66	a	3,17	a	0,03	b
25%	0,41	a	0,68	a	0,26	b	0,44	ab
50%	0,33	ab	0,35	ab	0,82	b	0,67	a
75%	0,14	bc	0,88	a	0,27	b	0,66	a
100%	0,43	a	0,43	ab	0,43	b	0,43	ab
Teste F	4,1*		2,6°		9,6**		3,7*	
C.V. (%)	55,2		61,9		77,8		65,9	
d.m.s	0,2		0,6		1,2		0,4	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade. ° Significativo pelo teste F a 10 % de probabilidade.

Nas Tabelas 50 e 51 estão apresentados os teores e extrações de potássio nas raízes. Verificou-se que os teores de potássio referente ao início ($35,28 \text{ g.kg}^{-1}$) e solução completa ($10,38 \text{ g.kg}^{-1}$) foram superiores em relação aos demais nutrientes e seus respectivos níveis. Como exposto anteriormente, o estado nutricional das plantas utilizadas no início, com elevado teor de potássio nas raízes, provavelmente, está relacionado ao local de coleta, definido como ambiente de várzea. Quanto à solução completa, que corresponde à maior concentração deste elemento, talvez condicionou a uma maior quantidade disponível do nutriente.

A análise da extração permitiu observar o comportamento da planta na absorção e utilização de potássio destinado às raízes, no qual a solução completa ($1,76 \text{ mg.vaso}^{-1}$) propiciou maiores extrações em comparação aos demais nutrientes, exceto na ausência de Mg ($2,3 \text{ mg.vaso}^{-1}$).

Tabela 50. Teores de potássio nas raízes (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes							
	P		K		Mg		S	
Início	35,28	a	35,28	a	35,28	a	35,28	a
0%	2,70	cd	6,12	bc	6,27	bc	0,66	c
25%	0,75	d	0,69	c	0,98	c	0,89	c
50%	2,42	cd	0,92	c	0,59	c	1,13	c
75%	5,65	bcd	0,81	c	9,37	b	1,91	c
100%	10,38	bc	10,38	b	10,38	b	10,38	b
Teste F	17,7**		21,9**		18,5**		23,3**	
C.V. (%)	48,8		47,1		43,2		49,6	
d.m.s	8,7		8,0		8,3		8,0	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

Tabela 51. Extração de potássio nas raízes (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes							
	P		K		Mg		S	
Início	0,30	b	0,30	b	0,30	b	0,30	b
0%	0,26	b	0,86	ab	2,30	a	0,01	b
25%	0,21	b	0,13	b	0,08	b	0,10	b
50%	0,40	b	0,11	b	0,17	b	0,23	b
75%	0,59	b	0,20	b	1,10	ab	0,35	b
100%	1,76	a	1,76	a	1,76	a	1,76	a
Teste F	2,5°		3,9*		5,1**		4,5*	
CV (%)	111,7		101,5		74,7		116,2	
d.m.s	1,2		1,0		1,3		1,0	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

° Significativo pelo teste F a 10 % de probabilidade.

Nas Tabelas 52 e 53 que são referentes aos teores e extrações de magnésio nas raízes. Nota-se que, o início, apresentou maiores teores de magnésio quando comparado aos demais tratamentos. Quanto à ausência de magnésio, que obteve maior teor

deste elemento em relação aos seus respectivos níveis, provavelmente, pela redução no crescimento da planta que resultou em uma baixa atividade do metabolismo e conseqüente acúmulo nas raízes. Isto pode ter corroborado com a redução na translocação deste elemento para a parte aérea, visto que, os teores de Mg nas folhas ($1,65 \text{ g.kg}^{-1}$) e caules ($0,85 \text{ g.kg}^{-1}$) foram inferiores em relação às raízes ($3,18 \text{ g.kg}^{-1}$).

Esta assertiva, pode ser comprovada quando são observadas as extrações de Mg nas raízes, embora as unidades das variáveis referidas sejam diferentes, que expressa possíveis indícios de acúmulo deste nutriente, pois a quantidade extraída foi superior à massa seca de raízes produzida. A ausência de S, afetou significativamente a extração de Mg ($0,03 \text{ mg.vaso}^{-1}$). Verificou-se neste tratamento que houve uma indução no crescimento de raízes, por superar a quantidade extraída, sendo totalmente destinada à produção deste órgão, embora tenha sido obtida na parte aérea a maior extração de Mg ($5,03 \text{ mg.vaso}^{-1}$).

Tabela 52. Teores de magnésio nas raízes (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes							
	P		K		Mg		S	
Início	4,49	a	4,49	a	4,49	a	4,49	a
0%	1,82	b	2,87	b	3,18	b	1,89	c
25%	1,42	b	1,96	c	1,25	c	2,41	bc
50%	1,37	b	1,82	c	2,06	c	1,50	c
75%	1,97	b	1,85	c	1,87	c	2,19	c
100%	1,52	b	1,52	c	1,52	c	1,52	c
Teste F	16,6**		14,2**		13,3**		9,6**	
CV (%)	22,2		19,3		22,0		24,5	
d.m.s	0,88		0,86		0,97		1,06	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

Tabela 53. Extração de magnésio nas raízes (mg.vaso^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes			
	P	K	Mg	S
Início	0,04 c	0,04	0,04 c	0,04 b
0%	0,21 abc	0,41	1,16 a	0,03 b
25%	0,37 a	0,37	0,10 c	0,27 a
50%	0,22 ab	0,22	0,76 ab	0,31 a
75%	0,10 bc	0,48	0,20 bc	0,42 a
100%	0,25 ab	0,25	0,25 bc	0,25 a
Teste F	3,9*	2,3 ^{ns}	5,1**	6,1**
C.V. (%)	52,4	61,8	81,3	50,2
d.m.s	0,19	0,30	0,61	0,19

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

ns Não significativo pelo teste F.

Nas Tabelas 54 e 55, estão apresentados os teores e a extração de enxofre nas raízes. Nota-se que os maiores teores de S foram obtidos no início ($2,10 \text{ g.kg}^{-1}$) e na solução completa ($1,67 \text{ g.kg}^{-1}$), sendo o menor teor obtido na ausência deste elemento ($0,53 \text{ g.kg}^{-1}$).

Quanto à extração, apenas na ausência de Mg ($0,40 \text{ mg.vaso}^{-1}$), na solução completa ($0,28 \text{ mg.vaso}^{-1}$) e na solução a 50% de S ($0,28 \text{ mg.vaso}^{-1}$) obtiveram as maiores quantidades extraídas. Enquanto que a ausência de S, extraiu nas raízes apenas $0,01 \text{ mg.vaso}^{-1}$, a qual provavelmente foi destinada totalmente à produção deste órgão, possivelmente não possibilitou o acúmulo deste nutriente nas raízes.

Tabela 54. Teores de enxofre nas raízes (g.kg^{-1}) de *Heteranthera reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes							
	P		K		Mg		S	
Início	2,10	a	2,10	a	2,10	a	2,10	a
0%	0,86	c	1,11	bc	1,07	bc	0,53	d
25%	0,68	c	0,57	c	0,74	c	1,87	ab
50%	1,09	bc	1,21	bc	0,97	bc	1,35	bc
75%	0,96	c	0,47	c	1,58	ab	0,97	cd
100%	1,67	ab	1,67	ab	1,67	ab	1,67	abc
Teste F	8,0**		5,3*		3,9*		6,1**	
C.V. (%)	27,4		39,7		33,1		29,1	
d.m.s	0,60		0,84		0,80		0,73	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade.

Tabela 55. Extração de enxofre nas raízes (mg.vaso^{-1}) de *H. reniformis* em resposta a níveis de macronutrientes na solução. Botucatu/SP, 2003.

Tratamentos	Nutrientes							
	P		K		Mg		S	
Início	0,02	c	0,02	c	0,02	c	0,02	d
0%	0,09	bc	0,12	b	0,40	a	0,01	d
25%	0,18	b	0,11	bc	0,06	c	0,21	ab
50%	0,18	b	0,11	bc	0,29	ab	0,28	a
75%	0,04	c	0,12	bc	0,16	bc	0,17	bc
100%	0,28	a	0,28	a	0,28	ab	0,28	a
Teste F	9,7**		5,6**		5,1**		11,6**	
CV (%)	41,0		47,0		58,7		38,9	
d.m.s	0,09		0,10		0,19		0,10	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pelo teste t não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade.

6.6 Requerimento de nutrientes

A ordem decrescente de macronutrientes requeridos por *H. reniformis*, baseada nas quantidades extraídas para a produção de massa seca, foi a seguinte: N>K>P>Mg>S. Merece ressaltar, a importância de N, Mg e P, que foram considerados como fatores limitantes ao crescimento da espécie. Esta assertiva pode ser constatada quando foram analisados os teores e extrações destes nutrientes associados aos parâmetros biométricos da planta como massa seca total e área foliar que expressaram a dependência da absorção destes nutrientes para o desenvolvimento da planta.

7. CONCLUSÕES

- N, Mg e P são os nutrientes com maior possibilidade de limitar o crescimento de *H. reniformis*, dentre os estudados.
- *H. reniformis* pode ser considerada uma espécie agressiva quanto ao recrutamento de elementos do meio, por apresentar bom desenvolvimento radicular mesmo em ambientes pobres em fósforo.
- A extração de enxofre pode ser influenciada pela concentração de N e P na solução nutritiva.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOI, T. & HAYASHI, T. Nutrient removal by water lettuce (*Pistia stratiotes*) **Water Science Technology**, v. 34 (7-8), p. 407-412, 1996.

BOARO, C. S. F. et al. Interações entre magnésio e micronutrientes metálicos durante o desenvolvimento do feijoeiro em solução nutritiva. **Scientia Agrícola**, v. 56 (1) p. 125-134, 1999.

BORKET, C.M. et al. Seja o Doutor da sua soja. **Potafós**. 1994

BRASIL, E. C. Mecanismos envolvidos na eficiência de aquisição de fósforo em genótipos de milho. Lavras: UFLA, 2003. 161 p. **Tese** (Doutorado), UFLA- MG.

BRIX, H. Functions of macrophytes in constructed wetlands. **Water Science Technology**, v. 29 (4), p. 71-78, 1994.

CAMARGO, A . F. M. et al. Primary production of *Utricularia foliosa*, *Egeria densa* and *Cabomba furcata* from rivers of the coastal plain of the state of Sao Paulo, Brazil. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AQUATIC WEEDS 2002, Moliets et Maã **Proceedings...** Moliets et Maã (France) 2002.

CARY, P.R. et al. Growth of *Salvinia molesta* as affected by water temperature and nutrition. II. Effects of phosphorus level. **Aquatic Botany**, v. 17, p. 61-70, 1983.

CHAMBERS, P. A. et al. Nutrient dynamics in riverbeds: the impact of sewage effluent and aquatic macrophytes. **Water Research**, v. 28, número 2, p. 453-464, 1994.

COELHO, A.M. et al. Seja o Doutor do seu milho. **Potafós**, 1995.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de semeadura em arroz de terra alta. **Scientia Agricola**, v. 56 (1), p. 63-70, 1999.

DA SILVA, C. J. et. al. Composição química das principais espécies de macrófitas aquáticas do Lago Recreio Pantanal Matogrossense (MT). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 54, p. 617-622.

DECHEN, A.R. *et.al.* Conceitos fundamentais da interpretação da análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Anais...** Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, 1995. 273 p..

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

FERRERO, A. Prediction of *Heteranthera reniformis* competition with flooded rice using day-degrees. **Weed Research**, v. 36, p. 197-201, 1996.

FORNI, C. *et. al.* Evaluation of the fern azolla for growth, nitrogen and phosphorus removal from wastewater. **Water Research**, v. 35. (6). p. 1592-1598, 2001.

GAO, J.P.. *et. al.* Uptake and phytotransformation of organophosphorus pesticides by axenically cultivated aquatic plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48. (12), p. 6114-6120, 2000.

GUILLARMOND, A.J. Myriophyllum, in increasing water weed menace for South Africa. **South Africa Journal Science**, v. 73 (3), p. 89-90, 1977.

HENRY-SILVA, G. G. et al. Effect of nutrient concentration on the growth of *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* and *Salvinia molesta*. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AQUATIC WEEDS 2002, Moliets et Maã **Proceedings...** Moliets et Maã (France) 2002.

HENRY-SILVA, G. G. Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura. **Acta Scientiarum**, v. 24 (2), p. 519-526, 2002.

HENRY-SILVA, G. G. et al. Chemical composition of species of aquatic macrophytes from lotic ecosystems of the southern coast of the state of São Paulo (Brazil). **Acta limnologica Brasileira**, v. 13 (2) p. 11-17, 2001

KENT, R.J. Influence of flood depth and duration on growth of low land rice weeds, Cote d'Ivoire. **Crop Protection**, v. 20 (8). p. 691-694, 2001.

KHEDR, A.H.A. *et. al.* Distribution of aquatic plants in relation to environmental factors in the Nile Delta. **Aquatic Botany**, v. 56. p. 75-86, 1997.

KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I. 2ª ed. 1997, 825 p.

KOERSELMAN, W., et al. The vegetation N:P ration: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. **Journal Applied Ecology**, v. 33, 1441-1450, 1996.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Ed. Pedagógica e Universitária Ltda. São Paulo 1986, 319 p.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3ª ed. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, 2000, 608 p.

MADSEN, T.V. *et. al.* Sources of nutrients to rooted submerged macrophytes growing in a nutrient rich stream. **Freshwater Biology**, v. 47.(2), p. 283-291, 2002.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed., Piracicaba. Potafós, 1989. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 1ª ed. San Diego: Academic Press, 1990. 674 p.

NUTTALL, P.M. Uptake of phosphorus and nitrogen by *Myriophyllum aquaticum* (Velloza) Verd. Growing in a wastewater treatment system. **Australe Journal Mar. Freshwater Research**. v. 36. (4), p. 493-507, 1985.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro. RJ. editora Guanabara, 1988. 423 p.

PETRUCCIO, M.M. & ESTEVES, F. A. Uptake rates of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata* **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60 (2), p. 229-236, 2000.

RANI, V.U & BHAMBIE, S. A study on the growth of *Salvinia molesta* Mitchell in relation to light and temperature. **Aquatic Botany**, v. 17, p. 119-124, 1983.

REDDY, K. R. et al. Growth characteristics of aquatic macrophytes cultured in nutrient enriched water: I. Water hyacinth, water lettuce and pennywort. **Economy Botany**, v. 38, p. 229-239, 1984.

REJMANEK, M. Study of growth, resource allocation, and nutrient requirements of *Myriophyllum aquaticum*. Rep. U.S. Geol. Surv. **Water Research Div**, 44 p. 1991.

REJMANKOVA, E. Ecology of creeping macrophytes with special reference to *Ludwigia peploides* (H.B.K.) Raven. **Aquatic Botany**, v. 43 (3), p. 283-299, 1992

RICKELEFS, R. E. **A economia da natureza**. Ed. Guanabara koogar.S.A. Rio de Janeiro. 1996.

ROMERO, J.A. Interactive effects of N and P on growth, nutrient allocation and NH₄ uptake kinetics by *Phragmites australis* **Aquatic Botany**, v.64, p. 369-380, 1999.

SALVADOR, J. O. Efeito da omissão combinada de N, P, K e S nos teores foliares de macronutrientes em mudas de goiabeira. **Scientia Agrícola**, v. 56 (2), p. 501-507, 1999.

SANCHEZ, C.S. et. al. Nutrient dynamics and eutrophication patterns in a semi-arid wetland: The effects of fluctuating hydrology. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 131 (1-4), p. 97-118, 2001.

SARRUGE, J.R. et. al. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 1 (3), p. 231-233, 1975.

SHARMA, S. K. & SHARMA, S.N. Balance sheet of nitrogen, phosphorus and potassium under different rice (*Oryza sativa*) – based cropping systems. **Indian Journal of Agronomy**, v. 47 (1), p. 6-11, 2002.

SYTSMA, M.D et. al. Transpiration by an emergent macrophyte: Source of water and implications for nutrient supply. **Hidrobiologia**, v. 271 (2), p. 97-108, 1993.

SYTSMA, M.D et. al. Criteria for assessing nitrogen and Phosphorus deficiency in *Myriophyllum aquaticum*. **Journal Freshwater Ecology**, v. 8 (2), p. 115-164, 1993.

SINGH, S. S., et. al. Comparative performance of *indica* and *japonica* rice (*Oryza sativa*) varieties under late-planted rainfed lowland condition. **Indian Journal of Agronomy**, v. 47 (1), p. 50-56, 2002.

THOMAZ, S.M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 20, p. 21-33, 2002.

VASCONCELOS, T. *et al* Aquatic plants in the rice fields of the Tagus Valley, Portugal. **Hidrobiologia**, v. 415, p. 59-65, 1999.

VELOSO, C. A. C. Absorção e extração de alguns nutrientes pela cultivar “Guajarina” de pimenta do reino. **Scientia Agrícola**, v. 56 (2), p. 443-447, 1999.

VESCOVI, F.D. *et al*. Effects of time and duration of competition between rice (*Oriza sativa* L.) and *Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavon. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CROP PROTECTION. GENT., 61, 1996, Bélgica. **Anais...**Bélgica: 1996, p. 1123-1128.

WETZEL, R.G. **Limnologia**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 2ª ed. 1993, 915 p.

ANEXO

Tabela 1. Composição química da solução nutritiva expressa em ml da solução estoque por 2 litros de solução nutritiva final, correspondente a solução completa e níveis de nitrogênio.

Solução Estoque	Tratamentos				
	0%	25%	50%	75%	100%
KH ₂ PO ₄	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
KNO ₃	-	-	-	-	8
Ca(NO ₃) ₂	-	-	-	-	8
MgSO ₄	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
KCl	8	8	8	8	-
CaCl ₂	8	8	8	8	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	-	3	6	9	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	-	-	-
Mg(NO ₃) ₂	-	-	-	-	-
Micro ¹	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Fe-EDTA ²	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

1, 2 o preparo das soluções de micronutrientes e Fe-EDTA estão explicadas no item 5.3

Tabela 2. Composição química da solução nutritiva expressa em ml da solução estoque por 2 litros de solução nutritiva final, correspondente aos níveis de fósforo.

Solução Estoque	Tratamentos				
	0%	25%	50%	75%	100%
KH ₂ PO ₄	-	0,4	0,8	1,2	1,6
KNO ₃	8	8	8	8	8
Ca(NO ₃) ₂	8	8	8	8	8
MgSO ₄	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
KCl	1,6	1,2	0,8	0,4	-
CaCl ₂	-	-	-	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	-	3	6	9	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	-	-	-
Mg(NO ₃) ₂	-	-	-	-	-
Micro ¹	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Fe-EDTA ²	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

1, 2 o preparo das soluções de micronutrientes e Fe-EDTA estão explicadas no item 5.3

Tabela 3. Composição química da solução nutritiva expressa em ml da solução estoque por 2 litros de solução nutritiva final, correspondente aos níveis de potássio.

Solução Estoque	Tratamentos				
	0%	25%	50%	75%	100%
KH ₂ PO ₄	-	0,4	0,8	1,2	1,6
KNO ₃	-	2	4	6	8
Ca(NO ₃) ₂	8	8	8	8	8
MgSO ₄	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
KCl	-	-	-	-	-
CaCl ₂	-	-	-	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	1,6	1,2	0,8	0,4	-
NH ₄ NO ₃	3,2	2,4	1,6	0,8	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	-	-	-
Mg(NO ₃) ₂	-	-	-	-	-
Micro ¹	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Fe-EDTA ²	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

1, 2 o preparo das soluções de micronutrientes e Fe-EDTA estão explicadas no item 5.3

Tabela 4. Composição química da solução nutritiva expressa em ml da solução estoque por 2 litros de solução nutritiva final, correspondente aos níveis de cálcio.

Solução Estoque	Tratamentos				
	0%	25%	50%	75%	100%
KH ₂ PO ₄	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
KNO ₃	8	8	8	8	8
Ca(NO ₃) ₂	-	2	4	6	8
MgSO ₄	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
KCl	-	-	-	-	-
CaCl ₂	-	-	-	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	8	6	4	2	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	-	-	-
Mg(NO ₃) ₂	-	-	-	-	-
Micro ¹	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Fe-EDTA ²	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

1, 2 o preparo das soluções de micronutrientes e Fe-EDTA estão explicadas no item 5.3

Tabela 5. Composição química da solução nutritiva expressa em ml da solução estoque por 2 litros de solução nutritiva final, correspondente aos níveis de magnésio.

Solução	Tratamentos					
	Estoque	0%	25%	50%	75%	100%
KH ₂ PO ₄	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
KNO ₃	8	8	8	8	8	8
Ca(NO ₃) ₂	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8
MgSO ₄	-	0,8	1,6	2,4	3,2	3,2
KCl	-	-	-	-	-	-
CaCl ₂	3,2	2,4	1,6	0,8	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	-	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	-	-	-	-	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	3,2	2,4	1,6	0,8	-	-
Mg(NO ₃) ₂	-	-	-	-	-	-
Micro ¹	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Fe-EDTA ²	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

1, 2 o preparo das soluções de micronutrientes e Fe-EDTA estão explicadas no item 5.3

Tabela 6. Composição química da solução nutritiva expressa em ml da solução estoque por 2 litros de solução nutritiva final, correspondente aos níveis de enxofre.

Solução	Tratamentos					
	Estoque	0%	25%	50%	75%	100%
KH ₂ PO ₄	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
KNO ₃	8	8	8	8	8	8
Ca(NO ₃) ₂	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8
MgSO ₄	-	0,8	1,6	2,4	3,2	3,2
KCl	-	-	-	-	-	-
CaCl ₂	3,2	2,4	1,6	0,8	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	-	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	-	-	-	-	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-
Mg(NO ₃) ₂	3,2	2,4	1,6	0,8	-	-
Micro ¹	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Fe-EDTA ²	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

1, 2 o preparo das soluções de micronutrientes e Fe-EDTA estão explicadas no item 5.3