

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA - DBI
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE AMBIENTES
AQUÁTICOS CONTINENTAIS (PEA)

**Nitrogênio ou fósforo como fator limitante para o crescimento de
Eichhornia crassipes Mart (Solms.) na planície de inundação do alto rio
Paraná? Evidências obtidas em mesocosmos**

Josilaine Taeco Kobayashi

Maringá – PR
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JOSILAINE TAECO KOBAYASHI

**NITROGÊNIO OU FÓSFORO COMO FATOR LIMITANTE
PARA O CRESCIMENTO DE *EICHHORNIA CRASSIPES* MART
(SOLMS.) NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ?
EVIDÊNCIAS OBTIDAS EM MESOCOSMOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Magela Thomaz

Maringá - PR
2006

Agradecimentos

Dos mais sinceros sentimentos, gostaria de agradecer:

- Ao meu chefe, prof. Sidinei Magela Thomaz pela orientação, ensinamentos, amizade, carisma, momentos de descontração e eterna humildade e prontidão em receber pacientemente seus alunos (mesmo tendo um “quilhão” de coisas pra resolver);
- Ao meu amado noivo, Fernando Mayer Pelicice, pela eterna paciência comigo e pelo incondicional amor, carinho e companheirismo em todos os momentos de minha vida;
- À minha mãe e toda minha família pelo suporte dado aos meus estudos e pela força, amizade, apoio e carinho;
- Ao Tião, Alfredo e Leandro por ter nos dado o apoio necessário em campo; sem essas pessoas nossos trabalhos não vingam;
- Ao amigo André A. Padial, “Andrézinho”, pelos bons momentos de conversa e pela paciência em me ensinar as coisas de laboratório, estando sempre pronto pra ajudar;
- À amiga Maria do Carmo Roberto, a Dú, que apesar da correria, me ensinou pacientemente e esteve ao meu lado durante todo o tempo das análises laboratoriais;
- Aos prof. e amigos Claudinha e Horácio, pelos ensinamentos, piadas e quando na falta de um barqueiro, me conduziram até o local do experimento;
- Às minhas amigas *Blushes* (Cintia, Dayani, Geuza, Fernanda, Michele e Paula), pelos momentos de alegria e desabafos (que só as mulheres entendem....), em especial agradeço as amigas Fernanda e Cintia, pela preocupação, atenção e companhia;
- Às secretárias Aldenir e Mércia pela atenção e preocupação que tiveram comigo durante todo o curso, sempre arranjando um tempo para resolver os nossos problemas;
- Ao pessoal da biblioteca, em especial à Salete, que além de nos atender tão bem, é uma mãezona;
- A todo o pessoal do laboratório (Heloísa, Rodrigo, Solange, Natália, Wilson, Priscila I, Priscila II, Beatriz, Tiago, Roberta, Solana) por todos os momentos do dia-a-dia;
- Ao Thomaz e ao Raul, por terem me ajudado muito no campo e no laboratório;
- A todos os amigos e colegas que fiz desde que cheguei em Maringá;
- Ao PEA/Nupélia, por oferecer todo apoio e infra-estrutura necessários para o desenvolvimento desse trabalho, em especial à prof. Norma S. Hahn, por conduzir tão bem o curso e permitir o livre acesso e opinião dos alunos;
- À Capes pela concessão da bolsa.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	01
MATERIAL E MÉTODOS	
Descrição da Área.....	03
Metodologia.....	04
RESULTADOS	
Parâmetros Físicos e Químicos.....	07
Concentrações de nutrientes na água.....	08
Absorção de nutrientes pelas plantas.....	09
O efeito dos nutrientes sobre o crescimento de <i>E. crassipes</i>..	10
DISCUSSÃO.....	13
Referências	18

Nitrogênio ou fósforo como fator limitante para o crescimento de *Eichhornia crassipes* Mart (Solms.) na planície de inundação do alto rio Paraná? Evidências obtidas em mesocosmos

RESUMO

A cascata de reservatórios à montante da planície de inundação do alto rio Paraná retêm grande quantidade de nutrientes, principalmente o fósforo, tornando as águas do rio Paraná e dos ambientes de sua planície pobres em nutrientes. Sabe-se que esses nutrientes são limitantes para a produção primária, porém na planície de inundação do alto rio Paraná o papel destes no crescimento das macrófitas aquáticas ainda é desconhecido. A espécie de macrófita flutuante livre, *Eichhornia crassipes*, é descrita como uma entre as de maior sucesso de colonização e crescimento, sendo considerada a principal planta daninha aquática flutuante no Brasil, porém, nesta planície, essa espécie apresenta uma limitada distribuição e um baixo contingente populacional. Nesse sentido levantou-se a hipótese de que o fósforo é o fator limitante para o crescimento de *E. crassipes*. Foram montados 12 mesocosmos fechados de 1500 litros e mais 3 abertos (sofrendo influência direta da água da lagoa), com réplicas consistindo em: C (controle), +N (adição de nitrogênio), +P (adição de fósforo), +NP (adição de nitrogênio + fósforo) e L (lagoa). Após a adição dos nutrientes, as plantas foram pesadas semanalmente para obtenção da biomassa fresca. Os nutrientes da água e dos tecidos das plantas foram analisados seguindo metodologias específicas. Para analisar diferenças nos tratamentos, foi realizada uma ANOVA de medidas repetidas e aplicado um teste *a posteriori* de Tuckey quando as diferenças eram significativas. As plantas cultivadas nos tratamentos +P e +NP apresentaram os maiores valores de biomassa ao final do experimento (ANOVA_{Arm}: $F_{12,30}=7,54$; $p<0,05$), enquanto os tratamentos C e +N apresentaram valores similares de biomassa em todos os tempos. O número de brotos que surgiram ao longo do experimento foi estimulado pelos nutrientes adicionados, sendo que o maior número de brotos constatado nos tratamentos +P e +NP (ANOVA_{Arm}: $F_{12,30}=3,25$; $p<0,05$). Não foi observado diferença significativa entre a razão do peso seco de folhas e raízes nos diferentes tratamentos ($F_{4,10}= 0,8671$; $p>0,05$). Esses resultados sugerem que o crescimento de *E. crassipes* na planície de inundação do alto rio Paraná é fortemente limitado pelo fósforo. Porém, a despeito da inequívoca limitação causada pelo fósforo no alto rio Paraná e das diferenças com o médio trecho desse rio, a ausência de dados pretéritos não permite concluir acerca da real importância da remoção desse elemento pelos reservatórios para o estabelecimento de populações de *E. crassipes* na região estudada.

Palavras-chave: *Eichhornia crassipes*, nutrientes, planície de inundação, rio Paraná, limitação, mesocosmos.

Nitrogen or phosphorus as limiting factor for the growth of *Eichhornia crassipes* Mart (Solms.) in the Upper Paraná river floodplain? Evidences obtained in mesocosms

ABSTRACT

The cascade of reservoirs located in the Paraná River and its tributaries retain a large amount of nutrients (mainly phosphorus), impoverishing the waters of the Paraná River and its environments downstream. Although these nutrients are limitant for primary production their role on the growth of aquatic plants is still unknown, in the Upper Paraná River floodplain. The free-floating macrophyte, *Eichhornia crassipes*, is among the most successful colonizer and fast-growing macrophytes, being considered the main floating weed found in Brazil. In this sense we hypothesize that phosphorus concentration is the main limiting factor for growth of *E. crassipes* in this region. The objective of the work was to verify which nutrient (N or P) is limiting the growth of this plant. Twelve closed mesocosms of 1500 liters plus three open units (with direct influence of the lagoon) were set up in Garças lagoon, with five treatments and three replicates: C (control), +N (nitrogen addition), +P (phosphorus addition), +NP (nitrogen and phosphorus addition) and L (lagoon). After nutrient amendments plants were weekly weighted, obtaining the fresh biomass during a three week period. To analyze differences among treatments, an ANOVA with repeated measures was conducted and differences among means were checked with Tuckey's test. Plants cultivated in the treatments +P and +NP showed the highest biomass values at the end of the experiment (ANOVA: $F_{12,30}=7,54$; $p < 0,05$), while the treatments C and +N presented similar values of biomass. The number of sprouts formed along the experiment was stimulated by nutrient amendments and the highest number was verified in the treatments +P and +NP (ANOVA: $F_{12,30}=3,25$; $p < 0,05$). Significant differences were not observed for leaf:root ratios (dry weight) in the different treatments ($F_{4,10} = 0,8671$; $p > 0,05$). These results suggest that the growth of *E. crassipes* in the Upper Paraná River floodplain is limited by phosphorus. However, in spite of such unequivocal limitation, and besides some different patterns observed in the stretch of the middle Paraná River, the absence of historical data avoids concrete conclusions concerning the real importance of phosphorus removal by reservoirs for the establishment of *E. crassipes* populations in the studied region.

Key-words: *Eichhornia crassipes*, nutrient, floodplain, Paraná river, limitation, mesocosms.

1. Introdução

O interesse pela comunidade de macrófitas nos ecossistemas aquáticos continentais aumentou de forma acentuada a partir da década de 60 e isso pode ser explicado em parte pelo reconhecimento de que a maioria desses ambientes possui baixa profundidade e, assim, amplas áreas litorâneas (ESTEVES, 1988; THOMAZ e BINI, 2003). No Brasil, as pesquisas feitas sobre essa comunidade se tornaram mais freqüentes a partir da década de 1990, principalmente no estado de São Paulo (THOMAZ e BINI, 2003).

As macrófitas aquáticas podem habitar qualquer tipo de ambiente aquático e cada tipo biológico apresenta uma particularidade quanto aos fatores ambientais que limitam o seu desenvolvimento (CAMARGO; PEZZATO e HENRY-SILVA, 2003). As macrófitas que possuem raízes em contato direto com o sedimento raramente são limitadas por nutrientes (ANDERSON e KALFF, 1988; BARKO; GUNNISON e CARPENTER, 1991), enquanto que as concentrações de nutrientes dissolvidos na coluna de água afetam diretamente o crescimento de macrófitas flutuantes livres, já que suas raízes não alcançam o sedimento (SPENCER e BOWES, 1990).

O hábito flutuante livre da espécie *Eichhornia crassipes* sugere que seu desenvolvimento máximo ocorre principalmente em ambientes lênticos, em locais protegidos do vento, com elevada concentração de nutrientes dissolvidos e oscilações intermediárias de nível de água (GOPAL, 1987; ESTEVES, 1988). Essa planta é descrita como uma entre as de maior sucesso de colonização e crescimento, caracterizada pela rápida expansão, podendo se tornar um problema e afetar os usos múltiplos dos ecossistemas aquáticos (GOPAL, 1987; COOK, 1990; MARCONDES; MUSTAFÁ e TANAKA, 2003; INGOLE; BURGHATE e BHOLE, 2004). Por essas razões, é considerada a principal planta daninha aquática flutuante no Brasil (LORENZI, 2000). Apesar da quantidade de pesquisas realizadas enfocando os fatores limitantes para o desenvolvimento de *Eichhornia crassipes* em diferentes ambientes de diversos países, pouco é conhecido sobre qual o principal fator que determinaria o desenvolvimento e crescimento desta planta na bacia do alto rio Paraná (Brasil).

A bacia do rio Paraná é a mais densamente povoada do país e um de seus principais tributários é o rio Tietê, que drena a área de maior densidade populacional e industrial do Brasil. Assim, há uma enorme carga de esgotos orgânicos e inorgânicos não-tratados sendo despejados neste rio, deteriorando as suas águas (BONETTO, 1986; BARBOSA; PADISÁK;

ESPÍNDOLA; BORICS e ROCHA, 1999). Porém, a montante do Rio Paraná, uma cascata de reservatórios represa o rio Tietê, resultando na descontinuidade das características bióticas e abióticas naturais do rio (WARD e STANFORD, 1995). Os reservatórios dessa cascata retêm grande quantidade de sólidos suspensos, nitrogênio e fósforo vindos da cabeceira do rio Tietê. Como resultado, esses elementos são incorporados ao sedimento onde se tornam indisponíveis para o fitoplâncton e macrófitas flutuantes, sendo as concentrações bastante reduzidas na coluna de água (BARBOSA; PADISÁK; ESPÍNDOLA; BORICS e ROCHA, 1999; AGOSTINHO; THOMAZ; MINTE-VERA e WINEMILLER, 2000). Em função do grande número de barragens existentes nos tributários e no próprio rio Paraná, as oscilações no nível hidrológico variam de forma diferente daquelas observadas em um ambiente natural. A partir disso, profundas modificações ocorrem nos ambientes à jusante de cada reservatório, principalmente nas características limnológicas e na dinâmica de nutrientes, que acabam por influenciar as comunidades biológicas residentes (BARBOSA; PADISÁK; ESPÍNDOLA; BORICS e ROCHA, 1999).

Assim, o rio Paraná, abaixo da confluência com os rios Tietê e Paranapanema, possui águas com concentrações relativamente baixas de fósforo e nitrogênio, principalmente quando comparado com lagoas localizadas na planície de inundação do alto rio Paraná (AGOSTINHO e ZALEWSKI, 1996; THOMAZ; ROBERTO e BINI, 1997). A conexão das lagoas com o rio principal varia temporalmente e também entre diferentes lagoas. Algumas lagoas conectam-se com o rio Paraná somente nos períodos de águas altas, recebendo água principalmente através do lençol freático em períodos de isolamento (THOMAZ; ROBERTO e BINI, 1997). Durante as cheias, o maior fluxo de entrada de água do rio Paraná nas lagoas pode diluir as concentrações de fósforo e nitrogênio orgânico (AGOSTINHO; THOMAZ; MINTE-VERA e WINEMILLER, 2000), homogeneizando os ambientes. De forma oposta, o rio Paraná possui concentração relativamente alta de nitrato quando comparados às lagoas, representando uma fonte de nitrogênio inorgânico para esses ambientes (THOMAZ; ROBERTO e BINI, 1997).

Em lagoas do médio rio Paraná, o nitrogênio tem sido apontado como o principal fator limitante para o crescimento de *E. crassipes* (CARIGNAN e NEIFF, 1994). Estudos sobre fatores limitantes indicam que o fósforo é um importante limitante do crescimento do fitoplâncton em represas (HENRY e SIMÃO, 1988; IBAÑEZ, 1988; HENRY, 1990) e do metabolismo microbiano em lagoas de várzea (THOMAZ; PEREIRA e PAGIORO, 2001) do alto rio Paraná. Porém, no alto rio Paraná, o papel dos nutrientes para o crescimento da comunidade de macrófitas ainda é desconhecido. Observações realizadas em campo

revelaram a ocorrência de *E. crassipes* nas lagoas do rio Paraná , porém o crescimento dessas plantas não ocorre como nos ambientes similares, como nas lagoas do rio Ivinheima e do rio Baía. Em várias lagoas da planície, mesmo naquelas isoladas e não submetidas às cheias, esta espécie se desenvolve de forma incipiente. A dinâmica de *E. crassipes* nessas lagoas, onde a mesma permanece sempre em reduzida abundância, também difere daquele constatado em outros trechos da bacia. No médio Paraná, por exemplo, *E. crassipes* cresce de forma acentuada nas lagoas de planícies de inundação, sendo a cheia o fator controlador do crescimento das plantas (BONETTO, 1986; NEIFF, 1986). Desta forma, o conhecimento de que as barragens construídas à montante da planície em estudo altera, entre outros fatores, a concentração de nutrientes à jusante, nos leva a pressupor que isso pode estar ocasionando uma diferente estrutura da biota nesta porção do rio Paraná. Apesar da quantidade de pesquisas realizadas enfocando os fatores limitantes para o desenvolvimento de *E. crassipes* em diferentes ambientes de diversos países, pouco é conhecido sobre qual seria o principal fator determinando o desenvolvimento e crescimento desta planta nas lagoas de várzea do alto rio Paraná (Brasil).

A partir de observações prévias em campo e de comparações com estudos já realizados, o presente trabalho investigou a hipótese de que o fósforo é o principal fator limitante para o desenvolvimento de macrófitas nas lagoas de várzea do alto rio Paraná. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito da adição dos nutrientes (N ou P) no desenvolvimento de *Eichhornia crassipes* na lagoa das Garças em um curto período de tempo (21 dias).

2. Material e Métodos

2.1. Descrição da Área

A planície de inundação do alto rio Paraná (22°45'S; 53°30'W) compreende o último trecho livre de represamento deste rio no Brasil e está localizada dentro de três unidades de conservação (Parque Nacional de Ilha Grande, Parque Estadual do Ivinheima Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná). Este ecossistema é fundamental para a conservação de várias espécies aquáticas e terrestres que se encontram ameaçadas (AGOSTINHO e ZALEWSKI, 1996; AGOSTINHO; THOMAZ e GOMES, 2004).

A lagoa das Garças está localizada na margem direita da planície de inundação do alto rio Paraná, no estado de Mato Grosso do Sul (Fig. 1). Essa lagoa se comunica com o

rio principal através de um canal de aproximadamente 100m de comprimento. Possui uma largura aproximada de 150m, comprimento de 1500m e a profundidade varia em função das flutuações do nível hidrométrico do rio Paraná. Sua margem é colonizada por gramíneas e a região litorânea possui bancos de macrófitas aquáticas, predominantemente de *Eichhornia azurea*.

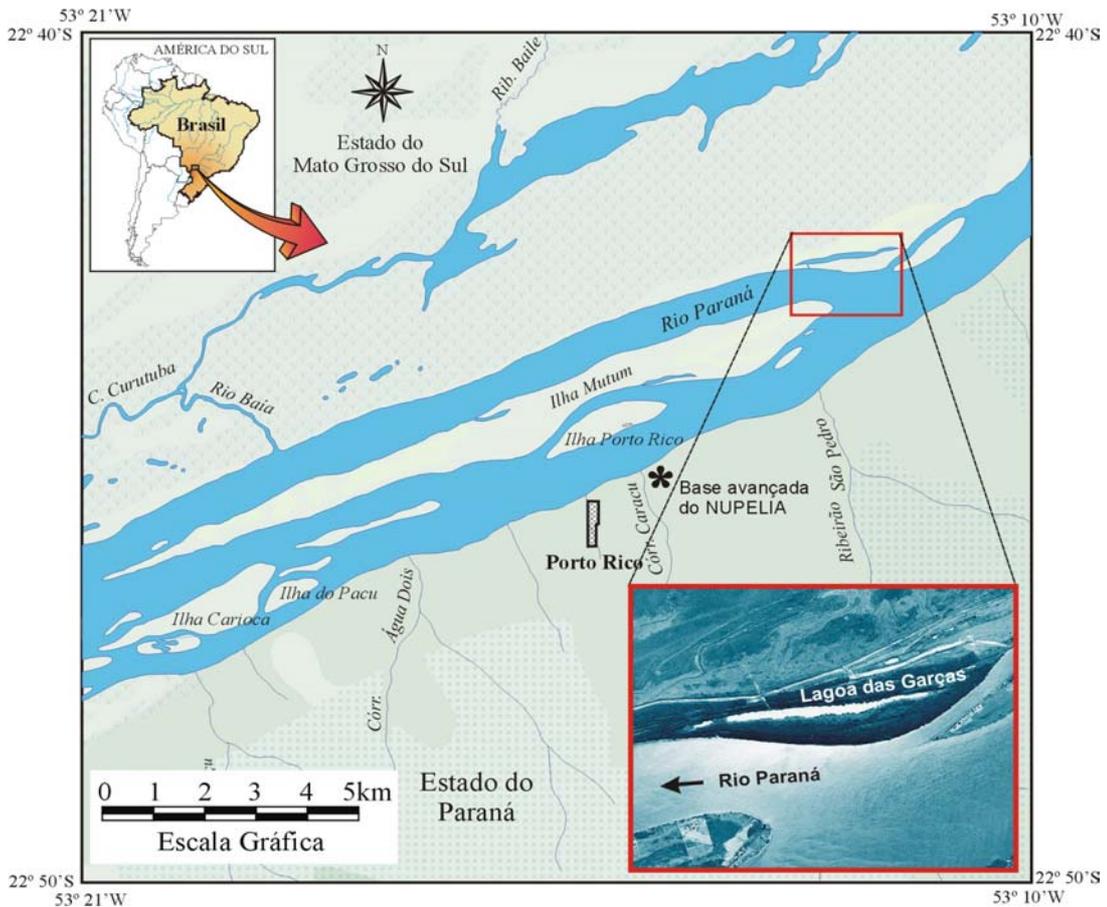


Figura 1: Localização da lagoa das Garças na margem direita da planície de inundação do alto rio Paraná.

2.2. Metodologia

Para verificar quais nutrientes (nitrogênio ou fósforo) poderiam limitar o crescimento de *E. crassipes*, foi realizado um experimento em mesocosmos, instalado na referida lagoa. O presente trabalho foi desenvolvido no período de 11 a 31 de janeiro de 2005 na lagoa das Garças. Foram construídos 12 unidades de mesocosmos, compostas por

sacos plásticos de 1500 litros, fechados no fundo e nas laterais (isolados) e mantidos na superfície através de suportes redondos (tubos plásticos) com diâmetro de 1m (Fig. 2).



Figura 2: Vista geral dos mesocosmos utilizados no experimento.

Os mesocosmos foram preenchidos com água da sub-superfície da lagoa, utilizando uma moto-bomba de sucção, e instalados na região litorânea da lagoa. Outros três suportes foram mantidos sem sacos plásticos, representando as condições vigentes na lagoa. Para simular condições naturais iniciais de crescimento, foram coletados espécimes de pequeno tamanho (≈ 10 cm de altura) de *Eichhornia crassipes* de um banco homogêneo encontrado em um canal lateral do rio Paraná. Os exemplares foram acondicionados nos 12 mesocosmos e nos 3 suportes adicionais, separados em cinco tratamentos: 1) “lagoa” (tratamento L), que correspondeu ao suporte sem saco; 2) controle (C), contendo somente água da lagoa; 3) (tratamento +N), fertilizados com $500\mu\text{g/L}$ de NO_3^- ; 4) (tratamento +P), fertilizados com $80\mu\text{g/L}$ de PO_4^{3-} ; 5) (tratamento +NP), fertilizados com uma solução de $500\mu\text{g/L}$ N + $80\mu\text{g/L}$ P. As concentrações de nutrientes adicionadas foram selecionadas de tal maneira a se aproximarem das maiores concentrações registradas em levantamentos extensivos realizados em diferentes ambientes da planície do rio Paraná (ROCHA, 2003), no intuito de que tais concentrações não fossem limitantes às plantas. Optou-se pela adição de nitrogênio na forma de NO_3^- porque essa é a principal forma de nitrogênio inorgânico transportada pelo rio Paraná (ROCHA e THOMAZ, 2004) e, assim, esse é o íon que melhor representa os aportes de nitrogênio para as lagoas da planície durante as cheias. Todos os tratamentos foram realizados em triplicatas e os nutrientes repostos semanalmente. Para minimizar a influência de fatores ambientais no experimento, as réplicas foram distribuídas espacialmente em blocos, de forma não aleatória (C, +N, +P, +NP e L).

Inicialmente, as plantas foram pesadas com a ajuda de uma balança automática (carga máxima de 5kg) e distribuídas nos mesocosmos, acondicionando seis plantas por

tratamento. As plantas jovens foram aleatoriamente separadas e pesadas. A biomassa inicial úmida de todos os tratamentos foi semelhante, variando entre 513,6g e 693,8g, com exceção ao tratamento lagoa que variou entre 690g a 830g. Após o início do experimento, as plantas foram pesadas a cada sete dias, após a retirada do excesso de água das raízes, e devolvidas nos respectivos mesocosmos. Durante as três semanas seguintes, o mesmo procedimento foi repetido, seguido pela reposição dos nutrientes. Complementando as observações de crescimento das plantas, semanalmente também foi anotado o número de brotos produzidos através da reprodução vegetativa de cada tratamento.

Os parâmetros físicos e químicos da água dos mesocosmos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e temperatura) foram medidos em todas as coletas, anteriormente à reposição dos nutrientes, com o auxílio de aparelhos de campo (Digimed). Amostras de água foram coletadas antes e depois da adição dos nutrientes. A água foi imediatamente transportada para o laboratório da Base de Pesquisa Avançada (Nupélia/UEM), filtrada através de membranas GF/C para análises posteriores de frações de nutrientes dissolvidos.

As concentrações de fosfato total e fosfato reativo solúvel foram quantificados por espectrofotometria pela reação de molibdato de sódio (MACKERETH; HERON e TALLING, 1978). As concentrações de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ também foram quantificadas por espectrofotometria. O nitrogênio total (NT), $N-NO_2^-$ e $N-NO_3^-$ foram determinados através do método de análise de injeção de fluxo (FIA) (ZAGATTO; JACINTO; REIS; KRUG; BERGAMIN; PASSEDA; MORTATTI e GINÉ, 1981) com a utilização de cádmio esponjoso. Para o $N-NH_4^+$, as amostras foram tratadas com nitroprussiato sódio e fenol, formando indofenol (KOROLEFF, 1978).

Ao final do experimento os módulos botânicos (folhas e raízes) foram separados e lavados. O material coletado foi seco em estufa a 70°C até atingir peso seco constante e reservado para análises laboratoriais. As concentrações de nitrogênio dos tecidos vegetais foram determinadas através do método Kjeldahl, que utiliza amostras digeridas em elevada temperatura em um ácido, destilação em um destilador Kjeldahl e titulação com HCl 0,01N. As concentrações de fósforo dos tecidos das plantas foram determinadas seguindo a metodologia de Mackereth; Heron e Talling (1978).

As taxas de crescimento relativo (TCR) foram obtidas através da seguinte equação:

$$TCR = (\ln W_n - \ln W_{n-1}) t^{-1},$$

onde:

$$W_n - W_{n-1} = \text{massa seca nos tempos } n \text{ e } n-1;$$

t = tempo em dias

A massa seca inicial das plantas foi estimada através da relação entre massa seca: massa fresca tomada de amostras independentes. Uma análise de regressão evidenciou uma relação linear e altamente significativa entre a biomassa em peso seco e peso úmido das plantas ($R^2 = 0.936$; $F(1, 21) = 311,41$; $p < 0,001$).

As diferenças nos aspectos do crescimento das plantas entre os tratamentos foram medidas através da ANOVA de medidas repetidas. Quando houve diferenças significativas entre os tratamentos ($\alpha < 0,05$) e alcançados os pressupostos de esfericidade e homocedasticidade, aplicou-se o teste *a posteriori* de Tuckey.

3. Resultados

3.1. Parâmetros Físicos e Químicos

Os resultados das variáveis físicas e químicas, obtidos ao longo dos 21 dias de experimento, são apresentados na Tabela I. Os valores de pH apresentaram variações acentuadas entre os tratamentos, permanecendo levemente ácidos em todos os mesocosmos. Na água da lagoa os valores oscilaram entre ácidos e alcalinos (Tab. I).

Tabela I: Valores médios, desvio padrão (entre parênteses) e valores mínimos e máximos das variáveis abióticas coletadas nos diferentes tratamentos.

Tratamento	Temperatura (°C)	pH	Cond. Elét. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Oxig. Dissolv (% sat)	Oxig. Dissolv (mg/L)
Controle	29,0 (0,12) 28,9 – 29,1	5,69 (0,24) 5,51 – 6,06	43,63 (3,47) 39,83 – 48,03	56,0 (10,52) 46,53 – 69,20	3,93 (1,38) 2,10 – 5,30
Nitrogênio	29,0 (0,13) 28,9 – 29,1	5,71 (0,19) 5,49 – 5,95	50,80 (3,16) 47,77 – 54,0	46,7 (17,53) 28,37 – 69,43	3,54 (1,4) 2,18 – 5,37
Fósforo	29,0 (0,11) 28,9 – 29,1	5,49 (0,37) 5,25 – 6,04	37,98 (6,97) 32,07 – 47,40	42,1 (20,79) 18,90 – 68,87	3,28 (1,58) 1,46 – 5,3
Nitrog + Fósf.	28,9 (0,18) 28,6 – 29,1	5,71 (0,27) 5,43 – 6,07	45,18 (6,96) 39,40 – 55,30	46,5 (27,99) 18,20 – 72,13	3,95 (1,92) 1,39 – 5,57
Lagoa	28,3 (1,06) 27,0 – 29,3	6,44 (1,28) 5,56 – 8,34	48,53 (0,55) 48,0 – 49,0	76,5 (17,91) 58,5 – 100,3	5,95 (1,4) 4,66 – 7,85

A temperatura foi a variável que menos oscilou dentro e entre os tratamentos, apresentando variação de aproximadamente 0,7 °C. As concentrações de oxigênio dissolvido foram mais baixas nos tratamentos com adição de nutrientes, enquanto que o

maior valor foi obtido na água da lagoa. As maiores variações nas concentrações desse gás foram registradas nos tratamentos com adição de fósforo, acompanhando o mesmo padrão de condutividade elétrica (Tab. I).

3.2. Concentrações de nutrientes na água

Houve diferenças marcantes nas concentrações de nutrientes da água dos mesocosmos medidas antes e após cada nova adição (Tab. II).

Tabela II: Valores médios, desvio padrão (entre parênteses) e valores mínimos e máximos das concentrações de nutrientes coletadas na água dos diferentes tratamentos. C = controle; +N = adição de N-NO₃⁻; +P = adição de P-PO₄³⁻; A = antes da adição; D = depois da adição; L = lagoa.

Tratamento	NT (µg/l)	NO ₃ ⁻ (µg/l)	NO ₂ ⁻ (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	PT (µg/l)	PDT (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)
C	168,65 (58,4) 117,2-248,7	24,57 (18,97) 11,12-52,69	3,6 (1,85) 1,59-5,68	2,65 (1,92) 0,47-5,14	8,52 (4,73) 1,75-11,86	3,7 (6,07) n.d-11,0	1,4 (2,4) n.d-3,79
N-A	1027,5 (808,6) 248,7-1738,9	101,7 (41,74) 52,6-148,1	8,27 (2,84) 4,49-10,8	2,81 (1,88) 0,34-4,48	9,69 (7,06) n.d-16,76	0,37 (4,71) n.d-5,69	0,96 (2,65) n.d-3,49
N-D	2313,5 (369,1) 1887-2541,2	908,61 (215,09) 660,2-1036,1	67,96 (44,76) 16,3-95,4	150,95 (66,43) 97,7-225,3	8,16 (1,85) 10,8-14,18	7,7 (0,47) 7,29-8,21	3,68 (1,74) n.d-10,7
P-A	186,56 (56,7) 113,8-248,7	22,67 (20,24) 10,03-52,6	3,37 (1,63) 1,19-4,72	1,82 (1,7) n.d-3,44	15,42 (2,65) 11,6-17,57	5,7 (4,33) n.d-9,52	1,74 (1,58) n.d-3,24
P-D	126,1 (62,5) 89,8-179,1	24,51 (19,31) 10,03-46,4	3,37 (1,89) 1,19-4,53	-0,26 (2,53) n.d-2,31	949,56 (535,6) 428-1498,2	812,85 (531,4) 276-1338	76,95 (47,08) 31,3-125,3
NP-A	1113,6 (1008,9) 248,7-2386,6	22,58 (20,27) 10,03-52,6	3,11 (1,67) 1,02-4,49	2,27 (2,41) n.d-5,53	33,56 (14,82) 11,7-43,23	14,0 (16,11) 2,6-37,7	15,08 (26,29) 1,0-54,49
NP-D	2513,0 (1151,4) 2395-3763	1195,91 (760,07) 725,4-2072,7	23,76 (13,42) 15,1-39,2	174,04 (107,46) 101,9297,5	1085,84 (468,85) 545-1377	789,75 (427,3) 407-1250,7	68,75 (43,22) 27,1-113,3
L	255,1 (7,19) 245,9-263,4	121,65 (27,56) 101,0-152,9	8,65 (2,86) 5,9-12,4	81,25 (10,26) n.d-14,4	10,6 (4,49) 5,97-15,64	3,59 (5,08) n.d-8,15	1,89 (2,0) n.d-3,69

Em todas as ocasiões, as concentrações de P-A foram próximas às do tratamento C nas amostras obtidas antes da adição (Tab. II), evidenciando que esse elemento foi consumido e/ou transformado no intervalo de uma semana entre as coletas. Diferentemente, observou-se que a concentração de NT no tratamento +N apresentou

valores mais elevados do que os tratamentos C e +P, mesmo nas águas coletadas anteriormente a nova adição de sais, o que indica a menor assimilação desse nutriente pelas plantas.

As adições repetidas foram importantes para manter os tratamentos +N, +P e +NP com concentrações mais elevadas de nutrientes, condição necessária para testar a hipótese em questão. De fato, considerando somente as concentrações medidas logo após as adições, os valores para as diferentes formas de nutrientes foram superiores nos tratamentos com adição de nutrientes (Tab. II). Nesses tratamentos, as concentrações do PO_4^{3-} , PDT e PT foram 50, 220 e 130 vezes maiores do que no controle, respectivamente. Quanto às concentrações de NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- e NT foram 65, 18, 48 e 17 vezes superiores ao controle, respectivamente.

3.3. Absorção de nutrientes pelas plantas

As concentrações de nutrientes no tecido das plantas coletadas ao final do experimento foram maiores nos locais onde foram adicionados nitrogênio (ANOVA unifatorial; $F_{4,10} = 6,8089$; $p < 0,05$) e fósforo (ANOVA unifatorial: $F_{4,10} = 18,103$; $p < 0,05$) (Fig. 3), atestando a absorção pelas plantas. Após a determinação de fósforo contido no tecido das plantas, o teste *a posteriori* de Tuckey revelou que os tratamentos C, +N e L apresentaram valores similares entre si, diferenciando-os dos tratamentos +P e +NP, que apresentaram os maiores valores de fósforo (Fig. 3A). A determinação de nitrogênio no tecido das plantas revelou, através do teste *a posteriori* de Tuckey, que os tratamentos C e +P apresentaram valores similares desse nutriente com diferença significativa dos tratamentos +N, +NP e lagoa, que apresentaram os maiores valores desse nutriente nos tecidos (Fig. 3B).

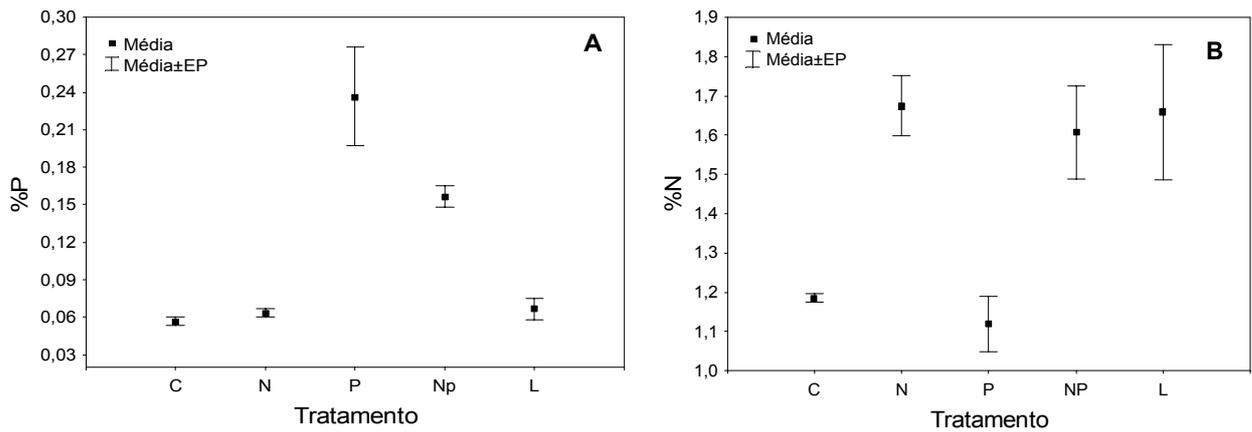


Figura 3: A) Porcentagem de fósforo em 0,1g de tecido de planta nos diferentes tratamentos. B) Porcentagem de nitrogênio absorvido em 0,3g de tecido de planta nos diferentes tratamentos.

3.4. Efeito dos nutrientes sobre o crescimento de *Eichhornia crassipes*

Houve um acentuado aumento da biomassa de *E. crassipes* em todos os tratamentos ao longo do tempo, especialmente nas duas primeiras semanas de experimento (Fig. 4). Ao final do experimento, os valores de biomassa fresca oscilaram entre 855g e 1000g no tratamento C, 900g e 1425g no tratamento L, 1020g e 1200g no tratamento +N, 1150g e 1710g no tratamento +P e 1580g e 1820g no tratamento +NP.

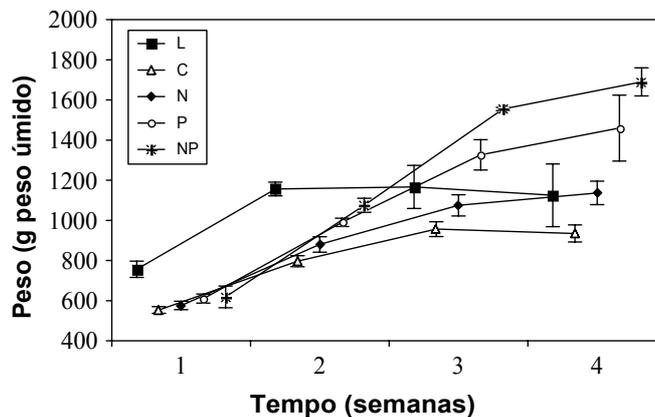


Figura 4: Valores da biomassa de *Eichhornia crassipes* durante as quatro semanas de experimento em diferentes tipos de tratamento (lagoa, controle, +N, +P e +NP).

Os resultados foram analisados através de ANOVA bifatorial com medidas repetidas que revelou efeito significativo do tempo (ANOVA_{Arm}: $F_{3,30}=151,11$; $p<0,05$) e os tratamentos (ANOVA_{Arm}: $F_{4,30}=10,56$; $p<0,05$) e interação significativa entre o tempo e os tratamentos (ANOVA_{Arm}: $F_{12,30}=7,54$; $p<0,05$). Houve crescimento das plantas em todos os tratamentos, porém as plantas colocadas nos mesocosmos contendo fósforo (+P e +NP)

apresentaram um rápido crescimento e atingiram os valores mais elevados de biomassa ao final do experimento. Os tratamentos C e +N apresentaram valores similares de biomassa em todos os tempos.

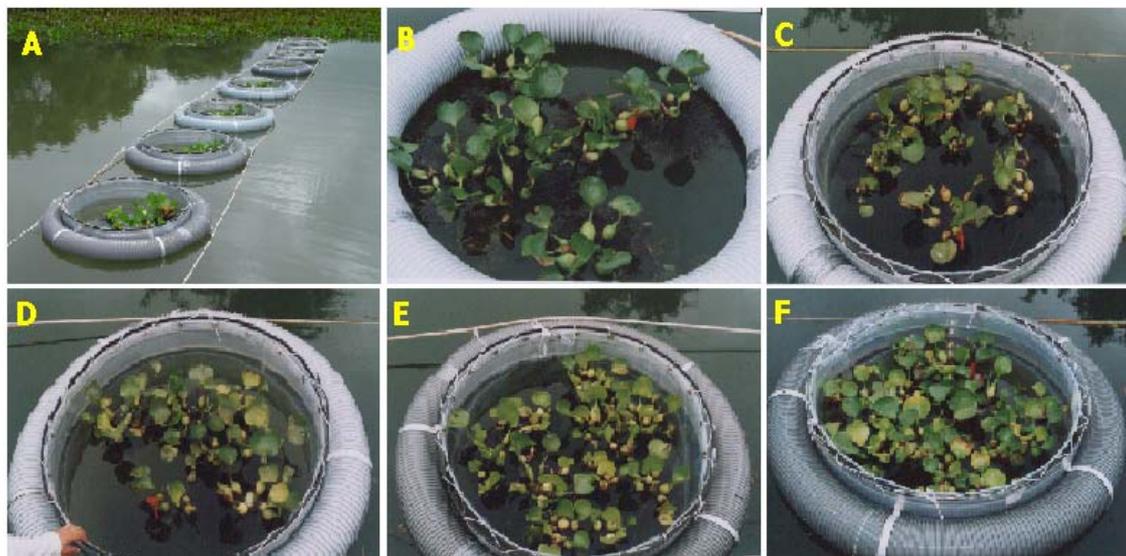


Figura 5: A) Vista geral dos mesocosmos e os tratamentos específicos ao final do experimento: B) lagoa; C) controle; D) +N; E) +P; F) +NP.

Os resultados da taxa de crescimento, baseados na massa seca, oscilaram entre -0,0237, constatado entre a 2ª e 3ª semanas nas plantas que permaneceram na lagoa e 0,096 registrado entre a 1ª e 2ª semanas, no tratamento +NP. Nota-se que durante todos os intervalos de tempo, as taxas de crescimento foram relativamente mais elevadas nos tratamentos +P e +NP (Fig. 6). Em todos os tratamentos, houve queda acentuada das taxas de crescimento na última semana, sendo que o maior decréscimo foi constatado nas plantas mantidas no tratamento L (Fig. 6). Os resultados foram analisados através de ANOVA bifatorial com medidas repetidas que revelou efeito significativo do tempo (ANOVA_{Arm}: $F_{2,20}=215,04$; $p<0,05$) e os tratamentos (ANOVA_{Arm}: $F_{4,10}=7,04$; $p<0,05$) e interação significativa entre o tempo e os tratamentos (ANOVA_{Arm}: $F_{8,20}=3,40$; $p<0,05$)

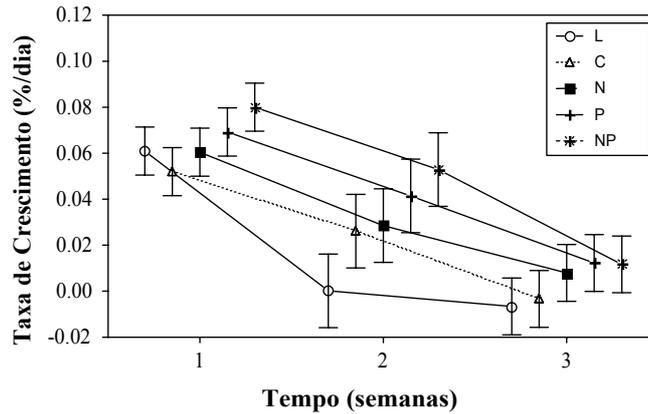


Figura 6: Taxa de crescimento de *Eichhornia crassipes* durante o período de experimento nos diferentes tratamentos (lagoa, controle, +N, +P, +NP).

O crescimento de biomassa constatado foi derivado principalmente de investimento em desenvolvimento horizontal, ou seja, predomínio de reprodução vegetativa. Esse fato foi confirmado pela quantificação do número de brotos que surgiram nos diferentes tratamentos. Alguns brotos se destacaram naturalmente das plantas-mãe, cresceram, geraram novos brotos e assim sucessivamente durante o desenvolvimento do experimento. Apesar da formação de brotos ser notada em todos os tratamentos, os resultados obtidos através da ANOVA bifatorial de medidas repetidas revelou que o número de brotos foi influenciado pelo tempo (rmANOVA: $F_{3,30} = 57,98$; $p < 0,05$) e tratamento (ANOVA: $F_{4,30} = 7,92$; $p < 0,05$), havendo interação significativa entre esses dois fatores (ANOVA: $F_{12,30} = 3,25$; $p < 0,05$), sendo que o maior número de brotos foi constatado nos tratamentos +P e +NP (Fig. 7).

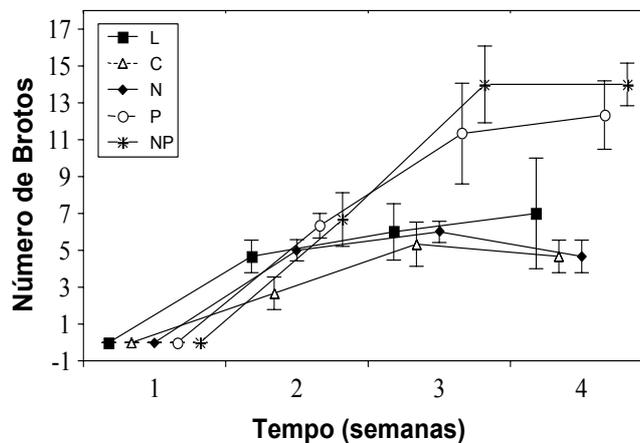


Figura 7: Número de brotos durante o período de experimento nos diferentes tratamentos (lagoa, controle, +N, +P e +NP).

Em todas as coletas o número de brotos foi maior nos tratamentos +NP. Decorridos 21 dias de experimento, o maior número de brotos observado nos mesocosmos +P e +NP foi de 16, enquanto que nos demais tratamentos o número máximo foi de 13 brotos (L) (Fig. 7). Nota-se que o número de brotos dos tratamentos +N e C foram muito similares nos tempos 3 e 4.

Os resultados da razão entre o peso seco de folhas e raízes, obtidos ao final do experimento, são apresentados na Tabela III. Somente nos tratamentos contendo fósforo, ou seja, +P e +NP, essa razão foi superior a 1,0, indicando maior crescimento das folhas comparativamente às raízes. Porém, essas diferenças não foram significativas ($F_{4,10} = 0,8671$; $p > 0,05$).

Tabela III: Valores médios do peso seco final das folhas e raízes nos diferentes tratamentos, desvio padrão (entre parênteses) e a razão entre os dois módulos botânicos.

Tratamento	Folha (g)	Raiz (g)	Folha:Raiz
Controle	24,9 (2,03)	28,1 (0,93)	0,89 (0,06)
+N	23,06 (0,90)	27,5 (3,13)	0,84 (0,07)
+P	40,6 (7,74)	37,6 (9,42)	1,09 (0,09)
+NP	39,5 (0,3)	37,4 (2,23)	1,01(0,03)
Lagoa	50,5 (29,76)	57,4 (34,84)	0,88 (0,07)

4. Discussão

Os resultados do presente trabalho demonstram de forma inequívoca que o crescimento de *Eichhornia crassipes* na planície de inundação do alto rio Paraná é fortemente limitado pelo fósforo. A baixa concentração de nutrientes, principalmente de fósforo, nas águas do rio Paraná há muito tempo é registrada em estudos realizados na região (AGOSTINHO, VAZZOLER e THOMAZ, 1995; THOMAZ, ROBERTO e BINI, 1997; ROCHA e THOMAZ, 2004). Esse fato está relacionado aos efeitos da construção de reservatórios em cascata a montante (retenção de nutrientes) e subseqüentes impactos ambientais causados por eles, sendo mais preocupantes quando estão localizados acima de planícies de

inundação, em função da grande diversidade de ambientes e organismos que habitam essa região. Além de alterar as características naturais do rio, mudam as características limnológicas dos ambientes da planície, visto que nas lagoas pertencentes ao rio Paraná há a presença de *E. crassipes*, porém as plantas são de pequeno tamanho e não formam bancos (S. M. Thomaz inf. pes.). Diferentemente observa-se que nas lagoas dos sub-sistemas Ivinheima e Baía, que não são represados, essas plantas são bem desenvolvidas e formam grandes bancos flutuantes.

Muitos estudos demonstram que o crescimento de *E. crassipes* está relacionado com altas concentrações de nutrientes dissolvidos na água, altas temperaturas e maiores intensidades de radiação solar (URBANC-BERČIČ e GABERŠČIK, 1989; PETRUCIO e ESTEVES, 2000; CAMARGO; PEZZATO e HENRY-SILVA, 2003; WILLIAMS; DUTCHIE e HECHY, 2005). No presente estudo, o cultivo de *E. crassipes* nos mesocosmos foi realizado durante a estação de verão e de forma que não houvesse carência de nutrientes nos tratamentos em que foram adicionados. Diferentemente de lagoas isoladas, que em períodos de águas baixas a concentração de íons pode ser até dez vezes maior do que no rio principal (FURCH e JUNK, 1993; ROCHA, 2002), as águas da lagoa das Garças estão em constante troca com o rio Paraná. A partir das análises de nutrientes dissolvidos na água, observou-se que a intenção em repô-los semanalmente nos mesocosmos manteve as concentrações elevadas na água, eliminando qualquer dúvida sobre a falta dos nutrientes, assim, podendo testar a hipótese proposta inicialmente.

Os resultados da análise de nutrientes nos tecidos das plantas revelaram que nos mesocosmos onde houve a adição de fósforo ou nitrogênio na água as plantas apresentaram as maiores concentrações desses nutrientes, indicando que houve incorporação. Segundo Imaoka & Teranishi (1988), as taxas de absorção de nitrogênio e fósforo em macrófitas é geralmente relacionado com as concentrações destes na água. Interessante observar que nas plantas mantidas nos mesocosmos abertos (tratamento L), as concentrações de nitrogênio foram semelhantes aos das plantas cultivadas artificialmente, enquanto que as concentrações de fósforo se mantiveram semelhantes às do tratamento controle, onde nenhum nutriente foi adicionado. Esse resultado novamente pode estar relacionado ao fato das águas do rio Paraná apresentar valores relativamente elevados de nitrato, mas reduzidas concentrações de fosfato, quando comparados às lagoas de várzea. Dessa forma, apesar de diluir a água das lagoas em relação ao fosfato e ao nitrogênio orgânico, o rio Paraná representa uma fonte de nitrogênio inorgânico para esses ambientes (THOMAZ; ROBERTO e BINI, 1997), onde são incorporados pelas plantas.

As plantas do tratamento L, apesar de estarem em contato com águas pobres em fósforo, cresceram de forma semelhante às plantas que receberam nitrogênio artificialmente. Durante a troca de material entre o rio principal e a lagoa, as plantas flutuantes livres têm uma importante função ao reter parte do material particulado em suas raízes (NEIFF, 1984; POI DE NEIFF; NEIFF; ORFEU e CARIGNAN, 1994), podendo representar uma significativa fração de entrada de nutrientes para a lagoa. Além disso, estudos indicam que as inundações prolongadas podem resultar no aumento do tamanho das folhas, aumento de biomassa e altos conteúdos de nutrientes nas folhas verdes de *E. crassipes* (NEIFF; POI DE NEIFF e CASCO, 2001). Outro fator importante a ser destacado é a troca constante de água em que as plantas do tratamento L foram mantidas, pois constantemente existiu o fluxo de nutrientes, mesmo que em baixas quantidades, e de materiais suspensos provindos das margens, que podem ter se aderido às raízes (CAMARGO; PEZZATO e HENRY-SILVA, 2003). Aparentemente, esses fatores podem ter contribuído com o maior crescimento das plantas do tratamento lagoa, quando comparadas com as plantas dos tratamentos controle.

Vale ressaltar que uma semana após o início do experimento, houve uma grande cheia do rio Paraná que inundou toda a sua planície e que durou até o final do experimento. A lagoa das Garças, como já dito anteriormente, possui ligação direta com o rio Paraná e os resultados da enchente sobre os fatores limnológicos que poderiam influenciar o desenvolvimento das plantas, seriam observados no tratamento L, onde as plantas sofreriam a influência direta das águas do rio. Porém, se as condições de cheia ocorrer por períodos muito curtos, as macrófitas aquáticas podem não ter tempo suficiente para se beneficiar das condições férteis e a produção pode então não ser estimulada (CARIGNAN e NEIFF, 1992). Assim, a despeito do aumento das concentrações de nutrientes no tratamento L, os valores da biomassa final nesse tratamento foram significativamente menores do que nos tratamentos com adição de fósforo.

O maior crescimento em biomassa nos tratamentos com adição de fósforo decorreu do crescimento horizontal das plantas (ou seja, reprodução vegetativa), evidenciado através da produção de brotos. A elevada taxa de reprodução vegetativa é uma das características mais marcantes entre as plantas flutuantes livres (BOCK, 1969). O crescimento e a propagação clonal dessas plantas são ainda mais estimulados quando expostas a ambientes onde a disponibilidade de nutrientes aumenta gradualmente (XIE; WEN; YU e LI, 2004). *Eichhornia crassipes* lança estolões, com botões na parte final dessa estrutura, de onde se originarão os brotos ou rametas (plantas-filhas). Cada broto cresce e também produz outros

brotos e assim sucessivamente, chegando a dobrar o número de plantas a cada cinco dias, quando encontradas sob condições ótimas para o crescimento (SCULTHORPE, 1985; SPENCER e BOWES, 1990).

Os resultados do presente trabalho corroboram a hipótese inicial de que o nutriente limitante para o crescimento de *E. crassipes* na planície de inundação do alto rio Paraná é o fósforo. Estudos recentes apontam esse elemento como o principal limitante da produtividade primária fitoplanctônica de ecossistemas aquáticos de regiões neotropicais (HUSZAR; CARACO; ROLAND; COLE, 2006), o mesmo ocorrendo com macrófitas flutuantes livres (THOMAZ; PAGIORO; BINI e MURPHY, 2002; CAMARGO; PEZZATO e HENRY-SILVA, 2003). Reduzidos aportes desse elemento em ambientes aquáticos limitam o crescimento das plantas, especialmente em ambientes relativamente livres de fontes antrópicas de nutrientes (MAINSTONE & PARR, 2002). Estudos em lagoas de planícies de inundação também indicaram que o fósforo é o principal nutriente que limita a atividade e biomassa fitoplanctônica (THOMAZ; ROBERTO e BINI, 1997; PAES DA SILVA e THOMAZ, 1997) e a atividade de microorganismos (THOMAZ; PEREIRA e PAGIORO, 2001).

Porém, existem estudos realizados em microcosmos e macrocosmos na planície de inundação do médio Paraná, que sugerem que a produtividade primária fitoplanctônica é consistentemente limitada por nitrogênio, já que as concentrações deste elemento diminuem rapidamente após a sua adição (CARIGNAN e PLANAS, 1994). Após a adição de fósforo, os valores de clorofila-a se mantiveram muito similar ao do tratamento controle e as concentrações de fósforo permaneceram próximas ao adicionado (CARIGNAN e PLANAS, 1994). Experimentos com adição de nutrientes em mesocosmos contendo *E. crassipes* nessa mesma região também revelaram que o nitrogênio limita o crescimento dessa espécie (CARIGNAN; NEIFF e PLANAS, 1994). Segundo Carignan, Neiff e Planas (1994), durante condições de seca, baixas razões entre o nitrogênio inorgânico e o fósforo inorgânico, e baixas concentrações de nitrogênio inorgânico na zona de raiz dos bancos de *E. crassipes*, fazem com que o crescimento desta planta seja limitado por nitrogênio. Comparando com nitrogênio, as concentrações de fosfato reativo dissolvido se mantiveram relativamente altas e mudaram muito pouco durante e após a cheia (NEIFF; POI DE NEIFF e CASCO, 2001). O maior aumento na biomassa de *E. crassipes* foi encontrado nas lagoas com os maiores períodos de inundação (NEIFF; POI DE NEIFF e CASCO, 2001).

Eichhornia crassipes é conhecida como uma das macrófitas flutuantes livres que mais causam problemas no mundo inteiro devido a sua elevada capacidade de adaptação e dispersão, principalmente em locais onde encontra condições favoráveis para o seu

desenvolvimento (GOPAL, 1987; PIETERSE e MURPHY, 1990). Provavelmente, é uma das plantas aquáticas mais estudadas para o uso em tratamento de águas poluídas, objetivando a remoção de nutrientes, particularmente nitrogênio e fósforo, já que cresce rapidamente e forma enormes bancos flutuantes (IMAOKA e TERANISHI, 1988). Sob condições ótimas de luz e temperatura, essa planta pode atingir níveis de até 33 ton.ha⁻¹.ano⁻¹, enquanto outras plantas do mesmo grupo ecológico chegam a alcançar no máximo 6,7 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ sob as mesmas condições (NEIFF, 1990).

Neste contexto, *E. crassipes* pode se tornar daninha muito facilmente, apenas pelo simples fato de haver as condições mínimas necessárias para o seu desenvolvimento, principalmente em países de região tropical. Geralmente em ambientes não alterados de planícies de inundação, o elevado crescimento dessas plantas são reguladas naturalmente pelas diferenças dos níveis hidrométricos. De Groote, Ajuonu, Attingnon, Djessou e Neuenschwander (2003) revelaram que nas planícies de inundação localizadas no sudeste da África, a dinâmica de população de *E. crassipes* segue um padrão regular, ligado ao fluxo de água. Durante as cheias, a inundação leva as plantas para as lagoas de planície, onde ficam retidas após a vazante. Nesses ambientes, devido às altas concentrações de nutrientes, se desenvolvem, criando problemas para a população que depende desses ambientes para sobreviver, e a renda familiar chega a diminuir cerca de 60% no período (DE GROOTE; AJUNU; ATTINGNON; DJESSOU e NEUENSCHWANDER, 2003).

Na planície de inundação do médio rio Paraná (Argentina), margem direita a alguns quilômetros abaixo da confluência com o rio Paraguai, os corpos de água são parcialmente cobertos por macrófitas flutuantes, sendo *E. crassipes* a espécie dominante em termos de cobertura, biomassa e produtividade, que são carregados rio abaixo na próxima cheia (BONETTO, 1986; NEIFF, 1986). Durante as cheias nas planícies de inundação da Amazônia e Pantanal, foi observado o desenvolvimento de uma diversa comunidade de plantas semi-aquáticas e macrófitas flutuantes livres, principalmente *E. crassipes*, que depois foi substituído por comunidades de plantas terrestres (JUNK e DA SILVA, 1995).

Assim, diante das evidências de que essa planta possui um elevado potencial de crescimento, algum fator deve estar limitando o desenvolvimento de *E. crassipes* nos ambientes de planície do alto rio Paraná. Os experimentos com mesocosmos indicam que, diferentemente do médio rio Paraná, onde o nitrogênio limita o crescimento dessa espécie (CARIGNAN; NEIFF e PLANAS, 1994), o fósforo é o fator limitante no alto rio Paraná. Essas diferenças podem ser explicadas pelos elevados aportes de fósforo no médio Paraná, por intermédio do rio Paraguai, e pela remoção desse elemento pelas cadeias de reservatório no

alto rio Paraná, onde as inundações contribuem para a diluição das concentrações desse elemento nas lagoas (THOMAZ; ROBERTO e BINI, 1997) . Porém, a despeito da inequívoca limitação causada pelo fósforo no alto rio Paraná e das diferenças com o médio trecho desse rio, a ausência de dados pretéritos não permite concluir acerca da real importância da remoção desse elemento pelos reservatórios para o estabelecimento de populações de *E. crassipes* na região estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. **Ecohydrology and Hydrobiology**, v. 4, n. 3, p. 267-280. 2004.

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; MINTE-VERA, C. V.; WINEMILLER, K. O. Biodiversity in the high Paraná river floodplain. In: GOPAL, B.; JUNK, W. J.; DAVIS, J. A. (eds). **Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation**. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers, 2000. v. 1, p. 89-118.

AGOSTINHO, A. A.; VAZZOLER, A. E. A. M.; THOMAZ, S. M. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (eds). **Limnology in Brazil**. Brazilian Academy of Sciences, Brazilian Limnological Society. São Paulo, Brazil, 1995. p. 59-103.

AGOSTINHO, A. A.; ZALEWSKI, M. **Upper Paraná river floodplain: importance and preservation**. Maringá: EDUEM, 100p, 1996.

ANDERSON, M. R.; KALFF, J. Submerged aquatic macrophyte biomass in relation to sediment characteristics in ten temperate lakes. **Freshwater Biology**, v. 19, p. 115-121. 1988.

BARBOSA, F. A. R.; PADISÁK, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; BORICS, G.; ROCHA, O. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê-basin, São Paulo State, Brazil. In: TUNDISI, J. G.; STRAŠKRABA, M. (eds). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, 1999. p. 452-437.

BARKO, J. W.; GUNNISON, D.; CARPENTER, S. R. Sediment interactions with submersed macrophyte growth and community dynamics. **Aquatic Botany**, v. 41, p. 41-65. 1991.

BOCK, J. H. Productivity of the water hyacinth *Eichhornia crassipes*(Mart.) Solms. **Ecology**, v. 50, n. 3, p. 460-464. 1986.

BONETTO, A. A. The Paraná river system. In: DAVIES, B. R.; WALKER, K. F. (eds). **The ecology of river systems**. Dordrech: W.Junk Publishers, 1986. cap. 11, p. 541-555.

- CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (eds). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. cap. 3, p. 59-83.
- CARIGNAN, R.; NEIFF, J. J.; PLANAS, D. Limitation of water hyacinth by nitrogen in subtropical lakes of the Paraná floodplain (Argentina). **Limnology and Oceanography**, v. 39, n. 2, p. 439-443. 1994.
- CARIGNAN, R.; NEIFF, J. J. Nutrient dynamics in the floodplain ponds of the Paraná river (Argentina) dominated by the water hyacinth *Eichhornia crassipes*. **Biogeochemistry**, v.17, p. 85-121. 1992.
- CARIGNAN, R.; PLANAS, D. Recognition of the nutrient and light limitation in turbid mixed layers: three approaches compared in the Parana Floodplain (Argentina). **Limnology and Oceanography**, v. 39, n. 3, p. 580-596. 1994.
- COOK, C. D. K. Origin, autoecology and spread of some of the world's most troublesome aquatic weeds. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (eds). **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. New York: Oxford University Press, 1990. cap. 3, p. 31-38.
- DE GROOTE, H.; AJUONU, O.; ATTINGNON, S.; DJESSOU, R. & NEUENSCHWANDER, P. Economic impact of biological control of water hyacinth in Southern Benin. **Ecological Economics**, v. 45, p. 105-117. 2003.
- DEWALD, L. B.; LOUNIBOS, L. P. Seasonal growth of *Pistia stratiotes* L. in South Florida. **Aquatic Botany**, v. 36, p. 263-275. 1990.
- ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988. 575p. il.
- FURCH, K.; JUNK, W. J. Seasonal nutrient dynamics in an Amazonian floodplain lake. **Arch. Hydrobiol.**, v. 128, n. 3, p. 277-285. 1993.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHMSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1978. 214p.
- GOPAL, B. **Water Hyacinth: aquatic plant studies**. Elsevier Science Publishers, 1987. 471p.
- HENRY, R. Amônia ou fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa e Jurumirim (Rio Paranapanema, SP)? **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, n. 4, p. 883-892. 1990.
- HENRY, R.; HINO, K.; TUNDISI, J. G.; RIBEIRO, J. S. B. Responses of phytoplankton in Lake Jacaretinga to enrichment with nitrogen and phosphorus in concentration similar to those of the River Solimoes (Amazon, Brazil). **Arch. Hydrobiol.**, v. 103, p. 453-477. 1985.

- HENRY, R.; SIMÃO, C. A. Aspectos sazonais da limitação potencial por N, P e Fe no fitoplâncton da represa de Barra Bonita (Rio Tietê, SP). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 48, n. 1, p. 1-14. 1988.
- HUSZAR, V. L. M.; CARACO, N. F.; ROLAND, F.; COLE, J. Nutrient-chlorophyll relationships in tropical-subtropical lakes: do temperate models fit? **Biogeochemistry**, *in press*. 2006.
- IBAÑEZ, M. S. R. Response to artificial enrichment with ammonia and phosphate of phytoplankton from lake Paranoá (Brasília, DF). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 48, n. 3, p. 453-457. 1988.
- IMAOKA, T.; TERANISHI, S. Rates of nutrient uptake and growth of the water hyacinth [*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms]. **Water Research**, v. 22, n. 8, p. 943-951. 1988.
- INGOLE, N. W.; BURGHATE, S. P.; BHOLE, A.G. Water hyacinth – a problem or an agricultural resource? A critical review. **Waste management**, *in press*. 2004.
- JUNK, W. J.; DA SILVA, C. J. Neotropical floodplains: a comparison between the Pantanal of Mato Grosso and the large Amazonian river floodplains. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (eds). **Limnology in Brazil**. Brazilian Academy of Sciences, Brazilian Limnological Society. São Paulo, Brazil, 1995. p. 195-217.
- KOROLEFF, K. Determination of ammonia. In: GRASSHOFF, E.; KREMLIN, G. (eds). **Methods of seawater analysis**. Weinheim: Verlag Chemie, 1978. 150p.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3ª edição, São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, 2000. p. 608.
- MACKERETH, F. Y. H.; HERON, J. G.; TALLING, J. F. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. Freshwater Biological Association. Scientific Publication, Titus Wilson & Son Ltd, Kendall, n. 36, 120p, 1978.
- MADSEN, J. D.; ADAMS, M. S. The seasonal biomass and productivity of the submerged macrophytes in a polluted Wisconsin stream. **Freshwater Biology**, v. 20, n. 1, p. 41-50. 1988.
- MAINSTONE, C.P.; PARR, W. Phosphorus in rivers – ecology and management. **The science of the total environment**, v. 282-283, n. 25-47. 2002.
- MARCONDES, D. A. S.; MUSTAFÁ, A. L.; TANAKA, R. H. Estudos para manejo integrado de plantas aquáticas no reservatório de Jupia. In: THOMAZ S. M.; BINI L. M. (eds). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. cap. 15, p. 299-317.
- NEIFF, J. J. Aquatic plants of the Paraná System. In: WALKER, K. F.; DAVIES, B. R. (eds). **The ecology of River Systems**. Dordrecht, The Netherlands: Dr. Junk Publ., 1986. p. 557-571.

NEIFF, J. J. Aspects of primary productivity in the lower Parana and Paraguay riverine system. **Acta limnologica Brasiliensia**, v. 3, p. 77-113. 1990.

NEIFF, J. J.; POI DE NEIFF, A.; CASCO, S. A. L. The effect of prolonged floods on *Eichhornia crassipes* growth in Paraná River floodplain lakes. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 3, n. 1, p. 51-60. 2001.

PAES DA SILVA, L.; THOMAZ, S. M. Diel variation of some limnological parameters and metabolism of a lagoon on the high Paraná River floodplain, MS. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 1997, São Carlos, SP. Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia, São Carlos: UFSCar, 1997. v. 3, p. 169-189.

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

PIETERSE & MURPHY, 1990. **Aquatic weeds – The ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. New York: Oxford Science Publication, Oxford University Press, 1990. 593p.

POI DE NEIFF, A.; NEIFF, J. J.; ORFEU, O.; CARIGNAN, R. Quantitative importance of particulate matter retention by roots of *Eichhornia crassipes* in the Paraná floodplain. **Aquatic Botany**, v. 37, p. 213-223. 1994.

RIEMER, D.N. Ecological relationships involving aquatic plants. In: RIEMER D.N (ed.). **Introduction to freshwater vegetation**. West Port, Connecticut: Avi Publishing Company, Inc. 1984.

ROCHA, R. R. A. Limnologia comparativa e preditiva de rios e lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná. Tese (Doutorado) – Pós-graduação em Ecologia de ambientes aquáticos continentais, Universidade Estadual de Maringá, UEM/NUPELIA/PEA, Maringá, 2003. p.86.

ROCHA, R. R. A.; THOMAZ, S. M. Temporal variation of limnological factors in the Upper Paraná River floodplain habitats. **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 3, p. 261-271. 2004

SCULTHORPE, C.D. *The biology of aquatic vascular plants*. 1985. p.610.

SPENCER, W.; BOWES, G. Ecophysiology of the world's troublesome aquatic weeds. In: PIETERSE, A H. MURPHY, K. J. (eds). **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. New York: Oxford University Press, 1990. cap. 4, p. 39-73.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In: THOMAZ S. M.; BINI L. M. (eds). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. cap. 1, p. 19-38.

THOMAZ, S. M.; PAGIORO, T. A.; BINI, L. M.; ROBERTO, M. C. ROCHA, R. R. A. Limnology of the Upper Paraná Floodplain habitats: patterns of spatio-temporal variations and influence of the water levels. In: AGOSTINHO, A. A.; RODRIGUES, L.; GOMES, L.

C.; THOMAZ, S. M.; MIRANDA, L. E. (eds). **Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain (Peld-site6)**. Maringá: Eduem, 2004. p.37-42.

THOMAZ, S. M.; PAGIORO, T. A.; BINI, L. M.; MURPHY, K. J. Effect of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AQUATIC WEEDS, 2002, Moliets et Maâ, France. Proceedings of the 11th EWRS International Symposium on Aquatic Weeds, France, 2002. p. 197-200.

THOMAZ, S. M.; PEREIRA, G.; PAGIORO, T. A. Microbial respiration and chemical composition of different sediment fractions in waterbodies of the Upper Paraná river floodplain, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 6, n. 2, p. 277-286. 2001.

THOMAZ, S. M.; ROBERTO, M. C. & BINI, L. M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (eds). **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Eduem, Maringá, 1997. p. 73-102.

URBANC-BERČIČ & GABERŠČIK, O.; GABERŠČIK, A. The influence of temperature and light intensity on activity of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.). **Aquatic Botany**, v. 35, p. 403-408. 1989.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain river. **Regulated rivers: research and management**, v. 11, p. 159-168. 1995.

WILLIAMS, A. E.; DUTHIE, H. C.; HECHY, R. E. Water hyacinth in Lake Victoria: why did it vanish so quickly and will it return? **Aquatic Botany**, v. 81, p. 300-314. 2005.

XIE Y., WEN, M., YU, D.; LI, Y. Growth and resource allocation of water hyacinth as affected by gradually increasing nutrient concentrations. **Aquatic Botany**, v. 79, n.3, p.257-266. 2004.

ZAGATTO, E. A. G.; JACINTHO, A. O.; REIS, B. F.; KRUG, F. J.; BERGAMIN, H.; PASSEDA, L. C. R.; MORTATTI, J.; GINÉ, M. F. **Manual de análises de plantas empregando sistemas de injeção em fluxo**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1981. 45p.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)