

USO DE *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms PARA FITORREMEDIAÇÃO DE AMBIENTES EUTROFIZADOS SUBTROPICAIS NO SUL DO BRASIL

Use of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms for Phytoremediation of shallow subtropical lakes

PALMA-SILVA, C.
ALBERTONI, E. F.
TRINDADE, C. R. T.
FURLANETTO, L. M.
ACOSTA, M. C.

Recebimento: 05/03/2012 - Aceite: 08/05/2012

RESUMO: O objetivo deste estudo foi examinar a possibilidade de uso da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms na retirada de nutrientes em lagos eutrofizados. O trabalho foi realizado na região costeira subtropical do Rio Grande do Sul, e contou com uma etapa descritiva e outra experimental. Na etapa descritiva foi feita a determinação da concentração de nutrientes da macrófita, durante um ano, em canais de escoamento pluvial. Na etapa experimental foi realizado o acompanhamento da acumulação de nutrientes na biomassa da macrófita crescendo durante 60 dias em um lago raso eutrófico. Em todas as coletas foram determinados o oxigênio dissolvido, temperatura, pH, condutividade elétrica, nitrogênio e fósforo total da água e no tecido vegetal. Foi observado que as concentrações de nutrientes na biomassa nos canais foram um pouco superiores aos valores encontrados na bibliografia, e que durante o período de crescimento experimental as concentrações de Nitrogênio e Fósforo aumentaram significativamente de 10,87 g.kg⁻¹ para 28,50 g.kg⁻¹, e de 3,29 g.kg⁻¹ para 5,87 g.kg⁻¹, respectivamente, em um período de 60 dias. Os resultados confirmam a capacidade desta espécie em acumular nutrientes rapidamente, atuando como um importante compartimento nestes ambientes. Sendo assim, apresenta grande potencial para ser utilizada em estratégias de fitorremediação de lagos eutrofizados em regiões subtropicais do Brasil.

Palavras-chave: Macrófitas aquáticas. Eutrofização. Incorporação de nutrientes.

ABSTRACT: The aim of this paper was to examine the possibility of using aquatic macrophyte *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms in the removal of nutrients in eutrophic lakes. The study was conducted in subtropical coastal region of Rio Grande do Sul, and had a descriptive and an experimental stage. In the descriptive phase, the determination of the macrophyte nutrients concentration was made, for a year, in storm water runoff channels. In the experimental phase, monitoring was carried out regarding the accumulation of nutrients in macrophyte biomass grown for 60 days in a shallow eutrophic lake. In all samples, dissolved oxygen, temperature, pH, electrical conductivity, total nitrogen and phosphorus in the water and plant tissue were determined. Nutrient concentrations in biomass inside the channels were higher than those found in literature, and during experimental growth period concentrations of nitrogen and phosphorus significantly increased from 10.87 to 28.50 g.kg⁻¹, and 3.29 g.kg⁻¹ to 5.87 g.kg⁻¹, respectively, over a period of 60 days. The results confirm this species ability of accumulating macrophyte nutrients, acting as an important compartment in shallow fresh water, thus presenting a great potential to be used in recovery strategies of eutrophic lakes in subtropical regions.

Keywords: Aquatic macrophytes. Eutrophication. Nutrients uptake.

Introdução

Uma das importantes características das macrófitas aquáticas é sua capacidade para acumular nitrogênio e fósforo (BROCK et al., 1983). A composição química das macrófitas aquáticas, reportadas por muitos autores, é influenciada, segundo Da Silva et al. (1994), pelo estado trófico dos diferentes corpos de água. Estudos também indicam que os nutrientes contidos nos tecidos vegetais variam dependendo de diversos fatores como: a espécie estudada, a parte da planta, o desenvolvimento, o período do ano e a idade (BROCK et al., *op cit*).

Embora as macrófitas aquáticas já venham sendo usadas em tratamento de efluentes por séculos, o termo fitorremediação é mais recente (ANDRADE et al. 2007). Segundo este autor, a fitorremediação é o uso de plantas e seus microrganismos associados para o tratamento do solo, água e ar, e é uma tecnologia emergente com potencial para o tratamento efetivo de uma ampla variedade de poluentes orgânicos e inorgânicos.

Em lagos, o enriquecimento com nutrientes provoca a eutrofização artificial (ESTEVES, 1998), o que conseqüentemente aumenta a quantidade de biomassa no ecossistema. Especialmente em lagos rasos, o aumento da concentração de nutrientes pode conduzir a fortes alterações na estrutura do ecossistema. Os estados alternativos destes ecossistemas com relação direta com aumento da concentração de nutrientes são três: o primeiro dominado por vegetação submersa, o segundo por fitoplâncton, e o terceiro por macrófitas flutuantes (MEERHOFF e JEPPESEN, 2010).

Dentre as formas biológicas de macrófitas aquáticas, as flutuantes desenvolvem-se sobre a superfície da água e suas raízes retiram os nutrientes diretamente da coluna de água, caracterizando-se por crescer mais vigorosamente em ambientes eutrofizados e, neste caso, sua biomassa se torna um importante compartimento dos nutrientes do meio. Nesse sentido, várias pesquisas têm estudado a possibilidade de utilização das macrófitas para reduzir o nível de nutrientes e poluentes dos

corpos de água (ESTEVES e CAMARGO, 1986; BRIX, 1994; PALMA-SILVA, 1998; PETRUCIO e ESTEVES 2000a,b; PALMA-SILVA et al., 2002a,b; THOMAZ, 2002; ALVES et al., 2003; PEDRALLI, 2003; PEDRALLI e TEIXEIRA, 2003; PALMA-SILVA et al., 2004).

Dentre as macrófitas flutuantes, destaca-se *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae), que é conhecida popularmente como aguapé. Esta macrófita aquática possui grande capacidade de retenção de nutrientes, metais, sedimentos e, por esse motivo, é uma espécie considerada despoluidora de água (POTT e POTT, 2000). É uma planta perene, fixa ou flutuante, com caule estolonífero, curto, e com raízes numerosas, pendentes e plumosas. A planta possui uma roseta de folhas com pecíolos curtos e grossos, que servem de flutuadores, e lâmina orbicular ou reniforme, glabra; suas flores são azuis, com matriz amarela, dispostas em espigas, podendo ocorrer quase o ano todo; sua reprodução ocorre pela forma vegetativa ou através de sementes (POTT e POTT, 2000). Por suas características de crescimento, esta espécie é a mais temida invasora aquática de represas, canais, lagos e rios em vários países (PRA-SAD et al. 1984; POTT e POTT, *op cit*).

O presente estudo descreve a variação da concentração de nutrientes em situação natural de ocorrência, e o padrão de incorporação destes nutrientes durante o acompanhamento do crescimento da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms em um lago eutrofizado, com objetivo de subsidiar o desenvolvimento de estratégias de recuperação ambiental, utilizando esta espécie de macrófita na região subtropical do Brasil.

Material e métodos

O município de Rio Grande (32°01'40"S e 52°05'40" W) encontra-se sob condições climáticas brandas, com forte influência

oceânica. O clima desta região é subtropical úmido, caracterizado pela intensa umidade no inverno e primavera, quando os índices pluviométricos registram os maiores valores. Durante o verão as médias termométricas são superiores à 20°C, com dominância de ventos de nordeste (KRUSCHE, et al., 2002). As coletas em ambiente natural foram em canais de escoamento pluvial, cuja caracterização mais detalhada é encontrada em ALBERTONI e PALMA-SILVA (2006). O experimento foi realizado no Lago dos Biguás, com aproximadamente 1½ hectare, eutrofizado pela entrada de fezes de aves, com ocorrência de crescimento excessivo de microalgas e grande mortalidade de peixes durante o verão (TRINDADE et al. 2009). Para alcançar os objetivos propostos, foram realizados dois estudos.

(i) Primeiramente, foi realizado um levantamento descritivo da concentração de nitrogênio e fósforo na biomassa de plantas adultas durante um ano, visando determinar a amplitude de variação natural. Foram realizadas coletas mensais, com coletor circular de 30 cm de diâmetro.

(ii) Em segundo lugar, foram selecionados 25 indivíduos jovens, ao redor de 10cm de tamanho, e a acumulação de nutrientes durante o período de crescimento de 60 dias foi acompanhada, entre os meses de março a maio, em um lago eutrófico. Foram distribuídos ao acaso cinco indivíduos etiquetados e numerados em cinco compartimentos circulares com cerca de 1m de diâmetro e abertura livre para a água. Foi coletado ao acaso 1 indivíduo por compartimento, no início do experimento e a cada 15 dias, para determinação do conteúdo de nutrientes nos tecidos.

Em ambos os estudos foram determinadas as seguintes variáveis de qualidade da água: oxigênio dissolvido (OD), temperatura, pH, condutividade elétrica (CE), nitrogênio total (Nt) e fósforo total (Pt).

Após cada coleta, as plantas foram lavadas e secas em estufa (60 °C), moídas e homogeneizadas. Para as plantas acompanhadas foram retiradas três porções ao acaso, para determinação dos nutrientes em laboratório. Os resultados de cada coleta foram comparados com ANOVA não paramétrica (Kruskal-Wallis) e pós-teste de Dunn, considerados significativos os valores de teste com $p < 0,05$.

Resultados e discussão

Os valores médios das variáveis abióticas da água dos canais pluviais (Tabela 1) indicam a amplitude de situações onde *E. crassipes* foi encontrada durante o estudo. Ressalta-se que os valores de nutrientes na água indicam que a planta cresce em ambientes eutrofizados.

Tabela 1 - Variáveis abióticas da água dos canais pluviais estudados. Média e desvio padrão: (T°C) Temperatura, (OD) oxigênio dissolvido, pH, (CE) Condutividade Elétrica, (Nt) Nitrogênio Total, e (Pt) Fósforo total (n=23).

	T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	CE (µS.cm ⁻¹)	Nt (mg.L ⁻¹)	Pt (g.L ⁻¹)
Canais	18,97 ± 2,88	5,45 ± 1,76	7,32 ± 0,24	669,25 ± 169,76	2,56 ± 1,48	390 ± 190

O tecido de *E. crassipes* nos canais apresentou teores de Nt e Pt oscilando entre 17,3 e 43,9 g/Kg (31,4 ± 6,4), e entre 3,6 e 8,7 g/Kg (6,4 ± 1,34), respectivamente. De

forma geral, as concentrações encontradas neste estudo foram maiores do que as citadas por outros autores em diferentes ambientes (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de composição química de espécies de *Eichhornia* (g/Kg) em diferentes ambientes.

Espécie	Nt (g/Kg)	Pt (g/Kg)	Autor	Locais
<i>E. crassipes</i>	18,09	2,25	MARTINS (2003)	Reservatório Salto Grande – Americana – SP
<i>E. crassipes</i>	39	2,0	DA SILVA (1994)	Lago Recreio – Pantanal – MT
<i>E. crassipes</i>	18,3	1,7	HOWARD-WILLIAMS e JUNK (1977)	Rios da Amazônia central - AM
<i>E. azurea</i>	10,5	3,2	HENRY-SILVA (2001)	Sistemas lóticos – SP

Valores de nutrientes nos tecidos das macrófitas têm sido reportados por diversos autores (HOWARD-WILLIAMS e JUNK, 1977; MARTINS et al., 2003). Da Silva et al., (1994), investigando a composição química de diferentes macrófitas aquáticas do Lago Recreio no Pantanal Mato-grossense,

atribuíram as variações intra-específicas aos diferentes estados tróficos dos corpos d'água. Segundo Esteves (1998), variações nas concentrações também estão ligadas à dinâmica das comunidades de macrófitas aquáticas, à disponibilidade de nutrientes do meio e a fatores climáticos, e Henry-Silva (2001)

coloca que as formas de vida das macrófitas também podem contribuir para as diferenças encontradas na composição química destas comunidades.

A tabela 3 apresenta os resultados para variáveis abióticas da coluna de água durante o período de experimento. A temperatura da água diminuiu de 27,5° (março) para 16 °C (junho), conforme a proximidade do período de inverno. O oxigênio dissolvido apresentou

uma alta concentração (acima de 9 mg.L⁻¹) em função da alta concentração clorofila-*a* que variou entre 83,1 µg.L⁻¹ e 179,7 µg.L⁻¹ neste período. Os valores de pH, com valor inicial de 10,5 apresentaram reduzidas alterações no decorrer do experimento, corroboram a alta produtividade primária do fitoplâncton no período. As concentrações de nitrogênio total e fósforo total indicam que o lago dos Biguás estava em uma situação de hipertrofia.

Tabela 3 – Variáveis limnológicas durante o período de estudo. Lagos dos Biguás – FURG.

<i>DATA</i>	<i>Coleta 1</i>	<i>Coleta 2</i>	<i>Coleta 3</i>	<i>Coleta 4</i>
Temperatura (°C)	27,5	28	22	16
Oxigênio Dissolvido (mg.L⁻¹)	11,9	11,7	9,2	13,8
Condutividade Elétrica (µS.cm⁻¹)	260	243	208	196
pH	10,5	10,6	10,3	9,6
Nitrogênio total (mg.L⁻¹)	0,22	0,24	0,28	0,3
Fósforo total (µg. L⁻¹)	204	280	380	420

Os resultados mostram que a absorção de nutrientes por *Eichhornia crassipes* aumentou conforme o tempo de permanência das plantas no lago (Tabela 4). O conteúdo de nitrogênio (Nt) nos tecidos aumentou 2,6 vezes o seu valor inicial, passando de 10,87 g.kg⁻¹ para 28,50 g.kg⁻¹. O conteúdo de fósforo (Pt) aumentou 1,8 o seu valor inicial, passou de 3,29 g.kg⁻¹ para 5,87 g.kg⁻¹. Portanto, ambos os valores de Nt e Pt não atingiram o valor médio encontrado nas plantas presentes nos canais pluviais, indicando que a planta ainda tem condições de acumular maior concentração destes nutrientes durante o seu crescimento.

Tabela 4 - Concentrações de nutrientes na biomassa de *E. crassipes* crescendo em lago hipereutrófico (1 a 4, coletas quinzenais) (Lago dos Biguás – FURG). (letras diferentes indicam diferenças significativas, p<0,05)

	N (g.kg⁻¹)	P (g.kg⁻¹)
Inicial	10,87 ^a	3,29 ^a
1	21,29 ^{a,b}	4,98 ^{a,b}
2	23,22 ^{a,b}	4,19 ^{a,b}
3	22,56 ^{a,b}	5,30 ^{a,b}
4	28,50 ^b	5,87 ^b

As macrófitas aquáticas possuem um importante papel na estocagem de nutrientes em ecossistemas aquáticos continentais, devido à grande capacidade de retê-los em sua biomassa (ESTEVEES e CAMARGO 1986). Alguns autores têm destacado que estas plantas encontram nos ambientes eutrofizados as condições propícias para um crescimento descontrolado, particularmente devido à grande capacidade de retenção de nutrientes (THOMAZ 2002, ALVES et al. 2003). Henry-Silva et al. (2002), estudando o efeito da concentração de nutrientes no crescimento de *Eichhornia crassipes*, constataram um crescimento significativamente menor em baixas concentrações de nitrogênio e fósforo. As plantas de *E. crassipes* costumam se desenvolver bem em ambientes eutrofizados, com altas concentrações de matéria orgânica.

Muitos autores têm divulgado resultados positivos quanto a utilização de *E. crassipes* em vários tipos de aplicações (Tabela 5). Em todos estes estudos foi destacada a capacidade de *E. crassipes* na absorção de nutrientes do meio e incorporação na sua biomassa.

Tabela 5- Usos de *E. crassipes* em tratamento de diferentes tipos de efluentes.

Aplicação	Local	Autor
Tratamento de esgoto doméstico	Calcutá - Índia	NATH et al. (1984)
Tratamento de efluentes e produção de biomassa	Florida - EUA	REDDY e DEBUSK (1984)
Tratamento e disposição de efluentes de curtumes	Madras - Índia	PRASAD et al. (1984)
Tratamento de efluentes de suínos	Ásia	POLPRASERT et al. (1992)
Purificação do esgoto	Marrakesh - Marrocos	MANDI (1994)
Efluente de indústria de papel	Sète - França	CASABIANCA (1995)
Efluentes de suinocultura	Santa Catarina - Brasil	COSTA et al. (2000)
Remoção de nutrientes de efluentes de leiteria	Califórnia - EUA	SOOKNAH e WILKIE (2004)

Os dados obtidos nesta pesquisa indicam que *E. crassipes* apresenta potencial para uso em fitorremediação em ambientes eutrofizados no sul do Brasil. Durante o estudo, as plantas apresentaram grande desenvolvimento, com o crescimento de folhas novas e estolões, e a concentração de nutrientes nos tecidos aumentou conforme o tempo de permanência das plantas no lago para os dois nutrientes analisados.

Considerações finais

Eichhornia crassipes apresentou alta concentração de nutrientes em sua biomassa quando coletada em ambiente natural. O desenvolvimento das plantas em ambiente

eutrofizado demonstrou que, em 60 dias, esta espécie aumentou 2,6 vezes a concentração de nitrogênio e 1,8 de fósforo em sua biomassa. O desenvolvimento de folhas novas e estolões demonstra uma tendência de acúmulo na biomassa conforme o tempo de permanência das plantas no lago. Após 60 dias de crescimento, a incorporação de nutrientes não atingiu os valores encontrados em ambiente natural, indicando que a planta pode acumular maior concentração destes nutrientes durante o seu crescimento.

Desta forma, esta espécie apresenta potencial de ser utilizada na recuperação de pequenos ambientes eutrofizados, sendo necessárias novas pesquisas voltadas ao desenvolvimento de um manejo adequado para região subtropical do Brasil.

AGRADECIMENTOS

A FAPERGS-RS (Processo 0409862 PROAPP) pelos recursos concedidos. Aos revisores anônimos pelas correções e sugestões apresentadas ao texto.

AUTORES

Cleber Palma Silva - Professor Associado III, Doutorado, Ecologia, UFRJ, 1999. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, PPG em Gerenciamento Costeiro; Instituto de Ciências Biológicas. Laboratório de Limnologia, E-mail: dmbcps@furg.br

Edélti Faria Albertoni – Professora Adjunto III, Doutorado, Ecologia, UFRJ, 1999. Universidade Federal do Rio Grande – FURG, PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais; Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Limnologia.

Claudio Rossano Trindade Trindade – Mestre, Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG, 2008, Laboratório de Limnologia.

Leonardo Marques Furlanetto - Mestre, Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, FURG, 2009, Laboratório de Limnologia.

Michele de Carvalho Acosta – Graduação Ciências Biológicas, Especialista em Limnologia, Manejo e Conservação de Recursos Hídricos, FURG, 2006, Laboratório de Limnologia

REFERÊNCIAS

ALBERTONI, E.F., e PALMA- SILVA, C. Macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas flutuantes em canais urbanos de escoamento pluvial (Balneário Cassino, Rio Grande, RS). *Neotropical Biology and Conservation* v.1, n.2, p.90-100, 2006.

ALVES, E., CARDOSO, L.R., SCAVRONI, J., FERREIRA, L.C., BOARO, C.S.F. e CATANEO, A.C. Avaliações fisiológicas e bioquímicas de plantas de aguapé (*Eichhornia crassipes*) cultivadas com níveis excessivos de nutrientes. **Planta Daninha**, v.21, p.27-35, 2003.

BARBIERI, R. e ESTEVES, F.A. The chemical composition of some aquatic macrophyte species and implications for the metabolism of a tropical lacustrine ecosystem – Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, v.213, p.133-140, 1991.

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

BROCK, C.M., BONGAERTS, M.C.M., HEIJNEM, G.J.M.A. e HEIJTHUIJSEN, J.H.F.G. Nitrogen and phosphorus accumulation and cycling by *Nymphyodes peltata* (GMEL) O. Kuntze (MENYANTHACEAE). **Aquatic Botany**, v.17, p.189-214, 1983.

CASABIANCA, M.L. Large-scale production of *Eichhornia crassipes* on paper industry effluent. **Bioresource Technology**, v.54, n.1, p.35-38, 1995.

COSTA, R.H.R., BAVARESCO, A.S.L., MEDRI, W. e PHILIPPI, L.S. Tertiary treatment of piggery wastes in water hyacinth ponds. **Water Science Technology**. v.42, n.10-11 p.211-214, 2000.

Da SILVA, C.J., NOGUEIRA, F. e ESTEVES, F.A. Composição química das principais espécies de macrófitas do lago Recreio, Pantanal Matogrossense (MT). **Revista Brasileira de Biologia**, v.54, n.4, p.617-622, 1994.

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

ESTEVES, F.A. e CAMARGO, A.F.M. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.1, p.273-298, 1986.

HENRY-SILVA, G.G., PEZZATO, M.M., BENASSI, R.F. e CAMARGO, A.F.M. Chemical composition of five species of aquatic macrophytes from lotic ecosystems of the states of São Paulo (Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.13, n.2, p.11-17, 2001.

HENRY-SILVA, G.G., CAMARGO, A.F.M. e PEZZATO, M.M. Effect of nutrient concentration on the growth of *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* and *Salvinia molesta*. **International Symposium on Aquatic Weeds**, p.47-150, 2002.

HOWARD-WILLIAMS, C. e JUNK, W.J. The chemical composition of central amazonian aquatic macrophytes with special reference to their role in the ecosystem. **Archives für Hydrobiologie**, v.79, n.4, p.446-464, 1977.

KOETZ, P.R., FARIA, O.L.V. e NUNES, W.A. Tratamento de efluentes homogeneizados de curtume por digestão anaeróbica em reatores de fluxo ascendente. **Revista Brasileira de Agrociência** v.1, n.1, p.23-29, 1995.

KRUSCHE, N., SARAIVA, J.M.B. e REBOITA, M.S. **Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS**. Rio Grande: EDFURG. 104 p. 2002.

MANDI, L. Marrakesh wastewater purification experiment using vascular aquatic plants *Eichhornia crassipes* and *Lemna gibba*. **Water Science Technology**, v.29, n.4, p.283-287. 1994.

MARTINS, D., COSTA, N.V., TERRA, M.A., MARCHI, S.R. e VELINI, E.D. Caracterização química das plantas coletadas no reservatório de Salto Grande (Americana – SP). **Planta Daninha**, v.21, p.21-25, 2003.

MEERHOFF, M. e JEPPESEN, E. Shallow lakes and ponds; p.343-353. In G.E. Likens. **Lake ecosystem ecology**. Amsterdam: Elsevier. 2010.

NATH, K.J., RAMARAO, S.V., NAIR, S., GILMAN, R.H. e MULLICK, D. **Low cost wastewater treatment with water hyacinth**. United Nations Environment Programme. Nairobi, p.655-663, 1984.

PALMA-SILVA, C. Crescimento e produção de *Typha domingensis* Pers. na lagoa Imboassica; p.205-220. In F.A. Esteves. **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: NUPEM/UFRJ, 1998.

PALMA-SILVA, C., ALBERTONI, E.F. e ESTEVES, F.A. Clear water associated with biomass and nutrient variation during the growth of a Charophyte stand after a drawdown, in a tropical coastal lagoon. **Hydrobiologia** v.482, p.79-87, 2002a.

PALMA-SILVA, C., ALBERTONI, E.F. e ESTEVES, F.A. The role of Charophytes primary production in a coastal lagoon subjected to human impacts (RJ, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.14, n.1, p.59-69, 2002b.

PALMA-SILVA, C., ALBERTONI, E.F. e ESTEVES, F.A. Charophytes as a nutrient and energy res-

ervoir in a tropical coastal lagoon impacted by humans (RJ, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v.64, n.3A, p.479-487, 2004.

PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios; p.171-188. In S.M. Thomaz e L.M. Bini. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EUEM, 2003.

PEDRALLI, G. e TEIXEIRA, M.C.B. Macrófitas aquáticas como agentes filtradores de materiais particulados, sedimentos e nutrientes; p.177-194. In R. Henry. **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Carlos: RIMA Editora, 2003.

PETRUCIO, M.M. e 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, 2000a.

PETRUCIO, M.M. e ESTEVES, F.A. Influence of photoperiod on the uptake of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. **Revista Brasileira de Biologia**, v.60, n.3, p.373-379, 2000b.

POLPRASERT, C., KESSOMBOON, S. e KANJANAPRAPIN, W. Pig wastewater treatment in water hyacinth ponds. **Water Science Technology**, v.26, n.9-11, p.2381-2384, 1992.

POTT, V.J. e POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. EMBRAPA, Brasília. 2000. 404 p.

PRASAD, B.G.S., MADHAVAKRISHNA, W. e NAYUDAMMA, Y. Utilization of water hyacinth in the treatment and disposal of tannery wastewater. **United Nations Environment Programme**. Nairobi, p.647-654. 1984.

REDDY, K.R. e DEBUSK, W.F. Growth characteristics of aquatic macrophytes cultured in nutrient enriched water: water hyacinth, water lettuce and pennywort. **Economic Botany**, v.38, n.2, p.229-239, 1984.

SOOKNAH, R.D. e WILKIE, A.C. Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater. **Ecological Engineering**, v.22, p.27-42, 2004.

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

TRINDADE, C.R.T., FURLANETTO, L.M. e PALMA-SILVA, C. Nycthemeral cycles and seasonal variation of limnological factors of a subtropical shallow lake (Rio Grande, RS, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.21, n.2, p.35-44, 2009.

