

*Macrófitas aquáticas*

Sidinei Magela Thomaz, Thomaz Aurélio Pagioro, André Andrian Padial.

**Introdução**

As inundações previsíveis afetam consideravelmente a dinâmica de várias comunidades que vivem em habitats alagados ou em áreas de transição de planícies de inundação, constituindo-se na base do conceito de pulso de inundação (Junk et al., 1989). Hipóteses decorrentes deste conceito têm sido testadas em várias comunidades, cujos atributos respondem de forma previsível às oscilações dos níveis de água em vários sistemas rios-planícies de inundação sulamericanos.

As áreas alagáveis posicionadas a jusante de cadeias de reservatórios sofrem sérias conseqüências do controle dos níveis de água. Dentre os efeitos negativos, podem ser citados o achatamento dos pulsos de inundação e alterações na sua sazonalidade (Agostinho et al., 2000). Alterações deste tipo, em conjunto com redução no aporte de sedimentos e nutrientes, podem modificar a distribuição das espécies, reduzir a fertilidade das planícies de inundação e afetar sua diversidade. O impacto de diferentes pulsos de inundação nos sistemas de planícies de inundação ainda não é completamente entendido e suas conseqüências na biota podem variar consideravelmente entre as espécies.

Os dados obtidos na planície do alto rio Paraná demonstram claramente que mesmo neste trecho, onde o regime de cheias encontra-se alterado pela operação de barragens de montante, os fatores abióticos e várias comunidades respondem

de forma relativamente previsível aos pulsos, demonstrando certa sazonalidade (Agostinho et al., 2000). Dentre as comunidades diretamente afetadas, encontra-se a de macrófitas aquáticas, que desempenha um importante papel nos sistemas rios-planícies de inundação. No trecho do rio Paraná, por exemplo, tem sido demonstrado que esta comunidade desempenha importante papel na ciclagem de nutrientes (Pagioro & Thomaz, 1999) e na conservação da diversidade de peixes (Agostinho et al., 2002). Com relação a este último aspecto, esses autores demonstraram haver maiores valores do índice de Shannon e da riqueza de espécies de peixes na interface entre as macrófitas e as regiões pelágicas de ambientes lênticos. Além disso foi também constatado o predomínio de organismos de menor porte nas bordas de bancos de macrófitas. De forma semelhante, maiores riquezas de espécies das comunidades zooplanctônica (Lansac-Tôha et al., 2003) e de macroinvertebrados (Takeda et al., 2003) também são usualmente associadas às macrófitas aquáticas. Esses resultados indicam fortemente que alterações que afetam a flora de macrófitas devem acarretar transformações nos demais organismos.

No presente relatório, são analisados os efeitos de um período prolongado de seca sobre a estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas da planície de inundação do alto rio Paraná (sítio número 6 do Programa Ecológico de Longa Duração brasileiro).

**Estratégia amostral e métodos empregados**

Nos dois primeiros anos do Programa PELD, foram priorizadas as amostragens em grande escala espacial, objetivando

complementar os diagnósticos realizados na planície de inundação. Esta estratégia, que foi adotada por todos os pesquisadores envolvidos no PELD, foi escolhida porque as amostragens realizadas até então na área restringiam-se a poucos locais. Nesta escala mais ampla, 36 habitats da planície

## Componente Biótico

foram investigados, entre lagoas temporárias, lagoas permanentes, ressacos, canais secundários e os canais dos rios Paraná, Ivinheima e Baía.

Os dados obtidos naquela primeira etapa foram utilizados na escolha dos locais que vêm sendo monitorados na planície. Para a comunidade de macrófitas aquáticas, dois procedimentos vêm sendo utilizados no monitoramento:

- (i) em cada ambiente escolhido, são registradas todas as espécies; este procedimento visa identificar as variações de longo-prazo da riqueza de espécies e de alterações na proporção dos diferentes tipos biológicos (submersas enraizadas, submersas livres, flutuantes livres, emergentes, enraizadas com folhas flutuantes) que colonizam os ambientes;
- (ii) em cada ambiente escolhido, foram demarcados transecções permanentes nas quais são anotados, em intervalos de 2 a 5 metros, o valor

## Resultados e Discussão

Cerca de 60 espécies de macrófitas aquáticas foram registradas até o momento na planície de inundação do alto rio Paraná. O maior número de espécies corresponde às emergentes e anfíbias (37 espécies), seguidas pelas flutuantes livres e submersas enraizadas (10 espécies), submersas livres (2 espécies) e enraizadas com folhas flutuantes (1). Esta flora é similar à registrada no Pantanal (Estado de Mato Grosso do Sul) (Pott *et al.* 1992, Pott & Pott 2000), o que pode ser explicado pela proximidade entre essas regiões.

Com base nas informações obtidas até o momento, as espécies mais freqüentes são *Eichhornia azurea*, *E. crassipes*, *Ludwigia suffruticosa*, *Nymphaea amazonum*, *Salvinia auriculata*, *Salvinia herzogii*, *Polygonum ferrugineum* e *Cyperus* sp (que é uma epífita de *Salvinia* spp.).

### Aumento do número e freqüência de espécies submersas

Espécies submersas eram raras nos primeiros levantamentos realizados na área em questão, mas começaram a ser notadas

## Macrófitas Aquáticas

de importância das espécies de macrófitas aquáticas; com este procedimento, pretende-se avaliar as alterações de longo prazo na estrutura das comunidades de macrófitas, e a dinâmica de colonização desta comunidade.

Várias análises utilizadas em ecologia de comunidades vêm sendo empregadas, sendo as principais:

- (i) ordenação utilizando Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Correspondência com remoção do efeito do arco (DCA);
- (ii) métodos não paramétricos e programas de randomização para obtenção de curvas de acumulação de espécies e para estimar a riqueza de espécies (Programa EstimateS);
- (iii) índices de diversidade alfa (Shannon, Simpson) e beta (beta-w, beta-1 e beta-2, segundo Wilson & Shimida, 1984);

Estas espécies ocorrem em quase todos os ambientes da planície. Por outro lado, *Bacopa* spp, *Bulbostylis* sp., *Chara guaiensis*, *Egeria densa*, *Potamogeton pusillus*, *Nitella furcata*, *Sagittaria montevidensis*, *Habenaria* sp., *Lemna* cf. *valdiviana*, *Pontederia parviflora*, *Espermacoceodes*, e *Begonia cucullata* estão entre as espécies menos freqüentes.

No contexto do Programa Ecológico de Longa Duração, maior ênfase deve ser dada para as alterações observadas em longos períodos amostrais (décadas). Muito embora o monitoramento encontrasse em sua fase inicial, duas tendências parecem delinear-se nesse sentido, considerando-se a comunidade de macrófitas aquáticas: (i) um aumento do número de espécies submersas e da freqüência de ocorrência destas espécies e (ii) um efeito marcante de períodos prolongados de seca sobre a estrutura da comunidade.

com maior freqüência após 1995 em lagoas e ressacos conectados com os rios Paraná e Baía, assim como no próprio canal desses rios, onde a velocidade é reduzida. Entre as espécies submersas, destacam-se *Egeria najas*, *Egeria densa*, *Potamogeton pusillus*,

*Najas microcarpa*, *Nittella furcata* e *Chara guairensis*.

O aumento da presença de espécies submersas tem sido constatado de forma não sistemática, pois informações mais detalhadas sobre a comunidade de macrófitas são praticamente inexistentes antes de 1995. Porém, um dos poucos registros para a comunidade de macrófitas aquáticas na região realizados antes daquele ano, aponta a presença de apenas uma espécie submersa enraizada: *Najas* sp. Em um levantamento mais recente, realizado em 1999 em 20 lagoas, somente quatro espécies submersas enraizadas foram detectadas (Bini et al., 2001).

O aumento da presença de espécies submersas coincidiu com a ocorrência de níveis de água mais baixos e estáveis, e a um aumento da transparência da água neste trecho da bacia, que podem ser creditados à cadeia de reservatórios de montante. O primeiro fator é importante por impor uma maior constância à profundidade dos ambientes aquáticos, fundamental para o desenvolvimento das espécies submersas. O aumento da transparência também afeta diretamente as macrófitas, pois este implica em maiores incidências de

### **Efeito da seca sobre a riqueza de espécies**

Os níveis de água constituem-se em uma variável chave que influencia os processos de colonização e crescimento de plantas aquáticas. Para reservatórios, por exemplo, tem sido demonstrado que oscilações de nível intermediário estimulam o aumento da riqueza de espécies, enquanto a ausência de oscilação provoca o crescimento explosivo de poucas espécies (Thomaz & Bini, 1998). Em planícies de inundação, os efeitos desta variável afetam os processos de produção primária e decomposição (Junk, 1986) e a biomassa das diferentes espécies de macrófitas aquáticas (Bini, 1996). Na planície do alto rio Paraná, por exemplo, experimentos demonstraram que períodos de seca prolongada reduzem as taxas de decomposição da vegetação aquática, provocando o acúmulo de tecidos vegetais e interferindo na ciclagem de nutrientes (Thomaz et al., 2003).

radiação subaquática, que acarreta em efeitos positivos sobre o crescimento de espécies submersas. Além disso, os reservatórios encontram-se densamente colonizados por macrófitas submersas (Tanaka, 2000), proporcionando uma constante fonte de propágulos para os diferentes ambientes da planície, especialmente aqueles que se encontram conectados ao rio Paraná. Assim, este fato também deve contribuir para o incremento do número de espécies submersas enraizadas nos diferentes habitats da planície.

Embora esses resultados sejam apenas sugestivos, eles indicam o importante papel desempenhado por reservatórios situados a montante de planícies de inundação na alteração da estrutura da comunidade de macrófitas, através de processos que promovem a alteração do habitat e a própria dispersão e colonização da vegetação aquática (e.g. Fernández *et al.* 1998). Essa tendência poderá ser averiguada de forma mais detalhada com o prosseguimento do monitoramento, proposto para os próximos anos na região.

Uma primeira tentativa de avaliar de forma sistemática os efeitos de períodos prolongados de seca sobre a estrutura da comunidade de macrófitas foi feito no ano de 2001, no início do programa PELD. Neste ano, ocorreu uma seca prolongada e atípica para a região (Fig. 1a). Neste período, várias lagoas, especialmente as temporárias, localizadas no interior de ilhas do rio Paraná, secaram completamente. Com base em um amplo levantamento realizado naquele ano, constatou-se que o número de espécies registrado em fevereiro, quando a profundidade dos ambientes amostrados foi maior, superou aquele registrado em agosto (Fig. 1b). Secas pronunciadas como as registradas neste ano levam à exposição da vegetação litoral, provocando sua morte. Além disso, certamente reduzem a disponibilidade de habitats, diminuindo as chances de colonização. Deve-se destacar que os resultados obtidos devem ser encarados com cautela, pois o acesso às lagoas é mais difícil durante a seca, o que pode ter comprometido o esforço amostral. Porém,

## Componente Biótico

## Macrófitas Aquáticas

resultados adicionais, apresentados a seguir, apontam esta mesma tendência.

Com a continuidade do monitoramento, o pronunciado efeito da seca sobre a vegetação aquática foi também indicado pelos valores da riqueza de espécies obtidos continuamente em seis lagoas da planície, conectadas aos rios Paraná, Ivinheima e Baía. Em todas houve uma queda acentuada da riqueza de espécies na coleta realizada em agosto de

2001, quando comparada a fevereiro do mesmo ano (Fig. 2). Em duas lagoas, o número de espécies recuperou-se após 6 meses a um ano mas em quatro lagoas, os baixos valores da riqueza de espécies permaneceram até março de 2003. Em outras duas, a riqueza encontrava-se consideravelmente baixa ainda em setembro de 2003, ou seja, 2,5 anos após o término do período de seca prolongado.

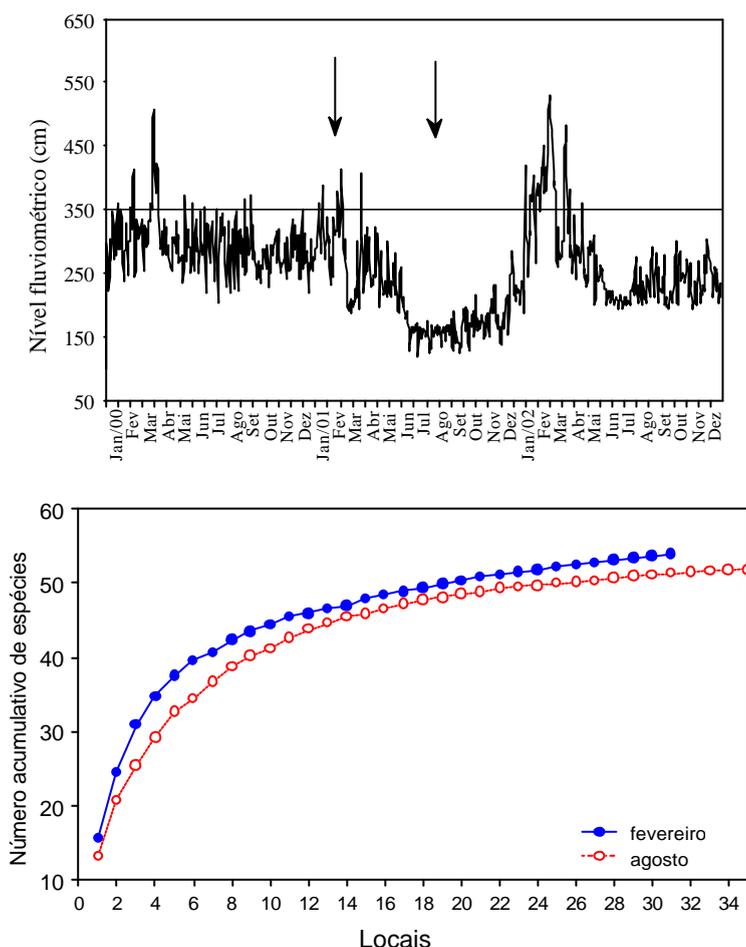


Figura 1: (a) Níveis fluviométricos do rio Paraná, evidenciando o período de seca prolongado na região, especialmente entre abril e dezembro de 2001; a linha horizontal indica o nível a partir do qual a conexão do rio Paraná com as lagoas situadas em ilhas ocorre por cima do dique marginal; (b) Curvas de acumulação de espécies para os meses de fevereiro e agosto de 2001. as flechas em (a) apontam os meses de coleta em 2001.

Os efeitos prolongados de períodos de seca sobre a riqueza de espécies de

macrófitas aquáticas aparentemente são recorrentes na bacia do rio Paraná. Em um estudo semelhante executado no reservatório de Itaipu, foi demonstrado que a riqueza de espécies por banco não se recuperou de uma seca pronunciada, mesmo após 3 anos de retorno da água aos níveis normais (Fuem/Itaipu Binacional, 2003). Cabe ressaltar que o restabelecimento da riqueza de espécies

depende dos mecanismos de resistência (rizomas, sementes etc.) e de dispersão (aves aquáticas, peixes, água etc.) das mesmas. Tem sido demonstrado, por exemplo, que os efeitos mais negativos são observados sobre as espécies submersas que não apresentam mecanismos de resistência, como por exemplo *Egeria najas* e *Egeria densa* (Thomaz & Pagioro., 2003).

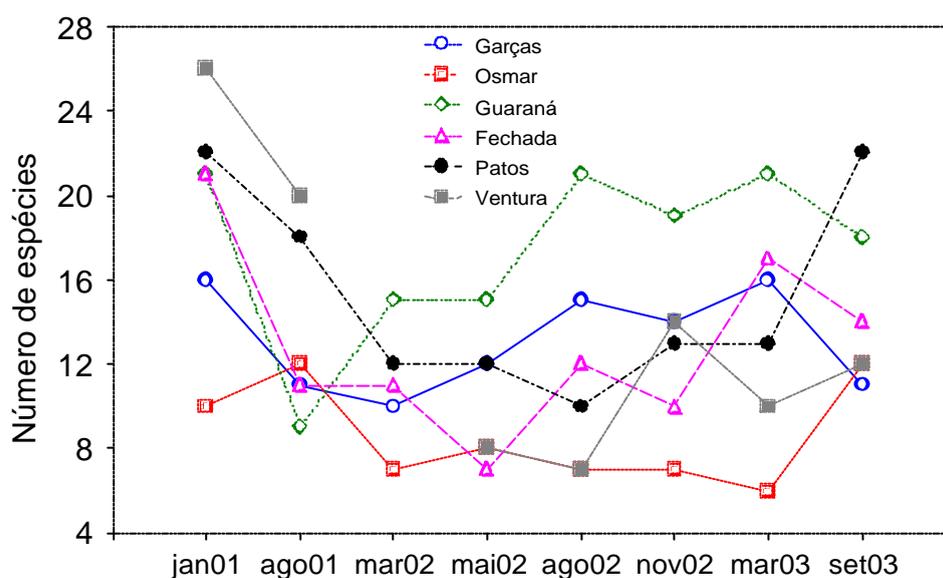


Figura 2: Valores da riqueza de espécies de macrófitas aquáticas registrados em lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná.

Uma terceira abordagem foi utilizada para averiguar os efeitos da seca sobre as assembleias de macrófitas. Em três lagoas temporárias, situadas no interior da ilha Porto Rico, foram realizadas coletas mensais, entre agosto de 2001 e julho de 2002. Durante este período foi possível avaliar os efeitos da seca em pequenos intervalos de tempo.

As três lagoas pesquisadas permaneceram praticamente secas entre agosto, dois meses após ter se iniciado um período extremo de seca, e dezembro (Fig. 3a). Neste período, restou apenas uma pequena área em cada lagoa coberta por uma reduzida lâmina de água. Com a elevação dos níveis do rio Paraná, houve um aumento da profundidade das lagoas, fato que pode ser atribuído à entrada de água pela comunicação através do lençol

freático. A precipitação local também deve ter contribuído neste sentido.

A seca provocou uma acentuada queda da riqueza de espécies em todas as lagoas e o número de espécies não se restabeleceu após a volta da lâmina de água entre janeiro e maio (Fig. 3b). Uma das lagoas estudadas (lagoa Clara) tinha, no início do período amostrado (em agosto de 2001), um total de 21 espécies. Esse número pode ser considerado padrão para esta lagoa, pois está muito próximo do número registrado em agosto de 1998 (22 espécies, segundo Souza et al., 2002), quando o ciclo hidrológico foi normal. Porém, esta mesma lagoa contava com apenas 11 espécies no final do período amostrado, em julho de 2002. Esses dados sugerem fortemente que mesmo o enchimento destas lagoas entre janeiro e maio de 2002 (ver Fig. 3a) não foi suficiente

para que a assembléia de macrófitas se recuperasse dos efeitos provocados pela

seca extrema.

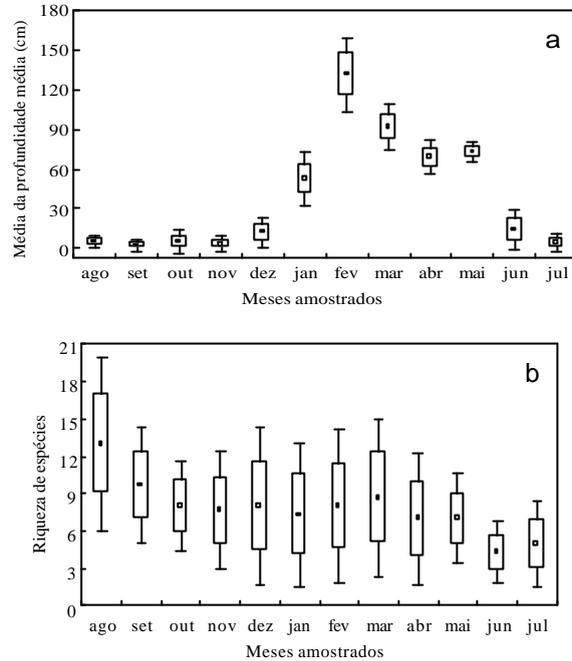


Figura 3: (a) Profundidade de três lagoas situadas na ilha Porto Rico; (b) riqueza de espécies nas três lagoas. São apresentados os valores médios, erros padrão e desvios padrão.

### Caracterização das lagoas que vêm sendo monitoradas pelo Peld

Com base nos dados obtidos nos anos de 2002 e 2003, foi efetuada uma análise de ordenação das lagoas analisadas durante o monitoramento de longo prazo, empregando-se uma análise de componentes principais (Fig. 4). Ficou demonstrado que o eixo 1 separa as lagoas conectadas ao rio Baía (Guaraná e Fechada) daquelas conectadas ao rio Paraná (Garças e Ventura). As lagoas das

Garças e Ventura, conectadas com o rio Paraná, ficam separadas pelo eixo 2. Espécies submersas (*Egeria najas*, *Cabomba furcata* e *Nitella furcata*) são importantes nessa caracterização, pois as mesmas ocorrem na lagoa das Garças, que apresenta um canal de ligação com o rio, com o qual fica permanentemente conectada. Por outro lado, espécies flutuantes livres (*Eichhornia crassipes*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Salvinia herzogii* e *S. minima*) ocorreram principalmente nas lagoas conectadas ao rio Baía.

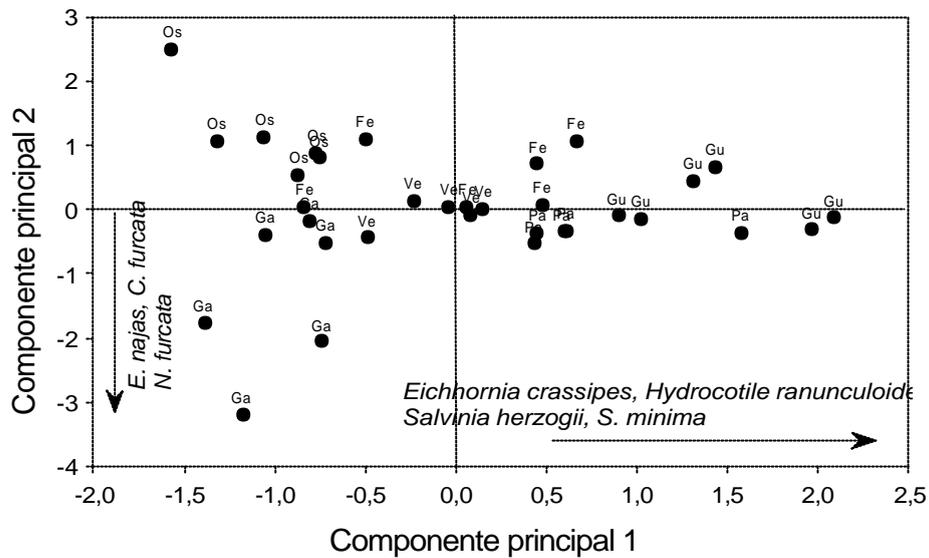


Figura 4: Análise de componentes principais realizada com as macrófitas aquáticas registradas nas seis lagoas que vêm sendo monitoradas.

Embora seja difícil testar uma hipótese formal que explique esse padrão de estruturação das lagoas, o mesmo sugere a importância de efeitos em macro escala provocados pelas barragens situadas a montante da planície. A presença incipiente de espécies flutuantes nos ambientes conectados ao rio Paraná pode ser explicada parcialmente pela baixa concentração de nutrientes destes ambientes, em especial o fósforo, visto que

este elemento fica retido em grande quantidade nos reservatórios de montante (Agostinho et al., 2000). Como já considerado anteriormente, a presença considerável de espécies submersas neste mesmo sistema pode ser diretamente associada à abundância de propágulos e maior transparência da água, que também são afetados pelos reservatórios. Os efeitos de longo prazo das cadeias de reservatórios poderão ser melhor avaliados através do prosseguimento do programa PELD.

## Referências

AGOSTINHO, A. A., THOMAZ, S. M., MINTE-VERA, C.; WINEMILLER, K. O. Biodiversity in the High River Paraná floodplain. In: Gopal, B., Junk, W. J.; Davis, J. A. (Ed.). *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*. Leiden: Backhuys Publishers, 2000. p. 89-118.

AGOSTINHO, A. A., THOMAZ, S. M., BALTAR, L. S. M. A.; GOMES, L. C. Influence of aquatic macrophytes on fish assemblages structure of the upper Paraná River floodplain (Brazil). In: *Proceedings of the 11<sup>th</sup> EWRS International Symposium on Aquatic Weeds*. EWRS: 69-72. 2002.

BINI, L.M.; THOMAZ, S.M.; SOUZA, D.C. Species richness and  $\alpha$ -diversity of aquatic

macrophytes in Upper Paraná River floodplain. *Arch. Hydrobiol.* Stuttgart., **151** (3): 511-525. 2001.

FERNÁNDEZ O.A., MURPHY K.J., LÓPEZ CAZORLA A.C., SABBATINI M.R., LAZZARI M.A., DOMANIEWSKI J.C.J.; IRIGOYEN J.H. Interrelationships of fish and channel environmental conditions with aquatic macrophytes in an Argentine irrigation system. *Hydrobiologia*, **380**: 15 – 25. 1998.

JUNK, W.J., BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, **106**: 110-127. 1989.

LANSAC-TÔHA, F.M., VELHO, L.F.M., BONECKER, C.C. Influência de macrófitas aquáticas sobre a estrutura da comunidade zooplânctônica. In: Thomaz, S.M., Bini, L.M. (Eds.). *Ecologia e Manejo de Macrófitas*

## Componente Biótico

Aquáticas. Eduem, Maringá, pp. 231-242. 2003.

PAGIORO, T.A.; THOMAZ, S.M.. Influence of the decomposition of *Eichhornia azurea* on selected abiotic limnological variables of different environments of the floodplain of the High Paraná River. *Acta Limnologica Brasiliensia*, **11(2)**: 157-171. 1999.

POTT, V.J.; POTT, A. Plantas aquáticas do Pantanal. Embrapa, Brasília: 404pp. 2000.

POTT, V.J.; BUENO, N.C.; SILVA, M.P. Levantamento florístico e fitossociológico de macrófitas aquáticas em lagoas da Fazenda Leque, Pantanal, MS.). *In: Proceedings of the 8<sup>th</sup> Congresso da Sociedade de Botânica de São Paulo*: 91-99. 1992.

SOUZA, D.C., THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. Species richness and  $\alpha$ -diversity of aquatic macrophytes assemblages in three floodplain tropical lagoons: evaluating the effects of sampling size and depth gradients. *Amazoniana*, **17(1/2)**: 213-225.

## Macrófitas Aquáticas

TAKEDA, A.M., SOUZA-FRANCO, G.M., MELO, S.M., MONKOLSKI, A., 2003. Invertebrados associados às macrófitas aquáticas da planície de inundação do alto rio Paraná (Brasil). In: THOMAZ, S.M., BINI, L.M. (Eds.), *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Eduem, Maringá, pp. 243-260.

TANAKA, R.H. 2000. *Levantamento da Ocorrência de Plantas Aquáticas nos Reservatórios da CESP*. CESP Report, São Paulo 25 pp.

THOMAZ, S. M.; PAGIORO, T. A. 2003. Estudo das macrófitas aquáticas em Itaipu. 2001-2002. Relatório técnico. Maringá, UEM. 121 p.

WILSON, M. V.; SHMIDA, A. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. - *Journal of Ecology* **72**: 1055-1064.