

Acta Limnol. Brasil.	Vol. III	653-673	1990
----------------------	----------	---------	------

DECOMPOSIÇÃO DA MACRÓFITA AQUÁTICA *Eichhornia azurea* (KUNTH), COM ÊNFASE NA COLONIZAÇÃO POR BACTÉRIAS EPIFÍTICAS

ROLAND, F.*; ESTEVES, F.A.**; SANTOS, J.E.*

RESUMO

A taxa de perda de peso, a composição química e a colonização por bactérias epifíticas no detrito da macrófita aquática *Eichhornia azurea* (Kunth) foram pesquisados durante um período de 100 dias. Para tanto, utilizou-se a técnica dos "LITTER BAGS", bem como diferentes estádios fenológicos de limbo e pecíolo para pesquisar a colonização. Os resultados obtidos demonstraram que a perda de peso seco, tanto para limbo como para pecíolo, foi exponencial ($W_t = W_0 \cdot e^{-kt}$) e lenta com relação à velocidade de perda ($K = 0,0113$ e $K = 0,0098$ para limbo e pecíolo respectivamente). A concentração dos componentes químicos analisados, apresentou-se fortemente influenciada pelo tempo de exposição do detrito, visto que no final do experimento, constatou-se densa colonização por comunidades perifíticas. Observou-se 5 grandes grupos de bactérias epifíticas, diferenciados segundo a morfologia de suas colônias (forma, estrutura, cor, perfil e tipo de bordo), cuja densidade, foi função das condições físicas e químicas do substrato.

* PPG-ERN, UFSCar, SP

** Departamento de Ecologia, UFRJ, RJ

ABSTRACT - RELATIONSHIPS BETWEEN PERIPHYTON DRY WEIGHT AND CHLOROPHYLL a AS A FUNCTION OF DIFFERENT AGES AND COLLECTION SEASON OF PETIOLES OF *Eichhornia azuæa* KUNTH

As part of an integrated research project on the oxbow lakes of Mogi-Guaçu River (State of São Paulo - Brazil), this article describes some aspects of the periphyton colonizing *Eichhornia azuæa* KUNTH petioles as a natural substrate, at Infernão Lake. Dry weight and chlorophyll a concentration of the petiole aggregates were determined on the various leaf stages.

The results show a continuous increase in the values on the various colonizing stages, with chlorophyll a tending to an upper limit on the last stages. Throughout the year, the values varied according to the high and low water periods of the Mogi-Guaçu River floodplain. An autotrophic index indicates that the initial and last phases of colonization are heterotrophic while the intermediate phase is autotrophic.

The correlation between dry weight and chlorophyll a is significant for the petiole colonizing period, with the expression $y = 1.37 x 0.74$ as the best fitting curve. On a quantitative basis, the results show high values when compared to other regions and different aquatic environments.

INTRODUÇÃO

A maioria dos ecossistemas aquáticos continentais tropicais caracterizam-se por serem rasos, e conseqüentemente, constituídos de extensas regiões litorâneas que podem ser colonizadas por diferentes espécies de macrófitas aquáticas, que associadas a outras comunidades, como aquela formada por algas perifíticas,

fazem da região litorânea um dos biótopos mais produtivos que se tem conhecimento (ESTEVES, 1988).

A elevada taxa de produção de biomassa das macrófitas aquáticas de regiões tropicais, que pode alcançar 6500-8500 g.M.O m⁻².ano⁻¹ (WESTLAKE, 1963), proporciona a esta comunidade grande capacidade de estocar compostos químicos nos ecossistemas lacustres (BARBIERI et alii, 1984). Dentre estes compostos destacam-se o fósforo e o nitrogênio, de grande importância para a dinâmica dos ecossistemas límnicos.

Entre os mecanismos que promovem o retorno dos nutrientes estocados na biomassa das macrófitas aquáticas para a coluna d'água, destacam-se a excreção da matéria orgânica durante a fase vegetativa e os processos de decomposição. Embora em certos casos, a excreção de matéria orgânica possa ser quantitativamente importante, (TWILLEY et alii, 1977), o processo de decomposição é considerado o principal responsável pela reciclagem da grande maioria dos nutrientes estocados na biomassa de macrófitas aquáticas (BROCK, 1984; MORRIS & LAJTHA, 1986). Deste modo, estudos sobre o processo de decomposição da biomassa de macrófitas aquáticas de regiões tropicais assumem grande relevância para o entendimento de importantes etapas do metabolismo límnico, como a produção primária e o fluxo de energia através dos diferentes níveis tróficos.

A maioria das pesquisas referentes à decomposição de macrófitas aquáticas estão direcionadas a determinação da taxa de perda de biomassa (HOWARD-WILLIAMS & JUNK, 1976; GODSHALK & WETZEL, 1978; ESTEVES & BARBIERI, 1983; POI de NEIFF & NEIFF, 1988) ou à presença da comunidade de invertebrados associada (KRAKER, 1939; ROSINE, 1955; SMOCK & STONEBURNER, 1980 e CAMARGO, 1984). São raras as pesquisas que envolvem alterações na composição química do detrito e na flora bacteriana; excetam-se apenas algumas que enfocam a flora bacteriana (OLAH, 1972; BASTARDO, 1979). Deste modo, esta pesquisa visa contribuir para a

compreensão da ecologia de *Eichhornia azurea*, uma das espécies de macrófitas aquáticas mais freqüentes em ambientes límnicos brasileiros, bem como, fornecer subsídios para o estudo das alterações químicas do detrito da mesma e obter informações sobre a comunidade de bactérias epifíticas associadas.

ÁREA DE ESTUDO

Os experimentos foram realizados na lagoa do Infernã, uma pequena lagoa formada a partir de um meandro abandonado do rio Mogi-Guaçu, com o qual se comunica durante os períodos de cheias. A lagoa do Infernã está localizada na Estação Ecológica do Jataí, município de Luiz Antonio (SP). Segundo NOGUEIRA (1989), a profundidade máxima da lagoa na região sem macrófitas aquáticas foi de 4,5 metros em março de 1987 e a mínima de 3,0 metros em novembro de 1987. Suas margens são colonizadas por várias espécies de macrófitas aquáticas destacando-se *Eichhornia azurea* (Kunth), *Scirpus cubensis* (Poepp & Kunth) e *Panicum pernambucense* (Spreng.) Mez ex Pilger.

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliação das taxas de decomposição de *E. azurea* (Kunth) foi utilizado o método dos "litter bags" (L.B.) de 2 mm de malha, enquanto que coletas de macrófita aquática foram feitas em diferentes estádios de decomposição para obter informações sobre a colonização por bactérias epifíticas.

Quantidades conhecidas (aproximadamente 15 g de peso seco) de limbo e pecíolo de *E. azurea* foram colocados em L.B. e posteriormente incubados na lagoa do Infernã, na região próxima de onde as amostras foram retiradas. Em

intervalos pré-determinados de tempo (Fig. 1), até o 100º dia de incubação, os L.B. foram recolhidos para processamento no laboratório, onde, por diferença de peso seco final e inicial, avaliou-se a taxa de decomposição de *E. azurea*. O material seco foi pulverizado e posteriormente submetido à análise de: fração de parede celular (VAN SOEST & WINE, 1967); polifenóis (KING & HEATH, 1967); fósforo e nitrogênio (método Kjeldahl, descrito em ESTEVES, 1979).

Para o estudo de bactérias epifíticas associadas ao processo de decomposição de *E. azurea*, foram definidos quatro diferentes estádios de decomposição, utilizando-se como indicador o grau da colonização pela comunidade perifítica (SMOCK & STONEBURNER, 1980), assim discriminados: Estádio 1 - baixa densidade de algas epifíticas, Estádio 2 - densidade média e Estádio 3 - densidade elevada. No estádio 4, foram incluídas as folhas que encontravam-se decompostas. Alíquotas de limbo e pecíolo relacionadas aos 4 estádios de decomposição, foram transferidas para tubos de ensaio contendo água destilada esterilizada e submetidas a agitação contínua durante 15 minutos. Em seguida, as amostras foram submetidas a uma diluição em série de 10^{-1} a 10^{-5} e, posteriormente inoculadas (0,1 ml) em placas contendo meio FePA (FERRER et alii, 1963). O número total de colônias de bactérias presentes nas placas foi obtido segundo o método do número mais provável (NMP) (COLWELL, 1979). Foi determinada a proporção com que cada tipo de colônia ocorreu nas placas examinadas, bem como observados forma, estrutura, cor, perfil e tipo de bordo das colônias (RODINA, 1972) (Fig. 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas de perda de peso seco (K) para limbo e pecíolo foram de 0,0113 e 0,0098, respectivamente (Fig. 2),

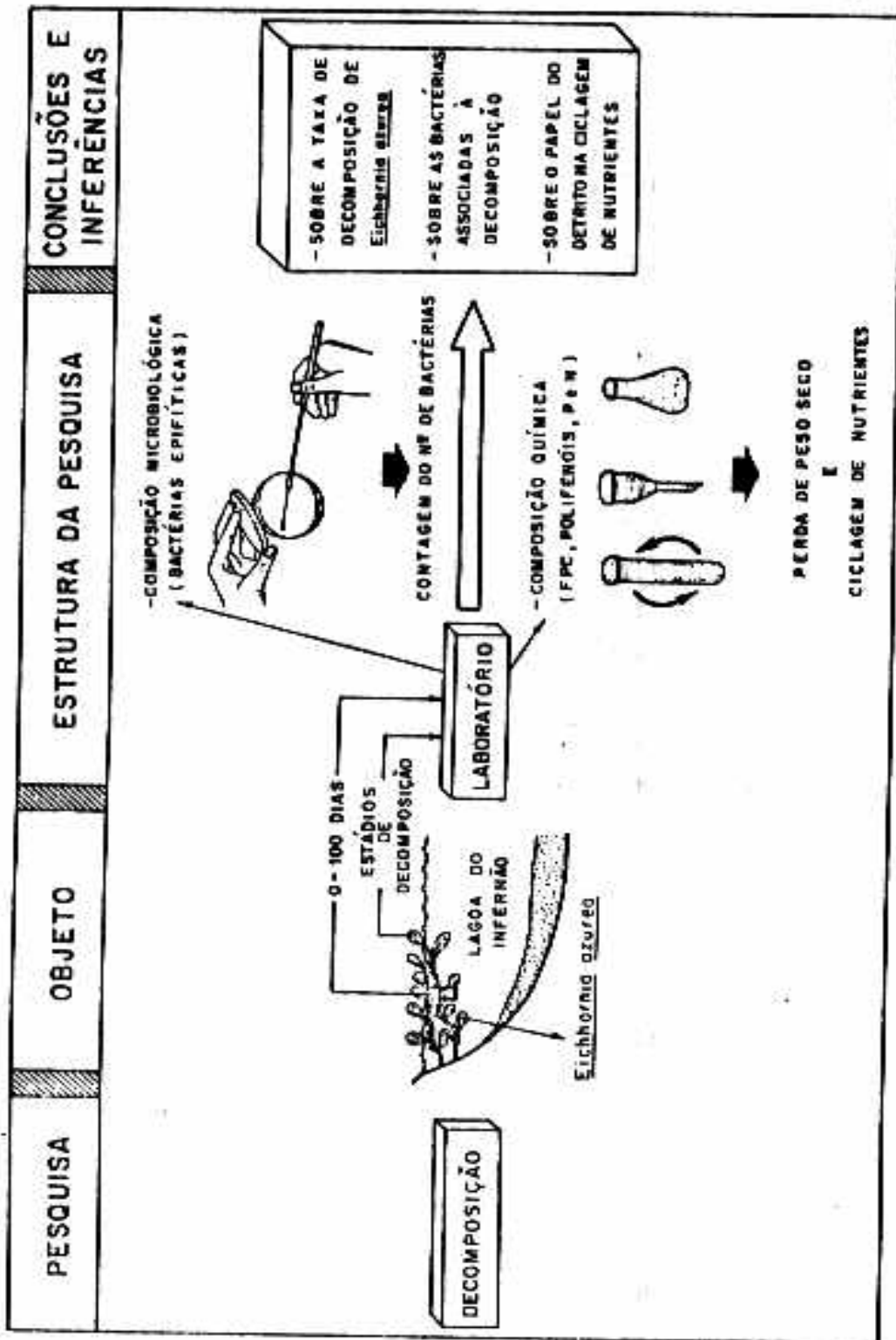


Figura 1 - Esquema da pesquisa. Aspectos metodológicos.

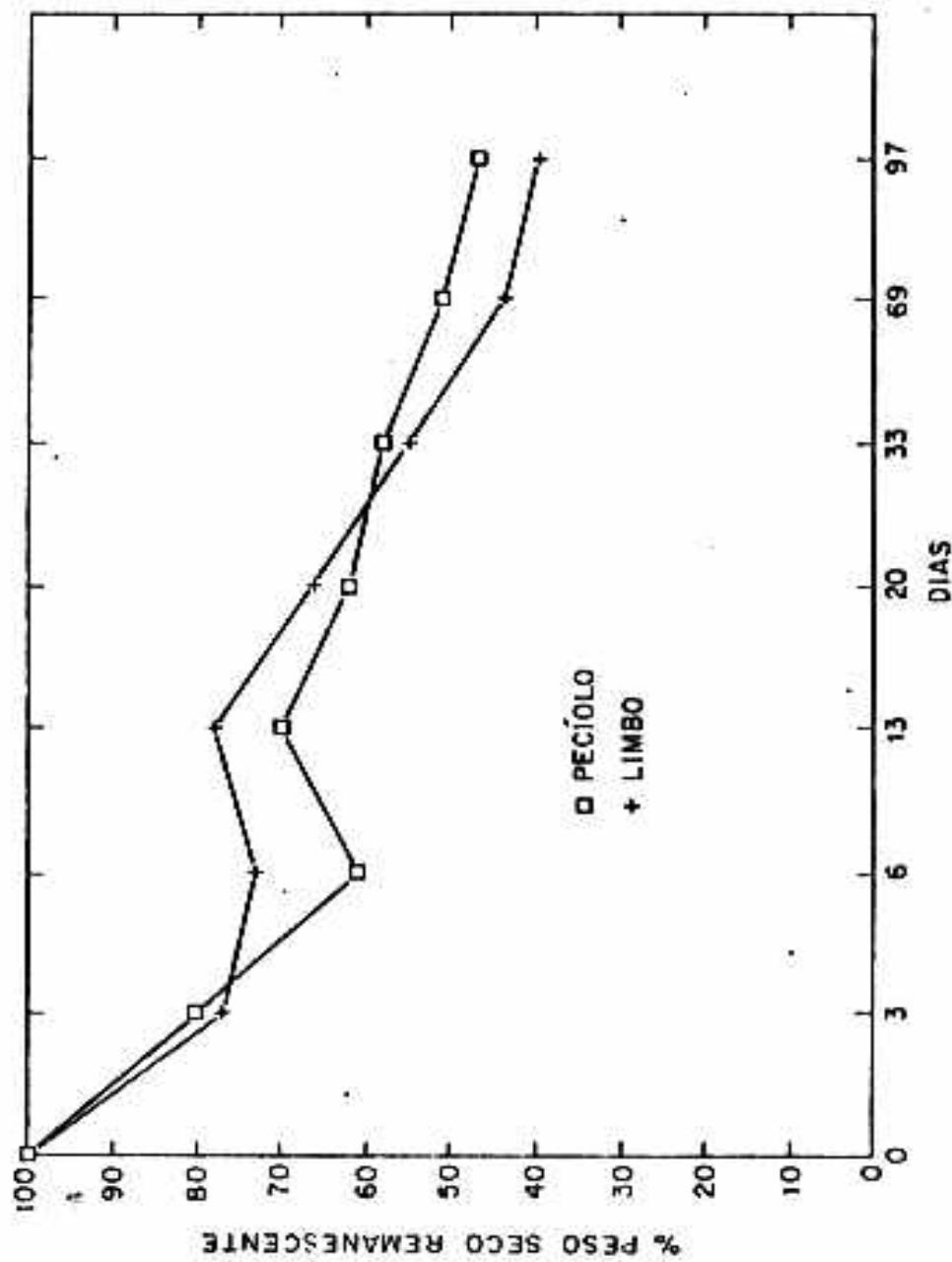


Figura 2 - Porcentagem da perda de peso seco durante a decomposição de *Eichhornia azuayana* (limbo e pecíolo).

mostrando que o processo de decomposição de *E. azurea* é lento. Este fato torna-se ainda mais evidente quando comparado com os resultados obtidos para outras espécies de macrófitas aquáticas. Assim, HOWARD-WILLIAMS & DAVIES (1979) trabalhando com *Potamogeton pectinatus* observaram 50% do valor inicial em 35 dias. Para limbo de *Nymphoides indica* da represa do Lobo (SP) ESTEVES & BARBIERI (1983) obtiveram taxas de perda de peso ainda maiores, ou seja, 50% do peso inicial foi alcançado em apenas 7 dias. Já para limbo e pecíolo de *E. azurea*, o valor de 50% do peso inicial foi alcançado em aproximadamente 45 e 65 dias, respectivamente.

Para efeito de se avaliar os componentes do detrito de macrófitas aquáticas mais rapidamente liberados para a coluna d'água, pode-se diferenciar duas frações: a da parede celular (FPC) e a protoplasmática (FP). A primeira constitui-se de compostos estruturais como celulose, lignina, pectina entre outros, enquanto a fração protoplasmática, por compostos como carboidratos solúveis, proteínas e lipídeos. Assim, pela natureza de seus componentes, a fração protoplasmática é fortemente submetida ao processo de solubilização e ação microbiana.

Durante o processo de perda de peso do detrito de *E. azurea* observou-se um aumento no percentual de FPC, mais acentuado nos primeiros 15 dias (Fig. 3). No decorrer do experimento, os maiores percentuais de FPC foram obtidos no limbo. Os percentuais de FPC para limbo (58%) e pecíolo (42%) do detrito têm implicações diretas sobre a reduzida taxa de perda de peso, visto que os componentes desta fração são de difícil decomposição. Este fato pode resultar em uma contribuição significativa de matéria orgânica particulada por *E. azurea* para a lagoa do Infernã, especialmente no que se refere ao compartimento bentônico.

Polifenóis são compostos orgânicos constituídos basicamente de antocianinas, taninos, flavonóides e metil-propanos (CAMARGO, 1984). Estes compostos são

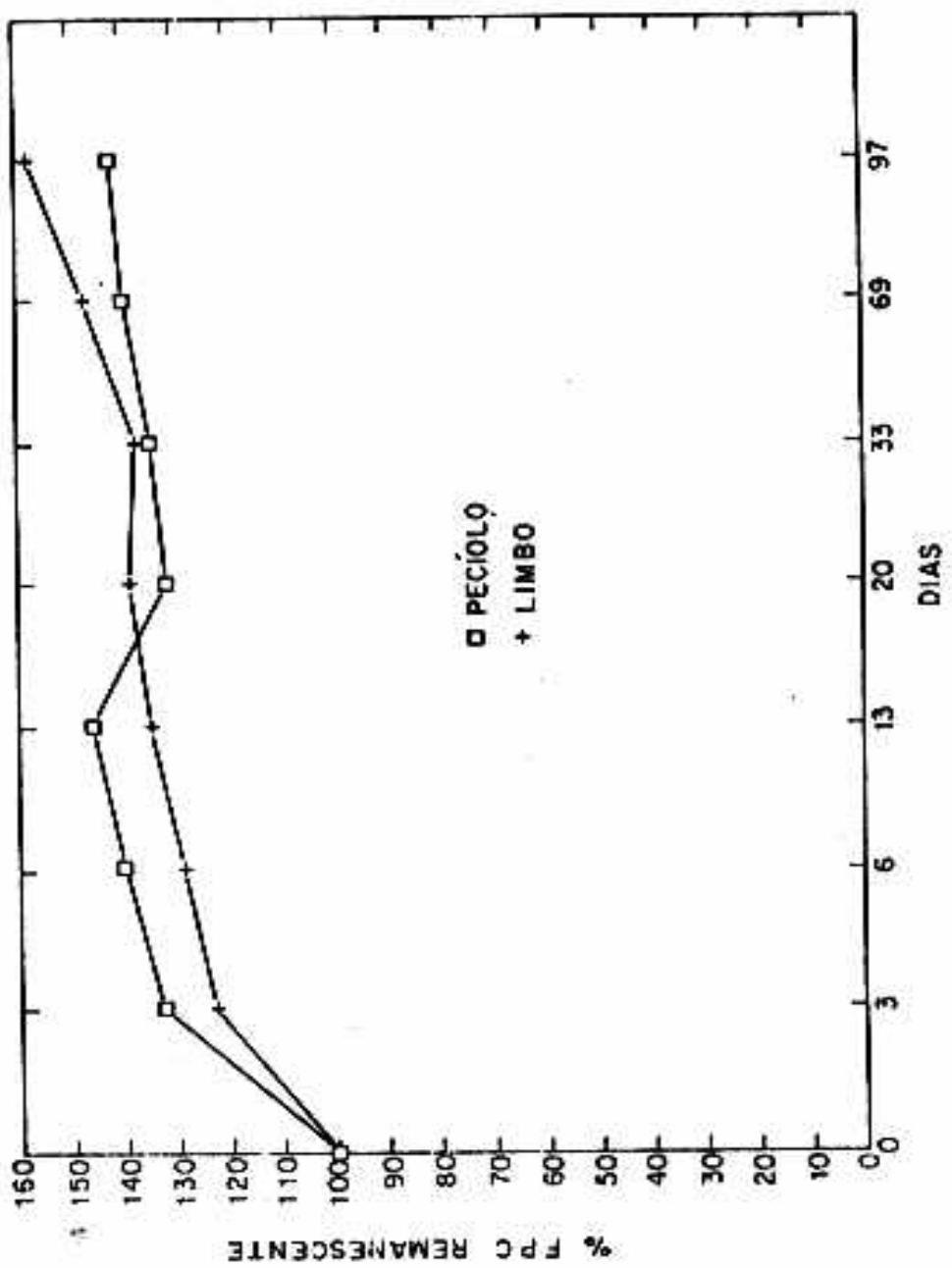


Figura 3 - Porcentagem de fração de parede celular (FPC) durante a decomposição de *Eichhornia azuayana* (limbo e pecíolo).

facilmente solúveis em água e, portanto, podem ser rapidamente liberados para o meio (CAMERON & LA POINT, 1978). Este fato foi especialmente evidente nos primeiros dias do experimento. Assim, já no terceiro dia, observou-se perdas de 55% para limbo e 65% para pecíolo (Fig. 4). As rápidas e elevadas taxas de perda de polifenóis do detrito de *E. azurea* têm grande importância ecológica, na medida em que a estes compostos tem sido atribuído importante papel na redução da digestibilidade das proteínas e na palatabilidade (HEATH & ARNOLD, 1966) para a cadeia detritívora. Desta maneira, sua liberação para a coluna d'água proporciona melhoria na qualidade nutricional do detrito, e conseqüentemente aumento da taxa de reciclagem do mesmo.

Com relação à concentração de fósforo no limbo e no pecíolo, observou-se uma acentuada redução nos primeiros dias do experimento (Fig. 5), muito mais para o pecíolo, onde no 33º dia, foi observado somente 13% do fósforo inicial, enquanto que no limbo, apenas 37%. A partir deste período foi observado considerável aumento do nutriente no pecíolo, enquanto que no limbo decréscimo contínuo até o final do experimento. As taxas de perda de fósforo verificadas no início do experimento são muito importantes, por tornar disponível às comunidades associadas à *E. azurea*, a maior parte deste elemento acumulado nos detritos. Esta consideração pode ser reforçada pelas baixas concentrações de fósforo evidenciadas na coluna d'água da lagoa do Infernã, atuando mesmo, como fator limitante ao crescimento do fitoplâncton (SUZUKI, em preparação). Além disso, *E. azurea* é encontrada em altas densidades na lagoa do Infernã, podendo estocar grandes quantidades do elemento (NOGUEIRA, 1989).

Nos primeiros dias do experimento, observou-se um aumento na concentração do nitrogênio tanto no limbo como no pecíolo (Fig. 6). A partir do sexto dia houve acentuada redução que se manteve até o 33º dia no caso do limbo e 20º

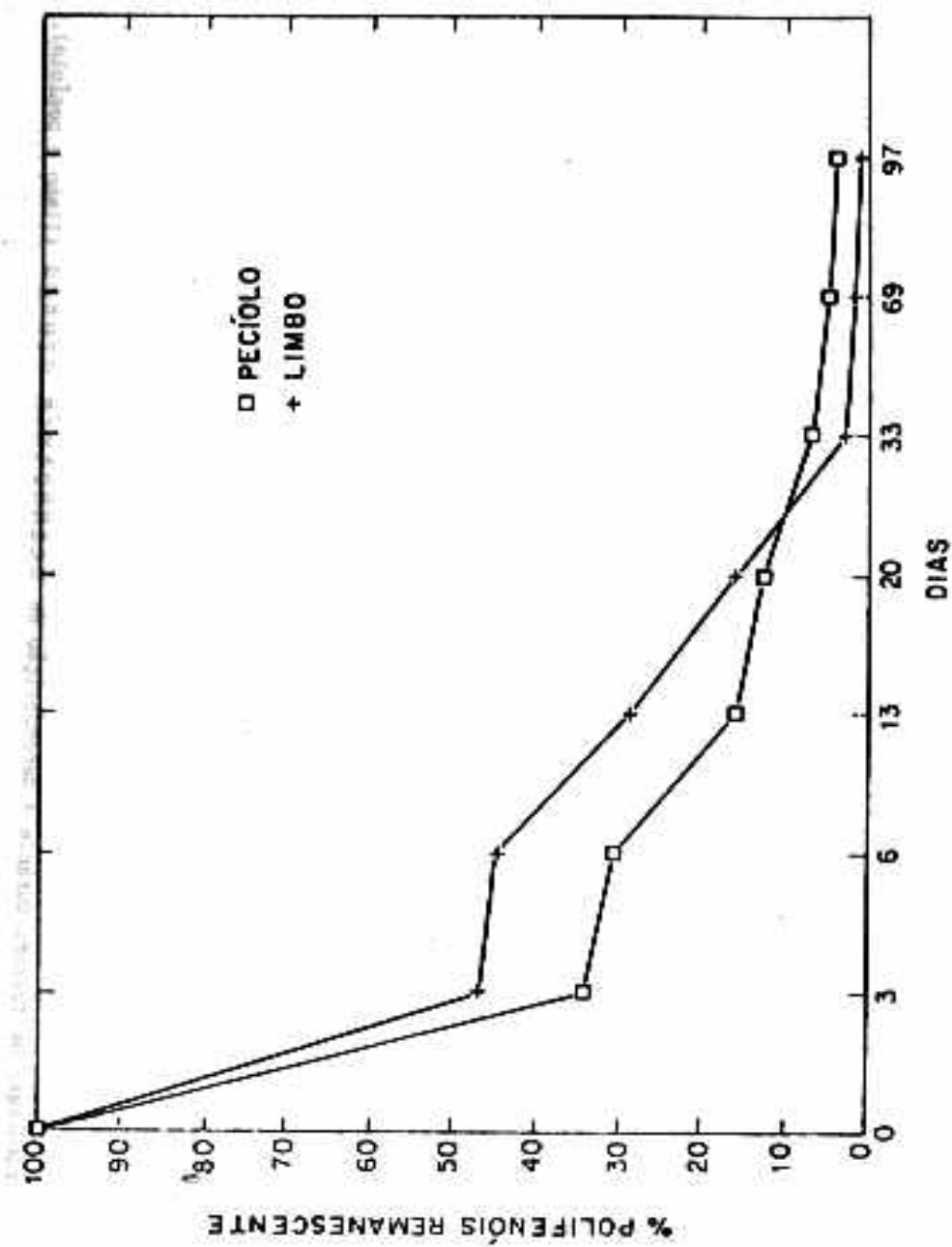


Figura 4 - Porcentagem de polifenóis durante a decomposição de *Eichhornia azutca* (limbo e pecíolo).

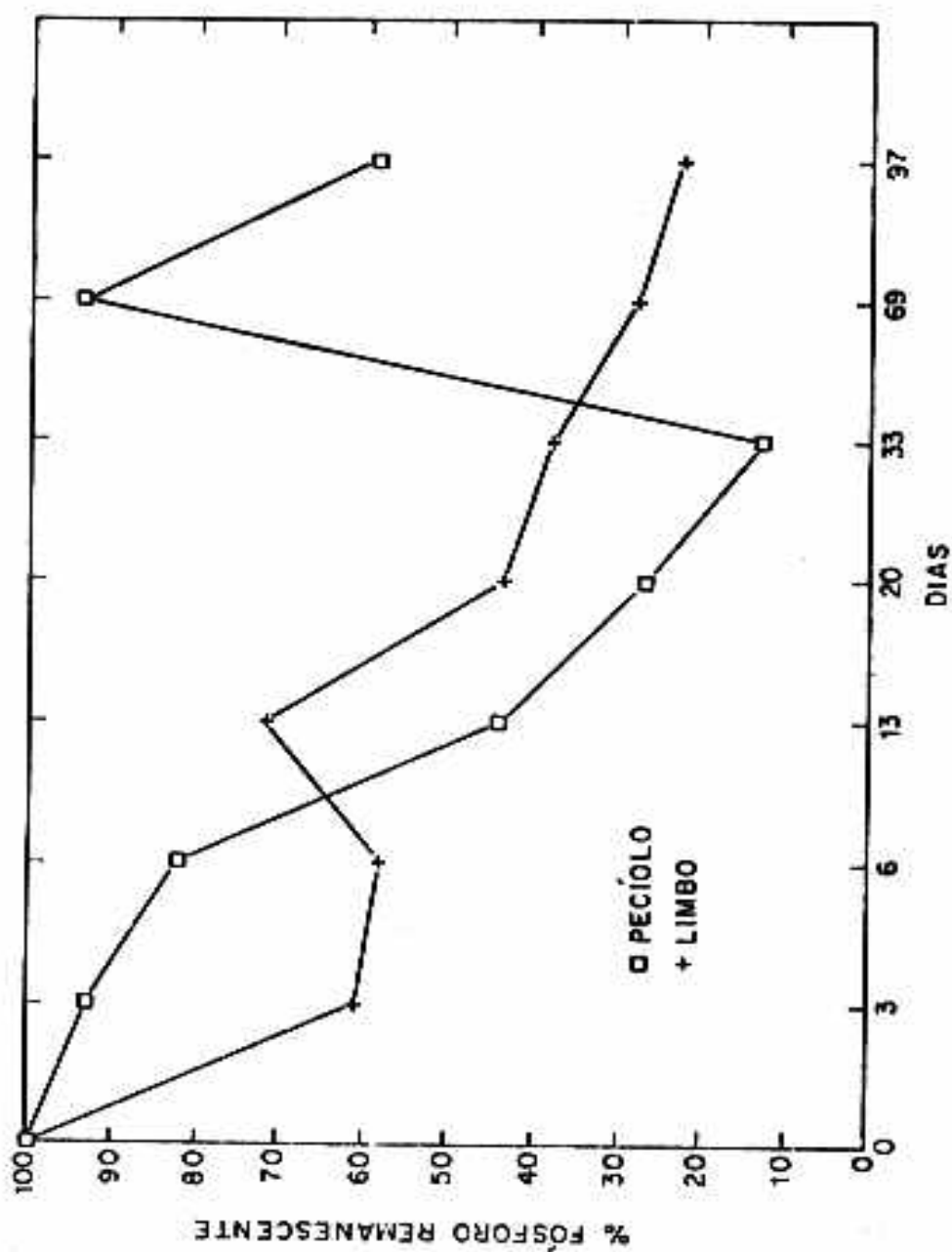


Figura 5 - Percentagem de fósforo durante a decomposição de *Eichhornia azuayana* (limbo e pecíolo).

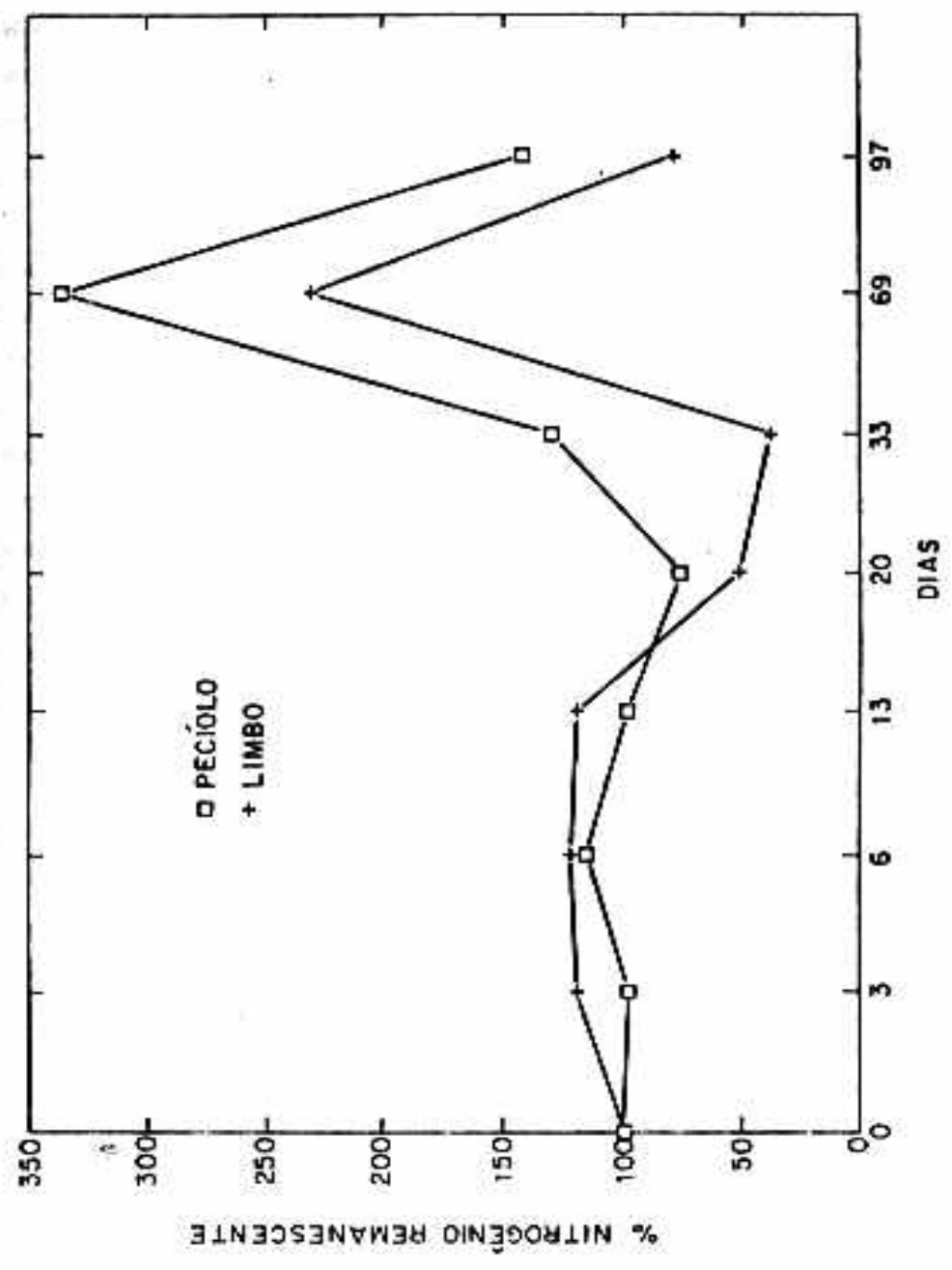


Figura 6 - Porcentagem de nitrogênio durante a decomposição de *Eichhornia azurica* (limbo e pecíolo).

dia no caso do pecíolo. Após este período observou-se um novo aumento na concentração de nitrogênio, que no pecíolo chegou a atingir 330% do valor inicial. No final do experimento foi registrado novamente uma redução nos valores da concentração de nitrogênio. Os resultados obtidos para este elemento diferam dos obtidos por outros autores (HOWARD-WILLIAMS & JUNK, 1977; ESTEVES & BARBIERI, 1983), que evidenciaram aumento na concentração do nitrogênio durante o processo de decomposição do detrito de macrófitas aquáticas. Este aumento parece estar relacionado à colonização do detrito por microrganismos e algas perifíticas, que são, conhecidamente ricos em proteínas.

O agrupamento dos diferentes tipos de bactérias associadas ao detrito de *E. azurea* foi realizado com base na diferenciação morfológica das colônias destes microrganismos. Este procedimento mostrou-se bastante eficaz, visto que as diferenças entre cada grupo foram nítidas. Com base neste critério, foram identificados 5 grupos de bactérias epifíticas: 1º) "brancas filiformes", microrganismos filiformes, retas, bordos lisos e brancas; 2º) "brancas circulares", microrganismos com elevação nas margens, granulares, convexas, bordos lisos e brancas; 3º) "amarelas", circulares, granulares, convexas, bordos lisos e amarelas; 4º) "rosa clara", circulares, granulares, convexas, bordos lisos e rosa clara e 5º) "rosa escura", circulares, granulares, convexas, bordos lisos e rosa escura.

A Fig. 7 apresenta os resultados referentes à colonização por bactérias epifíticas obtidos para pecíolo e limbo nos 4 estádios de decomposição evidenciando aumento do número de bactérias em função do desenvolvimento do processo de decomposição. A baixa densidade de bactérias nos dois primeiros estádios do limbo, ainda emersos, pode ser atribuído à dificuldade de colonização das mesmas, bem como, à metodologia utilizada. A maior taxa de colonização por bactérias epifíticas, notadamente no estádio 4, pode

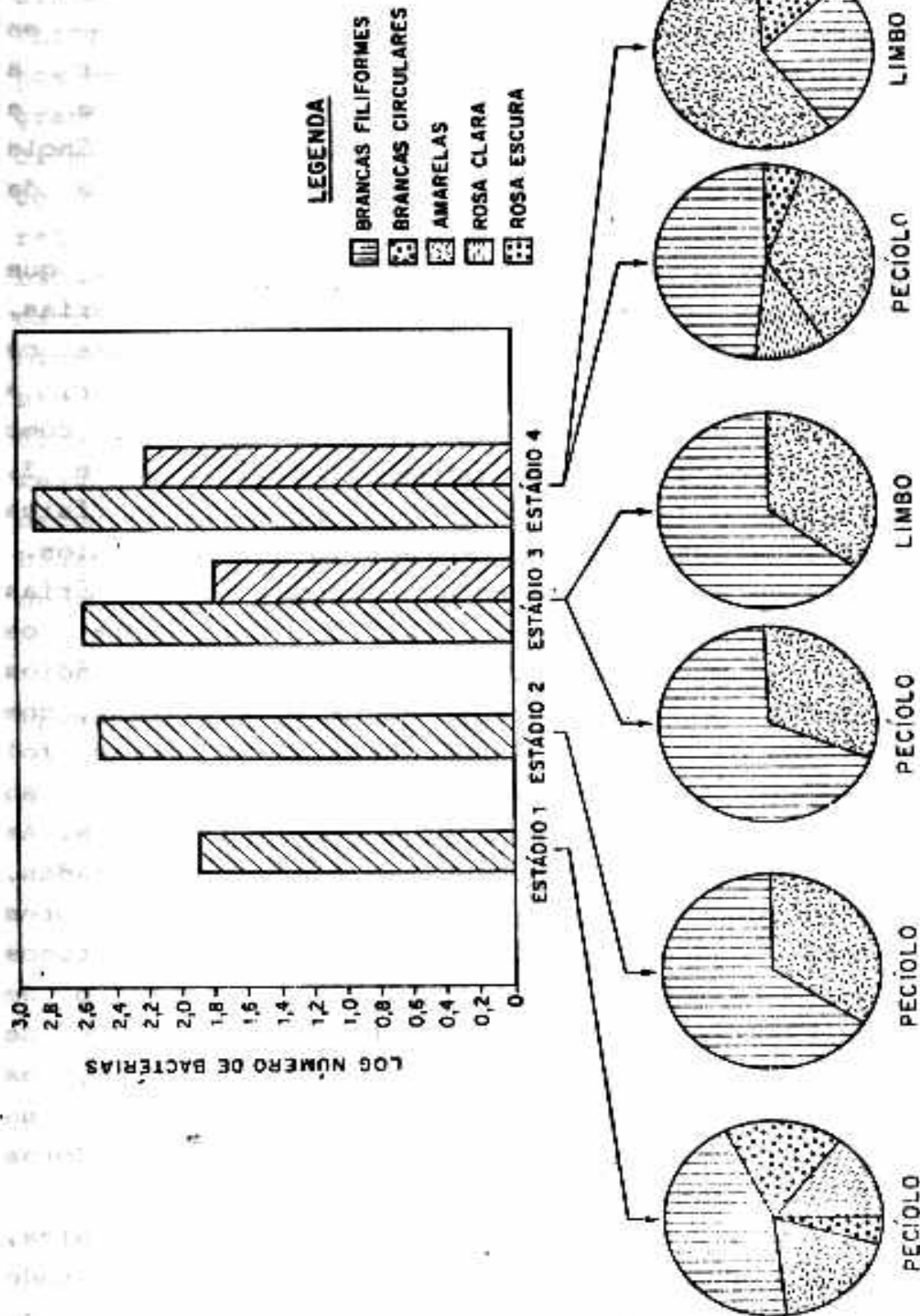


Figura 7 - Número de bactérias nos quatro diferentes estádios fenológicos de *Eichhornia azuara* com as respectivas abundâncias relativas dos grupos observados.

estar relacionado, principalmente, com as alterações físicas e sobretudo químicas do detrito que tornaram o substrato mais favorável a este processo. Entre as alterações químicas mais relevantes, pode-se citar a redução acentuada da concentração de polifenóis e a solubilização de compostos de grande importância energética, como carboidratos e outros componentes da fração protoplasmática.

O primeiro e o último estádios, foram os que apresentaram maior diversidade de grupos de bactérias, sendo o das "brancas filiformes" predominante para os quatro estádios examinados (Fig. 7). Cabe ressaltar, a semelhança tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo entre os grupos presentes nos estádios 2 e 3, que provavelmente, pode ser atribuído a similaridade física e química dos substratos que compreenderam estes estádios.

A análise da diversidade de grupos de bactérias mostrou-se inversamente proporcional à abundância de bactérias por grupo, em relação aos quatro estádios examinados. Assim, pode ser observado que no estádio 4, com menor diversidade de grupos, a abundância de bactérias foi significativamente superior (cerca de 10 vezes), ao observado no estádio 1, com maior diversidade de grupos. As alterações na diversidade de grupos podem estar associadas, além de fatores como a natureza do substrato, a fatores bióticos como competição interespecífica. Estudos realizados por OLÁH (1972), evidenciaram a liberação de enzimas e substâncias inibidoras durante a decomposição de detritos da macrófita aquática *Phragmites communis*, os quais exerceriam uma função ecológica importante na determinação da diversidade de espécies como colonizadoras do detrito de macrófitas aquáticas.

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se extrair algumas conclusões importantes, sobretudo com relação à metodologia. As variações observadas nas Fig. 4 e 5, com relação aos percentuais de fósforo e nitrogênio

respectivamente, no decorrer do experimento, denotam claramente uma dificuldade inerente a metodologia de "LITTER BAGS". A colonização por comunidades perifíticas nos estádios finais do experimento se fez presente em grande intensidade e a remoção destas, por lavagem, é dificultada em função das características físicas do detrito. Outro fenômeno importante pôde ser observado com relação ao uso dos estádios da planta para avaliar a biomassa das bactérias associadas à decomposição de macrófitas aquáticas e a conseqüente colonização destes microrganismos sobre o detrito formado. Tentou-se, numa etapa inicial da pesquisa, utilizar "LITTER BAGS" para alcançar este objetivo, no entanto, não se obteve resultados satisfatórios. Já o uso dos estádios de decomposição, ainda que preliminares, forneceu informações básicas sobre a ecologia de bactérias associadas a decomposição e ao detrito de *E. azurea*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIERI, R.; ESTEVES, F.A.; REID, J.W. Contribution of two aquatic macrophytes to the nutrient budget of Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil. Verh. Int. Ver. Limnol., 22: 1631-35, 1984.
- BASTARDO, H. Laboratory studies on decomposition of littoral plants. Pol. Arch. Hydrobiol., 26: 267-99, 1979.
- BROCK, T.C.M. Aspects of decomposition of *Nymphoides peltata* (GMEL) O. KUNTZE (Menyanthaceae). Aquat. Bot., 19: 131-56, 1984.
- CAMARGO, A.F.M. Estudo ecológico de três espécies de macrófitas aquáticas tropicais: macroinvertebrados associados a decomposição da biomassa. São Carlos, UFSCar, 1984.

174 p. (Dissertação).

- CAMERON, G.M. & LA POINT, T.W. Effects of tanins on the decomposition of Chinese tallow leaves by terrestrial and aquatic invertebrates. Oecologia, 32: 349-66, 1978.
- COLWELL, R.R. Enumeration of specific populations by the Most-Probable-Number (MPN) method, native aquatic bacteria: enumeration, activity, and ecology. In: COSTERTON, J.W. & COLWELL, R.R., ed. American Society for Testing and Material. Philadelphia, 1979. p. 55-61. (ASTM STP 695).
- ESTEVEZ, F.A. Die Bedeutung der aquatischen Makrophyten für den Stoffhaushalt des Schilfes. I. Die Produktion an Biomasse. Arch. Hydrobiol. Suppl., 57(2): 117-43, 1979.
- ESTEVEZ, F.A. & BARBIERI, R. Dry weight and chemical changes during decomposition of tropical macrophytes in Lobo Reservoir - São Paulo, Brasil. Aquat. Bot., 16: 285-95, 1983.
- ESTEVEZ, F.A. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro, Interciência/Finep, 1988. 575 p.
- FERRER, E.B.; STAPERT, E.M.; SOKOLSKI, W.T. A medium for improved recovery of bacteria from water. Can. J. Microbiol., 9: 420-22, 1963.
- GODSHALK, G.L. & WETZEL, R.G. Decomposition of aquatic angiosperms. I. Dissolved components. Aquat. Bot., 5: 281-300, 1978.
- HEATH, G.W. & ARNOLD, M. Studies in leaf-litter breakdown. II. Breakdown rate of "sun" and "shade" leaves. Pedobiologia, 6: 238-43, 1966.

HOWARD-WILLIAMS, C. & JUNK, W.J. The decomposition of aquatic macrophytes in the floating meadows of a central amazonian varzea lake. Biogeographica, 7: 115-23, 1976.

_____. The chemical composition of central amazonian aquatic macrophytes with special reference to their role in the ecosystem. Arch. Hydrobiol., 79: 446-64, 1977.

HOWARD-WILLIAMS, C. & DAVIES, B.R. The rates of dry matter and nutrient loss from decomposing *Potamogeton pectinatus* in a brackish south-temperate coastal lake. Freshwater Biol., 9: 13-21, 1979.

KING, H.C. & HEATH, G.W. The chemical analysis of small samples of leaf material and the relationship between the disappearance and composition of leaves. Pedobiologia, 7: 192-97, 1967.

KRAKER, F.H. A comparative study of the animal population of certain submersed aquatic plants. Ecology, 20: 553-62, 1939.

MORRIS, J.T. & LAJTHA, K. Decomposition and nutrient dynamics of litter from species of freshwater emergent macrophytes. Hydrobiologia, 131: 215-23, 1986.

NOGUEIRA, F.M.B. Importância das macrófitas aquáticas *Eichhornia azurea* Kunth e *Scirpus cubensis* Poepp & Kunth na ciclagem de nutrientes e nas principais características limnológicas da lagoa do Infernã (SP). São Carlos, UFSCar, 1989. (Dissertação)

OLÁH, J. Leaching, colonization and stabilization during detritus formation. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 29 (suppl.): 105-27, 1972.

- POI de NEIFF, A. & NEIFF, J.J. Decomposition of *Eichhornia crassipes* (Mart.) solm in a pond of Parana River valley and colonization by invertebrates. Trop. Ecol., 29(2): 97-106, 1988.
- RODINA, A.G. Methods in aquatic microbiology. Baltimore. University Park Press, 1972. 447 p.
- ROSINE, W.W. The distribution of invertebrates of submerged aquatic plant surfaces in Mus Kee Lake, Colorado. Ecology, 36: 308-14, 1955.
- SMOCK, L.A. & STONEBURNER, D.L. The response of macrophyte decomposition. Oikos, 35: 397-403, 1980.
- SUZUKI, M.S. Análise e caracterização do sedimento de uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu (lagoa do Infernã), com base nos seus principais constituintes químicos. São Carlos, UFSCar. (Dissertação - em preparação).
- TWILLEY, R.R.; BRINSON, M.M.; DAVIS, G.J. Phosphorus absorption, translocation and secretion in *Nuphar luteum*. Limnol. Oceanogr., 22: 1022-32, 1977.
- VAN SOEST, P.J. & WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. J. Assoc. Anal. Chem., 50: 50-5, 1967.
- WESTLAKE, D.F. Comparations of plant productivity. Biol. Rev., 38: 385-425, 1963.

ENDEREÇO DOS AUTORES

ROLAND, F. e ESTEVES, F.A.
Departamento de Ecologia
Instituto de Biologia
Universidade Federal do Rio de Janeiro
CCS - Bloco A, Ilha do Fundão
21941 - Rio de Janeiro, RJ

SANTOS, J.E.
PPG-ERN, Departamento de Ciências Biológicas
Universidade Federal de São Carlos
13560 - São Carlos, SP