

INFLUÊNCIA DOS PRODUTOS DE DECOMPOSIÇÃO DA MACRÓFITA AQUÁTICA
Nymphoides indica (L.) O. KUNTZE, NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA
ÁGUA DA REPRESA DO LOBO (BROA) - SÃO PAULO

HELBBING, U.W.*; ESTEVES, F.A.*; TILZER, M.M.** e STABEL, H.H.**

RESUMO

A decomposição de uma espécie de macrófitas aquáticas, *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze, mais freqüente na Represa do Lobo (Broa) no Estado de São Paulo, Brasil, foi estudada. Os estudos da decomposição foram feitos "in vitro", em sistemas fechados (caixas), KISTRITZ (1978).

A liberação, tanto dos compostos orgânicos como inorgânicos da biomassa para a água foi medida em função do tempo de exposição. As concentrações dos nutrientes da água, dentro das caixas foram determinadas.

Nymphoides indica indicou uma decomposição típica difásica com um decréscimo rápido dos nutrientes nas primeiras três horas. Esse decréscimo é atribuído ao "leaching" dos compostos orgânicos e inorgânicos solúveis. Em seguida, começa a decomposição biológica através dos microrganismos. Em comparação com outras macrófitas aquáticas, a *Nymphoides indica* tem uma taxa rápida de decomposição ($T_{1/2}$ = 10-15 dias),

* Departamento de Ciências Biológicas da UFSCar

** Instituto de Limnologia da Universidade Konstanz, Alemanha Ocidental

atribuída a uma fração protoplasmática alta.

Segundo os resultados obtidos nesta pesquisa, as concentrações de nutrientes liberados a partir da decomposição de *Nymphoides indica* influenciam a eutrofização da represa do Broa, especialmente na parte alta desta.

ABSTRACT - THE INFLUENCIA OF DECOMPOSITION PRODUCTS FROM THE AQUATIC MACROPHYTE *Nymphoides indica* (L.) O. KUNTZE, IN WATER CHEMISTRY OF LOBO RESERVOIR, SÃO PAULO

The decomposition of most abundant specie of aquatic macrophyte, *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze, in Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil, was studied "in vitro", in closed systems (boxes), KISTRITZ (1978). The liberation of organic and inorganic compounds was determined during the decomposition process. Also the concentration of nutrients in the water of the boxes was determined.

Nymphoides indica showed two distinct phases during decomposition, 1) an intensive loss of nutrients during the first three hours by leaching, a physical process, of soluble organic and inorganic compounds and 2) a more gradual phase, where biological processes were dominant.

Is comparison with other macrophytes, *Nymphoides indica* has a fast rate of decomposition ($T_{1/2} = 10-15$ days), which is attributed to the high percent of the protoplasmatic fraction in this macrophyte.

This study showed that the fast liberation of nutrients during decomposition of *Nymphoides indica* is one of the reason for the mesotrophic conditions of the littoral region of the Lobo Reservoir.

INTRODUÇÃO

A contribuição das macrófitas aquáticas para o "pool" de nutrientes da região pelágica é de fundamental importância. Especialmente quando trata-se de ecossistemas rasos (SCULTHORPE, 1967; WETZEL et al, 1972). O papel da região litorânea para a ciclagem dos nutrientes pode ser de duas maneiras principais:

1. Em consequência da elevada produção primária, a região litorânea tem papel fundamental na produção de detritos, o qual é importante para a ciclagem de nutrientes (ODUM & de la CRUZ, 1963).

2. Algumas macrófitas aquáticas têm a possibilidade de mobilizar nutrientes do sedimento para o corpo de água, pelo "efeito de bomba" (McROY et al, 1972; BARBIERI, 1984).

As primeiras investigações sobre a produtividade de macrófitas aquáticas foram feitas por PEARSALL (1920) e RICKETT (1922) em regiões temperadas. Nas regiões tropicais, as investigações sobre macrófitas aquáticas estão em fase inicial, podendo ser citados os trabalhos de HOWARD-WILLIAMS (HOWARD-WILLIAMS & LENTON, 1975; HOWARD-WILLIAMS & HOWARD-WILLIAMS, 1978 em Malawa/África e HOWARD-WILLIAMS & JUNK, 1976 na Amazônia/Brasil), dentre outros. Não obstante os trabalhos citados, pode-se dizer que a importância das macrófitas aquáticas para a ciclagem de nutrientes em ecossistemas lacustres é ainda pouco estudada.

A Represa do Lobo (Broa) no Estado de São Paulo é um ambiente com características oligotrófica. Este fato pode ser evidenciado pelas baixas concentrações de nitrato (1,5 $\mu\text{g}/\ell$), orto-fosfato (8,5 $\mu\text{g}/\ell$) e fosfato total (14,5 $\mu\text{g}/\ell$), baixa taxa de produção primária (56 $\text{gC}/\text{m}^2\text{a}$) e concentração de clorofila fitoplanctônica (5-6 $\mu\text{g Chla}/\ell$), obtidos por TUNDISI et al, 1977.

O presente trabalho procura esclarecer o efeito do

processo de decomposição de *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze, sobre a composição química da água da Represa do Lobo (Broa) quanto aos principais nutrientes.

Esta espécie foi escolhida pelo fato de que é a mais freqüente, cobrindo cerca de 33% da área total ocupada por macrófitas aquáticas na Represa do Lobo (BARBIERI, 1984).

Este intento foi possível através da liberação de matéria orgânica e inorgânica bem como o estudo da concentração de nutrientes no corpo d'água em condições controladas.

MATERIAL E MÉTODOS

A Represa do Lobo (Broa), situa-se na região centro-leste do Estado de São Paulo, entre os municípios de Brotas e Itirapina, a 22°10' de latitude Sul e 47°54' de longitude Oeste de Greenwich, com a altitude média de 700 m.

A represa foi construída em 1936, para gerar energia elétrica a partir do represamento do Ribeirão do Lobo, Ribeirão Itaqueri, Córrego do Geraldo, Córrego das Perdizes, Córrego do Carvão e Córrego da Estiva possuindo as seguintes características morfométricas (STRIXINO, 1973):

- Comprimento máximo	7,5 km
- Largura máxima	2,0 km
- Largura média	0,9 km
- Profundidade máxima	11,5 m
- Profundidade média	3,0 m
- Superfície	6,7 km ²
- Perímetro	21,0 km
- Volume	22 x 10 ⁶ m ³

A vegetação que circunda a represa é constituída principalmente de cerrado, com suas várias gradações, matas de

galeria, capoeira, brejos, campos, pastagens além de culturas temporárias ou permanentes, segundo SOUZA (1977).

TUNDISI (1977) caracterizou a represa como um sistema meso-oligotrófico, apresentando maior grau de eutrofização na extremidade oposta à barragem, região onde se desenvolvem densas comunidades de macrófitas aquáticas.

A reduzida superfície da água e a baixa profundidade média da represa (60% da área é de profundidade menor que 4 m e só 16% maior que 6 m) conferem-lhe uma característica tipicamente litorânea e sublitorânea (STRIXINO, 1973). Estas características oferecem condições para aquecimento intenso durante a maior parte do ano e por longos períodos diários (TUNDISI et al, 1972) e além disso, o vento atua sobre a circulação da massa d'água, contribuindo para homogeneizar o sistema (STRIXINO op cit). Assim, o conjunto destas condições favorece, sobremaneira, a instalação e desenvolvimento de macrófitas aquáticas.

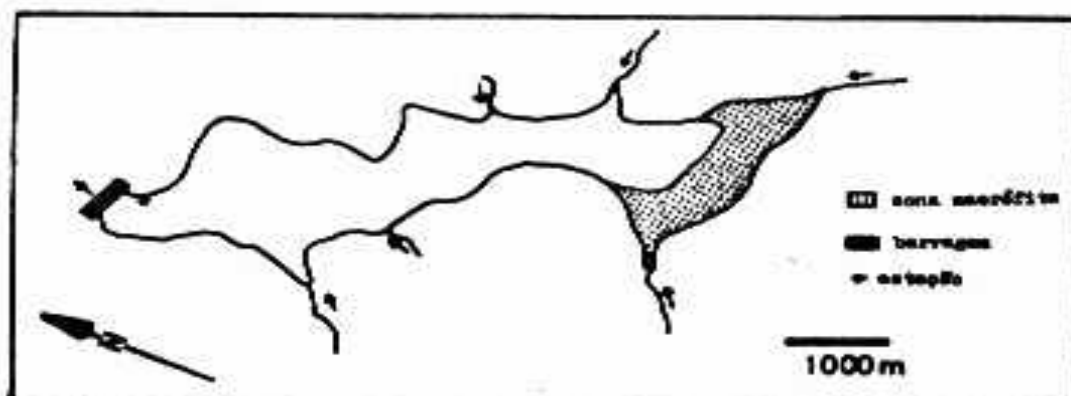


Figura 1 - Distribuição das macrófitas aquáticas na Represa do Lobo (Broa).

Nymphoides indica (L.) O. Kuntze, uma macrófitas aquática flutuante, é a mais freqüente na Represa do Lobo (Broa); pertence a família das Menyanthaceaes (ENGLER, 1964b; von WEIHE, 1972; BRENNAN, 1981). A sua distribuição geográfica

estende-se da Austrália pela África até América do Sul (RAYNAL, 1971) e América Central (ORNDUFF, 1969). As folhas, variam de uma forma de coração até uma forma circular, com diâmetro de até 15 cm, flutuam na superfície da água. *Nymphoides indica* não tem ramificações e as folhas nascem do rizoma. *Nymphoides indica* cresce preferencialmente em águas paradas com pouca correnteza (LEHMANN et al, 1974b) e desenvolve, quando em condições desfavoráveis (período seco) uma forma terrestre, com folhas menores e pecíolos mais curtos (BARBIERI, 1984).

Os experimentos foram feitos "in vitro" no Campus da Universidade Federal de São Carlos com 3 caixas, sendo uma caixa controle e 2 caixas com biomassa. As caixas foram confeccionadas com uma armação de ferro (diâmetro 64 cm, altura 60 cm), nas quais foram colocados dois sacos plásticos. Para evitar uma diluição pela água das chuvas, as caixas foram cobertas com uma lona plástica.

Com estes estudos de decomposição, objetivou-se efetuar uma estimativa do aumento da concentração de nutrientes na coluna da água das caixas a partir da decomposição da biomassa de *Nymphoides indica*. Para tanto foram medidas tanto a redução da matéria orgânica e inorgânica na biomassa, como o aumento da concentração de nutrientes da água durante um período de 56 dias. No primeiro dia de experimento foram feitas medidas de três horas.

Foram coletadas cerca de 2 kg (peso fresco) de *Nymphoides indica*, os quais foram lavados para a retirada de todo o material estranho à amostra. A secagem da amostra ocorreu a 60 °C até peso constante (2-3 dias). A partir deste procedimento obteve-se um conteúdo de água de 91,4%.

A biomassa formada por pecíolos e folhas, (188 g peso seco/cada caixa), foi colocada em saquinhos de nylon de 20 x 18 cm ou 19 x 15 cm, com abertura de malha de 0,5-0,25 mm. Como unidade, foi usado peso seco, como aliás feito em vários estudos de decomposição a exemplo de BOYD, 1970; MASON & BRYANT, 1975; HOWARD-WILLIAMS & JUNK, 1976; HOWARD-

WILLIAMS & HOWARD-WILLIAMS, 1978; HOWARD-WILLIAMS & DAVIES, 1979.

O teor de carboidratos solúveis foi determinado pelo método do fenol ácido sulfúrico conforme descrito por ESTEVES (1979). A determinação do teor de lipídeos foi feita como descrita em BARBIERI (1984). O teor de nitrogênio foi obtido pelo método Kjeldahl e o resultado multiplicado por 6,25 para obter-se a concentração aproximada de proteínas. A fração de parede celular (FPC) foi determinada pelo método proposto por VAN SOEST & WINE (1964). O teor de polifenóis foi determinado pelo método proposto por KING & HEATH (1967). Para o cálculo do teor de carbono da matéria orgânica utilizou-se coeficientes propostos por WESTLAKE (1963); DAVIE (1970) e WETZEL (1975). Segundo esses autores, o teor de carbono corresponde a 47% da matéria orgânica da amostra. Obteve-se o teor de cinzas através de incineração da amostra a 550 °C durante 4 horas. Para a determinação do teor de fosfato da amostra vegetal, 0,4 g foi digerida em presença de 1 ml de ácido perclórico, 5 ml de ácido nítrico e 0,5 ml de ácido sulfúrico, a 300 °C. O digerido foi transferido para um balcão volumétrico de 100 ml e seu volume completado com água bidestilada. A determinação de fosfato foi feita a partir de 5 ml dessa solução, aos quais acrescentaram-se 2-3 gotas de dinitrofenol (0,25%) e 4 ml da solução de molibdato de amônia (12 g de molibdato de amônio, 0,2908 g de antimônio tartarato de potássio) e 1,056 g de ácido ascórbico dissolvido em 1 l de ácido sulfúrico 5 N. Após 30 minutos de reação, a leitura da cor azul foi feita em espectrofotômetro a 820 nm (FASSBENDER, 1973).

O teor de cálcio e magnésio foi obtido a partir do mesmo material digerido, através de titulação com EDTA (ALLEN et al, 1974).

A determinação da temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido foram feitas segundo técnica de Winkler com as modificações propostas por GOLTERMAN et al (1978), P-orto e P-total foram determinados segundo GOLTER-

MAN et al (1978), NO_2^- -N foi determinado segundo STRICKLAND & PARSONS (1968), NO_3^- -N segundo MACKERETH et al (1978), enquanto NH_4 -N segundo KOROLEFF (1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

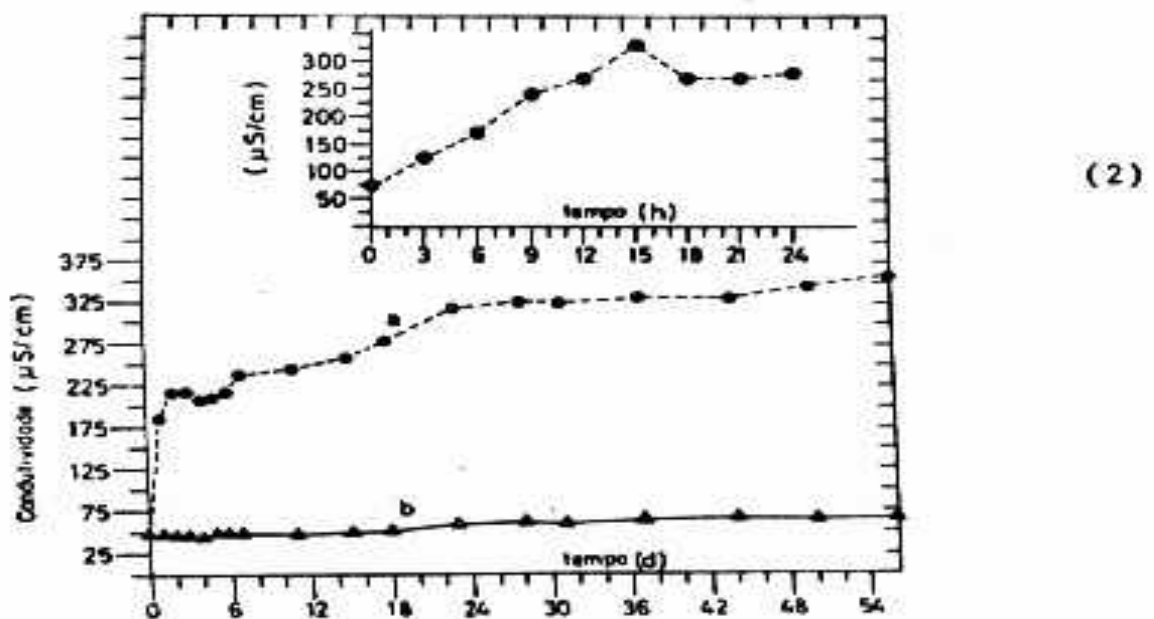
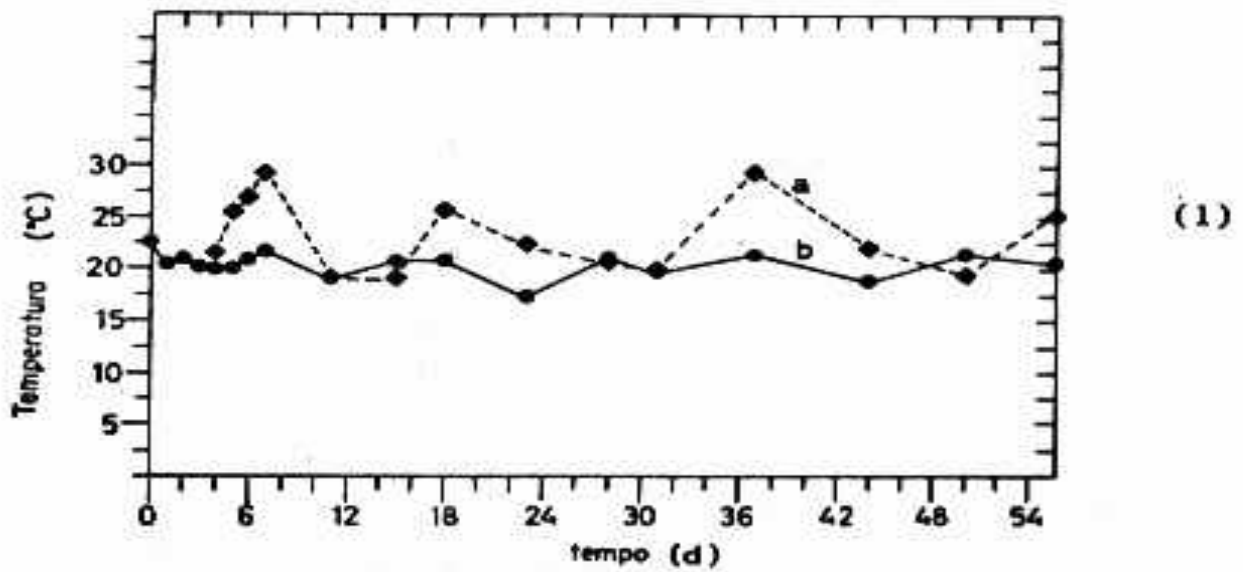
A temperatura durante o experimento variou de 19-29 °C, (Fig. 2). O valor do pH diminuiu na fase inicial provavelmente por causa da liberação de ácidos orgânicos. No final, o pH atingiu valores próximos ao inicial (Fig. 2). Quanto à condutividade, pode-se notar, através da Fig. 2, considerável aumento, do valor inicial de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para 218 $\mu\text{S}/\text{cm}$ após 2 dias de experimento. A concentração de oxigênio dissolvido sofreu redução drástica após 2 dias de experimento, permanecendo constante até o fim do experimento (Fig. 2).

A maior perda de biomassa ocorreu nas primeiras 24 horas. Já nas primeiras 3 horas, verificou-se uma queda de 35% (Fig. 3). A mesma tendência observou-se nos compostos orgânicos (proteínas, lipídeos e carboidratos solúveis). A decomposição dos carboidratos solúveis atingiu após 3 horas, 12% do valor inicial e lipídeos (depois de 3 horas 42% do valor inicial) foi mais rápida do que das proteínas (depois de 3 horas ainda 100% do valor inicial) (Fig. 4).

ANDERSON (1973b) encontrou maiores taxas de decomposição de folhas secas por herbívoros, quando o teor de polifenóis atingiu valores abaixo de 1,0 unidades D.O./g peso seco. Isso significa que a concentração de polifenóis influencia a decomposição da biomassa pelos herbívoros. O teor dos polifenóis reduziu de 5,2 unidades D.O./g PS a 0,8 unidades D.O./g PS após 6 horas e a 0,6 unidades D.O./g PS após 56 dias (Fig. 5).

VAN SOEST & WINE (1967) subdividiram a biomassa em uma fração protoplasmática (FP), compostos facilmente solúveis, como carboidratos solúveis, lipídeos, proteínas e po-

lifenóis, e em uma fração de parede celular (FPC), compostos como celulose, hemicelulose e lignina de difícil decomposição. O cálculo da relação FPC/FP mostrou que nas primeiras 3 horas encontrava-se uma decomposição rápida da fração protoplasmática e portanto um aumento da proporção FPC/FP.



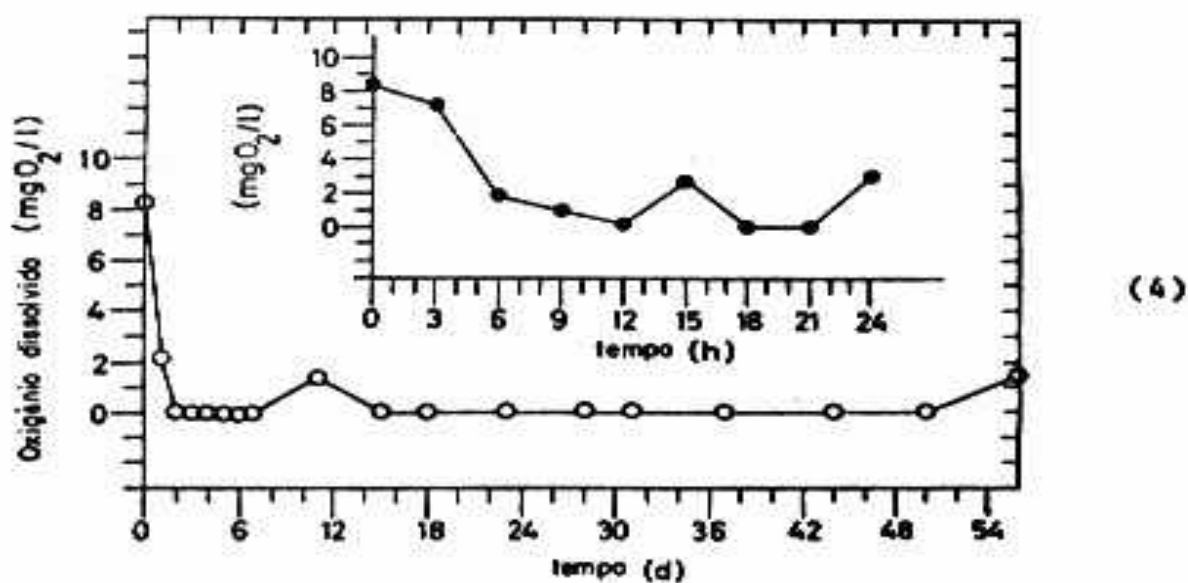
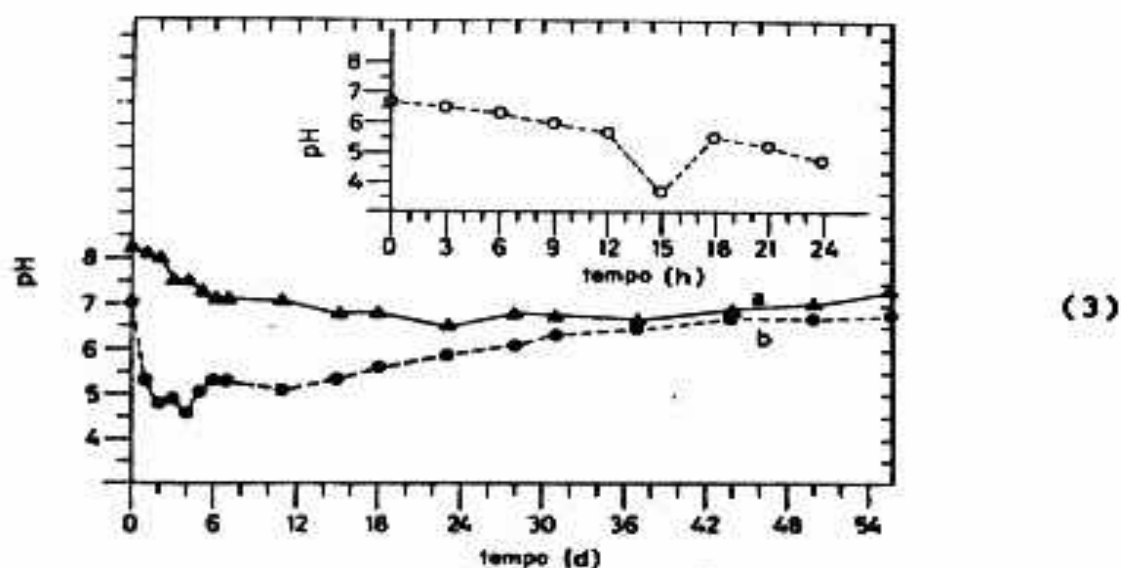


Figura 2 - Valores da temperatura (1), (a) temperatura do ar, (b) temperatura da água, valores de condutividade elétrica (2), (a) controle, (b) com biomassa, valores de pH (3), (a) controle, (b) com biomassa, valores do oxigênio dissolvido (4) durante a decomposição de *Nymphoides indica* nas caixas de experimento.

Segundo ANDERSON (1973b) a relação C/N pode dar indicações sobre o valor nutritivo de uma planta em decomposição. Relação C/N baixa indica decomposição mais fácil pelos herbívoros do que um valor alto que significa um teor alto de celulose e lignina. DUNGLER (1958) mostrou várias folhas secas que os detritívoros são poderiam aproveitar a biomassa com um valor de C/N < 29, pois nas primeiras 3 horas do experimento ocorria uma queda de 34,3 a 23,6 e depois uma decomposição lenta até o fim do experimento (Tab. 1).

O nitrogênio diminui gradualmente até 60% do valor inicial após 56 dias (Fig. 7).

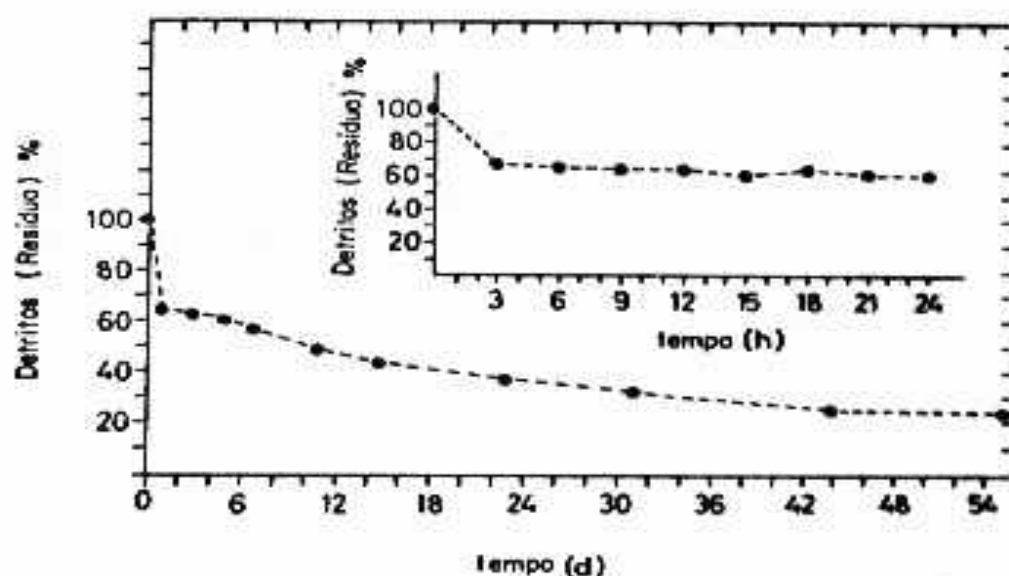
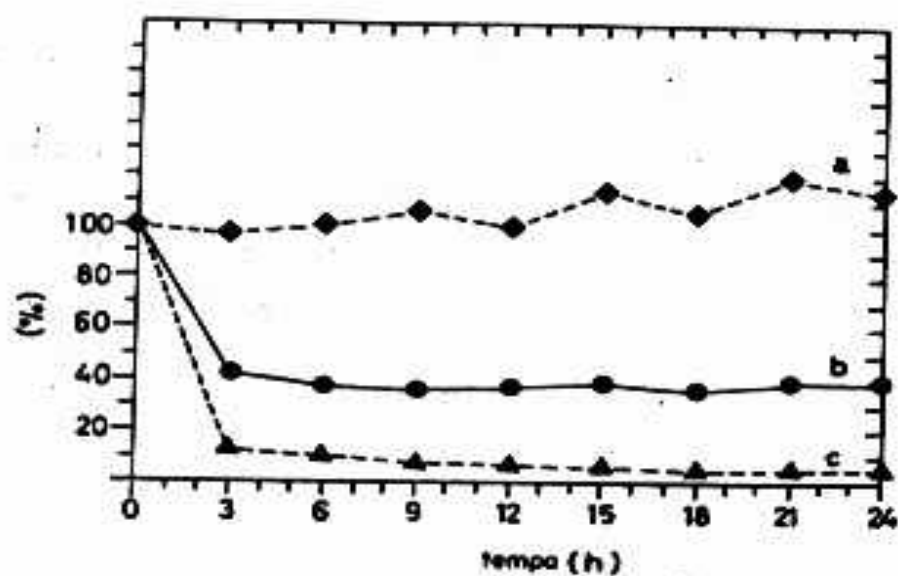
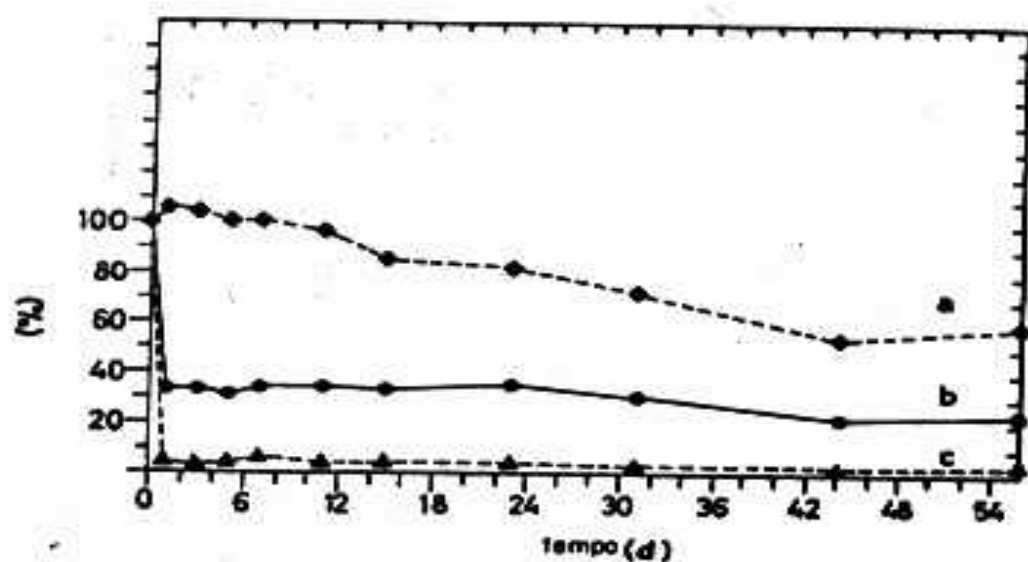


Figura 3 - Percentagem de detritos remanescentes nos saquinhos de nylon (peso seco), durante o processo de decomposição de *Nymphoides indica* (56 dias) e após as primeiras 24 horas.



(1)



(2)

Figura 4 - Proteínas (a), lipídeos (b) e carboidratos solúveis remanescentes (c) após 24 horas (1) e 56 dias de experimento (2).

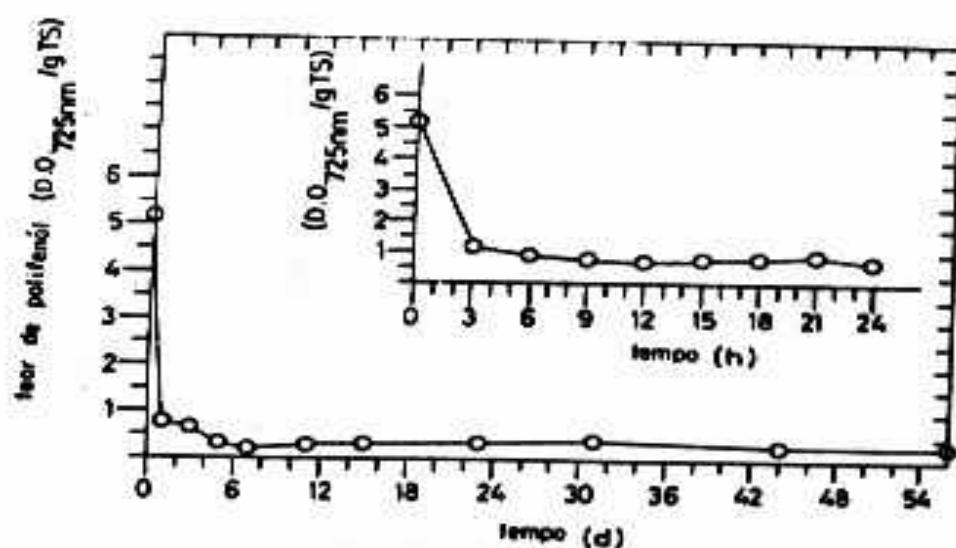


Figura 5 - O teor de polifenóis da biomassa durante o experimento (56 dias) e as primeiras 24 horas.

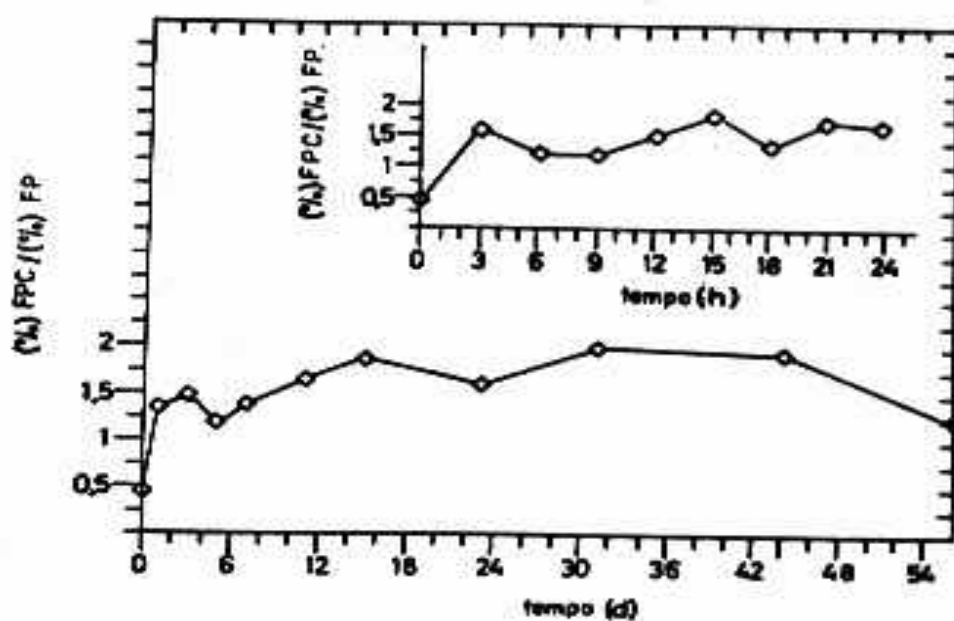


Figura 6 - Percentual de fração de parede celular (FPC) e da fração protoplasmática (FP), durante o experimento (56 dias) e as primeiras 24 horas.

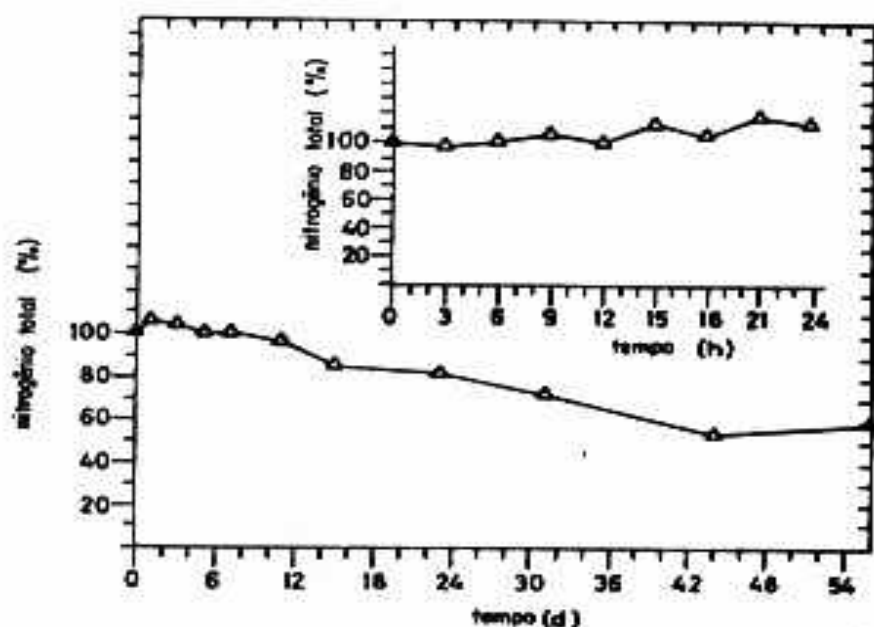


Figura 7 - O teor de nitrogênio total durante o experimento (56 dias) e as primeiras 24 horas.

Tabela 1 - A proporção de C/N do detritos resíduo durante a decomposição de *Nymphoides indica*.

HORAS	0	3	6	9	12	15	18	21	24
C/N	34,3	23,6	22,2	20,6	21,9	18,0	20,4	17,5	18,0

DIAS	0	1	3	5	7	11	15	23	31	44	56
C/N	34,3	20,8	20,6	20,8	19,4	17,6	17,6	15,8	15,5	16,3	14,3

Quanto ao teor de cinzas, esta apresentou queda rápida nas primeiras 3 horas. Ao final deste período, o valor encontrado correspondeu à 33% do valor inicial. No final do

experimento (56 dias), o teor de cinzas atingiu apenas 7% do valor inicial (Fig. 8).

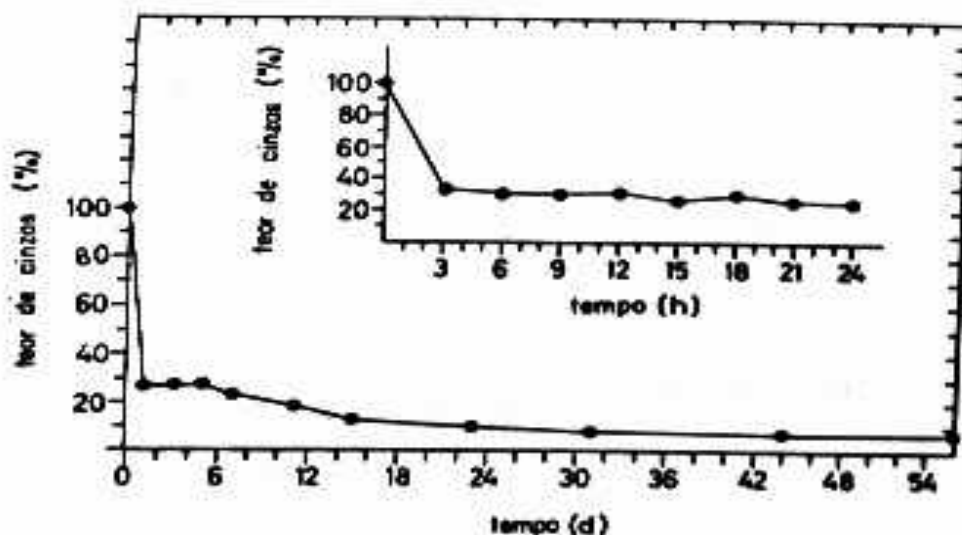
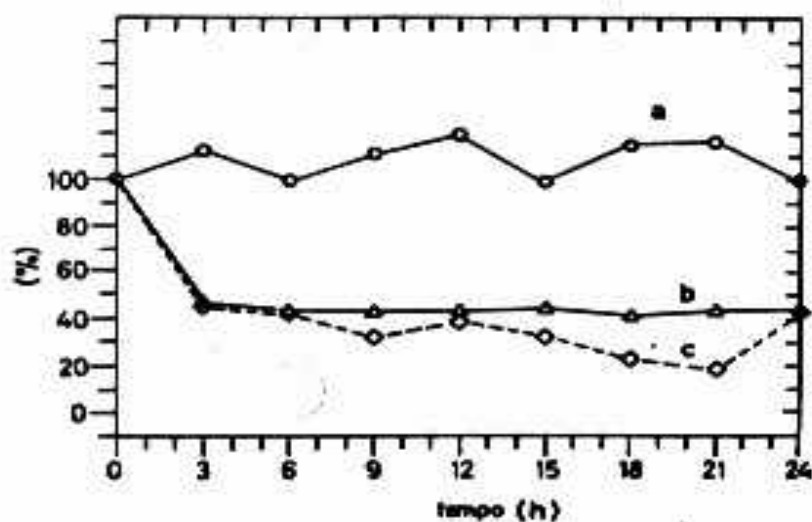
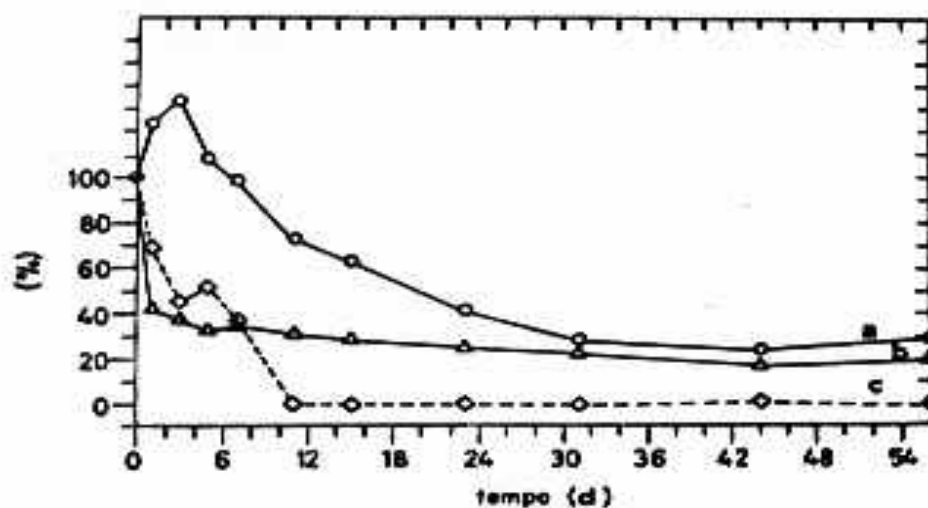


Figura 8 - Variação do teor de cinzas durante o experimento de decomposição de *Nymphoides indica* (56 dias) e após as primeiras 24 horas.

A liberação dos compostos inorgânicos evidenciou uma queda preponderante do teor de fósforo e magnésio, enquanto a liberação de cálcio foi mais lenta. Segundo HOWARD-WILLIAMS & JUNK (1976) a superfície da biomassa em decomposição pode ter a função de troca de cations, o cálcio da água liga-se em troca de íons de hidrogênio na superfície do detrito. Assim pode-se explicar os teores mais altos de cálcio na fase inicial do experimento (Fig. 9).



(1)



(2)

Figura 9 - Compostos inorgânicos remanescentes: a (cálcio), b (fósforo) e c (magnésio), durante as primeiras 24 horas (1) e durante os 56 dias de experimento (2).

A Fig. 10 mostra a variação na concentração de ortofosfato e fosfato total na água. Como pode ser observado, estes dois compostos apresentam as mesmas concentrações nas primeiras 24 horas de experimento.

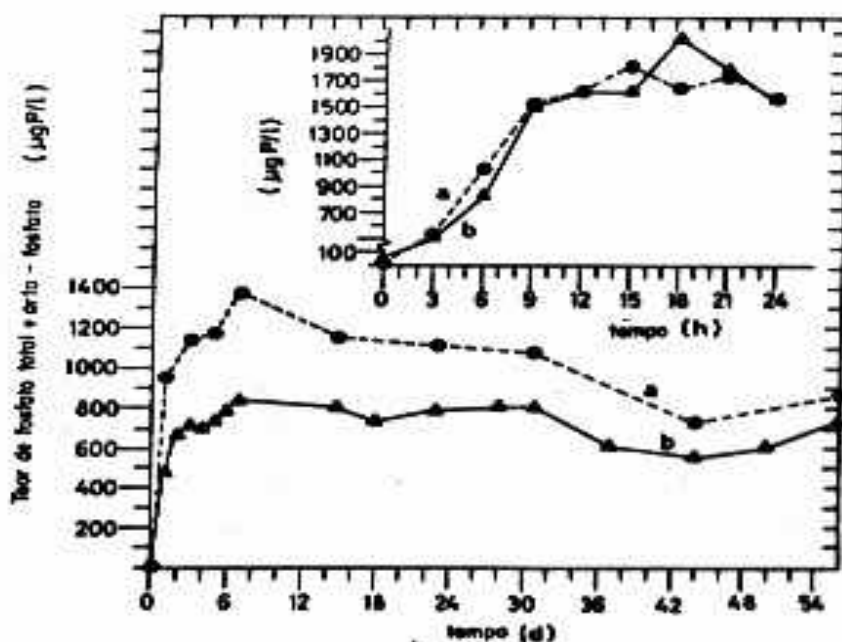


Figura 10 - Teores de ortofosfato e fosfato total na água durante a decomposição de *Nymphoides indica*.

Nitrito e nitrato não foram detectados, o que pode significar um "turnover" alto. A concentração de amônia mostrou dois máximos, nos primeiros 7 dias e no fim do experimento (Fig. 11).

Na liberação de nutrientes, o ortofosfato e o íon amônio são os primeiros a serem liberados e também encontrados em maior concentração na coluna d'água. KISTRITZ (1978) estudando *Myriophyllum spicatum*, também constatou o mesmo fenômeno.

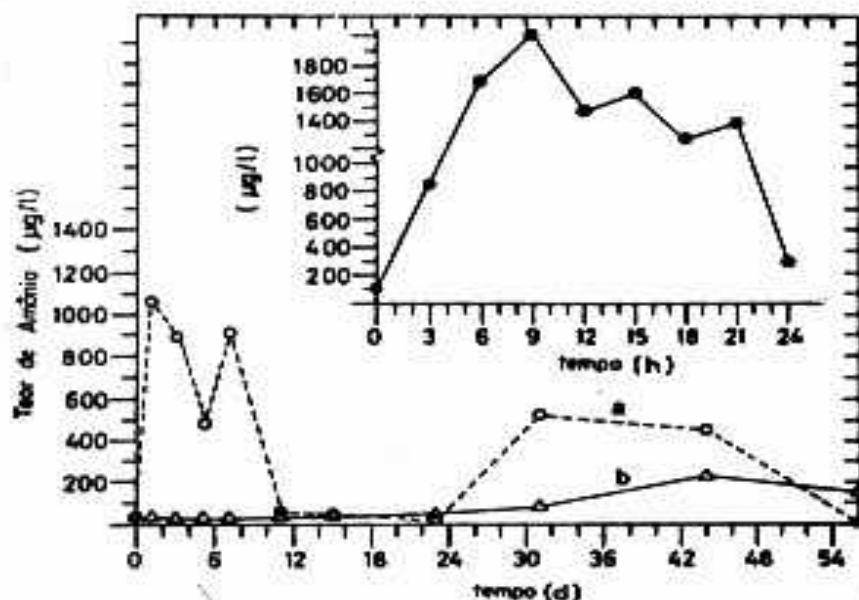


Figura 11 - Concentração do íon amônio ($\text{NH}_4\text{-N}$) durante o processo de decomposição de *Nymphoides indica*.
 (a) amônio na caixa de experimento
 (b) amônio na caixa de controle

Quanto ao processo de decomposição de macrófitas aquáticas pode-se distinguir dois tipos:

a) decomposição constante e exponencial (JEWELL, 1971; PETERSEN & CUMMINS, 1974; NOVAK et al, 1975 e TWILLEY, 1976);

b) decomposição difásica, conforme BOYD (1971) e HOWARD-WILLIAMS & JUNK (1976), com uma taxa de decomposição rápida na fase inicial e depois uma taxa de decomposição lenta.

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a decomposição de *Nymphoides indica* é tipicamente difásica. Esse decréscimo rápido, nas primeiras 3 horas, é atribuído ao fenômeno físico, o "leaching", dos compostos orgânicos e inorgânicos solúveis. Em seguida, inicia-se a decomposição

biológica através de microrganismos (segunda fase).

KNAUER & AYERS (1977) mostraram com auxílio de microscopia eletrônica o processo de colonização por microrganismos da biomassa de macrófitas aquáticas em decomposição. Nos primeiros 10 dias observou-se baixa densidade. A partir desta data, chegando ao máximo no 24º dia. No fim, após 52 dias, observou-se novamente baixa densidade.

SOLSKI (1962) não encontrou influência de temperatura na faixa de 0-25 °C no processo de liberação de fósforo e cálcio em *Typha latifolia*. Por outro lado HOWARD-WILLIAMS & DAVIES (1979) encontraram influência da temperatura na decomposição (coeficiente Q_{10} : um aumento da temperatura de 10 °C causa uma duplicação da atividade metabólica das bactérias). Isso seria uma explicação para as altas taxas de decomposição nas regiões tropicais, em comparação com as baixas taxas observadas em regiões temperadas (Tab. 2).

Os estudos de NICHOLS & KEENEY (1973) mostraram que o fosfato inorgânico, liberado pela decomposição de *Myriophyllum spicatum* é fixado no sedimento. McROY et al (1972) encontraram em *Zoostera marina* o chamado "efeito de bomba", que consiste na absorção de nutrientes, especialmente o fosfato do sedimento e a posterior liberação para a coluna d'água, através de processos de decomposição.

BARBIERI (1984) supõe que *Nymphoides indica* pode ter esse "efeito de bomba" na Represa do Lobo. Esta suposição poderia explicar as condições mesotróficas na parte superior da Represa.

Tabela 2 - Comparação de taxas de decomposição de várias macrófitas aquáticas em várias regiões.

Decomposição exponencial calculado pela equação: $T_{1/2} = \ln 2/k$
 k = taxa de decomposição

ESPÉCIES	LOCAL	TEMPERATURA	$T_{1/2}$ (d)	FONTE
<i>Nymphoides indica</i>	Brasil	18-22°C	10-15+	Este Estudo e ESTEVES & BARBIERI (1983)
<i>Salvinia auriculata</i>	Brasil	25-34°C	100+	HOWARD-WILLIAMS & JUNK (1976)
<i>Eichhornia crassipes</i>	Brasil	25-34°C	10+	HOWARD-WILLIAMS & JUNK (1976)
<i>Paspalum repens</i>	Brasil	25-34°C	12+	HOWARD-WILLIAMS & JUNK (1976)
<i>Nymphaea odorata</i>	E.U.A.	5-25°C	56*	KORMONDY (1968)
<i>Brasenia schreiberi</i>	E.U.A.	5-25°C	87*	KORMONDY (1968)
<i>Nuphar luteum</i>	E.U.A.	22-31°C	8-9	TWILLEY (1976)
<i>Justicia americana</i>	E.U.A.	22-31°C	27-63	TWILLEY (1976)
<i>Phragmites australis</i>	Inglaterra	-	200-233	MASON & BRYANT (1975)
<i>Typha angustifolia</i>	Inglaterra	-	361-426	MASON & BRYANT (1975)
<i>Typha latifolia</i>	E.U.A.	10-30°C	180	BOYD (1970)
<i>Typha dominicensis</i>	Malawi	26°C	93+	HOWARD-WILLIAMS & HOWARD-WILLIAMS (1978)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S.E.; GRIMSHAW, H.M.; PARKINSON, J.A.; QUARMBY, C. Chemical analysis of ecological materials. Oxford. Blackwell, 1974. 565p.
- ANDERSON, J.M. The breakdown and decomposition of Sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and (*Fagus Sylvatica* L.) leaf litter in two deciduous woodland soils. II. Changes in the carbon, hydrogen, nitrogen and polyphenol content. Oecol., 12: 275-88, 1973.
- BARBIERI, R. Estudo da composição química de algumas espécies de macrófitas aquáticas e suas implicações no metabolismo da Represa do Lobo (Broa), S.P.. São Carlos, UFSCar, 1984. 225p. Tese Mestrado
- BOYD, C.E. Losses of mineral nutrients during decomposition of *Typhalatifolia*. Arch. Hydrobiol., 66: 511-7, 1970.
- _____. The dynamics of dry matter and chemical substances in a *Juncus effusus* population. Am. midl. Nat., 86: 28-45, 1971.
- BRENAN, P. Index Kewensis. Plantarum phaneroqamaraum. Supplementum XVI (1971-1975). New York, Oxford, 1981. 192p.
- BROCK, T.C.M.; HUIJBREGTS, C.A.M.; VAN DE STEEG-HUBERTS, M. J.H.A.; VLASSAK, M.A. In situ studies on the breakdown of *Nymphoides peltata* (GMEL) O. Kuntze (Menyanthaceae); some methodological aspects of the litter bag technique Hydrobiol. B., 16(1): 35-49, 1982.
- DAVIES, G.S. Productivity of macrophytes in Marion Lake. J. Fish. Res. B., Canada, 27: 71-80, 1970.

- DUNGER, W. Ueber die Zersetzung der Laubstreu durch die Bodenmakrofauna im Auenwald. Zool. Jahrb. Abt. Syst. Oekol. Geogr. Tiere, 86: 136-80, 1958.
- ENGLER, A. Syllabus der Pflanzenfamilien. Berlin-Nikolassee, Gebrueder Borntraeger, s.d. v. 2, 666p.
- ESTEVEZ, F.A. & BARBIERI, R. Dry weight and chemical changes during decomposition of tropical macrophytes in Lobo-Reservoir, São Paulo, Brazil. Aquat. Bot., 16: 285-95, 1983.
- FASSBENDER, H.W. Simultane P-Bestimmung in N-Kjeldahl laufschluss von Bodenproben. Die Phosphorsäure, 30: 44-53, 1973.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. 2 ed. Oxford, Blackwell, 1978. (IBP Handbook, 8)
- HOWARD-WILLIAMS, C. & LENTON, G.M. The role of the littoral zone in the functioning of a shallow tropical lake ecosystem. Fresh. Biol., 5: 445-59, 1975.
- HOWARD-WILLIAMS, C. & JUNK, W.J. The decomposition of aquatic macrophytes in the floating meadows of a Central Amazonian varzea lake. Biogeog., 7: 115-23, 1976.
-
- . The chemical composition of Central Amazonian aquatic macrophytes with special reference to the role in the ecosystem. Arch. Hydrobiol., 79: 446-64, 1977.
- HOWARD-WILLIAMS, C. & HOWARD-WILLIAMS, W.A. Leaching of nutrients from swamp vegetation in an African lake. Aquat. Bot., 4: 257-67, 1978.

- HOWARD-WILLIAMS, C. & DAVIES, B.R. The rates of dry matter and nutrient loss from decomposing *Potamogeton pectinatus* in a brackish southtemperate coastal lake. Fresh. Biol., 9: 13-21, 1978.
- JEWELL, W.J. Aquatic weed decay: dissolved oxygen utilization and nitrogen and phosphorus regeneration. J. Water Poll. Control. Fed., 43: 1457-67, 1971.
- 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: 192-7, 1967.
- KISTRITZ, R.U. Recycling of nutrients in an enclosed aquatic community of decomposing macrophytes (*Myriophyllum spicatum*). Oikos, 30: 561-9, 1978.
- KNAUER, G.A. & AYERS, A.V. Changes in carbon, nitrogen, adenosine-triphosphate and chlorophyll a in decomposing *Thalassia testudinum* leaves. Limnol. Oceanogr., 22: 408-14, 1977.
- KORMONDY, E.J. Weight loss of cellulose and aquatic macrophytes in a Carolina bay. Limnol. Oceanogr., 13: 522-6, 1968.
- KOROLEFF, F.; GRASHOFF, K. Methods of seawater analysis. New York, Verlag, 1976. p. 117-81.
- LEHMANN, C.O.; DANERT, S.; HANELT, P.; HELM, J.; KRUSE, J.; SCHULTZE-MOTEL, J. *Urania Pflanzenreich, Hoehere Pflanzen*. Zuerich, Verlag, s.d. v.2.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. Water analysis:

- some revised methods for limnologists. s.l.p. Freshwater Biological Association, 1978. (Scientific Publication, 36)
- MASON, C.F. & BRYANT, R.J. Production, nutrient content and decomposition of *Phragmites communis* Trin. and *Typha angustifolia* L. J. Ecol., 63: 71-95, 1975.
- McROY, C.P.; BARSDATE, R.J.; NEBERT, M. Phosphorus cycling in an eelgrass (*Zostera marina* L.) ecosystem. Limnol. Oceanogr., 17: 58-67, 1972.
- NICHOLS, D.S. & KEENEY, D.R. Nitrogen nutrition on *Myriophyllum spicatum*: variation of plant tissue nitrogen concentration with season and site in lake Wingra. Fresh. Biol., 6: 137-44, 1976.
- NOVAK, J.T.; GOODMAN, A.S.; KING, D.L. Aquatic weed decay and color production. J. Am. Water Assoc., 67: 134-39, 1975.
- ODUM, E.P. & CRUZ, A.A. Detritus as a major component of ecosystems. B. Amer. Inst. Biol. Sci., 13: 39-40, 1963.
- ORNDUFF, R. Neotropical *Nymphoides* (Menyanthaceae): Meso American and West Indian species. Brittonia, 21: 346-52, 1969.
- PEARSALL, W.H. The aquatic vegetation of english lakes. J. Ecol., 8: 11-8, 1920.
- PETERSEN, R.C. & CUMMINS, K.W. Leaf processing in a woodland stream. Fres. Biol., 4: 343-68, 1974.
- RAYNAL, A. Répartition géographique des *Nymphoides* (Menyanthaceae) africains et malgaches. Mitt. Bot. Staatssamml. Muenchen, 10: 122-34, 1971.

- RICKETT, H.W. A quantitative study of the larger aquatic plants of lake Mendota, Wisconsin. Trans. Wis. Acad. Sci. Arts Lett., 20: 501-27.
- SCULTHORPE, C.D. The biology of aquatic vascular plants. New York, St. Martin, 1967. 610p.
- SOLSKI, A. Mineralization of the aquatic vegetation. I. Liberation of phosphorus and potassium salts by leaching. Polsk. Arch. Hydrobiol., 10: 167-96, 1962.
- SOUZA, M.H.A.O. Alguns aspectos ecológicos da vegetação na região da Represa do Lobo (Brotas-Itirapina). São Paulo, USP, Instituto de Biociências, 1977. Tese Doutorado
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. A practical handbook of seawater analysis. Canada, Fisheries Research Board of Canada, 1968. 311p. (Bulletin, 167)
- STRIXINO, G.B.M.A. Sobre a ecologia dos macroinvertebrados do fundo na Represa do Lobo. São Paulo, USP, Instituto de Biociências, 1973. Tese Doutorado.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.; STRIXINO, G.; MARINS, M.A.; MATTOS, E.; SANTOS, E.P. Estudos ecológicos na Represa do Broa. São Carlos, UFSCar, 1972. (Progress Report, 2)
- TUNDISI, J.G. Produção primária, "Standing-stock", fracionamento do fitoplâncton e fatores ecológicos em ecossistemas lacustre artificial (Represa do Broa), São Carlos. Ribeirão Preto, USP/FFCL, 1977. Tese Livre-Docência
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.; ROCHA, O.; GENTIL, J.G.; NAKAMOTO, N. Primary production, standing-stock of phytoplankton and ecological factors in a shallow tropical reservoir (Represa do Broa, São Carlos, Brasil). In:

SEMINARIO MEDIO AMBIENTE Y REPRESAS, 1, 1977. Anais...
p. 138-72.

TWILLEY, R.A. Phosphorus cycling in *Nuphar* communities.
In: BRINSON, M. & DAVIES, G.J.. ed. Primary productivity
and mineral cycling in aquatic macrophyte communities of
the Chowan River, North Carolina. Carolina, N.Y. Water
Resources Research Institute, 1976. p. 36-91.

VAN SOEST, P.J. & WINE, R.H. Use of detergents in the
analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant
cellwall constituents. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 5:
50-55, 1967.

VON WEIHE, K. August Garcke, Illustrierte Flora. Berlin,
Verlag, 1972. 1124p. (Auflage, 23)

WESTLAKE, D.F. Comparisons of plant productivity. Biol.
R., 38: 385-425, 1963.

WETZEL, R.G. A comparative study of the primary productivity
of higher aquatic plants, periphyton and phytoplankton
in a large, shallow lake. Int. R. Ges. Hydrobiol., 49:
1-64, 1964.

WETZEL, R.G.; RICH, P.H.; MILLER, M.C.; ALLEN, H.L. Meta-
bolism of dissolved and particulate detrital carbon in
a temperate hardwater lake. Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,
29, 185-243, 1972. Suplemento

WETZEL, R.G. Limnology. Philadelphia, Saunders, 1975. 767p.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colegas do Laboratório de Limnologia da UFSCar pela valiosa ajuda nos trabalhos de campo e laboratório e ao CNPq pelo suporte financeiro.

ENDEREÇO DOS AUTORES

HELBING, U.W. e ESTEVES, F.A.
Universidade Federal de São Carlos
Departamento de Ciências Biológicas
Laboratório de Limnologia
13560 São Carlos - SP / Brasil

TILZER, M.M. e STABEL, H.H.
Universität Konstanz
Limnologisches Institut
Postfach 5560 - 7750 Konstanz - Alemanha Ocidental