

Decomposição aeróbia e anaeróbia de *Salvinia auriculata* Aubl. da Lagoa do Infernã

Cunha-Santino, M. B.¹ & Bianchini Jr., I.²

Abstract – Aerobic and anaerobic decomposition of *Salvinia auriculata* from Infernã Oxbow Lake – This study describes the aerobic and anaerobic mineralization kinetics of *Salvinia auriculata*. The experiment was conducted in decomposition chambers, which was composed by plant detritus and water from Infernã Lake. To every day of sampling, the particulate organic matter (POM) was fractionated from the dissolved organic matter (DOM). Also was determinate the pH values, electric conductivity and optical density. From the obtained results it was possible to verify that: i) the developed kinetic model predicts that POM had two fractions: labile (POM_L) and refractory (POM_R); ii) the loss of mass of *S. auriculata* detritus was 10.1%, being due to the mineralization and leaching processes in the aerobic conditions, for the anaerobic conditions this value was 11.6%. The particulate organic matter (MOP) was responsible for the decay of 89.9% (aerobic conditions) and 88.4% (anaerobic conditions) of the total detritus and iii) the mineralization coefficient of POM_L was 4.2 times higher in aerobic assays than in anaerobic. Referring to the POM_R, the mineralization coefficients were similar; however, the aerobic was 1.73 times high.

Key words: *Salvinia auriculata*, *decomposition*, *mineralization*, *aerobic process*, *anaerobic process*.

Resumo – O presente trabalho compara a decomposição aeróbia e anaeróbia de uma espécie de macrófita aquática, *Salvinia auriculata*, por meio da descrição cinética da mineralização. Em laboratório, foram montadas, para cada condição experimental, câmaras de decomposição contendo fragmentos de plantas e água da Lagoa do Infernã. A cada dia de amostragem desmontou-se uma câmara de cada condição e separou-se a matéria orgânica particulada (MOP) da dissolvida (MOD). Durante o experimento foram determinados, ainda, os valores de pH, condutividade elétrica e densidade óptica. A partir

-
1. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Rodovia Washington Luiz, km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP, e-mail: mbcunha@cosmo.com.br.
 2. Departamento de Hidrobiologia e Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Rodovia Washington Luiz, km 235, CEP 13565-905, São Carlos, SP.

dos resultados obtidos foi possível verificar que: i) o modelo cinético desenvolvido sugere que a MOP utilizada apresentou duas frações: uma lábil (MOP_L) e uma refratária (MOP_R); ii) a perda de massa decorrente da mineralização e lixiviação da fração lábil da MOP foi 10,1% na condição aeróbia e de 11,6% na condição anaeróbia; as mineralizações das frações particuladas foram responsáveis por 89,9% (aerobiose) e 88,4% (anaerobiose) dos detritos; e iii) os coeficientes globais de perda de massa da MOP_L (mineralização e lixiviação) para a condição aeróbia foi 4,2 vezes maior que o da condição anaeróbia. Para a MOP_R os coeficientes de mineralização variaram dentro da mesma ordem de grandeza. No entanto, sob condição aeróbia o coeficiente de mineralização foi 1,73 vez maior.

Palavras-chave: *Salvinia auriculata*, decomposição, mineralização, processo aeróbio, processo anaeróbio.

Introdução

Nos sistemas aquáticos, os tipos predominantes de matéria orgânica são representados pelos detritos e pela biomassa viva. Segundo Wetzel (1983), detrito pode ser definido como a perda não predatória de carbono orgânico proveniente de qualquer nível trófico (incluindo ingestão, excreção, secreção etc.) ou como a entrada de carbono orgânico a partir de fontes externas ao ecossistema. Esses resíduos podem ser encontrados em duas formas distintas: matéria orgânica particulada (MOP) e matéria orgânica dissolvida (MOD).

Em geral, para ecossistemas lacustres, uma das principais fontes de energia e carbono encontra-se na forma de detrito orgânico (Mann, 1988). As macrófitas aquáticas da zona litorânea ocupam, usualmente, papel de destaque na ciclagem de nutrientes, uma vez que se constituem na principal fonte autóctone de detritos dessa região (Piecynska, 1993), podendo ser responsáveis por até 50% do aporte de matéria orgânica e nutrientes para o sistema (Wetzel, 1983; Benner *et al.*, 1986).

Após a senescência das plantas, com a perda da integridade celular, grandes quantidades de componentes celulares solúveis em água são liberados rapidamente (Piecynska, 1993; Wetzel, 1995; Cunha & Bianchini Jr., 1998a). Desta forma, quantidades apreciáveis de MOD são permanentemente produzidas durante os primeiros estádios da decomposição. Neste contexto, do ponto de vista ecológico a conversão dos tecidos vasculares das plantas aquáticas em MOD é de extrema importância, uma vez que fornece carbono para os microrganismos presentes na coluna d'água e para os aderidos nos detritos particulados (Sorokin & Kadota, 1972; Rheinheimer, 1976; Sepers, 1977; Moran & Hodson, 1989). A taxa de degradação dessa MOD dependerá tanto da capacidade enzimática dos microrganismos quanto das condições ambientais (Wetzel & Likens, 1991).

As velocidades de decomposição das macrófitas aquáticas são próprias para cada espécie, dependendo do tamanho, estrutura morfológica e composição química. Fatores externos como temperatura, concentração de oxigênio e atividade microbiológica também atuam nas velocidades de decomposição (Alexander, 1977).

A degradação de um recurso orgânico pode ser efetuada em meio aeróbio ou anaeróbio. Os principais produtos da decomposição aeróbia são dióxido de carbono, água, células e compostos húmicos (Wetzel, 1995). Na ausência de oxigênio, o carbono orgânico é metabolizado incompletamente, acumulando-se na forma de substâncias intermediárias (acetato, etanol, lactato, succinato etc.). Nessa condição, em geral, são produzidas grandes quantidades de metano e pequenas quantidades de hidrogênio (Alexander, 1977). É comum,

ainda; a formação de nitrogênio molecular, gás sulfídrico e mercaptanos (Sorokin & Kadota, 1972; Davis & Cornwell, 1991; Ballester, 1994). Sendo assim, a decomposição resulta na conversão dos produtos orgânicos em produtos inorgânicos (mineralização), geralmente por oxidação. As transformações da matéria orgânica detrital dissolvida e particulada ocorrem por meio do metabolismo microbiano, são fundamentais para a dinâmica dos ciclos de nutrientes e para o fluxo de energia dos ecossistemas aquáticos (Alexander, 1977; Wetzel, 1983; Munster & Chröst, 1990). Os microrganismos não são apenas responsáveis pela ciclagem dos nutrientes, mas, por meio do "microbial loop", representam uma ligação trófica excepcional entre os detritos e a clássica cadeia alimentar. Com isso, nutrientes, carbono e energia são eficientemente transferidos de um nível inferior da cadeia alimentar para um nível mais alto (Biddanda, 1985; Pomeroy & Wiebe, 1988).

Em ambientes aquáticos a MOD pode ser diferenciada em duas categorias: lábil e refratária. Em geral, a fração lábil tem sua origem nos produtores primários autóctones (fitoplâncton e macrófitas aquáticas), sendo liberada como exsudados, e nos primeiros estádios da degradação; se constitui usualmente de compostos orgânicos simples e com grande conteúdo energético, estando prontamente disponível para os microrganismos (Hurst & Burges, 1967; Sepers, 1977; Moran & Hodson, 1994; Wetzel, 1995; Cunha & Bianchini Jr., 1998b). Por outro lado, a MOD proveniente de fontes alóctones é, geralmente, considerada refratária, uma vez que foi exposta à degradação e à transformação microbiana antes de atingir o corpo d'água (Saunders, 1980; Hobbie, 1988; Wetzel, 1983, 1992). A maior parte da MOD lábil é assimilada prontamente pelas bactérias, passando a representar a fração particulada, na forma de biomassa microbiana (Robertson *et al.*, 1982; Münster & Chröst, 1990).

Tendo em vista que as transformações dos detritos ocorrem por meio do metabolismo microbiano e que a compreensão dessas mudanças são fundamentais para o entendimento das dinâmicas dos ciclos de nutrientes e dos fluxos de energia dos ecossistemas aquáticos, o presente trabalho contempla a descrição dos destinos das diferentes frações que compõem os detritos de uma espécie de *Salvinia auriculata* da Lagoa do Infernã; compara, ainda, os parâmetros cinéticos dos processos aeróbios e anaeróbios da decomposição. Este estudo insere-se em um programa (Projeto Jataí) que visa descrever, entre outros objetivos, a estrutura e o funcionamento das lagoas marginais da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu (SP).

Material e Métodos

A Lagoa do Infernã

A Lagoa do Infernã (21°35'S e 47°51'W) possui cerca de 1 km de comprimento e profundidade máxima, na época de seca, de 4 m (Mozeto & Esteves, 1986). Pertence ao sistema de lagoas marginais da bacia do Rio Mogi-Guaçu, situada na região central do Estado de São Paulo. É uma das 15 lagoas que recebem proteção oficial da Estação Ecológica de Jataí (21°33' a 21°37' S e 47°45' a 47° a 51'W). Constitui-se em uma lagoa de infiltração da planície de inundação do trecho médio do rio. Tendo sido formada por um meandro, apresenta formato de ferradura. Esse formato é característico das lagoas marginais das planícies sedimentares, nas quais os processos contínuos de erosão e sedimentação tendem a isolar os meandros. Une-se ao rio apenas nos períodos de cheia, por meio de áreas alagáveis. Esse regime hidrológico lhe confere características muito peculiares: é um sistema

raso e pequeno, apresentando intenso desenvolvimento de macrófitas aquáticas. Embora a *Salvinia auriculata* possua um grande potencial de crescimento (tempo de duplicação de aproximadamente 7,5 dias; Saia & Bianchini Jr., 1998), atualmente, a superfície da lagoa encontra-se toda ocupada pela macrófita aquática *Scirpus cubensis*. Devido à intensa ocupação por *Scirpus cubensis* e complementarmente por *Salvinia auriculata* e *Cabomba piauhyensis*, grandes quantidades de compostos húmicos são formados. De acordo com estudos realizados por Cunha (1999), os microrganismos dessa lagoa podem ser considerados como vetores eficientes na remoção do carbono presente nas substâncias húmicas. Neste caso, as conversões de substâncias húmicas em carbono orgânico particulado (microrganismos) foram, em média, 13,6% para o ácido fúlvico e 15,7% para o ácido húmico.

Experimentos de mineralização

A macrófita aquática utilizada foi a *Salvinia auriculata* Aubl. Exemplares adultos foram coletados na Lagoa do Infernã, em março de 1997. Após colhidos foram lavados no local com água da lagoa para a remoção do perifíton, partículas de sedimento e dos detritos aderidos. Em laboratório, procederam-se novas lavagens com água corrente. Em seguida, as plantas foram secas à temperatura ambiente e, posteriormente, levadas à estufa, em temperatura entre 45 e 50°C. Após a secagem, foi realizada a trituração e a homogeneização dos fragmentos.

Tendo em vista minimizar possíveis variações verticais da composição química da água e da comunidade microbiana, as coletas foram realizadas (com garrafa de *Van Dorn*) em três profundidades distintas (superfície, meio e fundo). As coletas das amostras de água procederam em épocas distintas. Para o experimento sob condição anaeróbia ocorreu em junho e para o experimento sob condição aeróbia, em setembro de 1997. Após as coletas, as amostras de água foram filtradas em rede de nylon (0,4 mm de diâmetro de poro) e, a seguir, em lâ de vidro.

O experimento foi conduzido em laboratório, sendo contempladas as condições aeróbias e anaeróbias. Para cada condição foram montadas dez câmaras de decomposição. A montagem das câmaras constituiu-se da adição de fragmentos de *S. auriculata* em garrafas com alíquotas de água da Lagoa do Infernã, previamente filtradas. As adições obedeceram a proporção de 12,5 g (PS) de fragmentos de planta para cada litro de água.

Os experimentos tiveram duração de quatro meses, as câmaras de decomposição aeróbias foram mantidas no escuro e a temperatura média de 23,5°C ($\pm 1,27$). A presença de oxigênio foi mantida por meio do borbulhamento constante de ar comprimido. As câmaras em anaerobiose foram também mantidas no escuro e sob temperatura média de 22,1°C ($\pm 1,58$). Os intervalos de variação da temperatura dos experimentos apresentaram-se próximos ao verificado em inventário limnológico realizado na Lagoa do Infernã. O valor médio de temperatura observado nesta lagoa por Antonio (1996) foi de 23,7°C ($\pm 3,93$).

As câmaras foram desativadas nos dias: 1, 3, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 90 e 120. A cada dia de amostragem o pH foi estimado potenciométricamente (pHmetro DIGIMED DMPH-2) e a condutividade elétrica com condutivímetro (DIGIMED CD-2P).

Após a estimativa dessas variáveis, desmontou-se uma câmara de cada condição para a determinação do resíduo seco (MOD) e da matéria orgânica particulada (MOP). A MOP foi separada da MOD por filtração em rede de náilon (0,4 mm de diâmetro de poro) e, posteriormente, por centrifugação (1 h e 978,2 g). Os remanescentes da MOP (fragmentos

de planta) foram secos em estufa (45°C) até peso constante, tendo suas massas quantificadas por gravimetria. Alíquotas de 250 ml de MOD foram colocadas em cápsula de porcelana (previamente pesadas) e mantidas sob aquecimento entre 40-45°C. Após a evaporação, a cápsula foi pesada novamente, subtraindo-se o peso final do peso inicial para a estimativa da concentração de resíduo seco.

A partir de alíquotas centrifugadas de MOD foram estimadas as densidades ópticas das amostras, sendo determinadas em espectrofotômetro (LKB-Novaspec II Pharmacia) a 450 nm, contra um branco de água destilada (Bianchini Jr., 1985).

Hipóteses cinéticas da mineralização de *S. auriculata*

Admitindo-se que os processos cinéticos de mineralização de *S. auriculata* sejam de primeira ordem, de acordo com as hipóteses discutidas por Bianchini Jr. & Toledo (1996), propõe-se um modelo cinético para a descrição desse processo (Figura 1). Com base nestas premissas, a mineralização de *S. auriculata* foi descrita de acordo com as seguintes equações:

$$\frac{dMOP}{dt} = -k_1 MOP_L - k_3 MOP_R \quad (1)$$

$$\frac{dMOD}{dt} = k_1 \left(\frac{k_L}{k_1} MOP_L \right) - k_2 MOD \quad (2)$$

$$\frac{dMOC}{dt} = k_1 \left(\frac{k_M}{k_1} MOP_L \right) + k_2 MOD + k_3 MOP_R \quad (3)$$

$$\frac{dIN_1}{dt} = k_1 \left(\frac{k_M}{k_1} MOP_L \right) \quad (4)$$

$$\frac{dIN_2}{dt} = k_2 MOD \quad (5)$$

$$\frac{dIN_3}{dt} = k_3 MOP_R \quad (6)$$

em que:

- MOP_L = Matéria orgânica particulada lábil/solúvel;
- MOP_R = Matéria orgânica particulada refratária;
- MOD = Matéria orgânica dissolvida;
- t = Tempo [t];
- k_L = Coeficiente de lixiviação das frações solúveis de MOP_L;
- k_M = Coeficiente de mineralização das frações lábeis de MOP_L;
- k₁ = Coeficiente global de decaimento da MOP_L (k_L + k_M);
- k₂ = Coeficiente de mineralização do MOD;

- k_3 = Coeficiente de mineralização da MOP_R ;
 IN_{1a3} = Compostos inorgânicos produzidos por meio das 3 rotas de mineralização identificadas.

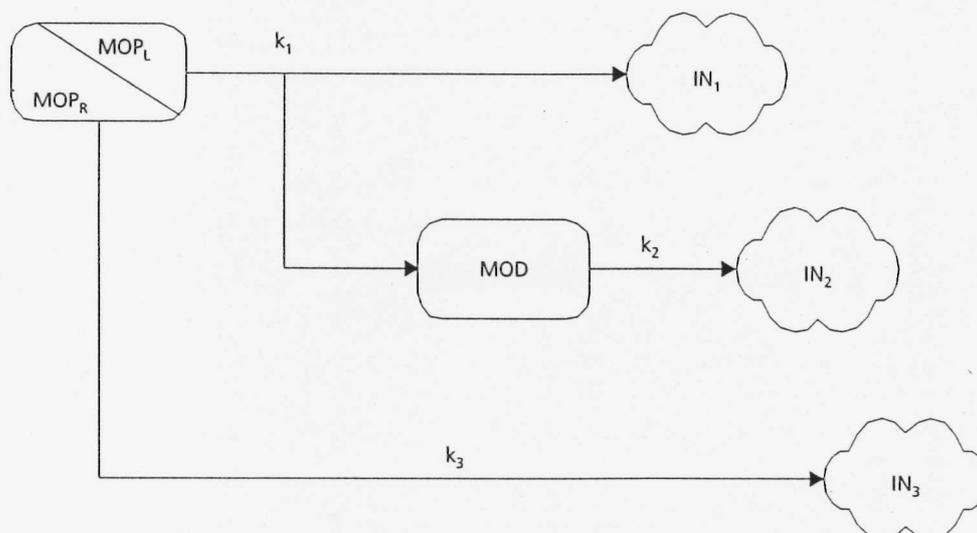


Figura 1 Hipótese cinética da mineralização de *Salvinia auriculata*. Em que k_1 = coef. global de decaimento da MOP_L (mineralização e lixiviação); k_2 = coef. de mineralização da MOD; k_3 = coef. de mineralização da MOP_R ; IN_1 = teor de MOP_L facilmente oxidável; IN_2 = teor de MOD mineralizado; e IN_3 = teor de MOP_R mineralizado.

De acordo com essa hipótese, admite-se que a mineralização de *S. auriculata* ocorra por meio de três processos simultâneos. O primeiro constituído por dois eventos paralelos: lixiviação e mineralização dos compostos lábeis. A rota que inclui a lixiviação também prevê a mineralização da MOD. O terceiro contempla o catabolismo das frações refratárias em compostos inorgânicos.

Resultados e Discussão

Por meio da Figura 2 apresentam-se os resultados referentes às variações temporais da MOP, MOD e MOC ocorridas durante os processos aeróbios e anaeróbios de decomposição de *S. auriculata*.

Por meio das Figuras 2A e B, é possível observar as variações temporais de perdas de massa ocorridas durante os processos aeróbios e anaeróbios, respectivamente. A partir destes resultados, é possível verificar a importância do processo de lixiviação para o decaimento inicial no processo de decomposição. Dessa forma, observa-se que, durante as primeiras 24 horas, houve perdas de massa correspondentes a 10% no processo aeróbio e de 7% no anaeróbio. Essas rápidas perdas de massa resultaram da solubilização de frações protoplasmáticas hidrossolúveis. Em alguns casos, tais perdas podem chegar a 40% do peso inicial do detrito, no primeiro dia de decomposição (Otsuki & Wetzel, 1974; Wetzel, 1995). Segundo Bianchini Jr. (1985), essa solubilização libera nutrientes e compostos orgânicos tais como: pigmentos, glicosídeos, compostos nitrogenados, polifenóis etc. A acentuada perda de massa no início do experimento é regida principalmente pelo processo abiótico de lixiviação; as perdas de massa que ocorrem lentamente após a lixiviação basicamente decorrem de processos microbiológicos (Gupta *et al.*, 1996; Canhoto & Graça, 1996).

Independente da condição experimental, o decaimento da MOP apresentou duas fases, uma rápida (até aproximadamente o 20º dia), seguida de um processo mais lento (a partir do 21º dia até o 120º dia). Em decorrência dessas perdas de massa, observaram-se os incrementos das concentrações de MOD que, por sua vez, também sofreram alterações ao longo do experimento (Figuras 2C e D). Dessa forma, observou-se que no primeiro dia, para a condição aeróbia, 2,5% da massa inicial de detritos adicionados (MOT) foi convertida em MOD. Na condição anaeróbia esse valor foi mais elevado (3,5%). Em seguida, para a condição aeróbia, as concentrações de MOD apresentaram decréscimos progressivos até aproximadamente o 10º dia de ensaio. Para as câmaras em anaerobiose houve um decaimento no 5º dia. Provavelmente, esse decaimento seja decorrente da conversão da MOD em MOP, por meio de sua assimilação pelos microrganismos ou da oxidação das frações lábeis por meio de processos químicos (mineralização).

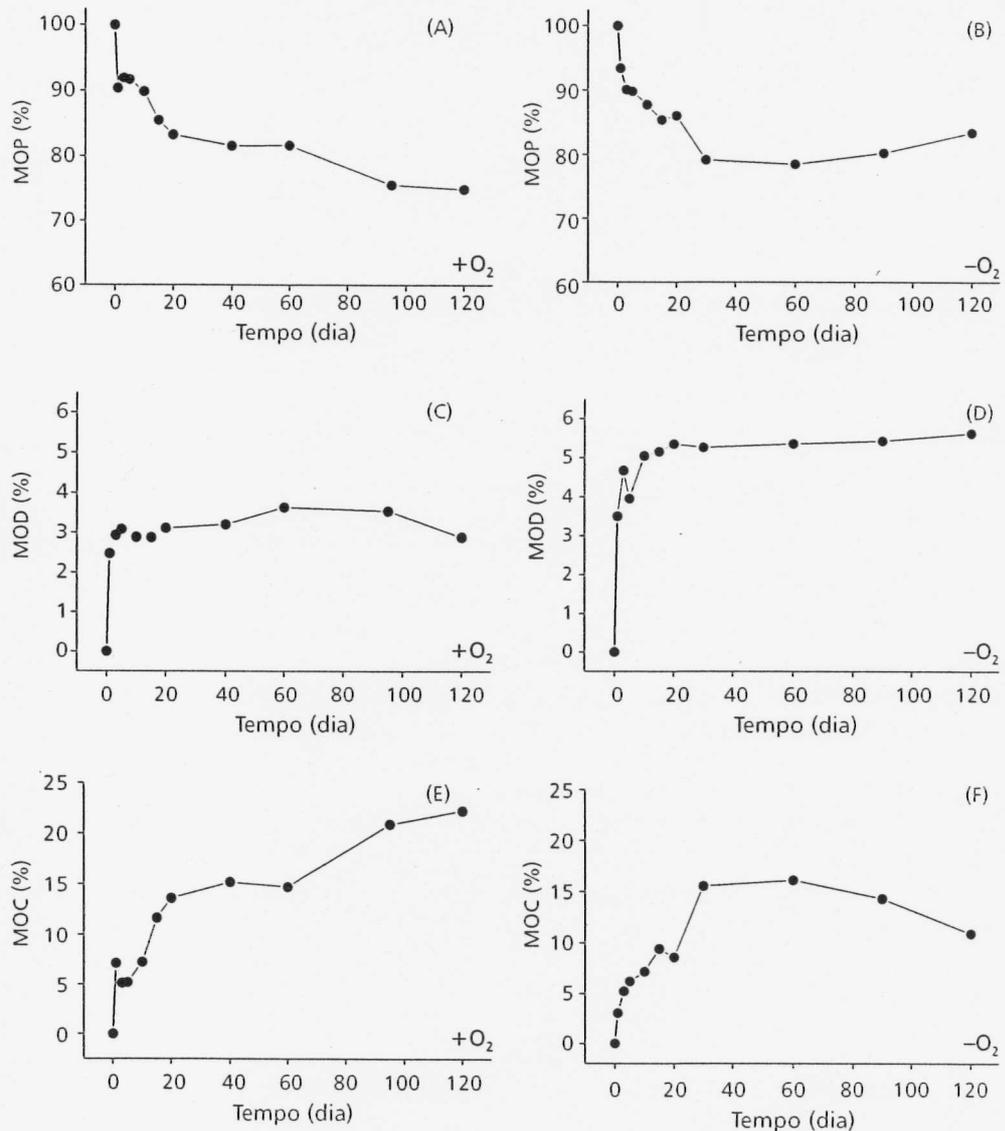


Figura 2 Variações temporais dos teores de MOP, MOD e MOC durante a degradação aeróbia (A, C e E) e anaeróbia (B, D e F) de *Salvinia auriculata*.

Para as duas condições experimentais, após tais etapas de decaimento, observaram-se novas tendências de incremento de MOD. Supõe-se que estes novos incrementos estejam relacionados com a ressíntese dos compostos orgânicos dissolvidos em substâncias húmicas (Bianchini Jr. *et al.*, 1984; Bianchini Jr., 1985).

De modo geral, tem-se verificado que após a fase de predomínio do aparecimento do lixiviado é usual o registro de tendência de redução das concentrações de MOD e dos compostos inorgânicos dissolvidos (Bianchini Jr., 1985; Lemos, 1995; Bianchini Jr. & Toledo, 1996; Cunha, 1996; Campos Jr., 1998; Cunha & Bianchini Jr., 1998a).

À medida que houve a mineralização das frações da MOP e da MOD, os valores de matéria orgânica consumida (MOC) foram sendo incrementados (Figuras 2E e F). A MOC representa a evolução do processo global de mineralização aeróbia e anaeróbia. Ao considerarmos as câmaras de decomposição como sistemas isolados e fechados, a MOC é formada a partir das oxidações químicas/biológicas (formação de CO_2 , na condição aeróbia; formação principalmente de CH_4 e CO_2 , na anaeróbia), sendo estimada por meio da seguinte igualdade:

$$\text{MOT} = \text{MOP} + \text{MOD} + \text{MOC} \quad (7)$$

em que: MOT = quantidade inicial de detritos.

Verifica-se que os teores de MOC, na condição aeróbia, foram gradativamente incrementados desde o início até o 120º dia. Ao término do período de experimento (120 dias), cerca de 22,2% da MOT adicionada nas câmaras de decomposição já havia sido mineralizada. Na condição anaeróbia esse valor foi aproximadamente 15%. Esses resultados permitem supor, de modo geral, que os incrementos dos teores de MOC estiveram basicamente relacionados com os processos de oxidação das frações lábeis da MOP e da MOD.

Considerando que os processos de mineralização de *S. auriculata* ocorram segundo as reações cinéticas anteriormente descritas (Equações 1 a 6), os parâmetros obtidos dos ajustes dos resultados experimentais ao modelo são apresentados por meio da Tabela 1. Com base nos ajustes realizados (Tabela 1), confirmou-se que nos processos aeróbios e anaeróbios de decomposição de *S. auriculata*, as perdas de massa resultaram de dois eventos que ocorreram simultaneamente: lixiviação/oxidação (química e biológica) das frações solúveis/lábeis e mineralização das frações refratárias. Sugerindo, dessa forma, que os fragmentos de *S. auriculata* possuam ao menos duas classes de compostos.

Tabela 1 Parametriação modelo de mineralização de *S. auriculata*. Em que k_1 = coef. global de decaimento da MOP_L ; k_2 = coef. de mineração da MOD; k_3 = coef. de mineração da MOP_R ; IN_1 = teor de MOP_L facilmente oxidável; IN_2 = teor de MOP_L convertido em MOD e posteriormente mineralizado em IN_3 = teor de MOP_R , mineralizado.

<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.			
Condição aeróbia		Condição anaeróbia	
k_1 (dia ⁻¹)	= 2,79	k_1 (dia ⁻¹)	= 0,66
k_2 (dia ⁻²)	= ≈ 0	k_2 (dia ⁻²)	= ≈ 0
k_3 (dia ⁻³)	= 0,00173	k_3 (dia ⁻³)	= 0,0010
IN_1 (%)	= 7,0	IN_1 (%)	= 6,4
IN_2 (%)	= 3,1	IN_2 (%)	= 5,2
IN_3 (%)	= 89,9	IN_3 (%)	= 88,4

Com base nos ajustes das variações de MOP e de MOD ao modelo cinético verificou-se que o maior coeficiente de consumo do MOP_L (k_1) ocorreu durante o decaimento aeróbio (2,79 dia⁻¹). No processo anaeróbio esse valor correspondeu a 0,66 dia⁻¹ (Tabela 1). Esses coeficientes representam um tempo de meia-vida de 6 horas para o processo aeróbio e de 1,1 dia para o anaeróbio. Verifica-se, no entanto, uma similaridade entre o conteúdo da MOP_L no processo aeróbio (10,1%) e anaeróbio (11,6%), sugerindo, dessa forma, que a quantidade de material solúvel/lábil de *S. auriculata* seja característica da composição química do detrito.

Embora o valor de k_1 aeróbio tenha sido aproximadamente 4,3 vezes maior que o k_1 anaeróbio, os elevados coeficientes globais de decaimento da MOP_L obtidos sugerem que as perdas de massa iniciais sejam principalmente devidas a processos químicos. A diferença verificada entre os processos aeróbio e anaeróbio atribui-se, basicamente, à limitação da metodologia empregada.

Em paralelo aos processos de mineralização do MOP_L, os ajustes permitiram, também, estimar para cada condição as quantidades lixiviadas de MOD e seus respectivos coeficientes de decaimento (mineralização da MOD). A lixiviação foi responsável pelo decaimento de 3,1% da MOP_L na condição aeróbia e por 5,2% na condição anaeróbia. Os coeficientes de mineralização (k_2) verificados nos processos aeróbios e anaeróbios foram praticamente iguais a zero. Esses valores nulos provavelmente podem ser explicados pelo fato de as frações lábeis da MOP_L, convertidas em MOD, serem prontamente consumidas por fungos e bactérias e a MOD remanescente apresentar natureza refratária (Bianchini Jr., 1985), como, por exemplo, as substâncias húmicas. Estudos realizados por Cunha (1999) indicaram que, assim como o verificado para *S. auriculata*, as substâncias húmicas originadas da decomposição de macrófitas aquáticas (*Scirpus cubensis* e *Cabomba piauhyensis*) também podem apresentar duas frações: uma lábil e uma refratária, e que os coeficientes de degradação dessas frações refratárias são da ordem de 0,0122 a 0,0174 dia⁻¹.

A partir dos ajustes cinéticos pode-se, também, avaliar as quantidades de MOP_R e seus respectivos coeficientes de consumo. Observou-se que os coeficientes de mineralização das frações refratárias (k_3), para ambos os experimentos, mostram-se equivalentes, apresentando a mesma ordem de grandeza, sendo este valor 0,00173 dia⁻¹ no processo aeróbio e de 0,001 dia⁻¹ no processo anaeróbio. No entanto, o k_3 do processo aeróbio foi 1,73 vez maior. As frações particuladas refratárias corresponderam a 89,9% e 88,4% dos detritos submetidos aos processos aeróbio e anaeróbio, respectivamente. Verificou-se que a perda de massa dessas frações ocorreram sob baixas taxas de oxidação (meia vida: 400 e 693 dias, respectivamente).

As variações temporais do pH no experimento sob condição aeróbia podem ser observadas a partir da Figura 3A. O pH original da amostra de água da lagoa foi 6,4, ao se iniciar o processo de decomposição esses valores oscilaram entre 6,7 a 7,8. Nas câmaras anaeróbias (Figura 3B) o pH inicial foi de 5,4 e os valores oscilaram entre 5,5 e 6,9. Esses incrementos nos valores de pH referem-se à liberação de íons (lixiviação) a partir do protoplasma das células rompidas ou mesmo a formação de um sistema tampão a partir da formação de compostos húmicos (Bianchini Jr. & Toledo, 1998). Após o 10º dia, no experimento anaeróbio, houve uma diminuição dos valores de pH. Essas reduções possivelmente se referem à formação de ácidos orgânicos, intermediários metabólicos dos processos de fermentação (por exemplo: ácido acético).

Pode-se observar por meio das Figuras 3C e D aumentos nos valores de condutividade elétrica, nos quais os valores iniciais (água da lagoa) passaram de 0,04 para 0,43 e 1,2 mS/cm no primeiro dia de experimento, nas condições aeróbias e anaeróbias, respectivamente. Os processos que levaram aos incrementos dos valores de condutividade elétrica predominaram até o 5º dia nos meios aeróbios (valor máximo: 0,73 mS/cm) e até o 20º dia nos anaeróbios (valor máximo: 1,65 mS/cm). Segundo Camargo *et al.* (1983), assim como para o pH, esses aumentos referem-se à liberação de íons dos tecidos da planta. É possível ainda que os valores de condutividade elétrica tenham sido incrementados pela formação de ácido carbônico decorrente do CO₂ dissolvido. A partir desses períodos de elevação nos valores de condutividade elétrica, houve diminuições progressivas. Provavelmente, esses decréscimos referiram-se às assimilações dos íons pela comunidade de microrganismos ou mesmo pela complexação.

Por meio das Figuras 3E e F pode-se observar as variações temporais da densidade óptica (DO), nota-se que no processo aeróbio os incrementos perduraram até o 60º dia e no processo anaeróbio até o 90º dia. Os incrementos observados referem-se, provavelmente, aos compostos coloridos liberados durante o processo de lixiviação e também pela formação dos compostos húmicos (Bianchini Jr., 1985). A partir desses dias, observaram-se tendências ao desaparecimento da cor, provavelmente pela alteração das concentrações dos grupos cromáticos, devido à mineralização dos compostos húmicos; é possível, ainda, entre outras possibilidades, a ocorrência da transformação de ácidos húmicos em fúlvicos.

Esses resultados sugerem, de modo geral, que, na Lagoa do Infernã, grande parte dos detritos gerados por essa espécie são processados nos sedimentos. No entanto, devido à abundância dessa espécie diante da *S. cubensis* e ao caráter refratário de seus detritos remanescentes, a degradação de *S. auriculata* não deve gerar elevadas demandas de oxigênio para a lagoa. Nesse contexto, experimentos desenvolvidos por Bitar (1995) indicam que para os processos de curto prazo (aproximadamente 60 dias) o consumo de oxigênio foi de 185 mg/g de detrito.

Conclusões

De modo geral, com base nos procedimentos experimentais adotados, conclui-se: i) os detritos de *S. auriculata* apresentaram duas frações: uma lábil (MOP_L) e uma refratária (MOP_R); ii) aproximadamente 90% dos detritos de *S. auriculata* são refratários e 10% caracterizam-se por serem lábeis/solúveis; iii) os coeficientes de lixiviação foram mais elevados que os de oxidação; iv) o coeficiente de mineralização + lixiviação (MOP_L) para a condição aeróbia foi 4,2 vezes maior que na condição anaeróbia; v) tanto na condição aeróbia quanto na anaeróbia, os coeficientes de mineralização da MOD foram nulos, indicando a refratabilidade das frações remanescentes da MOD; e vi) os coeficientes de mineralização da MOP_R se encontraram na mesma ordem de grandeza (condição aeróbia: 0,00173 dia⁻¹; condição anaeróbia: 0,001 dia⁻¹), no entanto, na condição aeróbia foram mais rápidos. É provável que esses baixos coeficientes decorram da quantidade de celulose e lignina dos detritos e da humificação dessas frações.

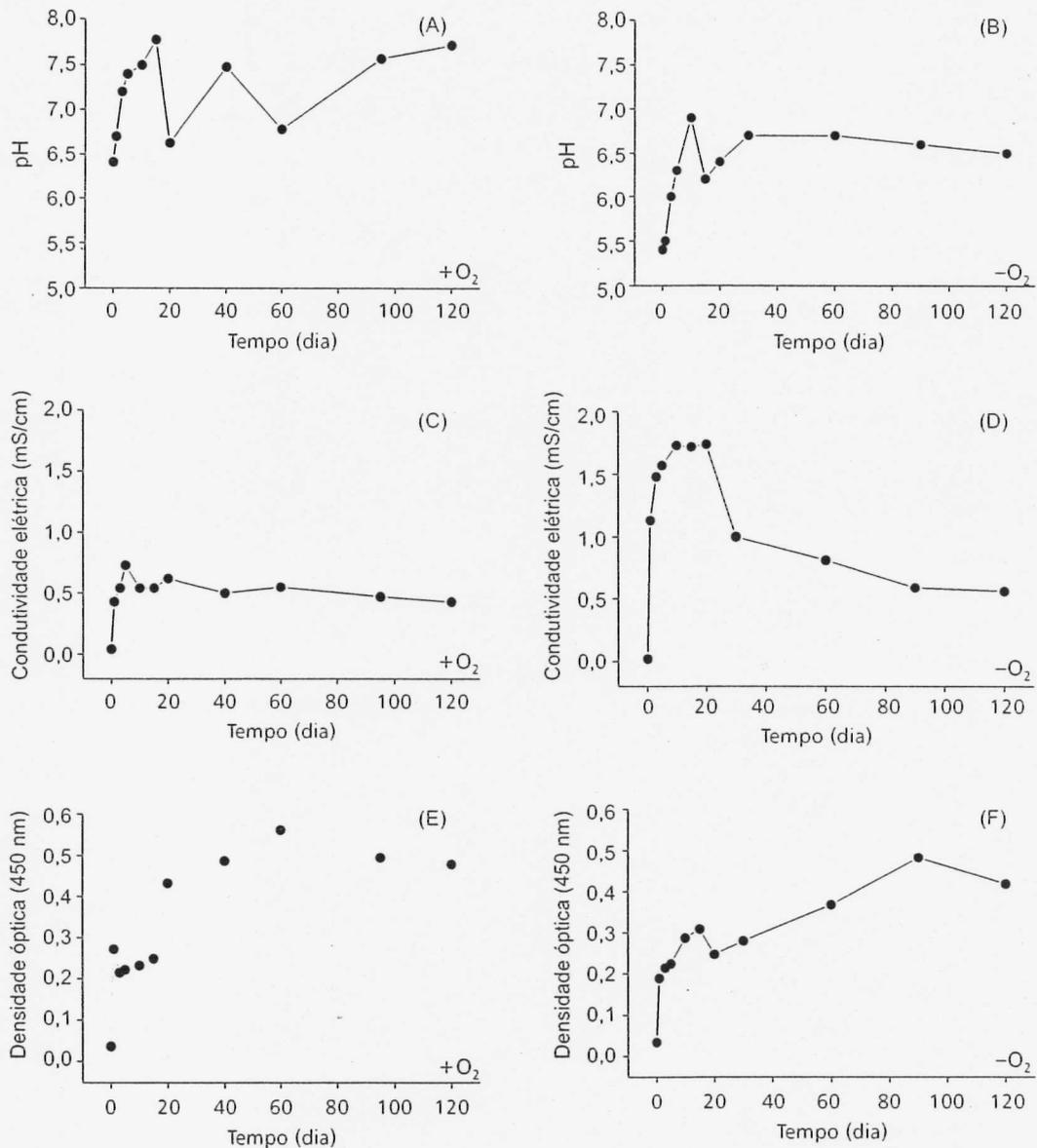


Figura 3 Variações temporais do pH, da condutividade elétrica e D.O. (450 nm), durante a degradação aeróbia (A, C e E) e anaeróbia (B, D e F) de *Salvinia auriculata*.

Referências Bibliográficas

- ALEXANDER, M., 1977, *Introduction of Soil Microbiology*. John Wiley & Sons, New York, 467p.
- ANTONIO, R. M., 1996, *Estimativa da capacidade heterotrófica do Lago Infernã (Estação Ecológica de Jataí, SP)*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 82p.
- BALLESTER, M. V. R., 1994, *Emissões de metano na planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu (Estação Ecológica de Jataí, São Paulo)*. Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 169p.
- BENNER, R. B., MORAN, M. A. & HODSON, R. E., 1986, Biogeochemical cycling of lignocellulosic carbon in marine and freshwater ecosystems: Relative contributions of prokaryotes and eukaryotes. *Limnol. Oceanogr.*, 31: 89-100.

- BIANCHINI Jr., I., TOLEDO, A. P. P. & TOLEDO, S. H. P. P., 1984, Influência do tempo na variedade e na quantidade de polifenóis dissolvidos originados da decomposição de plantas aquáticas. *Anais IV Sem. Reg. Ecol.*, pp. 41-57.
- BIANCHINI Jr., I., 1985, *Estudos dos processos de humificação de Nymphoides indica (L.) O. Kuntze*, Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 285p.
- BIANCHINI Jr., I. & TOLEDO, A. P. P., 1996, Estudo da mineralização de *Eleocharis mutata*. *Anais VII Sem. Reg. Ecol.*, pp. 57-72.
- BIANCHINI Jr., I. & TOLEDO, A. P. P., 1998, Estudo da mineralização de *Nymphoides indica (L.) O. Kuntze*. *Anais VIII Sem. Reg. Ecol.*, 3: 1315-1329.
- BIDDANDA, B., 1985, Microbial synthesis of macroparticulate matter. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 20: 241-251.
- BITAR, A. L., 1995, *Contribuição para o estudo dos processos de mineralização em sistemas aquáticos*. Monografia, UFSCar, São Carlos, 47p.
- CAMARGO, A. F. M., ISHII, I. H. & ESTEVES, F. A., 1983, Liberação de compostos orgânicos e inorgânicos para a coluna d'água durante o processo de decomposição de duas espécies de macrófitas aquáticas tropicais. *Anais III Sem. Reg. Ecol.*, pp. 87-99.
- CAMPOS Jr., J. J. F., 1998, *Contribuição ao estudo da decomposição de macrófitas aquáticas da Lagoa do Infernã: processo anaeróbio*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 130p.
- CANHOTO, C. & GRAÇA, M. A. S., 1996, Decomposition of *Eucalyptus globulus* leaves and three native leaf species (*Alnus glutinosa*, *Castanea sativa* and *Quercus faginea*) in a Portuguese low order stream. *Hydrobiol.*, 333: 79-85.
- CUNHA, M. B., 1996, *Ensaio de humificação e mineralização de Scirpus cubensis e Cabomba piathyensis*. Monografia, UFSCar, São Carlos, 66p.
- CUNHA, M. B. & BIANCHINI Jr., I., 1998a, Cinéticas de mineralização de carboidratos na degradação de duas espécies de macrófitas aquáticas. *Anais VIII Sem. Reg. Ecol.*, 3: 1301-1314.
- CUNHA, M. B. & BIANCHINI Jr., I., 1998b, Mineralização aeróbia de *Cabomba piathyensis* e *Scirpus cubensis*. *Acta Limnol. Brasil.*, 10(1): 81-91.
- CUNHA, M. B., 1999, *Mineralização de compostos húmicos da Lagoa do Infernã (Luiz Antônio, SP)*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 141p.
- DAVIS, M. L. & CORNWELL, D. A., 1991, *Introduction to Environmental Engineering*. McGraw-Hill, New York, 822p.
- GUPTA, M. K., SHRIVASTAVA, P. & SINGHAL, P. K., 1996, Decomposition of young water hyacinth leaves in lake water. *Hydrobiol.*, 335: 33-41.
- HOBBIE, J. E., 1988, A comparison of the ecology of planktonic bacteria in the fresh and salt water. *Limnol. Oceanogr.*, 33(4) part 2: 740-764.
- HURST, H. M. & BURGESS, N. A., 1967, Lignin and Humic Acids, pp. 260-286. In: A. D. McLaren & G. H. Peterson (orgs.), *Soil Biochemistry*, Marcel Dekker, New York.
- LEMOS, R. M. A., 1995, *Ensaio de Decomposição de Nephrocistium lunatum W. West (Chlorophyceae) e de Scirpus cubensis Poepp & Kunth (Cyperaceae) da Lagoa do Infernã*. Dissertação de Mestrado, UFSCar, São Carlos, 169p.
- MANN, K. H., 1988, Production and use of detritus in various freshwater, estuarine, and coastal marine ecosystems. *Limnol. Oceanogr.*, 33(4) part 2: 910-930.
- MORAN, M. A. & HODSON, R. E., 1989, Formation and Bacterial utilization of dissolved organic carbon derived from detrital lignocellulose. *Limnol. Oceanogr.*, 34(6): 1034-1047.
- MORAN, M. A. & HODSON, R. E., 1994, Dissolved humic substances of vascular plant origin in a coastal marine environment. *Limnol. Oceanogr.*, 39(4): 762-771.
- MOZETO, A. A. & ESTEVES, F. A., 1986, Ecologia de lagoas marginais. *Ciênc. Hoje*, 5: 73.

- MÜNSTER, U. & CHRÓST, R. J., 1990, Origin, composition and microbial utilization of dissolved organic matter, pp. 8-46, *In*: J. Overbeck & R. J. Chrost (orgs.), *Aquatic Microbial Ecology: Biochemical and Molecular Approaches*, 190 pgs. Springer-Verlag, New York.
- OTSUKI, A. & WETZEL, R. G., 1974, Release of dissolved organic matter by autolysis of a submerses macrophyte, *Scirpus subterminalis*. *Limnol. Oceanogr.*, 19: 842-845.
- PIECZYNSKA, E., 1993, Detritus and nutrient dynamics in the shore zone of lakes: a review. *Hydrobiol.*, 251: 49-58.
- POMEROY, L. R. & WIEBE, W. J., 1988, Energetic of microbial food webs. *Hydrobiol.*, 156: 7-18.
- RHEINHEIMER, G., 1976, *Aquatic Microbiology*. John Wiley & Sons, New York, 184p.
- ROBERTSON, M. L., MILLS, A. L. & ZIEMAN, J. C., 1982, Microbial synthesis of detritus like particles from dissolved organic carbon released by tropical seagrass. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 7: 279-285.
- SAIA, F. T. & BIANCHINI Jr., I., 1998, Modelo do crescimento e senescência de *Salvinia auriculata* em condições de laboratório. *Anais VIII Sem. Reg. Ecol.*, 3: 1331-1342.
- SAUNDERS, G. W., 1980, Organic matter and decomposers. *In*: E. D. Le Cren & R. H. Lowe-McConnell (orgs.), *The functioning of freshwater Ecosystems*, University Press, Cambridge, pp. 341-392.
- SEPERS, A. B. J., 1977, The utilization of dissolved organic compounds in aquatic environments. *Hydrobiol.*, 52(1): 39-54.
- SOROKIN, Y. I. & KADOTA, H., 1972, *Techniques for the Assessment of Microbial Production and Decomposition in Freshwater*. IBP-23, Blackwell, Oxford, 112p.
- WETZEL, R. G., 1983, *Limnology*. Saunders, Philadelphia, 767p.
- WETZEL, R. G. & LIKENS, G. E., 1991, *Limnological Analyses*. Springer-Verlag, New York, 391p.
- WETZEL, R. G., 1992, Gradient-dominated ecosystems: sources and regulatory functions of dissolved organic matter in freshwater ecosystems. *Hydrobiol.*, 229: 181-198.
- WETZEL, R. G., 1995, Death, detritus and energy flow in aquatic ecosystems. *Freshwater Biol.*, 33: 83-89.

Estudos Integrados em Ecossistemas. Estação Ecológica de Jataí (2000). Volume 2.

Santos, J. E. & Pires, J. S. R. (Eds). São Carlos: Rima (ISBN 85-86522-11-9)