



Estudos integrados em ecossistema. Estação Ecológica de Jataí

Organizado por:

José Eduardo dos Santos, José Salatiel Rodrigues Pires, Luiz Eduardo Moschini.

São Carlos : EdUFSCar, 2006. 4 volume.

ISBN: 85-7600-083-0

Palavras Chave: 1. Ecossistema. 2. Estação Ecológica de Jataí (SP). I. Título.

Demanda de oxigênio de detritos refratários de macrófitas aquáticas

Sciessere, L.,¹ Cunha-Santino, M. B.^{1,2} & Bianchini Jr., I.^{1,2}

Abstract – Oxygen demand from aquatic macrophyte refractory detritus – In this study, the kinetics of aerobic mineralization of refractory and intact detritus of *Cyperus giganteus* were compared. Plant and water samples of Óleo Lake were collected (21° 36'S and 47° 49'W; Luiz Antônio, SP). The samples were submitted to the aerobic decomposition before the beginning of this experiment. In laboratory, incubations were prepared containing water from Óleo Lake and intact detritus and with: 5, 11, 15, 22, 30, 42 and 60 days of decomposition. Those chambers were maintained in the dark, under aerobic conditions at 20°C. The dissolved oxygen concentrations were determined during 153 days. The evolved consumed oxygen was fitted to a first order kinetic model. Based in these fittings, the maximum consumed oxygen (OC_{max}) was 2.3 times higher in the incubations containing intact detritus (OC_{max} : 366 mg g⁻¹) than the refractory detritus incubations (159 mg g⁻¹). The coefficient of oxygen consumption (k_D = 0.01899 day⁻¹) for intact detritus was 1.65 times higher than the average of others detritus (0.01147 day⁻¹). In general, these results indicated that, the higher oxygen demand of intact detritus was associated with the presence of labile compounds in its chemical composition. The mineralization of pre-decomposed detritus consumed less oxygen and these processes were slowly. In this way, the younger detritus present in their chemical composition substances outther higher degree of degradation (e.g. wax, pectin, mucilage and oils) than the pre-decomposed, that are formed by fibers only (cellulose and lignin).

Keywords: *Cyperus giganteus*; aerobic mineralization; refractory detritus; intact detritus.

Resumo – Neste estudo, são comparadas as cinéticas da mineralização aeróbia de detritos refratários e íntegros de *Cyperus giganteus*. Amostras de planta e de água foram coletadas na Lagoa do Óleo (21°36'S e 47°49'W; Estação Ecológica de Jataí; Luiz Antônio, SP). As plantas foram submetidas à decomposição aeróbia antes do início do estudo. Em laboratório, foram preparadas incubações contendo água da lagoa e detritos íntegros com 5, 11, 15, 22, 30, 42 e 60 dias de decomposição. As incubações foram mantidas no escuro, sob condições aeróbias e a 20°C. As concentrações de oxigênio dissolvido foram determinadas durante 153 dias. Os consumos acumulados de oxigênio foram ajustados a um modelo cinético de primeira ordem. Com base nesses ajustes, verificou-se que o consumo máximo de oxigênio ($OC_{máx}$) foi 2,3 vezes maior nas incubações contendo detritos íntegros ($OC_{máx}$: 366 mg g⁻¹) que nas incubações com detritos refratários (média de 159 mg g⁻¹). O coeficiente de desoxigenação (k_D = 0,0190 dia⁻¹)

1 PPG-ERN/UFSCar. e-mail: <luciessere@gmail.com>; <pmbc@iris.ufscar.br>.

2 Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos. e-mail: <irineu@power.ufscar.br>.

para os detritos íntegros foi 1,65 vez maior que a média dos demais detritos ($0,0115 \text{ dia}^{-1}$). No geral, esses resultados sugeriram que a maior demanda de oxigênio na mineralização aeróbia dos detritos íntegros esteve relacionada à presença de compostos hidrossolúveis lábeis em sua composição. A mineralização dos detritos previamente decompostos consumiu menor quantidade de oxigênio, e os processos foram mais lentos. Dessa forma, os detritos íntegros apresentam em sua composição substâncias com maior grau de degradação (por exemplo, ceras, pectinas, mucilagens e óleos) que os detritos mais antigos, que são formados apenas por fibras (celulose e lignina).

Palavras-chave: *Cyperus giganteus*; mineralização aeróbia; detritos refratários; detritos íntegros.

Introdução

Nos ecossistemas aquáticos, os estoques de matéria orgânica são basicamente constituídos por detritos, sendo atribuído à biomassa dos organismos vivos um papel secundário (WETZEL, 1983). A maior fração dos detritos nos ambientes aquáticos encontra-se na forma de matéria orgânica dissolvida (MOD), e a menor fração constituiu-se em matéria orgânica particulada (MOP). As transformações bioquímicas da MOD e da MOP de origem vegetal que ocorrem por meio do metabolismo microbiano são fundamentais para a dinâmica dos ciclos de carbono, de nutrientes e para o fluxo de energia dos ecossistemas aquáticos (WETZEL, 1995). Os metabolismos associados com a MOP e a MOD fornecem a energia necessária para a operação e a estabilidade metabólica de todo o ecossistema (WETZEL, 1991).

A MOP é formada, principalmente, de celulose, hemicelulose e lignina. No processo de decomposição, esses polímeros orgânicos são hidrolisados e os oligômeros ou monômeros produzidos são metabolizados na presença ou ausência do oxigênio. A disponibilidade dos aceptores de elétrons determina as variações das rotas metabólicas utilizadas. Cerca de 50% a 80% da biomassa de plantas aquáticas é composta por fibras que apresentam uma proporção de polissacarídeos/lignina que varia de 1,75:1 a 7:1 (MACCUBBIN & HODSON, 1980; BIANCHINI JR. & TOLEDO, 1996). Em comparação com a celulose, a lignina (que corresponde de 10% a 30% da biomassa) é degradada mais vagarosamente e, portanto, tende ao acúmulo nos sedimentos lacustres. A celulose, a hemicelulose e a lignina são os principais componentes dos detritos vegetais. Dessa forma, a ciclagem desses elementos é indispensável ao ciclo do carbono. Cada polímero é degradado por uma variedade de microrganismos que produzem enzimas que atuam em sinergia (PÉREZ et al., 2002).

Diante da importância da mineralização para entender os ciclos biogeoquímicos dos ecossistemas aquáticos, vários métodos têm sido propostos para descrever a evolução desse processo. As cinéticas de oxigênio podem refletir o efeito de vários fatores condicionantes do processo de mineralização; assim, experimentos elaborados à semelhança dos ensaios de DBO têm sido propostos para descrever os efeitos de fatores bióticos e abióticos sobre a ciclagem de matéria orgânica dos sistemas aquáticos (PERET & BIANCHINI JR., 2004). Experimentos de mineralização com vários tipos de recursos indicaram que os parâmetros cinéticos de consumo de oxigênio alteraram-se em decorrência das características qualitativas dos substratos. Diante do exposto, este estudo visou discutir as características intrínsecas das

frações refratárias sobre a demanda bentônica de oxigênio nos ecossistemas aquáticos, assim como avaliar os efeitos da idade dos detritos sobre essa demanda.

Materiais e Métodos

Local de coleta de água e macrófita aquática

A Lagoa do Óleo (21°36'S e 47°49'W) situa-se na Estação Ecológica de Jataí (21°33' a 21°37'S e 47°45' a 47°51'W), município de Luiz Antônio, SP. Tal lagoa é formada pelo isolamento de alguns meandros do Rio Mogi-Guaçu, em decorrência de processos de erosão e sedimentação, representando um ecossistema típico do sistema rio-planície de inundação no trecho médio do Rio Mogi-Guaçu, sendo classificada como uma lagoa de infiltração subterrânea (SANTOS et al., 1995).

Nesse estudo, foi utilizada a macrófita *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae), espécie emergente, rizomatosa, perene, ereta, de 1,5 a 3,0 m de altura, que floresce de janeiro a maio. É encontrada desde o México até a América do Sul (Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia) em lagoas permanentes ou temporárias, vazantes e planícies de inundação de rios, solo arenoso ou argiloso (POTT & POTT, 2000).

As amostras de água foram coletadas em três profundidades: superfície (0,1 m), meio (2,5 m) e fundo (5,0 m), na Lagoa do Óleo, com uma garrafa de Van Dorn. No laboratório, as amostras foram misturadas, filtradas (usando lã de vidro) e aeradas por 24 horas. Depois de coletadas, em laboratório, as amostras de planta (*C. giganteus*) foram lavadas em água corrente, secas em estufa (45°C), até atingirem peso constante e, posteriormente, foram trituradas em moinho tipo Willye (Tecnal; modelo TE-650).

Experimento de consumo de oxigênio

Foram preparadas câmaras de mineralização (n = 16) mantidas no escuro, sob condições aeróbias e temperatura controlada (20°C), contendo detritos íntegros (não submetidos à decomposição) e com 5, 11, 15, 22, 30, 42 e 60 dias (de decomposição prévia) e água da lagoa (proporção: 1,67 g PS L⁻¹). Também foram preparadas duas câmaras controle, contendo apenas água da lagoa.

As concentrações de oxigênio dissolvido foram determinadas durante 153 dias (método polarográfico; oxímetro YSI modelo 58; precisão 0,03 mg L⁻¹). As ocorrências de processos anaeróbios foram evitadas pela reoxigenação periódica dos frascos. Ao término desse período, as câmaras foram fracionadas, os detritos remanescentes foram secos e suas massas foram determinadas.

As variações temporais de consumo de oxigênio foram ajustadas ao modelo matemático representado pela Equação 1:

$$OC = OC_{m\acute{a}x} \left(1 - e^{-k_D t} \right) \quad (1)$$

em que: OC = oxigênio consumido (mg g⁻¹ de detrito); OC_{máx} = consumo máximo de oxigênio (mg g⁻¹ de detrito); k_D = coeficiente de desoxigenação; e t = tempo (dia).

O tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) do processo de decomposição foi calculado de acordo com a Equação 2:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 0,5}{-k_d} \quad (2)$$

Análise estatística

Os consumos acumulados de OD dos tratamentos foram linearizados, e os testes de variância unidirecional (ANOVA, um-fator) e de comparação múltipla de Tukey-Kramer foram aplicados para avaliar as diferenças entre as idades dos detritos, sendo adotado um nível de significância alfa de 0,05.

Resultados e Discussão

Estudos cinéticos referentes aos processos de decomposição admitem, usualmente, que exista proporcionalidade entre o desaparecimento do substrato e a formação dos produtos (CHARACKLIS, 1990). No caso dos processos aeróbios, admite-se, por extensão, que tal proporcionalidade seja válida também entre o consumo de oxigênio e a formação de produtos como o dióxido de carbono (BIANCHINI JR. et al., 2006). Os consumos de oxigênio dissolvido durante o processo de decomposição aeróbia dos detritos de *C. giganteus* são apresentados na Figura 1. Os detritos previamente decompostos (5, 11, 22, 30, 42 e 60 dias) não apresentaram diferenças significativas em relação ao $OC_{máx}$ ($p > 0,05$). Em relação à idade dos detritos, houve diferenças significativas entre os processos de mineralização aeróbia ($p < 0,05$) dos detritos íntegros e os demais.

Os detritos com 11 dias de decomposição prévia apresentaram o menor $OC_{máx}$ (123 mg g^{-1}). Entre os detritos previamente decompostos, o maior valor de $OC_{máx}$ foi observado no detrito com 15 dias de idade (169 mg g^{-1}). A média do valor de $OC_{máx}$ para os detritos anteriormente decompostos foi de 159 mg g^{-1} ($DP = 16 \text{ mg g}^{-1}$; $n = 7$). O detrito integral apresentou valor de $OC_{máx}$ de 366 mg g^{-1} . Os valores do coeficiente de determinação obtidos nos ajustes variaram de 0,94 a 0,99, indicando que o modelo cinético adotado foi adequado (Tabela 1).

Os detritos de macrófitas aquáticas são considerados recursos heterogêneos do ponto de vista químico. São formados por duas classes de compostos: as frações lábeis e as refratárias. As frações lábeis correspondem, de modo geral, aos conteúdos citoplasmáticos hidrossolúveis (por exemplo, polifenóis, polissacarídeos, pigmentos, flavonóides, alcalóides). As frações refratárias são constituídas pela matriz lignocelulósica e demais compostos estruturais refratários (BRINSON et al., 1981). Neste estudo, os detritos previamente decompostos foram, em princípio, considerados refratários, sendo, nesse caso, compostos basicamente por celulose, lignina e hemicelulose.

Em relação à cinética do processo de mineralização dos detritos integrais, as oxidações das frações lábeis geraram demanda elevada de oxigênio (366 mg g^{-1}), que foi 2,3 vezes maior que a média estimada para os detritos previamente decompostos. Por outro lado, a estabilização do consumo de oxigênio provavelmente esteve associada à permanência e mineralização das frações refratárias. Assim, compostos lábeis são degradados mais rapidamente, e tal processo consome oxigênio com maiores taxas. Essa tendência também foi observada em outros

estudos que consideraram a mineralização aeróbia de detritos (BRUM et al., 1999; FARJALLA & ESTEVES, 1999; BITAR & BIANCHINI JR., 2002; PERET & BIANCHINI JR., 2004).

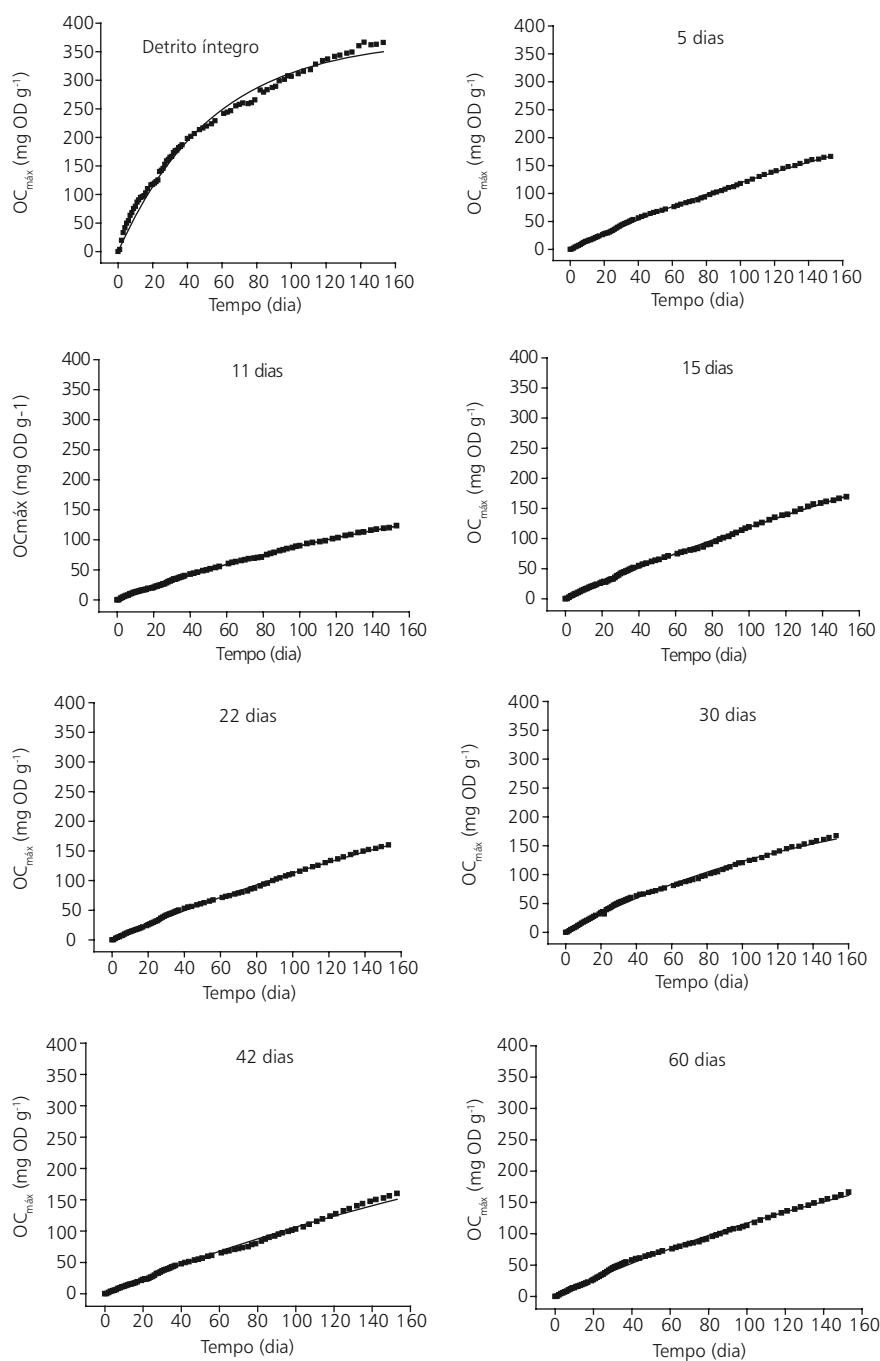


Figura 1 Cinéticas de consumo de oxigênio da mineralização de *Cyperus giganteus*.

Tabela 1 Parametrização do modelo cinético de consumo de oxigênio da mineralização.

Idade do detrito	OC _{máx} (mg g ⁻¹)	k _D (dia ⁻¹)	Erro (dia ⁻¹)	t _{1/2} (dia)	r ²
Não decomposto	366	0,0190	0,0002	38	0,99
5	166	0,0117	0,0003	191	0,96
11	123	0,0122	0,0003	141	0,97
15	169	0,0113	0,0003	266	0,95
22	160	0,0114	0,0002	220	0,96
30	167	0,0125	0,0002	105	0,97
42	160	0,0103	0,0003	165	0,94
60	166	0,0114	0,0002	158	0,97

Na Tabela 2 apresenta-se uma compilação de experimentos de consumo de oxigênio que contemplaram a degradação de detritos íntegros de diversas espécies de macrófitas aquáticas. Em geral, os detritos apresentaram valores de OC_{máx} variando entre 24 e 700 mg g⁻¹. Os maiores valores de OC_{máx} foram encontrados para *Egeria najas* (700 mg g⁻¹) e *Wolffia* sp (573 mg g⁻¹); os menores valores foram observados na mineralização de *Scirpus cubensis* (24 mg g⁻¹), *Typha domingensis* (32 mg g⁻¹) e *Eleocharis fistulosa* (60 mg g⁻¹). A mineralização de *C. giganteus*, realizada por Bianchini Jr. et al. (2006), gerou OC_{máx} de 316 mg g⁻¹. No presente estudo, o valor de OC_{máx} obtido na mineralização de *C. giganteus* foi similar (Tabela 2). Deve-se ressaltar que vários fatores interferem nos valores de k_D nos estudos de mineralização, entre os quais citam-se: 1) hábito da espécie: macrófitas aquáticas emergentes apresentam maiores conteúdos de frações estruturais, como, por exemplo, celulose e lignina (ESTEVES, 1998), apresentando perdas de massa mais lentas na decomposição; 2) composição e número da microbiota decompositora: a quantidade e a especificidade dos organismos heterotróficos pelo substrato podem ser consideradas funções reguladoras dos processos metabólicos; 3) estado trófico do local de estudo: ambientes mais eutrofizados apresentam maior disponibilidade de nutrientes; 4) técnica experimental de preparação dos bioensaios: o poro de membrana utilizado na filtração e no pré-tratamento do material vegetal influencia as taxas de decomposição (SINGHAL et al., 1992; SANTOS et al., submetido); e 5) temperatura de incubação dos bioensaios: a taxa metabólica dos organismos decompositores é diretamente proporcional ao aumento da temperatura (BARILLIER & GARNIER, 1993).

Os resultados sugerem que os detritos previamente decompostos não mais possuíam compostos de natureza lábil, sendo constituídos, basicamente, de lignina, celulose e hemicelulose. Esses compostos tendem ao acúmulo nos ambientes aquáticos e, durante suas mineralizações, apresentam baixas taxas de consumo de oxigênio. O conteúdo e a composição das estruturas refratárias basicamente definem o tempo de meia-vida dos detritos de macrófitas (BIANCHINI JR., 2003). Estudos que contemplaram a mineralização aeróbia de detritos refratários apresentaram valores menores de OC_{máx}, variando entre 35 e 169 mg g⁻¹ (Tabela 2). Nesse contexto, as cascas de árvores e os galhos foram os recursos que menos consumiram oxigênio (44 e 35 mg g⁻¹, respectivamente). Em relação aos detritos de *C. giganteus*, os valores de OC_{máx} oscilaram entre 123 a 169 mg g⁻¹ (Tabela 2), e os consumos acumulados de oxigênio para os detritos previamente decompostos apresentam curvas similares, indicando homogeneidade na composição química desses recursos.

Tabela 2 Parametrização do processo de consumo de oxigênio da degradação de diversas espécies de macrófitas aquáticas (detritos íntegros) e de detritos refratários, em que: $OC_{máx}$ = consumo máximo de oxigênio acumulado; e k_D = coeficiente de desoxigenação.

Recurso	$OC_{máx}$ (mg g ⁻¹)	k_D (dia ⁻¹)	Autor
Macrófitas aquáticas - Detritos íntegrais			
<i>Cabomba</i> sp	342	0,093	Bitar (1995)
<i>Cabomba piauhtensis</i>	339	0,097	Cunha & Bianchini Jr. (1998)
<i>Cabomba furcata</i>	384	0,045	Bianchini Jr. et al. (2006)
<i>Egeria najas</i>	700	0,014	Bianchini Jr. et al. (2006)
<i>Eichhornia azurea</i>	140	0,199	Bitar (1995)
<i>Eichhornia azurea</i>	279	0,027	Bianchini Jr. et al. (2006)
<i>Eleocharis fistulosa</i>	60	0,040	Farjalla & Esteves (1999)
<i>Lemma</i> sp	230	0,230	Bitar (1995)
<i>Nymphaea ampla</i>	258	0,136	Brum et al. (1999)
<i>Nymphaea ampla</i>	450	0,112	Farjalla & Esteves (1999)
<i>Potamogeton stenostachys</i>	377	0,054	Brum et al. (1999)
<i>Potamogeton stenostachys</i>	360	0,070	Farjalla & Esteves (1999)
<i>Salvinia</i> sp	185	0,079	Bitar (1995)
<i>Salvinia auriculata</i>	165	0,041	Bianchini Jr. et al. (2006)
<i>Scirpus cubensis</i>	144	0,166	Bitar (1995)
<i>Scirpus cubensis</i>	24	2,204	Cunha & Bianchini Jr. (1998)
<i>Typha domigensis</i>	139	0,147	Brum et al. (1999)
<i>Typha domigensis</i>	32	0,014	Farjalla & Esteves (1999)
<i>Wolffia</i> sp	573	0,079	Bitar (1995)
<i>Utricularia breviscapa</i>	220	0,062	Cunha-Santino (2003)
<i>Utricularia breviscapa</i>	497	0,023	Bianchini Jr. et al. (2006)
<i>Cyperus giganteus</i>	317	0,025	Bianchini Jr. et al. (2006)
<i>Cyperus giganteus</i>	366	0,019	neste estudo
<i>Oxycaryum cubense</i>	275	0,038	Bianchini Jr. et al. (2006)
Detritos refratários			
Galhos	35	0,529	Antonio et al. (1999)
Cascas de árvores	44	0,364	Antonio et al. (1999)
Serrapilheira	118	0,118	Antonio et al. (1999)
<i>Cyperus giganteus</i> (5 dias)	166	0,0118	neste estudo
<i>Cyperus giganteus</i> (11 dias)	123	0,0123	neste estudo
<i>Cyperus giganteus</i> (15 dias)	169	0,0113	neste estudo
<i>Cyperus giganteus</i> (22 dias)	160	0,0114	neste estudo
<i>Cyperus giganteus</i> (30 dias)	167	0,0125	neste estudo
<i>Cyperus giganteus</i> (42 dias)	160	0,0103	neste estudo
<i>Cyperus giganteus</i> (60 dias)	166	0,0115	neste estudo

Os resultados também mostraram baixos consumos de oxigênio para todos os detritos previamente decompostos se comparados com o recurso integral.

Com base nos ajustes dos resultados ao modelo cinético, verificou-se que as mineralizações dos detritos refratários apresentaram coeficientes de desoxigenação (k_D) com valores menores (média: 0,0115 dia⁻¹; DP: 0,0007 dia⁻¹) que o registrado na mineralização do detrito íntegro (0,0190 dia⁻¹; $t_{1/2}$: 38 dias). Entre os detritos refratários, o menor valor de k_D foi estimado para o detrito de 42 dias (0,0103 dia⁻¹; $t_{1/2}$: 165 dias), e o maior, para o de 30 dias de decomposição prévia (0,0125 dia⁻¹; $t_{1/2}$: 105 dias). O k_D médio (0,167 dia⁻¹) calculado das mineralizações dos detritos integrais de macrófitas aquáticas (Tabela 2) foi 14 vezes mais elevado que o verificado nas mineralizações dos detritos refratários de *C. giganteus* (0,0116 dia⁻¹). Nesse caso, os baixos valores de k_D revelam que os processos de mineralização desses detritos são mais lentos, tendendo ao acúmulo de material refratário nos sedimentos da Lagoa do Óleo.

Um estudo comparativo da decomposição de rizomas de *Phragmites australis* também analisou as diferenças na degradação de detritos de diferentes idades. Rizomas com menos de um ano perderam, durante o tempo de observação (12 meses), cerca de 20% de sua massa original, enquanto rizomas com de 1 a 4 anos perderam apenas 6% (ASAEDA & NAM, 2002).

Com base nos resultados obtidos neste estudo, concluiu-se que os processos de mineralização aeróbia dos detritos integrais de *C. giganteus* consomem elevadas concentrações de oxigênio dissolvido em um curto período, enquanto os detritos refratários geram uma demanda de oxigênio 2,3 vezes menor. Dessa forma, esses detritos tendem ao acúmulo no sedimento da Lagoa do Óleo e produzem, a longo prazo, baixas demandas de oxigênio dissolvido, até que sejam colmatados, tornando-se constituintes permanentes do sedimento. Em relação à idade do detrito, no caso, os detritos de *C. giganteus*, com 60 dias de decomposição prévia, não foram suficientes para promover diferenças nos consumos de oxigênio na degradação aeróbia, provavelmente por causa dos teores elevados de fibras do tecido de sustentação dessa espécie.

Agradecimentos

Agradecimento a André M. Peret, pela cessão do material, à FAPESP (01/02198-5) e ao CNPq, Processos 300959/2004-4 e 150169/2004-3, pelas concessões de bolsas de estudo.

Referências Bibliográficas

- ANTONIO, R. M.; BITAR, A. L.; BIANCHINI JR., I. Consumo de oxigênio na mineralização de folhas, galhos, cascas e serapilheira. *Acta Limnologica. Brasiliensia*, v. 11, n. 2, pp. 1-16, 1999.
- ASAEDA, T.; NAM, L. H. Effects of rhizome age on the decomposition rate of *Phragmites australis* rhizomes. *Hydrobiologia*, v. 485, n. 1-3, pp. 205-208, 2002.
- BARILLIER, A.; GARNIER, J. Influence of temperature and substrate concentration on bacterial growth yield in Seine River water batch cultures. *Applied Environment Microbiology*, v. 59, n. 5, pp. 1678-1682, 1993.
- BIANCHINI JR., I. PERET, A. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. A mesocosm study of aerobic mineralization of seven aquatic macrophytes. *Aquatic Botany*, v. 85, n. 2, pp. 163-167, 2006.

- BIANCHINI JR., I.; TOLEDO, A. P. P. Estudo da mineralização de *Eleocharis mutata*. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA. São Carlos, 1996. pp. 52-72.
- BIANCHINI JR., I. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: Eduem, 2003. pp. 85-126.
- BITAR, A. L. Contribuição para o estudo dos processos de mineralização em sistemas aquáticos. 1995. 46 p. (Monografia) – UFSCar, São Carlos.
- BITAR, A. L.; BIANCHINI JR., I. Mineralisation assays of some organic resources of aquatic systems. *Brazilian Journal of Biology*, v. 62, n. 4A, pp. 557-564, 2002.
- BRINSON, M. M.; LUGO A. M.; BROWN, S. Primary productivity, decomposition and consumer activity in freshwater wetlands. *Annual Review Ecology and Systematic*, v. 12, pp. 123-161, 1981.
- BRUM, P. R.; FARJALLA, V. F.; GONÇALVES JR., J. F.; SANTOS, A. M.; PÔRTO, M. T.; VIEIRA, E. D. R.; FERREIRA, F. M.; BIANCHINI JR., I. Aspects of the uptake of dissolved oxygen in Cabiúnas and Imboassica Lagoons (Macaé, RJ). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 42, n. 4, pp. 433-440, 1999.
- CHARACKLIS, W. G. Kinetics of microbial transformations. In: CHARACKLIS, W. G.; MARSHALL, K. C. (Ed.). *Biofilms*. New York: Wiley & Sons, 1990. Kinetics of microbial transformations. pp. 233-264.
- CUNHA, M. B.; BIANCHINI JR., I. Mineralização aeróbia de *Cabomba piauhyensis* e *Scirpus cubensis*. *Acta Limnologica. Brasiliensia*, v. 10, n. 1, pp. 81-91, 1998.
- CUNHA-SANTINO, M. B. *Atividade enzimática, cinética e modelagem matemática da decomposição de Utricularia breviscapa da Lagoa do Óleo (Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antonio, SP)*. 2003. 140 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos da Limnologia*. Interciência/Finep, 1998. 602 p.
- FARJALLA, V. F. M. C. C.; ESTEVES, F. A. Uptake of oxygen in the initial stages of decomposition of an aquatic macrophytes and detritus from terrestrial vegetation in a tropical coastal lagoon. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 11, n. 2, pp. 185-193, 1999.
- MACCUBBIN, A. E.; HODSON, R. E. Mineralization of detrital lignocellulose by salt marsh sediment microflora. *Applied Environment Microbiology*, v. 40, pp. 735-740, 1980.
- PERET, A. M.; BIANCHINI JR., I. Stoichiometry of aerobic mineralization (O/C) of aquatic macrophytes leachate from a tropical lagoon (São Paulo – Brazil). *Hydrobiologia*, v. 528, pp. 167-178, 2004.
- PÉREZ, J. M. -D. J.; DE LA RUBIA, T.; MARTÍNEZ J. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *International Microbiology*, v. 5, pp. 53-63, 2002.
- POTT, V. J.; POTT, A. *Plantas aquáticas do Pantanal*. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.
- SANTOS, J. E.; BALLESTER, M. V. R.; JESUS, T. P.; PIRES, J. S. R.; OBARA, A. T. Abordagem sistêmica para o manejo de áreas naturais de conservação. Caso de estudo: Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP. *Oecologia Brasiliensis*, v. 1, pp. 487-502, 1995.

SANTOS, M. G.; CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR., I. *Methodological test of efficiency of heterothrophic potencial*. (submetido.)

SINGHAL, P. K.; GAUR, S.; TALEGAONKAR, I. Relative contribution of different decay processes to the decomposition of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Aquatic Botany*, v. 42, pp. 265-272, 1992.

WETZEL, R. G. *Limnology*. Philadelphia: Saunders, 1983. 767 p.

WETZEL, R. G.; LIKENS, J. E. *Limnological analyses*. Springer-Verlag, 1991. 391 p.

WETZEL, R. G. Death, detritus and energy flow in aquatic ecosystems. *Freshwater Biology*, v. 33, pp. 83-89, 1995.