

## DECOMPOSIÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA ALÓCTONE E AUTÓCTONE EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

*Karen Zauner Gimenes<sup>1</sup>, Marcela Bianchessi da Cunha-Santino<sup>1</sup> & Irineu Bianchini Jr.<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Hidrobiologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPGERN). Rodovia Washington Luiz, Km 235. Caixa. Postal 676, São Carlos, SP, Brasil, CEP 13565-905.

E-mails: gimeneskz@gmail.com, cunha\_santino@ufscar.br, irineu@ufscar.br\*.

### RESUMO

Existem duas fontes de detritos para os ecossistemas aquáticos lóticos e lênticos: alóctone, composta principalmente por folhas providas da vegetação ripária, e autóctone, onde se destacam as macrófitas aquáticas. Neste artigo faz-se uma revisão sobre o processo de decomposição, os fatores que o controlam, e os agentes biológicos que atuam em cada fase do processo: (i) lixiviação, (ii) condicionamento e (iii) fragmentação. Uma forma de sintetizar todo esse processo para que se permita a comparação dos dados é o cálculo do coeficiente de decaimento. Através da compilação e classificação de vários coeficientes de decaimentos de folhas da mata ripária e de macrófitas aquáticas obtidos em diversos estudos foi possível observar que: (i) o coeficiente de decomposição dos materiais autóctones foi superior ao dos materiais alóctones ( $t_{1/2} = 56$  e 35 dias, respectivamente) embora o decaimento dos dois tipos de material tenha sido classificada como rápido; (ii) o coeficiente de decaimento foi maior para as folhas decompostas em clima Tropical do que Temperado, com tempos de meia-vida respectivamente iguais a 25 e 44 dias; (iii) as macrófitas de hábito flutuantes foram as que apresentaram menores taxas de decomposição (lenta), seguidas pelas espécies emergentes (médio) e submersas (rápido), com tempos de meia-vida respectivamente iguais a 168, 112 e 33 dias.

**Palavras-chave:** Decomposição; matéria orgânica alóctone; matéria orgânica autóctone; coeficientes de decaimento.

### ABSTRACT

**DECOMPOSITION OF ALLOCHTHONOUS AND AUTOCHTHONOUS ORGANIC MATTER IN AQUATIC ECOSYSTEMS.** There are two sources of detritus for aquatic ecosystems: allochthonous, composed mainly by leaves from the riparian vegetation, and autochthonous, with emphasis on the aquatic macrophytes. This article presents a review of the decomposition process, the factors controlling it, and the biological agents acting at each stage of the process: (i) leaching, (ii) conditioning and (iii) fragmentation. A way to summarize the decomposition process allowing comparison of data is to calculate the decay coefficient. In compilation and classification of numerous decay coefficients from leaves of riparian vegetation and aquatic macrophytes obtained by several authors in studies of decomposition in aquatic ecosystems, we observed that: (i) the decomposition rate of autochthonous materials was higher than that of allochthonous material ( $t_{1/2} = 56$  and 35 days, respectively), despite the decay of both types of material has been classified as fast, (ii) the decay rate was higher for leaves decomposing in Tropical than in Temperate climate, with half-life respectively equal to 25 and 44 days, (iii) the floating macrophytes showed the lowest decomposition rates (slow), followed by emergent (middle) and submerged (fast) species, with half-life times, respectively, equal to 168 112 and 33 days.

**Keywords:** Decomposition; allochthonous organic matter; autochthonous organic matter; decay coefficient.

## RESUMEN

**DESCOMPOSIÇÃO DE MATERIA ORGÂNICA ALÓCTONO Y AUTÓCTONO EN ECOSISTEMA ACUÁTICO.** Hay dos fuentes de los desechos para los organismos acuáticos lóticos y lénticos: alóctonas, compuesto principalmente por tallos hojas de la vegetación ribereña y las autóctonas, que ponen de relieve las macrófitas. En este artículo se presenta una revisión del proceso de descomposición, los factores que controlan, y los agentes biológicos que actúan en cada etapa del proceso: (i) la lixiviación, (ii) acondicionado y (iii) la fragmentación. Una manera de resumir todo este proceso para permitir una comparación de los datos es el cálculo del coeficiente de decaimiento. A través de la recopilación y clasificación de los distintos coeficientes de hojas en descomposición de la vegetación ribereña y los macrófitas acuáticos obtenidos en varios estudios se observó que: (i) la tasa de descomposición de los materiales autóctonos fue mayor que el material alóctono ( $t_{1/2} = 56$  y 35 días, respectivamente), a pesar de la decadencia de los dos tipos de material ha sido clasificado como rápida, (ii) la tasa de disminución fue mayor para las hojas en descomposición en la zona templada que en las tropicales, con la vida media, respectivamente, por el 25 y 44 días, (iii) el hábito de macrófitas flotantes mostraron las menores tasas de descomposición (lento), seguidas por las emergentes (medio) y sumergido (rápido), con la vida media igual a, respectivamente, 168, 112 y 33 días.

**Palabras claves:** Descomposición; materia orgánica alóctona; materia orgánica autóctona; coeficiente de descomposición.

## FONTES DE ENERGIA PARA OS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS LÓTICOS E LÊNITICOS

De acordo com Cushing & Allan (2001), toda a energia da cadeia alimentar de sistemas lóticos provém da produção primária, porém não necessariamente da vegetação aquática. Existem duas possíveis fontes de detritos para os ecossistemas aquáticos: (i) alóctone, isto é, aquela produzida fora do ecossistema e (ii) autóctone, aquela gerada dentro do próprio sistema (Webster & Benfield 1986).

A vegetação ripária é responsável pela maior parte da matéria orgânica alóctone dos ecossistemas aquáticos lóticos, subsidiando estes sistemas com energia na forma de galhos, folhas, acículas, cascas, troncos, frutas, flores, sementes, pólen, detritos de insetos e exsudados (Mathooko *et al.* 2000, Wetzel 2001, Lamberti & Gregory 2007), que atingem o corpo d'água por queda direta (movimento vertical) ou por transporte, pelo vento ou outros agentes, do material depositado no solo da floresta (movimento lateral) (Benfield 1997, Eloisegi & Pozo 2005). As folhas são, geralmente, a fração mais abundante (Eloisegi & Pozo 2005), podendo representar mais de 50% do material orgânico particulado que entra no ecossistema aquático (ex. Gonçalves *et al.* 2006a). Em rios de baixa ordem com margem vegetada, o material alóctone é a principal fonte de energia para as comunidades aquáticas (Trevisan & Hepp 2007), uma

vez que o sombreamento do rio pelas densas copas das árvores reduz a penetração da radiação solar, consequentemente restringindo a produção primária e amortecendo o sistema contra temperaturas extremas (Abelho 2001, Gonçalves *et al.* 2006b, Graça & Canhoto 2006, Hauer & Hill 2007).

O material autóctone representa apenas uma pequena parte da energia dos rios com margens florestadas (Abelho 2001). No entanto, à medida que a ordem do rio aumenta, o material alóctone de grandes dimensões que entra diretamente nos cursos de água perde importância e, simultaneamente, a produção primária autóctone aumenta (Vannote *et al.* 1980). As fontes autóctones de matéria orgânica incluem as algas aderidas a substratos submersos e as macrófitas aquáticas, embora em rios de grandes dimensões o fitoplâncton não deva ser subestimado (Cushing & Allan 2001). Em regiões tropicais com estação de crescimento contínua, as macrófitas aquáticas emergentes podem ser muito produtivas (Wetzel 2001). Esse grande potencial de crescimento, juntamente com as condições favoráveis de temperatura e de nutrientes da maioria dos lagos e reservatórios tropicais, tornam as macrófitas uma importante fonte de matéria orgânica detrital para esses ambientes (Bianchini Jr. 1999). O papel das macrófitas como fonte de energia em rios adquire maior importância após a morte das mesmas, quando ocorre a transferência de carbono e de nutrientes para a comunidade heterotrófica (Cushing & Allan 2001,

Cunha-Santino *et al.* 2008). Assim, a decomposição da matéria orgânica alóctone ou autóctone constitui um processo-chave no metabolismo dos ecossistemas aquáticos.

## DECOMPOSIÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA VEGETAL EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Basicamente, a decomposição da matéria orgânica resulta na mudança de estado do detrito, sob a influência de vários fatores bióticos e abióticos. Essa transformação pode ser quantificada pela taxa de perda de massa. A decomposição completa os ciclos biogeoquímicos iniciados pela fotossíntese. A intensidade da decomposição dos detritos aquáticos é característica para cada espécie, dependendo do tamanho, estrutura morfológica e composição química inicial (denominada fatores intrínsecos). Fatores extrínsecos como temperatura, teor de oxigênio, atividade microbológica e processos físicos também afetam as taxas de decomposição (Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2006). A decomposição de matéria orgânica vegetal é caracterizada por três fases que se sobrepõem: lixiviação, condicionamento e fragmentação (Gessner *et al.* 1999, Bitar *et al.* 2002).

### LIXIVIAÇÃO

A lixiviação é definida como a remoção abiótica dos constituintes hidrossolúveis e com natureza polar presentes nas frações protoplasmáticas das plantas (Moorhead *et al.* 1996, Bärlocher 2005, Brinson 1977, Davis III *et al.* 2006, Davis III & Childers 2007). As substâncias lixiviadas incluem compostos orgânicos (açúcares, ácidos orgânicos, proteínas, compostos fenólicos) e inorgânicos (K, Ca, Mg e Mn) (Davis III *et al.* 2003). Esta fase é muito rápida, podendo ocorrer nas primeiras 24 horas (Fallon & Pfaender 1976, Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2000), 48 horas (Wrubleski *et al.* 1997, Pope *et al.* 1999, Brum & Esteves 2001, Albariño & Balseiro 2002), 3 dias (Otsuki & Wetzel 1974, Schlickeisen *et al.*, 2003), 4 dias (Singhal *et al.* 1992, Gupta *et al.* 1996), 7 dias (Esteves & Barbieri 1983, Canhoto & Graça 1996) e até 15 dias (France *et al.* 1997). A lixiviação ocorre logo após a imersão das folhas na água e as perdas por este processo podem atingir, ou mesmo ultrapassar, 30% da massa inicial das folhas

(Petersen & Cummins 1974, Webster & Benfield 1986, Bärlocher 2005). Menéndez *et al.* (2001), por exemplo, verificaram uma queda de cerca de 40% da massa inicial de *Populus nigra* após 3 dias de decomposição.

Os valores elevados de lixiviação, entretanto, podem ser o resultado de manipulações experimentais (Gessner & Schwoerbel 1989, Bärlocher 1997). Em muitos experimentos é realizada, por exemplo, uma secagem prévia do material a ser decomposto, em geral em estufa, a fim de se quantificar a massa inicial dos substratos (Taylor & Bärlocher 1996, Bärlocher 1997), o que pode causar alterações na integridade do tecido, criando rupturas por onde os compostos solúveis saem mais facilmente (Gessner *et al.* 1999). Gessner & Schwoebel (1989) observaram que folhas frescas de *Alnus glutinosa* e *Salix fragilis* não apresentaram perda de massa significativa após 6,5 dias submersas, enquanto as folhas secas em temperatura ambiente perderam, respectivamente, 20 e 25% de suas massas iniciais em apenas 24 horas. Entretanto, Taylor & Bärlocher (1996) avaliaram a lixiviação de folhas frescas e secas à temperatura ambiente de 27 espécies arbóreas e observaram que a secagem acarreta mudanças significativas na perda de massa; porém, a magnitude e direção dessa mudança parecem estar mais diretamente relacionadas às propriedades individuais de cada espécie do que ao processo de secagem. Em muitas espécies, a perda de massa foi maior após a secagem, atingindo valores até 21% (*Populus grandidentata*) superior à das folhas frescas, enquanto em outras o efeito foi inverso, ou seja, a secagem reduziu a perda de massa em até 13% (*Quercus rubra*), e, em outras ainda, a diferença não foi significativa.

A trituração prévia do material para fins experimentais também pode aumentar as taxas de lixiviação por exposição direta do mesófilo ao ambiente. Nykvist (1963) atribuiu à trituração um aumento de até 11% da taxa de lixiviação de espécies lenhosas após 24 horas. A intensidade da lixiviação pode ainda ser influenciada por fatores intrínsecos à planta, como o tamanho, a estrutura morfológica e a composição química inicial, ou extrínsecos, como temperatura, turbulência e condições de oxidação-redução (ex. Nykvist 1963, Park & Cho 2003).

A liberação dos compostos hidrossolúveis do material vegetal morto não apenas é influenciado,

como também influencia o meio onde ocorre, por exemplo, elevando (Gessner & Schwoerbel 1989, Pagioro & Thomaz 1999, Park & Cho 2003) ou diminuindo (Siefert & Mutz 2001) a condutividade elétrica e o pH, de acordo com a composição das substâncias lixiviadas (Nykvist 1963, Gessner & Schwoerbel 1989). As liberações de compostos solúveis são de extrema importância para os ecossistemas aquáticos, uma vez que a biomassa senescente encontra-se em permanente contato com a água (Polunin 1984); desta forma, estas substâncias são rapidamente incorporadas na forma de matéria orgânica dissolvida (MOD), elevando, assim, o potencial de utilização pelo metabolismo microbiano (Wetzel 1995). Devido aos elevados teores de nutrientes e à natureza da MOD, os compostos lixiviados da decomposição das macrófitas aquáticas tendem ser muito reativos, apresentando frações que são prontamente disponibilizadas para o metabolismo do bacterio e fitoplâncton (Findlay *et al.* 1986; Sala & Güde 1999; Faria & Esteves 2001).

#### CONDICIONAMENTO (CATABOLISMO)

Condicionamento ou catabolismo é a colonização da matéria orgânica (ex. folhas) por micro-organismos. Tal comunidade microbiana é composta basicamente por fungos e bactérias (Gonçalves *et al.* 2006b), tendo os fungos maior relevância do que as bactérias neste processo, em termos de biomassa e atividade (ex. Weyers & Suberkropp 1996, Hieber & Gessner 2002, Gulis & Suberkropp 2003b, Pascoal & Cássio 2004, Abelho *et al.* 2005). Baldy *et al.* (1995) observaram que, em média, 96% da biomassa microbiana associada às folhas em decomposição é representada pelos fungos. Dentre os fungos, os Hyphomycetes, fungos que produzem conídios exclusivamente em meio aquático, são os que apresentam maior importância no processo de mineralização do material vegetal em decomposição (Schoenlein-Crusius & Grandi 2003).

Os micro-organismos aceleram a decomposição de duas formas: (i) diretamente, através da maceração, metabolismo e incorporação das folhas para a produção secundária e (ii) indiretamente, aumentando a palatabilidade e valor nutricional dos detritos para os invertebrados detritívoros (Allan 1995, Abelho 2001).

A celulose, lignina e hemicelulose são, em termos de biomassa, os constituintes mais importantes das plantas (Pérez *et al.* 2002) e também das folhas mortas, após a lixiviação, embora estas fibras não sejam, geralmente, digeríveis por animais (Benfield 2007). Para degradar esses polímeros, os micro-organismos produzem uma gama de enzimas hidrolíticas extracelulares e oxidativas (revisão de Cunha-Santino *et al.* 2008), as quais os despolimerizam em compostos menores, mais facilmente assimiláveis (Mansfield 2005). Desta forma, os micro-organismos: (i) tornam as folhas mais macias através da maceração enzimática (com um ótimo após cerca de duas semanas de condicionamento) (Benfield 2007) e (ii) aumentam o valor nutricional dos detritos, uma vez que tais organismos apresentam maiores quantidades de nitrogênio e outros nutrientes do que folhas senescentes, sendo, portanto uma melhor fonte de alimento para os macroinvertebrados aquáticos (Graça 2001). De acordo com Gessner *et al.* (1999), a palavra “condicionamento” significa a “preparação” do material para o consumo pelos invertebrados, sugerindo uma relação de causa e efeito não condizente com a realidade, uma vez que a decomposição de folhas não necessariamente culmina na alimentação desses trituradores. Segundo os autores, o termo “estabelecimento microbiano” seria mais apropriado.

Pascoal *et al.* (2005) acompanharam a decomposição de folhas de *Alnus glutinosa* em um rio poluído no qual os macroinvertebrados detritívoros eram escassos ou ausentes, e obtiveram taxas de decaimento na mesma faixa de valores obtidos por outros autores para a região. A atividade microbiana foi, portanto, apontada como mais importante que a dos invertebrados no controle da decomposição das folhas.

A colonização, abundância e atividade dos micro-organismos são determinadas por fatores ambientais tais como o pH (Dangles & Chauvet 2003, Dangles *et al.* 2004), nutrientes (Gulis & Suberkropp 2003b, Pascoal & Cássio 2004, Pascoal *et al.* 2005) e temperatura (Ferreira & Chauvet 2010). Entretanto, Mille-Lindblom *et al.* (2006) observaram que, no que diz respeito a macrófitas aquáticas, as propriedades intrínsecas dessas plantas foram mais importantes para as comunidades microbianas do que as características químicas da água.

## FRAGMENTAÇÃO

A fragmentação dos detritos leva a um aumento da superfície suscetível à ação dos micro-organismos (Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2006). Este processo pode ocorrer de duas formas: (i) fragmentação biótica, resultante da degradação enzimática dos micróbios (já discutida no tópico anterior) e da alimentação dos macroinvertebrados detritívoros e (ii) fragmentação física (Gessner *et al.* 1999, Abelho 2001, Graça 2001).

Hieber & Gessner (2002) analisaram a decomposição de *Alnus glutinosa* e *Salix fragilis* e estimaram que os macroinvertebrados contribuíram para uma perda de 64% (*A. glutinosa*) e 51% (*S. fragilis*) de massa foliar, enquanto os fungos contribuíram com 15 e 18% e as bactérias, com 7 e 9%, respectivamente.

Os macroinvertebrados aquáticos detritívoros (fragmentadores) apresentam aparelho bucal adaptado para macerar e retalhar partículas grandes de matéria orgânica, como folhas em decomposição. Em sua maioria, são representados por insetos (Plecoptera, Tipulidae, Limnephilidae e Trichoptera) e crustáceos (Amphipoda, Isopoda) (Cushing & Allan 2001, Cobo 2005). Os macroinvertebrados reduzem folhas inteiras (matéria orgânica particulada grosseira) a pequenas partículas (matéria orgânica particulada fina), seja pela produção de pedaços fragmentados não ingeridos ou pela produção de fezes, que, por sua vez, servirão como fonte de energia para outros macro e micro-organismos (Allan 2001, Cushing & Allan 2001, Graça 2001, Benfiel 2007).

Diversos estudos têm demonstrado a importância dos macroinvertebrados no processo de decomposição. Tais estudos têm sido feitos, principalmente, através de medições de perdas de massa em *litter bags* de malha fina (que restringem o acesso dos invertebrados às folhas, em especial os de maior tamanho) e grossa e, de modo geral, a ausência dos invertebrados reduziu consideravelmente a perda de massa (ex. Albariño & Balseiro 2002, Wright & Covich 2005, Gonçalves *et al.* 2006c).

As taxas a que os invertebrados fragmentam as folhas são condicionadas pela palatabilidade e concentração de fenóis e outras defesas químicas e físicas das mesmas (Leroy & Marks 2006, Moretti & Loyola 2009), temperatura, pH e teor de nutrientes do ambiente (Pascoal *et al.* 2001, Dangles & Guérol

2001, Löhr *et al.* 2006). No entanto, um dos fatores primordiais parece ser o grau de condicionamento das folhas. Esses macroinvertebrados obtêm energia não somente da folha em si, mas também dos micro-organismos, especialmente fungos, que a colonizam (Cushing & Allan 2001), e, conseqüentemente, muitos estudos apontaram a preferência desses organismos por folhas previamente condicionadas (ex. Bärlocher & Kendrick 1975, Graça *et al.* 2001, Bastian *et al.* 2007).

A última forma de fragmentação é a física, que se dá por abrasão da água transportando partículas sólidas (Gessner *et al.* 1999), e depende de fatores como velocidade de corrente, turbulência e também da resistência da própria folha (Lush & Hynes 1973, Abelho 2001).

O processo de decomposição, entretanto, não termina com a fragmentação, podendo a MOD e a matéria orgânica particulada (MOP) em forma de partículas finas serem ainda utilizadas por organismos coletores ou convertidas por micro-organismos em CO<sub>2</sub> e compostos inorgânicos através da oxidação, em um processo denominado mineralização (Gessner *et al.* 1999, Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2000, Graça 2001).

## COEFICIENTE DE DECAIMENTO

As taxas de decomposição de substratos vegetais são freqüentemente expressas por um coeficiente de decaimento *k* (Gessner *et al.* 1999). Para tanto, modelos matemáticos são aplicados à cinética da perda de massa de um determinado detrito. De acordo com a revisão realizada por Cunha-Santino & Bianchini Jr. (2006), são quatro os modelos geralmente empregados: exponencial simples, exponencial múltiplo, sigmóide e linear. O modelo exponencial simples é o mais utilizado e pressupõe que as taxas de decomposição sejam proporcionais à quantidade de matéria orgânica remanescente e que o recurso seja quimicamente homogêneo. O exponencial múltiplo considera que a matéria orgânica seja um recurso heterogêneo, onde cada estrutura apresente uma taxa de decomposição proporcional à quantidade de recurso remanescente. O modelo sigmóide baseia-se na ocorrência de um tempo de transição durante as primeiras etapas da decomposição, até que o detrito seja colonizado pelos micro-organismos. O modelo linear pressupõe

que as taxas de decomposição sejam constantes em função do tempo, sendo definidas por fatores externos como tempo de exposição e radiação ultravioleta. Os  $k$  gerados a partir destes modelos são utilizados para comparar os processos de decomposição sob diferentes condições ambientais. Webster *et al.* (2001) concluíram que os  $k$  representam uma boa estimativa da taxa com que as folhas desaparecem nos córregos. Em 1974, Petersen & Cummins propuseram a categorização dos coeficientes de decaimento em uma série contínua de três intervalos: lento ( $0$  a  $0,005\text{dia}^{-1}$ ), médio ( $0,005$  a  $0,010\text{dia}^{-1}$ ) e rápido ( $0,010\text{dia}^{-1}$  ou superior).

A fim de estabelecer uma comparação entre as taxas de decomposição dos materiais alóctones e autóctones em meio aquático, as Tabelas 1 a 5 apresentam uma compilação dos coeficientes de perda de massa de folhas de diferentes espécies presentes nas matas ripárias (Tabelas 1 a 3) e de

macrófitas aquáticas (Tabelas 4 e 5), obtidos por diferentes autores que estudaram a decomposição desse material nos ecossistemas aquáticos sob as mais diversas condições. Os  $k$  foram classificados segundo a proposta de Petersen & Cummins (1974) e tiveram seus respectivos tempos de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) calculados de acordo com Cunha-Santino & Bianchini Jr. (2006). Nas Tabelas 1 a 3 foram incluídas somente as folhas, por serem a principal fonte de material alóctone, enquanto nas Tabelas 4 e 5, foram consideradas as diferentes partes das macrófitas por se tratarem de material autóctone. Com o intuito de verificar se a velocidade do processo de decomposição pode ser influenciada pelos fatores climáticos, a Tabela 1 apresenta também o clima da região onde o estudo foi realizado. As Tabelas 2 e 3 apresentam uma compilação da Tabela 1, com os  $k$  médios por espécie e por clima, respectivamente.

**Tabela 1.** Coeficientes de decaimento (k) e respectivos tempos de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) de algumas espécies terrestres em meio aquático. As taxas de decomposição foram classificadas segundo a proposta de Petersen & Cummins (1974). Os dados dizem respeito a valores observados em experimentos laboratoriais e em campo, em regiões com diferentes climas.

**Table 1.** Decay coefficients (k) and its half-life time ( $t_{1/2}$ ) from some terrestrial species in aquatic environment. Decomposition rates were classified as proposed by Petersen & Cummins (1974). The data are related to values observed in laboratory and field experiments, in regions with different climates.

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	$t_{1/2}$ (dias)	Referência
<i>Acer rubrum</i>	Temperado	0,0080	médio	87	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Acer rubrum</i> (colonização por fungos reduzida + nutrientes)	Temperado	0,0069	médio	100	Gulis & Suberkropp 2003a
<i>Acer rubrum</i> (colonização por fungos reduzida)	Temperado	0,0085	médio	82	Gulis & Suberkropp 2003a
<i>Acer rubrum</i> (fungos e bactérias + nutrientes)	Temperado	0,0192	rápido	36	Gulis & Suberkropp 2003a
<i>Acer rubrum</i> (fungos e bactérias)	Temperado	0,0068	Médio	102	Gulis & Suberkropp 2003a
<i>Acer rubrum</i> (Lindsey Spring Branch; água dura)	Temperado	0,0140	rápido	50	Carter & Suberkropp 2004
<i>Acer rubrum</i> (Payne Creek; água mole)	Temperado	0,0040	lento	173	Carter & Suberkropp 2004
<i>Acer saccharum</i>	Temperado	0,0090	médio	77	Das <i>et al.</i> 2007
<i>Alnus oblongifolia</i> (Fossil Creek)	Temperado	0,0149	rápido	47	Leroy & Marks 2006
<i>Alnus oblongifolia</i> (Oak Creek)	Temperado	0,0199	rápido	35	Leroy & Marks 2006
<i>Alnus oblongifolia</i> (Wet Beaver Creek)	Temperado	0,0173	rápido	40	Leroy & Marks 2006
<i>Alnus glutinosa</i>	Temperado	0,0260	rápido	27	Axmanová & Rulík 2005
<i>Alnus glutinosa</i>	Temperado	0,0135	rápido	51	Sampaio <i>et al.</i> 2001
<i>Alnus glutinosa</i>	Temperado	0,0352	rápido	20	Hieber & Gessner 2002
<i>Alnus glutinosa</i> (10°C; alto nível de nutrientes)	Temperado	0,0101	rápido	69	Ferreira & Chauvet 2010

Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Alnus glutinosa</i> (10°C; baixo nível de nutrientes)	Temperado	0,0076	médio	91	Ferreira & Chauvet 2010
<i>Alnus glutinosa</i> (15°C; alto nível de nutrientes)	Temperado	0,0141	rápido	49	Ferreira & Chauvet 2010
<i>Alnus glutinosa</i> (15°C; baixo nível de nutrientes)	Temperado	0,0089	médio	78	Ferreira & Chauvet 2010
<i>Alnus glutinosa</i> (5°C; alto nível de nutrientes)	Temperado	0,0067	médio	103	Ferreira & Chauvet 2010
<i>Alnus glutinosa</i> (5°C; baixo nível de nutrientes)	Temperado	0,0048	lento	144	Ferreira & Chauvet 2010
<i>Alnus glutinosa</i> (Burgusio)	Temperado	0,0290	rápido	24	Braioni <i>et al.</i> 2001
<i>Alnus glutinosa</i> (Castelbello)	Temperado	0,0410	rápido	17	Braioni <i>et al.</i> 2001
<i>Alnus glutinosa</i> (Ceraino)	Temperado	0,0330	rápido	21	Braioni <i>et al.</i> 2001
<i>Alnus glutinosa</i> (com massa fúngica)	Semi-continental	0,0287	rápido	24	Gessner & Chauvet 1994
<i>Alnus glutinosa</i> (L1; local não poluído; montante)	Temperado	0,0140	rápido	50	Pascoal <i>et al.</i> 2001
<i>Alnus glutinosa</i> (L1; malha fina)	Temperado	0,0121	rápido	57	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (L1; malha grossa)	Temperado	0,0170	rápido	41	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (L2; local não poluído; montante)	Temperado	0,0240	rápido	29	Pascoal <i>et al.</i> 2001
<i>Alnus glutinosa</i> (L2; malha fina)	Temperado	0,0118	rápido	59	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (L2; malha grossa)	Temperado	0,0208	rápido	33	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (L3; local poluído)	Temperado	0,0460	rápido	15	Pascoal <i>et al.</i> 2001
<i>Alnus glutinosa</i> (L3; malha fina)	Temperado	0,0113	rápido	61	Pascoal <i>et al.</i> 2003



## Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Alnus glutinosa</i> (L3; malha grossa)	Temperado	0,0282	rápido	25	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (L4; loca lpoluído)	Temperado	0,0470	rápido	15	Pascoal <i>et al.</i> 2001
<i>Alnus glutinosa</i> (L4; malha fina)	Temperado	0,0145	rápido	48	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (L4; malha grossa)	Temperado	0,0262	rápido	26	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (L5; malha fina)	Temperado	0,0150	rápido	46	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (L5; malha grossa)	Temperado	0,0289	rápido	24	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (L7; malha fina)	Temperado	0,0195	rápido	36	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (L7; malha grossa)	Temperado	0,0369	rápido	19	Pascoal <i>et al.</i> 2003
<i>Alnus glutinosa</i> (Lemboulas; oligotrófico)	Temperado	0,0025	lento	277	Baldy <i>et al.</i> 2008
<i>Alnus glutinosa</i> (Lère; eutrófico)	Temperado	0,0028	lento	248	Baldy <i>et al.</i> 2008
<i>Alnus glutinosa</i> (local L1)	Temperado	0,0220	rápido	32	Pascoal & Cássio 2004
<i>Alnus glutinosa</i> (local L2)	Temperado	0,0200	rápido	35	Pascoal & Cássio 2004
<i>Alnus glutinosa</i> (local L7)	Temperado	0,0420	rápido	17	Pascoal & Cássio 2004
<i>Alnus glutinosa</i> (Lupte; eutrófico)	Temperado	0,0046	lento	151	Baldy <i>et al.</i> 2008
<i>Alnus glutinosa</i> (malha fina)	Temperado	0,0640	rápido	11	Baldy & Gessner 1997
<i>Alnus glutinosa</i> (malha fina)	Temperado	0,0166	rápido	42	Gonçalves Jr. <i>et al.</i> 2006
<i>Alnus glutinosa</i> (malha fina)	Mediterrâneo	0,0093	médio	75	Gonçalves Jr. <i>et al.</i> 2006
<i>Alnus glutinosa</i> (malha fina)	Tropical	0,0143	rápido	48	Gonçalves Jr. <i>et al.</i> 2006
<i>Alnus glutinosa</i> (malha grossa)	Temperado	0,1570	rápido	4	Baldy & Gessner 1997

Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Alnus glutinosa</i> (malha grossa)	Mediterrâneo	0,0137	rápido	51	Gonçalves Jr. <i>et al.</i> 2006
<i>Alnus glutinosa</i> (malha grossa)	Tropical	0,0136	rápido	51	Gonçalves Jr. <i>et al.</i> 2006
<i>Alnus glutinosa</i> (nascente do rio Este)	Temperado	0,0740	rápido	9	Duarte <i>et al.</i> 2004
<i>Alnus glutinosa</i> (rio de montanha; inverno; malha fina)	Temperado	0,0011	lento	630	Schwarz & Schwoerbe 1997
<i>Alnus glutinosa</i> (rio de montanha; inverno; malha grossa)	Temperado	0,0117	rápido	59	Schwarz & Schwoerbe 1997
<i>Alnus glutinosa</i> (sem massa fúngica)	Semi-continental	0,0314	rápido	22	Gessner & Chauvet 1994
<i>Alnus glutinosa</i> (Seye; oligotrófico)	Temperado	0,0124	rápido	56	Baldy <i>et al.</i> 2008
<i>Alnus glutinosa</i> (Tescou; mesotrófico)	Temperado	0,0043	lento	161	Baldy <i>et al.</i> 2008
<i>Alnus glutinosa</i> (L5; local não poluído; jusante)	Temperado	0,0600	rápido	12	Pascoal <i>et al.</i> 2001
<i>Alnus glutinosa</i> (local L6)	Temperado	0,0130	rápido	53	Pascoal & Cássio 2004
<i>Alnus glutinosa</i> (malha grossa)	Temperado	0,0295	rápido	23	Gonçalves Jr. <i>et al.</i> 2006
<i>Alnus glutinosa</i> (Tauge; hipereutrófico)	Temperado	0,0021	lento	330	Baldy <i>et al.</i> 2008
<i>Alnus incana</i> (matéria orgânica particulada grosseira)	Temperado	0,0013	lento	533	Yoshimura <i>et al.</i> 2008
<i>Aristotelia serrata</i> (canais)	Temperado	0,0216	rápido	32	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Aristotelia serrata</i> (córrego)	Temperado	0,0547	rápido	13	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Arundinaria shiuyingiana</i>	Tropical	0,0140	rápido	50	Aggie <i>et al.</i> 2009
<i>Bambusa sp</i> (Blawan; malha fina)	Tropical	0,0067	médio	103	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Bambusa sp</i> (Blawan; malha grossa)	Tropical	0,0072	médio	96	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Bambusa sp</i> (Kali Sengon; malha fina)	Tropical	0,0159	rápido	44	Löhr <i>et al.</i> 2006

## Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Bambusa sp</i> (Kali Sengon; malha grossa)	Tropical	0,0196	rápido	35	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Bambusa sp</i> (Liwung; malha fina)	Tropical	0,0052	médio	133	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Bambusa sp</i> (Liwung; malha grossa)	Tropical	0,0090	médio	77	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Bambusa sp</i> (Paltuding; malha fina)	Tropical	0,0052	médio	133	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Bambusa sp</i> (Paltuding; malha grossa)	Tropical	0,0049	lento	141	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Beilschmiedia tawa</i> (canaís)	Temperado	0,0031	lento	224	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Betula occidentalis</i> (média entre condição natural e enriquecida)	Temperado	0,0186	rápido	37	Royer & Minshall 2001
<i>Betula pendula</i> (local 1)	Temperado	0,0023	lento	301	Siefert & Mutz 2001
<i>Betula pendula</i> (local 2)	Temperado	0,0014	lento	495	Siefert & Mutz 2001
<i>Betula pendula</i> (local 3)	Temperado	0,0037	lento	187	Siefert & Mutz 2001
<i>Carapa nicaraguensis</i>	Tropical	0,0230	rápido	30	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Castanea sativa</i>	Temperado	0,0073	médio	95	Abelho 2009
<i>Castilla elastica</i>	Tropical	0,0380	rápido	18	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Castilla elastica</i> (Arboleda)	Tropical	0,0214	rápido	32	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Castilla elastica</i> (Carapa)	Tropical	0,0126	rápido	55	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Castilla elastica</i> (Piper)	Tropical	0,0119	rápido	58	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Castilla elastica</i> (Saltilo 100)	Tropical	0,0099	médio	70	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Castilla elastica</i> (Sura)	Tropical	0,0087	médio	80	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Castilla elastica</i> (Taconazo)	Tropical	0,0064	médio	108	Ardón <i>et al.</i> 2006

Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Cecropia latiloba</i> (março-abril; 0-56 dias)	Tropical	0,0090	médio	77	Rueda-Delgado <i>et al.</i> 2006
<i>Cecropia latiloba</i> (setembro-novembro; 0-56 dias)	Tropical	0,0310	rápido	22	Rueda-Delgado <i>et al.</i> 2006
<i>Cecropia schreberiana</i> (malha fina)	Tropical	0,0160	rápido	43	Wright & Covich 2005
<i>Cecropia schreberiana</i> (malha grossa)	Tropical	0,0380	rápido	18	Wright & Covich 2005
<i>Clidemia sp.</i>	Neotropical	0,0235	rápido	29	Mathuriau & Chauvet 2002
<i>Copernicia alba</i> (palmar inundado)	Subtropical	0,0067	médio	103	Poi de Neiff & Casco 2001
<i>Copernicia alba</i> (palmar seco)	Subtropical	0,0074	médio	94	Poi de Neiff & Casco 2001
<i>Cornus florida</i>	Temperado	0,0170	rápido	41	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Cornus stolonifera</i> (média entre condição natural e enriquecida)	Temperado	0,0461	rápido	15	Royer & Minshall 2001
<i>Corylus avellana</i> (com massa fúngica)	Semi-continental	0,0146	rápido	47	Gessner & Chauvet 1994
<i>Corylus avellana</i> (sem massa fúngica)	Semi-continental	0,0161	rápido	43	Gessner & Chauvet 1994
<i>Croton gossypifolius</i>	Neotropical	0,0651	rápido	11	Mathuriau & Chauvet 2002
<i>Dacryodes excelsa</i> (malha fina)	Tropical	0,0270	rápido	26	Wright & Covich 2005
<i>Dacryodes excelsa</i> (malha grossa)	Tropical	0,0400	rápido	17	Wright & Covich 2005
<i>Dombeya goetzeni</i>	Temperado	0,0100	médio/ rápido	69	Dobson <i>et al.</i> 2003
<i>Dombeya goetzenii</i>	Tropical	0,0210	rápido	33	Mathooko <i>et al.</i> 2000
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Temperado	0,0131	rápido	53	Galizzi & Marchese, 2009
<i>Eucalyptus globulus</i>	Temperado	0,0083	médio	83	Sampaio <i>et al.</i> 2001
<i>Eucalyptus grandis</i>	Temperado	0,0050	médio	139	Hepp <i>et al.</i> 2009

## Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Eucalyptus grandis</i>	Temperado	0,0050	médio	139	Trevisan & Hepp 2007
<i>Eucalyptus regnans</i> (canaís)	Temperado	0,0109	rápido	64	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Fagus sylvatica</i> (Bas-Rupts; ácido)	Continental	0,0010	lento	693	Dangles & Chauvet 2003
<i>Fagus sylvatica</i> (com massa fúngica)	Semi-continental	0,0045	lento	154	Gessner & Chauvet 1994
<i>Fagus sylvatica</i> (córrego ácido)	Continental	0,0002	lento	3465	Dangles & Guérold 1998
<i>Fagus sylvatica</i> (córrego não ácido)	Continental	0,0018	lento	385	Dangles & Guérold 1998
<i>Fagus sylvatica</i> (Gentil Sapin; ácido)	Continental	0,0008	lento	845	Dangles & Chauvet 2003
<i>Fagus sylvatica</i> (Gentil Sapin; maior acidez)	Continental	0,0002	lento	3465	Dangles <i>et al.</i> 2004
<i>Fagus sylvatica</i> (Hauts-Rupts; não ácido)	Continental	0,0018	lento	396	Dangles & Chauvet 2003
<i>Fagus sylvatica</i> (La Maix - LM4; circunneutro)	Continental	0,0055	médio	126	Dangles <i>et al.</i> 2004
<i>Fagus sylvatica</i> (La Maix; não ácido)	Continental	0,0036	lento	194	Dangles & Chauvet 2003
<i>Fagus sylvatica</i> (local 30 - rio principal)	Temperado	0,0018	lento	388	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (local 33; tratado com cal)	Temperado	0,0035	lento	198	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (local 34; rio principal)	Temperado	0,0017	lento	415	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (local 35; ácido)	Temperado	0,0013	lento	544	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (local 39; ácido)	Temperado	0,0018	lento	388	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (local 46; circunneutro)	Temperado	0,0051	médio	135	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (local 47; tratado com cal)	Temperado	0,0039	lento	176	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (local 48; tratado com cal)	Temperado	0,0023	lento	300	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (local 49; circunneutro)	Temperado	0,0031	lento	224	Merrix <i>et al.</i> 2006

Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Fagus sylvatica</i> (local 51; circumneutro)	Temperado	0,0064	médio	108	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (local 53; rio principal)	Temperado	0,0032	lento	214	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (local 56; ácido)	Temperado	0,0006	lento	1094	Merrix <i>et al.</i> 2006
<i>Fagus sylvatica</i> (Moyens-Rupts; moderadamente ácido)	Continental	0,0011	lento	660	Dangles & Chauvet 2003
<i>Fagus sylvatica</i> (sem massa fúngica)	Semi-continental	0,0054	médio	128	Gessner & Chauvet 1994
<i>Ficus fistulosa</i>	Tropical	0,0370	rápido	19	Aggie <i>et al.</i> 2009
<i>Ficus insipida</i>	Tropical	0,0790	rápido	9	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Ficus insipida</i> (córrego com baixas concentrações de P)	Tropical	0,0530	rápido	13	Stallcup <i>et al.</i> 2006
<i>Ficus insipida</i> (córrego enriquecido com P)	Tropical	0,0660	rápido	11	Stallcup <i>et al.</i> 2006
<i>Fraxinus excelsior</i> (com massa fúngica)	Temperado	0,0515	rápido	13	Gessner & Chauvet 1994
<i>Fraxinus excelsior</i> (matéria orgânica particulada grosseira)	Temperado	0,0049	lento	141	Yoshimura <i>et al.</i> 2008
<i>Fraxinus excelsior</i> (sem massa fúngica)	Temperado	0,0587	rápido	12	Gessner & Chauvet 1994
<i>Fraxinus velutina</i> (Fossil Creek)	Temperado	0,0138	rápido	50	Leroy & Marks 2006
<i>Fraxinus velutina</i> (Oak Creek)	Temperado	0,0172	rápido	40	Leroy & Marks 2006
<i>Fraxinus velutina</i> (Wet Beaver Creek)	Temperado	0,0151	rápido	46	Leroy & Marks 2006
<i>Hoheria populnea</i> (canais)	Temperado	0,0192	rápido	36	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Hura crepitans</i>	Tropical	0,0672	rápido	10	Abelho <i>et al.</i> 2005
<i>Indocalamus sinicus</i>	Tropical	0,0120	rápido	58	Aggie <i>et al.</i> 2009
<i>Juglan snigra</i> (canais)	Temperado	0,0390	rápido	18	Quinn <i>et al.</i> 2010

## Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Knightsia excelsa</i> (canais)	Temperado	0,0028	lento	248	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Knightsia excelsa</i> (córrego)	Temperado	0,0167	rápido	41	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Liquidambar formosana</i>	Tropical	0,0330	rápido	21	Aggie <i>et al.</i> 2009
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Temperado	0,0080	médio	87	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Temperado	0,0100	médio/ rápido	69	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Liriodendron tulipifera</i> (água dura)	Temperado	0,0100	médio/ rápido	69	Suberkropp 2001
<i>Liriodendron tulipifera</i> (água mole)	Temperado	0,0050	médio	139	Suberkropp 2001
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Big Sandy; 1989)	Temperado	0,0321	rápido	22	Suberkropp & Chauvet 1995
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Big Sandy; 1990)	Temperado	0,0258	rápido	27	Suberkropp & Chauvet 1995
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Cottingham)	Temperado	0,0117	rápido	59	Suberkropp & Chauvet 1995
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Little Schultz)	Temperado	0,0100	médio/ rápido	69	Suberkropp & Chauvet 1995
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Mayfield)	Temperado	0,0057	médio	122	Suberkropp & Chauvet 1995
<i>Liriodendron tulipifera</i> (RockyBranch)	Temperado	0,0175	rápido	40	Suberkropp & Chauvet 1995
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Schultz)	Temperado	0,0342	rápido	20	Suberkropp & Chauvet 1995
<i>Liriodendron tulipifera</i> (SouthSandy; 1989)	Temperado	0,0042	lento	165	Suberkropp & Chauvet 1995
<i>Liriodendron tulipifera</i> (SouthSandy; 1990)	Temperado	0,0036	lento	193	Suberkropp & Chauvet 1995
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Yellow)	Temperado	0,0074	médio	94	Suberkropp & Chauvet 1995
<i>Livistona chinensis</i>	Tropical	0,0080	médio	87	Aggie <i>et al.</i> 2009
<i>Lolium perenne</i> (canais)	Temperado	0,0172	rápido	40	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Luehea seemannii</i>	Tropical	0,0330	rápido	21	Ardón <i>et al.</i> 2009

Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Tropical	0,0230	rápido	30	Aggie <i>et al.</i> 2009
<i>Melicytus ramifloris</i> (canais)	Temperado	0,0212	rápido	33	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Miconia chartacea</i> (Garcia)	Tropical	0,0051	médio	136	Moretti <i>et al.</i> 2007
<i>Miconia chartacea</i> (Indaiaí)	Tropical	0,0033	lento	210	Moretti <i>et al.</i> 2007
<i>Myrcia guyanensis</i> (Garcia)	Tropical	0,0053	médio	131	Moretti <i>et al.</i> 2007
<i>Myrcia guyanensis</i> (Indaiaí)	Tropical	0,0063	médio	110	Moretti <i>et al.</i> 2007
<i>Nothofagus pumilio</i>	Temperado	0,0033	lento	210	Albariño & Balseiro 2002
<i>Ocotea sp.</i> (Indaiaí)	Tropical	0,0043	lento	161	Moretti <i>et al.</i> 2007
<i>Ocotea sp.</i> (Garcia)	Tropical	0,0088	médio	79	Moretti <i>et al.</i> 2007
<i>Pandanus furcatus</i>	Tropical	0,0150	rápido	46	Aggie <i>et al.</i> 2009
<i>Pinus ponderosa</i>	Temperado	0,0017	lento	408	Albariño & Balseiro 2002
<i>Pinus strobus</i>	Temperado	0,0030	lento	231	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Pinus radiata</i> (canais)	Temperado	0,0036	lento	193	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Pittosporum viridiflorum</i>	Temperado	0,0430	rápido	16	Dobson <i>et al.</i> 2003
<i>Platanus hybrida</i> (com massa fúngica)	Temperado	0,0052	médio	133	Gessner & Chauvet 1994
<i>Platanus hybrida</i> (sem massa fúngica)	Temperado	0,0062	médio	112	Gessner & Chauvet 1994
<i>Platanus wrightii</i> (Fossil Creek)	Temperado	0,0069	médio	100	Leroy & Marks 2006
<i>Platanus wrightii</i> (Oak Creek)	Temperado	0,0121	rápido	57	Leroy & Marks 2006
<i>Platanus wrightii</i> (Wet Beaver Creek)	Temperado	0,0081	médio	86	Leroy & Marks 2006
<i>Populus fremontii</i> (Fossil Creek)	Temperado	0,0176	rápido	39	Leroy & Marks 2006



## Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Populus fremontii</i> (Oak Creek)	Temperado	0,0206	rápido	34	Leroy & Marks 2006
<i>Populus fremontii</i> (Wet Beaver Creek)	Temperado	0,0186	rápido	37	Leroy & Marks 2006
<i>Populus nigra</i> (canal; malha fina)	Temperado	0,0083	médio	83	Langhans <i>et al.</i> 2008
<i>Populus nigra</i> (canal; malha grossa)	Temperado	0,0188	rápido	37	Langhans <i>et al.</i> 2008
<i>Populus nigra</i> (lagoa - 1994)	Temperado	0,0070	médio	99	Baldy <i>et al.</i> 2002
<i>Populus nigra</i> (lagoa ortofluvia; malha fina)	Temperado	0,0048	lento	144	Langhans <i>et al.</i> 2008
<i>Populus nigra</i> (lagoa ortofluvia; malha grossa)	Temperado	0,0051	médio	136	Langhans <i>et al.</i> 2008
<i>Populus nigra</i> (lagoa parafluvia; malha fina)	Temperado	0,0047	lento	147	Langhans <i>et al.</i> 2008
<i>Populus nigra</i> (lagoa parafluvia; malha grossa)	Temperado	0,0051	médio	136	Langhans <i>et al.</i> 2008
<i>Populus nigra</i> (lagoa; 1993)	Temperado	0,0077	médio	90	Baldy <i>et al.</i> 2002
<i>Populus nigra</i> (rio principal; 1993)	Temperado	0,0085	médio	82	Baldy <i>et al.</i> 2002
<i>Populus nigra</i> (rio principal; 1994)	Temperado	0,0071	médio	98	Baldy <i>et al.</i> 2002
<i>Populus tremuloide</i>	Temperado	0,0370	rápido	19	Royer & Minshall 1997
<i>Populus tremuloides</i> (média entre condição natural e enriquecida)	Temperado	0,0307	rápido	23	Royer & Minshall 2001
<i>Populus x canadensis</i> (canais)	Temperado	0,0081	médio	86	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Populus x canadensis</i> (córrego)	Temperado	0,0374	rápido	19	Quinn <i>et al.</i> 2010
<i>Protium brasiliense</i> (Garcia)	Tropical	0,0042	lento	165	Moretti <i>et al.</i> 2007
<i>Protium brasiliense</i> (Indaia)	Tropical	0,0020	lento	347	Moretti <i>et al.</i> 2007
<i>Protium brasiliense</i> (outono; malha fina)	Tropical	0,0016	lento	433	Gonçalves Jr. <i>et al.</i> 2007
<i>Protium brasiliense</i> (outono; malha grossa)	Temperado	0,0057	médio	122	Gonçalves Jr. <i>et al.</i> 2007
<i>Protium brasiliense</i> (outono; malha grossa)	Tropical	0,0021	lento	330	Gonçalves Jr. <i>et al.</i> 2007

Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Protium brasiliense</i> (verão; malha fina)	Temperado	0,0046	lento	151	Gonçalves Jr. et al. 2007
<i>Protium brasiliense</i> (verão; malha grossa)	Temperado	0,0055	médio	126	Gonçalves Jr. et al. 2007
<i>Protium brasiliense</i> (outono; malha fina)	Temperado	0,0047	lento	147	Gonçalves Jr. et al. 2007
<i>Protium heptaphyllum</i> (Garcia)	Tropical	0,0040	lento	173	Moretti et al. 2007
<i>Protium heptaphyllum</i> (Indaiá)	Tropical	0,0019	lento	365	Moretti et al. 2007
<i>Prunus avium</i> (com massa fúngica)	Semi-continental	0,0374	rápido	19	Gessner & Chauvet 1994
<i>Prunus avium</i> (sem massa fúngica)	Semi-continental	0,0412	rápido	17	Gessner & Chauvet 1994
<i>Quercus alba</i>	Temperado	0,0030	lento	231	Das et al. 2007
<i>Quercus alba</i> (água dura)	Temperado	0,0070	médio	99	Suberkropp 2001
<i>Quercus alba</i> (água mole)	Temperado	0,0040	lento	173	Suberkropp 2001
<i>Quercus gambelii</i> (Fossil Creek)	Temperado	0,0073	médio	95	Leroy & Marks 2006
<i>Quercus gambelii</i> (Oak Creek)	Temperado	0,0138	rápido	50	Leroy & Marks 2006
<i>Quercus gambelii</i> (Wet Beaver Creek)	Temperado	0,0076	médio	91	Leroy & Marks 2006
<i>Quercus ilex</i> (com massa fúngica)	Temperado	0,0042	lento	165	Gessner & Chauvet 1994
<i>Quercus ilex</i> (rio de montanha; inverno; malha fina)	Temperado	0,0010	lento	693	Schwarz & Schwoerbe 1997
<i>Quercus ilex</i> (rio de montanha; inverno; malha grossa)	Temperado	0,0018	lento	385	Schwarz & Schwoerbe 1997
<i>Quercus ilex</i> (rio de montanha; verão; malha fina)	Temperado	0,0011	lento	630	Schwarz & Schwoerbe 1997
<i>Quercus ilex</i> (rio de montanha; verão; malha grossa)	Temperado	0,0022	lento	315	Schwarz & Schwoerbe 1997
<i>Quercus ilex</i> (rio mediterrâneo; verão; malha fina)	Mediterrâneo	0,0055	médio	126	Schwarz & Schwoerbe 1997
<i>Quercus ilex</i> (rio mediterrâneo; verão; malha grossa)	Mediterrâneo	0,0091	médio	76	Schwarz & Schwoerbe 1997

## Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Quercus ilex</i> (sem massa fúngica)	Temperado	0,0044	lento	158	Gessner & Chauvet 1994
<i>Quercus robur</i>	Temperado	0,0084	médio	83	Sampaio <i>et al.</i> 2001
<i>Quercus robur</i> (matéria orgânica particulada grosseira)	Temperado	0,0019	lento	365	Yoshimura <i>et al.</i> 2008
<i>Quercus rubra</i>	Temperado	0,0070	médio	99	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Rhododendron maximum</i>	Temperado	0,0040	lento	173	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Rhus natalensis</i>	Temperado	0,0260	rápido	27	Dobson <i>et al.</i> 2003
<i>Salix fragilis</i>	Temperado	0,0270	rápido	26	Hieber & Gessner 2002
<i>Salix humboldtiana</i>	Temperado	0,0119	rápido	58	Capello <i>et al.</i> 2004
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Temperado	0,0240	rápido	29	Trevisan & Hepp 2007
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Temperado	0,0280	rápido	25	Hepp <i>et al.</i> 2009
<i>Simira maxonii</i>	Tropical	0,0480	rápido	14	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Symmeria paniculata</i> (março-abril; 0-56 dias)	Tropical	0,0010	lento	693	Rueda-Delgado <i>et al.</i> 2006
<i>Symmeria paniculata</i> (setembro-novembro; 0-56 dias)	Tropical	0,0100	médio/ rápido	69	Rueda-Delgado <i>et al.</i> 2006
<i>Syzygium cordatum</i>	Temperado	0,0220	rápido	32	Dobson <i>et al.</i> 2003
<i>Tectona grandis</i> (Blawan; malha fina)	Tropical	0,0133	rápido	52	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Tectona grandis</i> (Blawan; malha grossa)	Tropical	0,0149	rápido	47	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Tectona grandis</i> (Kali Sengon; malha fina)	Tropical	0,0242	rápido	29	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Tectona grandis</i> (Kali Sengon; malha grossa)	Tropical	0,0313	rápido	22	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Tectona grandis</i> (Liwung; malha fina)	Tropical	0,0149	rápido	47	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Tectona grandis</i> (Liwung; malha grossa)	Tropical	0,0186	rápido	37	Löhr <i>et al.</i> 2006

Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Tectona grandis</i> (Paltuding; malha fina)	Tropical	0,0146	rápido	47	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Tectona grandis</i> (Paltuding; malha grossa)	Tropical	0,0138	rápido	50	Löhr <i>et al.</i> 2006
<i>Terminalia oblonga</i>	Tropical	0,0390	rápido	18	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Tessaria integrifolia</i>	Temperado	0,0143	rápido	48	Galizzi & Marchese, 2007
<i>Tessaria integrifolia</i>	subtropical	0,0340	rápido	20	Neiff & Poi de Neiff, 1990
<i>Tessaria integrifolia</i> (março-abril; 0-56 dias)	Tropical	0,0090	médio	77	Rueda-Delgado <i>et al.</i> 2006
<i>Tessaria integrifolia</i> (setembro-novembro; 0-56 dias)	Tropical	0,0290	rápido	24	Rueda-Delgado <i>et al.</i> 2006
<i>Trema integerrima</i>	Tropical	0,1980	rápido	4	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Trema integerrima</i> (Arboleda)	Tropical	0,1090	rápido	6	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Trema integerrima</i> (Carapa)	Tropical	0,1170	rápido	6	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Trema integerrima</i> (córrego com baixas concentrações de P)	Tropical	0,0980	rápido	7	Stallcup <i>et al.</i> 2006
<i>Trema integerrima</i> (córrego enriquecido com P)	Tropical	0,1530	rápido	5	Stallcup <i>et al.</i> 2006
<i>Trema integerrima</i> (Piper)	Tropical	0,1290	rápido	5	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Trema integerrima</i> (Saltito100)	Tropical	0,0665	rápido	10	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Trema integerrima</i> (Sura)	Tropical	0,0638	rápido	11	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Trema integerrima</i> (Taconazo)	Tropical	0,0451	rápido	15	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Vanguera madagascariensis</i>	Temperado	0,0470	rápido	15	Dobson <i>et al.</i> 2003
<i>Zygia longifolia</i>	Tropical	0,0110	rápido	63	Ardón <i>et al.</i> 2009
<i>Zygia longifolia</i> (Arboleda)	Tropical	0,0068	médio	103	Ardón <i>et al.</i> 2006

## Continuação Tabela I

Folhas	Clima	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)	Referência
<i>Zygia longifolia</i> (Carapa)	Tropical	0,0080	médio	87	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Zygia longifolia</i> (Piper)	Tropical	0,0036	lento	192	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Zygia longifolia</i> (Saltito100)	Tropical	0,0057	médio	122	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Zygia longifolia</i> (Sura)	Tropical	0,0059	médio	117	Ardón <i>et al.</i> 2006
<i>Zygia longifolia</i> (Taconazo)	Tropical	0,0021	lento	332	Ardón <i>et al.</i> 2006

**Tabela 2.** Coeficiente médio de decaimento (k), tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) e classificação, segundo a proposta de Petersen & Cummins (1974), de cada espécie apresentada na Tabela 1.

**Table 2.** Average decay coefficient (k), half-life time ( $t_{1/2}$ ) and classification, as proposed by Petersen & Cummins (1974), from each species presented in Table 1.

Folhas	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	$t_{1/2}$ (dias)	Folhas	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	$t_{1/2}$ (dias)
<i>Acer rubrum</i>	0,0096	médio	72	<i>Juglan snigra</i>	0,0390	rápido	18
<i>Acer saccharum</i>	0,0090	médio	77	<i>Knightia excelsa</i>	0,0098	médio	71
<i>Alnus oblongifolia</i>	0,0174	rápido	40	<i>Liquidambar formosana</i>	0,0330	rápido	21
<i>Alnus glutinosa</i>	0,0241	rápido	29	<i>Liquidambar styraciflua</i>	0,0080	médio	87
<i>Alnus incana</i>	0,0013	lento	533	<i>Liriodendron tulipifera</i>	0,0136	rápido	51
<i>Aristolelia serrata</i>	0,0382	rápido	18	<i>Livistona chinensis</i>	0,0080	médio	87
<i>Arundinaria shiuyingiana</i>	0,0140	rápido	50	<i>Lolium perenne</i>	0,0172	rápido	40
<i>Bambusa sp</i>	0,0092	médio	75	<i>Luehea seemannii</i>	0,0330	rápido	21
<i>Beilschmiedia tawa</i>	0,0031	lento	224	<i>Melaleuca quinquenervia</i>	0,0230	rápido	30
<i>Betula occidentalis</i>	0,0186	rápido	37	<i>Meliccytus ramifloris</i>	0,0212	rápido	33
<i>Betula pendula</i>	0,0025	lento	281	<i>Miconia chartacea</i>	0,0042	lento	165
<i>Carapa nicaraguensis</i>	0,0230	rápido	30	<i>Myrcia guyanensis</i>	0,0058	médio	119
<i>Castanea sativa</i>	0,0073	médio	95	<i>Nothofagus pumilio</i>	0,0033	lento	210
<i>Castilla elastica</i>	0,0156	rápido	45	<i>Ocotea sp.</i>	0,0066	médio	106
<i>Cecropia latiloba</i>	0,0200	rápido	35	<i>Pandanus furcatus</i>	0,0150	rápido	46
<i>Cecropia schreberiana</i>	0,0270	rápido	26	<i>Pinus ponderosa</i>	0,0017	lento	408
<i>Clidemia sp.</i>	0,0235	rápido	29	<i>Pinus strobus</i>	0,0030	lento	231
<i>Copernicia alba</i>	0,0071	médio	98	<i>Pinusradiata</i>	0,0036	lento	193
<i>Cornus florida</i>	0,0170	rápido	41	<i>Pittosporum viridiflorum</i>	0,0430	rápido	16
<i>Cornus stolonifera</i>	0,0461	rápido	15	<i>Platanus hybrida</i>	0,0057	médio	122
<i>Corylus avellana</i>	0,0154	rápido	45	<i>Platanus wrightii</i>	0,0090	médio	77
<i>Croton gossypifolius</i>	0,0651	rápido	11	<i>Populus fremontii</i>	0,0189	rápido	37
<i>Dacryodes excelsa</i>	0,0335	rápido	21	<i>Populus nigra</i>	0,0077	médio	90
<i>Dombeya goetzenii</i>	0,0155	rápido	45	<i>Populus tremuloides</i>	0,0339	rápido	20
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,0131	rápido	53	<i>Populus x canadensis</i>	0,0228	rápido	30
<i>Eucalyptus globulus</i>	0,0083	médio	83	<i>Protium brasiliense</i>	0,0038	lento	182
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,0050	médio	139	<i>Protium heptaphyllum</i>	0,0030	lento	235
<i>Eucalyptus regnans</i>	0,0109	rápido	64	<i>Prunus avium</i>	0,0393	rápido	18
<i>Fagus sylvatica</i>	0,0026	lento	263	<i>Quercus alba</i>	0,0047	lento	149
<i>Ficus fistulosa</i>	0,0370	rápido	19	<i>Quercus gambelii</i>	0,0096	médio	72
<i>Ficus insipida</i>	0,0660	rápido	11	<i>Quercus ilex</i>	0,0037	lento	189
<i>Fraxinus excelsior</i>	0,0384	rápido	18	<i>Quercus robur</i>	0,0052	médio	135
<i>Fraxinus velutina</i>	0,0154	rápido	45	<i>Quercus rubra</i>	0,0070	médio	99
<i>Hoheria populnea</i>	0,0192	rápido	36	<i>Rhododendron maximum</i>	0,0040	lento	173
<i>Hura crepitans</i>	0,0672	rápido	10	<i>Rhus natalensis</i>	0,0260	rápido	27
<i>Indocalamus sinicus</i>	0,0120	rápido	58	<i>Salix fragilis</i>	0,0270	rápido	26

## Continuação Tabela 2

Folhas	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)
<i>Salix humboldtiana</i>	0,0119	rápido	58
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,0260	rápido	27
<i>Simira maxonii</i>	0,0480	rápido	14
<i>Symmeria paniculata</i>	0,0055	médio	126
<i>Syzygium cordatum</i>	0,0220	rápido	32
<i>Tectona grandis</i>	0,0182	rápido	38
<i>Terminalia oblonga</i>	0,0390	rápido	18
<i>Tessaria integrifolia</i>	0,0216	rápido	32
<i>Trema integerrima</i>	0,1088	rápido	6
<i>Vanguera madagascariensis</i>	0,0470	rápido	15
<i>Zygia longifolia</i>	0,0061	médio	113
<b>Média</b>	<b>0,0197</b>	<b>rápido</b>	<b>35</b>

**Tabela 3.** Coeficiente médio de decaimento (k), tempo de meia-vida (t<sub>1/2</sub>) e classificação, segundo a proposta de Petersen & Cummins (1974), dos valores obtidos na Tabela 1, de acordo com o clima da região onde o estudo foi desenvolvido. n é o número de dados obtidos (Tabela 1) para um determinado tipo de clima.

*Table 3. Average decay coefficient (k), half-life time (t<sub>1/2</sub>) and classification, as proposed by Petersen & Cummins (1974), from the values obtained in Table 1, according to the climate of the region where the study was carried out. n is the number of data (Table 1) for a certain type of climate.*

Clima	n	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)
Temperado	167	0,0158	rápido	44
Tropical	79	0,0280	rápido	25
Outros*	26	0,0142	rápido	49

\*Semi-continental, Continental, Mediterrâneo, Neotropical e Subtropical

**Tabela 4.** Coeficientes de decaimento (k) de diferentes estruturas das macrófitas aquáticas e seus respectivos tempos de meia-vida ( $t_{1/2}$ ). As taxas de decomposição foram classificadas segundo a proposta de Petersen & Cummins (1974). Os dados dizem respeito a valores observados no campo e em experimentos laboratoriais.

**Table 4.** Decay coefficients (k) from different structures of aquatic macrophytes and their respective half life times ( $t_{1/2}$ ). Decomposition rates were classified as proposed by Petersen & Cummins (1974). The data are related to values observed in field and in laboratory experiments.

<b>Recurso</b>	<b>Parte do vegetal</b>	<b>k (dia<sup>-1</sup>)</b>	<b>Classe</b>	<b>t1/2 (dias)</b>	<b>Referência</b>
<b>Macrófitas Emergentes</b>					
<i>Cyperus giganteus</i>	planta inteira	0,0016	lento	433	Nunes 2010
<i>Eichhornia azurea</i>	planta inteira	0,0003	lento	2310	Nunes 2010
<i>Eichhornia azurea</i> (canal Cortado)	caule e pecíolo	0,0047	lento	147	Pagioro & Thomaz 1998
<i>Eichhornia azurea</i> (lago Garças)	caule e pecíolo	0,0048	lento	144	Pagioro & Thomaz 1998
<i>Juncus effusus</i> (adicionada em 14/12/1992)	folhas	0,0230	rápido	30	Kuehn & Suberkropp 1998
<i>Juncus effusus</i> (adicionada em 17/06/1993)	folhas	0,0210	rápido	33	Kuehn & Suberkropp 1998
<i>Juncus effusus</i> (adicionada em 23/03/1993)	folhas	0,0150	rápido	46	Kuehn & Suberkropp 1998
<i>Juncus effusus</i> (adicionada em 7/10/1993)	folhas	0,0120	rápido	58	Kuehn & Suberkropp 1998
<i>Juncus effusus</i> (adicionada em 8/10/1992)	folhas	0,0120	rápido	58	Kuehn & Suberkropp 1998
<i>Juncus maritimus</i> (Dulce; malha fina; permanentemente submersa)	hastes	0,0100	médio/rápido	69	Alvarez <i>et al.</i> 2001
<i>Juncus maritimus</i> (Dulce; malha grossa; permanentemente submersa)	hastes	0,0170	rápido	41	Alvarez <i>et al.</i> 2001
<i>Juncus maritimus</i> (Santa Olalla; malha fina; permanentemente submersa)	hastes	0,0120	rápido	58	Alvarez <i>et al.</i> 2001
<i>Juncus maritimus</i> (Santa Olalla; malha grossa; permanentemente submersa)	hastes	0,0200	rápido	35	Alvarez <i>et al.</i> 2001
<i>Montrichardia arborescens</i> (Condução aeróbia)	planta inteira	0,0020	lento	347	Cunha-Santino <i>et al.</i> 2004
<i>Oxycaryum cubense</i>	planta inteira	0,0021	lento	330	Nunes 2010
<i>Panicum elephantipes</i>	caules e folhas	0,0085	médio	82	Neiff & Zozaya 1991



Continuação Tabela 4

Recurso	Parte do vegetal	k (dia -1)	Classe	t1/2 (dias)	Referência
<i>Phragmites communis</i>	folhas	0,0033	lento	209	Mun <i>et al.</i> 2000
<i>Phragmites communis</i>	colmos	0,0012	lento	602	Mun <i>et al.</i> 2000
<i>Phragmites communis</i>	rizomas	0,0041	lento	171	Mun <i>et al.</i> 2000
<i>Polygonum acuminatum</i>	caules e folhas	0,0170	rápido	41	Neiff & Zozaya 1991
<i>Polygonum meissnerianum</i>	planta inteira	0,0016	lento	433	Nunes 2010
<i>Scirpus cubensis</i> (condição aeróbia)	planta inteira	0,0030	lento	229	Cunha & Bianchini Jr. 1998
<i>Scirpus fluviatilis</i>	folhas	0,0087	médio	80	Bianchi & Findlay 1991
<i>Typha angustifolia</i>	folhas	0,0024	lento	289	Bianchi & Findlay 1991
<i>Typha domingensis</i> (condição aeróbia)	planta inteira	0,0049	lento	141	Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2006
<i>Typha domingensis</i> (condição anaeróbia)	planta inteira	0,0029	lento	239	Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2006
<i>Zizania latifolia</i>	folhas	0,0051	médio	136	Mun <i>et al.</i> 2001
<i>Zizania latifolia</i>	rizomas	0,0065	médio	107	Mun <i>et al.</i> 2001
<i>Zizania latifolia</i>	folhas	0,0036	lento	193	Lan <i>et al.</i> 2006
<i>Zizania latifolia</i>	bainhas	0,0033	lento	210	Lan <i>et al.</i> 2006
<i>Zizania latifolia</i>	colmos	0,0021	lento	330	Lan <i>et al.</i> 2006
<i>Zizania latifolia</i>	colmos	0,0055	médio	126	Mun <i>et al.</i> 2001
<b>Macrófitas Flutuantes</b>					
<i>Eichhornia crassipes</i> (água estagnada; inverno; malha fina)	caules e folhas	0,0030	lento	231	Battle & Mihuc 2000
<i>Eichhornia crassipes</i> (água estagnada; inverno; malha grossa)	caules e folhas	0,0090	médio	77	Battle & Mihuc 2000

Continuação Tabela 4

Recurso	Parte do vegetal	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t1/2 (dias)	Referência
<i>Eichhornia crassipes</i> (água estagnada; outono; malha fina)	caules e folhas	0,0200	rápido	35	Battle & Mihuc 2000
<i>Eichhornia crassipes</i> (água estagnada; outono; malha grossa)	caules e folhas	0,0220	rápido	32	Battle & Mihuc 2000
<i>Eichhornia crassipes</i> (local ribeirinho; inverno; malha fina)	caules e folhas	0,0040	lento	173	Battle & Mihuc 2000
<i>Eichhornia crassipes</i> (local ribeirinho; inverno; malha grossa)	caules e folhas	0,0080	médio	87	Battle & Mihuc 2000
<i>Eichhornia crassipes</i> (local ribeirinho; outono; malha fina)	caules e folhas	0,0150	rápido	46	Battle & Mihuc 2000
<i>Eichhornia crassipes</i> (local ribeirinho; outono; malha grossa)	caules e folhas	0,0190	rápido	36	Battle & Mihuc 2000
<i>Ricciocarpus natans</i>	planta inteira	0,0016	lento	433	Nunes 2010
<i>Salvinia auriculata</i> (condição aeróbia)	planta inteira	0,0017	lento	401	Cunha -Santino & Bianchini Jr. 2000
<i>Salvinia auriculata</i> (condição anaeróbia)	planta inteira	0,0010	lento	693	Cunha -Santino & Bianchini Jr. 2000
<i>Salvinia</i> sp	planta inteira	0,0010	lento	693	Nunes 2010
<b>Macrófitas Submersas</b>					
<i>Cabomba furcata</i>	planta inteira	0,0027	lento	257	Nunes 2010
<i>Cabomba piauhyensis</i> (condição aeróbia)	planta inteira	0,0062	médio	111	Cunha & Bianchini Jr. 1998
<i>Ceratophyllum demersum</i> (água estagnada; inverno; malha fina)	caules e folhas	0,0110	rápido	63	Battle & Mihuc 2000
<i>Ceratophyllum demersum</i> (água estagnada; inverno; malha grossa)	caules e folhas	0,0250	rápido	28	Battle & Mihuc 2000
<i>Ceratophyllum demersum</i> (água estagnada; outono; malha fina)	caules e folhas	0,0300	rápido	23	Battle & Mihuc 2000
<i>Ceratophyllum demersum</i> (água estagnada; outono; malha grossa)	caules e folhas	0,0290	rápido	24	Battle & Mihuc 2000
<i>Ceratophyllum demersum</i> (local ribeirinho; inverno; malha fina)	caules e folhas	0,0080	médio	87	Battle & Mihuc 2000
<i>Ceratophyllum demersum</i> (local ribeirinho; inverno; malha grossa)	caules e folhas	0,0400	rápido	17	Battle & Mihuc 2000

Continuação Tabela 4

Recurso	Parte do vegetal	k (dia -1)	Classe	t1/2 (dias)	Referência
<i>Ceratophyllum demersum</i> (local ribeirinho; outono; malha fina)	caules e folhas	0,0150	rápido	46	Battle & Mihuc 2000
<i>Ceratophyllum demersum</i> (local ribeirinho; outono; malha grossa)	caules e folhas	0,0490	rápido	14	Battle & Mihuc 2000
<i>Ceratophyllum demersum</i> (outono)	planta inteira	0,1170	rápido	6	Royer & Minshall 1997
<i>Ceratophyllum demersum</i> (primavera)	planta inteira	0,1680	rápido	4	Royer & Minshall 1997
<i>Charophyte sp</i>	planta inteira	0,0080	médio	87	Shilla <i>et al.</i> 2006
<i>Egeria najas</i>	planta inteira	0,0076	médio	91	Nunes 2010
<i>Hydrilla verticillata</i> (água estagnada; inverno; malha fina)	caules e folhas	0,0140	rápido	50	Battle & Mihuc 2000
<i>Hydrilla verticillata</i> (água estagnada; inverno; malha grossa)	caules e folhas	0,0340	rápido	20	Battle & Mihuc 2000
<i>Hydrilla verticillata</i> (água estagnada; outono; malha fina)	caules e folhas	0,0420	rápido	17	Battle & Mihuc 2000
<i>Hydrilla verticillata</i> (água estagnada; outono; malha grossa)	caules e folhas	0,0610	rápido	11	Battle & Mihuc 2000
<i>Hydrilla verticillata</i> (local ribeirinho; inverno; malha fina)	caules e folhas	0,0060	médio	116	Battle & Mihuc 2000
<i>Hydrilla verticillata</i> (local ribeirinho; inverno; malha grossa)	caules e folhas	0,0400	rápido	17	Battle & Mihuc 2000
<i>Hydrilla verticillata</i> (local ribeirinho; outono; malha fina)	caules e folhas	0,0270	rápido	26	Battle & Mihuc 2000
<i>Hydrilla verticillata</i> (local ribeirinho; outono; malha grossa)	caules e folhas	0,1350	rápido	5	Battle & Mihuc 2000
<i>Ludwigia inclinata</i>	planta inteira	0,0009	lento	770	Nunes 2010
<i>Myriophyllum subsaginum</i>	planta inteira	0,0090	médio	77	Shilla <i>et al.</i> 2006
<i>Najas marina</i>	planta inteira	0,0350	rápido	20	Shilla <i>et al.</i> 2006
<i>Potamogeton sp.</i>	folhas	0,0133	rápido	52	Bianchi & Findlay 1991
<i>Potamogeton pectinatus</i> (outono)	planta inteira	0,0240	rápido	29	Royer & Minshall 1997
<i>Potamogeton pectinatus</i> (primavera)	planta inteira	0,0460	rápido	15	Royer & Minshall 1997

Continuação Tabela 4

Recurso	Parte do vegetal	k (dia -1)	Classe	t1/2 (dias)	Referência
<i>Sagittaria platyphylla</i> (água estagnada; inverno; malha fina)	caules e folhas	0,0120	rápido	58	Battle & Mihuc 2000
<i>Sagittaria platyphylla</i> (água estagnada; inverno; malha grossa)	caules e folhas	0,0100	médio/rápido	69	Battle & Mihuc 2000
<i>Sagittaria platyphylla</i> (água estagnada; outono; malha fina)	caules e folhas	0,0220	rápido	32	Battle & Mihuc 2000
<i>Sagittaria platyphylla</i> (água estagnada; outono; malha grossa)	caules e folhas	0,0400	rápido	17	Battle & Mihuc 2000
<i>Sagittaria platyphylla</i> (local ribeirinho; inverno; malha fina)	caules e folhas	0,0060	médio	116	Battle & Mihuc 2000
<i>Sagittaria platyphylla</i> (local ribeirinho; inverno; malha grossa)	caules e folhas	0,0130	rápido	53	Battle & Mihuc 2000
<i>Sagittaria platyphylla</i> (local ribeirinho; outono; malha fina)	caules e folhas	0,0260	rápido	27	Battle & Mihuc 2000
<i>Sagittaria platyphylla</i> (local ribeirinho; outono; malha grossa)	caules e folhas	0,0340	rápido	20	Battle & Mihuc 2000
<i>Utricularia breviscapa</i>	planta inteira	0,0066	médio	105	Nunes 2010
<i>Utricularia breviscapa</i> (processo aeróbio; 15,3°C)	planta inteira	0,0043	lento	161	Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2008
<i>Utricularia breviscapa</i> (processo aeróbio; 20,8°C)	planta inteira	0,0046	lento	151	Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2008
<i>Utricularia breviscapa</i> (processo aeróbio; 25,7°C)	planta inteira	0,0054	médio	128	Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2008
<i>Utricularia breviscapa</i> (processo aeróbio; 30,3°C)	planta inteira	0,0051	médio	136	Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2008
<i>Utricularia breviscapa</i> (processo anaeróbio; 15,3°C)	planta inteira	0,0021	lento	330	Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2008
<i>Utricularia breviscapa</i> (processo anaeróbio; 20,8°C)	planta inteira	0,0028	lento	248	Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2008
<i>Utricularia breviscapa</i> (processo anaeróbio; 25,7°C)	planta inteira	0,0034	lento	204	Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2008
<i>Utricularia breviscapa</i> (processo anaeróbio; 30,3°C)	planta inteira	0,0045	lento	154	Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2008
<i>Vallisneria americana</i>	folhas	0,0334	rápido	21	Bianchi & Findlay 1991
<i>Vallisneria americana</i> (baixo CO <sub>2</sub> )	folhas	0,0590	rápido	12	Titus & Pagano 2002
<i>Vallisneria americana</i> (alto CO <sub>2</sub> )	folhas	0,0610	rápido	11	Titus & Pagano 2002
<i>Vallisneria gigantea</i>	planta inteira	0,0270	rápido	26	Shilla <i>et al.</i> 2006

**Tabela 5.** Coeficiente médio de decaimento ( $k$ ), tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) e classificação, segundo a proposta de Petersen & Cummins (1974), de cada espécie de macrófita aquática apresentada na Tabela 4.

**Table 5.** Average decay coefficient ( $k$ ), half-life time ( $t_{1/2}$ ) and classification, as proposed by Petersen & Cummins (1974), from each species presented in Table 4.

Folhas	$k$ (dia <sup>-1</sup> )	Classe	$t_{1/2}$ (dias)
<b>Macrófitas Emergentes</b>			
<i>Cyperus giganteus</i>	0,0016	lento	433
<i>Eichhornia azurea</i> - Média	0,0033	lento	212
<i>Juncus effusus</i> - Média	0,0166	rápido	42
<i>Juncus maritimus</i> - Média	0,0148	rápido	47
<i>Montrichardia arborescens</i> (Condição aeróbia)	0,0020	lento	347
<i>Oxycaryum cubense</i>	0,0021	lento	330
<i>Panicum elephantipes</i>	0,0085	médio	82
<i>Phragmites communis</i> - Média	0,0028	lento	244
<i>Polygonum acuminatum</i>	0,0170	rápido	41
<i>Polygonum meissnerianum</i>	0,0016	lento	433
<i>Scirpus cubensis</i> (condição aeróbia)*	0,0030	lento	229
<i>Scirpus fluviatilis</i>	0,0087	médio	80
<i>Typha angustifolia</i>	0,0024	lento	289
<i>Typha domingensis</i> - Média	0,0039	lento	178
<i>Zizania latifolia</i> - Média	0,0043	lento	160
<b>Média</b>	<b>0,0062</b>	<b>médio</b>	<b>112</b>
<b>Macrófitas Flutuantes</b>			
<i>Eichhornia crassipes</i> - Média	0,0125	rápido	55
<i>Ricciocarpus natans</i>	0,0016	lento	433
<i>Salvinia auriculata</i> - Média	0,0014	lento	508
<i>Salvinia</i> sp	0,0010	lento	693
<b>Média</b>	<b>0,0041</b>	<b>lento</b>	<b>168</b>
<b>Macrófitas Submersas</b>			
<i>Cabomba furcata</i>	0,0027	lento	257
<i>Cabomba piauhyensis</i> (condição aeróbia)	0,0062	médio	111
<i>Ceratophyllum demersum</i> - Média	0,0492	rápido	14
<i>Charophyte</i> sp	0,0080	médio	87

Continuação Tabela 5

Folhas	k (dia <sup>-1</sup> )	Classe	t <sub>1/2</sub> (dias)
<i>Egeria najas</i>	0,0076	médio	91
<i>Hydrilla verticillata</i> - Média	0,0449	rápido	15
<i>Ludwigia inclinata</i>	0,0009	lento	770
<i>Myriophyllum salsagineum</i>	0,0090	médio	77
<i>Najas marina</i>	0,0350	rápido	20
<i>Potamogeton sp.</i>	0,0133	rápido	52
<i>Potamogeton pectinatus</i> - Média	0,0350	rápido	20
<i>Sagittaria platyphylla</i> - Média	0,0204	rápido	34
<i>Utricularia breviscapa</i> - Média	0,0043	lento	161
<i>Vallisneria americana</i> - Média	0,0511	rápido	14
<i>Vallisneria gigantea</i>	0,0270	rápido	26
<b>Média</b>	<b>0,0210</b>	<b>rápido</b>	<b>33</b>
<b>Média geral</b>	<b>0,0125</b>	<b>rápido</b>	<b>56</b>

Na Tabela 1 foram apresentados 272 valores de coeficientes de decaimento de 83 diferentes fontes de material alóctone para os ecossistemas aquáticos. Os k variaram de 0,0002dia<sup>-1</sup> (*Fagus sylvatica*; decaimento lento; t<sub>1/2</sub> = 3465 dias) a 0,1980dia<sup>-1</sup> (*Trema integerrima*; decaimento rápido; t<sub>1/2</sub> = 4 dias). Levando em conta a média de cada espécie (Tabela 2), os valores de k variaram entre 0,0013dia<sup>-1</sup> (*Alnus incana*; decaimento lento t<sub>1/2</sub> = 533 dias) e 0,1088dia<sup>-1</sup> (*Trema integerrima*, decaimento rápido; t<sub>1/2</sub> = 6 dias), com valor médio de k igual a 0,0197dia<sup>-1</sup> (decaimento rápido; t<sub>1/2</sub> = 35 dias). Das espécies elencadas, 17% apresentaram decréscimos lentos, 24% médio e 59% rápido.

A relação entre as taxas de decomposição e o clima (Tabela 3), o k médio foi 0,0158dia<sup>-1</sup> para o clima temperado (n = 167), 0,0280dia<sup>-1</sup> para o tropical (n = 79) e 0,0142dia<sup>-1</sup> para os demais tipos de climas (n = 26). A velocidade da decomposição foi classificada como rápida para todos os tipos climáticos, entretanto o tempo de meia-vida foi 43%

menor no clima tropical, em relação ao temperado (25 e 44 dias, respectivamente). Os demais tipos de climas apresentaram tempo médio de meia-vida semelhante ao do clima temperado (49 dias). Diversos estudos demonstram que as espécies dos trópicos apresentam baixa qualidade nutricional e palatabilidade e maior quantidade de metabólitos secundários e compostos recalcitrantes do que as espécies de clima temperado, fato que decorre da maior pressão por herbivoria sofrida ao longo do processo evolutivo (Coley & Aide 1991, Coley & Barone 1996, Graça & Cressa 2010). Além disso, nos trópicos a quantidade de invertebrados consumidores é consideravelmente menor que nas regiões de clima temperado, sendo a decomposição realizada majoritariamente pelos micro-organismos (Gonçalves *et al.* 2007, Li *et al.* 2009). Todos esses fatores afetam negativamente a decomposição, e dessa forma, seria esperado que a mesma ocorresse mais lentamente nos trópicos, o contrário do que foi observado nesta compilação. Uma possível explicação para esse fato é que a

maior temperatura do clima tropical aumenta o metabolismo microbiano, acelerando dessa forma o processo de decomposição nos trópicos, ainda que os invertebrados sejam escassos.

Em relação às macrófitas aquáticas, foram elencados 93 coeficientes de decaimento distribuídos de acordo com o hábito (Tabela 4): 32 referentes às macrófitas emergentes (com 15 espécies), 12 às flutuantes (4 espécies) e 49 às submersas (15 espécies). Assim como verificado para as folhas, os valores de  $k$  foram muito variados, de  $0,0003\text{dia}^{-1}$  (*Eichhornia azurea*; decaimento lento;  $t_{1/2} = 2310$  dias) a  $0,1680\text{dia}^{-1}$  (*Ceratophyllum demersum*, decaimento rápido;  $t_{1/2} = 4$  dias). Levando em conta a média por espécie (Tabela 5), os valores de  $k$  variaram entre  $0,0009\text{dia}^{-1}$  (*Ludwigia inclinata*; decaimento lento;  $t_{1/2} = 770$  dias) e  $0,0511\text{dia}^{-1}$  (*Vallisneria americana*; decaimento rápido;  $t_{1/2} = 14$  dias), apresentando valor médio de  $k$  igual a  $0,0125\text{dia}^{-1}$  (decaimento rápido;  $t_{1/2} = 56$  dias). De acordo com a categorização de Petersen & Cummins (1974), 47% das espécies apresentaram decaimento lento, 18% médio e 35% rápidos. Entre as espécies emergentes, o  $k$  médio foi igual a  $0,0062\text{dia}^{-1}$  (velocidade média de decaimento); 67% apresentaram uma perda de massa lenta, 13% média, e 20% rápida. Para as espécies flutuantes, o coeficiente de decaimento médio foi de  $0,0041\text{dia}^{-1}$  (decaimento lento); 75% dos dados corresponderam a um decaimento lento e 25% rápido. Entre as macrófitas submersas, o coeficiente de decaimento médio foi  $0,0125\text{dia}^{-1}$  (decaimento rápido), sendo que 20% dos dados corresponderam a um decaimento lento, 27% médio e 53% rápido. Os  $t_{1/2}$  das macrófitas emergentes, flutuantes e submersas foram 112 dias, 168 dias e 33 dias, respectivamente.

Conforme revisado por Webster & Benfield (1986), o material vegetal autóctone geralmente apresenta perda de massa com velocidades mais baixas que o alóctone. A presente compilação corrobora esta afirmação. Embora os coeficientes médios de decomposição desses dois tipos de materiais tenham sido classificados como rápidos, o tempo médio de meia-vida do material autóctone foi 37% superior ao alóctone (56 e 35 dias, respectivamente).

Ao comparar os coeficientes médios de decomposição em função dos diferentes hábitos das macrófitas aquáticas (Tabela 5), é possível notar que as plantas flutuantes e emergentes foram as que

apresentaram os maiores tempos de meia-vida (168 dias, decaimento lento e 112 dias; decaimento médio, respectivamente). A diferença entre o tempo de meia-vida das macrófitas com esses dois hábitos é de 56 dias, uma diferença razoável que, entretanto, se torna pequena quando seus decaimentos são comparados ao das macrófitas aquáticas de hábito submerso. Estas últimas são classificadas como tendo decomposição rápida, e necessitam de 80% (135 dias) e 71% (79 dias) menos tempo que as flutuantes e emergentes, respectivamente, para atingir a metade de sua massa inicial. Essas observações são condizentes com os relatos da literatura, que atribuem o rápido decaimento das macrófitas submersas ao maior teor de compostos solúveis e menor quantidade dos tecidos rígidos de sustentação (Allan 1995, Nunes 2010).

Embora a classificação de Petersen & Cummins (1974) venha sendo amplamente utilizada, esta deve ser aplicada com ressalvas, uma vez que são muitos os fatores que afetam a taxa de decaimento da matéria orgânica, sejam intrínsecos, extrínsecos, bióticos ou abióticos, conforme anteriormente discutido. Os valores de  $k$  são também dependentes da metodologia e do modelo de decaimento aplicado. Segundo Cunha-Santino & Bianchini Jr. (2006), os coeficientes de decomposição das frações refratárias dos detritos ao se utilizar um modelo exponencial duplo são menores que os obtidos no modelo exponencial simples, gerando, conseqüentemente,  $t_{1/2}$  mais elevados (cerca de 2,3 vezes). Nos dados apresentado na Tabela 4, os resultados obtidos dos ajustes ao modelo exponencial duplo referem-se aos estudos desenvolvidos em laboratório (Cunha & Bianchini Jr. 1998, Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2000, Cunha-Santino *et al.* 2004, Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2006, Cunha-Santino & Bianchini Jr. 2008, Nunes 2010).

Dessa forma, uma mesma espécie pode apresentar diferentes velocidades de decaimento, dependendo da condição de incubação tanto *in situ* (em campo) quanto *in vitro* (bioensaios do processo de decomposição). Na presente revisão, por exemplo, as folhas de *Acer rubrum*, *Alnus glutinosa*, *Bambusa* sp, *Liriodendron tulipifera*, *Populus nigra* e *Zygia longifolia* encontradas na vegetação ripária e a macrófita aquática *Eichhornia crassipes* foram classificadas em todas as categorias da série contínua (lento, médio e rápido), muitas vezes, dentro da mesma referência. Este fato indica que, por mais que esse tipo de

classificação seja útil para que haja padronizações que tornem possível a comparação entre diferentes estudos, a mesma deve ser utilizada com cautela, e todos os aspectos envolvidos no processo, bióticos e abióticos, devem ser analisados.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas concessões das bolsas de estudo (Processos 300959/2004-4 e 131846/2009-4).

## REFERÊNCIAS

- ABELHO, M. 2001. From litterfall to breakdown in streams: a review. *The Scientific World*, 1: 656-680, doi:10.1100/tsw.201.103
- ABELHO, M. 2009. ATP and ergosterol as indicators of fungal biomass during leaf decomposition in streams: a comparative study. *International Review of Hydrobiology*, 94: 3-15, doi: 10.1002/iroh.200811093
- ABELHO, M.; CRESSA, C. & GRAÇA, M.A.S. 2005. Microbial biomass, respiration, and decomposition of *Hura crepitans* L. (Euphorbiaceae) leaves in a tropical stream. *Biotropica*, 37: 397-402.
- ALBARIÑO, R.J. & BALSEIRO, E.G. 2002. Leaf litter breakdown in Patagonian streams: native versus exotic trees and the effect of invertebrate size. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 12: 181-192, doi: 10.1002/aqc.511
- ALLAN, D.J. 1995. *Stream ecology: structure and function of running waters*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 388p.
- ALVAREZ, S.; RICO, E.; GUERRERO, M.C. & MONTES, C. 2001. Decomposition of *Juncus maritimus* in two shallow lakes of Doñana National Park. *International Review of Hydrobiology*, 86: 541-554.
- ARDÓN, M.; PRINGLE, C.M. & EGGERT, S.L. 2009. Does leaf chemistry differentially affect breakdown in tropical versus temperate streams? Importance of standardized analytical techniques to measure leaf chemistry. *Journal of North American Benthological Society*, 28: 440-453, doi: 10.1899/07-083.1
- ARDÓN, M.; STALLCUP, L.A. & PRINGLE, C.M. 2006. Does leaf quality mediate the stimulation of leaf breakdown by phosphorus in Neotropical streams? *Freshwater Biology*, 51: 618-633, doi: 10.1111/j.1365-2427.2006.01515.x
- AXMANOVÁ, S. & RULÍK, M. 2005. DOC release from alder leaves and catkins during decomposition in a small lowland stream. *International Review of Hydrobiology*, 90: 33-41, doi: 10.1002/iroh.200310715
- BALDY, V. & GESSNER M.O. 1997. Towards a budget of leaf litter decomposition in a first-order woodland stream. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Série III*, 320: 747-758.
- BALDY, V.; CHAUVET, E.; CHARCOSSET, J.Y. & GESSNER, M.O. 2002. Microbial dynamics associated with leaves decomposing in the mainstem and floodplain pond of a large river. *Aquatic Microbial Ecology*, 28: 25-36.
- BALDY, V.; GESSNER, M.O. & CHAUVET, E. 1995. Bacteria, fungi and the breakdown of leaf litter in a large river. *Oikos*, 74: 93-102.
- BALDY, V.; GOBERT, V.; GUEROLD, F.; CHAUVET, E.; LAMBRIGOT, D. & CHARCOSSET, J.-Y. 2007. Leaf litter breakdown budgets in streams of various trophic status: effects of dissolved inorganic nutrients on microorganisms and invertebrates. *Freshwater Biology*, 52: 1322-1335, doi:10.1111/j.1365-2427.2007.01768.x
- BÄRLOCHER, F. 1997. Pitfalls of traditional techniques when studying decomposition of vascular plant remains in aquatic habitats. *Limnetica*, 13: 1-11.
- BÄRLOCHER, F. 2005. Leaching. Pp. 33-36. In: M.A.S. Graça, F. Bärlocher, M.O. Gessner (eds.). *Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 329p.
- BÄRLOCHER, F. & KENDRICK, B. 1975. Leaf-conditioning by microorganism. *Oecologia*, 20, 359-362.
- BASTIAN, M.; BOYERO, L.; JACKES, B.R. & PEARSON, R.G. 2007. Leaf litter diversity and shredder preferences in an Australian tropical rain-forest stream. *Journal of Tropical Ecology*, 23: 219-229, doi: 10.1017/S0266467406003920
- BATTLE, J. M. & MIHUC, T. B. 2000. Decomposition dynamics of aquatic macrophytes in the lower Atchafalaya, a large floodplain river. *Hydrobiologia*, 418: 123-136.
- BENFIELD, E.F. 1997. Comparison of litterfall input to streams. Pp. 104-108. In: J.R. Webster & J.L Meyer (eds.). *Stream Organic Matter Budgets*. *Journal of North American Benthological Society*, 16: 3-161.



- BENFIELD, E.F. 2007. Decomposition of leaf material. Pp. 711-720. In: F.R. Hauer & G.A. Lamberti (eds.). *Methods in stream ecology*. Second Edition. Academic Press, San Diego, CA. 877p.
- BIANCHI, T.S. & FINDLAY, S. 1991. Decomposition of Hudson estuary macrophytes: photosynthetic pigment transformations and decay constants. *Estuaries*, 14: 65-73.
- BITAR, A.L.; ANTONIO, R.M. & BIANCHINI JR., I. 2002. Degradação anaeróbia de folhas e galhos, cascas e serrapilheira. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 14: 17-26.
- BRAIONI, M.G.; GUMIERO, B. & SALMOIRAGHI, G. 2001. Leaf bags and natural leaf packs: two approaches to evaluate river functional characteristics. *International Review of Hydrobiology*, 86: 439-451.
- BRINSON, M.M. 1977. Decomposition and nutrient exchange of litter in an alluvial swamp forest. *Ecology*, 58: 601-609.
- BRUM, P.R. & ESTEVES, F.A. 2001. Changes in abundance and biomass of the attached bacterial community throughout the decomposition of three species of aquatic macrophyte. *Oecologia Brasiliensis*, IX: 77-95, doi: 10.4257/oeco.2001.0901.07
- 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. *Hydrobiologia*, 333: 79-85.
- CAPELLO, S.; MARCHESE, M. & EZCURRA DE DRAGO, I. 2004. Descomposición y colonización por invertebrados de hojas de *Salix humboldtiana* en la llanura aluvial del río Paraná Medio. *Amazoniana*, XVIII: 125-143.
- CARTER, M.D. & SUBERKROPP, K. 2004. Respiration and annual fungal production associated with decomposing leaf litter in two streams. *Freshwater Biology*, 49: 1112-1122, doi:10.1111/j.1365-2427.2004.01251.x
- COBO, F. 2005. Maintenance of shredders in the laboratory. Pp. 291-295. In: M.A.S. Graça, F. Bärlocher & M.O. Gessner (eds.). *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 329p.
- COLEY, P.D. & AIDE T.M. 1991. Comparisons of herbivory and plant defenses in temperate and tropical broad-leaved forests. Pp. 25-49. In: P.W. Price, T.M. Lewinsohn, G.W. Fernandez & W.W. Benson (eds.). *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. John Wiley and Sons, West Sussex, United Kingdom. 639p.
- COLEY, P.D. & BARONE, J.A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 27: 305-335.
- CUNHA, M.B. & BIANCHINI JR, I. 1998. Mineralização aeróbia de *Cabomba piauhyensis* e *Scirpus cubensis*. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 10: 81-91.
- CUNHA-SANTINO, M.B. & BIANCHINI JR. I. 2006. The aerobic and anaerobic decomposition of *Typha domingensis* Pers. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 18: 321-334.
- CUNHA-SANTINO, M.B. & BIANCHINI JR., I. 2000. Decomposição aeróbia e anaeróbia de *Salvinia auriculata* da lagoa do Infernã. Pp. 631-643. In: J.E. Santos & J.S.R. Pires (eds.). *Estudos Integrados em Ecossistemas - Estação Ecológica de Jataí*. RiMa, São Carlos, SP. 867p.
- CUNHA-SANTINO, M.B. & BIANCHINI JR., I. 2006. Modelos matemáticos aplicados aos estudos de decomposição de macrófitas aquáticas. *Oecologia Brasiliensis*, 10: 154-164.
- CUNHA-SANTINO, M.B. & BIANCHINI JR., I. 2008. Carbon cycling potential from *Utricularia breviscapa* decomposition in a tropical oxbow lake (São Paulo, Brazil). *Ecological Modelling*, 218: 375-382, doi:10.1016/j.ecolmodel.2008.07.023
- CUNHA-SANTINO, M.B.; PACOBAHYBA, L.D. & BIANCHINI JR, I. 2004. O/C Stoichiometry from mineralization of *Montrichardia arborescens* (L.) Schott. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 16: 351-357.
- CUNHA-SANTINO, M.B.; SCIESSERE, L. & BIANCHINI JR., I. 2008. As atividades das enzimas na decomposição da matéria orgânica particulada em ambientes aquáticos continentais. *Oecologia Brasiliensis*, 12: 30-41.
- CUSHING, C.E. & ALLAN, J.D. 2001. *Streams: their ecology and life*. Academic Press, San Diego, CA. 366p.
- DANGLES, O. & CHAUVET, E. 2003. Effects of stream acidification on fungal biomass in decaying beech leaves and leaf palatability. *Water Research*, 37: 533-538.
- DANGLES, O. & GUÉROLD, F. 1998. A comparative study of beech leaf breakdown, energetic content, and associated fauna in acidic and non-acidic streams. *Archiv für Hydrobiologie*, 144: 25-39.
- DANGLES, O. & GUÉROLD, F. 2001. Linking shredders and leaf litter processing: insights from an acidic stream study. *International Review of Hydrobiology*, 86: 395-406.

- DANGLES, O.; GESSNER, M.O.; GUEROLD, F. & CHAUVET, E. 2004. Impacts of stream acidification on litter breakdown: implications for assessing ecosystem functioning. *Journal of Applied Ecology*, 41: 365-378.
- DAS, M.; ROYER, T.V. & LEFF, L.G. 2007. Diversity of fungi, bacteria, and actinomycetes on leaves decomposing in a stream. *Applied and environmental microbiology*, 73: 756-767, doi: 10.1128/AEM.01170-06
- DAVIS III, S.E. & CHILDERS, D.L. 2007. Importance of water source in controlling leaf leaching losses in a dwarf red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) wetland. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71: 194-201, doi: 10.1016/j.ecss.2006.07.010
- DAVIS III, S.E.; CHILDERS, D.L. & NOE, G.B. 2006. The contribution of leaching to the rapid release of nutrients and carbon in the early decay of wetland vegetation. *Hydrobiologia*, 569: 87-97, doi: 10.1007/s10750-006-0124-1
- DAVIS III, S.E.; CORRONADO-MOLINA, C.; CHILDERS, D.L. & DAY JR., J.W. 2003. Temporally dependent C, N, and P dynamics associated with the decay of *Rhizophora mangle* L. leaf litter in oligotrophic mangrove wetlands of the Southern Everglades. *Aquatic Botany*, 75: 199-215.
- DOBSON, M.; MATHOOKO, M.J.; NDEGWA, F.K. & M'ERIMBA, C. 2003. Leaf litter processing rates in a Kenyan highland stream, the Njoro River. *Hydrobiologia*, 519: 207-210.
- DUARTE, S.; PASCOAL, C. & CÁSSIO, F. 2004. Effects of zinc on leaf decomposition by fungi in streams: studies in microcosms. *Microbial Ecology*, 48: 366-374, doi: 10.1007/s00248-003-2032-5
- ELOSEGI, A. & POZO, J. 2005. Litter Input. Pp. 3-11. In: M.A.S. Graça, F. Bärlocher & M.O. Gessner (eds.). *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 329p.
- ESTEVEZ, F.A. & BARBIERI, R. 1983. Dry weight and chemical changes during decomposition of tropical macrophytes in Lobo reservoir - São Paulo, Brazil. *Aquatic Botany*, 16: 285-295, doi: 10.1016/0304-3770(83)90038-4
- ALLON, R.D. & PFAENDER, F.K. 1976. Carbon metabolism in model microbial systems from a temperate salt marsh. *Applied Environment of Microbiology*, 31: 959-968.
- FARIA, B.M. & ESTEVES, F.A. 2001. Dissolved organic carbon in two Brazilian coastal lagoons: sources and utilization for heterotrophic bacteria. *Oecologia Brasiliensis*, IX: 57-64.
- FERREIRA, V. & CHAUVET, E. 2010. Synergistic effects of water temperature and dissolved nutrients on litter decomposition and associated fungi. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02185.x
- FINDLAY, S.E.G.; CARLOUGH, L.; CROCKER, T.; GILL, H.K.; MEYER, J.L. & SMITH, P.J. 1986. Bacterial growth on macrophyte leachate and fate of bacterial production. *Limnology and Oceanography*, 31: 1335-1341.
- FRANCE, R.; CULBERT, H.; FREEBOROUGH, C. & PETERS, R. 1997. Leaching and early mass loss of boreal leaves and wood in oligotrophic water. *Hydrobiologia*, 345: 209-214.
- GALIZZI, M.C. & MARCHESE, M. 2007. Descomposición de hojas de *Tessaria integrifolia* (Asteraceae) y colonización por invertebrados en un cauce secundario del río Paraná Medio. *Interciencia*, 32: 535-540.
- GALIZZI, M.C. & MARCHESE, M. 2009. Colonización de hojas en descomposición de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnhardt por invertebrados en un cauce secundario del río Paraná médio. *Hidrobiológica*, 19: 141-149.
- GESSNER, M.O. & CHAUVET, E. 1994. Importance of stream microfungi in controlling breakdown rates of leaf litter. *Ecology*, 75: 1807-1817.
- GESSNER, M.O. & SCHWOEBEL, J. 1989. Leaching kinetics of fresh leaf-litter with implications for the current concept of leaf-processing in streams. *Archiv für Hydrobiologie*, 115: 81-90.
- GESSNER, M.O.; CHAUVET, E. & DOBSON, M. 1999. A perspective on leaf litter breakdown in streams. *Oikos*, 85: 377-384.
- GONÇALVES JR., J.F.; FRANÇA, J.S. & CALLISTO, M. 2006a. Dynamics of allochthonous organic matter in a tropical Brazilian headstream. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49: 967-973.
- GONÇALVES JR., J.F.; FRANÇA, J.S.; MEDEIROS, A.O.; ROSA, C.A. & CALLISTO, M. 2006B. Leaf breakdown in a tropical stream. *International Review of Hydrobiology*, 91:164-177, doi: 10.1002/iroh.200510826
- GONÇALVES JR., J.F.; GRAÇA, M.A.S. & CALLISTO, M. 2006c. Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, Mediterranean, and tropical Cerrado climates. *Journal of North American Benthological Society*, 25: 344-355.
- GONÇALVES JR., J.F.; GRAÇA, M.A.S. & CALLISTO, M. 2007. Litter decomposition in a Cerrado savannah stream is

- retarded by leaf toughness, low dissolved nutrients and a low density of shredders. *Freshwater Biology*, 52: 1440-1451, doi: 10.1111/j.1365-2427.207.01769.x
- GRAÇA, M.A.S. & CANHOTO, C. 2006. Leaf litter processing in low order streams. *Limnetica*, 25: 1-10.
- GRAÇA, M.A.S. 2001. The role of invertebrates on leaf litter decomposition in streams – a review. *International Review of Hydrobiology*, 86: 383-393.
- GRAÇA, M.A.S.; CRESSA, C. 2010. Leaf Quality of Some Tropical and Temperate Tree Species as Food Resource for Stream Shredders. *International Review of Hydrobiology*, 95: 27-41.
- GRAÇA, M.A.S.; CRESSA, C.; GESSNER, M.O.; FEIO, M.J.; CALLIES, K.A. & BARRIOS, C. 2001. Food quality, feeding preferences, survival and growth of shredders from temperate and tropical streams. *Freshwater Biology*, 46: 947-957.
- GULIS, V. & SUBERKROPP, K. 2003a. Effect of inorganic nutrients on relative contributions of fungi and bacteria to carbon flow from submerged decomposing leaf litter. *Microbial Ecology*, 45: 11-19, doi: 10.1007/s00248-002-1032-1
- GULIS, V. & SUBERKROPP, K. 2003b. Leaf litter decomposition and microbial activity in nutrient-enriched and unaltered reaches of a headwater stream. *Freshwater Biology*, 48: 123-134.
- GUPTA, M.K.; SHRIVASTAVA, P. & SINGHAL, P.K. 1996. Decomposition of young water hyacinth leaves in lake water. *Hydrobiologia*, 335: 33-41, 10.1007/BF00013680
- HAUER, F.R. & HILL, W.R. 2007. Temperature, light, and oxygen. Pp. 103-117. In: F.R. Hauer & G.A. Lamberti (eds.). *Methods in stream ecology*. Second Edition. Academic Press, San Diego, CA. 877p.
- HEPP, L.U.; DELANORA, R. & TREVISANA. 2009. Compostos secundários durante a decomposição foliar de espécies arbóreas em um riacho do sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 23: 407-413.
- HIEBER, M. & GESSNER, M.O. 2002. Contribution of stream detritivores, fungi, and bacteria to leaf breakdown based on biomass estimates. *Ecology*, 83: 1026-1038.
- KUEHN, K. A. & SUBERKROPP, K. 1998. Decomposition of standing litter of the freshwater emergent macrophyte *Juncus effusus*. *Freshwater Biology*, 40: 717-727.
- LAMBERTI, G.A. & GREGORY, S.V. 2007. CPOM transport, retention, and measurement. Pp. 273-289. In: F.R. Hauer & G.A. Lamberti (eds.). *Methods in stream ecology*. Second Edition. Academic Press, San Diego, CA. 877p.
- LAN, N.K.; ASAEDA, T. & MANATUNGE, J. 2006. Decomposition of aboveground and belowground organs of wild rice (*Zizania tifolia*): mass loss and nutrient changes. *Aquatic Ecology*, 40: 13-21, doi: 10.1007/s10452-005-9020-4L
- LANGHANS, S.D.; TIEGS, S.D.; GESSNER, M.O. & TOCKNER, K. 2008. Leaf-decomposition heterogeneity across a riverine floodplain mosaic. *Aquatic Sciences*, 70: 337-346, doi: 10.1007/s00027-008-8062-9
- LEROY, C.J. & MARKS, J.C. 2006. Litter quality, stream characteristics and litter diversity influence decomposition rates and macroinvertebrates. *Freshwater Biology*, 51: 605-617, doi: 10.1111/j.1365-2427.2006.01512.x
- LI, A.O.Y.; NG, L.C.Y. & DUDGEON, D. 2009. Effects of leaf toughness and nitrogen content on litter breakdown and macroinvertebrates in a tropical stream. *Aquatic Science*, 71: 80-93, doi: 10.1007/s00027-008-8117-y
- LÖHR, A.J.; NOORDIJK, J.; LRIANTO, K.; VAN GESTEL, C.A.M. & VAN STRAALLEN, N.M. 2006. Leaf decomposition in an extremely acidic river of volcanic origin in Indonesia. *Hydrobiologia*, 560: 51-61, doi: 10.1007/s10750-005-1031-6
- LUSH, D.L. & HYNES, H.B.N. 1973. The formation of particles in freshwater leachates of dead leaves. *Limnology and Oceanography*, 18: 968-977.
- MANSFIELD, S.D. 2005. Extracellular fungal hydrolytic enzyme activity. Pp. 239-248. In: M.A.S. Graça, F. Bärlocher & M.O. Gessner (eds.). *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 329p.
- MATHOOKO, J.M.; M'ERIMBA, C. M. & LEICHTFRIED, M. 2000. Decomposition of leaf litter of *Dombeya goetzenii* in the Njoro River, Kenya. *Hydrobiologia*, 418: 147-152.
- MATHURIAU, C. & CHAUVET, E. 2002. Breakdown of leaf litter in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 21: 384-396.
- MENÉNDEZ, M.; MARTINEZ, M.; HERNÁNDEZ, O. & COMÍN, F.A. 2001. Long-term patterns in leaf breakdown in streams in response to watershed logging. *International Review of Hydrobiology*, 86: 475-486.

- MERRIX, F.L.; LEWIS, B.R. & ORMEROD, S. J. 2006. The effects of low pH and palliative liming on beech litter decomposition in acid-sensitive streams. *Hydrobiologia*, 571: 373-381, doi: 10.1007/s10750-006-0269-y
- MILLE-LINDBLOM, C.; FISCHER, H & TRANVIK, L.J. 2006. Litter-associated bacteria and fungi – a comparison of biomass and communities across lakes and plant species. *Freshwater Biology*, 51: 730–741, doi: 10.1111/j.1365-2427.2006.01532.x
- MOORHEAD, D.L.; SINSABAUGH, R.L.; LIKINS, A.E. & REYNOLDS, J.F. 1996. Decomposition processes: modeling approaches and applications. *The Science of the Total Environment*, 183: 137-149, doi: 10.1016/0048-9697(95)04974-6
- MORETTI, M.; GONÇALVES JR., J.F. & CALLISTO, M. 2007. Leaf breakdown in two tropical streams: Differences between single and mixed species packs. *Limnologica*, 37: 250-258, doi: 10.1016/j.limno.2007.01.003
- MORETTI, M.S.; LOYOLA, R.D.; BECKER, B. & CALLISTO M. 2009. Leaf abundance and phenolic concentrations codetermine the selection of case-building materials by *Phylloicus* sp. (Trichoptera, Calamoceratidae). *Hydrobiologia*, 630: 199-206, doi: 10.1007/s10750-009-9792-y
- MUN, H.T.; NAMGUNG, J. & KIM, J.H. 2000. Mass loss and changes of nutrients during decomposition of *Phragmites communis* at the fringe of stream. *Korean Journal of Ecology*, 23: 157-161.
- MUN, H.T.; NAMGUNG, J. & KIM, J.H. 2001. Decay rate and changes of nutrients during the decomposition of *Zizania latifolia*. *Korean Journal of Ecology*, 24: 81-85.
- NEIFF, A.P. & CASCO, S.L. 2001. Caída de hojas, descomposición y colonización por invertebrados en palmares de la planicie de inundación del río Paraná (Chaco, Argentina). *Interciencia*, 26: 567-571.
- NEIFF, A.P. & ZOZAYA, Y.B. 1991. Colonización por invertebrados de macrófitos emergentes durante su descomposición en el río Paraná. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 24: 209-216.
- NEIFF, J.J. & NEIFF, A.P. 1990. Litterfall, leaf decomposition and litter colonization of *Tessaria integrifolia* (Compositae) in the Parana river floodplain. *Hydrobiologia*, 203: 45-52.
- NUNES, M.F. 2010. Atividades das enzimas celulase e xilanase durante a decomposição anaeróbia de macrofitas aquáticas. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 90p.
- NYKVIST, N. 1963. Leaching and decomposition of water-soluble organic substances from different types of leaf and needle litter. *Studia Forestalia Suecica*, 3: 1-29.
- OTSUKI, A. & WETZEL, R.G. 1974. Release of dissolved organic matter by autolysis of a submerged macrophyte, *Scirpus subterminalis*. *Limnology and Oceanography*, 19: 842-845.
- PAGIORO, T.A. & THOMAZ, S.M. 1998. Loss of weight and concentration of carbon, nitrogen, and phosphorus during decomposition of *Eichhornia azurea* in the floodplain of the upper Paraná river, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 58: 603-608.
- PAGIORO, T.A. & THOMAZ, S.M. 1999. Influence of the decomposition of *Eichhornia azurea* on selected abiotic limnological variables of different environments of the floodplain of the high Paraná River. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 11: 157-171.
- PARK, S. & CHO K.-H. 2003. Nutrient leaching from leaf litter of emergent macrophyte (*Zizania latifolia*) and the effects of water temperature on the leaching process. *Korean Journal of Biological Sciences*, 7: 289-294.
- PASCOAL, C. & CÁSSIO, F. 2004. Contribution of fungi and bacteria to leaf litter decomposition in a polluted river. *Applied and Environmental Microbiology*, 70: 5266-5273, doi: 10.1128/AEM.70.9.5266-5273.2004
- PASCOAL, C.; CÁSSIO, F. & GOMES P. 2001. Leaf breakdown rates: a measure of water quality? *International Review of Hydrobiology*, 86: 407-416.
- PASCOAL, C.; CÁSSIO, F.; MARCOTEGUI, A.; SANZ, B. & GOMES, P. 2005. Role of fungi, bacteria, and invertebrates in leaf litter breakdown in a polluted river. *Journal of the North American Benthological Society*, 24: 784-797.
- PASCOAL, C.; PINHO, M.; CÁSSIO, F. & GOMES, P. 2003. Assessing structural and functional ecosystem condition using leaf breakdown: studies on a polluted river. *Freshwater Biology*, 48: 2033-2044.
- PÉREZ, J.; MUÑOZ-DORADO, J.; DE LA RUBIA, T. & MARTÍNEZ, J. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *International Microbiology*, 5: 53-63, doi: 10.1007/s10123-002-0062-3

- PETERSEN R.C. & CUMMINS, K.W. 1974. Leaf processing in a woodland stream. *Freshwater Biology*, 4: 343-368
- POLUNIN, N.V.C. 1984. The decomposition of emergent macrophyte in freshwater. *Advances in Ecological Research*, 14: 115-166, doi: 10.1016/S0065-2504(08)60170-1
- POPE, R.J.; GORDON, A.M. & KAUSHIK, N.K. 1999. Leaf litter colonization by invertebrates in the littoral zone of a small oligotrophic lake. *Hydrobiologia*, 392: 99-112, doi: 10.1023/A:1003537232319
- QUINN, J.M.; BURRELL, G.P. & PARKYN, S.M. 2000. Influences of leaf toughness and nitrogen content on in-stream processing and nutrient uptake by litter in a Waikato, New Zealand, pasture stream and streamside channels. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 34: 253-271.
- ROYER, T.V. & MINSHALL, G.W. 1997. Rapid breakdown of allochthonous and autochthonous plant material in a eutrophic river. *Hydrobiologia*, 344: 81-86.
- ROYER, T.V. & MINSHALL, G.W. 2001. Effects of nutrient enrichment and leaf quality on the breakdown of leaves in a hardwater stream. *Freshwater Biology*, 46, 603-610.
- RUEDA-DELGADO, G.; WANTZEN, K.M. & TOLOSA, M.B. 2006. Leaf-litter decomposition in an Amazonian floodplain stream: effects of seasonal hydrological changes. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 233-249, doi: 10.1899/0887-3593(2006)25[233:LDIAAF]2.0.CO;2
- SALA, M.M. & GÜDE, H. 1999. Role of protozoans on the microbial ectoenzymatic activity during the degradation of macrophytes. *Aquatic Microbial Ecology*, 20: 75-82.
- SAMPAIO, A.; CORTES, R. & LEÃO, C. 2001. Invertebrate and microbial colonisation in native and exotic leaf litter species in a mountain stream. *International Review of Hydrobiology*, 86: 527-540.
- SCHLICKEISEN, E.; TIETJEN, T.E.; ARSUFFI, T.L. & GROEGER, A.W. 2003. Detritus processing and microbial dynamics of an aquatic macrophyte and terrestrial leaf in a thermally constant, spring-fed stream. *Microbial Ecology*, 45: 411-418, doi: 10.1007/s00248-002-1062-8
- SCHOENLEIN-CRUSIUS, I.H. & GRANDI, R.A.P. 2003. The diversity of aquatic Hyphomycetes in South America. *Brazilian Journal of Microbiology*, 34: 183-193.
- SCHWARZ A.E. & SCHWOERBEL, J. 1997. The aquatic processing of sclerophyllous and malacophyllous leaves on a Mediterranean island (Corsica): spatial and temporal pattern. *Annales de Limnologie*, 33: 107-119.
- SHILLA, D.; ASAEDA, T.; FUJINO, T. & SANDERSON, B. 2006. Decomposition of dominant submerged macrophytes: implications for nutrient release in Myall Lake, NSW, Australia. *Wetlands Ecology and Management*, 14: 427-433, doi: 10.1007/s11273-006-6294-9
- SIEFERT, J. & MUTZ, M. 2001. Processing of leaf litter in acid waters of the post-mining landscape in Lusatia, Germany. *Ecological Engineering*, 17: 297-306, doi: 10.1016/S0925-8574(00)00146-4
- SINGHAL, P.K.; GAUR, S. & TALEGAONKAR, L. 1992. Relative contribution of different decay processes to the decomposition of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Aquatic Botany*, 42: 265-272.
- STALLCUP, L.A.; ARDÓN, M. & PRINGLE, C.M. 2006. Does nitrogen become limiting under high-P conditions in detritus-based tropical streams? *Freshwater Biology*, 51: 1515-1526, doi: 10.1111/j.1365-2427.2006.01588.x
- SUBERKROPP, K. 2001. Fungal growth, production, and sporulation during leaf decomposition in two streams. *Applied and Environmental Microbiology*, 67: 5063-5068, doi: 10.1128/AEM.67.11.5063-5068.2001
- SUBERKROPP, K. & CHAUVET, E. 1995. Regulation of leaf breakdown by fungi in streams: influences of water chemistry. *Ecology*, 76: 1433-1445.
- TAYLOR, B.R. & BÄRLOCHER, F. 1996. Variable effects of air drying on leaching losses from tree leaf litter. *Hydrobiologia*, 325: 173-182.
- TITUS, J.E. & PAGANO, A.M. 2002. Decomposition of litter from submersed macrophytes: the indirect effects of high [CO<sub>2</sub>]. *Freshwater Biology*, 47:1367-1375.
- TREVISAN, A. & HEPP, L.U. 2007. Dinâmica de componentes químicos vegetais e fauna associada ao processo de decomposição de espécies arbóreas em um riacho do norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, 2: 55-60.
- VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. 1980. The river continuum

concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130-137.

WEBSTER, J.R. & BENFIELD, E.F. 1986. Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17: 567-594.

WEBSTER, J.R.; BENFIELD, E.F.; HUTCHENS, J.J.; TANK, J.L.; GOLLADAY, S.W. & ADAMS, J.C. 2001. Do leaf breakdown rates actually measure leaf disappearance from streams? *International Review of Hydrobiology*, 86: 417-427.

WETZEL, R.G. 1995. Death, detritus and energy flow in aquatic ecosystems. *Freshwater Biology*, 33: 83-89, doi: 10.1111/j.1365-2427.1995.tb00388.x

WETZEL, R.G. 2001. *Limnology: lake and river ecosystem*. Third Edition. Academic Press, San Diego, CA. 1006p.

WEYERS, H.S. & SUBERKROPP, K. 1996. Fungal and bacterial production during the breakdown of yellow poplar leaves in two streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 15: 408-420.

WRIGHT, M.S. & COVICH, A.P. 2005. The effect of macroinvertebrate exclusion on leaf breakdown rates in a tropical headwater stream. *Biotropica*, 37: 403-408.

WRUBLESKI, D.A.; MURKIN, H.R.; VAN DER VALK, A.G.; NELSON, J.W. 1997. Decomposition of emergent macrophyte roots and rhizomes in a northern prairie marsh. *Aquatic Botany*, 58: 121-134.

YOSHIMURA, C.; GESSNER, M.O.; TOCKNER, K. & FURUMAI, H. 2008. Chemical properties, microbial respiration, and decomposition of coarse and fine particulate organic matter. *Journal of North American Benthological Society*, 27: 664-673, doi: 10.1899/07-106.1

Submetido em 20/09/2010

Aceito em 23/12/2010