



ARTIGO

## Colonização de invertebrados durante a decomposição de diferentes detritos vegetais em um riacho subtropical

Gabriela Tonello<sup>1</sup>, Rafael Chaves Loureiro<sup>1</sup>, Priscila Krause<sup>1</sup>, Carine da Silva<sup>1</sup>, Rocheli Maria Ongaratto<sup>1</sup>, Samila Sepp<sup>1</sup>, Rozane Maria Restello<sup>1,2</sup> e Luiz Ubiratan Hepp<sup>1,2\*</sup>

Recebido: 22 de outubro de 2013

Recebido após revisão: 24 de março de 2014

Aceito: 26 de março de 2014

Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2807>

**RESUMO:** (Colonização de invertebrados durante a decomposição de diferentes detritos vegetais em um riacho subtropical). A vegetação ripária é de extrema relevância na manutenção do fluxo energético em riachos de cabeceira. Nestes ambientes, o processo de decomposição é fundamental e depende de fatores bióticos e abióticos. A decomposição das folhas em um sistema hídrico é influenciada pelas características físicas e químicas das espécies vegetais e pela composição da fauna de fragmentadores e decompositores que colonizam os detritos. O objetivo deste estudo foi avaliar a composição (taxonômica e funcional) da fauna de invertebrados aquáticos em folhas de *Cupania vernalis* (Sapindaceae) e *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) durante a decomposição em um riacho subtropical. Folhas senescentes das duas espécies foram incubadas no riacho e retiradas após sete, 14 e 21 dias para análise dos invertebrados associados. Os coeficientes de decomposição foram semelhantes entre as duas espécies. No entanto, a densidade e riqueza foram levemente superiores em *C. vernalis*, além de apresentar constante aumento ao longo do tempo. Os resultados demonstraram a importância da origem vegetal na constituição da zona ripária dos riachos. As características químicas da vegetação foram fundamentais para alterar a composição funcional da fauna aquática associada ao detrito. **Palavras-chave:** *Cupania vernalis*, *Eucalyptus grandis*, guilda trófica, macroinvertebrados bentônicos, decomposição foliar.

**ABSTRACT:** (Invertebrate colonization during decomposition of different leaves in a subtropical stream). The riparian vegetation is extremely important in maintaining the energy flow in headwaters streams. Thus, the decomposition process is fundamental and depends of biotic and abiotic factors. Leaf decomposition in a water system is influenced by the chemical characteristics of plant species and the fauna composition. The aim of this study was to evaluate the composition (taxonomic and functional) of the fauna of aquatic invertebrates on leaves of *Cupania vernalis* (Sapindaceae) and *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) during decomposition in a subtropical stream. Senescent leaves of both species were incubated in stream and were taken after seven, 14 and 21 days for analysis of invertebrate fauna associated. The decomposition rates were similar between the two species. However, the richness and organisms density was slightly higher in *C. vernalis*, and presents continuous increase over time. The results demonstrated the importance of plant origin in the constitution of the riparian zone of streams. The chemical characteristics of vegetation were fundamental in changing the functional composition of aquatic fauna associated with detritus.

**Key words:** *Cupania vernalis*, *Eucalyptus grandis*, trophic guild, benthic macro invertebrates, foliar decomposition.

### INTRODUÇÃO

A vegetação ripária representa uma área de ecótono entre o ambiente terrestre e aquático (Gregory *et al.* 1991). Em riachos de cabeceira, a vegetação ripária impede a entrada de luminosidade, impossibilitando a realização da fotossíntese e, conseqüentemente, tornando a produção primária autóctone baixa (Vannote *et al.* 1980). Dessa forma, a vegetação alóctone é a principal fonte de alimento em riachos de baixa ordem, produzindo anualmente uma grande quantidade de matéria orgânica, que é a base da teia alimentar para a biota aquática (Webster & Meyer 1997).

A decomposição da matéria orgânica pode variar conforme o fluxo da água, ação dos decompositores e, especialmente, por influência da qualidade do material orgânico (Hepp *et al.* 2009, Biasi *et al.* 2013). Espécies vegetais cujo teor de nutrientes das folhas é baixo, são caracterizadas por apresentarem geralmente decomposição lenta (Gonçalves *et al.* 2007). Ainda, a dureza foliar

contribui para a redução da velocidade de fragmentação, uma vez que os compostos estruturais das folhas somente são digeridos pelas enzimas especializadas de fungos e algumas bactérias (Gonçalves *et al.* 2012). Biasi *et al.* (2013) relatam que a composição funcional da comunidade de Chironomidae esteve relacionada a composição química dos detritos, principalmente taninos, relação C:N, cálcio e magnésio. Além disso, o aumento do teor nutricional das folhas (e.g. nitrogênio e fósforo) pode resultar em maiores abundância e biomassa de macroinvertebrados, principalmente de fragmentadores (Robinson & Gessner 2000).

A invasão da vegetação ribeirinha por plantas exóticas tem sido considerada a segunda maior causa de perda de biodiversidade no planeta (Sax *et al.* 2005). A presença das espécies exóticas tem efeitos na ciclagem de nutrientes do solo, além de alterações nos ciclos do carbono, nitrogênio e da água (Ehrenfeld 2003). Isso acontece pois a utilização dos recursos energéticos provenientes

1. Laboratório de Biomonitoramento, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro 1621, CEP 99700-000, Erechim, RS, Brasil.

2. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro 1621, CEP 99700-000, Erechim, RS, Brasil.

\* Autor para contato. E-mail: [luizuhepp@gmail.com](mailto:luizuhepp@gmail.com)

da vegetação pelos invertebrados, principalmente os fragmentadores, pode ser atribuída a diferenças na dureza foliar, teor de nutrientes e presença de compostos secundários como polifenóis e taninos (Graça 2001).

A introdução de espécies exóticas próximas às margens dos riachos pode levar a implicações ecológicas importantes na cadeia alimentar da biota aquática (Sampaio *et al.* 2001). A introdução de novas espécies pode causar perda de espécies nativas através de competição e sombreamento, o que afeta, portanto, a estrutura da comunidade vegetal (GISP 2005). Essas modificações têm implicação direta na estrutura das comunidades aquáticas que dependem dessa vegetação. Dentre as espécies exóticas que influenciam a estrutura da vegetação ripária destaca-se o *Eucalyptus* sp. (Petruccio & Barbosa 2004). As espécies do gênero *Eucalyptus* são caracterizadas por apresentar uma baixa qualidade de seus detritos devido a alta concentração de polifenóis, baixa relação carbono:nitrogênio (C:N) e devido a presença de cutícula espessa (Henriques-Oliveira *et al.* 2003). Os detritos de *Eucalyptus* se depositam no leito dos riachos e causam efeito negativo na colonização pelos fungos e macroinvertebrados bentônicos (Graça *et al.* 2002). Além disso, Hepp *et al.* (2008) observaram que a riqueza de invertebrados associados ao detrito de *Eucalyptus globulus* Labill. tende a diminuir em comparação à espécie nativa *Eugenia uniflora* L. e que a composição faunística difere significativamente entre as espécies, com destaque para os gêneros *Rheotanytarsus*, *Polypedilum* e *Thienemanniella*.

A presença de fragmentadores típicos em riachos pode aumentar a velocidade de decomposição da vegetação alóctone (Webster *et al.* 1999), pois eles são responsáveis por transformar a matéria orgânica particulada grossa (MOPG) em matéria orgânica particulada fina (MOPF) (Allan & Castillo 2007). No entanto, em regiões tropicais, muitos estudos têm reportado a baixa densidade de fragmentadores típicos associados aos detritos em decomposição (Gonçalves *et al.* 2006, Hepp *et al.* 2008, Boyero *et al.* 2011, Biasi *et al.* 2013). Em contra partida, dentre os invertebrados bentônicos predominantes nos ecossistemas aquáticos, encontra-se a família Chironomidae (Diptera). Os indivíduos dessa família têm grande destaque nos estudos ecológicos de águas continentais em função de sua elevada riqueza e abundância nesses ambientes (Sanseverino & Nessimian 2008). Os depósitos de folhiceo em leitos de rios e riachos constituem recurso para muitas larvas de Chironomidae (Coffman & Ferrington 1984). Em comparação com outros substratos, como lajedo, pedregulho e areia, os acúmulos de folhiceo em riachos de áreas de florestas são o habitat preferencialmente ocupado por larvas de Chironomidae (Sanseverino & Nessimian 2001). Assim, muitos organismos desta família atuam como fragmentadores do material vegetal (e.g. *Polypedilum*, *Cricotopus*, *Psectrocladius*).

Neste estudo, avaliou-se a composição (taxonômica e funcional) da fauna de invertebrados aquáticos em folhas de origem nativa (*Cupania vernalis*) e exótica

(*Eucalyptus grandis*) durante a decomposição em um riacho subtropical. Diante da variação química das folhas de diferentes espécies, em especial de origem nativa e exótica (Hepp *et al.* 2009), procurou-se verificar a variação nas taxas de decomposição de detritos de *Cupania vernalis* Cambess. (Sapindaceae) e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Myrtaceae). Acredita-se que a variação química do detrito irá influenciar a composição da comunidade de invertebrados associados devido às diferenças na composição química das folhas durante a decomposição.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A região de estudo está situada a 734 m de altitude do nível do mar. A região é caracterizada pelo clima subtropical, com temperatura média anual de 18 °C e a precipitação média anual é de 1800 mm. Não existe períodos claros de chuva ou seca na região, no entanto, durante o período estudado, a precipitação total foi de 142 mm, a qual é considerada uma quantidade levemente acima da média mensal para o ano de 2012 (118 mm). A composição da vegetação da região é uma transição característica de Floresta Ombrófila Mista e Floresta com Araucária (Budke *et al.* 2010). O experimento foi realizado em um tributário de segunda ordem do rio Suzana, no município de Erechim/RS. O riacho apresenta vegetação ripária nativa em ambas as margens, sendo as espécies mais representativas *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg, *Cupania vernalis* Cambess., *Ocotea puberula* (Rich.) Nees e *Sebastiania brasiliensis* Spreng. Durante o período do experimento (setembro de 2012), as águas do riacho apresentaram como características físico-químicas básicas temperatura média de 18,1±1,8 °C, pH próximo a neutro (6,7±0,9) e boa oxigenação (8,6±0,8 mg.L<sup>-1</sup>).

### Material vegetal e experimento de campo

Para a realização do estudo foram coletadas folhas senescentes da espécie nativa *Cupania vernalis* e da espécie exótica *Eucalyptus grandis*. A utilização destas espécies foi baseada na frequente presença em zonas ripárias da região e na diferença da composição química das mesmas. De acordo com um estudo preliminar, as folhas de *C. vernalis* apresentaram 2,90% de nitrogênio, <0,1% de fósforo, 16,2% de relação carbono:nitrogênio (C:N), 4,5% de taninos e 5,7 DO.g<sup>-1</sup> (Densidade Ótica) de polifenóis, sendo caracterizadas como detritos de alta qualidade nutritiva. As folhas de *E. grandis* foram consideradas de baixa qualidade nutricional, apresentando valores de 2,44% de nitrogênio, <0,1% de fósforo, 19,3% C:N, 5,3% taninos e 6,5 DO.g<sup>-1</sup> de polifenóis.

Após a coleta das folhas senescentes, as mesmas foram secas em estufa com circulação de ar à temperatura de 30±5°C. As folhas secas foram incubadas em 24 *litter bags* de 15 x 20 cm com 10 mm de abertura de malha. Em cada *litter bag* foram acondicionadas 3,0±0,1 g de

peso seco de folhas, sendo 12 *litter bags* com folhas de *C. vernalis* e 12 *litter bags* com folhas de *E. grandis*. O material vegetal foi disposto no riacho de maneira aleatória e após sete, 14 e 21 dias de imersão, foram retirados, aleatoriamente ao acaso, quatro *litter bags* de cada espécie para realização das análises.

Os detritos vegetais coletados foram conduzidos ao laboratório em sacos plásticos para lavagem. Posteriormente, as folhas foram acondicionadas em bandejas de alumínio e colocadas para secar em estufa ( $60 \pm 5^\circ\text{C}/3$  dias) para determinação da massa remanescente. A água restante da lavagem foi passada por uma peneira de 250 mm de abertura de malha e o material retido foi colocado em um frasco de vidro e fixado com Etanol 70% para conservação dos organismos. A identificação dos organismos foi realizada ao estereomicroscópio (30 X), ao nível de gênero, sempre que possível com uso das chaves de Merritt & Cummins (1996), Fernández & Domingues (2001), Epler (2001), Pes et al. (2005), Mugnai et al. (2009) e Trivinho-Strixino (2011). Os grupos de alimentação funcionais (GAF) foram determinados com base na classificação proposta por Fernández & Domínguez (2001), Cummins et al. (2005), Pes et al. (2005) e Wantzen & Wagner (2006).

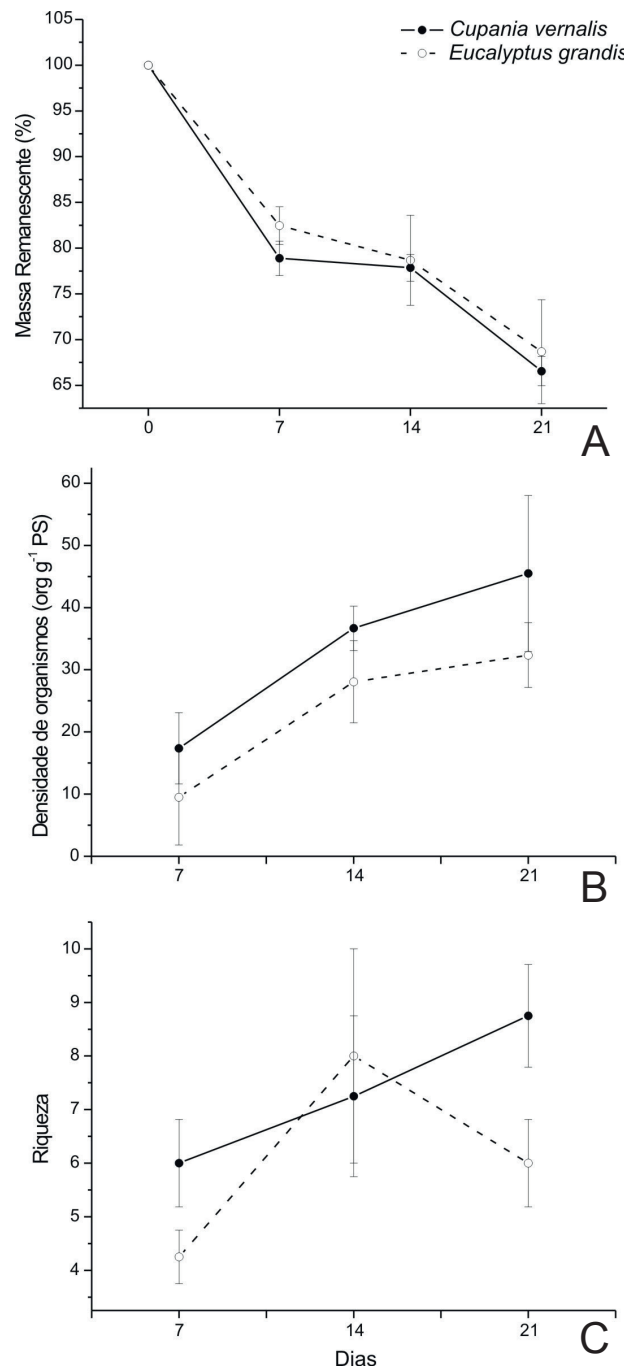
#### Análise dos dados

Para avaliar os coeficientes de decomposição foi utilizado o modelo exponencial negativo  $W_t = W_0 \cdot e^{-kt}$ , onde  $W_t$  é a massa remanescente no tempo  $t$  (em dias),  $W_0$  é a massa inicial e  $k$  é o coeficiente de decomposição (Webster & Benfield 1986). A diferença entre os coeficientes de decomposição das duas espécies vegetais foi avaliada a partir de uma Análise de Covariância (ANCOVA). Para avaliar as diferenças da abundância de invertebrados e da abundância dos grupos funcionais entre as espécies vegetais durante os períodos de retirada foi utilizada uma Análise de Variância (ANOVA *two way*) com teste Tukey *a posteriori*. A composição taxonômica e funcional foi avaliada, inicialmente, por uma análise de classificação, utilizando o coeficiente de Bray-Curtis e o método de agrupamento UPGMA. A utilização deste método de agrupamento foi definida a partir da aplicação de uma análise de correlação cofenética. Para ambas as matrizes, a maior correlação ocorreu entre a matriz cofenética gerada pelo agrupamento UPGMA. Após, foi testada a hipótese de existência de diferenças na composição taxonômica e funcional por meio de uma Análise Multivariada de Variância (MANOVA). Em complementação, para verificar a ocorrência de gêneros específicos para cada espécie vegetal ou período de decomposição foi aplicada uma análise de espécies indicadoras de Dufrene & Legendre (1997). As análises foram realizadas no software R (R Core Team 2012) utilizando os pacotes “vegan” (Oksanen et al. 2012) e “labdsv” (Roberts 2012).

## RESULTADOS

Ao final do período de experimento, a massa remanescente foi semelhante entre as duas espécies vegetais

( $p = 0,19$ ; Fig. 1a). A massa remanescente de *Cupania vernalis* foi de 66,5% ( $k = -0,013 \text{ dia}^{-1}$ ) enquanto que *E. grandis* apresentou massa final de 68,7% ( $k = -0,012 \text{ dia}^{-1}$ ). Foram registrados 1.493 organismos associados em ambas as espécies, sendo 870 organismos (58,3% do total) em *C. vernalis* e 623 organismos (41,7% do total) em *E. grandis*.



**Figura 1.** A. Porcentagem de perda de massa nos detritos de *Cupania vernalis* e *Eucalyptus grandis* durante a decomposição em um riacho subtropical. B. Densidade média ( $\pm$  desvio padrão  $\text{org.g}^{-1}$ ) de organismos associados nos detritos de *C. vernalis* e *E. grandis* durante a decomposição em um riacho subtropical. C. Riqueza taxonômica média ( $\pm$  desvio padrão) de organismos associados nos detritos de *C. vernalis* e *E. grandis* durante a decomposição em um riacho subtropical.

A densidade de organismos foi diferente entre as duas espécies ( $F_{2;21} = 27,05$ ;  $p < 0,001$ ; Fig. 1b). Além disso, houve um aumento gradativo na densidade de invertebrados ao longo do período experimental (Fig. 1b). A densidade total em *C. vernalis* foi de  $398,9 \text{ ind g}^{-1}$  e em *E. grandis* foi de  $279,5 \text{ ind.g}^{-1}$ . A riqueza taxonômica apresentou diferença entre as espécies estudadas e durante o tempo de experimento ( $F_{2;21} = 6,30$ ;  $p = 0,007$ ). A maior riqueza foi observada em *C. vernalis* ( $7,33 \pm 1,38 \text{ taxa}$ ) aumentado de forma constante durante o período de estudo (Fig. 1c). Em *E. grandis* foi observada riqueza de  $6,08 \pm 1,88 \text{ taxa}$  e aumento gradativo até o 14º dia, onde atingiu o valor máximo, para um posterior decréscimo no 21º dia (Fig. 1c). *Corynoneura*, *Rheocricotopus* e *Onconeura* (Chironomidae) foram os mais representativos com 31,7% do total de organismos em ambas as espécies vegetais.

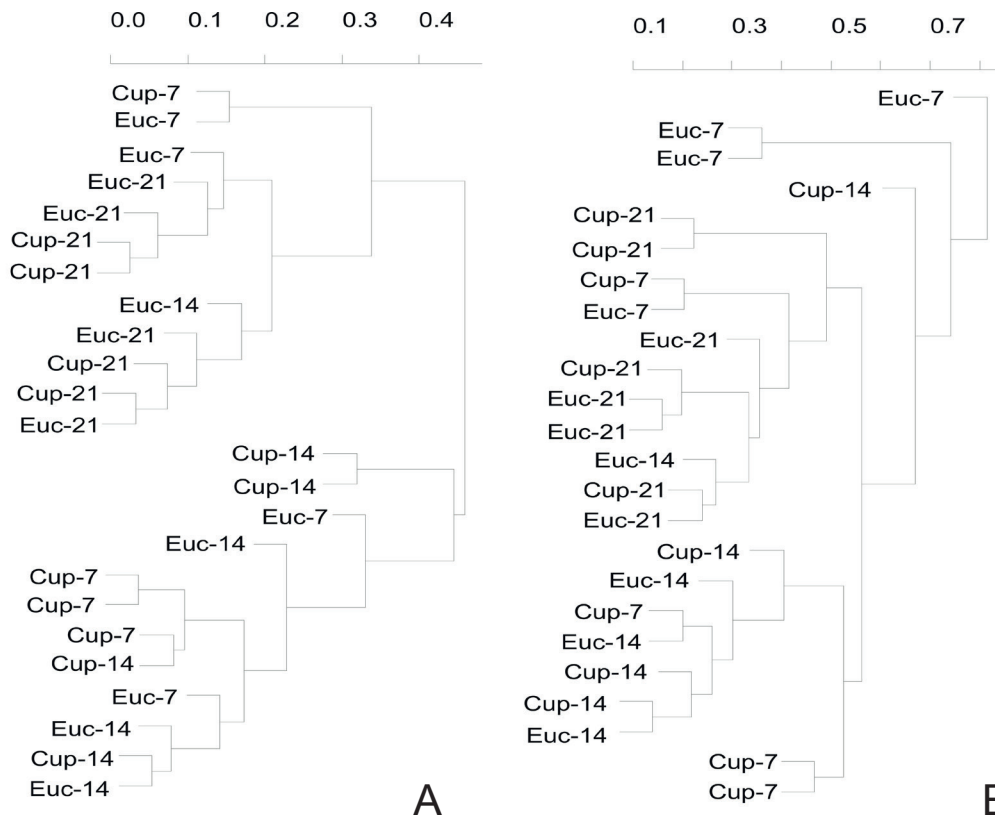
A composição taxonômica dos organismos associados nas duas espécies vegetais não apresentou padrão claro de similaridade entre espécies ou entre período de incubação (Fig. 2a). Por outro lado, utilizando os dados definidos por grupos de alimentação funcional foi possível observar uma tendência de agrupamento definido pelos períodos de incubação das duas espécies (Fig. 2b). No entanto, a composição taxonômica e funcional foi testada e a composição taxonômica não variou entre as espécies vegetais, variou apenas entre o tempo de incubação ( $F_{2;20} = 6,37$ ;  $p$

$= 0,001$ ; Tab. 1). Por outro lado, a composição funcional apresentou diferença entre as espécies vegetais ( $F_{2;20} = 6,67$ ;  $p = 0,004$ ). Considerando o período de estudo (21 dias), somente os coletores-catadores e os coletores-filtradores apresentaram diferenças para o tempo de incubação, sendo maior para a maioria dos táxons no 14º dia de incubação (Fig. 3, Tab. 2).

A análise de espécies indicadoras não evidenciou nenhum táxon por espécie vegetal. Por outro lado, quando analisado o período, Gastropoda ( $\text{indval} = 0,73$ ;  $p = 0,005$ ), Oligochaeta ( $\text{indval} = 0,50$ ;  $p = 0,030$ ), *Chironomus* ( $\text{indval} = 0,46$ ;  $p = 0,040$ ) e *Labrundinea* ( $\text{indval} = 0,54$ ;  $p = 0,010$ ) foram indicadores do 14º de incubação, enquanto *Corynoneura* ( $\text{indval} = 0,57$ ;  $p = 0,003$ ) e *Onconeura* ( $\text{indval} = 0,84$ ;  $p = 0,001$ ) foram indicadores do período final de incubação (21º dia).

## DISCUSSÃO

Os coeficientes de perda de massa de *Cupania vernalis* e *Eucalyptus grandis* foram semelhantes entre si, no entanto, as folhas de *C. vernalis* apresentaram uma perda de massa levemente superior a *E. grandis* devido sua estrutura mais maleável e menores concentrações de nutrientes. Espécies com baixa quantidade de tecidos estruturais (e.g. lignina e celulose), maior área foliar específica, alto conteúdo de nutrientes e



**Figura 2.** Dendrograma (Bray-Curtis; UPGMA) da composição taxonômica (A) e composição funcional (B) de invertebrados associados nos detritos de *Cupania vernalis* (Cup) e *Eucalyptus grandis* (Euc) durante a decomposição em um riacho subtropical.



**Tabela 1.** Densidade média ( $\pm$  desvio padrão org.g<sup>-1</sup>) dos invertebrados associados nos detritos de *Cupania vernalis* e *Eucalyptus grandis* nos diferentes períodos de incubação em um riacho subtropical. Abreviaturas: GAF, grupos alimentares funcionais; C-F, coletor-filtrador; C-G, coletor-catador; F, fragmentador; P, predador; R, raspador.

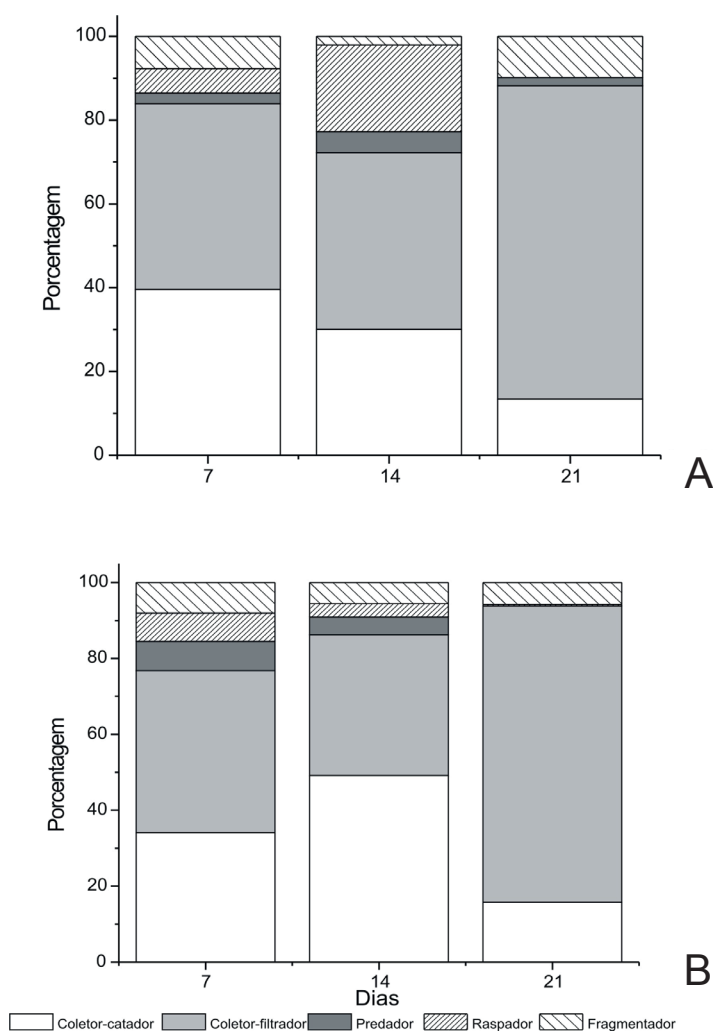
Taxa	GAF	<i>C. vernalis</i>			<i>E. grandis</i>		
		Dia 7	Dia 15	Dia 21	Dia 7	Dia 15	Dia 21
Diptera Chironomidae	-						
<i>Chironomus</i>	C-F	4±3,1	6,5±5,8	5±0,8	0±0,0	6,5±1,7	2,5±3
<i>Corynoneura</i>	C-F	5,5±4,9	17,7±5,3	29±13	3,7±6,1	11,2±2,9	21,7±5,6
<i>Cricotopus/Orthocladius</i>	C-F	2,5±2,8	4,2±3,3	1,75±2,8	1,5±3	0,75±1,5	2,25±3,3
<i>Labrundinea</i>	P	0,7±0,9	4,2±0,9	1,2±1,5	0,7±1,5	3,0±3,5	0±0,0
<i>Nanocladius</i>	C-F	0±0,0	0,2±0,5	0±0,0	0±0,0	0,2±0,5	0±0,0
<i>Onconeura</i>	C-F	1,75±2,3	4,5±8,3	23,2±137	1±2	0,2±0,5	18,2±4
<i>Orthocladinae B</i>	C-F	0±0,0	0±0,0	3,5±4,1	0±0,0	0±0,0	0±0,0
<i>Rheocricotopus</i>	C-F	4,2±2,8	2,7±3,2	5,7±7,2	5,2±4,5	4±2,9	6,7±4,1
Tipulidae	F	0±0,0	0±0,0	0,2±0,5	0,25±0,5	0±0,0	0,5±1
Plecoptera	-						
Gripopterygidae	-						
<i>Gripopteryx</i>	F	4,2±8,5	0,5±1	8±4,1	3,5±7	3,5±3,1	3,5±4,1
<i>Paragripopteryx</i>	F	0±0,0	1,2±1,5	0,7±1,5	0±0,0	0,2±0,5	0±0,0
<i>Tupiperla</i>	F	0±0,0	0±0,0	0,2±0,5	0±0,0	0±0,0	0±0,0
Perlidae	-						
<i>Kempnyia</i>	P	0±0,0	0±0,0	0,5±1,0	0±0,0	0±0,0	0±0,0
Gastropoda	R	2,7±2,5	19±19,5	0±0,0	1,0±1,1	2,2±0,9	0,2±0,5
Oligochaeta	C-A	15,2±4,7	23,7±16,9	9,7±6	6,5±4,9	33±14,3	10,2±3,7
Hyrudinea	P	0±0,0	0±0,0	0,2±0,5	0,2±0,5	0,2±0,5	0±0,0
Trichoptera	-						
<i>Smicridea</i>	C-A	0±0,0	0±0,0	0,5±1	0±0,0	0±0,0	0±0,0
Ephemeroptera	-						
Baetidae	C-A	0±0,0	1,0±2,0	0±0,0	0±0,0	0,7±1,5	0±0,0
Caenidae	-						
<i>Caenis</i>	C-A	0±0,0	0±0,0	0,7±1,5	0±0,0	0±0,0	0±0,0
<i>Leptohiphidae</i>	-						
<i>Leptohiphes</i>	C-A	0±0,0	0±0,0	0,5±1	0±0,0	0±0,0	0±0,0

**Tabela 2.** Resultados da ANOVA *two way* explorando a variação dos grupos alimentares funcionais (GAF), entre as espécies vegetais e os tempos de incubação das folhas no riacho. Estão representados os graus de liberdade (GL), a soma dos quadrados (SQ), a estatística (F) e os valores de *p*. Valores significativos para  $p \leq 0,05$ .

Fatores	GL	SQ	F	P
Coletores-catadores				
Planta	1	168	0,517	0,480
Tempo de Incubação	2	1978	6,079	0,022
Resíduos	20	6832		
Coletores-filtradores				
Planta	1	8	0,024	0,878
Tempo de Incubação	2	4318	13,701	0,001
Resíduos	20	6619		
Predadores				
Planta	1	4,9	0,206	0,654
Tempo de Incubação	2	68,8	2,923	0,102
Resíduos	20	494,3		
Raspadores				
Planta	1	149,5	1,273	0,272
Tempo de Incubação	2	164,6	1,401	0,250
Resíduos	20	2466,7		
Fragmentadores				
Planta	1	0	0,001	0,981
Tempo de Incubação	2	0	0,000	0,989
Resíduos	20	1544		

baixa quantidade de compostos secundários, geralmente apresentam uma taxa de decomposição mais rápida (Wright & Westerboy 2002, Varieretti *et al.* 2005). Em adição, a velocidade da correnteza pode ter estimulado a lixiviação dos compostos hidrossolúveis dos detritos. As folhas de *Eucalyptus* são consideradas pobres em nutrientes (Pozo 1993) e ricas em polifenóis e taninos (Canhoto & Graça 1999). Apesar de os polifenóis serem considerados inibidores da decomposição e defensores contra herbívoros (Sampaio *et al.* 2001), é provável que esses compostos tenham sido lixiviados rapidamente das folhas de *E. grandis* e *C. vernalis*, pois ambas as espécies apresentaram rápida perda de massa até o sétimo dia de incubação, seguida de uma lenta perda de massa até o 14º dia. A lixiviação de compostos solúveis é o fenômeno responsável pela perda inicial de massa em riachos tropicais e subtropicais (Gonçalves *et al.* 2006, Hepp *et al.* 2008). Em muitos sistemas aquáticos, a presença de espécies exóticas tem sido correlacionada com mudanças nos coeficientes de decomposição dos detritos, biomassa e densidade de invertebrados (Abelho & Graça 1996, Sampaio *et al.* 2001).

Nas folhas de *C. vernalis* foi registrada abundância e riqueza taxonômica levemente superior a *E. grandis*. Isso se deve ao efeito da quantidade de compostos secundários que as folhas de *E. grandis* apresentam, o que dificulta



**Figura 3.** Porcentagem de grupos de alimentação funcional (GAF) de invertebrados associados nos detritos de (A) *Cupania vernalis* e (B) *Eucalyptus grandis* durante a decomposição em um riacho subtropical.

a colonização dos invertebrados (Hepp *et al.* 2009). Os óleos essenciais presentes nas folhas de *E. grandis* são repelentes mais fortes que os polifenóis (Canhoto & Graça 1999) e isso inibe a colonização microbiana e consequentemente, podem diminuir a palatabilidade das folhas e a atividade alimentar de fragmentadores (Graça 2001).

A semelhança taxonômica dos invertebrados entre as duas espécies é esperada, pois a fauna associada aos detritos é composta por grupos predominantes, em especial os organismos da família Chironomidae (Biasi *et al.* 2013). Mesmo não sendo fragmentadores típicos, as larvas de Chironomidae são dominantes na maioria dos ambientes aquáticos, possuindo muitos hábitos alimentares, incluindo trituradores, que podem decisivamente influenciar no processo de perda de massa (Moretti *et al.* 2007). A elevada densidade destes organismos nos detritos foliares é justificada pela estabilidade que os *litter bags* geram e a disponibilidade de recursos, considerando que esses organismos são comumente encontrados em vários substratos e ambientes aquáticos (Hepp *et al.* 2008).

Por outro lado, a composição funcional foi diferente

entre as espécies. A composição química das folhas é fator preponderante para essa diferença, considerando que *E. grandis* apresenta a menor qualidade nutricional, em termos de relação C:N e conteúdo de taninos e de polifenóis (Tonin *et al.* dados não publicados). Essas características acarretam menor acessibilidade dos invertebrados aos detritos de *E. grandis* e resulta em uma composição funcional característica para cada espécie. De acordo com Graça *et al.* (2002), as plantações de *Eucalyptus* afetam as comunidades de invertebrados, principalmente i) porque a colonização de fungos nas folhas é baixa, dificultando a transferência de energia para o retalhamento e ii) porque as folhas possuem baixa qualidade nutricional e grande quantidade de óleos e polifenóis. Assim, embora a composição taxonômica tenha sido semelhante entre as espécies e a composição funcional diferente, o fator preponderante para este resultado foi o tempo de incubação. Isso fica evidente quando observamos os resultados das espécies indicadoras. Não houve táxons indicadores especificamente de espécies vegetais, no entanto, para tempo de incubação observamos táxons indicadores. Para os gêneros de Chironomidae indicadores do tempo de incubação pode-se observar o

efeito do condicionamento do detrito com a dominância de determinados grupos de alimentação funcional, como por exemplo *Corynoneura* (Biasi *et al.* 2013).

Em conclusão, observa-se a importância da origem vegetal na constituição da zona ripária dos riachos. Embora não tenha ocorrido variação taxonômica, as características químicas da vegetação podem ter sido importantes para alterar a composição funcional da fauna aquática associada ao detrito. Em adição, mesmo de maneira sutil, houve diminuição da diversidade de invertebrados por ação da espécie exótica. Isso é importante no contexto de substituição/restauração da vegetação ripária. Em regiões predominantemente agrícolas, como o Alto Uruguai do Rio Grande do Sul, a prática de remoção da vegetação para plantio e a substituição da vegetação nativa por exótica e ou monoculturas são constantes. Assim, este estudo sinaliza para um cuidado importante em programas de recuperação da zona ripária de riachos.

### AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao CNPq, por ter cedido bolsa de iniciação científica a G. Tonello. À FAPERGS, por ter concedido bolsa de iniciação científica de R.M. Ongaratto. Ao Programa PIIC/URI, por ter concedido bolsa de iniciação científica a R.C. Loureiro, C. da Silva e P. Krause. L.U. Hepp recebe apoio financeiro do CNPq (471572/2012-8) e FAPERGS (1354/12-0).

### REFERÊNCIAS

- ABELHO, M. & GRAÇA, M.A.S. 1996. Effects of *Eucalyptus* afforestation on leaf litter dynamics and macroinvertebrate community structure of stream in Central Portugal. *Hydrobiologia*, 324:195-204.
- ALLAN, D. J. & CASTILLO, M. M. 2007. *Stream ecology: structure and function of running waters*. 2ª ed. New York: Springer. 436 p.
- BIASI, C., TONIN, A. M., RESTELLO, R. M. & HEPP, L. U. 2013. The colonisation of leaf litter by Chironomidae (Diptera): The influence of chemical quality and exposure duration in a subtropical stream. *Limnologia*, 43: 427-433.
- BOYERO, L., PEARSON, R. G., DUDGEON, D., GRAÇA, M. A. S., GESSNER, M. O., ALBARIÑO, R. J., FERREIRA, V., YULE, C. M., BOULTON, A. J., MUTHUKUMARASAMY, A., CALLISTO, M., CHAUVET, E., RAMÍREZ, A., CHARÁ, J., MORETTI, M. S., GONÇALVES, J. F., HELSON, J. E., CHARA-SERNA, A. M., ENCALADA, A., DAVIES, J. N., LAMOTHE, S., CORNEJO, A., LI, A. O. Y., BURIA, L. M., VILLANUEVA, V. D., ZÚNIGA, M. D. & PRINGLE, C. M. 2011. Global distribution of a key trophic guild contrasts with common latitudinal diversity patterns. *Ecology*, 92: 1839-1848.
- BUDKE, J.C., ALBERTI, M.S., ZANARDI, C., BARATTO, C. & ZANNIN, E.M. 2010. Bamboo dieback and tree regeneration responses in a subtropical forest of South America. *Forest Ecology and Management*, 260: 1345-1349.
- CANHOTO, C. M. & GRAÇA, M. A. S. 1999. Leaf barriers to fungal colonization and shredders (Tipulalateralis) consumption of decomposing *Eucalyptus globulus*. *Microbial Ecology*, 37: 163-172.
- COFFMAN, W. P. & FERRINGTON, L. C. 1984. Chironomidae. In: MERRITT, R. W. & CUMMINS, K. W. (Eds.). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall Hunt Publishing Co: Dubuque. p. 551-652.
- CUMMINS, K.W., MERRITT, R. W. & ANDRADE, P.C.N. 2005. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies in Neotropical Fauna and Environment*, 40(1): 69-89.
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-366.
- EHRENFELD, J. G. Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. 2003. *Ecosystems*, 6: 503-523.
- EPLER, J., 2001. Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. Orlando, Department of Environmental and Natural Resources.
- FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUES, E. 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: UNT. 282 p.
- GISP. 2005. Programa Global de Espécies Invasoras. América do Sul Invadida: a crescent ameaça das espécies exóticas invasoras. 80 p.
- GONÇALVES, J. F., GRAÇA, M. A. S. & CALLISTO, M. 2006. Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, Mediterranean, and tropical Cerrado climates. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 344-355.
- GONÇALVES, 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: 1440-51.
- GONÇALVES, J. F., REZENDE, R. S., MARTINS, N. M. & GREGÓRIO, R. S. 2012. Leaf breakdown in an Atlantic Rain-Forest stream. *Austral Ecology*, 37: 807-815.
- 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., POZO, J., CANHOTO, C. & ELOSEGI, R. 2002. Effects of *Eucalyptus* plantations on detritus, decomposers, and detritivores in streams. *The Scientific World Journal*, 2: 1173-1185.
- GREGORY, S. V., SWANSON, F. J., MCKEE, W. A. & CUMMINS, K. W. 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *Bioscience*, 41(8): 540-551.
- HEPP, L. U., BIASI, C., MILESI, S. V., VEIGA, F. O. & RESTELLO, R. M. 2008. Chironomidae (Diptera) larvae associated to *Eucalyptus globulus* and *Eugenia uniflora* leaf litter in a subtropical stream (Rio Grande do Sul, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*. 20(4): 345-350.
- HEPP, L. U., DELANORA, R. & TREVISAN, A. 2009. Compostos secundários durante a decomposição foliar de espécies arbóreas em um riacho do sul do Brasil. *Acta Botanica Brasiliica*, 23(2): 407-413.
- HENRIQUES-OLIVEIRA, AL., NESSIMIAN, JL. & DORVILLÉ, LFM., 2003. Feeding habits of Chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63: 269-281.
- MERRITT, R. W. & CUMMINS, K. W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3ª ed. Dubuque: Kendall/Hunt. 862 p.
- MORETTI, M. S., GONÇALVES, J. F., LIGEIRO, R. & CALLISTO, M. 2007. Invertebrates colonization on native trees leaves in a Neotropical stream (Brasil). *International Review of Hydrobiology*, 92: 199-210.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J. L. & BAPTISTA, D. F. 2009. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Technical Books.
- OKSANEN, J., BLANCHET, F. G., KINDT, R., LEGENDRE, P., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P., STEVENS, M. H. & WAGNER, H. 2012. Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: package "vegan", (URL <http://vegan.r-forge.r-project.org/>).
- PES, A. M. O., HAMADA, N. & NESSIMIAN, J. L. 2005. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 49: 181-204.
- PETERSEN, R. C. & CUMMINS, K. W. 1974. Leaf pack processing in a woodland stream. *Freshwater Biology*, 4: 343-368.
- PETRUCIO, M. M. & BARBOSA F. A. R. 2004. Diel variations of phytoplankton and bacterioplankton production rates in four tropical lakes in the middle Rio Doce basin (southeastern Brazil). *Hydrobiologia*, 513: 71-76.

- POZO, J. 1993. Leaf litter processing of alder and *Eucalyptus* in the Aguera stream system (North Spain). I. Chemical Changes. *Archiv Für Hydrobiologie*, 127: 299-317.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em:<URL <http://www.R-project.org>. 2013>.
- ROBERTS, D.W. 2012. *Ordination and Multivariate Analysis for Ecology*. Disponível em:<<http://cran.r-project.org/web/packages/labdsv>>.
- ROBINSON, C. T. & GESSNER, M. O. 2000. Nutrient addition accelerates leaf breakdown in an alpine spring brook. *Oecologia*, 122: 258-263.
- SAMPAIO, A., CORTES, R. & LEÃO, C. 2001. Invertebrate and microbial colonization in native and exotic leaf litter species in a mountain stream. *International Review of Hydrobiology*, 4(5): 527-540.
- SANSEVERINO, A. M. & NESSIMIAN, J. L. 2001. Habitats de larvas de Chironomidae (Insecta, Diptera) em riachos de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 13: 29-38.
- SANSEVERINO, A. M. & NESSIMIAN, J. L. 2008. Larvas de Chironomidae (Diptera) em depósitos de folhíço submerso em um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica (Rio de Janeiro, Brasil). *Revista Brasileira de Entomologia*, 52: 95-104.
- SAX, D. F., STACHOWICZ, J. J. & GAINES, S.D. 2005. *Species Invasions: insights into ecology, evolution, and biogeography*. Sunderland: Sinauer. 495 p.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. 2011. Chironomidae (Insecta, Diptera, Ne-matocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, 11: 675-684.
- 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.
- VARIERETTI, M.V., PÉREZ-HARGUINDEGUY, N., GURVICH, D. E., CINGOLANI, A.M. & CABIDO, M. 2005. Decomposition dynamics and physic-chemical leaf quality of abundant species in a montane woodland in Central Argentina. *Plant and Soil*, 278: 223-234.
- WANTZEN, K. M. & WAGNER, R. 2006. Detritus processing by invertebrate shredders: a neotropical–temperate comparison. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 216-232.
- WEBSTER, J. R. & BENFIELD, E. F. 1986. Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17: 567-594.
- WEBSTER, J. W., BENFIELD, E. F., ERHMAN, T. P., SCHAEFFER, M. A., TANK, J. L., HUTCHENS, J. J. & D'ANGELO, D. J. 1999. What happens to allochthonous material that falls into streams? A synthesis of new and published information from Coweeta. *Freshwater Biology*, 41: 687-705.
- WEBSTER, J. R. & MEYER, J. L. 1997. Stream organic matter budgets. *Journal of the North American Benthological Society*, 16(1): 3-161.
- WRIGHT, I. J. & WESTERBOY, M. 2002. Leaves at low versus high rainfall: coordination of structure, lifespan and physiology. *New Phytologist*, 155: 403-416.