

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

**INFLUÊNCIA DA COLONIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA NA ESTRUTURA E
COMPOSIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS DE INVERTEBRADOS ASSOCIADOS A
DETRITOS FOLIARES EM UM RIACHO
DE MATA ATLÂNTICA, SUDESTE DO BRASIL**

CINTHIA GABRIELA CASOTTI DE MEDEIROS

VILA VELHA
FEVEREIRO / 2015

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

**INFLUÊNCIA DA COLONIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA NA ESTRUTURA E
COMPOSIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS DE INVERTEBRADOS ASSOCIADOS A
DETRITOS FOLIARES EM UM RIACHO
DE MATA ATLÂNTICA, SUDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

CINTHIA GABRIELA CASOTTI DE MEDEIROS

VILA VELHA
FEVEREIRO / 2015

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

M488i Medeiros, Cinthia Gabriela Casotti.

Influência da colonização microbiológica na estrutura e composição das assembleias de invertebrados associados a detritos foliares em um riacho de Mata Atlântica, sudeste do Brasil / Cinthia Gabriela Casotti Medeiros. – 2015.

38 f.: il.

Orientador: Marcelo da Silva Moretti.

Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas)
Universidade Vila Velha, 2015.

Inclui bibliografias.

1. Ecologia aquática. 2. Plantas - Nutrição. 3. Biodegradação. 4. Invertebrado aquático. 5. Mata Atlântica. I. Moretti, Marcelo da Silva. II. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 577.6

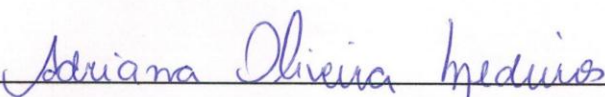
CINTHIA GABRIELA CASOTTI DE MEDEIROS

**INFLUÊNCIA DA COLONIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA NA ESTRUTURA E
COMPOSIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS DE INVERTEBRADOS ASSOCIADOS A
DETRITOS FOLIARES EM UM RIACHO
DE MATA ATLÂNTICA, SUDESTE DO BRASIL**


Dissertação apresentada à Universidade
Vila Velha, como pré-requisito do
Programa de Pós-graduação em Ecologia
de Ecossistemas, para a obtenção do
grau de Mestre em Ecologia.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2015.

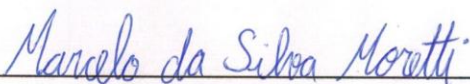
Banca Examinadora:



Profa. Dra. Adriana Oliveira Medeiros – UFBA



Prof. Dr. Leonardo Barros Dobbss – UVV



Prof. Dr. Marcelo da Silva Moretti – UVV

Orientador

Dedico esta dissertação aos meus pais, por todo apoio e incentivo à vida acadêmica.

Hoje olho pra trás e percebo que todas as dificuldades superadas aguçam a certeza de estar no caminho certo!

Autor desconhecido.

AGRADECIMENTOS

Sou extremamente grata à Deus e a todo o Universo que me proporciona fazer de um *hobby*, minha profissão. Por não me deixar enfraquecer diante das dificuldades e por, mesmo sem eu entender, ter feito exatamente como tudo deveria ser. Obrigada Senhor!

À minha mãe, que concluiu cada etapa da minha vida acadêmica ao meu lado, suportando todos os dias de ansiedade, choro e se alegrando comigo diante dos resultados obtidos. Esse título também é seu! Obrigada por fazer de mim quem eu sou, por cuidar com tanto carinho e entender minha escolha de vida.

Ao meu pai, por todo apoio emocional e financeiro proporcionado ao longo de todos esses anos. Obrigada por todos os ensinamentos de vida que me fizeram chegar até aqui. Mamãe e papai, vocês são o ar que eu respiro!

Ao meu sobrinho, que me faz esquecer os momentos de ansiedade com um simples sorriso. A tia te ama! Que esse seja seu exemplo, para que você um dia saiba o quanto estudar vale a pena! Ao meu irmão e à minha cunhada pelos dias em família, abraços e risadas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Moretti. Obrigada por todos os anos de ensinamentos, paciência e por acreditar em mim. Agora só faltam mais 4 anos! (risos).

Às minhas amigas lindas, chamadas PRINXESAS, que me proporcionam momentos de muita risada, festas, confidencias e histórias pra contar: Camila Rodrigues, Kamila Máximos, Fernanda Mazon, Gabriella Alvim, Manu Tetzner, ChayGuisso. Amo vocês e obrigada por todo apoio e incentivo!

Às lindezas da minha vida, chamadas BIXAS! “Qualquer amizade que ultrapasse a marca dos 7 anos, é provável que dure a vida inteira”. Bruna Tavares, Kênia Tavares, Hillana Moraes, Francine Neves, Amandinha, Camila Souza, Roberta, Paulinha e Drika. Meninas, nem preciso dizer o quanto sou grata por ter vocês na minha vida há tanto tempo né? Obrigada por torcerem e acreditarem em mim! Amo vocês!

Às queridas Laila Medeiros, Jéssica Pereira, Alexandra Frossard, Katherine Fraga, Verônica Emanuela, Dani Pitol, Wal e Janaina, que tornaram a caminhada mais leve e tranqüila até aqui! Obrigada pelos vinhos, barzinhos, sorrisos e conversas após as aulas.

Aos amigos de laboratório e de vida: Wallace Kiffer, vulgo CABEÇA (risos). Obrigada por todos os momentos juntos ao longo desses anos, no laboratório e na vida! Por todo apoio, incentivo, esporros e risadas! Valeu CABEÇA, te amo! À Larissa Corteletti e Juliana Vieira. Obrigada por todos os dias de conversas, escritas, almoços e campos. É sempre bom poder contar com vocês.

Aos demais amigos do Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos (LEIA): Karol Serpa, Pâmela Barbosa, Ana Carla Silva, Lorena Casagrande, Lorena Santos, Lyandra Oliveira. Obrigada por toda convivência, aprendizagem e auxílio ao longo dessa pesquisa. Nossa equipe é sensacional!

À equipe do Laboratório de Ecologia da Matéria Orgânica (LEMO): Katherine, Juliano, Colodetti e Prof. Dr. Leonardo Dobbss. Obrigada pela parceria, auxílio nas análises e amizade! À equipe do Laboratório de Ictiologia (LabPeixe) pelo empréstimo de equipamentos e auxílio no campo.

À equipe do Laboratório de Microbiologia Ambiental da Universidade Federal da Bahia (UFBA), coordenado pela Profa. Dra. Adriana Medeiros. Obrigada pelos ensinamentos e convivência durante o estágio técnico-científico.

Ao Prof. Dr. José Francisco Gonçalves Jr. e toda sua equipe do Laboratório de Limnologia da Universidade de Brasília (UNB). Obrigada pela parceria e auxílio nas análises.

Ao Carlos Burk pela área de estudo. Obrigada por preservar o córrego Macuco e permitir que a equipe do LEIA realize seus experimentos em sua propriedade.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas da UVV pelos ensinamentos prestados. A todos os funcionários da UVV: tias da limpeza, porteiros, secretárias, etc., que contribuem diariamente para o funcionamento do nosso laboratório.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo financiamento desta pesquisa através da concessão da bolsa de mestrado, e apoios aos projetos de pesquisa, participação em eventos e realização de estágios.

À todos vocês que estiveram comigo ao longo do mestrado, trabalhando ou divertindo, em momentos sérios e nos nem tão sérios assim, e a aqueles que eventualmente eu possa ter esquecido, muito obrigada! Certamente eu não seria a mesma se não tivesse cada um de vocês ao longo do caminho!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	09
LISTA DE TABELAS.....	10
CAPA DO ARTIGO.....	11
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUÇÃO.....	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
<i>Área de estudo.....</i>	<i>16</i>
<i>Desenho experimental.....</i>	<i>17</i>
<i>Detritos foliares.....</i>	<i>18</i>
<i>Hifomicetos Aquáticos.....</i>	<i>18</i>
<i>Assembleia de invertebrados.....</i>	<i>19</i>
<i>Análise de dados.....</i>	<i>19</i>
RESULTADOS.....	20
DISCUSSÃO.....	25
PERSPECTIVAS FUTURAS.....	29
REFERÊNCIAS.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentagem de peso remanescente (média \pm EP) dos detritos foliares de *Miconia chartacea* incubados em *litter bags* de malhas fina (linha pontilhada) e grossa (linha contínua) no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES).

Figura 2. Valores (média \pm EP) de biomassa (A) e taxas de esporulação (B) das assembleias de hifomicetos aquáticos encontrados associados aos detritos de *Miconia chartacea* incubados no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES).

Figura 3. Valores (média \pm EP) de densidade (A), biomassa (B) e riqueza taxonômica rarefeita (C) das assembleias de invertebrados encontradas associadas aos detritos de *Miconia chartacea* incubados no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES).

Figura 4. Dendograma da análise de agrupamento gerado para as assembleias de invertebrados encontradas associadas aos detritos de *Miconia chartacea* incubados no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentrações de nutrientes, fenóis totais e taninos, e dureza foliar, expressa como o peso necessário para romper uma amostra de folha, dos detritos de *Miconia chartacea* incubados no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES). As comparações dos valores observados entre os tempos de condicionamento foram feitas por ANOVA (média \pm EP; n = 4). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tempos de condicionamento. (-) = valores abaixo no nível de detecção das análises.

Tabela 2. Biomassa dos grupos tróficos funcionais das assembleias de invertebrados encontradas associadas aos detritos de *Miconia chartacea* incubados no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES). As comparações dos valores observados entre os tempos de condicionamento foram feitas por ANOVA (média \pm EP; n = 4). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tempos de condicionamento. (-) = ausente.

**INFLUÊNCIA DA COLONIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA NA ESTRUTURA E
COMPOSIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS DE INVERTEBRADOS ASSOCIADOS A
DETRITOS FOLIARES EM UM RIACHO
DE MATA ATLÂNTICA, SUDESTE DO BRASIL**

Cinthia G. Casotti¹ & Marcelo S. Moretti²

^{1,2}*Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos, Universidade Vila Velha. Rua
Comissário José Dantas de Melo, 21, Vila Velha, ES, Brasil - CEP 29.102-770.*

^{1,2}*Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, Universidade Vila
Velha.*

¹cinthiacasotti@hotmail.com

A formatação deste manuscrito segue as normas da Revista *Marine & Freshwater
Research*.

RESUMO

MEDEIROS, CINTHIA GABRIELA CASOTTI, M.Sc, Universidade Vila Velha – ES, fevereiro de 2015. **INFLUÊNCIA DA COLONIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA NA ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS DE INVERTEBRADOS ASSOCIADOS A DETRITOS FOLIARES EM UM RIACHO DE MATA ATLÂNTICA, SUDESTE DO BRASIL.**

Orientador: Marcelo da Silva Moretti

A colonização de detritos foliares por micro-organismos em riachos pode alterar a sua qualidade nutricional e palatabilidade para os invertebrados detritívoros. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do tempo de condicionamento microbiológico na estrutura das assembleias de invertebrados associados a detritos foliares em um riacho de Mata Atlântica. Foi hipotetizado que o tempo de condicionamento microbiológico altera a composição química dos detritos foliares e a estrutura trófica das assembleias de invertebrados associados. Folhas de *Miconia chartacea* foram incubadas em *litter bags* de malhas fina (0,5 mm) e grossa (10 mm) no córrego Macuco (ES). Nos intervalos de 0, 7, 15, 30, 45 e 60 dias quatro réplicas de cada tratamento foram amostradas para a análise da sua composição química (N, P, K fenóis e taninos), dureza foliar e avaliação da colonização por hifomicetos e invertebrados aquáticos. As taxas de decomposição foram lentas ($< -0,0044 \text{ dia}^{-1}$) e não apresentaram diferença sem ambos os tratamentos. As concentrações de nutrientes, fenóis e taninos diminuíram ao longo da incubação, sendo que as concentrações de N atingiram valores similares aos iniciais a partir do 15 dias. A dureza dos detritos permaneceu elevada nos primeiros 30 dias e diminuiu significativamente (40%) no 45º dia. As taxas de biomassa fúngica não diferiram ao longo dos tempos de incubação. No entanto, as taxas de esporulação foram maiores no 30º dia, sendo que *Lunulospora curvula* e *Anguillospora filiformis* foram as espécies mais abundantes (68 e 28%, respectivamente). Os valores de densidade e biomassa de invertebrados foram maiores nos tempos finais, enquanto a riqueza taxonômica diminuiu ao longo do experimento. Os organismos fragmentadores só foram encontrados após 45 e 60 dias de incubação. Estes resultados indicaram que o condicionamento microbiano alterou a palatabilidade dos detritos de *M. chartacea* pela redução da dureza foliar e sugerem que os detritos de riachos tropicais necessitam de tempos de condicionamento mais longos para se tornarem mais atrativos para os invertebrados detritívoros.

Palavras-chave: Decomposição de detritos foliares, hifomicetos aquáticos, invertebrados fragmentadores, qualidade foliar, riacho tropical.

ABSTRAT

MEDEIROS, CINTHIA GABRIELA CASOTTI, M.Sc, Universidade Vila Velha – ES, fevereiro de 2015. **MICROBIOLOGICAL COLONIZATION INFLUENCE ON STRUCTURE AND COMPOSITION OF SHAREHOLDERS OF INVERTEBRATES ASSOCIATED WITH DEBRIS LEAF IN A STREAM OF ATLANTIC, SOUTHEASTERN BRAZIL.**

Advisor: Marcelo da Silva Moretti

The colonization of leaf litter by microorganisms in streams can change leaf nutritional quality and palatability to invertebrate detritivores. The aim of this study was to evaluate the effect of microbiological conditioning time in the structure of invertebrate assemblages associated with leaf litter in an Atlantic Forest stream. We hypothesized that microbiological conditioning modifies the chemical composition of leaf litter and the trophic structure of associated invertebrate assemblages. Leaves of *Miconia chartacea* were incubated in fine (0.5 mm) and coarse (10 mm) mesh bags in Macuco Stream (ES). At intervals of 0, 7, 15, 30, 45 and 60 days, four replicates of each treatment were sampled for the analysis of chemical composition (N, P, K, phenols and tannins), leaf toughness and evaluation of the colonization by aquatic hyphomycetes and invertebrates. Leaf decomposition rates were slow ($< -0.0044 \text{ day}^{-1}$) and did not differ in both treatments. The concentrations of nutrients, phenols and tannins decreased throughout incubation, but N concentrations were similar to initial values from the 15th day. Leaf toughness remained high during the first 30 days and dropped significantly (40%) at the 45th day. Fungal biomass did not differ during the incubation times. However, sporulation rates were highest on day 30, and *Lunulospora curvula* and *Anguillospora filiformis* were the most abundant species (68 and 28%, respectively). Values of invertebrate density and biomass were higher in the last incubation times, while taxa richness decreased throughout the experiment. Shredders were only found after 45 and 60 days of incubation. These results indicated that microbial conditioning modified the palatability of *M. chartacea* leaves by reducing leaf toughness and suggest that leaf litter from tropical streams may require longer conditioning periods to become more attractive to detritivores.

Keywords: leaf decomposition, aquatic hyphomycetes, invertebrate shredders, leaf quality, tropical stream.

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica de origem alóctone constitui um importante recurso energético para os riachos de cabeceira, uma vez que a produtividade primária é limitada devido a menor incidência de luz solar causada pelo sombreamento da vegetação ripária (Minshall, 1967; Webster & Benfield, 1986; Ricklefs & Miller, 1999). A decomposição desta matéria orgânica é um processo complexo envolvendo etapas bióticas e abióticas que normalmente ocorrem em três fases distintas, porém concomitantes (Graça, 1993, 2001; Gessner & Chauvet, 1994). A primeira etapa consiste na lixiviação de compostos solúveis, que ocorre através da abrasão da água com a lâmina foliar. Esta etapa, ao reduzir as concentrações de compostos fenólicos, pode modificar a composição química dos detritos e favorecer a sua colonização por micro-organismos (Graça, 1993; Gessner et al., 1999;). A segunda etapa consiste no condicionamento dos detritos por micro-organismos. Ao se fixarem e colonizarem os detritos foliares, os micro-organismos liberam enzimas que degradam quimicamente o material foliar para obter energia para o seu crescimento e reprodução (Webster & Benfield, 1986; Suberkropp, 1992;). A última etapa deste processo consiste na fragmentação biológica dos detritos foliares por invertebrados detritívoros que, ao se alimentarem, transformam a matéria orgânica particulada grossa (MOPG) em matéria orgânica particulada fina (MOPF), que ficará então disponível para os demais organismos detritívoros localizados à jusante (Graça, 1993).

No início do condicionamento microbiológico dos detritos foliares, as bactérias heterotróficas são os primeiros micro-organismos a colonizarem a lâmina foliar, sendo posteriormente substituídos por fungos aquáticos (Gonçalves et al., 2006, 2007;). Alguns estudos demonstraram que o crescimento dos micro-organismos pode resultar em um incremento substancial de biomassa sobre a lâmina foliar, elevando as concentrações de nitrogênio e fósforo e, conseqüentemente, aumentando a qualidade dos detritos foliares (Gessner et al., 1999). Além disso, Gullis & Suberkropp (2004) observaram em laboratório que o crescimento dos micro-organismos pode atingir até 12% do peso remanescente dos detritos foliares em decomposição.

Os hifomicetos constituem o principal grupo de fungos aquáticos associados a detritos foliares em decomposição (Suberkropp, 1992; Abelho,

2001). Estes micro-organismos constituem um grupo monofilético que apresenta características morfológicas diversificadas. De acordo com Ingold (1975) e Gulis (2001), estas características podem conferir maior rapidez e facilidade para a fixação dos esporos e colonização dos substratos. Os hifomicetos podem ser facilmente encontrados associados a folhas em decomposição nos riachos de diversas regiões do mundo. Porém, a diversidade dos fungos aquáticos pode ser influenciada pelas características dos riachos, como a temperatura da água (Gessner, 1991; Casas et al., 2011), e a composição química dos detritos foliares (Suberkropp & Chauvet 1995; Schoenlein-Crusius et al., 2009). Os riachos de regiões neotropicais, por apresentarem águas com temperaturas mais elevadas, possuem elevada diversidade de espécies fúngicas (Mathuriau & Chauvet 2002; Gonçalves et al., 2006). Alguns autores encontraram taxas de decomposição mais rápidas em riachos com menores temperaturas e explicaram este fato pela maior participação dos hifomicetos aquáticos no processo de decomposição (Hilber & Gessner, 2002).

O incremento nutricional nas folhas causado pela atividade dos hifomicetos pode elevar a palatabilidade e a atratividade dos detritos foliares para os invertebrados fragmentadores (Spanhoff & Meyer, 2004; Gonçalves et al., 2006; Hepp et al., 2009). Em um estudo pioneiro, Bärlocher (1980) demonstrou que o forrageio dos invertebrados fragmentadores pode ser influenciado pela diversidade e abundância da comunidade fúngica encontrada associada aos detritos foliares em riachos temperados que apresentavam características físicas e químicas distintas. Além disso, vários estudos recentes têm demonstrado que os invertebrados fragmentadores preferem se alimentar de detritos foliares que foram lixiviados e condicionados por micro-organismos (Duarte et al., 2006; Gonçalves et al., 2012; Sales et al., 2014). Embora esta seja uma questão bastante estudada, pouco se conhece sobre a relação existente entre o condicionamento microbiológico e a estrutura das assembleias de invertebrados associados a detritos foliares. Uma vez que as diferentes espécies da vegetação ripária apresentam variações nos períodos de perda de folhas (Gonçalves & Calisto, 2013; Gonçalves et al., 2014), os acúmulos foliares encontrados no leito dos riachos são constituídos por espécies que podem apresentar diferentes qualidades nutricionais e tempos de condicionamento (Gessner et al., 2010). Desta forma, o estudo da relação existente entre o tempo de condicionamento

dos detritos e a composição trófica das assembleias de invertebrados associados é fundamental para o maior entendimento da cadeia de detritos e do fluxo de energia em ecossistemas lóticos (Gessner & Chauvet, 1994; Hladyz et al., 2009; Bruder et al., 2014).

Foi hipotetizado que o tempo de colonização das folhas pelos fungos altera a composição química dos detritos foliares e a estrutura trófica das assembleias de invertebrados aquáticos. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do tempo de condicionamento microbiológico na estrutura das assembleias de invertebrados associados a detritos foliares em um riacho de Mata Atlântica. Para isso, foram utilizados detritos foliares de uma espécie nativa característica das zonas ripárias da área estudada (*Miconia chartacea* Triana).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O córrego Macuco, pertencente à bacia do rio da Prata, está localizado no município de Santa Leopoldina (ES), a aproximadamente 500 m da rodovia ES-080, em uma área que está 50 km distante da costa e apresenta vários fragmentos de Mata Atlântica circundados por áreas de agricultura e criação de animais. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Tropical com invernos secos (Aw). As médias diárias de temperatura do ar variam entre 28 e 32°C e a precipitação anual é inferior a 2000 mm (INMET, 2014).

O trecho estudado (20° 01' 23,8" S e 40° 33' 00,5" W) está situado a 700 m de altitude em um fragmento de mata bem preservado e apresenta um dossel bem desenvolvido que sombreia aproximadamente 80% do leito do riacho. Este é composto por seixos, areia e grandes acúmulos de folhas nas áreas de remanso, onde é possível encontrar uma diversa assembleia de invertebrados aquáticos. Durante o experimento, os valores de temperatura e oxigênio dissolvido na água variaram de 16,9 a 19,2°C e 7,2 a 9.0 mg.L⁻¹, respectivamente (valores mínimos e máximos; n = 6). O pH da água variou de levemente ácido a neutro (6,3 a 7,1) e os valores de condutividade foram baixos (19,3 a 22,7 µS.cm⁻¹). As concentrações de nitrogênio e fósforo total foram de 4,20 e 0,29 mg.L⁻¹ (única medição no início do experimento).

Desenho experimental

As folhas de *M. chartacea* foram coletadas na vegetação ripária do trecho estudado, por meio de 4 redes (1m², 10 mm de malha) que foram fixadas a aproximadamente 1,5 m do solo em ambas as margens do riacho. As redes foram verificadas regularmente e as folhas de *M. chartacea* encontradas nas redes foram levadas para o laboratório, onde foram secas a temperatura ambiente e armazenadas em caixas de isopor até o início dos experimentos.

Porções de 2,0 ± 0,1 g de folhas de *M. chartacea* foram colocadas em *litter bags* de malha fina (0,5 mm) e grossas (10 mm), com tamanho de 10 x 15 cm, e incubadas no leito do córrego Macuco, sob condições similares de profundidade e vazão. Os *litter bags* foram amarrados em barras de ferro fixadas no leito de 4 remansos do trecho estudado, sendo 24 de cada tipo de malha, totalizando 48

litter bags. Nos intervalos de 0, 7, 15, 30, 45 e 60 dias de incubação, 4 *litter bags* (réplicas) de cada tratamento (malha) foram retirados do riacho, colocados individualmente em sacos plásticos e transportados em uma caixa térmica. As réplicas do tempo zero foram utilizadas para corrigir as perdas de peso que ocorreram na preparação e no transporte dos *litter bags*. O experimento foi realizado no período de abril a junho de 2014.

No laboratório, os detritos foliares de cada réplica foram lavados cuidadosamente com água do próprio riacho sobre uma peneira de 250 µm de malha, secos em estufa (60°C, 72 h) e posteriormente pesados. Porções de folhas de *M. chartacea*, que não haviam sido utilizadas nos experimentos, foram utilizadas para a determinação de um fator de correção peso seco/peso seco ao ar dos detritos, que foi utilizado para corrigir o peso inicial de todas as réplicas.

Detritos foliares

Após a determinação do peso seco, os detritos foliares dos *litter bags* de malha grossa foram moídos e homogeneizados para a determinação das concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em cada tempo de incubação, segundo Tedesco et al., (1995) e Flindt & Lillebo (2005). As concentrações de fenóis totais foram determinadas de acordo com Bärlocher & Graça (2005) e as concentrações de taninos foram determinadas por equivalentes de ácido tânico pela técnica de difusão radial (Graça & Bärlocher, 2005). A dureza foliar das folhas de *M. chartacea* foi estimada utilizando um aparelho que mede a força necessária para romper uma amostra de folha (Graça & Zimmer, 2005). Todas as análises foram realizadas em quatro réplicas.

Hifomicetos aquáticos

Após a lavagem das réplicas de malha fina, 3 conjuntos de 5 discos (14 mm de diâmetro) foram retirados de cada amostra. O primeiro conjunto de discos foi colocado em pequenos sacos plásticos e congelados a -20°C para posterior realização das análises de ergosterol como uma estimativa da biomassa fúngica. As concentrações de ergosterol dos detritos foliares foram determinadas de acordo com Gessner & Schmitt (1996) e convertidas em biomassa fúngica baseando-se em uma concentração média de 5,5 mg de ergosterol por g de massa fúngica seca (Gessner & Chauvet, 1993). O segundo conjunto de discos

foi incubado a 20°C em erlenmeyers contendo 30 ml de água do córrego filtrada para induzir a esporulação. Após 48 h, a suspensão contendo os conídeos foi fixada em formol (2%). Posteriormente, alíquotas desta suspensão foram filtradas em filtros de nitrato celulose e os filtros foram corados com solução de azul de algodão (Barlocher, 2005) e examinados microscopicamente (400x) para se determinar o número total de conídios produzidos e para a identificação dos hifomicetos aquáticos (Ingold, 1975). O último conjunto de discos foi seco (60°C, 72 h) e pesado para a determinação do peso dos 15 discos e correção do peso remanescente das réplicas.

Assembleias de invertebrados

Os invertebrados que ficaram retidos na peneira durante a lavagem das réplicas de malha grossa foram preservados em álcool 70% para posterior identificação. Os organismos foram contados e identificados até o nível taxonômico de gênero ou família em um microscópio estereoscópico (32x) e classificado em grupos tróficos funcionais, de acordo com chaves taxonômicas específicas (Merritt & Cummins, 1996; Fernández & Domínguez, 2001). Após a identificação, os indivíduos de cada táxon foram secos em estufa (60°C, 72 h) e pesados em uma balança analítica (0,1 mg) para a determinação da sua biomassa.

Análise de dados

Os coeficientes de decomposição foram determinados ajustando-se os dados de peso seco remanescente de folha (PSRF) ao modelo exponencial negativo $W_t = W_0 e^{-kt}$, onde W_t é o peso remanescente no tempo t (em dias), W_0 é o peso inicial, e k é o coeficiente de decomposição (Webster & Benfield, 1986). As inclinações (k) foram comparadas por meio de Análise de Covariância (ANCOVA; Zar, 2010), para testar diferenças nos coeficientes de decomposição observados nos dois tratamentos.

Os efeitos do tempo de condicionamento na composição química (concentrações de N, P, K, fenóis e taninos) e dureza dos detritos foliares, nos valores de biomassa fúngica e produção de esporos dos hifomicetos aquáticos e nos valores de densidade (número de indivíduos/g PS), riqueza taxonômica e biomassa das assembleias de invertebrados foram testados por Análise de Variância (ANOVA; dados logaritmizados). O teste de Tukey HSD foi utilizado

para comparações *a posteriori* (Zar, 2010). A metodologia de rarefação foi utilizada para calcular os valores de riqueza taxonômica esperada em amostras com tamanhos padronizados $E(S_n)$, uma vez que o número total de invertebrados variou amplamente entre as réplicas (de 2 a 177 indivíduos). As similaridades entre as assembleias de invertebrados amostradas em cada tempo de incubação foram examinadas através de uma Análise de Cluster utilizando a distância de Bray-Curtis (dados logaritmizados) e a distância média entre grupos (UPGMA) como método de amalgamação. Todas as análises estatísticas foram realizadas nos programas SPSS (versão 16.0 for Macintosh, SPSS, Chicago, Illinois) e *Primer 6 Beta* (Primer-ELtd.), de acordo com Zar (2010).

RESULTADOS

O processo de decomposição dos detritos *M. chartacea* foi lento, sendo que após 60 dias de incubação as porcentagens de peso remanescente dos detritos nos *litter bags* de malhas fina e grossa foram de $81,17 \pm 1,82$ e $77,99 \pm 2,16\%$, respectivamente (Figura 1). Conseqüentemente, os coeficientes de decomposição foram baixos (malha fina: $-0,0040 \pm 0,0001 \text{ dia}^{-1}$; malha grossa: $-0,0044 \pm 0,0003 \text{ dia}^{-1}$) e não apresentaram diferenças entre as malhas utilizadas (ANCOVA, $F_{(1,31)} = 0,001$, $p = 0,98$).

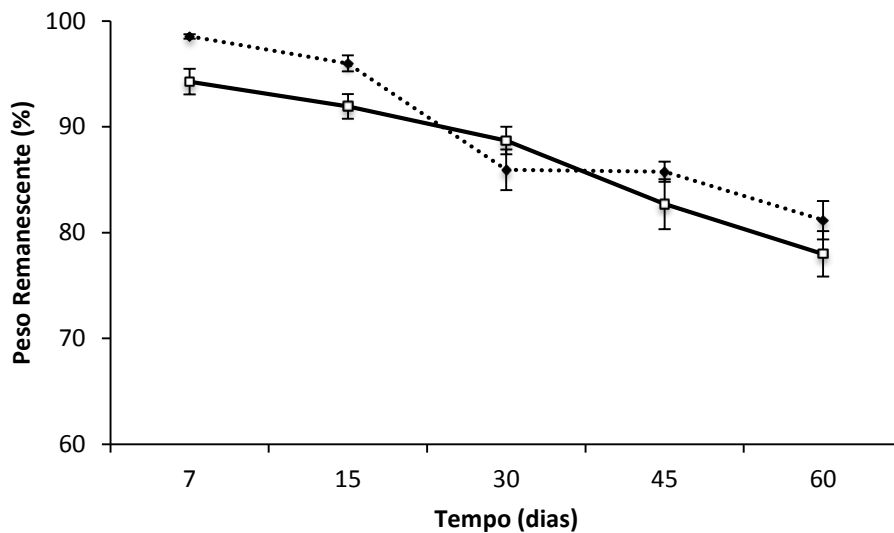


Figura 1. Porcentagem de peso remanescente (média \pm EP) dos detritos foliares de *Miconia chartacea* incubados em *litter bags* de malhas fina (linha pontilhada) e grossa (linha contínua) no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES).

Com exceção das concentrações de fósforo, as concentrações de nutrientes diferiram entre os tempos de incubação (Tabela 1). As concentrações de nitrogênio diminuíram após 7 dias de incubação e, a partir do 15º dia, estes valores apresentaram um aumento, atingindo valores similares aos observados na composição química inicial dos detritos de *M. chartacea* (tempo 0). As concentrações de potássio apresentaram uma significativa diminuição após a incubação dos detritos, sendo que após 30 dias os valores deste nutriente estiveram abaixo do limite de detecção da análise. Em relação aos compostos secundários, foi observada uma diminuição significativa nas concentrações de fenóis totais após 15, 45 e 60 dias de incubação (Tabela 1). As concentrações de

taninos também diminuíram ao longo da incubação, sendo que estes compostos não foram mais detectados após o 30º dia. A dureza dos detritos de *M. chartacea* foi maior no início do experimento, mantendo esse padrão até os 30 dias de incubação, havendo uma redução significativa (40%) após 45º dia de experimento.

Tabela 1. Concentrações de nutrientes, fenóis totais e taninos, e dureza foliar, expressa como o peso necessário para romper uma amostra de folha, dos detritos de *Miconia chartacea* incubados no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES). As comparações dos valores observados entre os tempos de condicionamento foram feitas por ANOVA (média ± EP; n = 4). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tempos de condicionamento. (-) = valores abaixo no nível de detecção das análises.

Tempo de Condicionamento	N (mg.g ⁻¹)	P (mg.g ⁻¹)	K (mg.g ⁻¹)	Fenóis (mg.g ⁻¹)	Taninos (mg.g ⁻¹)	Dureza (g)
0	15,35 ± 0,35 ^a	0,07 ± 0,03 ^a	0,80 ± 0,12 ^a	13,45 ± 0,36 ^a	0,88 ± 0,02 ^a	247,82 ± 4,73 ^a
7	11,75 ± 0,36 ^c	0,05 ± 0,03 ^a	0,10 ± 0,03 ^b	7,15 ± 0,36 ^b	0,16 ± 0,03 ^b	235,92 ± 22,39 ^a
15	14,28 ± 0,21 ^{a,b}	0,05 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,01 ^b	3,19 ± 0,20 ^c	0,12 ± 0,02 ^{b,c}	207,42 ± 19,70 ^a
30	13,63 ± 0,24 ^b	0,03 ± 0,01 ^a	-	2,71 ± 0,08 ^c	0,06 ± 0,01 ^c	233,88 ± 6,27 ^a
45	13,44 ± 0,3 ^b	-	-	2,26 ± 0,03 ^d	-	134,46 ± 22,18 ^b
60	14,16 ± 0,19 ^{a,b}	-	-	1,57 ± 0,03 ^e	-	-
<i>F</i>	16,03	3,20	146,67	187,98	8,67	7,38
<i>p</i>	<0,001	0,084	<0,001	<0,001	0,008	0,006

Os detritos de *M. chartacea* foram colonizados pelos hifomicetos aquáticos, sendo que os valores de biomassa fúngica permaneceram constantes até o 30º dia de incubação (Figura 2A). Apesar da maior biomassa fúngica ter sido observada no 45º dia, estes valores não diferiram entre os tempos de condicionamento ($F_{(4,14)} = 2,801$, $p = 0,085$). As taxas de esporulação dos hifomicetos associados aos detritos foliares aumentaram na primeira metade do experimento, apresentando os valores mais altos no 30º dia de incubação (Figura

2B). Estes valores diminuíram gradativamente na segunda metade do experimento, atingindo valores similares aos iniciais após 60 dias. As taxas de esporulação observadas no 30º dia foram maiores que as observadas após 7 e 60 dias de incubação ($F_{(4,19)} = 3,463$, $p = 0,034$). Com relação a riqueza taxonômica das assembleias de hifomicetos aquáticos, foram encontrados conídeos de apenas 4 espécies durante todo o experimento, sendo que *Lunulospora curvula* Inglod, 1942 e *Anguillospora filiformis* Greath, 1961 foram as espécies que mais produziram conídias (68 e 28%, respectivamente).

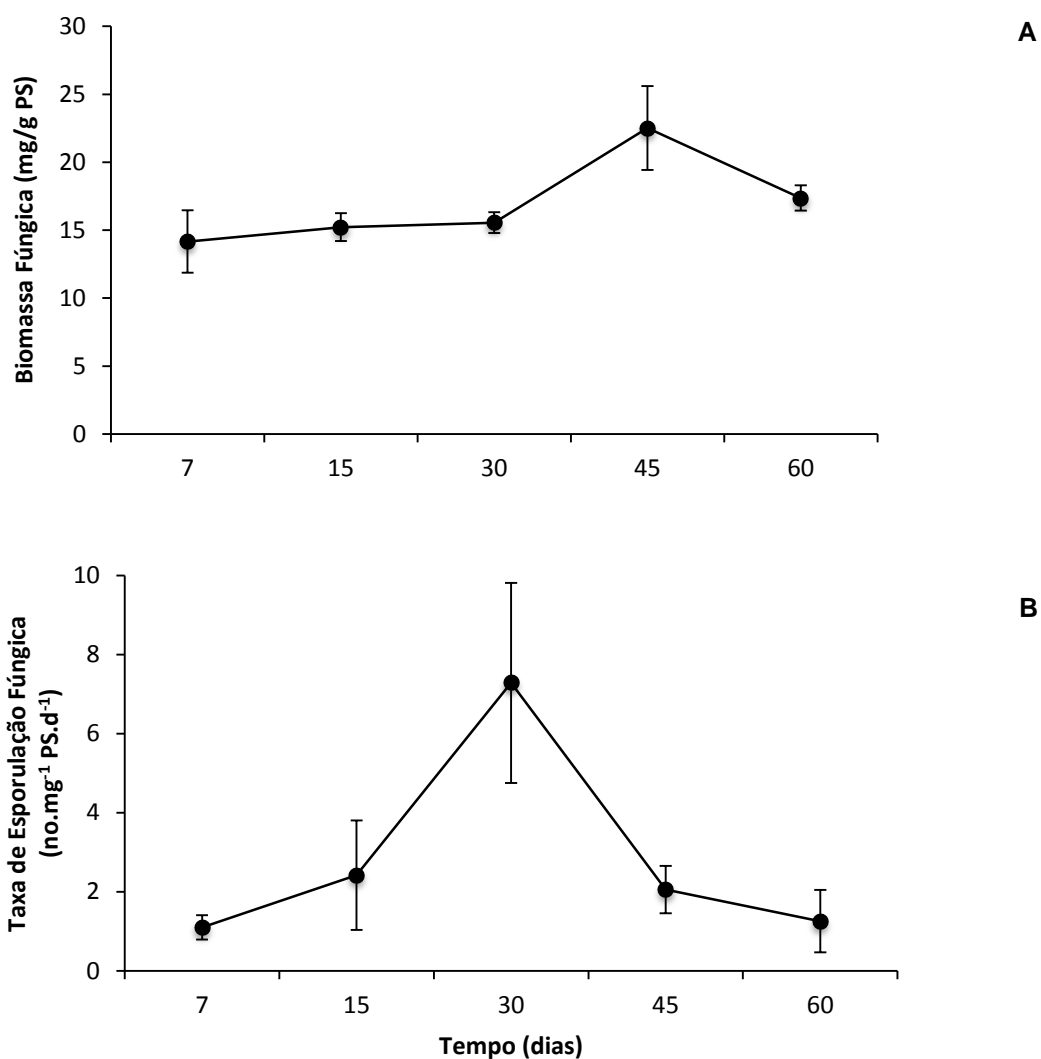


Figura 2. Valores (média \pm EP) de biomassa (A) e taxas de esporulação (B) das assembleias de hifomicetos aquáticos encontradas associadas aos detritos de *Miconia chartacea* incubados no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES).

No total, 714 organismos pertencentes a 19 táxons foram encontrados associados aos detritos de *M. chartacea*. As subfamílias Chironominae e Tanypodinae (Diptera, Chironomidae) foram as mais abundantes, representando 57,4 e 24,1% de todos os organismos coletados. Os táxons Baetidae (Ephemeroptera; 5,2%), *Heterelmis* sp. (Coleoptera, Elmidae; 3,5%) e Megapodagrionidae (Odonata; 2,4%) também foram abundantes. As larvas dos tricópteros fragmentadores *Triplectides* sp. (Leptoceridae) e *Phylloicus* sp. (Calamoceratidae) representaram 2,8% do total de organismos coletados e só foram encontradas após 45 e 60 dias de incubação.

A colonização dos detritos de *M. chartacea* por invertebrados aquáticos foi pequena nos primeiros 30 dias de incubação, sendo que os valores de densidade e biomassa de invertebrados associados foram baixos até este tempo de incubação (Figuras, 3A, 3B). No entanto, estes valores aumentaram na segunda metade do experimento e os valores mais elevados de densidade e biomassa foram observados após 60 e 45 dias, respectivamente. Os valores de densidade e biomassa de invertebrados observados após 45 e 60 dias de incubação foram maiores que os observados até o 30º dia (densidade: $F_{(4,19)} = 9,84$, $p < 0,001$; biomassa: $F_{(4,19)} = 4,98$, $p = 0,009$). A riqueza taxonômica diminuiu durante o experimento (Figura 3C) e os valores observados aos 7 dias foram significativamente maiores que os observados após 45 e 60 dias de incubação ($F_{(4,17)} = 6,05$, $p = 0,006$).

Os valores de biomassa dos grupos tróficos funcionais encontrados associados aos detritos foliares variaram durante o experimento (Tabela 2). Os valores de biomassa dos organismos fragmentadores e predadores encontrados após 60 dias de incubação foram maiores que os observados após 7 dias. A biomassa dos coletores catadores também aumentou ao longo do experimento, sendo que os valores observados após 45 e 60 dias foram maiores que os observados no início do experimento. Os valores de biomassa dos organismos coletores-filtradores e raspadores foram baixos e não diferiram entre os tempos de incubação (Tabela 2).

A análise de agrupamento evidenciou uma similaridade mínima de 42% entre as assembleias de invertebrados amostradas em cada tempo de incubação (Figura 4). A uma similaridade de aproximadamente 70% foi possível observar a

formação de 2 grupos. O primeiro foi formado pelas assembleias amostradas nos tempos 15 e 30 dias e o segundo grupo pelas assembleias dos tempos 45 e 60 dias. As assembleias amostradas após 7 dias de incubação foram as mais discrepantes.

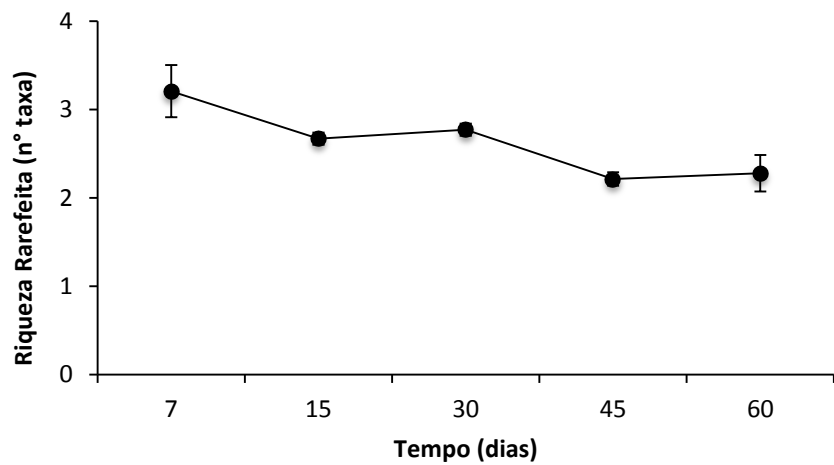
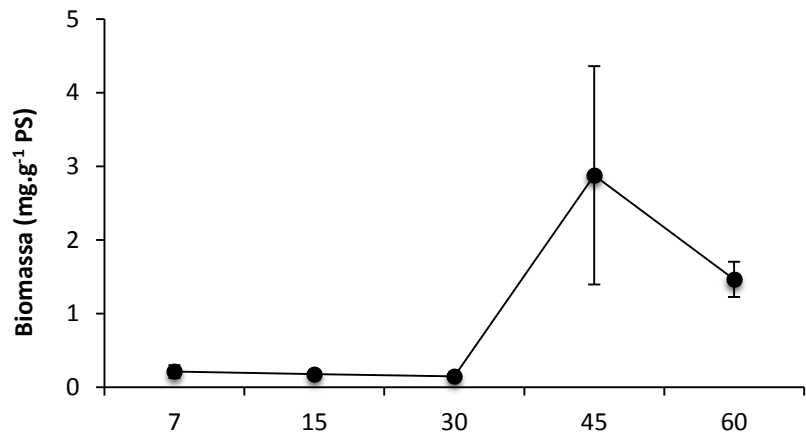
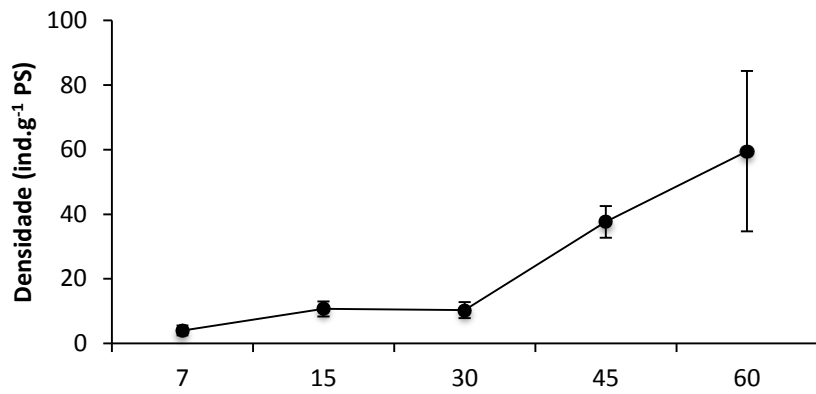


Figura 3. Valores (média \pm EP) de densidade (A), biomassa (B) e riqueza taxonômica rarefeita (C) das assembleias de invertebrados encontradas associadas aos detritos de *Miconia chartacea* incubados no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES).

Tabela 2. Biomassa dos grupos tróficos funcionais das assembleias de invertebrados encontradas associadas aos detritos de *Miconia chartacea* incubados no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES). As comparações dos valores observados entre os tempos de condicionamento foram feitas por ANOVA (média \pm EP; n = 4). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tempos de condicionamento. (-) = ausente.

Tempo de Condicionamento	Fragmentadores (mg.g ⁻¹)	Predadores (mg.g ⁻¹)	Col.- Catadores (mg.g ⁻¹)	Col.- Filtradores (mg.g ⁻¹)	Raspadores (mg.g ⁻¹)
7	0,07 \pm 0,05 ^a	0,04 \pm 0,01 ^a	0,06 \pm 0,02 ^a	0,03 \pm 0,01 ^a	0,04 \pm 0,02 ^a
15	0,06 \pm 0,06 ^a	0,12 \pm 0,04 ^a	0,33 \pm 0,21 ^{a,b}	0,16 \pm 0,12 ^a	0,07 \pm 0,03 ^a
30	-	2,75 \pm 1,57 ^{a,b}	0,77 \pm 0,51 ^{a,b}	0,18 \pm 0,09 ^a	0,10 \pm 0,09 ^a
45	1,57 \pm 1,21 ^{a,b}	2,55 \pm 1,30 ^{a,b}	5,97 \pm 3,14 ^b	0,68 \pm 0,61 ^a	1,64 \pm 1,64 ^a
60	2,85 \pm 1,16 ^b	8,14 \pm 3,15 ^b	7,25 \pm 3,78 ^b	1,27 \pm 0,84 ^a	1,91 \pm 1,14 ^a
<i>F</i>	4,94	4,71	3,47	1,44	1,43
<i>P</i>	0,010	0,012	0,034	0,270	0,273

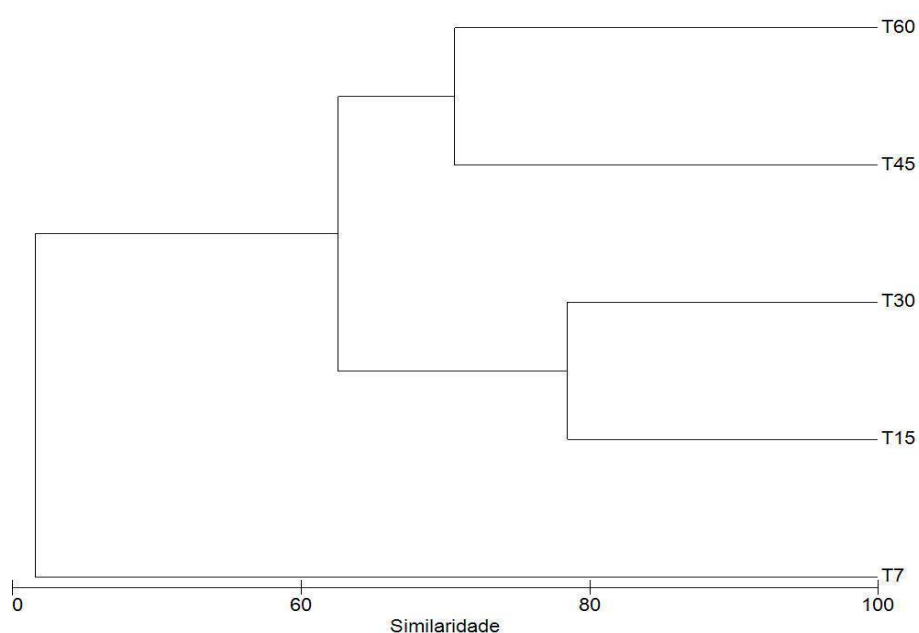


Figura 4. Dendrograma da análise de agrupamento gerado para as assembleias de invertebrados encontradas associadas aos detritos de *Miconia chartacea* incubados no córrego Macuco (Santa Leopoldina, ES).

DISCUSSÃO

De acordo com a classificação proposta por Petersen & Cummins (1974), as taxas de decomposição observadas para os detritos de *M. chartacea* após 60 dias de incubação foram lentas, restando aproximadamente 80% de peso remanescente ao final do experimento. Normalmente, as taxas de decomposição observadas em riachos tropicais são mais lentas que as observadas em riachos de região temperada (ver Abelho et al., 2001) e estão intimamente relacionadas às características intrínsecas dos detritos foliares (Angelo et al., 2007; Gonçalves et al., 2007; Moretti et al., 2009; Bruder et al., 2014). Por exemplo, Moretti et al. (2007), ao realizarem um experimento de decomposição utilizando cinco espécies de folhas em riachos tropicais, observaram que os detritos com baixos teores nutricionais apresentaram taxas de decomposição mais lentas. Por outro lado, Li et al. (2008) demonstraram que os valores de dureza foliar estão negativamente associados às taxas de decomposição em um riacho em Hong Kong. Resultados similares foram obtidos por Gonçalves et al. (2007) ao avaliarem o processo de decomposição de *Protium brasiliense* em um riacho no Cerrado de Minas Gerais. Além disso, estes autores também sugeriram que a elevada dureza foliar foi o principal fator responsável pela baixa abundância de invertebrados fragmentadores associados aos detritos foliares.

Vários estudos têm demonstrado que a colonização microbológica favorece a decomposição de detritos foliares (Gessner, 1999; Gonçalves et al., 2012; Sales et al., 2014). No presente estudo, apesar do crescimento fúngico não ter promovido um aumento nos valores nutricionais dos detritos, sua atividade resultou em uma diminuição significativa da dureza das folhas de *M. chartacea*. A atividade dos microorganismos durante o processo de decomposição promove a retirada de polissacarídeos complexos da lâmina foliar resultando no afrouxamento das fibras vegetais (Abelho et al., 2006). Desta forma, o condicionamento pode ter modificado a estrutura física das folhas, que tem sido reportada como um fator limitante para o consumo dos detritos por organismos fragmentadores (Li et al., 2008). Os estudos de Moretti et al., (2007) e Gonçalves et al., (2012) demonstraram que detritos mais duros apresentam taxas de decomposição mais lentas.

As taxas de esporulação e biomassa fúngica observadas nos detritos de *M. chartacea* foram baixas e semelhantes às encontrados por Sales et al., (2015). Estes autores encontraram conídeos de 7 espécies de hifomicetos aquáticos associados aos detritos foliares em decomposição. Entretanto, um outro estudo realizado em riachos de Mata Atlântica, foram encontrados conídeos de 24 espécies (Schoenlein-Crusius et al., 2009). Estes resultados sugerem que a qualidade dos detritos foliares influencia sua colonização por micro-organismos, retardando assim o processo de decomposição. O pequeno crescimento na biomassa fúngica observado após o pico de esporulação ocorrido no 30º dia de incubação reflete a baixa qualidade dos detritos utilizados, onde a maior atividade e a colonização fúngica ocorreram após a lixiviação de compostos secundários. Miltre e Salomão (*dados não publicados*) encontraram maiores valores de biomassa fúngica após 30 e 60 dias de incubação em um riacho do bioma Cerrado.

Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas na biomassa fúngica ao longo do experimento, a atividade dos hifomicetos ocasionou modificações importantes na estrutura física dos detritos. A modificação na composição química e a redução da dureza foliar favoreceram a colonização dos detritos por invertebrados fragmentadores, uma vez que seu aparato bucal não consegue romper tecidos lignificados e seu trato digestivo tem dificuldade em digerir compostos secundários (Tuffi et al., 2009). No presente estudo, os invertebrados fragmentadores foram encontrados associados aos detritos somente após 45 dias de incubação. Esses resultados corroboram a preferência dos fragmentadores por detritos condicionados por micro-organismos (Graça, 2001, Gonçalves et al., 2006; Hepp et al., 2009).

Os maiores valores de biomassa de invertebrados associados aos detritos de *M. chartacea* no final do experimento estão provavelmente relacionados à presença de organismos fragmentadores, que geralmente são maiores que os demais organismos, e à maior abundância das larvas de Chironominae. Apesar dos táxons da família Chironomidae apresentarem diversas classificações tróficas, grande parte dos gêneros consome matéria orgânica particulada fina, executando um papel essencial na ligação entre os níveis primário e secundário da cadeia de detritos (Gonçalves et al., 2004; Moretti et al., 2005). Entretanto, alguns experimentos têm demonstrado que estas larvas podem também

fragmentar detritos foliares (Rosemond et al., 1998). A grande biomassa de organismos coletores, também observada, no final do experimento provavelmente está associada à colonização dos fragmentadores, uma vez que estes últimos, ao se alimentarem, disponibilizam alimento para os invertebrados coletores.

Ao contrário do esperado, a riqueza taxonômica de invertebrados associados aos detritos foi maior nos primeiros 7 dias de incubação. Possivelmente, no início do experimento, os detritos de *M. chartacea* foram utilizados como fonte indireta de alimento e substrato pelos invertebrados (Chakona et al., 2008). Embora as concentrações de fenóis e taninos tenham sido maiores no início do experimento, esses compostos não impediram a colonização inicial dos detritos por organismos que não os utilizam como fonte direta de alimento. A diminuição dos valores de riqueza após o 30º dia de incubação provavelmente está relacionada a menor dureza foliar e a presença de invertebrados fragmentadores que, ao se alimentarem dos detritos, desestabilizaram e reduziram o substrato disponível para a colonização de outros grupos tróficos funcionais.

A análise da similaridade das assembleias de invertebrados observadas em cada tempo de decomposição evidenciou que estas foram influenciadas tanto pela qualidade nutricional do detritos quanto pela colonização microbiana. Além disso, nos estágios iniciais de decomposição foi possível observar uma maior participação de organismos considerados generalistas, como as larvas da família Baetidae (Ephemeroptera) e da subfamília Tanyptodinae (Diptera, Chironomidae) que não dependem da qualidade do recurso, sendo considerados colonizadores iniciais dos detritos (Moretti, 2005; Marques et al., 2012). Após o 15º dia de incubação das folhas foi possível observar a presença de organismos coletores e predadores, como os do gênero *Heterelmis* (Mcintosh et al., 2005). Após o aumento da atividade microbiana, os organismos fragmentadores dos gêneros *Triplectides* e *Phylloicus* passaram a ser representativos, atuando efetivamente no processo de decomposição dos detritos de *M. chartacea* (Graça, 2001; Camacho et al., 2009).

Alguns autores sugerem que a participação dos fragmentadores no processo de decomposição de detritos foliares em riachos tropicais seria menor quando comparada à maior diversidade destes organismos em riachos de regiões

temperadas (Oertli, 1993; Strixino & Trivinho-Strixino, 2006; Sanseverino & Nessimian, 2008). Entretanto, outros trabalhos realizados no mesmo riacho do presente estudo demonstraram que os fragmentadores não são escassos (Marques et al., 2012; Oliveira et al., *dados não publicados*). Neste contexto, os menores valores de abundância e riqueza taxonômica de fragmentadores encontrados durante a decomposição dos detritos de *M. chartacea* refletem a baixa qualidade destes detritos, que necessitam de um maior tempo de condicionamento microbiológico para serem mais atrativos. Marques et al. (2012) ao avaliarem o processo de decomposição de *Myrcia lineata*, observaram que a baixa qualidade nutricional dos detritos utilizados estava relacionada à menor riqueza de fragmentadores encontrada.

Concluindo, os resultados obtidos corroboram a hipótese proposta e sugerem que a comunidade de fungos associados aos detritos em decomposição influencia a composição e a estrutura das assembleias de invertebrados associados em riachos tropicais. Além disso, a colonização dos hifomicetos aquáticos no processo de decomposição também contribui para a modificação da estrutura física das folhas através da redução da tenacidade dos detritos. Os resultados evidenciaram que a decomposição das folhas no riacho estudado ocorre de forma mais lenta, sendo necessário um maior tempo de incubação dos detritos para os mesmos se tornarem atrativos para os organismos decompositores.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Após a realização dos experimentos desta Dissertação de Mestrado, pretende-se dar continuidade à esta linha de pesquisa com o intuito de responder novas questões a respeito da influência direta da comunidade microbiológica sob os organismos fragmentadores e funcionalidade das teias tróficas em riachos tropicais. Desta forma, os próximos objetivos a serem testados são:

1. Determinar a preferência alimentar das larvas de *Triplectides* sp. quando expostas a combinações pareadas de detritos foliares de *M. chartacea* condicionados por diferentes períodos.
2. Verificar se existe relação entre a biomassa fúngica dos detritos e a preferência alimentar apresentada pelas larvas de *Triplectides* sp.
3. Determinar as taxas de crescimento e produção de matéria orgânica particulada fina durante o consumo dos diferentes itens alimentares pelas larvas de *Triplectides* sp.
4. Verificar se existe relação entre a taxa de crescimento das larvas de *Triplectides* sp. e a biomassa fúngica dos detritos ofertados.

REFERÊNCIAS

- Abelho, M., 2001: From litter fall to breakdown in streams: a review. – *The Scientific World Journal* **1**: 656-680.]
- Abelho, M., & Graça, M. A. S., 2006: Effects of nutrient enrichment on decomposition and fungal colonization of sweet chestnut leaves in an Iberian stream (Central Portugal). – *Hydrobiologia* **560**: 239-247.
- Abelho, M., Cressa, C., & Graça, M. A. S., 2005: Microbial Biomass, Respiration, and decomposition of *Hura crepitans* L. (Euphorbiaceae) Leaves in a Tropical Stream. - **37**(3): 397–402.
- Angelo, C. A., & Dalmolin, A., 2007: interações herbívoro - planta e suas implicações para o controle biológico - que tipos de inimigos naturais procurar? p. 71-91.
- Allan, D. J., 2004: Landscapes and Riverscapes: The influence of Land Use on Stream Ecosystem. – *Annual Review of Ecology Evolution System* **35**: 257-284.
- Bärlocher, F., 1980: Leaf-eating invertebrates as competitors of aquatic hyphomycetes. – *Oecologia* **47**: 303 – 306.
- Bärlocher, F., & Graça, M. A. S., 2005: Total Phenolics. - In: Graça, M. A. S.; Barlocher, F.; Gessner, M. O. (eds.), *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. 97 – 100.
- Bañuelos, R., Larrañaga, S., Elozegi, A. & Pozo, J., 2004: Effects of eucalyptus plantations on CPOM dynamics in head water streams: a manipulative approach. – *Archiv für Hydrobiologie* **159**: 211-228.
- Bastian, M., Boyero, L., Betsy, J. R. & Pearson, R. G., 2007: Leaf litter diversity and shredder preference in a Australian tropical rain-forest stream. – *Journal of Tropical Biology* **23**: 219-229.
- Bruder, A., Schindler, M. H., Moretti, M. S. & Gessner, M. O., 2014: Litter decomposition in a temperate and a tropical stream: the effects of species mixing, litter quality and shredders. – *Freshwater Biology* **59**: 438-449.
- Camacho, R., Boyero, L., & Cornejo, A., 2009: Local variation in shredder distribution can explain their oversight in tropical streams. - *Biotropica* **41**: 625–632.
- Casas, J., Gessner, M. O., López, D. & Descals, E., 2011: Leaf-litter colonization and breakdown in relation to stream typology: insights from Mediterranean low order streams. – *Freshwater Biology* **56**: 2594-2608.
- Chakona, A., Phiri, C., Magagadza, C. H. D., and Brendonck, I., 2008: The influence of habitat structure and flow permanence on macroinvertebrate assemblages in temporary rivers in northwestern Zimbabwe. - *Hydrobiologia* **607**:199-209.

- Chung, N. & Suberkropp, K., 2008: Influence of shredder feeding and nutrients on fungal activity and community structure in headwater streams. - *Fundamental and Applied Limnology Archiv für Hydrobiologie* **173**: 35-46.
- Duarte, S., Pascoal, C., Cassio, F., and Barlocher, F., 2006: Aquatic hyphomycete diversity and identity affect leaf litter decomposition in microcosms. - *Oecologia* **147**: 658–666.
- Flindt, R. M. & Lillebo, A., 2005: Determination of total nitrogen and phosphorus in leaf litter., - Leaf toughness. In: Graça, M. A. S.; Barlocher, F.; Gessner, M. O. (eds.), *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. 53 – 59.
- Fernández, H. R.; & Domínguez, E., 2001: Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. - Tucumán: Editorial Universitaria de Tucumán, 282.
- Frossard, A., Gerull, L., Mutz, M., and Gessner, M. O., 2012: Litter supply as driver of microbial activity and community structure on decomposing leaves: a test in experimental streams. - *American Society for Microbiology*.
- Gessner, M. O., 2010: Functional leaf traits and biodiversity effects on litter decomposition in a stream: reply. – *Ecology* **91**: 1869-1871.
- Gessner, M. O., Chauvet, E. & Dobson, M., 1999: A perspective on Leaf Litter Breakdown in Streams. – *Oikos* **85**: 377-384.
- Gessner, M. O. & Schmitt, A. T., 1996: Use of solid-phase extraction to determine ergosterol concentrations in plant tissue colonized by fungi. – **62**: 415-419.
- Gessner, M. O. & Schwoerbel, J., 1994: Fungal biomass associated with decaying leaf litter in a stream. – *Oecologia* **87**: 602-603.
- Gessner, M. O. & Chauvet, E., 1994: Importance of stream micro fungi in controlling breakdown rates of leaf litter. – *Ecology* **75**: 1807-1817.
- Gessner, M. O. & Chauvet, E., 1993: Ergosterol to Biomass Conversion Factors for Aquatic Hyphomycetes. – *Applied and Environmental Microbiology* **59**: 502-507.
- Gimenes, K. Z., Cunha-Santino, B. M., & Bianchini, I. Jr., 2010: Decomposição de matéria orgânica alóctone e autóctone em ecossistemas aquáticos. - *Oecologia Australis* **14**(4): 1036-1073.
- Gonçalves, J. F., Rezende, R. S., Gregório, R. S., and Valentin, C. G., 2014: Relationship between dynamics of litterfall and riparian plant species in a tropical stream. - *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters* **44**:40-48.
- Gonçalves, J. F., & Callisto, M., 2013: Organic-matter dynamics in the riparian zone of a tropical headwater stream in Southern Brazil. – *Aquatic Botany* **109**: 08 – 13.

- Gonçalves, J. F., Rezende, R. S., Martins, N. M., and Gregório, R. S., 2012: Leaf breakdown in the Atlantic Rain Forest stream. – *Austral Ecology* **37**: 807-815.
- 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**: 1440-1451.
- 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., Santos, A. M. & Esteves, F. A., 2004: The influence of the chemical composition of *Typhado mingensis* and *Nymphaea ampla* detritus on invertebrate colonization during decomposition in a Brazilian coast allagoon. – *Hydrobiologia* **527**: 125-137.
- Graça, M. A.S., Maltby, L., & Calow, P., 1993: Importance of fungi in the diet of *Gammarus pulex* and *Asellus aquaticus*. – *Oecologia* **96**: 304 – 309.
- Graça, M. A. S., Cressa, C., Gessner, M. O., Feio, M. J., Callies, K. A., and Barries, C., 2001: Food quality, feeding preferences, survival and growth of shredders from temperate and tropical streams. – *Freshwater Biology* **46**: 947-957.
- Graça, M. A. S., Pozo, J., Canhoto, C. & Elosegi, A., 2002: Effects of Eucalyptus plantations on detritus, decomposers, and detritivores streams. – *The Scientific Word Journal*: 1173-1185.
- Graça, M. A. S. & Zimmer, M., 2005: Leaf toughness. In: Graça, M. A. S.; Barlocher, F.; Gessner, M. O. (eds.), *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. Springer, p. 109-113.
- Gulis, V., 2001: Are there any substrate preferences in aquatic hyphomycetes?. - *Mycological Research* **105**: 1088-1093.
- Gulis, V., Suberkropp, K., 2004: Effects of whole-stream nutrient enrichment on the concentration and abundance of aquatic hyphomycete conidia in transport. - *Mycologia* **96**(1):57–65.
- 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 Brasilica* **23**: 407-413.
- Hieber, M. & Gessner, M. O., 2002: Contribution of stream detritivores, fungi, and bacteria to leaf breakdown based on biomass estimates. – *Ecological Society of America* **83**: 1026-1038.
- Hladyz, S., Gessner, M. O., Giller, P. S., Pozo, J., and Woodward, G., 2009: Resource quality and stoichiometric constraints on stream ecosystem functioning. - *Freshwater Biology* **54**: 957–970.

- Holzenthal, R. W., 1988: Systematics of Neotropical Triplectides (Trichoptera: Leptoceridae). – *Annals of the Entomological Society of America* **81**: 1877-208.
- Ingold, C. T., 1975: An illustrated guide to aquatic fungi and water-borne hyphomycetes. - *Freshwater Biological Association Scientific Publications* **30**.
- Inqbal, H. S., & Webster, J., 1973: The trapping of aquatic hyphomycete spores by air bubbles. - *Transactions British Mycological Society* **60** (1): 37-48.
- Li, A. O. Y. Y. & Dudgeon, D., 2008: The effects of leaf litter characteristics on feeding and fitness of a tropical stream shredder, *Anisocentropus maculatus* (Trichoptera: Calamoceratidae). – *Marine and Freshwater Research* **59**: 897-901.
- Marques, J. F., Mendes, F., Kiffer, W. P. Jr., Casotti, C. G., Corteletti, L. C., Vieira, J. V., and Moretti, M., 2012: Decomposition of leaves of *Myrcia lineata* (O. Berg) Nied. in reaches with different levels of riparian canopy cover of an Atlantic Forest stream in southeast Brazil. *Natureza On Line (Espírito Santo)* **10**: 200-207.
- Mathuriau, C. & Chauvet, E., 2002: Breakdown of leaf litter in a neotropical stream. – *Journal of the North American Benthological Society* **21**: 384-396.
- Mcintosh, A.R., Greig, H.S., Mcmurtrie, S. A., Nystrom, P., and Winterbourn, M.J., 2005: Top-down and bottom-up influences on populations of a stream detritivore. - *Freshwater Biology* **50**:1206–1218.
- Medeiros, A. O., Missagia, B. S., Brandão, L. R., Callisto, M., Barbosa, F. A. R., and Rosa, C. A., 2012. Water quality and diversity of yeasts from tropical lakes and rivers from the Rio Doce basin in southeastern Brazil. – *Brazilian Journal of Microbiology*: 1582-1594.
- Medeiros, A. O., Rocha, P., Rosa, C. A., and Graça, M. A. S., 2008: Litter breakdown in a stream affected by drainage from a gold mine. – *Fundamental and Applied Limnology Archiv für Hydrobiologie* **172**: 59-70.
- Merritt, R. W. & Cummins, K. W., 1996: 'An introduction to the aquatic insects of North America.' 3^a ed. (Kendall/Hunt Publishing Company: Iowa.)
- Minshall, G. W., 1967: Role of allochthonous detritus in the trophic structure of a woodland spring brook community. – *Ecology* **48**: 139-149.
- Moretti, M. S., Loyola, R. D., Becker, B., and Callisto, M., 2009: Leaf abundance and phenolic concentrations codetermine the selection of case-building materials by *Phylloicus* sp. (Trichoptera, Calamoceratidae). – *Hydrobiologia* **630**: 199-206.
- Moretti, M. S., Gonçalves, J. F., & Callisto, M., 2007: Leaf breakdown in two tropical streams: differences between single and mixed species packs. - *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters* **37**: 250 – 258.
- Moretti, M. S., & Callisto, M., 2005: Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the middle Doce River watershed. - *Acta Limnologica Brasiliensia* **17**: 267-282.
- Oertli, B., 1993: Leaf litter processing and energy flow through macroinvertebrates in a woodland pond (Switzerland). – *Oecologia* **96**: 466 – 477.

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 wood land stream. – Freshwater Biology **4**: 343-368.

Ricklefs, R. E. & Mille, G. L., 1999: Ecology. 4th edition. W.H. Freeman and. - Company. New York, USA.

Rosemon, A.D., Pringle, C.M., & Ramírez, A., 1998: Macroconsumer e Vectors on insect detritivores and detritus processing in a tropical stream. - Freshwater Biology **39**:515–523.

Sales, M. A., Gonçalves, J. F., Dahora, J. S., and Medeiros, A. O., 2014: Influence of leaf quality in microbial decomposition in a head water stream in the Brazilian Cerrado: a 1-Year study. – Environmental Microbiology.

Sanseverino, A. M. & Nessimian, J. L., 2008: Larvas de Chironomidae (Diptera) em depósitos de folhoso submerso em um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica (Rio de Janeiro, Brazil). - Revista Brasileira de Entomologia **52**: 95-104.

Schoenlein-Crusius, I. H., Moreira, C. G. & Bicudo, D. C., 2009: Aquatic Hyphomycetes in the *Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – PEFI*, São Paulo, Brazil. – Revista Brasileira de Botânica **32**: 411-426.

Spanhoff, B. & M. O. Gessner., 2004: Slow initial decomposition and fungal colonization of pine branches in a nutrient-rich lowland stream. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **61**: 2007–2013.

Sridhar, K. R., Bärlocher, F. G. K., Raviraja, N. S., Wennrich, R., Baumbach, R., and Krauss, G. J., 2001: Decomposition of alder leaves in two heavy metal-polluted streams in central Germany. – Aquatic Microbial Ecology **26**: 73-80.

Strixino, G. & Trivinho-Strixino, S., 2006: Herpobentos e haptobentos de lagoas marginais da Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antonio, SP). In 'Estudos integrados em Ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí'. (Eds J. E. Santos, J. S. R. Pires and L. E. Moschini) pp. 45-60 (EdUFSCar: São Carlos.)

Suberkropp., K. & Wallace., J. B., 1992: Aquatic hyphomycetes in insecticide-treated and untreated streams. - Journal of North America Benthological Society **11**:165–171.

Suberkropp, K. & Chauvet, E., 1995: Regulation of leaf breakdown by fungi in streams: Influences of water chemistry. – Ecology **76**: 1433- 1445.

Tedesco, M. J., Gianello, C., Bissani, C.A., Bohnem, H., and Volkweiss, S. J., 1995: Análise de solo, plantas e outros materiais. 2 edição. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do sul, p. 174.

Tuffi, S. L. D., Sant'Anna-Santos, B. F., Meira, R. M. S. A., Ferreira, F. A., Tiburcio, R. A. S., and Machado, A. F. L., 2009: Leaf anatomy and morphometry in three eucalypt clones treated with glyphosate. – *BrazilianJournalofBiology***69**: 129-136.

Webster, J. R. & Benfield, E. F., 1986: Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. – *Rev. Ecol. Syst.* **17**: 567-594.

Zar, J. H., 2010: 'Biostatistical Analysis'. 5th edn. – Pearson Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ, 944 pp.