

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

**PEDRO HENRIQUE MONTEIRO DO AMARAL**

**ASSEMBLEIAS DE EPHEMEROPTERA,  
PLECOPTERA E TRICHOPTERA EM  
RIACHOS TROPICAIS**

Juiz de Fora

2014

**PEDRO HENRIQUE MONTEIRO DO AMARAL**

**ASSEMBLEIAS DE EPHEMEROPTERA,  
PLECOPTERA E TRICHOPTERA EM  
RIACHOS TROPICAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada a Conservação e Manejo de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Roberto da Gama Alves

Juiz de Fora

2014

Amaral, Pedro Henrique Monteiro.

Assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em riachos Tropicais/Pedro Henrique Monteiro do Amaral – 2014.

Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014

1. Insetos.
2. Precipitação.
3. Usos da terra.
4. Mesohabitats.

# **ASSEMBLEIAS DE EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA E TRICHOPTERA EM RIACHOS TROPICAIS**

**Pedro Henrique Monteiro do Amaral**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada a Conservação e Manejo de Recursos Naturais.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Roberto da Gama Alves (Orientador)

Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dra. Iara Alves Novelli

Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. Paulo Augusto Zaitune Pamplin

Universidade Federal de Alfenas

JUIZ DE FORA

MARÇO DE 2014

## **AGRADECIMENTOS**

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Processo nº098/04), pelo apoio financeiro para execução do projeto e pela bolsa concedida pelo Mestrado.

A Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF e o Programa de Pós-Graduação em Ecologia - UFJF pelo apoio logístico nas coletas e por todo o aprendizado no decorrer desta etapa da minha formação.

Agradeço às pessoas mais importantes da minha vida, meus pais Harley e Janeth, a minha irmã Paula, minha afilhada e sobrinha Valentina e a minha esposa Karla, amo muito todos vocês.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Roberto da Gama Alves, muito obrigado pela amizade, oportunidade, confiança e por todo conhecimento compartilhado, cujas experiências foram fundamentais na construção deste trabalho.

A aluna de Doutorado e colega Lidimara, pelo auxílio nas análises estatísticas e pelas contribuições feitas neste projeto de dissertação. Muito obrigado.

A todos meus colegas do laboratório de Invertebrados Bentônicos, Beatriz, Marcos, Felipe, Luciana, Marquinhos, Alex, Guilherme, Emanuel e Rocco, pela amizade e por toda ajuda durante a realização deste projeto.

A todos funcionários da Pós-Graduação em Ciência Biológicas, principalmente ao Osmar pelas instruções dadas ao longo destes dois anos e a Rosângela pelos almoços excelentes e pelos cafezinhos que muitas vezes aliviou o sono.

Agradeço também, Vívian C. de Oliveira, Ana M. O. Pes, Jeane M. C. do Nascimento e Patrik Barcelos e Silva (Laboratório de Citotaxonomia e Insetos Aquáticos do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA), pelo auxílio na identificação dos gêneros de EPT.

Ao colega Gladson, do laboratório de Ecologia Aquática - UFJF pela ajuda nas análises dos nutrientes da água.

E ao Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental – UFJF pelos dados fornecidos de temperatura e precipitação, para o ano de 2012, na região de Juiz de Fora.

## RESUMO

Essa dissertação foi dividida em duas partes, sendo que a primeira visou abordar a influência dos mesohabitats de corredeira e remanso e do uso da terra sobre as assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em riachos tropicais. Para o primeiro capítulo, a coleta foi realizada uma única vez no mês de agosto do ano de 2012 em três riachos florestados, três riachos em pastagem e três riachos urbanos localizados na região de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. Em cada riacho, foram coletados os substratos presentes em cinco corredeiras e cinco remansos com amostrador Surber. A análise de componentes principais (PCA) e análise de correspondência destendenciada (DCA) mostraram separação dos riachos em relação aos diferentes usos da terra, assim como a distinção entre corredeiras e remansos. *Phylloicus* foi o gênero mais abundante em remanso e *Smicridea* o gênero mais abundante em corredeira. Ambos os gêneros foram abundantes em riachos florestados. *Hydroptilla*, *Americabaetis* e *Oxyethira* foram os *taxa* mais abundantes nos riachos de pastagem e urbano. Os dados deste trabalho confirmam a diferença esperada na composição da assembleia de EPT entre diferentes usos da terra e entre mesohabitats, o que contribui para ressaltar a importância da heterogeneidade física do habitat e da presença da mata ciliar para maior riqueza e diversidade de EPT. Adicionalmente, corredeiras e remansos foram similares em detectar o efeito do uso da terra, o que nos permitem sugerir a utilização de apenas um dos mesohabitats, quando utilizando a assembleia de EPT, em estudos que visam diagnosticar as condições ecológicas de ambientes lóticos de baixa ordem. No segundo capítulo foram verificados os efeitos dos períodos de chuva e de seca nos diferentes usos da terra sobre as assembleias de EPT, nos mesmos locais, sendo também a mesma metodologia para esta pesquisa, com a diferença que este realizado nos meses de fevereiro (período chuvoso) e agosto (período seco), e a amostragem ocorreu apenas em corredeiras para reduzir o efeito da variação espacial. A temperatura e a turbidez foram às variáveis ambientais mais correlacionadas com o período chuvoso em todas as áreas na PCA. A similaridade faunística foi alta entre os períodos de chuva e de seca nos riachos com diferentes paisagens de acordo com o teste de permutação para homogeneidade de dispersão multivariada (PCoA). Porém, alguns gêneros, como *Farrodes*, *Leptohyphes*, *Americabaetis*, *Nectopsyche* e *Paragripopteryx* foram considerados indicadores do período seco em riachos sob diferentes usos da terra. Os resultados do estudo mostram que a ocorrência de chuvas, não foi capaz de levar a

desestruturação das assembleias de EPT, independente das características do entorno dos riachos. No entanto, taxa como *Farrodes*, *Leptohyphes*, *Americabaetis*, *Nectopsyche* e *Paragripopteryx* parecem ser afetados pela maior precipitação, sendo registrados em maior abundância e frequência apenas na estação seca.

**Palavras-chave:** Insetos aquáticos, Mesohabitats, Seca, Precipitação.

## ABSTRACT

This thesis was divided into two parts, the first of which aimed to address the influence of mesohabitats riffle and pools and land use on assemblage of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera in tropical streams. For the first chapter, the collection was performed only once in the month of August of the year 2012 in three forested streams, three streams in pasture and three streams urban located in the region of Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil. At each stream, the substrates were collected in five riffle and five pools with Surber sampler. The principal component analysis (PCA) and Detrended correspondence analysis (DCA) showed separation of streams for the different land uses, as well as the distinction between riffle and pools. *Phylloicus* was the most abundant genus in pool and *Smicridea* the most abundant genus in riffle. Both genera were abundant in forested streams. *Hydroptilla*, *Americabaetis* and *Oxyethira* were the most abundant in the rate of pasture and urban streams. Data from this study confirm the expected composition of the assemblage of EPT between different land uses and between mesohabitats, which helps to emphasize the importance of physical habitat heterogeneity and the presence of riparian vegetation for greater richness and diversity of EPT difference. Additionally, riffle and pool were similar in detecting the effect of land use, which allows us to suggest the use of only one of mesohabitats when using the EPT meeting in studies aimed at diagnosing the ecological conditions in lotic ecosystems of low order. In the second chapter were verified the effects of periods of rain and drought in different land uses on the assemblage EPT, the same locations, and also the same methodology for this research, with the difference that this held in February (period rainy) and August (dry season), and sampling occurred only in tubing to reduce the effect of spatial variation. The temperature and turbidity were the most correlated with the rainy season in all areas of environmental variables on PCA. The faunal similarity was high between periods of rain and drought in streams with different landscapes according to the permutation test for homogeneity of multivariate dispersion (PCoA). However, some genera such as *Farrodes*, *Leptohyphes*, *Americabaetis*, *Nectopsyche* and *Paragripopteryx* were considered indicators of the dry period in streams under different land uses. The study results show that the rainfall was not able to lead to disruption of assemblage EPT, independent of the characteristics of the surrounding streams. However, *Farrodes*, *Leptohyphes*, *Americabaetis*, *Nectopsyche*



and *Paragriopteryx* seem to be affected by increased rainfall being recorded in greater abundance and frequency only in the dry season.

**Key-words:** Aquatic insects, Mesohabitats, Drought, Rainfall.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Pontos de coleta da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil. Florestado (F), pastagem (P) e urbano (U).....24
- Figura 2.** Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais nos remansos (Po) e corredeiras (Ri) dos riachos em área florestada (F), pastagem (P) e urbana (U), da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil..... 29
- Figura 3.** Análise de Correspondência Destendênciada dos gêneros de EPT nos remansos e corredeiras dos riachos em área florestada (F), pastagem (P) e urbana (U), da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil..... 31
- Figura 4.** Box-plot com a sensibilidade e a precisão das seis métricas para os remansos e corredeiras dos riachos em área florestada, pastagem e urbana, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.....34

### CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Pontos de coleta da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil. Florestado (F), pastagem (P) e urbano (U).....54
- Figura 2.** Precipitação pluviométrica mensal e temperatura média do ar de Janeiro à Dezembro de 2012 no município de Juiz de Fora, sudeste do Brasil (MG).....55
- Figura 3.** Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais dos períodos de chuva e seca dos riachos em área florestada (A), pastagem (B) e urbana (C), da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.....58
- Figura 4.** Análise de Coordenadas Principais (PCoA) das assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera nos riachos florestados (A); pastagem (B); e urbanos (C) durante os períodos de chuva e de seca, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil..... 61

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 1

- Tabela 1.** Ordem, coordenada, Índice de Integridade do Habitat (IIH) e categoria dos nove riachos selecionados na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.....25
- Tabela 2.** Abundância, Riqueza, Diversidade de Shannon-Wiener, e Dominância da fauna de EPT em remanso e corredeira dos riachos em área floresta, pastagem e urbana, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.....30
- Tabela 3.** Análise SIMPER dos 10 taxa mais abundantes de EPT em remansos e corredeiras de riachos em área florestada, pastagem e urbana, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.....32
- Tabela 4.** Resultado da análise BioEnv com as variáveis físicas e químicas da água, cobertura vegetal e composição do substrato das amostras coletadas nos riachos em área florestado, pastagem e urbana, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.....33

### CAPITULO 2

- Tabela 1.** Abundância, Riqueza, Diversidade de Shannon-Wiener, e Dominância da fauna de EPT em remanso e corredeira dos riachos em área florestada, pastagem e urbana, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil..... 61
- Tabela 2.** Análise de Espécies Indicadoras (IV) para a assembleia de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, para a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.....63

## SUMÁRIO

<b>Introdução Geral</b> .....	14
Referências Bibliográficas.....	16
<b>Capítulo 1 - Influência do habitat e da paisagem sobre as assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em riachos tropicais</b> .....	20
Resumo.....	20
Abstract.....	21
1. Introdução.....	22
2. Material e Métodos.....	24
2.1 Área de Estudo.....	24
2.2 Obtenção das Variáveis Ambientais.....	25
2.3 Coleta e Identificação da Fauna.....	26
2.4 Análises Estatísticas.....	27
3. Resultados.....	29
3.1 Variáveis Ambientais.....	29
3.2 Variáveis Bióticas.....	30
3.3 Resposta dos Mesohabitats ao uso da terra.....	33
4. Discussão.....	35
5. Conclusões.....	39
6. Referências Bibliográficas.....	40
<b>Capítulo 2 - Efeito de fatores hidrológicos sobre as assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em riachos tropicais</b> .....	50
Resumo.....	50
Abstract.....	51
1. Introdução.....	52
2. Material e Métodos.....	54
2.1 Área de Trabalho.....	54
2.2 Obtenção das Variáveis Ambientais.....	55
2.3 Coleta e Identificação da Fauna.....	56
2.4 Análises Estatísticas.....	56
3. Resultados.....	58
3.1 Variáveis Ambientais.....	58
3.2 Variáveis Bióticas.....	60

4. Discussão.....	64
5. Conclusões.....	67
6. Referências Bibliográficas.....	68

## INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas lóticos se diferenciam de outros ecossistemas aquáticos, devido às suas características particulares como fluxo unidirecional, canais instáveis, forma linear, alto grau de heterogeneidade espacial e temporal e biota particular (Giller & Malmqvist, 1998). De acordo com a classificação de Strahler (1957), riachos formados diretamente pelas nascentes sem receber tributários são considerados de 1º ordem, quando dois de 1º ordem se encontram formam um de 2º ordem, quando dois de 2º ordem se unem formam um de 3º ordem e assim por diante. Embora seja um sistema de classificação útil, vale ressaltar que ambientes lóticos de mesma ordem podem ter características diferentes, quanto ao tipo de substrato predominante e a velocidade da corrente (Costa, 2010).

Os riachos são importantes sistemas ecológicos, pois criam uma heterogeneidade estrutural (Lima & Gascon, 1999), capaz de manter uma fauna aquática diversa, cuja distribuição está relacionada com o tipo de substrato, presença de matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes na água e a integridade da mata ciliar (Nessimian & Sanseverino, 1995). O material orgânico alóctone é a principal fonte energética nesses ambientes, sendo usado como alimento e substrato por muitas espécies aquáticas (Souza et al., 2011). Além disso, ao longo de um riacho se formam mesohabitats, os remansos e corredeiras, que são unidades de habitat visualmente distintas (Oliveira, 2010), capazes de influenciar na disponibilidade dos diferentes substratos para as comunidades existentes (Fidelis et al., 2008). Mesohabitats de remanso e corredeira diferem em relação ao fluxo de água, profundidade e tipo de substrato dominante o que em geral, pode levar a distintas composições faunísticas (Kobayashi & Kagaya, 2004; Manzão, 2009). Fidelis et al. (2008) estudando a fauna de insetos aquáticos na Amazônia, verificaram maior número de gêneros em mesohabitat de correnteza quando comparado com remanso.

A devastação da Mata Atlântica e alteração dos recursos hídricos é um reflexo da ocupação territorial e da exploração desordenada dos recursos naturais (Oliveira, 2010). A retirada da vegetação ciliar para o desenvolvimento urbano e para expansão de áreas de pastagem e agricultura (Stevens & Cummins, 1999) pode resultar em erosão das encostas, aumento da sedimentação, alteração da geomorfologia de habitats, alterações físicas e químicas da água e perda da diversidade de espécies (Stevens & Cummins, 1999; Weigel et al., 2000). De acordo com Cortezzi et al. (2009), ações

antrópicas exercem um efeito significativo sobre a fauna bentônica reduzindo principalmente a diversidade de espécies.

Além destes fatores, a variação sazonal na precipitação pode exercer papel importante na composição e na abundância da entomofauna bentônica. Oliveira et al. (1997) por exemplo, estudando assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em riachos no estado de Goiás, (região central do Brasil), verificaram que as maiores mudanças na abundância durante o ano foi devido ao regime anual de chuvas e a consequente variação na vazão e na velocidade de correnteza da água. Em épocas de menor precipitação a estabilidade do substrato favorece o estabelecimento da fauna bentônica (Yokoiama et al., 2012). Ao contrário, no período chuvoso, o deslocamento do substrato devido ao aumento da vazão gera o carreamento de indivíduos, reduzindo sua densidade (Bispo et al., 2006), o que contribui para a diferença na abundância da fauna entre os períodos de chuva e seca.

Entre os macroinvertebrados bentônicos, os insetos são predominantes, sendo os Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) comumente abundantes em riachos localizados em área florestada (Bueno et al., 2003; Bispo & Oliveira, 2007). Por serem considerados sensíveis a alterações ambientais (Rosenberg & Resh, 1993), estes organismos têm sido frequentemente utilizados na avaliação e biomonitoramento da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos (Goulart & Callisto, 2003; Baptista, 2008). Estudo realizado por Bispo e Oliveira (1998) no estado de Goiás (região central do Brasil) mostrou que a altitude, as condições hidrológicas e a cobertura vegetal foram os fatores mais importantes na distribuição de imaturos de EPT. A estrutura e o funcionamento das comunidades de insetos aquáticos, entre eles a fauna de EPT, no estado de Minas Gerais, ainda é pouco conhecida, apesar de importantes contribuições feitas por Baptista et al. (1998); Junqueira et al. (2000); Callisto et al. (2001).

Tendo em vista o que foi apresentado, o presente estudo foi dividido em dois capítulos. No primeiro capítulo foi abordada a influência dos mesohabitats de corredeira e remanso e do uso da terra sobre as assembleias de EPT. No segundo capítulo foram verificados os efeitos dos períodos de chuva e de seca sobre assembleias de EPT em riachos sob influência de diferentes usos da terra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, D. F.; BUS, D. F. NESSIMIAN, J. L. 1998. O conceito de continuidade de rios e válido para rios de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil?. **In:** NESSIMIAN, J, L.; CARVALHO, A, L. E. (Ed) Ecologia de Insetos Aquáticos, Série Oecologia Brasiliensis, v. 5, p. 209-222.

BAPTISTA, D. F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3. p. 425-441, 2008.

BISPO, P, C.; OLIVEIRA, L, G. 1998. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, Estado de Goiás. **In:** NESSIMIAN, J, L.; CARVALHO, A, L. E. (Ed) Ecologia de Insetos Aquáticos, Série Oecologia Brasiliensis, v. 5, p. 175-189.

BISPO, P, C.; OLIVEIRA, L, G.; BINI, L, M.; SOUSA, K, G, Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2, p. 611–622, 2006.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n.2, p.283–293, 2007.

BUENO, A. A. P.; BOND-BUCKUP, G.; FERREIRA, B. D. P. Estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos em dois cursos d'água do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 1, p. 115-125, 2003.

CALLISTO, M., MORETTI, M., GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, p. 71-82, 2001.



CALLISTO, M.; MORENO, P. BARBOSA, F. A. R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 2, 2001.

CORTEZZI, S. S.; BISPO, P. C.; PACIENCIA, G. P.; LEITE, R. C. Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. **Iheringia**, Série Zoologia, v. 99, n. 1, p. 36-43, 2009.

COSTA, L. S. M. 2010. **Os fatores ambientais afetam a diversidade e abundância de Ephemeroptera (Insecta) associada ao substrato rochoso em riachos de montanha?**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

FIDELIS, L.; NESSIMIAN, J. L.; HAMADA, N. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 38, n.1, p.127–134, 2008.

GILLER P. S.; MALMQVIST, B. 1998. **The Biology of Streams and Rivers**. Biology of Habitat, Oxford, Oxford University Press. v.7, 296p.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, 2003.

JUNQUEIRA, M. V.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S., FRANÇA, E. S. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 12, p. 73-87, 2000.

KOBAYASHI, K.; KAGAYA, T. Differences in litter characteristics and macroinvertebrate assemblages between litter patches in pools and riffles in a headwater stream. **Limnology**, v. 3, p. 37–42, 2002.

LIMA, M.G.; GASCON, C. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. **Biological Conservation**, v. 91, p. 241-247. 1999.

MANZÃO, G. R. 2009. **A complexidade do substrato e o mesohabitat (remanso e corredeira) são fatores que influenciam a fauna de Chironomidae (Diptera) em riachos do Brasil Central?**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

NESSIMIAN, J. L.; SANSEVERINO, A. M. Structure and dynamics of chironomid fauna from a sand dune marsh in Rio de Janeiro State, Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 30, p. 207-219, 1995.

OLIVEIRA, V. C. 2010. **Macroinvertebrados associados a folhço em um córrego de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil.

OLIVEIRA, L. P.; BISPO, P. C.; SÁ, N. C. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do parque ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, n. 4, p. 867 - 876, 1997.

STEVENS, M. H. H.; CUMMINS, K. W. Effects of long-term disturbance on riparian vegetation and in stream characteristics. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 14, n. 1, p. 1-17. 1999.

STRAHLER, H. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **American Geophysics Union Transactions**, v. 33, p. 913-920, 1957.

SOUZA, H. M. L ; CABETTE, H. S. R.; JUEN, L. Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) em córregos do cerrado matogrossense sob diferentes níveis de preservação ambiental. **Iheringia**, Série Zoologia, v. 101, n. 3, p. 181-190, 2011.

VINSON, M. R.; HAWKINS, C. P. Biodiversity of stream insects: variation at local, basin, and regional scales. **Annual Review Entomology**, p. 271-93, 1998.

WEIGEL, B. M. J.; LYONS, L. K.; PAINE, S. I.; UNDERSANDER, D. J. Using stream macroinvertebrates to compare riparian land use practices on cattle farms in southwestern Wisconsin. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 15, p. 93-106, 2000.

YOKOYAMA, E.; PACIENCIA, G. P.; BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G.; BISPO, P. C. A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil?. **Ambiência Guarapuava**, v.8 n.1 p. 73-84, 2012.

## Capítulo 1

### Influência do habitat e da paisagem sobre as assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em riachos tropicais

#### RESUMO

Insetos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera são utilizados na avaliação dos ambientes aquáticos. No entanto a resposta dos diferentes grupos de insetos aquáticos as diferentes condições do ambiente é questionada. Nosso objetivo foi avaliar a estrutura das assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), em corredeiras e remansos em riachos de baixa ordem (florestado, pastagem e urbano), na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos no município de Juiz de Fora, Minas Gerais (sudeste do Brasil). As coletas foram realizadas com amostrador Surber em mesohabitats de corredeiras e remansos em três riachos de cada área. A análise de componentes principais (PCA) e análise de correspondência destendenciada (DCA) mostraram ordenação dos riachos segundo as diferentes paisagens, assim como a distinção entre corredeiras e remansos. *Phylloicus* foi o gênero mais abundante em remanso e *Smicridea* em corredeira. Ambos os gêneros foram abundantes em riachos florestados. *Hydroptilla*, *Americabaetis* e *Oxyethira* foram os taxa mais abundantes nos riachos de pastagem e urbano. Os dados deste trabalho confirmam as diferenças esperadas na composição da assembleia de EPT entre diferentes paisagens e entre corredeiras e remansos, especialmente em ambientes florestados e de pastagem. Embora tenham sido verificadas diferenças na estrutura da fauna de EPT entre corredeiras e remansos, os dois mesohabitats foram similares em detectar o efeito do uso da terra. Nossos resultados confirmam a importância da heterogeneidade física do habitat e a presença da mata ciliar para maior riqueza e diversidade de EPT, e nos permitem sugerir a utilização de apenas um dos mesohabitats, quando utilizado a assembleia de EPT, em estudos que visam diagnosticar as condições ecológicas de ambientes lóticos.

**Palavras-chave:** Ecossistemas lóticos; Insetos aquáticos; Conservação; Mesohabitats.

## ABSTRACT

Insect orders Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera are used in the assessment of aquatic environments. However, the response of different groups of aquatic insects different environmental conditions is questioned. Our objective was to evaluate the structure of the assemblages of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) in riffle and pool in streams of low order (forested, pasture and urban), the sub-basin of Ribeirão Marmelos in Juiz de Fora, Minas Gerais (southeastern Brazil). The collections were made with Surber sampler in mesohabitats riffle and pool on three streams in each area. The principal component analysis (PCA) and Detrended correspondence analysis (DCA) showed ordering of streams according to different landscapes, as well as the distinction between riffle and pool. *Phylloicus* was the most abundant genus in pool and *Smicridea* in riffle. Both genera were abundant in forested streams. *Hydroptilla*, *Americabaetis* and *Oxyethira* were the most abundant in the rate of pasture and urban streams. Data from this study confirm the expected composition of the assemblage of EPT among different landscapes and between riffle and pool, especially in forested environments and sward. Although differences were observed in the structure of the EPT fauna between riffle and pool, the two mesohabitats were similar in detecting the effect of land use. Our results confirm the importance of physical habitat heterogeneity and the presence of riparian vegetation for greater richness and diversity of EPT, and allow us to suggest the use of only one of mesohabitats when used assemblage EPT in studies aimed at diagnosing the ecological conditions of lotic environments.

**Key-words:** Lotic Ecosystems, Aquatic Insects; Conservation; Mesohabitats.

## 1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos estão entre os mais ameaçados da Terra, a perda de sua diversidade tem implicações importantes, incluindo a diminuição ou perda da resistência e resiliência às perturbações antrópicas (Vinson & Hawkins, 1998). A retirada da vegetação nativa, o lançamento de efluentes domésticos não tratados e o lixo estão entre os principais impactos antrópicos aos ecossistemas aquáticos (Blair, 1996; Goulart & Callisto, 2003; Mottet et al., 2006). A gama de fatores que podem influenciar a estrutura das comunidades aquáticas em função dos diferentes usos da terra tem dificultado as tentativas de prever e prevenir a perda de espécies nestes sistemas (Wanget al., 2001; Ourso & Frenzel, 2003; Allan, 2004).

Carlson et al. (2013), trabalhando em riachos boreais, mostraram que a composição dos macroinvertebrados bentônicos a diferentes condições de uso da terra diferiu com o tipo de hábitat estudado (remanso e corredeira). Remansos e corredeiras são mesohabitats típicos de ecossistemas lóticos que se diferenciam principalmente em função da velocidade da água (Takahashi, 1990; Jowett, 1993), e por reterem substratos, tais como folhas, gravetos, frutos e material particulado, em diferentes proporções e tamanho (Fidelis et al., 2008) e, conseqüentemente, por abrigarem distintas composições faunísticas. A compreensão de como os tipos de habitats dentro de um riacho atuam como entidades individuais, e como as comunidades de organismos diferem entre as combinações de uso da terra é necessário para uma adequada avaliação e conservação do ecossistema aquático (Bonada et al., 2006).

Entre os macroinvertebrados bentônicos, os insetos são predominantes (Callisto et al., 2001), sendo os Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) comuns em córregos florestados de baixa ordem (Bispo & Oliveira, 2007). Em geral, organismos desta ordem são sensíveis às perturbações antrópicas, e por isso considerados bons indicadores de boa qualidade ambiental (Rosenberg & Resh, 1993). Pes (2001), em seu estudo em igarapés do Amazonas, observou que, alguns gêneros de Trichoptera apresentam maior abundância em áreas abertas com alterações moderadas. Da mesma forma, alguns gêneros de Ephemeroptera podem apresentar diferentes respostas às alterações na estrutura física e na qualidade da água dos riachos (Rosenberg & Resh, 1993; Buss & Salles, 2007). Por outro lado, representantes da ordem Plecoptera são associados a águas limpas e bem oxigenadas (Giller & Malmqvist, 1998; Roque et al., 2008).

Os efeitos dos impactos antropogênicos sobre assembleias de EPT têm sido documentados por autores, como Fjeilheim & Raddum (1992); Bispo & Oliveira (2007); Hepp et al. (2013), no entanto, poucos estudos tem avaliado a influência do uso da terra sobre as assembleias de EPT associados a diferentes mesohabitats. O presente trabalho teve como objetivo estudar como os mesohabitats (remanso e corredeira) dos riachos, em condições naturais e impactadas, determinam a diversidade da fauna de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, além de também avaliar a estrutura desta assembleia em corredeiras e remansos de riachos com diferentes tipos de uso da terra. Em função da maior oxigenação da água e maior heterogeneidade do substrato, esperamos observar maior riqueza e abundância de EPT em corredeiras de córregos florestados. Acreditamos ainda que a maior diversidade de EPT em corredeiras resulta na maior sensibilidade desse habitat às alterações antrópicas. Nos córregos urbanos e aqueles em área de pastagem devido a maior entrada de sedimento, em consequência da ausência de cobertura vegetal, esperamos que ocorra maior homogeneização dos mesohabitats e que, portanto, não seja encontrada diferença na assembleia de EPT entre corredeiras e remansos destes riachos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Áreas de Estudo

O trabalho foi realizado na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, com extensão de aproximadamente 12 km e área de 49.415 m<sup>2</sup>, localizada no Município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil (Figura 1). Três riachos encontram-se no interior de um fragmento florestal e três em área de pastagem, cujo acesso ao gado é livre. Ambas as áreas estão localizadas em uma área particular com 370ha. O fragmento florestal na área de estudo está inserido no domínio de Floresta Atlântica, denominados de Floresta Estacional Semidecidual (Pifano et al., 2007) e encontra-se em bom estado de conservação. Os três riachos restantes estão localizados ao sul da área particular, em uma região de urbanização, e possui nas margens predomínio de gramíneas.

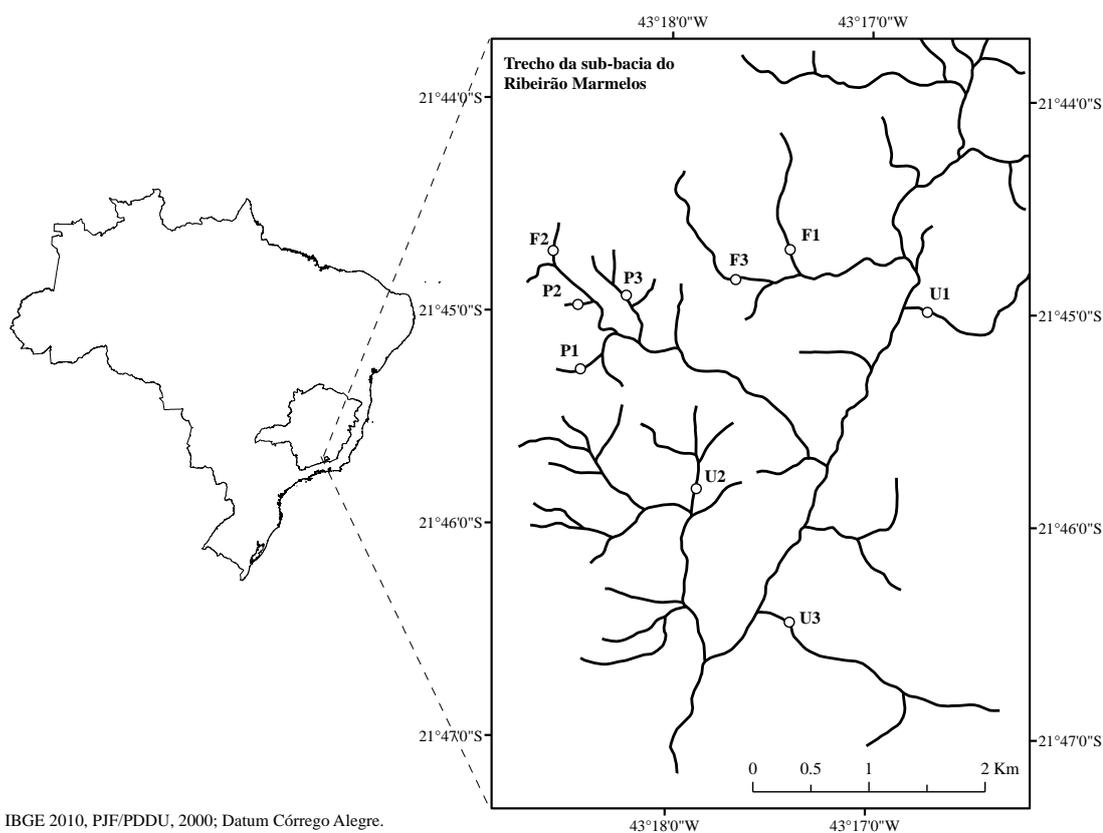


Figura 1. Pontos de coleta na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil. Florestado (F), pastagem (P) e urbano (U).



Foi empregado o Índice de Integridade de Hábitat (*Habitat Integrity Index* - HII) (Nessimian et al., 2008) nos riachos selecionados na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos (Tabela 1), que avalia diversos aspectos da paisagem, tais como estado de preservação da mata ciliar, largura da vegetação ripária, padrão do uso da terra, dispositivos de retenção, presença de corredeira e remanso, sedimentos no canal, estrutura do barranco, estabilização do barranco, dispositivos de retenção, leito do rio, vegetação aquática e detritos. Numericamente o índice é expresso com valores que variam entre 0 e 1 (valores mais próximos de 1 representam ambientes com os níveis mais elevados de integridade).

Tabela 1: Ordem, coordenada, Índice de Integridade do Habitat (IIH) e categoria dos nove riachos selecionados na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.

Local	Ordem	Coordenadas	IIH	Categoria
1	1	21°44'40"S; 43°18'35"W	0.96	Floresta
2	1	21°44'45"S; 43°17'23"W	0.9	Floresta
3	1	21°44'15"S; 43°17'42"W	0.98	Floresta
4	1	21°45'40"S; 43°18'24"W	0.47	Pastagem
5	1	21°44'58"S; 43°18'27"W	0.47	Pastagem
6	1	21°44'54"S; 43°18'15"W	0.51	Pastagem
7	1	21°45'2,8"S; 43°16'36"W	0.24	Urbano
8	3	21°46'1,2"S; 43°17'55"W	0.22	Urbano
9	2	21°46'25"S; 43°17'28"W	0.24	Urbano

## 2.2 Obtenção das Variáveis Ambientais

As medidas de variáveis abióticas e as assembleias de EPT foram amostradas uma única vez durante o mês de agosto de 2012 (período seco), em cinco corredeiras e cinco remansos, separados por uma distância mínima de 15m, dentro de um trecho de aproximadamente 200m em cada riacho, totalizando 90 amostras. A porcentagem de cobertura vegetal, foi obtida para cada mesohabitat através de fotografia digital com uma câmera FUJIFILM CCD, lente Fujinon 5mm. As imagens registradas, de tamanho 4000 x 3000 / 12 Megapixel, foram convertidas em preto e branco, e analisadas no software gratuito ImageJ (Rasband, 2012). O resultado obtido foi um valor médio em

pixel, que variou de zero (para ausência de clareira) a 255 pixels (quando ocorria total entrada de luminosidade). Os valores obtidos foram convertidos em porcentagem.

Os valores de condutividade elétrica foram obtidos com condutivímetro (Digimed DM-3p) o oxigênio dissolvido com oxímetro (Instrutherm MO-900), temperatura da água com (Digimed DM-3p), o potencial hidrogeniônico (pH) com pHmetro (Digimed DM-22) e a turbidez com turbidímetro digital (Lutron – TU-2016). A velocidade da água foi obtida através do método do flutuador (Martineli & Kruche, 2007) e a profundidade foi medida com uma régua graduada. Para a obtenção das concentrações de nitrato (Crumpton et al., 1992), nitrito (Strickland & Parsons, 1968), amônia (Apha, 1995) e fósforo total (Wetzel & Likens, 2001) foram coletadas amostras de água em frascos de 500mL em três corredeiras de cada riacho, sendo posteriormente filtradas e armazenadas em freezer até o momento da determinação das concentrações dos nutrientes.

A análise granulométrica do sedimento foi realizada por peneiramento de acordo com o procedimento recomendado pela norma técnica NBR 7181/1982 (ABNT, 1982). A concentração de matéria orgânica (MO) do sedimento foi obtida através da diferença entre o peso das amostras antes e após a queima em mufla a 550° C por 4 horas.

Para caracterização granulométrica as frações do material particulado orgânico (POM) foram separadas em peneiras de malha de 1 mm e 53 µm e classificadas em duas frações: grossa ( $2 > x > 1$  mm, CPOM) e fina ( $1\text{mm} > x > 53\mu\text{m}$ , FPOM) de acordo com Miliša et al. (2006).

### **2.3 Coleta e Identificação da Fauna**

Os substratos (mistura de areia, folhiço e pedra) presentes em cada mesohabitat foram coletados utilizando amostrador Surber (área 0,04 m<sup>2</sup> e malha 210µm), e fixados em formol 4%. A triagem dos organismos foi realizada em microscópio estereoscópico. A identificação em nível de gênero foi realizada em microscópio estereoscópico e óptico, de acordo com Bouchard (2004); Salles (2006) para Ephemeroptera; Olifiers et al. (2004); Lecci & Froehlich (2007) para Plecoptera; Pes (2005); Pes et al. (2005); Calor e Froehlich (2008) para Trichoptera. Após a identificação os organismos foram acondicionados em potes de vidro contendo álcool 70°GL e mantidos no Laboratório de Invertebrados Bentônicos da Universidade Federal de Juiz de Fora (LIB/UFJF).

## 2.4 Análises Estatísticas

Para ordenar os riachos e mesohabitats, visando agrupar aqueles mais similares em relação às variáveis ambientais foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA), sendo os dados físicos e químicos, previamente padronizados pelo desvio padrão. O número de componentes principais (PCs) foi determinado considerando autovalores maiores que os gerados pelo método de Brokenstick. As variáveis ambientais que mais contribuíram para a formação dos eixos foram selecionadas através da análise de correlação de Pearson ( $r > 0.7$ ). A PCA foi realizada no programa PC-ORD 5.15 (McCune & Mefford, 2006).

A estrutura das assembleias de EPT em remansos e corredeiras dos riachos florestados, pastagens e urbanos foi analisada através da abundância, número de gêneros, diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e dominância de Simpson. Para verificar se houve diferença nos valores destes atributos entre os riachos com diferentes categorias de uso da terra foi realizada a Análise de Variância (Kruskal-Wallis) e entre os mesohabitats dentro de cada categoria de uso da terra foi realizado o teste t (amostras independentes). Ambas as análises foram realizadas no programa PAST 2.17 (Hammer et al., 2013).

Para ordenar os riachos e mesohabitats, mais similares em relação à composição e abundância de EPT, após prévia transformação dos dados de abundância ( $\log x + 1$ ), foi realizada a Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) no programa PC-ORD 5.15 (McCune & Mefford, 2006). As amostras que não contiveram gêneros de EPT não foram incluídas na análise.

Para verificar diferenças na composição da assembleia de EPT entre as diferentes categorias de riachos foi realizado o teste não paramétrico de permutação (MRPP). Diferenças entre remansos e corredeiras de um mesmo riacho foram checadas pela a Análise de Similaridade (ANOSIM). A porcentagem de similaridade (SIMPER) foi realizada com dados de abundância da fauna para avaliar quais táxons foram os principais responsáveis pelas diferenças entre os mesohabitats para cada categoria de riacho (Clarke, 1993). A primeira análise foi realizada no PC-ORD 5.15 (McCune & Mefford, 2006), a segunda no programa R e a terceira no programa PAST 2.17 (Hammer et al., 2013).

Associações entre a estrutura das assembleias e variáveis ambientais foram analisadas usando o procedimento BioEnv (Clarke & Ainsworth, 1993). O objetivo

desta análise foi determinar quais variáveis ambientais que mais contribuíram para a estrutura geral da fauna. Esta análise foi realizada no programa R (R Foundation for Statistical Computing, 2011).

Para comparar a resposta das assembleias de EPT ao uso da Terra foram utilizadas duas métricas, a precisão e a sensibilidade (ex. Carlson et al., 2013). A precisão foi calculada como a correlação quadrada (coeficiente de determinação,  $R^2$  ajustado) entre os valores observados e ajustados como medida de variância explicada pelo modelo. Enquanto a sensibilidade das assembleias de EPT ao uso da terra foi calculada como a magnitude da mudança (inclinação da reta, b) de uma relação estresse-resposta previsível. Os valores de  $R^2$  ajustado e b foram obtidos através da análise de Regressão Simples realizada entre o primeiro eixo da PCA (variáveis independente) e a abundância, número de gêneros, dominância, equitabilidade, diversidade de Shannon, primeiro eixo da DCA e segundo eixo da DCA (variáveis dependente) no programa STATISTICA, versão 7 (STATSOFT INC, 2004). Para verificar se houve diferença significativa nos valores do  $R^2$  ajustado e da inclinação da reta entre os mesohabitats foi realizado o teste t no programa PAST 2.17 (HAMMER et al., 2013).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Variáveis Ambientais

O primeiro eixo da PCA distinguiu os riachos florestados dos urbanos enquanto os riachos de pastagem situaram-se em posição intermediária na ordenação. Este eixo foi relacionado positivamente com as variáveis  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$  e  $\text{NO}_3$  que mostraram maior correlação com os ambientes urbanos e negativamente com a cobertura vegetal e OD variáveis mais correlacionadas aos ambientes florestados e de pastagem. O segundo eixo distinguiu remansos e corredeiras e foi relacionada positivamente com areia ultrafina, que foi mais correlacionada aos remansos, e negativamente relacionada com a velocidade da água, variável mais correlacionada às corredeiras (Figura 2).

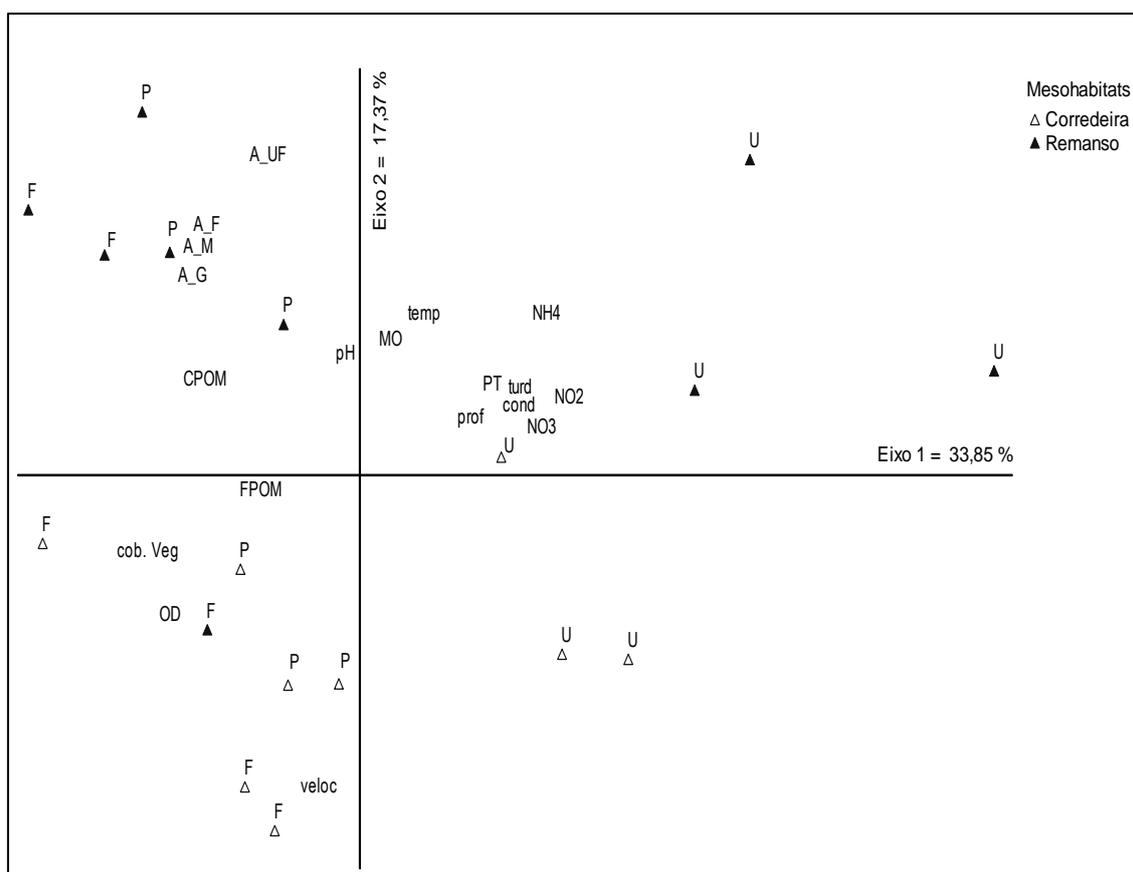


Figura 2: Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais nos remansos (Po) e corredeiras (Ri) dos riachos em área florestada (F), pastagem (P) e urbana (U), da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil. Prof: profundidade, cond: condutividade, turd: turbidez, OD: oxigênio dissolvido, cob. veg: cobertura vegetal, veloc: velocidade,  $\text{NO}_3$ : nitrato;  $\text{NO}_2$ : nitrito,  $\text{NH}_4$ : amônia; A\_G: areia grossa, A\_M: areia média, A\_F: areia fina; A\_UF: areia ultrafina; MO, matéria orgânica; CPOM: matéria orgânica particulada grossa, FPOM: matéria orgânica particulada fina.

### 3.2 Variáveis Bióticas

Nos riachos estudados foram registrados um total de 1787 formas imaturas de EPT (Florestado= 706; Pastagem= 855; Urbano= 226), pertencentes a 41 gêneros (Florestado =37; Pastagem = 21; Urbano = 7). Os valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H= 33.78$ ;  $p < 0.001$ ), riqueza ( $H= 26.16$ ;  $p < 0.001$ ), abundância ( $H = 8.764$ ;  $p = 0.012$ ) e o índice de dominância ( $H= 33.15$ ;  $p < 0.001$ ) mostraram diferentes entre as três categorias de riachos. As métricas das assembleias, de forma geral, apresentaram diferenças significativas entre os mesohabitats analisados (Tabela 2).

Tabela 2: Abundância, Riqueza, Diversidade de Shannon-Wiener, e Dominância da fauna de EPT em remanso e corredeira dos riachos em área florestada, pastagem e urbana, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil. Corredeira (C) e remanso (R).

	Florestado		<i>t</i> test p	Pastagem		<i>t</i> test p	Urbano		<i>t</i> test p
	R	C		R	C		R	C	
Abundância	274	432	0.252	52	803	0.132	4	222	0.023
Riqueza	22	30	<0.001	9	18	0.005	3	6	<0.001
Shannon	1.7	2.5	<0.001	1.7	1.9	0.014	1.04	0.9	0.723
Dominância	0.34	0.144	<0.001	0.25	0.2	0.031	0.4	0.541	<0.001

A dispersão das amostras em duas dimensões no diagrama da DCA (Figura 3). O primeiro eixo distinguiu os riachos de área florestada daqueles localizados em área de pastagem e com urbanização. O segundo eixo distinguiu os mesohabitats.

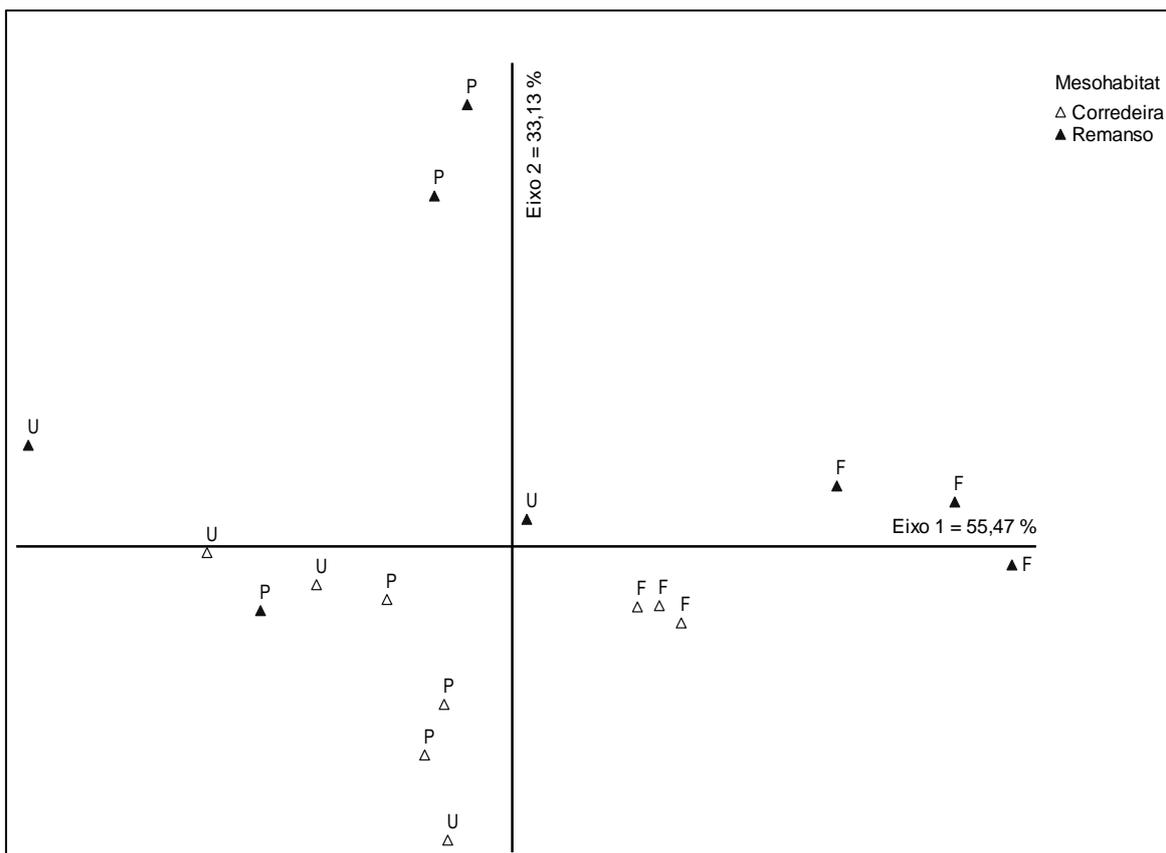


Figura 3: Análise de Correspondência Destendenciada dos gêneros de EPT nos remansos e corredeiras dos riachos em área florestada (F), pastagem (P) e urbana (U), da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.

A composição de taxa de EPT diferiu entre as categorias de riacho (MRPP:  $T = -14.063$ ;  $A = 0.072$ ;  $p < 0.001$ ), e entre os remansos e corredeiras de riachos florestados (ANOSIM:  $R = 0.402$ ;  $p = 0.001$ ) e em área de pastagem (ANOSIM:  $R = 0.464$ ;  $p = 0.001$ ). Entretanto, esta diferença não foi observada entre os mesohabitats dos riachos localizados em área urbana (ANOSIM:  $R = 0.112$ ;  $p = 0.125$ ). De acordo com a porcentagem de similaridade (SIMPER) (Tabela 3), *Phylloicus* foi o gênero mais abundante em remanso e *Smicridea* em corredeira para os ambientes florestados. *Hydroptilla*, *Americabaetis* e *Oxyethira* foram os taxa mais abundantes nas áreas de pastagem e urbana.

Tabela 3: Análise SIMPER dos 10 taxa mais abundantes de EPT em remansos e corredeiras de riachos em área florestada, pastagem e urbana, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.

Táxon	Acumulativo %	Abundância significativa		
		Florestado	Pastagem	Urbano
A. Comparação de habitats de remanso (dissimilaridade média= 88.57)				
<i>Phylloicus</i>	25.21	10.1	0	0
<i>Triplectides</i>	36.95	0.6	0.333	0.067
<i>Oxyethira</i>	46.99	0	1.2	0
<i>Caenis</i>	53.78	0.467	1.13	0
<i>Farrodes</i>	59.54	2.6	0	0
<i>Helicopsyche</i>	64.25	0.667	0	0
<i>Hydroptilla</i>	68.35	0	0.2	0.133
<i>Americabaetis</i>	72.36	0.067	0	0.133
<i>Apobaetis</i>	75.97	0.267	0	0
<i>Hagenulopsis</i>	79.44	1.93	0	0
B. Comparação de habitats de corredeira (dissimilaridade média= 88.87)				
<i>Smicridea</i>	26.97	9.33	9.67	4.33
<i>Americabaetis</i>	42.5	1.73	15.1	0.8
<i>Hydroptilla</i>	56.47	0.133	10.2	9.27
<i>Traverypes</i>	62.54	2.27	3.53	0
<i>Phylloicus</i>	68.35	3.07	0.067	0
<i>leptohyphes</i>	72.91	2.67	0	0
<i>Anacroneuria</i>	76.81	2.4	0.533	0
<i>Oxyethira</i>	79.36	0.067	7.53	0.2
<i>Helicopsyche</i>	81.8	1.27	0	0
<i>Farrodes</i>	84.16	1.13	0.867	0



As variáveis ambientais mais correlacionadas com a assembleia de EPT foram à velocidade, matéria orgânica e cobertura vegetal (Tabela 4).

Tabela 4: Resultado da análise BioEnv com as variáveis físicas e químicas da água, cobertura vegetal e composição do substrato das amostras coletadas nos riachos em área florestado, pastagem e urbana, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil. Areia Grossa (AG), Areia Média (AM), Areia fina (AF), Areia Ultrafina (AU), Cobertura Vegetal (cv), Condutividade (Cd), Profundidade (pf), Temperatura (T°), Turbidez (td) e Velocidade (ve).

Modelo	Correlação
cv	0.532
MO + cv	0.547
ve +MO + cv	0.592
ve + OD + MO + cv	0.591
T° + ve + OD + MO + cv	0.589
ve + pH + OD + MO + cv + AU	0.585
T° + ve +OD+MO+ cv + NO3 + AG	0.577
T° + ve +pH + OD +MO + cv +NH4+AU	0.58
T° + ve +pH + OD +MO + cv +NH4+AG+AU	0.585
T° +ve + pH + Cd +OD + MO + cv+ NH4+ AG + AU	0.57
pf + T° +ve + pH + cd +OD +MO + cv + NH4 + AG + AU	0.564
pf + T° + ve + pH + cd+OD +MO + cv+ NO2+NH4+AG+AU	0.549
pf +T°+ ve+pH +cd+OD+ MO+cv+NO3+NO2+ NH4+ AG+AU	0.539
pf+T°+ve+pH+ cd+ td+OD+CPOM+ MO+ cv+NO2+NH4+AG+AU	0.526
pf +T°+ve+pH+cd+OD+CPOM+MO+cv+ NO3+NO2+NH4+AG+AM+AU	0.518
pf +T°+ve+pH+cd+td +OD+CPOM+MO+ cv+PT+ NO2+NH4+AG+AM+AU	0.501
pf +T°+ve+pH+cd+ OD+CPOM+MO+cv+PT+NO3+NO2+NH4+AG+AM+AU	0.489
pf +T°+ve+ pH+ cd+ OD+CPOM+MO+cv+PT+NO3+NO2+NH4+AG+AM+AF+AU	0.47
pf +T° + ve+pH+cd+ OD+CPOM+FPOM+MO+cv+PT+NO3+NO2+NH4+AG+AM+AF+AU	0.432

### 3.3 Resposta dos mesohabitats ao uso da terra

Não encontramos diferenças significativas na sensibilidade (slope) ( $t=0.548$ ;  $p=0.593$ ) e na precisão ( $R^2$ ) ( $t = -0.204$ ;  $p = 0.251$ ) das métricas da comunidade de EPT entre remansos e corredeiras, indicando respostas similares da fauna às variáveis ambientais (Figura 4).

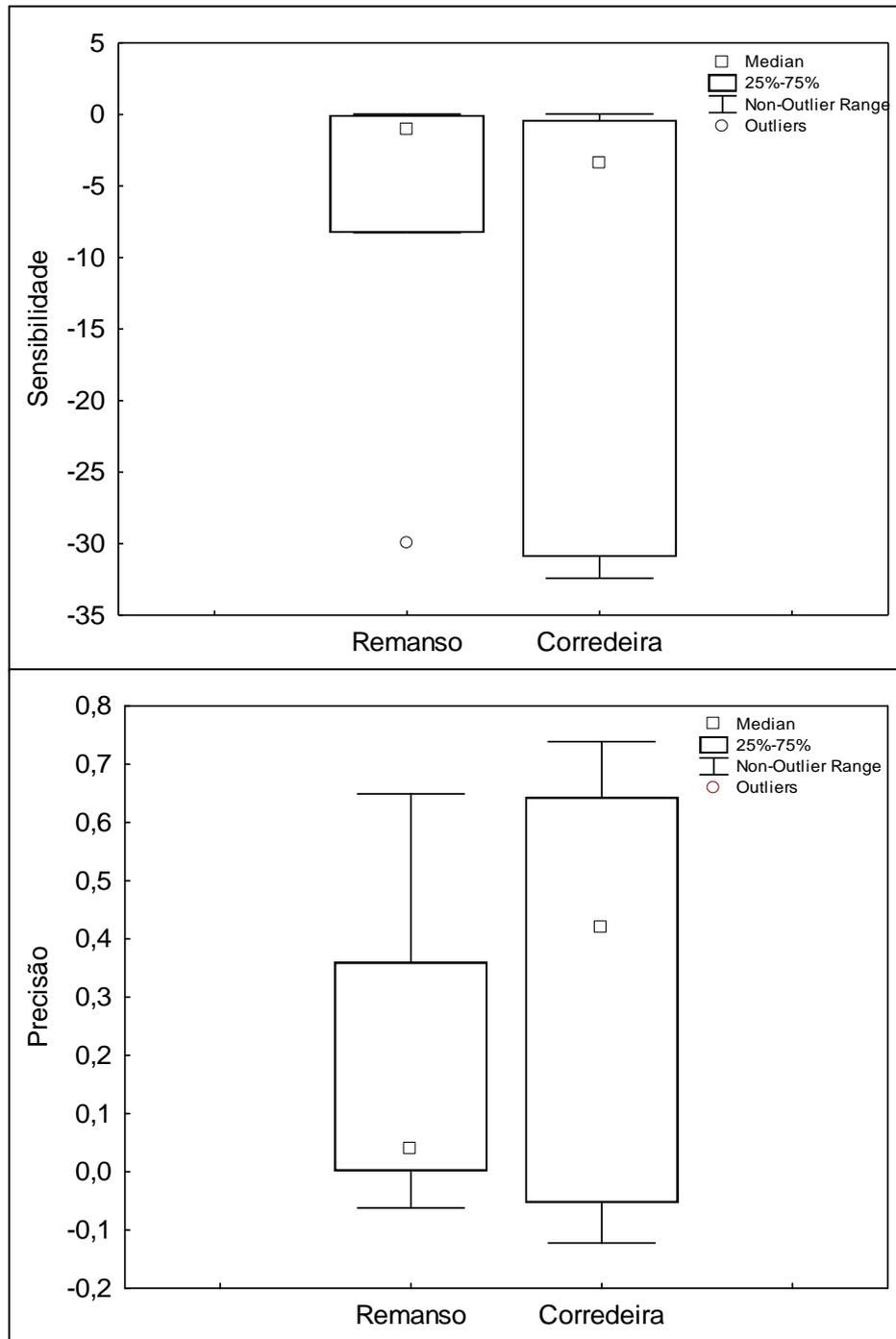


Figura 4: Box-plot com a sensibilidade e a precisão das seis métricas para os remansos e corredeiras dos riachos em área florestada, pastagem e urbana, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.

#### 4. DISCUSSÃO

No presente estudo, foi possível observar, que nos riachos florestados e em área de pastagem, houve nítida distinção dos mesohabitats favorecida principalmente pela maior velocidade da água associada aos mesohabitats de correnteza. O fluxo rápido e a oxigenação da água em mesohabitats de corredeira favorecem a presença de gêneros de EPT adaptados a viverem sob estas condições (Cushing & Allan, 2001; Bagatiniet al., 2012). Este habitats apresentaram os maiores índices de diversidade, riqueza e abundância, exceto na área urbana onde não houve diferença na composição taxonômica entre corredeiras e remansos.

Estes resultados reforçam que, a maior complexidade em mesohabitats de corredeira, devido a maior heterogeneidade e tamanho dos substratos (Ward & Wiens, 2001) e as condições de fluxos propiciam maior diversidade nestes locais (Uieda & Garjado, 1996; Trivinho-Strixino, 2001; Buss et al., 2004; Fidelis et al., 2008). Organismos filtradores, como os do gênero *Smicridea* são encontrados em locais de rápida correnteza, onde filtram partículas finas em suspensão (Cummins & Klug, 1979; Oliveira & Froehlich, 1996; Wallace & Webster, 1996; Flint et al., 1999). Por outro lado, existem gêneros associados a áreas de remanso, como *Phylloicus* como também relatado por outros trabalhos (Flint et al., 1999; Wantzen & Wagner, 2006), onde utilizam o material particulado grosso para construção de abrigos e para obter alimento (Baptista et al., 2001). A redução do fluxo da água em remanso e geralmente a presença de somente poucos obstáculos, favorecem o acúmulo de materiais com maior densidade que são relativamente pequenos ou pesados (Kobayashi & Kagaya, 2002) como areia, nas quais são aproveitados por muitos insetos aquáticos para construção de seus casulos.

Os dados deste estudo mostraram que variação das características ambientais nas diferentes paisagens foi o fator que influenciou a distribuição dos gêneros de EPT. A variação no fluxo da água e a presença de matéria orgânica proporcionada pela cobertura vegetal determinaram o estabelecimento dos *taxa* em escala local do habitat. A velocidade da água pode causar o carreamento dos indivíduos, sendo um importante fator na estruturação dos insetos aquáticos (Santos Junior et al., 2007). Estudos anteriores desenvolvidos em riachos tropicais (Uieda & Kikuchi, 1995; Cortezi et al., 2009), têm demonstrado que os macroinvertebrados de áreas tropicais dependem dos recursos alimentares proporcionado pela vegetação adjacente. Assim, o efeito do uso da terra como a retirada da vegetação ciliar nas bacias, resulta na degradação do habitat e

impactos negativos sobre a fauna aquática (Karr & Schlosser, 1978; Schlosser, 1991). Deste modo, gêneros sensíveis são excluídos, permanecendo aqueles mais resistentes ou tolerantes, alterando a composição e distribuição dos *taxa*, como confirmado pelos resultados da DCA e pela MRPP.

A maior diversidade de gêneros de EPT encontrada nos riachos florestados pode ser explicada pela maior oxigenação da água e a presença de diferentes substratos, refletindo na maior variabilidade das condições ambientais nestas áreas. De acordo com Crisci-Bispo et al. (2007), ambientes heterogêneos permitem que um maior número de taxa possam coexistir em um determinado local. O Trichoptera fragmentador (*Phylloicus*) e filtrador (*Smicridea*) foram os gêneros mais abundantes em áreas florestadas. Este resultado pode estar relacionado à entrada substancial de material vegetal nos riachos. Larvas de *Phylloicus* fragmentam folhas para a construção de seus abrigos (Prather, 2005). As larvas de *Smicridea* também constroem abrigos de fragmentos vegetais podendo agregar areia e outros materiais (Pes, 2005).

Ambientes de pastagem apresentaram maior abundância. Isso pode ser explicado pela presença de gêneros como *Americabaetis*, *Oxyethira* e *Hydroptila* que foram abundantes nos ambientes de pastagem, como também em urbano. Azrina et al. (2006), ressalta que a perda de *taxa* sensíveis em ambientes alterados acompanhada do aumento daqueles mais tolerantes pode resultar em maior abundância total de organismos quando comparada com ambientes florestados, que geralmente apresentam fauna mais rica e diversa.

Ninfas do gênero *Americabaetis*, são consideradas menos sensíveis aos impactos ambientais (Callisto et al., 2001; Buss & Salles, 2007; Souza et al., 2011), ocorrendo em vários tipos de habitats, incluindo locais com algum grau de perturbação (Siegloch et al., 2008), o que pode explicar sua elevada representatividade nos riachos localizados em áreas de pastagem e áreas urbanas. Os Trichoptera *Oxyethira* e *Hydroptila* podem ter se beneficiado pela abertura do dossel, pois esta condição pode favorecer o aumento da produção primária. Larvas destes gêneros são raspadoras de perifíton, principalmente diatomáceas e também perfuradoras de algas filamentosas (Wiggins, 1996). Vale destacar a abundância do gênero *Anacroneuria* (Plecoptera) em corredeiras em área de pastagem uma vez que, esta ordem é geralmente considerada como altamente intolerante à poluição e contaminação orgânica (Buss, 2001; Silveira, 2001). Este resultado indica que o fato dos riachos de pastagem possuir características intermediárias entre os ambientes urbanos e florestados, apresentam condições, tais

como vegetação presente em pelo menos alguma extensão de uma de suas margens e a presença de remansos e corredeiras bem definidos, que podem ter contribuído para o estabelecimento de *taxa* mais sensíveis às alterações ambientais como os Plecoptera.

Em relação à resposta das assembleias de EPT ao uso da terra, verificamos através dos valores do coeficiente de determinação e da inclinação da reta que tanto a sensibilidade como a precisão da resposta das assembleias de EPT em relação às variáveis ambientais medidas foram similares entre os mesohabitats estudados. Dessa forma, podemos sugerir que o biomonitoramento de riachos pode ser feito utilizando um ou outro mesohabitat. Resultado similar foi obtido por Carlson et al. (2013) que não verificaram diferenças nas respostas da comunidade de macroinvertebrados entre mesohabitats em riachos boreais com diferentes usos da terra, e por Pacea et al. (2011) com a comunidade bentônica (exceto Diptera e Oligochaeta) em riachos do mediterrâneo.

Os resultados demonstram que a cobertura vegetal foi um dos principais componentes responsáveis pela distinção entre riachos florestados e urbanos. Sua presença proporciona entrada de material vegetal (Nessimian et al., 1998) e níveis mais baixos de temperatura da água (Silveira, 2004), contribuindo assim, com o aumento da matéria orgânica particulada grossa (CPOM) e do oxigênio dissolvido. Segundo Karr & Schlosser (1978), em elevadas temperaturas, a capacidade dos riachos de metabolizar produtos orgânicos sem reduzir a concentração de oxigênio é diminuída. Desta forma, a presença da mata ciliar é de suma importância para a manutenção da integridade dos ecossistemas lóticos (Silveira, 2004).

Nos riachos urbanos, o lançamento de esgoto não tratado e a ausência da cobertura vegetal, foram fatores responsáveis pelo aumento nas concentrações de amônia (NH<sub>4</sub>), nitrito (NH<sub>2</sub>) e nitrato (NH<sub>3</sub>). Segundo Carvalho (2000), margens com ausência de mata ciliar favorecem o aporte de materiais do solo para o ambiente aquático, resultando no aumento da concentração de íons em suspensão. Além disso, o despejo do esgoto doméstico nos corpos hídricos favorece o aumento nas concentrações destes nutrientes, podendo levar a eutrofização destes sistemas (Passos et al., 1995).

A homogeneização e a conseqüente redução da complexidade dos riachos pela ação antrópica pode ter implicações drásticas sobre a diversidade, uma vez que normalmente espécies distintas estão associadas a diferentes mesohabitats como constado neste estudo e por Pardo & Armitage (1997); Costa & Melo (2008). Essa simplificação nas condições ambientais acarreta em uma composição da fauna similar

entre mesohabitats, o que explica a ausência de diferença na composição taxonômica entre corredeiras e remansos nos riachos urbanos.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo mostraram que o uso da terra resultou em diferenças na estrutura da assembleia de EPT entre as paisagens e entre mesohabitats. Alguns gêneros de Ephemeroptera e Trichoptera foram observados em áreas de pastagem e urbana, contribuindo para evidenciar a plasticidade de *Americabaetis*, *Oxyethira* e *Hydroptila* em ocupar habitats alterados pelo uso da terra. Nossos resultados demonstraram ainda que a fauna presente tanto em corredeira quanto em remanso permitem detectar o impacto antrópico nos riachos. Isso se traduz em uma importante informação para estudos que visam diagnosticar as condições ecológicas de ambientes lóticos. Além disso, foi evidenciado que a composição e distribuição de EPT em riachos com diferentes usos da terra são afetadas principalmente por mudanças nas características ambientais e hidromorfológicas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). 1982. **NBR 7182**: Análise granulométrica de solos/método de ensaio. Rio de Janeiro.
- ALLAN, J.D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.35, p. 257–284, 2004.
- APHA, 1995. **Standard methods**. 19 ed. American Public Health Association, Washington.
- AZRINA, M. Z.; YAP, C. K.; ISMAIL, A. R.; ISMAEL, A.; TAN S. G. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 64, p. 337-347, 2006.
- BAGATINI, Y. M.; DELARIVA, R. L.; HIGUTI, J. Benthic macroinvertebrates community structure in a stream of the Northwest region of Paraná State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 1, 2012.
- BAPTISTA, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; BUSS, D. F.; NESSIAMIAN, J. L. Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 2, p. 295-304, 2001.
- BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n.2, p.283–293, 2007.
- BLAIR, B. B. Land use avian species diversity along an urban gradient. **Journal of Applied Ecology**, n. 6, p. 506–519, 1996.



BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V. H.; STATZNER, B. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annual Review of Entomology**, v. 51, n. 1, p. 495-523, 2006.

BOUCHARD, R. W. J. R. 2004. **Guide to aquatic macroinvertebrates of the upper Midwest**. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, 208p.

BUSS, D. F. **Utilizando macroinvertebrados no desenvolvimento de um procedimento integrado de avaliação da qualidade da água de rios**. 2001. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J. L.; EGLER, M. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. **Hydrobiologia**, v. 518, n. 1, p. 179-188, 2004.

BUSS, D. F.; SALLES, F. F. Using Baetidae species as biological indicators of environmental degradation in a Brazilian river basin. **Environmental Monitoring Assessment**, v. 130, p. 365–372, 2007.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.

CALOR, A. R.; FROEHLICH, C. G. Description of the immature stages of *Notalina morsei* Holzenthal, 1986 (Trichoptera: Leptoceridae) and an updated key to larvae of Neotropical Leptoceridae genera. **Zootaxa**, v.17, n. 9, p. 45-54, 2008.

CARLSON, P. E.; JOHNSON, R. K.; MCKIE, B. G. Optimizing stream bioassessment: habitat, season, and the impacts of land use on benthic macroinvertebrates. **Hydrobiologia**, v. 704, p. 363–373, 2013.

CLARKE, K. R. Nonparametric multivariate analysis of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology**, v. 18, p. 117–143, 1993.

CLARKE, K. R.; AINSWORTH, M. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. **Marine Ecology Progress Series**, v. 92, p. 205-219, 1993.

CORTEZZI, S. S.; BISPO, P. C.; PACIENCIA, G. P.; LEITE, R. C. Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. **Iheringia**, Série. Zoologia, v. 99, n. 1, p. 36-43, 2009.

COSTA, S. S.; MELO, A. S. 2008. Beta diversity in stream macroinvertebrate assemblages: among-site and among-microhabitat components. **Hydrobiologia**, v. 598, p. 131-138, 2008.

CRISCI-BISPO, V. L.; PITÁGORAS C. BISPO, P. C.; FROEHLICH, C. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, p. 312–318, 2007.

CRUMPTON, W.G.; ISENHART, T.M.; MITCHELL, P.D. Nitrate and Organic N Analysis using Second-Derivative Spectroscopy. **Limnology and Oceanography**, v. 37, p. 907-913, 1992.

CUMMINS, K.W.; KLUG, M. J. Feeding ecology of stream invertebrates. **Annual Review of Ecology and Systematics**, n. 10, p. 147–172, 1979.

CUSHING, C.E.; ALLAN, J.D. 2001. **Streams: their ecology and life**. Academic Press, San Diego, 366p.

FIDELIS, L.; NESSIMIAN, J. L.; HAMADA, N. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 1, p. 127–134, 2008.

FJEILHEIM, A.; RADDUM, G. G. Recovery of acid-sensitive species of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera in River Audna after liming. **Environmental Pollution**, v. 78, p. 173-178, 1992.

FLINT, O. S.; HOLZENTHAL, R. W.; HARRIS, S. C. 1999. **Catalog of the neotropical caddisflies (Insecta: Trichoptera)**. Ohio Biological Survey, Columbus 239p.

GILLER, P. I.; MALMQVIST, B. 1998. **The Biology of Streams and Rivers**. Oxford University Press, Oxford.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista FAPAM**, v. 2, n. 1, 2003.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2013.

HEPP, L. U.; RESTELLO, R. M.; MILESI, S. V. Distribution of aquatic insects in urban headwater streams. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 1, p. 1-9, 2013.

JOWETT, I. G. A method for objectively identifying pool, run, and riffle habitats from physical measurements. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 27, p. 241-248, 1993.

KARR, J. R.; SCHLOSSER, I. J. Water resources and the land water interface. **Science**, v. 201, n. 4352, p. 229-234, 1978.

KOBAYASHI, K.; KAGAYA, T. Differences in litter characteristics and macroinvertebrate assemblages between litter patches in pools and riffles in a headwater stream. **Limnology**, v. 3, p. 37-42, 2002.

LECCI, L.S.; FROEHLICH, C. G. 2007. Plecoptera. **In:** Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>.

MANZÃO, G. R. 2009. **A complexidade do substrato e o mesohabitat (remanso e corredeira) são fatores que influenciam a fauna de Crironomidae (Diptera) em riachos do Brasil Central?**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

MARTINELLI, L. A.; KRUSCHE, A. V. 2007. Amostragem de invertebrados bentônicos. **In:** BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. (Org.). Amostragem em Limnologia, São Carlos: Rima, v. 2, p. 263-279.

MARZIALI, L.; GIORDANO, D.; ARMANINI, M. C.; ERBA, S.; TOPPI, E.; BUFFAGNI, A.; ROSSARO, B. Responses of Chironomid larvae (Insecta, Diptera) to ecological quality in Mediterranean river mesohabitats (South Italy). **River Research and Applications**, v. 26, p. 1036–1051, 2009.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD: Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 5.31.** MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 2006.

MILIŠA, M.; HABDIJA, I.; PRIMC-HABDIJA, B.; RADANOVIĆ, I.; KEPČIJA, R. 2006. The Role of Flow Velocity in the Vertical Distribution of Particulate Organic Matter on Moss-covered Travertine Barriers of the Plitvice Lakes (Croatia). **Hydrobiologia**, v. 553, p. 231-243, 2006.

MOTTET, S.; LADET, N.; GIBON, C. A. Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: a case study in the Pyrenees Agric. **Ecosystems Environment**, v. 114, p. 296–310, 2006.

NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F. M.; SANSEVERINO, A. M.; BAPTISTA, D.F. Relation between flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic fauna in the lower Rio Negro, Amazonas, Brazil. **Amazoniana**, v. 15, p. 35–50, 1998.

NESSIMIAN, J. N.; VENTICINQUE, E. M.; JANSEN ZUANON, J. P.; GORDO, M.; FIDELIS, L.; BATISTA, J. D.; JUEN, L. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, v. 614, p. 117-131, 2008.

NETO, O. J.; OLIVEIRA, E. G. R.; SOUZA, D. P.; MELLO, B. F. AMORIM, T. O. S. GOMES, K. C. P.; ANDRIOLO, A. Mamíferos de um fragmento florestal particular periurbano de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 11, n. 3, p. 269-276, 2009.

OLIFIERS, M. H.; DORVILLÉ, L. F. M.; NESSIMIAN, J. L.; HAMADA, N. A key to Brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. **Zootaxa**, v. 651, p. 1–15, 2004.

OLIVEIRA, L. G.; FROEHLICH, C. G. Natural history of three Hydropsychidae in a “cerrado” stream from northeastern São Paulo. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 13, n. 3, p. 755–762, 1996.

OURSO, R. T.; FRENZEL, S. A. Identification of linear and threshold responses in streams along a gradient of urbanization in Anchorage, Alaska. **Hydrobiologia**, v. 501, p. 117–131, 2003.

PACEA, G.; ANDREANIC, A.; BARILEA, M.; BUFFAGNID, A.; ERBAD, S.; MANCINIB, L.; \* BELFIOREA, C. Macroinvertebrate assemblages at mesohabitat scale in small sized volcanic siliceous streams of Central Italy (Mediterranean Ecoregion). **Ecological Indicators**, v. 11, N. 2, p. 688–696, 2011.

PARDO, L.; ARMITAGE, P. D. Species assemblages as descriptors of mesohabitats. **Hydrobiologia**, v. 344, p. 111-128, 1997.

PASSOS, E. A.; BARBIERI, E.; GARCIA, A. B. C.; ALVES, J. P. H. Saúde ambiental: Contaminação das águas dos estuários dos rios do Sal, Sergipe e Poxim. **Mundo Saúde**, v. 29, n. 2, p. 226-237, 1995.

PES, A.M.O. 2001. **Taxonomia e estrutura de comunidade de Trichoptera (Insecta) no município de Presidente Figueiredo, Amazonas, Brasil.** Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil.

PES, A. M. O. 2005. **Taxonomia, estrutura e riqueza das assembleias de larvas e pupas de Trichoptera (Insecta), em igarapés na Amazônia Central.** Tese de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal de Manaus, Manaus, Brasil.

PES, A. M. O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN L, J. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n.2, p. 181-204, 2005.

PIFANO, D. F.; VALENTE, A. S. M.; CASTRO, R. M.; PIVARI, M. O. D.; SALIMENA, F. R. G.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Similaridade entre os habitats da vegetação do morro do Imperador, Juiz de Fora, Minas Gerais, com base na composição da sua flora fanerogâmica. **Rodriguésia**, v. 58, n. 4, p. 885-904, 2007.

PRATHER, A. L. Revision of the Neotropical caddisfly genus *Phylloicus* (Trichoptera: Calamoceratidae). **Zootaxa**, v. 275, n. 1, 2003.

R CORE TEAM. 2013. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.

RASBAND, W. S. 2012. **ImageJ.** U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Disponível em: <http://imagej.nih.gov/ij/>.

ROQUE, F. O.; LECCI, L. S.; SIQUEIRA, T.; FROELICH, C. G. Using environmental and spatial filters to explain stonefly occurrences in southeastern Brazilian streams: implications for biomonitoring. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 20, n. 1, p. 35-44, 2008.

ROSENBERG, H. C.; RESH, V. H. 1993. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York, 488p.

SALLES, F. F. 2006. **A ordem Ephemeroptera no Brasil (insecta): taxonomia e diversidade**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

SANTOS JUNIOR, J. E.; STRIEDER, M. N.; FIORENTIN, G. L.; NEISS, U. G. Velocidade da água e a distribuição de larvas e pupas de *Chirostilbia pertinax* (Kollar) (Diptera, Simuliidae) e macroinvertebrados associados. **Revista Brasileira de entomologia**, v. 51, n.1, 2007.

SCHLOSSER, I. J. Stream fish ecology: a landscape perspective. **BioScience**, v. 41, p. 704-712, 1991.

SIEGLOCH, A. E.; FROEHLICH, C. G.; KOTZIAN, C. B. Composition and diversity of Ephemeroptera (Insecta) nymph communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, southern Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 98, n. 4, 2008.

SILVEIRA, M. P. 2001. **Estudo da comunidade de macroinvertebrados aquáticos e sua utilização na avaliação da qualidade da água na bacia do rio Macaé, Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

SILVEIRA, M. P. 2004. **Aplicação do Biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, Documentos, 68p.

SOUZA, H. M. L ; CABETTE, H. S. R.; JUEN, L. Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) em córregos do cerrado matogrossense sob diferentes níveis de preservação ambiental. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 101, n. 3, p. 181-190, 2011.

STAT SOFT, INC. 2012. **Statistica (data analysis software system) version 7.0**. disponível em: <http://www.statsoft.com>.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. 1968. **Determination of reactive phosphorus, A Practical Handbook of Seawater Analysis**. Fisheries Research Board of Canada, p. 49-56.

TEREZA, F. B.; CASATTI, L. Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 3, p. 444-453, 2010.

UIEDA, V.; KIKUCHI, R. Entrada de material alóctone (detritos vegetais e invertebrados terrestres) num pequeno curso de água corrente na cuesta de Botucatu, São Paulo. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 7, p. 105-114, 1995.

UIEDA, V. S.; GAJARDO, I. C. M. Macroinvertebrados perifíticos encontrados em poções e corredeiras de um riacho. **Naturalia**, v. 21, p. 31-47, 1996.

VINSON, M. R.; HAWKINS, C. P. Biodiversity of stream insects: variation at local, basin, and regional scales. **Annual Review Entomology**, p. 271–93, 1998.

WALLACE, J. B.; WEBSTER, J. R. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. **Annual Review of Entomology**, v. 41, p. 115-139, 1996.

WANG, L.; LYONS, J.; KANEHL, P.; BANNERMAN, R. Impacts of urbanization on stream habitat and fish across multiple spatial scales. **Environmental Management**, v. 28, p. 255–266, 2001.

WANTZEN, K.M.; WAGNER, R. Detritus processing by invertebrate shredders: a neotropical-temperate comparison. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 25, p. 216-232, 2006.

WARD, J. V, WIENS, J. A. Ecotones of riverine ecosystems: role and typology, spatio-temporal dynamics, and river regulation. **Ecohydrology and Hydrobiology**, v. 1, p. 25–36, 2001.



WETZEL, R. G., LIKENS, G. E. 2001. **Limnological analyses**. 2 ed, New York: Springer-Verlag.

WIGGINS G.B. 1996. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)**. University of Toronto, Toronto, Canada.

## Capítulo 2

### Efeito de fatores hidrológicos sobre as assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em riachos tropicais

#### RESUMO

As chuvas apresentam forte influência sobre a estrutura das assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) em riachos tropicais de baixa ordem. No entanto, poucos estudos tem avaliado o efeito desta variável em riachos sob diferentes paisagens. Desta forma, o objetivo do nosso estudo foi avaliar a estrutura das assembleias de EPT em riachos sob diferentes paisagens (florestado, pastagem e urbano) em dois períodos com diferentes níveis de precipitação (período chuvoso e de estiagem), na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos no município de Juiz de Fora, Minas Gerais (sudeste do Brasil). A PCA mostrou que temperatura e turbidez foram às variáveis mais correlacionadas com o período chuvoso e a turbidez com o período seco e de acordo com o teste de permutação para homogeneidade de dispersão multivariada (PCoA) a similaridade faunística foi alta entre os períodos de chuva e de seca nos riachos com diferentes paisagens. Entretanto, alguns gêneros, como *Farrodes*, *Leptohyphes*, *Americabaetis*, *Nectopsyche* e *Paragripopteryx* foram considerados indicadores do período seco em riachos sob diferentes paisagens. A baixa variabilidade na composição de EPT entre os períodos de chuva e seca pode estar relacionada com capacidade da maioria dos indivíduos deste grupo em lidar com o aumento da precipitação. Dessa forma, a ocorrência de chuvas, não promoveu a desestruturação das assembleias de EPT, independente das características do entorno dos riachos.

**Palavras-chave:** Insetos aquáticos, Precipitação, Temperatura, Turbidez.

## ABSTRACT

The rains have strong influence on the structure of assemblages of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) in tropical streams of lower order. However, few studies have evaluated the effect of this variable in streams under different landscapes. Thus, the aim of our study was to evaluate the structure of the assemblages of EPT in streams under different landscapes (forested, pasture and urban) in two periods with different levels of rainfall (rainy and dry period), in the sub-basin of Ribeirão Marmelos in Juiz de Fora, Minas Gerais (southeastern Brazil). The PCA showed that temperature were the most correlated variable with the rainy season and according to the permutation test for homogeneity of multivariate dispersion (PCoA) the faunal similarity was high between periods of rain and dry in streams with different landscapes. However, some genres as *Farrodes*, *Leptohyphes*, *Americabaetis*, *Nectopsyche* and *Paragripopteryx* were considered indicators of the dry period in streams under different landscapes. The low variability in the composition of EPT between the wet and dry periods may be associated with the ability of most individuals in this group cope with the increase in precipitation. Thus, the occurrence of rain, did not cause the disintegration of the assemblage EPT, regardless of the characteristics of the surrounding streams.

**Key-words:** Aquatic insects, Rainfall, Temperature, Turbidity.

## 1. Introdução

Os ecossistemas de água doce podem ser afetados por fatores associados a fenômenos naturais, a intervenção antropogênica ou pela combinação de ambos os fatores (Lake, 2000). Em relação aos fenômenos naturais a precipitação é a variável climatológica mais importante nas regiões tropicais (Moraes et al., 2005). Períodos de alta sazonalidade pluviométrica podem exercer forte impacto sobre as características físicas e químicas dos ecossistemas aquáticos (Bispo & Oliveira, 1998; Bispo et al., 2006), por gerarem rápidas modificações na profundidade, velocidade e na qualidade da água entre os períodos de seca e chuva (Lauters et al., 1996). Em riachos tropicais, o aumento da vazão no período chuvoso pode aumentar a turbidez da água e reduzir as concentrações de oxigênio dissolvido (Yokoyama et al., 2012).

A precipitação é também comumente relatada como um fator de grande influência sobre a composição dos insetos aquáticos (Oliveira et al., 1997; Bispo et al., 2001), uma vez que, enquanto para alguns grupos as chuvas representam um fator catastrófico, para outros, podem abrir novas oportunidades de colonização (Yokoyama et al., 2012). Períodos chuvosos podem levar a redução da densidade de macroinvertebrados (Bispo & Oliveira, 1998; Diniz-Filho et al., 1998), devido ao carreamento dos organismos (Baptista et al., 2001; Bispo et al., 2006) e devido à desorganização espacial de seus habitats (Yokoyama et al., 2012).

Entre os insetos, os organismos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) são comuns em córregos florestados de baixa ordem (Bispo & Oliveira, 2007). Os estudos realizados com estas assembleias em dois períodos hidrológicos (chuva e seco) apresentam diferentes resultados (Oliveira et al., 1997; Crisci-Bispo et al., 2007; Righi-Cavallaro et al., 2010). Oliveira et al. (1997) por exemplo, estudando assembleias de EPT em riachos florestados de baixa ordem no Brasil central, verificaram uma redução na abundância de EPT durante a estação chuvosa. Por outro lado, Crisci-Bispo et al. (2007) estudando a fauna de EPT em riachos preservados no Sudeste do Brasil, não verificou um padrão sazonal claro na variação temporal da densidade.

Dessa forma, nosso objetivo foi avaliar a estrutura das assembleias de EPT em riachos sob diferentes usos da terra nos períodos de maior precipitação (chuva) e de baixa precipitação (seco). Esperamos registrar elevada variabilidade (diversidade beta) nas assembleias de EPT entre os dois períodos do ano, e uma maior abundância e

riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) no período seco, principalmente nas áreas florestadas, devido à presença da vegetação amortecer o efeito da chuva e reduzir o carreamento dos indivíduos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Áreas de Estudo

O trabalho foi realizado na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, com extensão de aproximadamente 12 km e área de 49.415 m<sup>2</sup>, localizada no Município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil (Figura 1). Três riachos encontram-se no interior de um fragmento florestal e três em área de pastagem, cujo acesso ao gado é livre. Ambas as áreas estão localizadas em uma área particular com 370ha. O fragmento florestal na área de estudo está inserido no domínio de Floresta Atlântica, denominados de Floresta Estacional Semidecidual (Pifano et al., 2007) e encontra-se em bom estado de conservação. Os três riachos restantes estão localizados ao sul da área particular, em uma região de urbanização, e possui nas margens predomínio de gramíneas.

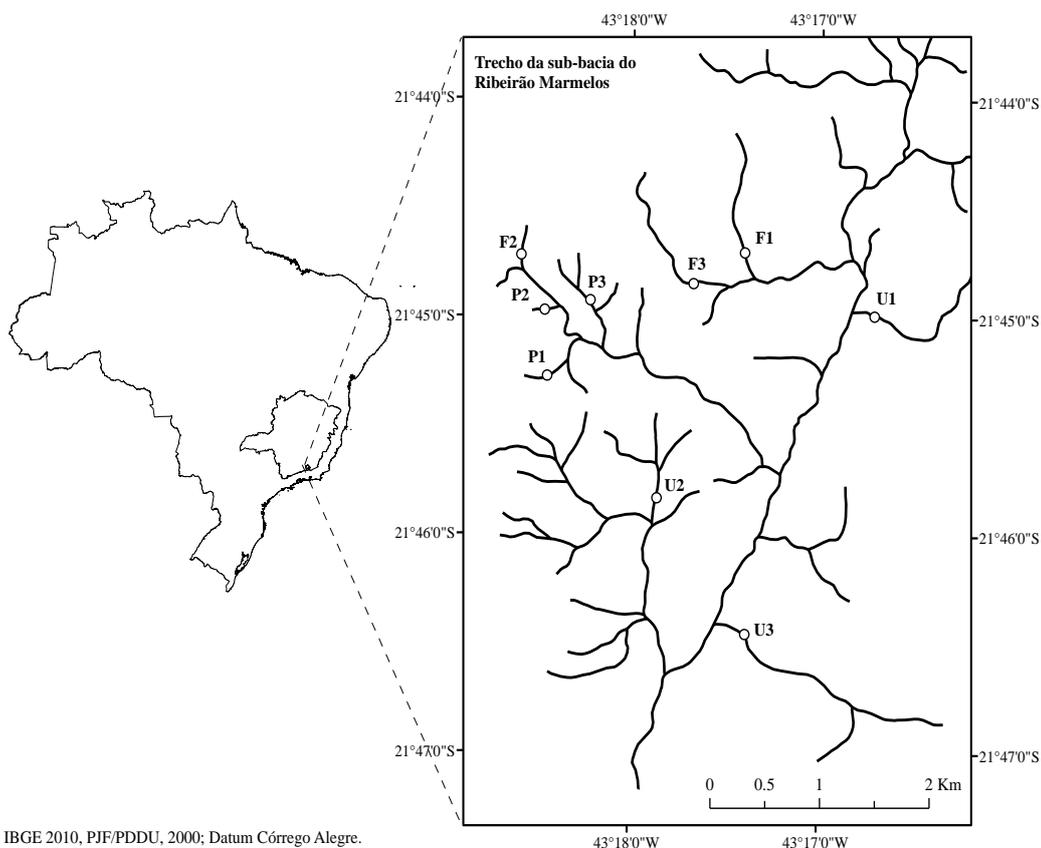


Figura 1. Pontos de coleta na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil. Florestado (F), pastagem (P) e urbano (U).

O período seco (junho, julho e agosto) apresentou precipitação variando de 4 a 53mm e temperatura variando de 16° a 18°C. Enquanto o período chuvoso (janeiro, fevereiro e março) a precipitação variou de 88 a 396 mm e temperatura de 19° a 22°C (Figura 2). Os dados de temperatura e precipitação, para o ano de 2012, na região de Juiz de Fora foram fornecidos pelo Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

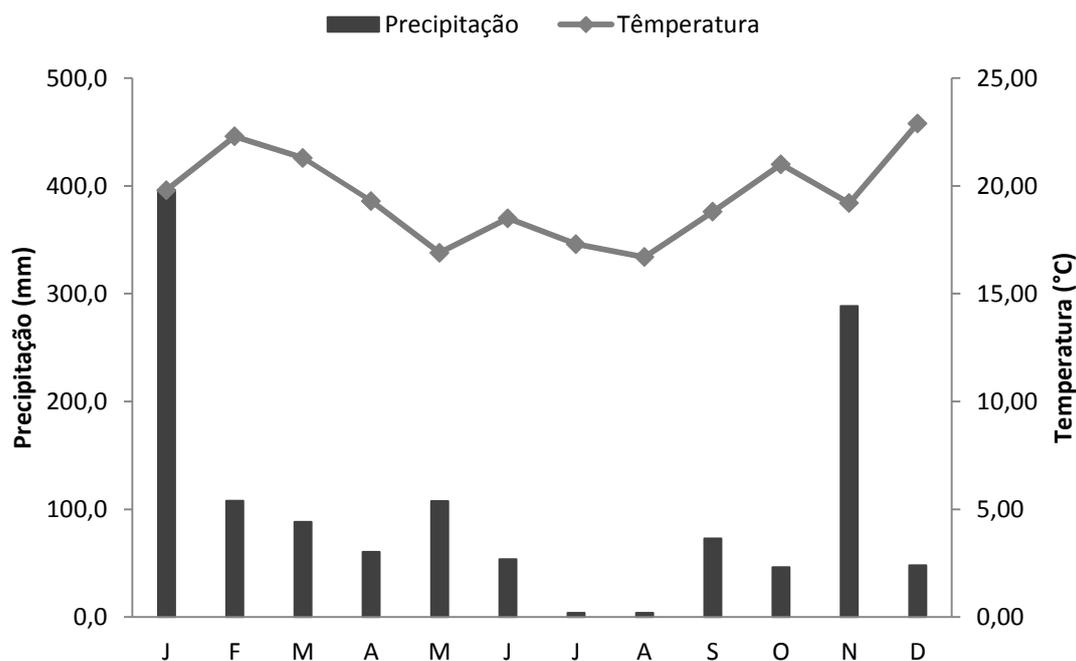


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal e temperatura média do ar de Janeiro à Dezembro de 2012 no município de Juiz de Fora, sudeste do Brasil.

## 2.2 Obtenção das Variáveis Ambientais

As variáveis ambientais e a comunidade de EPT foram amostradas uma única vez em fevereiro (período chuvoso) e agosto (período seco) de 2012. Em cada riacho, em um trecho de aproximadamente 200m, foram obtidas cinco amostras em corredeiras separadas por uma distância mínima de 15m de cada, totalizando 5 amostras.

A porcentagem de cobertura vegetal, para cada mesohabitat, foi obtida através de fotografia digital com uma câmera FUJIFILM CCD, lente Fujinon 5mm. As imagens registradas, de tamanho 4000 x 3000 / 12 Megapixel, foram convertidas em preto e branco, e analisadas no software gratuito ImageJ (Rasband, 2012).

Os valores de condutividade elétrica foram obtidos com condutímetro (Digimed DM-3p), o oxigênio dissolvido com oxímetro (Instrutherm MO-900), a

temperatura da água com Digimed DM-3p, o potencial hidrogeniônico (pH) com pHmetro (Digimed DM-22) e a turbidez com turbidímetro digital (Lutron – TU-2016). A velocidade da água foi obtida através do método do flutuador (Martineli & Kruche, 2007) e a profundidade foi medida com uma régua graduada. Para a obtenção das concentrações de nitrato (Crumpton et al., 1992), nitrito (Strickland & Parsons, 1968), amônia (Apha, 1995) e fósforo total (Wetzel & Likens, 2001) foram coletadas amostras de água em frascos de 500 mL em três corredeiras de cada riacho, sendo posteriormente filtradas e armazenadas em freezer até o momento da determinação das concentrações dos nutrientes.

### **2.3 Coleta e Identificação da Fauna**

Os substratos (mistura de areia, folhíço e pedra) presentes em cada mesohabitat foram coletados utilizando amostrador Surber (área 0,04 m<sup>2</sup> e malha 210µm), e fixados em formol 4%. A triagem dos organismos foi realizada em microscópio estereoscópico. A identificação em nível de gênero foi realizada em microscópio estereoscópico e óptico, de acordo com Bouchard (2004); Salles (2006) para Ephemeroptera; Olifiers et al. (2004); Lecci & Froehlich (2007) para Plecoptera; Pes (2005); Pes et al. (2005); Calor e Froehlich (2008) para Trichoptera. Após a identificação os organismos foram acondicionados em potes de vidro contendo álcool 70°GL e mantidos no Laboratório de Invertebrados Bentônicos da Universidade Federal de Juiz de Fora (LIB/UFJF).

### **2.4 Análises Estatísticas**

Para avaliar a ordenação dos riachos em relação os períodos de chuva e seca, em relação às variáveis ambientais foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA), com os dados físicos e químicos, previamente padronizados pelo desvio padrão. O número de componentes principais utilizado na interpretação da ordenação (PCs) foi determinado considerando autovalores maiores que os gerados pelo método de Brokenstick. As variáveis ambientais que mais contribuíram para a formação dos eixos foram selecionadas através da análise de correlação de Pearson ( $r > 0,7$ ). A PCA foi realizada no programa PC-ORD 5,15 (McCune & Mefford, 2006).

A estrutura das assembleias de EPT foi analisada através da abundância, riqueza (número de gêneros), diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e dominância de Simpson



nos períodos de chuva e seca para os riachos florestados, pastagens e urbanos separadamente. Para verificar se houve diferença nestas variáveis entre os períodos foi realizado o teste t (amostras independentes) no programa PAST 2,17 (Hammer et al., 2013).

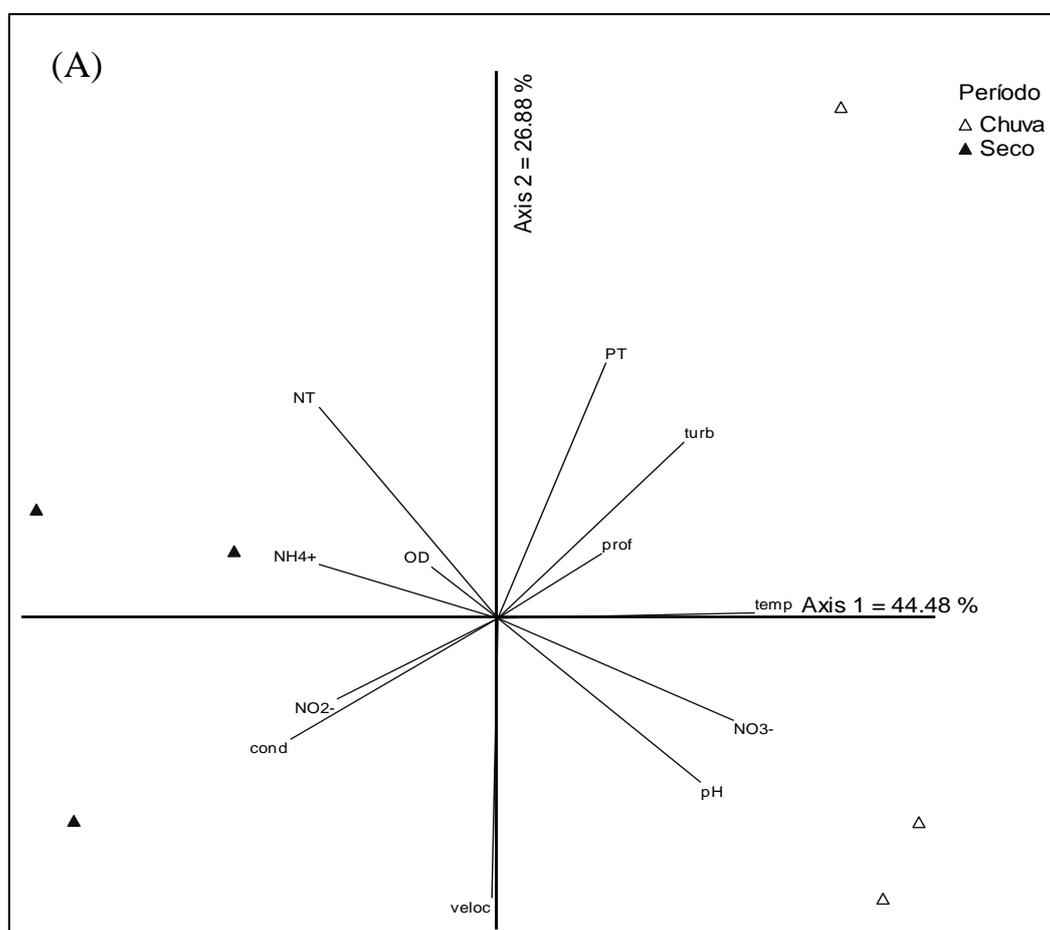
O teste de permutação de homogeneidade de dispersões multivariada foi realizado para testar se houve diferenças na persistência (diversidade beta) das assembleias de EPT entre os períodos de chuva e seca. O teste baseia-se nas distâncias de pontos individuais (amostras) a seu grupo centroide, no espaço tridimensional da análise de coordenadas principais (PCoA). Esta análise foi baseada em uma matriz de dissimilaridade obtida com o índice de Chao aplicada aos dados de abundância de EPT e realizada no programa R (R Foundation for Statistical Computing, 2011).

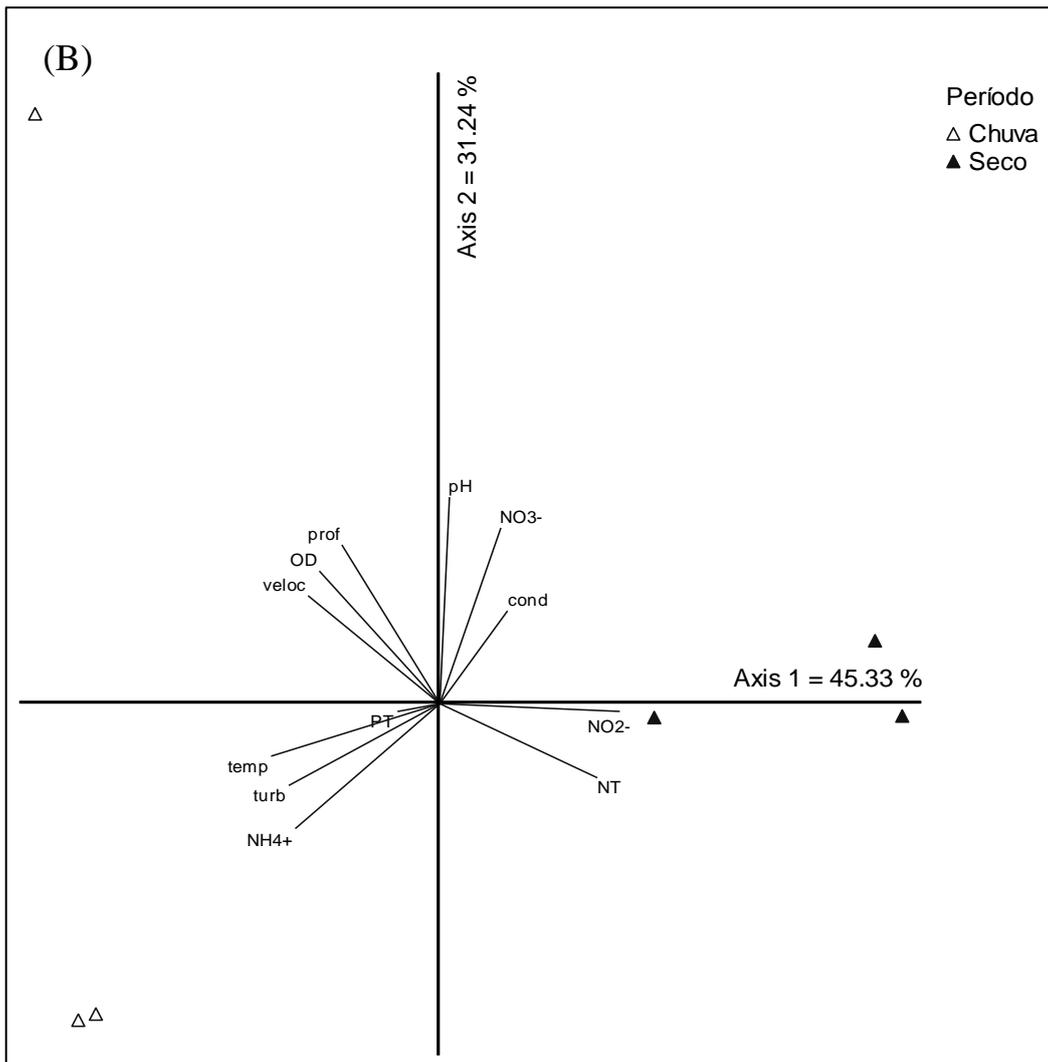
A análise de espécies indicadoras (IndVal) foi utilizada para verificar possíveis gêneros de EPT tipicamente associados aos diferentes períodos (chuvoso e seco). Esta análise foi realizada no programa R (R Foundation for Statistical Computing, 2011).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Variáveis Ambientais

O primeiro eixo da PCA mostrou a separação dos períodos de seca e chuva nos riachos florestados, em pastagem e urbanos (Figura 3 A–C). Diferentes variáveis ambientais contribuíram para separação dos períodos, de acordo com a paisagem no entorno dos riachos. Nos riachos florestados o período de chuva, temperatura da água, pH, turbidez, e  $\text{NO}_3$  foram relacionados positivamente ao primeiro eixo da PCA, enquanto o período de seca e a condutividade foi relacionados negativamente a este eixo (A). Nos riachos em pastagem o período de seca, o NT e  $\text{NO}_2$  foram relacionados positivamente ao primeiro eixo da PCA, enquanto o período de chuva, a temperatura da água, velocidade, turbidez e  $\text{NH}_4$  foram relacionados negativamente a este eixo (B). Nos riachos urbanos o período de seca, a condutividade,  $\text{NH}_4$  e PT foram relacionados positivamente ao primeiro eixo da PCA, enquanto o período de chuva, a profundidade, temperatura, turbidez, OD e  $\text{NO}_3$  foram relacionados negativamente com este eixo (C).





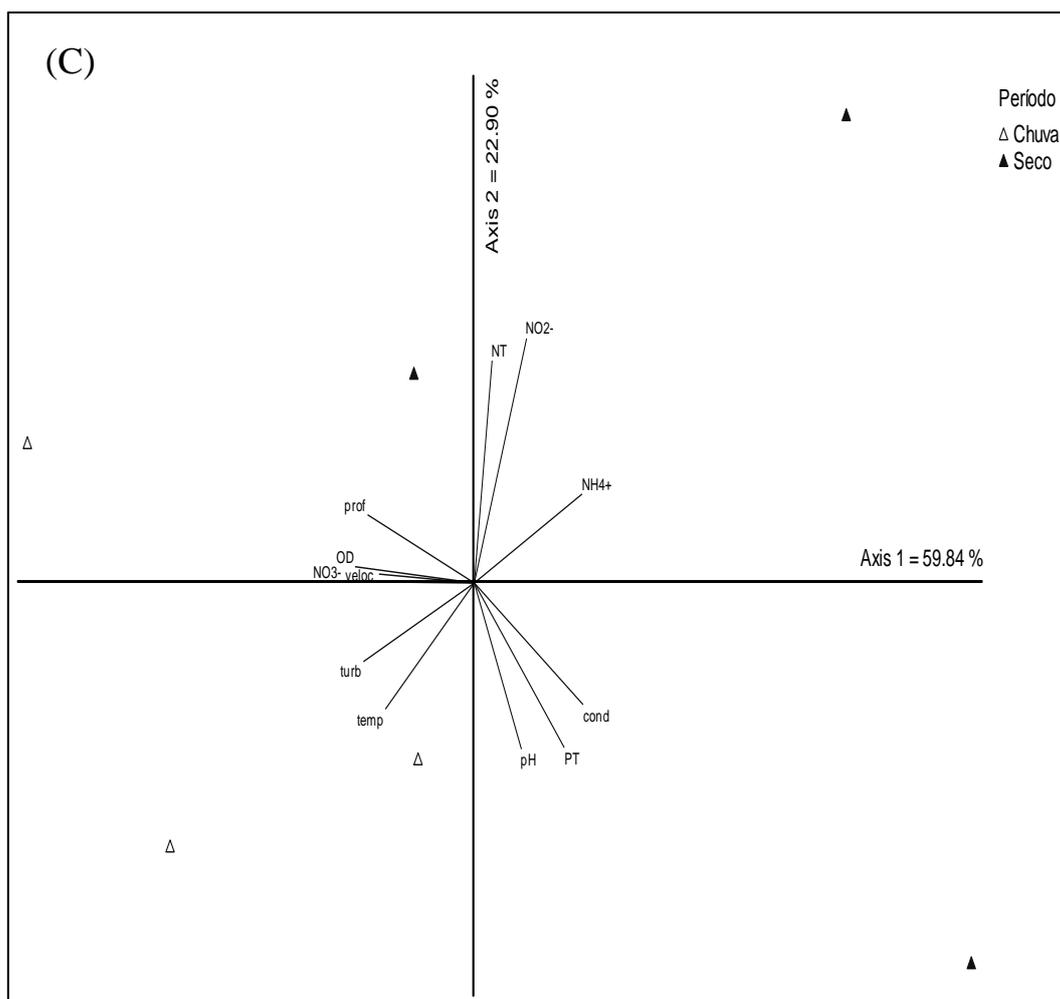


Figura 3: Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais dos períodos de chuva e seca dos riachos em área florestada (A), pastagem (B) e urbana (C), da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil. Prof.: profundidade, cond.: condutividade, temp: temperatura; turb: turbidez, OD: oxigênio dissolvido, veloc.: velocidade, NT: nitrogênio, NO2: nitrito, NO3: nitrato, NH4: amônia.

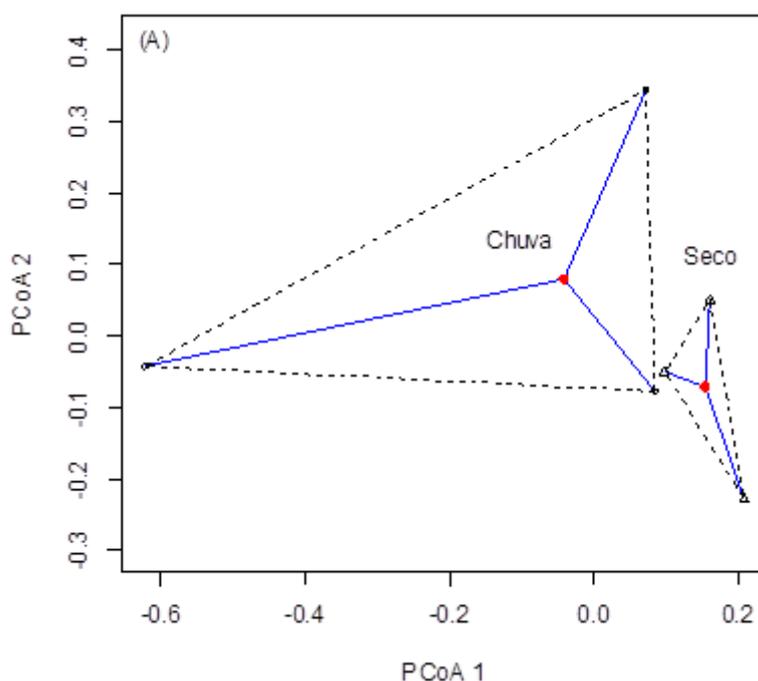
### 3.2 Variáveis Bióticas

Os resultados das métricas das assembleias de EPT não diferiram significativamente entre os períodos em áreas de pastagem e urbano (Tabela 1). Os riachos florestados foram os únicos que apresentaram diferença significativa para as métricas (riqueza, diversidade e dominância).

Tabela 1: Abundância, Riqueza, Diversidade de Shannon-Wiener, e Dominância da fauna de EPT dos riachos em área florestada, pastagem e urbana, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.

	Florestado		<i>t</i> test p	Pastagem		<i>t</i> test p	Urbano		<i>t</i> test p
	Chuvoso	Seco		Chuvoso	Seco		Chuvoso	Seco	
Abundancia	638	432	0,311	147	803	0,364	310	222	0,687
Riqueza	17	29	0,054	8	18	0,071	5	6	0,741
Diversidade	4,842	4,444	0,009	2,576	4,391	0,288	1,877	2,447	0,360
Dominância	0,864	0,496	0,020	1,664	1,044	0,445	1,9448	2,447	0,326

A PCoA mostrou que as unidades amostrais apresentaram maior dispersão no espaço multivariado no período chuvoso (Figura 4 A-C). No entanto, o teste de permutação para homogeneidade de dispersão multivariada não apresentou diferença entre os períodos para os riachos florestado ( $F=1,36$   $p= 0,296$ ) em pastagem ( $F= 0,303$   $p= 0,6$ ) e urbano ( $F=0,356$   $p= 0,679$ ).



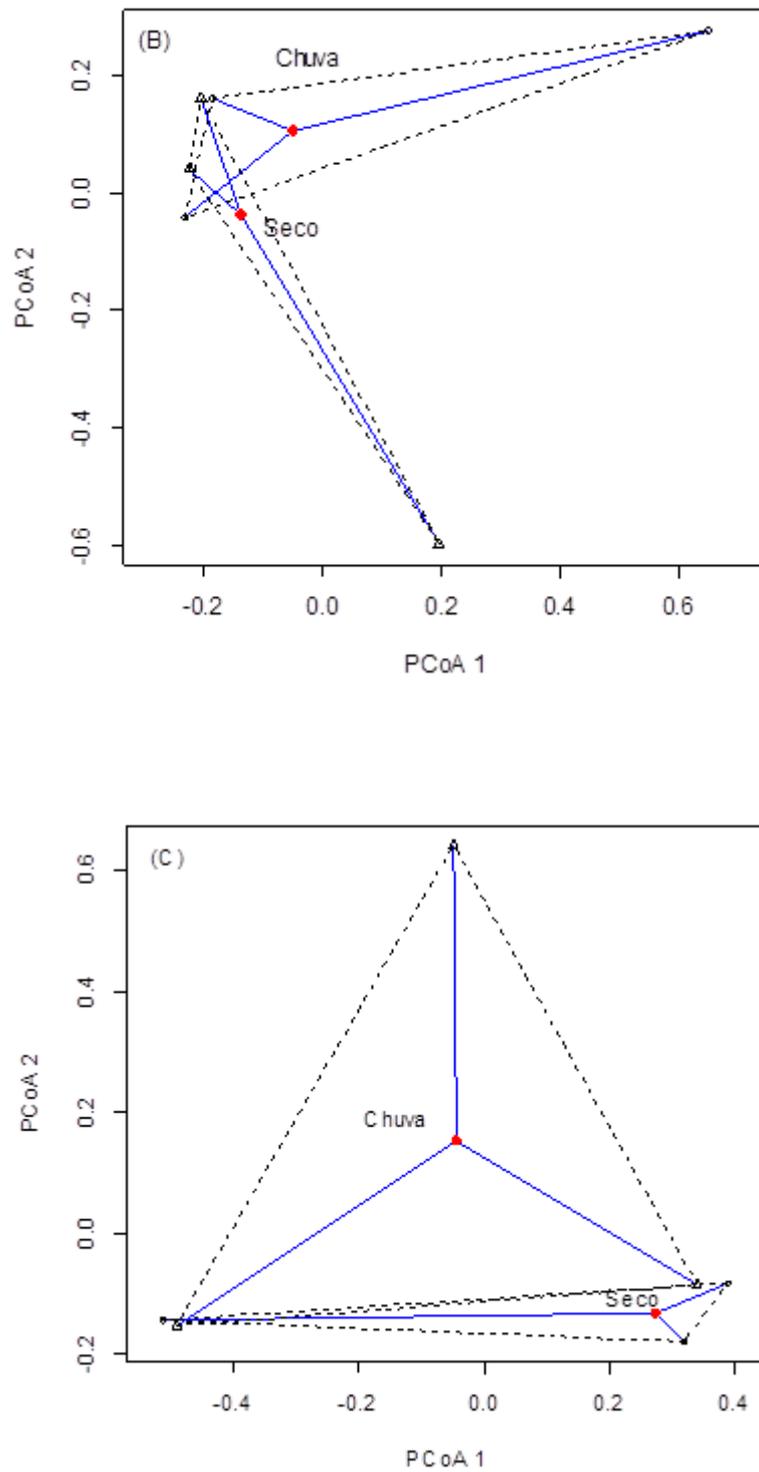


Figura 4: Análise de Coordenadas Principais (PCoA) das assembleias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera nos riachos florestados (A); pastagem (B); e urbanos (C) durante os períodos de chuva e de seca, da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil. Círculos indicam pontuações PCoA para amostras de chuva, e os triângulos indicam amostras de seca. Polígonos indicam dispersão máxima de unidades para cada círculo sólido. O círculo no centro de cada polígono representam os respectivos centros dos grupos.

A análise de IndVal apresentou cinco gêneros indicadores do período seco em áreas Florestada e de pastagem, área urbana não houve gêneros indicadores. No chuvoso, não ocorreu gêneros indicadores (Tabela 2).

Tabela 2: Análise de Espécies Indicadoras (IV) para a assembleia de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera Trichoptera nos riachos florestados (A); pastagem (B) para a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Marmelos, sudeste do Brasil.

	Florestado	Pastagem
<i>Taxa</i> que foram mais abundantes e frequentes no período seco.	<i>Farrodes</i> (0,775)	<i>Americabaetis</i> (0,820)
	<i>Leptohyphes</i> (0,730)	<i>Nectopsyche</i> (0,632)
		<i>Paragripopteryx</i> (0,577)

#### 4. DISCUSSÃO

Nesse estudo as variáveis físicas e químicas da água apresentaram diferenças entre os períodos de chuva e seca. Os valores mais elevados de temperatura e turbidez foram relacionados com o período de chuva na PCA de todas as áreas (florestada, pastagem e urbana). Em ambientes lóticos, períodos de chuva intensa provocam a lixiviação de partículas do solo para os corpos d'água, causando o aumento da turbidez da água (Maier, 1978). Este resultado também foi encontrado por Silva (2007) estudando riachos no Brasil Central, onde verificou aumento da turbidez em períodos de maior precipitação. Adicionalmente, a maior temperatura da água, ocorre em função da temperatura do ar mais elevada durante o período chuvoso. Ribeiro & Uieda (2005) estudando riachos na região Sudeste constataram que o aumento das chuvas causou a elevação do pH, velocidade da água, OD e temperatura.

A redução do volume de água no período seco tende a aumentar a condutividade elétrica, devido ao efeito da concentração de íons (Moschini-Carlos et al., 1999). Este efeito, também tende a ocorrer com os nutrientes inorgânicos como, por exemplo, amônia e nitrato (Oliveira et al., 2008). Neste estudo, a condutividade esteve relacionada com as áreas florestadas e urbanas no período seco, enquanto as concentrações de nutrientes estiveram associadas às áreas de pastagem e urbana, o que de acordo com Bleich et al. (2009) demonstra a dificuldade de diluição nesse período, causada pela diminuição da chuva e, conseqüentemente, do volume de água dos riachos. Distúrbios causados pelas chuvas ou por períodos prolongados de baixa estiagem provocam variações no fluxo da água e alterações nas características físicas e químicas dos riachos (Russo et al., 2002), determinando assim, diferente estrutura das assembleias de EPT entre períodos de chuva e seca.

No presente estudo não foi verificada diferença significativa na abundância dos gêneros de EPT entre os períodos de chuva e seca nas diferentes paisagens (Tabela 1). Gurtz & Wallace (1984) mostraram que no período chuvoso os substratos ficam mais sujeitos a ação direta da chuva, influenciando a resposta dos táxons a perturbações como inundações. No entanto, nesse estudo provavelmente a precipitação não foi suficiente para provocar aumento significativo na velocidade da água, considerando que esta variável, segundo resultados da PCA, não foi correlacionada com o período de chuva para os riachos florestados e urbanos, e dessa forma não foi capaz de provocar a desestruturação dos habitats e diminuição na abundância total dos organismos.



Nesse estudo foi observado que a riqueza de taxa de EPT, foi maior nos riachos florestados e no período seco, devido a densa cobertura vegetal que de acordo com Rosenberg & Resh (1993) proporciona maior diversidade e abundância de EPT. Enquanto a menor riqueza observada em área florestada no período chuvoso, pode ser explicada devido alguns indivíduos de EPT não estarem adaptados ao aumento do fluxo (Ribeiro & Uieda, 2005), podendo assim terem sido carreados, aumentando a diferença na riqueza, diversidade e dominância da fauna entre os períodos de chuva e seca.

Neste estudo o teste de permutação para homogeneidade de dispersão multivariada mostrou que os períodos de seca e chuva, independente da área do entorno, não diferiram em suas dispersões, o que pode ser interpretado como baixa variabilidade na composição de imaturos de EPT (diversidade beta). Este resultado provavelmente está relacionado com a capacidade da maioria dos indivíduos destes grupos em lidar com o aumento da precipitação no período de chuva. Os insetos aquáticos, entre eles os EPT, apresentam diversas adaptações morfológicas e fisiológicas que permitem sua permanência após algum distúrbio nos riachos (Ward, 1992). Segundo Merritt & Cummins (1996), Ephemeroptera e Plecoptera apresentam adaptações morfológicas como corpo achatado e hidrodinâmico, já larvas de Trichoptera embora seja o grupo que mais sofre com o aumento da vazão no período de chuva, de acordo com Pes (2005), são capazes de produzir secreções que lhes conferem maior aderência ao substrato. Estas adaptações, aliada a capacidade que alguns indivíduos apresentam de rápida recolonização do habitat após distúrbios causados pelo aumento da precipitação (Melo & Froehlich, 2001), podem ter refletido na similaridade da composição de imaturos entre os dois períodos estudados. Crisci-Bispo et al. (2007) mostraram resultados semelhantes ao nosso estudo, eles não verificaram uma redução significativa na densidade de EPT em resposta à variação da precipitação. De acordo com Melo & Froehlich (2001), a fauna aquática em geral é adaptada a chuvas de verão previsíveis e só uma chuva catastrófica incomum pode alterar sua composição.

Os Ephemeroptera *Farrodes* e *Leptohyphes* foram indicadores do período seco em ambientes florestados. Ambos os gêneros pertencem às famílias mais representativas da ordem Ephemeroptera em riachos neotropicais, com um grande número de espécies, podendo ocupar uma grande variedade de habitats (Cavallaro et al., 2010), porém, correntezas muito fortes, parecem dificultar a colonização destes gêneros (Da-Silva et al., 2010) reduzindo sua presença em períodos de maior precipitação. Os gêneros *Americabaetis*, *Nectopsyche* e *Paragripopteryx* foram indicadores de ambientes de

pastagem para o período seco. De acordo com Pérez & Segnini (2005), ninfas de Baetidae podem ocorrer tanto em períodos de alta precipitação quanto de baixa precipitação, porém *Americabaetis* é mais abundante em épocas de baixa pluviosidade. As larvas de *Nectopsyche* ocorrem principalmente em corredeiras (Crisci-Bispo et al., 2004), e dessa forma, esperávamos que estas larvas fossem adaptadas a fluxos mais elevados e provavelmente ocorressem em maior abundância no período de chuva. *Paragripopteryx* são classificados como raspadoras ou coletoras (Merritt & Cummins, 1996). O aumento da turbidez no período chuvoso impede o desenvolvimento de perifíton, criando condições desfavoráveis para o desenvolvimento de populações de raspadores (Wiggins & Mackay, 1978), contribuindo desta forma na redução de indivíduos deste gênero no período de maior precipitação. Nenhum gênero de EPT foi indicador dos períodos de chuva e seca nos riachos urbanos, provavelmente, devido estes organismos serem encontrados em baixa abundância nestes locais. A integridade da paisagem em riachos de baixa ordem está diretamente relacionada com a riqueza e a diversidade total de EPT (Rios & Bailey, 2006; Kasangaki et al., 2007). Ambientes alterados acarretam redução na abundância e riqueza destes *taxa* (Rosenberg & Resh, 1993).

## 5. CONCLUSÕES

No presente estudo, a composição faunística apresentou alta similaridade o que mostra que a ocorrência de chuvas, não foi capaz de levar a desestruturação das assembleias de EPT, independente das características do entorno dos riachos. Porém, alguns gêneros foram registrados em maior abundância e frequência apenas na estação seca, o que mostra a importância de estudos ecológicos da fauna de EPT em nível de gênero.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON M. J. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. **Biometrics**, v. 62, p. 245–53, 2006.

APHA, 1995. **Standard methods**. 19 ed. American Public Health Association, Washington.

BAPTISTA, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; BUSS, D. F.; NESSIAMIAN, J. L. Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 2, p. 295-304, 2001.

BLEICH, M. E.; ROSSETE, C. J. S. A. N. Variação temporal e espacial das características limnológicas de um ecossistema lótico no Cerrado do Mato Grosso. **Biotemas**, v. 22, n. 2, p. 161-171, 2009.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G. 1998. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, Estado de Goiás. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A. L. (Ed) *Ecologia de Insetos Aquáticos, Série Oecologia Brasiliensis*, v. 5, p. 175-189.

BISPO, P. C.; CLÁUDIO GILBERTO FROELICH, C. G.; OLIVEIRA, L. G. Stonefly (Plecoptera) fauna of streams in a mountainous area of Central Brazil: abiotic factors and nymph density. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 1, p. 325-334, 2002.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G.; BINI, L. M.; SOUSA, K. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures, **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 66, n. 2, p. 611–622, 2006.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n.2, p.283–293, 2007.

BOUCHARD, R. W. J. R. 2004. **Guide to aquatic macroinvertebrates of the upper Midwest**. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, 208p.

CAVALLARO, K. O. R.; SPIES, M. R.; SIEGLOCH, A. E. Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera assemblages in Miranda River basin, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Biota Neotropical**, v. 10 n. 2, 2010.

BUCKUP, L.; BUENO, A. A. P.; BOND-BUCKUP, G.; CASAGRANDE, M.; MAJOLO, F. The benthic macroinvertebrate fauna of highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, 2007.

CRISCI-BISPO, V. L. ; BISPO, P. C.; FROEHLICH, C. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, 2007.

CRISCI-BISPO V. L.; BISPO P. C.; FROEHLICH C. G. Triplectides larvae in empty cases of Nectopsyche (Trichoptera, Leptoceridae) at Parque Estadual Intervales, São Paulo State, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 48, 133-134, 2004.

CRUMPTON, W.G.; ISENHART, T.M.; MITCHELL, P.D. Nitrate and Organic N Analysis using Second-Derivative Spectroscopy. **Limnology and Oceanography**, v. 37, p. 907-913, 1992.

DA-SILVA, E. R.; NESSIMIAN, J. L.; COELHO, L. B. N. Leptophlebiidae from Rio de Janeiro State, Brazil: nymphal habitats, mesohabitats, and habits (Insecta: Ephemeroptera). **Biota Neotropiacal**, v. 10, n. 4, 2010.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; OLIVEIRA, L. G.; SILVA, M. M. Explaining the beta diversity of aquatic insects in "cerrado" streams from central Brazil using multiple mantel test. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, n. 2, p. 223-231, 1998.

GURTZ, M. E.; WALLACE, J.B. Substrate - mediated response of stream invertebrates to disturbance. **Ecology**, v. 65, p. 1556-1569, 1984.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2013.

KASANGAKI A, O.; CHAPMAN L.J.; BALIRWA J. Land use and ecology of benthic macroinvertebrates assemblages of high-altitude rainforest streams in Uganda. **Freshwater Biology**, p. 1-17, 2007.

Lake P, S. Disturbance, patchiness and diversity in streams. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 19, p. 573–92, 2000.

LAUTERS, F. P.; LAVANDIER, P.; LIM, C. SABATON.; BELAUD, A. 1996, Influence of hydropeaking on invertebrates and their relationship with fish feeding habits in a pyrenean river. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 12, p. 563-573, 1996.

LECCI, L.S.; FROEHLICH, C. G. 2007. Plecoptera. **In:** Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>.

MAIER, M. H. Considerações sobre as características limnológicas de ambientes lóticos. **Instituto de Pesca**, v. 5, n. 7, p. 75-90, 1978.

MARTINELLI, L. A.; KRUSCHE, A. V. 2007. Amostragem de invertebrados bentônicos. **In:** BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. (Org.). Amostragem em Limnologia, São Carlos: Rima, v. 2, p. 263-279.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD: Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 5.31.** MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 2006.

MELO, A. S.; FROEHLICH, C. G. Macroinvertebrates in neotropical streams: richness patterns along a catchment and assemblage structure between 2 seasons. **Journal of the North American Benthological society**, v. 20, n. 1, p. 1-16, 2001.

MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. L. M.; HENRY, R. 1999. Dinâmica da comunidade perifítica na zona de desembocadura do rio Paranapanema, represa do Jurumirim, SP. **In:** Henry, R. (Ed.). *Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais*. FUNDIBIO/FAESP, p. 690-734, Botucatu, Brasil.

MORAES, B. C; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará, **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 207–214, 2005.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. 1996. **An introduction to the aquatic insects of North American**. Dubuque, Kendal, Huntt plubishing, 3ed, XIII+82 p.

OLIFIERS, M. H.; DORVILLÉ, L. F. M.; NESSIMIAN, J. L.; HAMADA, N. A key to Brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. **Zootaxa**, v. 651, p. 1–15, 2004.

OLIVEIRA, L. G.; BISPO, P. C.; SÁ, N. C. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do parque ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 14, n. 4, p. 867-876, 1997.

OLIVEIRA, L. C; GOMES, B. M.; BAUMGARTNER, G.; SEBASTIEN, G. N. Spatial and temporal variation of limnological factors in streams of the micro-basin of the São Francisco Verdadeiro river. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, 2008.

PÉREZ, B.; SEGNINI, S. Variación especial de la composición y diversidad de géneros de Ephemeroptera (Insecta) en un río tropical altiandino. **Entomotropica**, v. 20, p. 49–57, 2005.

PES, A. M. O. 2005. **Taxonomia, estrutura e riqueza das assembleias de larvas e pupas de Trichoptera (Insecta), em igarapés na Amazônia Central**. Tese de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal de Manaus, Manaus, Brasil.

PES, A. M. O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN L, J. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n.2, p. 181-204, 2005.

PIFANO, D. F.; VALENTE, A. S. M.; CASTRO, R. M.; PIVARI, M. O. D.; SALIMENA, F. R. G.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Similaridade entre os habitats da vegetação do morro do Imperador, Juiz de Fora, Minas Gerais, com base na composição da sua flora fanerogâmica. **Rodriguésia**, v. 58, n. 4, p. 885-904, 2007.

RASBAND, W. S. 2012. **ImageJ**. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Disponível em: <http://imagej.nih.gov/ij/>.

R CORE TEAM. 2013. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.

ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H. 1993. **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**, London, IX + 488p.

RIBEIRO, L. O.; UIEDA, V. S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 3, 2005.

RIOS, S. L.; BAILEY R. C. Relationship between riparian vegetation and stream benthic communities at three spatial scales. **Hydrobiologia**, v. 553, p. 153–160, 2006.

RIGHI-CAVALLARO, K. O.; SPIES, M. R.; SIEGLOCH, A. E. Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera assemblages in Miranda River basin, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Biota Neotropical**, v. 10, n. 2, 2010.



RUSSO, M. R.; FERREIRA, A.; DIAS, R. M. Disponibilidade de invertebrados aquáticos para peixes bentófagos de dois riachos da bacia do rio Iguaçu, Estado do Paraná, Brasil. **Maringá**, v. 24, n. 2, p. 411-417, 2002.

SALLES, F. F. 2006. **A ordem Ephemeroptera no Brasil (insecta): taxonomia e diversidade**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

SILVA, N. T. C. 2007. **Macroinvertebrados bentônicos em áreas com diferentes graus de preservação ambiental na bacia do ribeirão Mestre d'Armas, DF**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

SOUZA, H. M. L.; CABETTE, H. S. R.; JUEN, L. Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) em córregos do cerrado matogrossense sob diferentes níveis de preservação ambiental. **Iheringia**, Série Zoologia, v. 101 n. 3, 2011.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. 1968. **Determination of reactive phosphorus, A Practical Handbook of Seawater Analysis**. Fisheries Research Board of Canada, p. 49-56.

WARD, J. V. 1992. **Aquatic insect ecology: ecology and habitat**. New York, 438p.

WETZEL, R. G., LIKENS, G. E. 2001. **Limnological analyses**. 2 ed, New York: Springer-Verlag.

WIGGINS G. B.; MACKAY R. J. Some relationships between systematics and trophic ecology in Nearctic aquatic insects, with special reference to Trichoptera. **Ecology**, v. 59, p. 1211-1220, 1978.

YOKOYAMA, E.; PACIENCIA, G. P.; BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G.; BISPO, P. C. A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil?. **Ambiência Guarapuava**, v.8 n.1 p. 73–84, 2012.