

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
ANIMAL**

**EFEITO DE PEQUENAS VARIAÇÕES NA
ALTITUDE E NA ORDEM DE RIACHOS SOBRE A
ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE INSETOS
AQUÁTICOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BRUNA MARMITT BRAUN

**SANTA MARIA, RS, BRASIL
2014**

**EFEITO DE PEQUENAS VARIAÇÕES NA ALTITUDE E NA ORDEM
DE RIACHOS SOBRE A ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE
INSETOS AQUÁTICOS**

BRUNA MARMITT BRAUN

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Biológicas – Área de Biodiversidade Animal**

Orientadora: Prof^a Dra. Carla Bender Kotzian
Co-orientadora: Prof^a Dra. Marcia Regina Spies

SANTA MARIA, RS, BRASIL
2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Marmitt Braun, Bruna
EFEITO DE PEQUENAS VARIAÇÕES NA ALTITUDE E NA ORDEM DE RIACHOS SOBRE A ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE INSETOS AQUÁTICOS / Bruna Marmitt Braun.-2014.
68 p.; 30cm

Orientadora: Carla Bender Kotzian
Coorientador: Marcia Regina Spies
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, RS, 2014

1. EPT 2. Elmidae 3. Psephenidae 4. Bacia do Rio Toropi 5. Região Neotropical I. Bender Kotzian, Carla II. Spies, Marcia Regina III. Título.

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

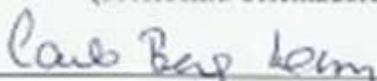
**EFEITO DE PEQUENAS VARIAÇÕES NA ALTITUDE E NA
ORDEM DE RIACHOS SOBRE A ESTRUTURA DE
COMUNIDADES DE INSETOS AQUÁTICOS**

elaborada por
Bruna Marmitt Braun

Como requisito parcial para obtenção de grau de
Mestre em Ciências Biológicas – Área de Biodiversidade Animal

COMISSÃO EXAMINADORA:

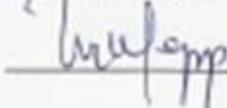
Carla Bender Kotzian, Dra.
(Presidente/Orientadora)



Ana Emília Slegloch, Dra. (UNIPAC)



Luiz Ubiratan Hepp, Dr. (URI/Erechim)



Santa Maria, 10 de fevereiro de 2014

**Dedico esse trabalho à minha família
e ao meu amor Gabriel.**

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial aos meus pais Jair e Claudia, aos meus irmãos Caio, Lucas e Leonardo, que sempre me deram muito amor, e estiveram ao meu lado. Ao meu avô Danilo, que sempre nos incentivou e nos fez persistir na busca de nossos ideais.

À professora Carla Bender Kotzian, pela acolhida, pelo apoio, pela paciência, pelo auxílio que necessitei neste período.

À CAPES pela bolsa de estudo concedida.

À professora Márcia Regina Spies pela identificação dos Trichoptera e pela colaboração na construção do projeto.

Ao biólogo e amigo Mateus Marques Pires, que foi de fundamental importância na construção desta dissertação, no auxílio nas correções, na estatística. Com toda certeza você foi de fundamental importância para essa conquista

Aos biólogos Andrea Salvarrey e Tiago Bertaso pelo auxílio na identificação das Ephemeropteras.

Aos meus colegas do METE-METE: Vanessa, Michelle, Roger, Alcemar, Luciani, Elis, Carol, Andrea, Nicolas, Giulia, Rose e os apêndices. Vocês foram peça fundamental para que esse sonho fosse realizado, obrigada pelas inúmeras horas de conversas, brigadeiros, barras de chocolate, cafezinhos, pizzas e cervejadas. Sem o apoio de vocês esta conquista não seria possível.

Aos demais colegas do laboratório de Macroinvertebrados Aquáticos-UFSM, pelo auxílio nas triagens, identificações, pelo apoio e convivência.

À bióloga e colega de graduação e mestrado Luíza, pelas milhares horas de conversas, divagações, mates, sushis, croassinhos. Sua ajuda foi essencial para eu chegasse até aqui.

À minha querida amiga Grace e a Liloca, que foram minha maior surpresa e minha motivação na reta final. O companheirismo de vocês fez com que o processo final fosse mais alegre e feliz. Obrigada pela força.

Aos meus CÃOpanheiros Bóris (*in memorium*) e Armani, eles me deram a força necessária para chegar até o fim. “Um cão é um anjo que vem ao mundo para ensinar amor. Quem mais pode dar amor incondicional, amizade sem pedir nada em troca. Afeição sem esperar retorno. Proteção sem ganhar nada. Fidelidade 24h por dia! Alguns anjos não possuem asas, possuem quatro patas, um corpo peludo, nariz de bolinha, orelhas de atenção, olhar de aflição e carência. Apesar dessa aparência, são tão anjos quanto os outros (aqueles com asas) e se dedicam aos seus humanos tanto quanto qualquer anjo costuma dedicar-se.”

Ao meu amor, meu amigo, meu companheiro Gabriel, obrigado pela força, pelo apoio incondicional, por aguentar tudo sempre ao meu lado. Obrigada por não me fazer desistir, por mostrar a minha força, quando nem eu mesmo sabia que tinha. Te amo demais.

MUITO OBRIGADA!

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal
Universidade de Santa Maria

EFEITO DE PEQUENAS VARIAÇÕES NA ALTITUDE E NA ORDEM DE RIACHOS SOBRE A ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE INSETOS AQUÁTICOS

ORIENTADORA: CARLA BENDER KOTZIAN

CO-ORIENTADORA: MARCIA REGINA SPIES

Data e Local de Defesa: Santa Maria, 10 de fevereiro de 2014

O presente estudo analisa o efeito de pequeno gradiente altitudinal (0-500 m) e de ordem (1^a - 4^a) sobre a estruturação e a distribuição espacial de comunidades de EPT e de coleópteros das famílias Elmidae e Psephenidae em uma bacia hidrográfica de uma região com clima temperado, nos Neotrópicos. A influência de fatores ambientais de escala espacial local sobre as comunidades também analisada, de forma a compreender-se melhor a estruturação espacial das comunidades. Quarenta riachos de 1 a 4^a ordem, distribuídos em cinco faixas de altitude (de 0-100 a 400-500 m) foram amostrados. Ao todo, 52 gêneros pertencentes a 18 famílias foram registrados. As maiores riquezas foram encontradas nas faixas de altitude intermediárias e no grupo de riachos de ordens extremas (1^a e 4^a). A maioria dos fatores abióticos teve seus valores regulados pelo gradiente altitudinal. Temperatura do ar, ordem e condutividade elétrica estiveram relacionados à distribuição dos gêneros Americabetis, Camelobaetidius, Paracloeodes e Smicridea. Os tricópteros Austrotinodes, Celaenotrichia e um elmídeo não descrito, Gênero M, são ocorrências novas no estado. Os resultados mostram que mesmo intervalos altitudinais pequenos (0-100 m) podem determinar diferenças em aspectos da estrutura da comunidade de insetos ambientalmente sensíveis, como os EPT e os coleópteros Elmidae e Psephenidae. Gradientes de altitude curtos também podem modular fatores abióticos que influenciam a composição de gêneros das comunidades ao longo dos rios. Nesse sentido, zonas de altitude intermediárias em regiões com pequeno gradiente altitudinal e riachos de 1^a e 4^a ordem devem receber especial atenção em programas de preservação ambiental.

ABSTRACT

Master Dissertation
Post-Graduation in Animal Biodiversity
Universidade Federal de Santa Maria

EFFECT OF SMALL CHANGES IN ALTITUDE AND IN STREAM ORDER ON THE STRUCTURE OF COMMUNITIES OF AQUATIC INSECTS

AUTHOR: BRUNA MARMITT BRAUN
ADVISOR: CARLA BENDER KOTZIAN
CO-ADVISOR: MARCIA REGINA SPIES

The present study analyzes the effects of a short elevation gradient (0-500 m) and stream order (1st to 4th) on the structure and spatial distribution of EPT and Coleoptera (Elmidae and Psephenidae) communities in a Neotropical temperate basin. The influence of local abiotic factors on the communities was also analyzed. Forty streams (from 1st to 4th order) distributed in five elevation ranges (0-100 to 400-500 m) were sampled. Overall, 52 genera belonging to 18 families were recorded. The highest richness was found in intermediate elevation ranges and 1st and 4th order streams. Most abiotic factors were structured according to the elevation gradient. Air temperature, stream order and electrical conductivity were related to the distribution of the following genera: *Americabetis*, *Camelobaetidius*, *Paracloeodes* and *Smicridea*. The caddisfly genera *Austrotinodes* and *Celaenotrichia* and an undescribed Elmidae genus (genus M) are new records for the region. The results evidence that even short elevation ranges (e.g. 100 m) may influence differences in community structure of environmentally sensitive aquatic insects. Short elevation gradients can also modulate variation in abiotic factors that influence the composition of stream communities. In this sense, intermediate elevation zones located in regions marked by low elevation gradients and low-order streams might deserve more consideration from conservation and environmental assessments programs.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1:

- Figura 1: Local de coleta de comunidades de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e dos coleópteros Elmidae e Psephenidae na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil..... 39
- Figura 2: Curva cumulativa de gêneros das comunidades Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera encontradas na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil..... 40
- Figura 3: Diversidade (%) de gêneros das famílias de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera da Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil..... 37
- Figura 4: Diagrama de ordenação das A) amostras e B) táxons para os de gêneros de insetos aquáticos da Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil. Legenda de amostras e de gêneros conforme numeração da Figura 1 e da Tabela 1 respectivamente..... 38

ARTIGO 2:

- Figura 1: Locais de coleta das comunidades de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera na bacia do Rio Toropi, RS, Brasil conforme cinco faixas de altitude (0-100, 100-200, 200-300, 300-400 e 400-500 metros) e quatro ordens (1a, 2a, 3a e 4a).. 48
- Figura 2: Análise de Componentes Principais (PCA) relacionando as variáveis ambientais com os locais de amostragem..... 52
- Figura 3: Comparação da riqueza estimada das comunidades de EPT e Coleoptera por faixa de altitude (A) e por grupos de ordem (B) na bacia do Rio Toropi, RS, Brasil, nos meses de outubro a novembro/2010..... 54
- Figura 4: Diagrama de Ordenação NMDS para as diferentes faixas de altitude (I, II, III, IV, V) na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil..... 55
- Figura 5: Diagrama de ordenação das amostras e táxons para os dois primeiros eixos da Análise de Redundância de gêneros de insetos aquáticos da Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil..... 57

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1:

Tabela 1: Gêneros de Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera e Coleoptera coletados na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil.....	36
Tabela 2: Autovalores, coeficientes de correlação táxon-ambiente e porcentagem cumulativa explicada dos dois primeiros eixos da RDA para comunidades de gêneros de insetos aquáticos da Bacia do Rio Toropi.....	37
Tabela 3: Correlações inter-set entre os dois primeiros eixos da RDA e as variáveis ambientais medidas na Bacia do Rio Toropi.....	38

ARTIGO 2:

Tabela 1: Correlações das variáveis ambientais com o 1º eixo da PCA.....	52
Tabela 2: Gêneros de Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera e Coleoptera coletados entre outubro e novembro/2010, na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil, por faixa de altitude (I a V) e por grupo de ordem (1 a 4).....	53
Tabela 3: Valores de p relativos às comparações pareadas a posteriori da db-MANOVA entre os níveis do fator altitude (I, II,III,IV,V).....	55
Tabela 4: Análise do percentual de similaridade (SIMPER) para os táxons responsáveis pelas diferenças observadas entre as assembleias EPT e Coleoptera de acordo com as cinco faixas de altitude (I, II, III, IV, V) na Bacia do rio Toropi, RS, Brasil.....	55
Tabela 5. Autovalores, coeficientes de correlação táxon-ambiente e porcentagem cumulativa explicada dos dois primeiros eixos da RDA para comunidades de gêneros de insetos aquáticos da Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil.....	57
Tabela 6. Correlações inter-set entre os dois primeiros eixos da RDA e as variáveis ambientais medidas na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil	57

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
REFERÊNCIAS	16

ARTIGO 1: DIVERSIDADE E ASPECTOS ECOLÓGICOS DE EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA, TRICHOPTERA E COLEOPTERA (ELMIDAE E PSEPHENIDAE) EM RIACHOS DE REGIÃO MONTANHOSA DO SUL DO BRASIL.....

RESUMO	20
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	24
Locais de coleta.....	25
Análise de dados	26
RESULTADOS	27
DISCUSSÃO	28
CONCLUSÃO	33
AGRADECIMENTOS	35
REFERÊNCIAS	35

ARTIGO 2: EFEITO DE PEQUENAS VARIAÇÕES NA ALTITUDE E NA ORDEM DE RIACHOS SOBRE A ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE INSETOS AQUÁTICOS SENSÍVEIS A VARIAÇÕES AMBIENTAIS....

RESUMO	48
ABSTRACT	48
INTRODUÇÃO	49
MATERIAL E MÉTODOS	51
Área de estudo.....	46
Locais de coleta.....	47
Amostragem e identificação.....	48
Dados ambientais e abióticos.....	52
Análise dos dados.....	52
RESULTADOS	51
DISCUSSÃO	58
CONCLUSÃO	62
AGRADECIMENTOS	62
REFERÊNCIAS	62

INTRODUÇÃO GERAL

Por diversas razões, as áreas utilizadas em programas de conservação representam apenas uma parte dos ecossistemas ou ambientes a serem preservados (Pim et al., 2001; Diniz-Filho et al., 2009). Desta forma, estudos sobre fatores ambientais que influenciam a distribuição das comunidades, em escala espacial, têm recebido grande atenção (Noss, 1992). Embora as escalas espaciais utilizadas não tenham definição ou delimitação rigorosa (Sandin e Johnson, 2004), aquelas que permitem compreender a estrutura das comunidades em escala intermediária entre local e geográfica, como a de paisagem, são mais úteis para auxiliar a gerenciar as áreas, geralmente fragmentadas, das unidades de conservação.

Rios e riachos estão entre os ambientes mais ameaçados mundialmente, devido ao consumo histórico da água para diversas atividades humanas (Allan e Castillo, 2007; Maloney et al., 2011). Contudo, os programas de conservação geralmente não contemplam adequadamente esses ambientes, pois se baseiam, principalmente, em padrões e processos relacionados a comunidades de ecossistemas terrestres (Moulton, 2008). Rios comumente transpõem os limites das áreas destinadas à preservação desses ecossistemas, por exemplo, como parques. Cursos de grande ordem de rios e riachos de áreas de encosta não costumam ser protegidos pelas áreas de conservação (Moulton, 2008). Dessa forma, a proteção de comunidades fortemente influenciadas por gradientes montante-jusante, como a de macroinvertebrados, fica prejudicada.

Em rios, a distribuição espacial das comunidades de macroinvertebrados tem sido explicada tanto por fatores paisagísticos tipicamente terrestres, como uso da terra, geologia superficial e altitude, como por fatores estritamente a eles vinculados (*riverscapes*, Wiens, 2002), como ordem (veja referências em Sandin e Johnson, 2004; Feld e Hering, 2007; Bonada et al., 2008). Esses fatores podem modular aqueles de escala local, como os abióticos, que, dessa forma, covariam com as mudanças de paisagem (e.g., Turner, 1989; Lewis e Magnuson, 2000). Por exemplo, cursos superiores, localizados em encostas e maior altitude, frequentemente têm vegetação ripária melhor preservada, sedimento do leito mais grosso, água melhor oxigenada e com velocidade maior, e temperatura mais baixa, do que os cursos localizados em áreas de planície e com menor altitude (e.g. Carter et al., 1996; Feld e Hering, 2007; Martel et al., 2007; Maloney e Weller, 2010).

Altitude e ordem de rios podem ser considerados fatores paisagísticos, quando analisados em gradientes longos. Nessa condição, ambos são importantes elementos estruturais das comunidades de macroinvertebrados. Quando as comunidades são submetidas a grande variação de altitude (e.g., planalto x planície; 0 a 3500 m), riqueza, composição e abundância de espécies podem modificar-se de montante para jusante (e.g., Jacobsen et al., 2003; Henriques-Oliveira e Nessimian, 2010, Miserendino e Masi, 2010). Diferentes ordens de rios também determinam modificações de riqueza, composição e grupos funcionais (e.g., Vannote al., 1980; Mouthon, 1999; Cummins et al., 2005). Altitude e ordem, também, podem covariar em bacias hidrográficas localizadas em áreas montanhosas. Nessas, os riachos de menor ordem (nascentes) geralmente são mais numerosos nas áreas de maior altitude, enquanto os rios de maior tamanho são mais comuns nas áreas mais baixas, mas menos numerosos. Dessa forma, a influência destes fatores sobre a estrutura das comunidades de macroinvertebrados, geralmente, é analisada de forma conjunta (e.g., Suren, 1994, Henriques-Oliveira, 2010) e, raramente, de forma isolada (e.g., Salvarrey et al., 2013).

Análise da influência da ordem e da altitude sobre a estrutura das comunidades de rios pode ser bastante complexa, pois certos elementos de paisagem podem variar muito entre diferentes regiões, temperatura regional, vegetação, geologia de superfície e uso da terra. Essa condição dificulta ou impede que padrões na alteração das comunidades sejam encontrados, e é uma das razões para que a hipótese do ‘Rio Contínuo’ (Vannote et al., 1980), que propõe um padrão de alteração na estrutura funcional das comunidades, conforme a ordem dos rios modifica, seja considerada um paradigma universal. A hipótese complementar do ‘Rio Descontínuo’ reflete melhor a influência de diferentes gradientes de paisagens e da natureza hierárquica dos rios (veja revisão em Poole, 2002) sobre as comunidades de macroinvertebrados.

Dessa forma, em gradientes de paisagem mais curtos, como riachos localizados em áreas de planície ou em áreas de encosta com pequena variação de altitude, as modificações que ocorrem na estrutura das comunidades de macroinvertebrados são menos acentuadas. Por exemplo, estudos conduzidos em riachos de 1^a a 4^a ordem, registraram variações na riqueza e na abundância proporcional de espécies das comunidades de macroinvertebrados (e.g., Baptista et al., 1998ab; Baptista et al., 2001; Salvarrey et al., 2013). Em estudos realizados em regiões de planície ou com pouca variação de altitude (ca. 400 a 500 metros), a riqueza de comunidades de moluscos de riachos também variou positivamente com a ordem, e negativamente com a altitude dos

riachos, mas não a abundância proporcional de suas espécies (Freitas, 2011; Sá, 2012). Além disso, alguns estudos conduzidos em gradientes longos têm mostrado que as variações mais acentuadas nas comunidades ocorrem em faixas de altitude ou ordens intermediárias (e.g., Suren, 1994, Jacobsen et al. 2003, Jacobsen e Marín, 2008).

Muitas áreas que poderiam constituir importantes locais para preservação localizam-se em paisagens onde gradientes de altitude e ordem de rios não são longos. Embora estudos conduzidos com comunidades de moluscos neste tipo de região não tenham mostrado forte influência da ordem e da altitude (Sá, 2012), aqueles conduzidos com macroinvertebrados parecem demonstrar o contrário (Salvarrey et al., 2013). Com efeito, muitos moluscos límnicos são tolerantes a variações ambientais em muitos fatores de escala local, respondendo às modificações sutis que ocorrem em gradientes curtos de paisagem (Mouthon, 1999; Kotzian e Simões, 2008). Dessa forma, encontrar padrões de distribuição espacial de comunidades de macroinvertebrados em riachos de encosta é uma informação necessária para a conservação desses ecossistemas.

O presente estudo analisa o efeito da altitude e da ordem sobre a estruturação e a distribuição espacial de comunidades de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera - EPT e dos coleópteros Elmidae e Psephenidae, insetos aquáticos sensíveis a variações ambientais (Rosenberg e Resh, 1993; Merrit e Cummins, 1996; Oliveira et al., 1997; Dominguez e Fernández, 2009), em uma bacia hidrográfica de uma região de encosta com variação moderada de altitude. Em particular, analisa a influência de pequenas variações de altitude (a cada 100 metros) e de ordem (1ª a 4ª). A hipótese do trabalho é que a estrutura das comunidades varia conforme a ordem e a altitude dos riachos, com as maiores diferenças ocorrendo entre os extremos de altitude e ordem, e a maior riqueza ocorrendo nas faixas intermediárias desses gradientes. Adicionalmente, analisa a influência da altitude e da ordem sobre fatores ambientais de escala espacial local, de forma a compreender-se melhor a estruturação espacial das comunidades.

REFERÊNCIAS:

- Allan, J.D.; Castillo, M.M. 2007. Stream Ecology: Structure and function of running waters. 2ª Ed., Netherlands: Springer, 436p.
- Baptista, D.F.; Buss, D.F.; Dorvillé, L.F.M.; Nessimian, J.L. 1998a. O Conceito de Continuidade dos Rios é válido para rios de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil? *Oecologia Brasiliensis* 5:209-222.

- Baptista, D.F.; Dorvillé, L.F.M.; Buss, D.F.; Nessimian, J.L.; Soares, L.H.J. 1998b. Distribuição de comunidade de insetos aquáticos no gradiente longitudinal numa bacia fluvial do Sudeste Brasileiro. *Oecologia Brasiliensis* 5:191-207.
- Baptista, D.F.; Buss, D.F.; Dorvillé, L.F.M.; Nessimian, J.L. 2001. Diversity And Habitat Preference Of Aquatic Insects Along The Longitudinal Gradient Of The Macaé River Basin, Rio De Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 61(2):249-258.
- Bonada, N., Rieradevall, H.M. Dallas, H.; Davis, J.; Day, J.; Figueroa, Resh, V.; Prat, N. 2008. Multi-scale assessment of macroinvertebrate richness and composition in Mediterranean-climate rivers. *Freshwater Biology* 53:772-788.
- Carter, S. D., G. L. Cromwell, M. D. Lindemann, L. W. Turner, and T. C. Bridges. 1996. Reducing N and P excretion by dietary manipulation in growing and finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 74(1):59.
- Cummins, K.W.; Merritt, R.W.; Andrade, P.C.N. 2005. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40(1):69–89.
- Diniz-Filho, E.; Sobrinho, F.E.; Da Silva, F.N.; Maracajá, P.B.; Maia, S.S.S. 2009. Caracterização e uso de solos em região Semiárida do médio Oeste do Rio Grande do Norte. *Revista Caatinga* 22(3):111-120.
- Domínguez, E.; Fernández, H.R. 2009. *Macroinvertebrados Bentônicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*. 1ª Ed. San Miguel de Tucumán: Fundacion Miguel Lillo, 654p.
- Feld, C.K.; Hering, D. 2007. Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macroinvertebrates at different spatial scales. *Freshwater Biology* 52:1380 - 1399.
- Freitas, S.L. 2011. Influence of Order and the Hydrography Basin, and Some Environmental Factors of Local Scale in Structure and Spatial Distribution of Communities of Mollusks. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Maria.
- Henriques-Oliveira, A.L.; Nessimian, J.L. 2010. Aquatic macroinvertebrate diversity and composition in streams along an altitudinal gradient in Southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 10(3):115-128.
- Jacobsen, D.; Rostgaard, S.; Vásconez, J.J. 2003. Are macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficient? *Freshwater Biology* 48:2025-2032.

- Kotzian, C. B.; Simões, M. G. 2006. Taphonomy of Recent freshwater molluscan death assemblages, Touro Passo Stream, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 9:243-260.
- Lewis, D.B.; Magnuson, J.J. 2000. Landscape spatial patterns in freshwater snail assemblages across Northern Highland catchments. *Freshwater Biology* 43:409-420
- Maloney K.O.; Weller D.E.; 2011. Anthropogenic disturbance and streams: land use and land-use change affect stream ecosystems via multiple pathways. *Freshwater Biology* 56(3):611-626.
- Martel N.; Rodriguez M.A.; Bérubé P. 2007. Multi-scale analysis of responses of stream macrobenthos to forestry activities and environmental context. *Freshwater Biology* 52:85–97.
- Merritt, R.W.; Cummins, K.W. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. 3rded. Iowa: Kendall/Hunt. 862p.
- Miserendino, M.L.; Masi, C.I. 2010. The effects of land use on environmental features and functional organization of macroinvertebrate communities in Patagonian low order streams. *Ecological Indicators* 10:311-319.
- Moulton, T.P. 2009. Defying Water's End: do we need different conservation strategies for aquatic systems compared with terrestrial? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19:1–3.
- Noss, R. F. 1992. The Wildlands Project: Land conservation strategy. *Wild Earth* (Special Issue):10-25.
- Oliveira, L.G.; Bispo, P.C.; Sá, N.C. 1997. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) em córregos do Parque Ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 14(4):867-876.
- Pimm, S. L.; Ayres, M.; Balmford, A.; Branch, G.; Brandon, K.; Brooks, T.; Bustamante, R. ; Costanza, R. ; Cowling, R. ; Curran, L. M.; Dobson, A.; Farber, S.; da Fonseca, G.A.B.; Gascon, C.; Kitching, R.; McNely, J.; Lovejoy, T.; Mittermeier, R.A.; Myers, N.; Patz, J.A.; Raffle, B.; Rapport, D.; Raven, P.; Roberts, C.; Rodriguez, J.P. ; Rylands, A.B.; Tucker, C.; Safina, C.; Samper, C.; Stiassny, M.L.J.; Supriatna, J.; Hall, D.H.; Wilcove, D. 2001. Environment - Can we defy nature's end? *Science* 293:2207-2208.
- Rosenberg, D. M.; Resh, V. H. 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall, 488p.

- Sá, R.L. 2012. Influência da altitude e do tamanho da área na distribuição de moluscos em um rio, no extremo sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.
- Salvarrey, A.V.B.; Kotzian, C.B.; Spies, M.R.; Braun, B.M. 2013. The influence of microbasins and environmental longitudinal gradients on the structure and spatial distribution of stream macroinvertebrate communities in southern Brazil. *No prelo*.
- Sandin L., Johnson, R.K. 2004. Local, landscape and regional factors structuring benthic macroinvertebrate assemblages in Swedish streams. *Landscape Ecology* 19: 501–514.
- Suren, A.M. 1994. Macroinvertebrate communities of stream in western Nepal: effects of altitude on land use. *Freshwater Biology* 32:323-336.
- Turner, M.G. 1989. LANDSCAPE ECOLOGY: The Effect of the Pattern on Process. *Annual Reviews Ecology Systematics* 20:171-197.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 37: 130–137.

ARTIGO 1

Submetido à Acta Limnologica Brasiliensia

**DIVERSIDADE E ASPECTOS ECOLÓGICOS DE EPHEMEROPTERA,
PLECOPTERA, TRICHOPTERA E COLEOPTERA (ELMIDAE E
PSEPHENIDAE) EM RIACHOS DE REGIÃO MONTANHOSA DO SUL DO
BRASIL.**

Bruna Marmitt Braun¹, Mateus Marques Pires², Carla Bender Kotzian³, Marcia Regina Spies⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria. Faixa de Camobi km 9, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil
e-mail: brumbraun@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Biologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Avenida Unisinos, 950, CEP 93022-000, São Leopoldo, RS, Brazil
e-mail: marquespiresm@gmail.com

³ Departamento de Biologia e Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Animal, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria. Faixa de Camobi km 9, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil
e-mail: modrizralok@hotmail.com

⁴ Universidade Federal do Pampa, Av. Antônio Trilha, 1847, CEP 97300-000, São Gabriel, RS, Brazil
e-mail: marciaspies@gmail.com

RESUMO

Neste estudo foi realizado um levantamento de gêneros de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) e de Coleoptera (Elmidae e Psephenidae) em riachos da Bacia do Rio Toropi, localizado em uma região de encosta, no extremo sul do Brasil. A influência de alguns fatores abióticos sobre os gêneros mais frequentes também foi analisada. As coletas foram realizadas em 40 locais, em riachos de 1ª a 4ª ordem, com amostrador Surber. Ao todo, 5320 exemplares foram coletados, atribuídos a 18 famílias e 52 gêneros. Os tricópteros *Austrotinodes*, *Celaenotrichia* e um elmídeo não descrito, Gênero M, são ocorrências novas no estado. *Smicridea* foi o gênero mais freqüente na área de estudo como um todo. Os efemerópteros *Camelobaetidius*, *Paracloeodes* e *Americabaetis* foram influenciados pela ordem dos rios. *Smicridea* foi relacionado com a alta temperatura do ar e *Thraulodes* foi influenciado pelo aumento da condutividade elétrica. A alta diversidade encontrada na região estudada, comparada a outras regiões brasileiras, é resultado da heterogeneidade ambiental da região de amostragem. Estes dados mostram que rios da encosta do Planalto Riograndense são áreas que devem ser preservadas, pois possuem uma rica comunidade de insetos aquáticos.

Palavras chave: EPT, Elmidae, Psephenidae, Bacia do Rio Toropi, Região Neotropical

ABSTRACT

In this study, the diversity of Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) and Coleoptera (Elmidae and Psephenidae) genera was surveyed in the Toropi River basin, a watershed localized in a slope region, in southernmost Brazil. The influence of some abiotic factors on the most common genera was also analyzed. Samplings were conducted at 40 sites in 1st - 4th order streams with a Surber sampler. At all, 5,320 specimens were collected, belonging to 18 families and 52 genera. Trichopteran genera *Austrotinodes* and *Celaenotrichia*, and an undescribed elmidae, Genus M, are new records for the region. *Smicridea* was the most frequent genus in the study area. The ephemeropteran *Camelobaetidius*, *Paracloeodes* and *Americabaetis* were influenced by stream order. *Smicridea* was related to air temperature, and *Thraulodes* was influenced by high levels of electrical conductivity. The high diversity found in the study area, compared to other Brazilian regions, reflects the environmental heterogeneity in the region. These data show that hydrographic basins in slope areas from extreme Southern Brazil sustain high levels of diversity of aquatic insect communities.

Keywords: EPT, Elmidae, Psephenidae, Toropi River basin, Neotropical Region

INTRODUÇÃO

Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) e Coleoptera (Elmidae e Psephenidae) são considerados importantes grupos taxonômicos nos ambientes lóticos, pois possuem ampla distribuição e alta riqueza, podendo ser muito abundantes nestes ambientes. Suas larvas e/ou adultos vivem em riachos com águas limpas, correnteza e boa oxigenação (Rosenberg e Resh, 1993, Buss et al. 2004; Bispo et al. 2006, Segura et al., 2007). Por esta razão, são sensíveis a perturbações ambientais e são considerados como bons indicadores da qualidade da água (Merritt e Cummins, 1996; Rosenberg e Resh, 1993; Fernandez et al., 2001; Segura et al., 2012).

Os EPT são bem diversificados mundialmente. A ordem Ephemeroptera contém 375 gêneros descritos, distribuídos em 37 famílias. Dentre as famílias mais diversificadas, destacam-se Baetidae (100 gêneros) e Leptophlebiidae (50 gêneros) (Domínguez e Fernández, 2009). A ordem Plecoptera tem cerca de 286 gêneros conhecidos, classificados em 16 famílias (Zwick, 1980), sendo as mais diversificadas Perlidae, com 51 gêneros, e Gripopterygidae, com 49 (Fochetti e Tierno de Figueroa, 2008). A ordem Trichoptera possui 616 gêneros, atribuídos à 49 famílias em todo o mundo (Domínguez e Fernández, 2009). As famílias mais diversificadas são Hydroptilidae, com 70 gêneros e Leptoceridae, com 45 gêneros (Morse, 2011). Quanto aos coleópteros, mundialmente, a família Elmidae contém aproximadamente 149 gêneros, e Psephenidae, cerca de 35 (Slipinski et al. 2011). Em sistemas lóticos, a ocorrência de comunidades diversificadas de EPT, e de Elmidae e Psephenidae tem sido relacionada a fatores ambientais abióticos, como locais de altitude, baixa temperatura d'água, alta velocidade da correnteza e alto conteúdo de oxigênio dissolvido (Bispo et al, 2006; Domínguez e Fernández, 2009). Comunidades diversificadas e abundantes de Elmidae também estão associadas à presença de galhos e folhas (Passos et al., 2003), e de Psephenidae, à de substrato cascalhoso, devido ao formato do corpo do estágio larval (Domínguez e Fernández, 2009).

Estudos sobre a diversidade de EPT, bem como sobre a de Elmidae e Psephenidae, no Brasil têm sido conduzidos principalmente em rios tropicais e subtropicais (e.g. Bispo e Oliveira, 2007; Gonçalves e Menezes, 2011; Paciencia et al.; 2011, Segura et al., 2012). Esses insetos são encontrados em rios e riachos localizados tanto em regiões de encosta quanto de planalto (Bispo e Oliveira, 2007; Segura et al., 2012). Entre os principais fatores que influenciam a estrutura das comunidades nessas

regiões estão a ordem dos rios, o pluviosidade, a altitude e a velocidade da correnteza (Oliveira et al.; 1997; Bispo et al.; 2006; Bispo e Oliveira, 2007). O substrato também exerce influência importante. Os EPT, assim como as famílias Elmidae e Psephenidae, também têm sido encontrados, comumente, associados à rios com fundo pedregoso (Domínguez e Fernández, 2009, Bispo e Oliveira, 2007). Em rios brasileiros de regiões mais frias, como os da região Sul, onde o clima pode ser considerado temperado (Maluf, 2000) e as são chuvas bem distribuídas (Nimer, 1990), pouco se sabe sobre diversidade desses insetos (e.g., Pereira e De Luca, 2003; Hepp et al, 2010; Hepp et al, 2013 para EPT; Pereira e De Luca, 2003; Buckup et al, 2007, Milesi et al, 2009, para Elmidae e Psephenidae), principalmente, sobre os fatores que influenciam a ocorrência dos gêneros em particular.

Rios e riachos estão entre os ecossistemas mais ameaçados mundialmente, devido ao consumo histórico da água para diversas atividades humanas (Allan e Castillo, 2007; Maloney et al., 2011). No Estado do Rio Grande do Sul, de economia historicamente agrícola, os rios são comumente utilizados na agricultura, especialmente para cultivo de arroz irrigado (Primel et al. 2005). A construção de reservatórios é uma feição comum na região (Pires et al., 2013). Pequenos reservatórios para uso em pequenas propriedades rurais também são frequentes, inclusive em regiões de encosta, onde são usados para atividades domésticas (Beskow, 1984). Em outras palavras, a rica rede hidrográfica do estado está se transformando em um mosaico de sistemas semi-lóticos ou lênticos, afetando a fauna aquática que depende de águas correntes para viver. Além disso, uma recente Portaria Estadual (nº 94, de 16 de dezembro de 2008) permite o represamento de riachos para construção de reservatórios, sem que haja necessidade de estudos de impactos ambientais. Dessa forma, é urgente estudar a diversidade dos insetos aquáticos dos rios e riachos do RS, antes que muitos táxons sejam extirpados da região, impedindo a obtenção de importantes informações para programas de conservação da integridade dos sistemas lóticos.

Este estudo apresenta o resultado de um levantamento taxonômico de gêneros de EPT e de coleópteros Elmidae e Psephenidae, conduzido em uma bacia hidrográfica de região montanhosa no RS. Adicionalmente, a influência de fatores abióticos sobre os gêneros mais frequentes encontrados também foi analisada, fornecendo informações úteis para ações de conservação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A Bacia do Rio Toropi localiza-se no extremo sul do Brasil (Estado do Rio Grande do Sul), entre as latitudes de 28°30'S a 31°S, e longitudes de 53°30' a 57°W, abrangendo uma área total de 47.740 km². As nascentes localizam-se no Planalto Meridional ou Planalto Rio-grandense, onde a altitude alcança 499 m, mas a maioria dos rios e riachos ocupa a encosta do Planalto. O Rio Toropi é de 6ª ordem (conforme escala de Strahler, 1957), próximo à foz, e desemboca no Rio Ibicuí, na Depressão Periférica ou Depressão Central, esta uma região de planície, com altitude de 72,54 m (Hundertmark e Miorin, 2001). No Planalto, o rio corre sobre rochas basálticas; na encosta, sobre uma mistura de rochas sedimentares e basálticas; e na planície, sobre areias de origem aluvionar (Robaina et al., 2010). O clima se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano, e precipitação acumulada anual variando entre 1.250 e 2.000 mm (Silva et al., 2006; Buriol, 2007). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C, e a do mês mais frio próximo a 3°C (Maluf, 2000). A vegetação original da área estudada está inserida na zona de transição entre a Floresta Estacional Decidual (domínio da Mata Atlântica) na encosta do Planalto, e a Savana (campos) na Depressão Central (Quadros e Pillar, 2002; Kilca e Longhi, 2011). Atualmente, grande parte da vegetação existente na Depressão Central deu lugar à agricultura (arroz), principalmente ao longo das margens dos rios e riachos (Pedronet al., 2006).

Locais de coleta

O material analisado foi obtido entre outubro e novembro de 2010, meses em que períodos de seca ou cheia são raros (Maluf, 2000), e propícios à coleta de macroinvertebrados (Bispo et al., 2001). As coletas foram realizadas em 40 locais (Figura 1), em riachos de 1ª a 4ª ordem, desde o Planalto até as áreas mais baixas da Depressão Central. A altitude dos locais de coleta foi determinada com o auxílio de GPS e a ordem dos riachos, com base em mapas cartográficos com escala 1:50.000. Temperatura do ar e da água (termômetro a álcool 0-50°C), profundidade média dos locais de amostragem (m) e velocidade da corrente (método do flutuador de Schwoerbel, 1975; m s⁻¹) foram medidas diretamente em cada local de coleta. A granulometria foi determinada com base na escala de Wentworth, calculando-se a porcentagem de cascalho diretamente em cada local de coleta e o restante em laboratório. Oxigênio dissolvido (ml L⁻¹), pH (mol dm⁻³), condutividade elétrica (µS cm⁻¹) e demanda bioquímica de oxigênio (mg O₂ L⁻¹) foram medidos no Laboratório de Análise de Águas do curso de Engenharia Química, da UFSM, e o teor de cálcio e ferro

(mg L⁻¹), no Laboratório de Análise de Águas do Departamento de Solos da UFSM. Dados de precipitação pluviométrica acumulada (mm) e temperatura média mensal (°C) da região foram obtidos no Setor de Fitotecnia, Departamento de Zootecnia da UFSM. A descrição ambiental de cada local encontra-se na Tabela 1.

Amostragem e identificação

As coletas foram realizadas, preferencialmente, nas margens dos rios em profundidade inferior a 1 m. As amostragens foram feitas com amostrador Surber (área = 0,1 m²; malha = 0,25 mm). Três subamostragens foram feitas em cada local, com distância mínima entre cada uma de 10 metros. Os exemplares coletados em cada subamostra foram acondicionados em frascos com álcool 70% e, posteriormente, reunidos em uma única amostra.

A identificação dos exemplares foi realizada até o nível de gênero, com auxílio de bibliografia especializada (Angrisano e Korob, 2001; Lecci e Froehlich, 2007; Mariano e Froehlich, 2007; Dominguez e Fernández, 2009; Segura et al., 2011) e, eventualmente, de especialistas. O material-testemunha está depositado na coleção de Macroinvertebrados Aquáticos do Setor de Zoologia, Departamento de Biologia, da Universidade Federal de Santa Maria.

Análises dos dados

A diversidade da comunidade foi analisada conforme riqueza (S), número (N), frequência relativa (%) e dominância. A riqueza acumulada de espécies na área de estudo foi estimada através de curva do coletor, obtida com 500 curvas geradas por adição aleatória das amostras, no programa *EstimateS* 8.0 (Cowell 2006).

A influência dos fatores abióticos sobre as comunidades foi avaliada por meio de uma Análise de Redundância (RDA) (Legendre e Legendre 1998). Para a análise, foram utilizadas as seguintes variáveis: ordem, altitude, temperaturas do ar e da água, velocidade da corrente, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio, concentração de íon ferro e variáveis granulométricas (areia, cascalho e lama). Durante a análise, o método de seleção das variáveis escolhido foi o *forward stepwise* ($p < 0.05$, de acordo com randomizações de Monte Carlo). As variáveis com valor de inflação > 20 (ter Braak e Šmilauer, 2002) foram retiradas do modelo. Desta forma, somente condutividade (EC), temperatura do ar (AT) e ordem hidrológica (order) foram utilizadas na análise. A matriz biótica teve os táxons raros retirados (abundância < 10), e foi transformada segundo o método de Hellinger (Legendre e

Gallagher 2001). O teste de Monte Carlo (999 permutações) foi utilizado para avaliar a significância estatística dos eixos canônicos gerados (ter Braak e Šmilauer, 2002).

RESULTADOS

No total, 5320 exemplares foram coletados, pertencentes a 18 famílias e 52 gêneros (Tabela 1). A curva do coletor, construída com base nos indivíduos de EPT, Elmidae e Psephenidae obtidos em cada local de coleta, não atingiu a assíntota, mas mostrou tendência à estabilização (Fig. 2), sugerindo que algum acréscimo na riqueza poderá ser obtido com novos esforços de amostragem. Os efemerópteros estiveram representados por quatro famílias, os plecópteros por duas, e os tricópteros por dez. As famílias mais diversificadas foram Elmidae, com oito gêneros, seguida de Leptophyphidae (Ephemeroptera), com seis gêneros (Figura 3). Os gêneros mais abundantes foram *Smicridae* (McLachlan, 1871), *Americabaetis* (Kluge, 1992), *Thraulodes* (Ulmer, 1920) e *Baetodes* (Needham e Murphy, 1924) que, juntos, representaram 59% dos indivíduos coletados (Tabela 1). Os gêneros mais bem distribuídos foram *Americabaetis* e *Neoelmis* (Musgrave, 1935) que ocorreram em mais de 90% dos locais amostrados. Dezesete gêneros foram raros, sendo encontrados em, no máximo, dois locais de amostragem (Tabela 1).

Influência das variáveis ambientais sobre a composição das comunidades

O modelo gerado pela RDA foi significativamente diferente do acaso ($F=2.62$; $p=0.005$). Os dois primeiros eixos resumiram 16% da variância nos dados de abundância dos gêneros e explicaram 89% das suas relações com as variáveis ambientais (Tabela 5). O primeiro eixo da RDA apresentou relação negativa com a AT e a EC, enquanto o segundo eixo esteve positivamente correlacionado com a ordem dos riachos e com a EC (Fig. 4 A; Tabela 6). De modo geral, o primeiro eixo da ordenação segregou os locais quanto à variação altitudinal (de 0 a 300 metros x 300 a 500 metros). O segundo eixo resumiu parte da variação ambiental das amostras, segregando amostras com maiores EC e ordem hidrológica (3ª a 4ª).

Poucas relações de alguns táxons puderam ser observadas no diagrama (Fig. 4). O gênero *Smicridea* esteve positivamente relacionado com a AT. *Thraulodes* esteve positivamente relacionado com a EC, enquanto *Camelobaetidius* (Demoulin, 1966) e *Paracloeodes* negativamente relacionados com esta variável. *Americabaetis* e *Paracloeodes* estiveram negativamente relacionados à ordem dos riachos.

DISCUSSÃO

A curva do coletor não atingiu a assíntota, mas mostrou tendência à estabilização. Apesar de as coletas terem sido realizadas uma única vez, o período de amostragem, na primavera, favoreceu a ocorrência de muitos destes insetos que costumam ter período de recrutamento de larvas nos meses quentes (Bemvenuti, 1998). Contudo, muitos táxons podem não ter sido coletados, pois eventos aleatórios, não abrangidos e detectados pelo período de coletas, costumam afetar a ocorrência de invertebrados. A precipitação, por exemplo, interage com os fatores locais, causando uma desestabilização do sistema lótico aumentando a velocidade e a vazão, acarretando um aumento do carreamento de organismos rio abaixo (*drift*) (Bispo et al., 2001; Yokoyama et al., 2012).

A diversidade encontrada na área de estudo pode ser considerada alta em relação à registrada em outros estudos (36 a 49), conduzidos com esforço amostral similar e realizados nas Regiões Sul e Centro-Oeste (Bispo et al., 2006; Righi-Cavallaro et al., 2010; Hepp et al., 2013). Este resultado pode ter sido determinado pela localização da bacia do Rio Toropi em região de encosta, que lhe confere boa heterogeneidade ambiental. Nestas regiões, rios podem apresentar variabilidade de fatores abióticos ao longo de seu curso, como de granulometria (Alan, 1997), o que pode representar maior número de habitats para os macroinvertebrados (Principe e Corigliano, 2006). Nos cursos de regiões mais baixas, a presença de macrófitas também pode ser mais expressiva (Sá et al., 2013). A vegetação aquática representa um dos principais fatores que fornece habitat e refúgio para macroinvertebrados favorecendo, portando, aumento de riqueza (Taniguchi e Tokeshi, 2004). Além disso, outros fatores também podem variar ao longo do gradiente altitudinal, como, largura e profundidade do rio, turbidez d'água, preservação da mata ripária (Vanote, 1980). Uma alta diversidade de Chironomidae foi encontrada no curso médio do Rio Jacuí, o qual também se localiza na encosta do Planalto Sulriograndense (Floss et al., 2012).

Por outro lado, a ordem Trichoptera é originária, evolutivamente, de regiões com clima mais frio, temperado (Ross, 1967). Logo, tende a ser mais diversificada nestas regiões do que em regiões mais quentes, por fatores históricos. As ordens Ephemeroptera e Plecoptera também tem essa origem (Merrit e Cummins, 1996). Assim, o resultado obtido no presente estudo corrobora a tendência sugerida em estudos prévios de que ambientes lóticos de regiões com clima temperado possuem riqueza de

certas comunidades de macroinvertebrados maior do que as de regiões com clima mais quente (e.g., McKie et al., 2005, Floss et al., 2012).

Os tricópteros *Austrotinodes* (Schmid, 1955) e *Celaenotrichia* (Mosely, 1934) tiveram seu primeiro registro para o estado do Rio Grande do Sul. Até o momento, *Austrotinodes* havia sido registrado em estados localizados em regiões tropicais e subtropicais do país (Paprocki et al., 2004). *Celaenotrichia* ainda não havia sido registrado para o Sul do Brasil (Paprocki et al., 2004). Já o elmídeo Gênero M (Segura, 2011), que apenas foi descrito para o estado de São Paulo, foi registrado aqui para o estado pela primeira vez.

Para EPT o padrão de diversidade das famílias foi mantido em comparação a outros trabalhos realizados em outros estados brasileiros (Bispo e Oliveira, 2007; Righi-Cavallaro et al., 2010). A ordem Plecoptera é representada por seis famílias na região Neotropical (Stark et al., 2009), mas apenas duas famílias (Gripopterygidae e Perlidae) têm registro no Brasil (Froehlich, 2011), as quais também foram registradas neste estudo. Para a ordem Ephemeroptera são registradas 14 famílias para a região Neotropical, e para o Brasil 10 famílias (Salles et al., 2004). Na área de estudo, apenas quatro (Baetidae, Caenidae, Leptophlebiidae e Leptoxyphidae) destas famílias foram encontradas, todas com registro prévio para o estado (Pereira e De Luca, 2003; König et al., 2008; Milesi et al., 2009; Hepp et al., 2013). A ordem Trichoptera possui 24 famílias registradas para a região Neotropical (Flint et al., 1999), sendo que 16 famílias ocorrem no Brasil (Paprocki et al., 2004). Na área de estudo, 10 famílias (Calamoceratidae, Ecnomidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hidrobiosidae, Hidropsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Philopotamidae, Polycentropodidae) foram encontradas. Das seis famílias não encontradas, quatro (Anomalopsychidae, Atriplectididae, Limnephilidae e Xiphocentronidae) são típicas de regiões com clima tropical e quente, possuindo registro apenas para os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais (Paprocki et al., 2004). Já as famílias Odontoceridae e Sericostomatidae foram registradas na década de 80 para Santa Catarina e Paraná. Estes estados possuem características climáticas parecidas as do Rio Grande do Sul, indicando que a ocorrência destas famílias no estado era previsível.

As famílias mais diversificadas em termos de número de gêneros, na região de estudo, foram Elmidae (8 gêneros), Baetidae, Leptoxyphidae e Hydroptilidae (6 cada), as quais também foram as mais diversificadas em outras regiões do país (Bispo e Oliveira, 2007; Righi-Cavallaro et al.; 2010; Segura et al., 2012). Os elmídeos são

encontrados em grande abundância e diversidade em rios e córregos de diversas regiões do país (Segura et al., 2012). Suas larvas são características de ambientes com corredeiras e com alto teor de oxigênio dissolvido (Brown, 1987). A família Baetidae é encontrada em diversos ambientes, desde rios de corredeira até lagoas temporárias, e também em ambientes altamente impactados em sistemas límnicos brasileiros (Callisto et al., 2001). Hydroptilidae é encontrada em riachos com substrato pedregoso. Alguns gêneros desta família são descritos como raspadores e coletores acumuladores (Merritt e Cummins, 1996), fixando suas casas nas rochas, das quais raspam o alimento (Stehr, 1987). As ninfas da família Leptohyphidae são organismos com baixo poder de natação, e apresentam garras arrastando-se entre rochas e vegetação, e alimentando-se de detritos e biota que crescem nas plantas aquáticas e objetos submersos (Stehr, 1987).

Os gêneros mais abundantes na área de estudo, *Smicridea*, *Americabaetis* e *Thraulodes*, também são táxons abundantes em várias regiões do país (Spies et al., 2006; Crisci-Bispo et al., 2007; Siegloch et al., 2008; Righi-Cavallaro et al., 2010). O tricóptero *Smicridea* é geralmente muito abundante em riachos, ocorrendo desde cabeceiras até rios maiores (Flint et al., 1999). Indivíduos deste gênero também são comuns em corredeiras com substrato pedregoso (Spies e Froehlich, 2009), condições encontradas em vários locais aqui amostrados. *Thraulodes* é um efemeróptero tipicamente encontrado em córregos de baixa ordem, em locais bem preservados, vivendo na superfície de rochas (Cardoso et al., 1997). A ocorrência deste gênero na área estudo reflete, portanto, não só as ordens amostradas, mas também sua condição de preservação ambiental. Vários trechos de encosta do Rio Toropi contêm vegetação ripária bem preservada. O efemeróptero *Americabaetis* possui uma ampla distribuição e pode ser encontrado em vários tipos de habitats, desde locais com presença de vegetação ripária (Dominguez et al., 2006) e aquática (Goulart e Callisto, 2005), até locais impactados (Siegloch et al., 2005). Apesar de a ordem Ephemeroptera ser considerada característica de águas limpas, Baetidae, família a qual *Americabaetis* pertence, é classificada como “algo sensível” nos índices bióticos (Hilsenhoff, 1988). Essa moderada sensibilidade/tolerância poderia explicar a abundância desse gênero na área de estudo.

Influência das variáveis ambientais sobre a composição das comunidades

Poucos gêneros encontrados foram fortemente influenciados pelas variáveis abióticas utilizadas na RDA. Dos 52 gêneros encontrados, apenas seis tiveram influência das variáveis: temperatura da água, ordem e condutividade elétrica. A relação

de *Smicridea* com temperatura do ar mais alta pode ser observada através da ocorrência do gênero, que é encontrado em regiões mais quentes que o RS, no Brasil (Oliveira e Bispo, 2001; Pes et al, 2005; Souza et al 2013). Além disso, larvas de uma espécie, *Smicridea truncata* (Flint, 1974), têm sido encontradas em ambientes com águas quentes na região Amazônica (Pes et al., 2008).

Três gêneros foram influenciados negativamente pela ordem dos riachos. O gênero *Camelobaetidius* (Demoulin, 1966) apresenta espécies que são sensíveis à poluição, e encontradas em locais pouco impactados, com granulometria mais grossa (Buss e Salles, 2007), características mais comuns em rios de pequena ordem. *Paracloeodes* (Day, 1955) também pode ser mais freqüente em locais de menores ordens em microbacias (Salvarrey et al., 2013). *Americabaetis* possui uma ampla distribuição, podendo ser encontrado em vários tipos de habitats, inclusive associado à presença de vegetação ripária (Dominguez et al., 2006), que comumente encontra-se mais bem preservada ao longo de trechos de ordem menor (Vannote et al., 1980). *Thraulodes* foi influenciado positivamente pela EC, apesar de ser encontrado geralmente, em locais bem preservados (Cardoso et al., 1997). Maiores valores de condutividade costumam estar relacionados a locais com alterações antrópicas, como agricultura, pecuária, e perímetro urbano (Stewart et al., 2000).

CONCLUSÕES

A Bacia do Rio Toropi apresentou uma alta diversidade de gêneros de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera, em relação a outras bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul e de outros estados do Brasil. Embora a coleta tenha sido feita em uma única época do ano, 52 gêneros foram encontrados, dos quais *Austrotinodes*, *Celaenotrichia* e *Gênero M* são ocorrências novas para o estado do Rio Grande do Sul. A alta diversidade de gêneros encontrados na área de estudo é resultado da heterogeneidade ambiental dos riachos da região de encosta do Planalto Riograndense, como já observado em outros estudos (Floss et al., 2012, Sá et al., 2013). Adicionalmente, verificou-se que fatores ambientais como temperatura do ar, ordem do rio e condutividade elétrica regularam a distribuição de gêneros como *Camelobaetidius*, *Paracloeodes*, *Americabaetis*, *Smicridea* e *Thraulodes*. Este estudo mostra que rios de encosta merecem atenção especial de futuros programas de conservação da

biodiversidade aquática do estado do Rio Grande do Sul, pois possuem uma rica comunidade de insetos aquáticos.

AGRADECIMENTOS

Aos biólogos Andrea Salvarrey e Tiago Bertaso pelo auxílio na identificação dos Ephemeroptera. Aos colegas do Laboratório de Macroinvertebrados Aquáticos, Departamento de Biologia, UFSM, pelo auxílio na triagem e identificação do material de campo. A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado para a mestranda Bruna Braun.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, J.D. 1997. *Stream ecology: structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London, 436p.
- BESKOW, P.R. 1984. A formação da economia arrozeira do Rio Grande do Sul. *Ensaio FEE* vol.4, no. 2, p. 55-84.
- BEMVENUTI, C.E. 1998. Estrutura Trófica. In: Seeliger, U.; Odebrecht, C.; Catello, J. *Os ecossistemas costeiros e marinhos do extremo sul do Brasil*. Rio Grande, Ecocientia:79-82.
- BISPO, P.C., OLIVEIRA, L.G., CRISCI, V.L. and SILVA, M.M. 2001. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna Bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do Planalto Central do Brasil. *Acta Limnologia Brasiliensia*, vol. 13, no. 2, p. 1-9.
- BISPO, P.C., OLIVEIRA, L.G., BINI, L.M. and SOUSA, K.G. 2006. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 66,no. 2B, p. 611-622.
- BISPO, P.C. and OLIVEIRA, L.G. 2007. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 24, no. 2, p. 283–293.
- BUCKUP, L., BUENO, A.A.P., BOND-BUCKUP, G., CASAGRANDE, M.; and MAJOLA, F. 2007. The benthic macroinvertebrate fauna of highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 24, no. 2, p. 294–301.

- CALISTO, M, MORETTI, M. and GOULART, M. 2001. Macroinvertebrados Bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde dos riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 6, no. 1, p.71-82.
- COLWELL, R. K. 2006. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples, version 8.0. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>>.
- CRISCI-BISPO, V.L., BISPO, P.C. and FROEHLICH, C.G. 2007. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 24, no. 2, p. 312–318.
- DOMÍNGUEZ, E. and FERNÁNDEZ, H.R. 2009. *Macroinvertebrados Bentônicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*. 1ª Ed. San Miguel de Tucumán: Fundacion Miguel Lillo, 654p.
- FERNANDEZ, M. F. S. and FONSECA, C. R. V. 2001. Estudo Taxonômico dos Psephenidae (Coleoptera: Byrrhoidea) da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, vol. 31, no. 3, p. 469 -500.
- FLINT, O.S., HOLZENTHAL, R.W. and HARRIS. S.C. 1999. *Catalog of the Neotropical Caddisflies (Insecta: Trichoptera)*. Ohio Biological Survey: Coloumbus, 239p.
- FLOSS, E.C.S., KOTZIAN, C.B., SPIES, M.R. and SECRETTI, E. 2012. Diversity of non-biting midge larvae assemblages in the Jacuí River basin, Brazil. *Journal of Insect Science*, vol. 12, p. 1-33.
- FOCHETTI, R. and TIERNO DE FIGUEROA, J.M. 2008. Global diversity of stoneflies (Plecoptera; Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*, vol. 595, p. 365-377.
- FROEHLICH, C.G. 2011. Checklist dos Plecoptera (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, vol. 11, no. 1A:<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/abstract?inventory+bn0291101a2011>.
- GONÇALVES, F.B.m and MENEZES, M.S. 2011. A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil. *Biota Neotropica*, vol. 11, no.4,;<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n4/en/abstract?article+bn00411042011>
- HEPP, L.U., MILESI, S.V., BIASI, C. and RESTELLO, R.M. 2010. Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). *Zoologia*, vol. 27, no. 1, p. 106–113.

- HEPP, L.U., RESTELLO, R.M., MILESI, S.V., BIASI, C. and MOLOZZI, J. 2013. Distribution of aquatic insects in urban headwater streams. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 25, p.1-10.
- HILSENHOFF, W.L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of North American Benthological Society*, vol. 7, no. 1, p. 65-68.
- LEGENDRE, P. and LEGENDRE, L. 1998. *Numerical ecology*. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 853 p.
- MALUF, J.R.T. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, vol. 8, no. 1, p. 141-150.
- MCKIE, B.G., PEARSON, R.G. and CRANSTON, P.S. 2005. Does biogeographical history matter? Diversity and distribution of lotic midges (Diptera:Chironomidae) in the Australian Wet Tropics. *Austral Ecology*, vol. 30, p. 1-13.
- MERRITT, R.W. and CUMMINS, K.W., 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3a ed., Dubuque: Kendall/Hunt, 862 p.
- MILESI, S.V., BIASI, C., RESTELLO, R.M. and HEPP, L.U. 2009. Distribution of benthic macroinvertebrates in Subtropical streams (Rio Grande do Sul, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 21, no. 4, p. 419-429.
- MORSE, J.C. 2011. The Trichoptera World Checklist. *Zoosymposia*, vol. 5, p. 372–380.
- NIMER, E. 1990. Clima. In Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (ed.). *Geografia do Brasil: região Sul*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 151-187.
- OLIVEIRA, L.G., BISPO, P.C. and DE SÁ, N.C. 1997. Ecologia de Comunidade de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do Parque Ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 14, no. 4, p. 86–876.
- OLIVEIRA, L.G. and BISPO, P.C. 2001. Ecologia de comunidades das larvas de Trichoptera Kirby (Insecta) em dois córregos de primeira ordem da Serra dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 18, no. 4, p. 1245–1252.
- PACIENCIA, G.P., YOKOYAMA, E., BISPO, P.C., CRISCI-BISPO, V.L. and TAKEBE, I.V. 2011. Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em Corredeiras de Riachos do Parque Estadual Intervales, Estado de São Paulo. *EntomoBrasilis*, vol. 4, no.3, p. 114-118.

- PAPROCKI, H., HOLZENTHAL, R.W. and BLAHNIK, R.J. 2004. Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil I. *Biota Neotropica*, vol.4, p. 1-22.
- PASSOS, M.I.S., NESSIMIAN, J.L. and DORVILLÉ, L.F.M. 2003. Life strategies in an Elmidae (Insecta: Coleoptera: Elmidae) community from a first order stream in the Atlantic Forest, southeast Brazil. *Acta Limnologica Brasileira*, vol. 15, no. 2, p. 29-36.
- PEREIRA, D. and DE LUCA, S.J. 2003. Benthic macroinvertebrates and the quality of the hydric resources in Maratá Creek basin (Rio Grande do Sul, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensis*, vol. 15, no. 2, p.57-68.
- PES, A.M.O., HAMADA, N. and NESSIMIAN, J.L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, vol. 49, no. 2, p. 181-204.
- PIRES, M.M., KOTZIAN, C.B.; SPIES, M.R.; NERI, D.B. 2013. Diversity of Odonata (Insecta) larvae in streams and farm ponds of a montane region in southern Brazil. *Biota Neotropica*, vol. 13, no. 3, <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn01813032013>.
- PRIMEL, E. G., ZANELLA, R., KURZ, M.H.S., GONÇALVES, F.F., MACHADO, S.O. and MARCHESAN, E. 2005. Poluição das Águas por Herbicidas utilizados no cultivo do Arroz Irrigado na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Predição Teórica E Monitoramento. *Química Nova*, vol. 28, no. 4, p. 605-609.
- ROSS, H.H. 1967. The evolution and past dispersal of the Trichoptera. *Annual Review of Entomology*, vol. 12, p. 169-206.
- SÁ, R.L., SANTIN, L., AMARAL, A.M.B., MARTELLO, A.R. and KOTZIAN, C.B. 2013. Diversidade de moluscos em riachos de uma região de encosta no extremo sul do Brasil. *Biota Neotropica*, vol. 13, no. 3, <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?inventory+bn00213032013>.
- SALLES, F.F., DA-SILVA, E.R., HUBBARD, M.D. and SERRÃO, J.E. 2004. As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. *Biota Neotropica*, vol. 4, p. 1-34.
- SALVARREY, A.V.B., KOTZIAN, C.B., SPIES, M.R. and BRAUN, B.M. 2013. The influence of microbasins and environmental longitudinal gradients on the structure and spatial distribution of stream macroinvertebrate communities in southern Brazil. *No prelo*.

- SEGURA, M.O., GESSNER, A.A.F. and TANAKA, M.O. 2007. Composition and distribution of aquatic Coleoptera (Insecta) in low-order streams in the state of São Paulo, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 19, p. 247-255.
- SEGURA, M. O., VALENTE NETO, F. and GESSNER, A.A.F. 2011. Chave de famílias de Coleoptera aquáticos (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, vol. 11, p. 1-16.
- SEGURA, M.O., FONSECA-GESSNER, A.A., SPIES, M.R. and SIEGLOCH, AE. 2012. Water beetles in mountainous regions in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 72, no. 2, p. 311-321.
- SOUZA, W.R.M., LIMA, L.R.C., PES, A.M.O. and PINHEIRO, U. 2013. Trichoptera (Insecta) from Pernambuco State, northeastern Brazil. *Journal of Natural History*, vol. 47, p. 45-46.
- STARK, B.P., FROEHLICH, C.G. and ZUÑIGA, M.C. 2009. South American Stoneflies (Plecoptera). *Aquatic Biodiversity in Latin America*. Vol. 5. Sofia-Moscou: Pensoft, v. 1. 154 p.
- STEHR, F.W., 1987. *Immature Insects*. Vol.1. Kendall/Hunt, Publishing Company. 754 p.
- TANIGUCHI, H. and TORESHI, M. 2004. Effects of habitat complexity on benthic assemblages in a variable environment. *Freshwater Biology*, vol. 49, p. 1164-1178.
- TER BRAAK, C. J. F. and ŠMILAUER, P. 2002. *CANOCO: reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Ithaca: Microcomputer Power, 352 p.
- VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL J.R. and CUSHING, C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 37, p. 130-137.
- YOKOYAMA, E., PACIENCIA, G.P., BISPO, P.C., OLIVEIRA, L.G. and BISPO, P.C. 2012. A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil? *Ambiência*, vol. 8, no. 1, p. 73-84.
- ZWICK, P. 1980. Plecoptera (Steinfliegen). *Handbuch der Zoologie*, vol. 2, p. 1 115.

Tabela 1. Gêneros de Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera e Coleoptera coletados na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil

Famílias	Gênero		N	%	Nº de ocorrência
Baetidae	<i>Americabaetis</i>	Kluge, 1992	693	13,02	32
	<i>Baetodes</i>	Needham & Murphy, 1924	512	9,6	14
	<i>Callibaetis</i>	Eaton, 1881	11	0,2	6
	<i>Camelobaetidius</i>	Demoulin, 1966	210	3,9	21
	<i>Cloeodes</i>	Traver, 1938	75	1,4	14
	<i>Paracloeodes</i>	Day, 1955	85	1,59	20
Caenidae	<i>Caenis</i>	Stephens, 1835	316	5,93	21
Leptohyphidae	<i>Haplohyphes</i>	Molineri, 2001	4	0,07	4
	<i>Leptohyphes</i>	Eaton, 1882	6	0,11	5
	<i>Leptohyphodes</i>	Ulmer, 1920	4	0,07	3
	<i>Traverhyphes</i>	Molineri, 2001	8	0,15	5
	<i>Tricorythodes</i>	Ulmer, 1920	6	0,11	2
	<i>Tricorythopsis</i>	Traver, 1958	143	2,68	12
Leptophlebiidae	<i>Askola</i>	Peters, 1969	11	0,2	2
	<i>Farrodes</i>	Peters, 1971	41	0,77	13
	<i>Leentvaaria</i>	Demoulin, 1966	2	0,03	2
	<i>Thraulodes</i>	Ulmer, 1920	548	10,3	19
	<i>Ulmeritoides</i>	Traver, 1956	2	0,03	1
Gripopterygidae	<i>Tupiperla</i>	Froehlich, 1969	37	0,69	16
	<i>Paragripopteryx</i>	Enderlein, 1909	142	2,66	23
	<i>Gripopteryx</i>	Pictet, 1841	8	0,15	4
Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	Klapálek, 1909	71	1,33	15
	<i>Kempnyia</i>	Klapálek, 1914	2	0,03	2
Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	Müller, 1880	28	0,52	7
Ecnomidae	<i>Austrotinodes</i>	Schmid, 1955	1	0,01	1
Glossosomatidae	<i>Protoptila</i>	Banks, 1904	8	0,15	3
	<i>Itaura</i>	Müller, 1888	151	2,83	20
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	Siebold, 1856	4	0,07	2
Hidrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	Banks, 1905	5	0,09	2
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	Guérin, 1843	64	1,2	23
	<i>Smicridea</i>	McLachlan, 1871	1380	25,93	6
Hydroptilidae	<i>Celaenotrichia</i>	Mosely, 1934	1	0,01	1
	<i>Leucotrichia</i>	Mosely, 1934	1	0,01	1
	<i>Leucotrichini</i>	Mosely, 1934	2	0,03	2
	<i>Metrichia</i>	Ross, 1938	20	0,37	5
	<i>Neotrichia</i>	Morton, 1905	13	0,24	7
	<i>Oxyethira</i>	Eaton, 1873	1	0,01	1
Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	Müller, 1879	2	0,03	2
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	Stephens, 1829	81	1,5	9
Polycentropodidae	<i>Cyrnellus</i>	Banks, 1913	5	0,09	4
	<i>Polyplectropus</i>	Curtis, 1835	34	0,6	3
Elmidae	<i>Heterelmis</i>	Sharp, 1882	43	0,8	14
	<i>Hexacylloepus</i>	Hinton, 1940	79	1,4	17
	<i>Hexanchorus</i>	Sharp, 1882	8	0,15	4
	<i>Macrelmis</i>	Motschulsky, 1859	72	1,3	13
	<i>Neoelmis</i>	Musgrave, 1935	217	4,07	43
	<i>Phanocerus</i>	Sharp, 1882	5	0,09	4
	<i>Xenelmis</i>	Hinton, 1936	6	0,11	2
	Gênero M		1	0,01	2
Psephenidae	<i>Psephenus</i>	Hinton, 1936	151	2,83	8

Tabela 2. Autovalores, coeficientes de correlação táxon-ambiente e porcentagem cumulativa explicada dos dois primeiros eixos da RDA para comunidades de gêneros de insetos aquáticos da Bacia do Rio Toropi.

Eixos	1	2
Autovalor	0.06303	0.03722
Porcentagem de variância cumulativa		
dados dos táxons	0.10	0.16
relação táxons-ambiente	0.56	0.89

Tabela 3. Correlações *inter-set* entre os dois primeiros eixos da RDA e as variáveis ambientais medidas na Bacia do Rio Toropi.

Eixos	1	2
Temperatura do ar	-0.8712	-0.09319
Condutividade Elétrica	-0.7081	0.60779
Ordem	0.2628	0.73288

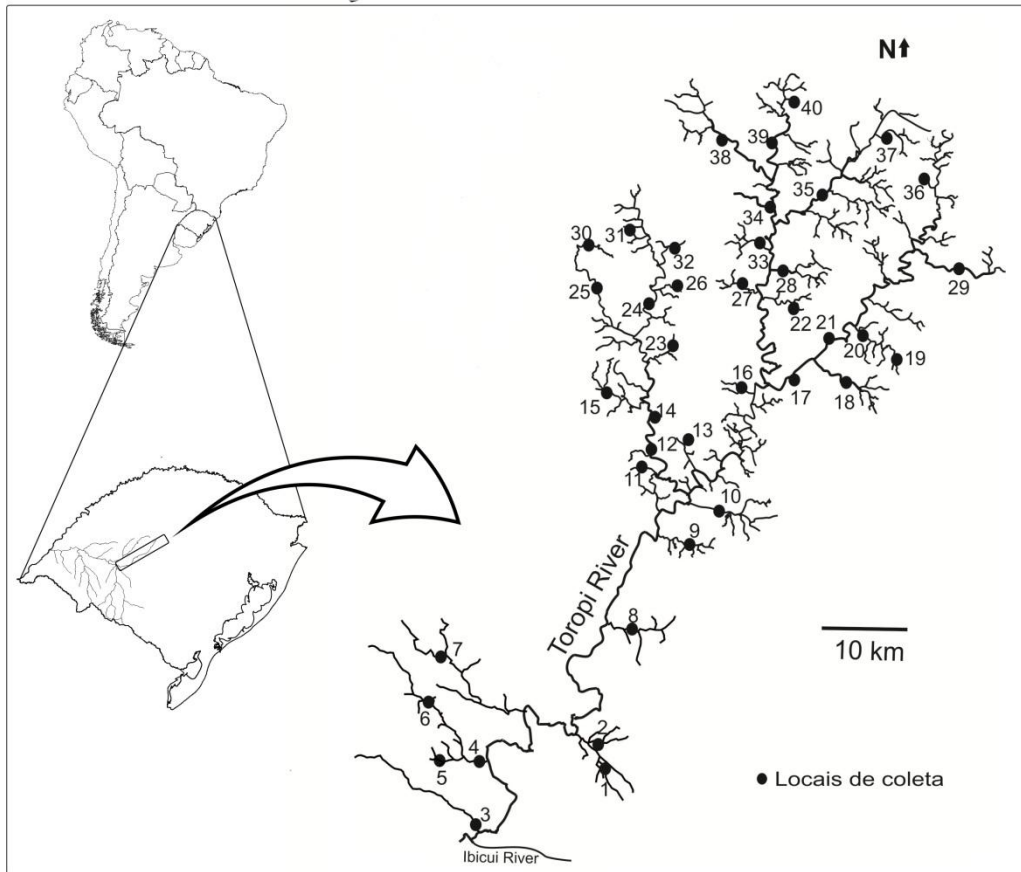


Figura 1. Local de coleta de comunidades de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e dos coleópteros Elmidae e Psephenidae na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil.

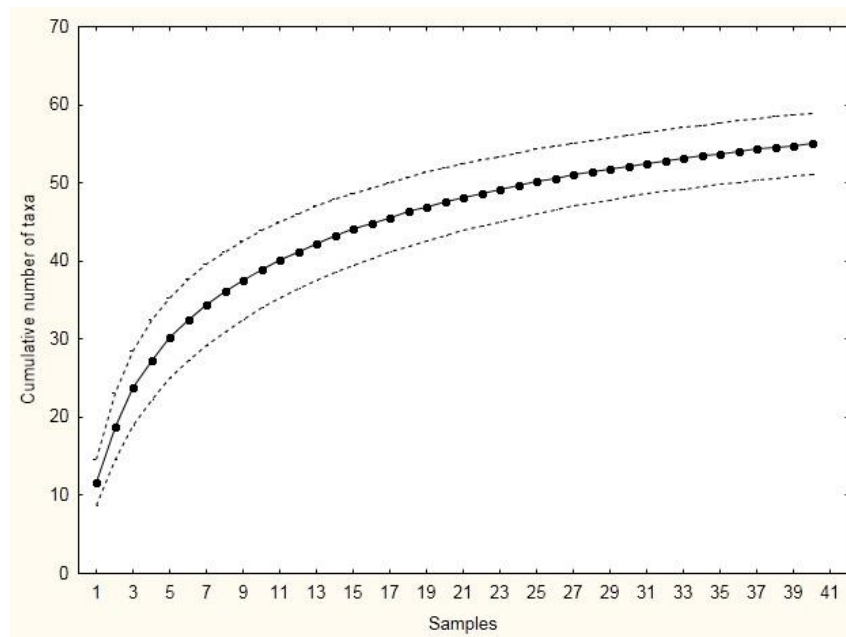


Figura 2. Curva cumulativa de gêneros das comunidades Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera encontradas na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil.

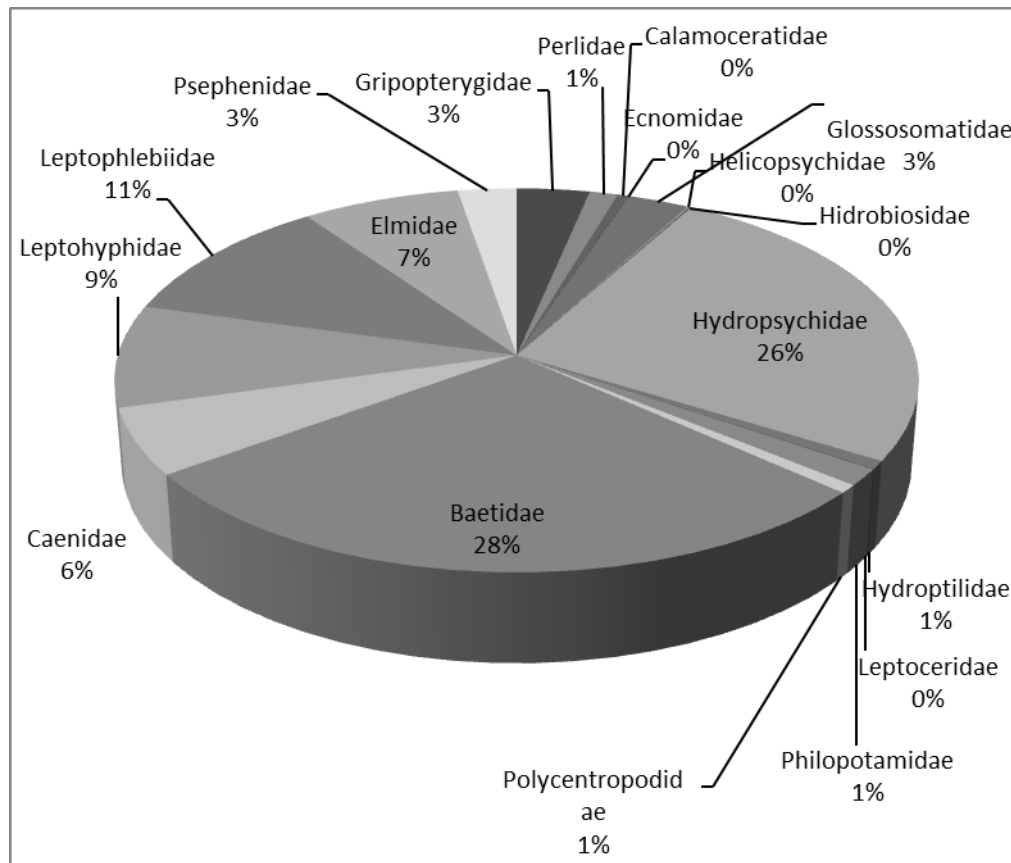


Figura 3. Diversidade (%) de gêneros das famílias de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera da Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil.

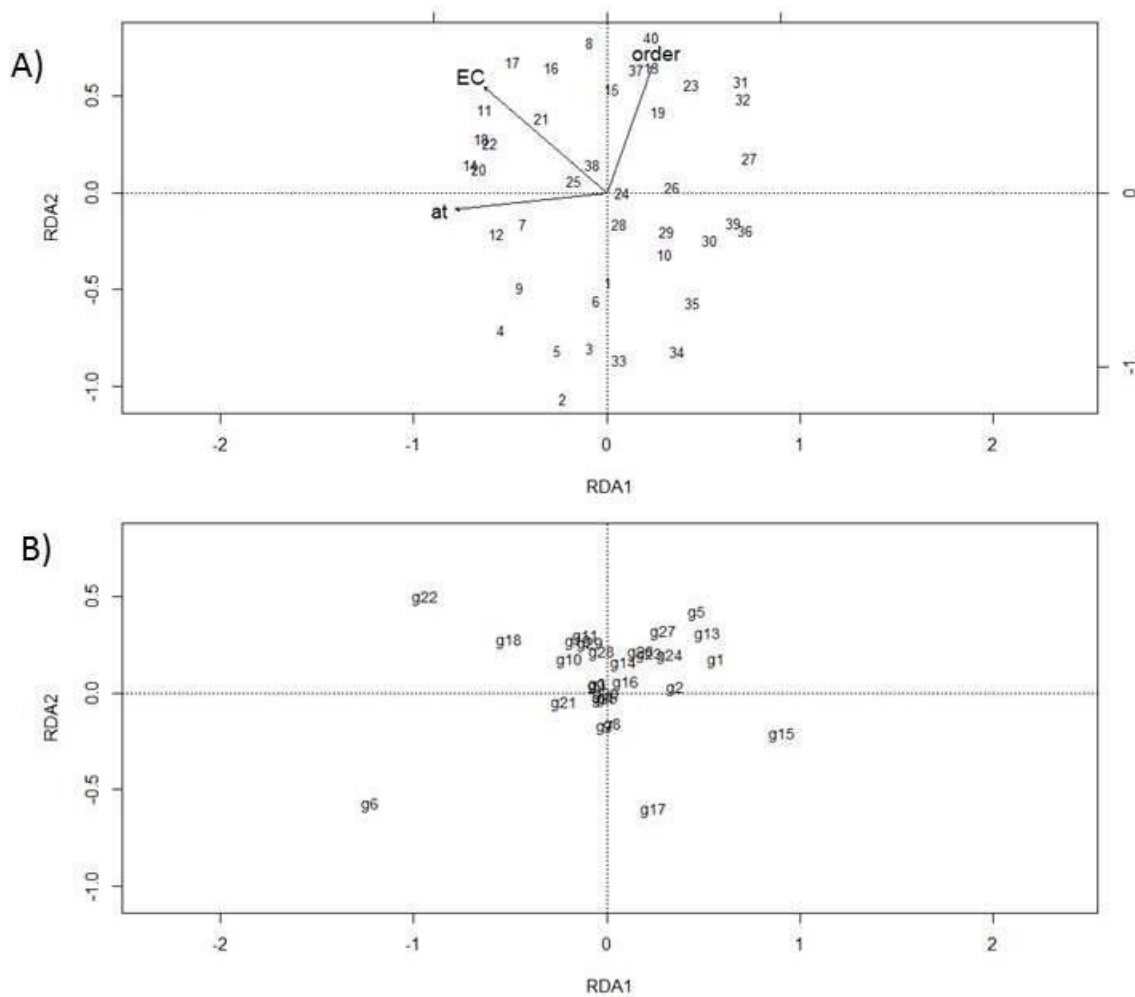


Figura 4. Diagrama de ordenação das A) amostras e B) táxons para os de gêneros de insetos aquáticos da Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil. Legenda de amostras e de gêneros conforme numeração da Figura 1 e da Tabela 1 respectivamente.

ARTIGO 2:**EFEITO DE PEQUENAS VARIAÇÕES NA ALTITUDE E NA ORDEM DE RIACHOS SOBRE A ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE INSETOS AQUÁTICOS SENSÍVEIS A VARIAÇÕES AMBIENTAIS****RESUMO**

O presente estudo analisa o efeito de pequeno gradiente altitudinal (0-500 m) e de ordem (1^a - 4^a) sobre a estruturação e a distribuição espacial de comunidades de EPT e de coleópteros das famílias Elmidae e Psephenidae em uma bacia hidrográfica de uma região com clima temperado, nos Neotrópicos. A influência de fatores ambientais de escala espacial local sobre as comunidades também analisada, de forma a compreender-se melhor a estruturação espacial das comunidades. Quarenta riachos de 1 a 4^a ordem, distribuídos em cinco faixas de altitude (de 0-100 a 400-500 m) foram amostrados. Ao todo, 52 gêneros pertencentes a 18 famílias foram registrados. As maiores riquezas foram encontradas nas faixas de altitude intermediárias e no grupo de riachos de ordens extremas (1^a e 4^a). A maioria dos fatores abióticos teve seus valores regulados pelo gradiente altitudinal. Temperatura do ar, ordem e condutividade elétrica estiveram relacionados à distribuição dos gêneros *Americabetis*, *Camelobaetidius*, *Paracloeodes* e *Smicridea*. Os resultados mostram que mesmo intervalos altitudinais pequenos (0-100 m) podem determinar diferenças em aspectos da estrutura da comunidade de insetos ambientalmente sensíveis, como os EPT e os coleópteros Elmidae e Psephenidae. Gradientes de altitude curtos também podem modular fatores abióticos que influenciam a composição de gêneros das comunidades ao longo dos rios. Nesse sentido, zonas de altitude intermediárias em regiões com pequeno gradiente altitudinal e riachos de 1^a e 4^a ordem devem receber especial atenção em programas de preservação ambiental.

Palavras chave: EPT, Elmidae, Psephenidae, gradiente longitudinal, região Neotropical.

ABSTRACT

This study analyzes the effect of short altitudinal (0-500 m) and order (1st - 4th) gradients on the structure and spatial distribution of EPT, and Elmidae and Psephenidae (Coleoptera) communities in a Neotropical and temperate river basin. The influence of local scale abiotic factors on the communities was also analyzed. Forty streams (1st to 4th order) distributed through five altitudinal ranges (0-100 to 400-500 m) were sampled. Altogether, 52 genera belonging to 18 families were recorded. The highest richness was found in intermediate altitude ranges, and in 1st and 4th order streams. Most abiotic factors were structured according to the altitudinal gradient. Air temperature, stream order and electrical conductivity were related to the distribution of the genera *Americabetis*, *Camelobaetidius*, *Paracloeodes* and *Smicridea*. The results evidence that even small altitudinal ranges (0-100 m) may drive difference in the community structure of environmentally sensitive insects such as EPT and the coleopterans Elmidae and Psephenidae. Short altitudinal gradients also may modulate important abiotic factors that influence stream insects' composition. Thus, low-order streams located in intermediate altitude regions should receive special attention from environmental assessment programs.

Keywords: EPT, Elmidae, Psephenidae, longitudinal gradient, Neotropical region.

INTRODUÇÃO

Rios e riachos estão entre os ecossistemas mais ameaçados mundialmente, devido ao consumo histórico da água para diversas atividades humanas (Allan e Castillo, 2007; Maloney et al., 2011). A construção de reservatórios para geração de energia elétrica ou uso agrícola, o lançamento de poluentes e a remoção da vegetação ripária estão entre os principais responsáveis pela alteração das características físicas e químicas naturais dos rios (Esteves, 1998, Fidelis et al., 2008). Consequentemente, também são os principais responsáveis pelas ameaças severas sofridas pela fauna aquática que os ocupam. Contraditoriamente, esses sistemas estão entre os mais negligenciados pelos programas de conservação e preservação ambiental. A localização e as características das áreas destinadas à proteção ambiental, geralmente, são estabelecidas com base em estudos sobre ecossistemas terrestres, primariamente sobre vertebrados (Moulton, 2009). Além disso, bacias hidrográficas dificilmente são preservadas de forma adequada, pois rios de grande ordem e riachos de encosta costumam ficar fora dos limites das áreas de conservação. Dessa forma, a integridade dos rios não é preservada, pois processos ecológicos e organismos vinculados a gradientes ‘montante-jusante’ não são preservados.

A altitude é um fator importante para a estruturação espacial dos habitats de ecossistemas lóticos, porque pode modular outros fatores ambientais (e.g., Turner, 1989; Lewis e Magnuson, 2000). Por exemplo, em rios de encosta, os cursos superiores localizados em região de maior altitude, frequentemente, têm vegetação ripária melhor preservada, sedimento do leito mais grosso, água melhor oxigenada e com maior velocidade e, ainda, temperatura mais baixa do que os cursos inferiores, localizados em áreas de menor altitude ou de planície (e.g. Vannote et al., 1980; Carter et al., 1996; Feld e Hering, 2007; Martel et al., 2007; Maloney e Weller, 2010). A ordem dos rios também pode ser um importante modulador de fatores ambientais. À medida que a ordem aumenta, a largura dos rios também aumenta, propiciando variações em fatores como oxigênio dissolvido, temperatura da água, profundidade e, também, quantidade e tipo de material suspenso transportado (Vannote et al., 1980). Adicionalmente, em gradientes longitudinais longos, altitude e ordem costumam co-variarem, e as modificações ambientais que impõem conjuntamente, ao longo dos rios, são bem conhecidas através

de um dos principais paradigmas da ecologia de rios, o Conceito do Rio Contínuo (Vannote et al., 1980).

Macroinvertebrados límnicos são um grupo extremamente diversificado, taxonômica e funcionalmente, e a estrutura de suas comunidades responde bem às variações impostas pelos gradientes ambientais típicos dos sistemas lóticos. Grandes variações de altitude (0-3.000 metros) determinam modificações na riqueza, composição e/ou abundância das comunidades de montante para jusante. Por exemplo, comunidades de insetos compostas por táxons adaptados para viver em locais com temperatura mais baixa e disponibilidade de oxigênio dissolvido alta são encontradas em altitudes mais elevadas, enquanto comunidades compostas por táxons característicos de ambientes com temperatura mais alta e conteúdo de oxigênio dissolvido menor, são encontradas em altitudes mais baixas (e.g., Jacobsen et al., 2003; Henriques-Oliveira e Nessimian, 2010, Miserendino e Masi, 2010). Modificações de riqueza e de composição taxonômica e funcional na estrutura das comunidades também são verificadas quando há variação significativa no tamanho das ordens. De acordo com o Conceito do Rio Contínuo, a variação nos fatores abióticos e bióticos que ocorre nos rios, à medida que seu tamanho ou ordem aumenta, determina variação nos grupos funcionais que ocorrem ao longo dos cursos d'água e, portanto, na composição taxonômica dos mesmos (e.g., Vannote et al., 1980; Mouthon, 1999; Cummins et al., 2005). Estudos conduzidos em longos gradientes longitudinais têm detectado estas variações (Baptista et al., 1998b, Oliveira et al., 1999, Shimano et al., 2012).

Modificações na estrutura das comunidades de macroinvertebrados de rios situados em regiões com variações pouco marcadas de altitude e/ou ordem têm sido pouco investigadas. Os estudos existentes sugerem que, em bacias hidrográficas com pequeno gradiente longitudinal, variações moderadas na ordem (1ª a 4ª) podem determinar variações de riqueza e abundância relativa nas comunidades. Em riachos de 4ª ordem, as comunidades são mais ricas e abundantes do que nos de menor ordem (e.g., Baptista et al., 1998ab; Baptista et al., 2001; Salvarrey et al., 2013). Este padrão pode ser explicado pela maior heterogeneidade de habitats e complexidade ambiental existente nos riachos de maior tamanho, os quais proporcionam maior disponibilidade de alimento e refúgio para os animais (Principe e Corigliano 2006). Alguns estudos também indicam que em riachos localizados em áreas com pequeno gradiente altitudinal (100 a 500 metros), a riqueza das comunidades de moluscos é maior em áreas mais baixas (0-100 metros) (Sá, 2012). Por outro lado, estudos conduzidos em gradientes

altitudinais longos indicam que as variações mais acentuadas nas comunidades ocorrem nas faixas intermediárias de altitude e não nos extremos do gradiente, pois espécies de áreas montanhosas podem ser encontradas juntamente com espécies de áreas mais baixas nesses locais (Principe et al., 2008). Esse resultado deve-se à estabilidade das condições ambientais nos locais de altitude intermediária, como dos valores de oxigênio dissolvido e temperatura, que são um dos principais moduladores das comunidades aquáticas (e.g., Suren, 1994, Jacobsen et al. 2003, Jacobsen e Marín, 2008), permitindo a co-existência de táxons que ocorrem nos extremos do gradiente (Principe et al., 2008). Dessa forma, esses estudos parecem corroborar que variações marcantes na estrutura das comunidades podem ocorrer mesmo em pequenas variações de altitude ou ordem.

Uma melhor compreensão sobre como as comunidades de macroinvertebrados aquáticos estão estruturadas em pequenas bacias hidrográficas, de ecorregiões com gradiente altitudinal curto, é uma importante fonte de dados para a melhoria das políticas de preservação da integridade dos sistemas lóticos. Neste contexto, o presente estudo analisa o efeito da altitude e da ordem sobre a estruturação e a distribuição espacial de comunidades de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera - EPT e dos coleópteros Elmidae e Psephenidae, insetos aquáticos sensíveis a variações ambientais (Rosenberg e Resh, 1993; Merrit e Cummins, 1996; Oliveira et al., 1997; Dominguez e Fernández, 2009), em uma bacia hidrográfica localizada em uma região com variação gradiente de altitude curto. Em particular, analisa a influência de pequenas variações de altitude (a cada 100 metros) e de ordem (1ª a 4ª) sobre essas comunidades. A hipótese geral do trabalho é que a estrutura das comunidades variará conforme a ordem e a altitude dos riachos, com as maiores diferenças ocorrendo entre os extremos de altitude e ordem, e a maior riqueza, nas faixas intermediárias desses gradientes. Adicionalmente, a influência da altitude e da ordem sobre fatores ambientais de escala espacial local também é analisada, de forma a se compreender melhor a estruturação espacial das comunidades.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A Bacia do Rio Toropi localiza-se no extremo sul do Brasil (Estado do Rio Grande do Sul), entre as latitudes de 28°30'S a 31°S, e longitudes de 53°30' a 57°W, abrangendo uma área total de 47.740 km². As nascentes localizam-se no Planalto

Meridional ou Planalto Rio-grandense, onde a altitude alcança 499 m, mas a maioria dos rios e riachos ocupa a encosta do Planalto. O Rio Toropi é de 6ª ordem (conforme escala de Strahler, 1957) próximo à foz, e desemboca no Rio Ibicuí, na Depressão Periférica ou Depressão Central, em uma região de planície com altitude de 72,54 m (Hundertmark e Miorin, 2001). No Planalto, o rio corre sobre rochas basálticas; na encosta, sobre uma mistura de rochas sedimentares e basálticas; e na planície, sobre areias de origem aluvionar (Robaina et al., 2010). Na região, o clima se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e precipitação acumulada anual variando entre 1.250 e 2.000 mm (Silva et al., 2006, Buriol, 2007). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C, e a do mês mais frio é próxima a 3°C e, por isso, o clima pode ser considerado temperado (Maluf, 2000). A vegetação original da área estudada está inserida na zona de transição entre a Floresta Estacional Decidual (domínio da Mata Atlântica) na encosta do Planalto, e a Savana (campos) na Depressão Central (Quadros e Pillar, 2002; Kilca e Longhi, 2011). Atualmente, grande parte da vegetação existente na Depressão Central deu lugar à agricultura (arroz), principalmente ao longo das margens dos rios e riachos (Pedronet et al., 2006).

Locais de coleta

As coletas foram realizadas entre outubro e novembro de 2010. Quarenta locais, distantes pelo menos 3 km um do outro, foram amostrados (Figura 1), e estiveram distribuídos, espacialmente, ao longo de cinco faixas de altitude (0 a 100 m, 100 a 200 m, 200 a 300 m, 300 a 400 m e 400 a 500 m). Em cada faixa de altitude, foram amostrados dois locais de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordem. Desta forma, oito locais em cada faixa de altitude e dez locais de cada ordem foram estudados. Todos os locais possuíam mata ciliar preservada em ambas as margens.

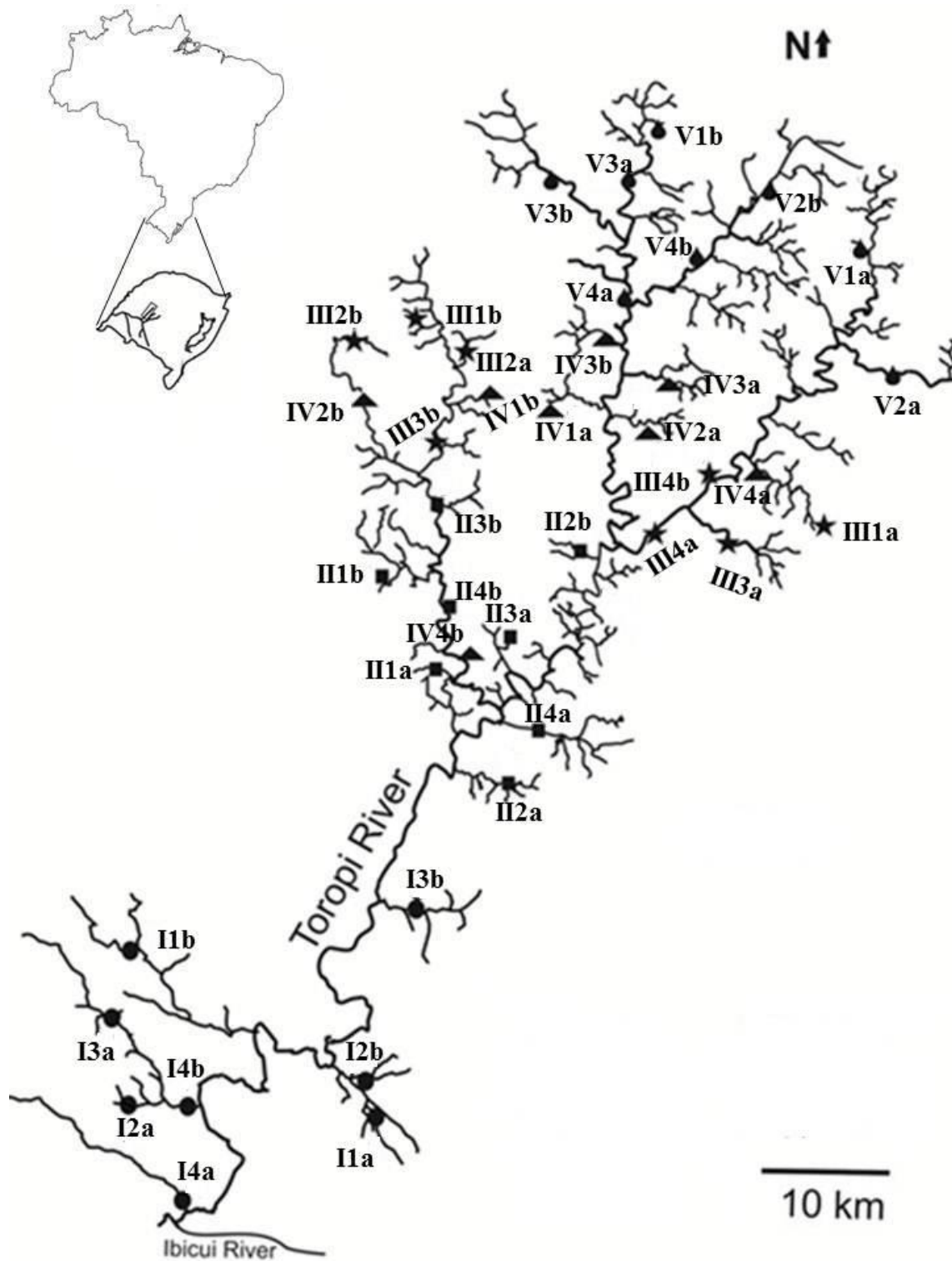


Figura 1- Locais de coleta das comunidades de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera na bacia do Rio Toropi, RS, Brasil conforme cinco faixas de altitude (0-100, 100-200, 200-300, 300-400 e 400-500 metros) e quatro ordens (1a, 2a, 3a e 4a).

Amostragem e identificação

As coletas foram realizadas, preferencialmente, nas margens dos rios, em profundidade inferior a 1 m, com amostrador Surber (área = 0,1 m²; malha = 0,25 mm).

Três subamostragens foram feitas em cada local, com distância mínima de 10 metros entre cada uma. Os exemplares coletados em cada subamostra foram acondicionados em frascos com álcool 80% e, posteriormente, reunidos em uma única amostra.

A identificação dos exemplares foi realizada até gênero, com auxílio de bibliografia especializada (Angrisano e Korob, 2001; Lecci e Froehlich, 2007; Mariano e Froehlich, 2007; Dominguez e Fernández, 2009; Segura et al., 2011) e, eventualmente, de especialistas. O material-testemunha está depositado na coleção de Macroinvertebrados Aquáticos do Setor de Zoologia, Departamento de Biologia, da Universidade Federal de Santa Maria.

Dados ambientais e abióticos

A altitude dos locais de coleta foi determinada com o auxílio de GPS e a ordem dos riachos determinada com base em mapas cartográficos com escala 1:50.000. Temperatura do ar e da água (termômetro a álcool 0-50°C), profundidade média dos locais de amostragem (m) e velocidade da corrente (método do flutuador de Schwoerbel, 1975; $m\ s^{-1}$) foram medidas diretamente em cada local de coleta. A granulometria foi determinada com base na escala de Wentworth, calculando-se a porcentagem de cascalho diretamente em cada local de coleta e o restante em laboratório. Oxigênio dissolvido ($ml\ L^{-1}$), pH ($mol\ dm^{-3}$), condutividade elétrica ($\mu S\ cm^{-1}$) e demanda bioquímica de oxigênio ($mg\ O_2\ L^{-1}$) foram medidos no Laboratório de Análise de Águas do curso de Engenharia Química, da UFSM, e o teor de Cálcio e Ferro ($mg\ L^{-1}$), no Laboratório de Análise de Águas do Departamento de Solos da UFSM. Dados de precipitação pluviométrica acumulada (mm) e temperatura média mensal (°C) da região foram obtidos no Setor de Fitotecnia, Departamento de Zootecnia da UFSM.

Análise de dados

Uma análise de componentes principais (PCA) foi realizada, a fim de sumarizar a variação das variáveis ambientais medidas, utilizando-se o critério de seleção dos eixos de Broken-Stick (Peres-Neto et al., 2005). Posteriormente, cada variável ambiental foi correlacionada aos eixos selecionados para verificar a contribuição de cada uma delas na formação de cada eixo.

A riqueza estimada de táxons nas cinco faixas de altitude e nos quatro grupos de ordens foi obtida utilizando-se o método de rarefação, baseado em Gotelli e Colwell

(2001). Curvas de rarefação foram construídas em função do número de indivíduos por amostra, de forma a possibilitar a interpolação da riqueza de táxons entre as categorias de cada fator estudado, em níveis comparáveis de esforço amostral (Gotelli e Colwell, 2001). Neste sentido, as amostras das comunidades foram organizadas em dois blocos para contemplar as duas abordagens propostas: faixas de altitude e grupos de ordens. No bloco faixa de altitudes, as amostras foram organizadas em cinco grupos (I, II, III, IV e V), e no bloco ordem, em quatro grupos (1, 2, 3 e 4), todos compostos pelo somatório das amostras que a eles pertencem. Por exemplo, o grupo I foi composto pelo somatório das amostras de todos os locais da faixa de altitude de 0 a 100 m, e o grupo 1, pelo somatório das amostras de todos os locais de 1ª ordem, independentemente da faixa de altitude. Esta análise foi feita no programa EcoSim v. 7.72 (Gotelli e Entsminger, 2005)

A estrutura das comunidades (composição e abundância relativa dos gêneros) de EPT e de Coleoptera (Elmidae e Psephenidae) em relação às diferentes faixas de altitude e grupos de ordem foi analisada através de análises multivariadas. Um diagrama de ordenação baseado em Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) (Kruskal e Wish, 1978) foi gerado a fim de visualizar a dispersão das amostras conforme altitude e ordem. A validação das diferenças na estrutura das comunidades entre os fatores altitude e ordem, bem como a respectiva interação entre estes, foi testada através de uma análise de variância multivariada baseada em matrizes de distâncias (db-MANOVA, Anderson, 2001), seguidas de 9999 permutações. Esta análise baseou-se em uma matriz de dissimilaridade obtida com o índice de Bray-Curtis aplicado à matriz de abundância logaritmizada ($\log(x + 1)$). A função *adonis* do pacote *vegan* do ambiente R (R Development Core Team, 2009) foi utilizada para realizar a análise. Posteriormente, uma análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) (Clarke, 1993) foi utilizada para identificar os táxons responsáveis pela diferença observada nos fatores analisados. Esta análise foi realizada no programa Primer E (Clarke e Gorley, 2006).

A influência das variáveis ambientais sobre a distribuição das comunidades de EPT e Coleoptera foi analisada através de uma Análise de Redundância (RDA). Em função da estruturação espacial do delineamento amostral, uma matriz de coordenadas principais vizinhas (PCNM) foi primeiramente gerada para testar a independência espacial da fauna e das variáveis ambientais entre os locais de amostragem. A PCNM não detectou autocorrelação espacial nas matrizes de fauna e ambiental. Desta forma, a matriz espacial não foi incluída na análise posterior. Na RDA, as seguintes variáveis

ambientais foram testadas por adição ao modelo através do procedimento de seleção automático *forward stepwise* ($p < 0,05$ pelo teste de permutações de Monte Carlo com 999 randomizações): altitude, ordem, temperatura do ar, temperatura da água, velocidade da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio, concentrações de Ferro e Cálcio, e granulometria do substrato (percentagem de cascalho, areia e lama). A seleção automática reteve as seguintes variáveis: ordem, temperatura do ar e condutividade elétrica, as quais apresentaram valor de inflação (VIF) < 20 (*sensu* ter Braak e Šmilauer, 2002). A matriz de fauna foi transformada pelo método de Hellinger (Legendre e Gallagher, 2001). O teste de Monte Carlo (999 aleatorizações) foi utilizado para testar a significância dos eixos canônicos e da correlação entre os táxons e as variáveis ambientais (ter Braak e Šmilauer, 2002).

RESULTADOS

Variáveis abióticas

A PCA mostrou que alguns fatores abióticos possuem estruturação espacial, conforme a variação da altitude (Figura 2). O eixo I explicou, principalmente, a variação nos fatores cascalho, velocidade da água, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e íon Ferro, os quais tiveram maior valor nas faixas de maior altitude, e também a variação nos fatores temperatura da água e do ar, e lama e areia, os quais tiveram maior valor nas menores altitudes. Visualmente, o eixo II discriminou as amostras influenciadas por fatores antrópicos, como pH e condutividade elétrica (EC).

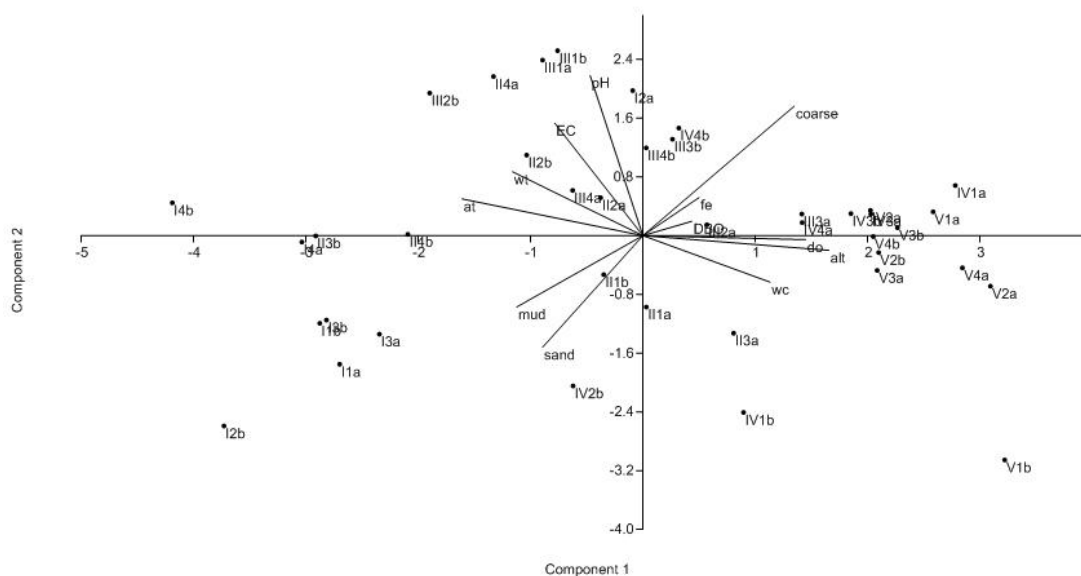


Figura 2 - Análise de Componentes Principais (PCA) relacionando as variáveis ambientais com os locais de amostragem. (at = temperatura do ar; wt = temperatura da água; wc = velocidade da corrente; do = oxigênio dissolvido; alt = altitude; EC = condutividade elétrica; fe = ferro; Ca= cálcio; coarse = cascalho; mud = lama; sand = areia; DBO = demanda bioquímica de oxigênio; pH)

Tabela 1 - Correlações das variáveis ambientais com o 1º eixo da PCA.

	Eixo I
Altitude	0.4244
Temperatura do ar	-0.4128
Temperatura da água	-0.2975
Velocidade da corrente	0.2902
pH	-0.1206
Oxigênio Dissolvido	0.3715
Condutividade Elétrica	-0.2013
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0.112
Ferro	0.1283
Cascalho	0.3456
Areia	-0.2288
Lama	-0.288

Estrutura das comunidades conforme faixas de altitude e grupos de ordens

Entre as faixas de altitude, a maior riqueza foi encontrada na faixa de 200 a 300 m (III), seguida pela de 330 a 400 m (IV). Entre os grupos de ordem, a maior riqueza foi observada no grupo de maior ordem (4^a), seguida pelo grupo de menor ordem (1^a) (Tabela 2). A análise de rarefação corroborou os dados brutos, mostrando que as faixas

intermediárias de altitude e os grupos formados pelos riachos de maior (4^a) e menor (1^a) ordem apresentaram a maior riqueza (Figura 3, A e B).

Tabela 2: Gêneros de Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera e Coleoptera coletados entre outubro e novembro/2010, na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil, por faixa de altitude (I a V) e por grupo de ordem (1 a 4).

Ordem	Famílias	Gênero	Ab	I	II	III	IV	V	1	2	3	4	TOTAL	
Plecoptera	Gripopterygidae	<i>Tupiperla</i>	g ¹	4	4	5	17	7	6	6	16	9	37	
		<i>Paragripopteryx</i>	g ²	4	34	38	56	10	20	60	54	8	142	
		<i>Gripoteryx</i>		0	3	1	1	3	3	4	0	1	8	
	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	g ³	3	9	50	9	0	11	12	40	8	71	
		<i>Kempnyia</i>		0	0	1	1	0	0	1	0	1	2	
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	g ⁴	0	1	22	5	0	5	11	1	11	28	
	Ecnomidae	<i>Austroinodes</i>		0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	
	Glossosomatidae	<i>Protoptila</i>		0	0	1	5	2	1	2	0	5	8	
		<i>Itauara</i>	g ⁵	0	24	73	37	17	14	17	56	64	151	
	Helicopsychidae	<i>Helicopsiche</i>		0	0	4	0	0	0	0	0	4	4	
	Hidrobiosidae	<i>Atopsyche</i>		0	1	4	0	0	4	0	0	1	5	
	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	g ⁶	106	223	887	126	39	277	686	381	37	1381	
		<i>Leptonema</i>	g ⁷	0	7	51	0	6	8	7	1	48	64	
	Hydroptilidae	<i>Celaenotrichia</i>		0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	
		<i>Leucotrichia</i>		0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	
		<i>Leucotrichiini</i>		0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	
		<i>Metrichia</i>	g ⁸	4	0	2	13	1	4	14	2	0	20	
		<i>Neotrichia</i>	g ⁹	1	0	11	1	0	5	2	3	3	13	
		<i>Oxyethira</i>		0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	
	Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>		0	0	2	0	0	1	0	0	1	2	
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	g ¹⁰	0	60	15	6	0	13	14	2	52	81	
	Polycentropodidae	<i>Polyplectropus</i>		0	1	4	0	0	1	0	2	2	5	
		<i>Cymellus</i>	g ¹¹	32	1	0	1	0	0	1	0	33	34	
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>	g ¹²	261	25	227	113	81	247	136	129	195	707
			<i>Baetodes</i>	g ¹³	1	27	246	230	9	20	154	135	204	513
<i>Caellibaetis</i>			g ¹⁴	6	1	1	2	1	3	1	1	6	11	
<i>Camelobaetidius</i>			g ¹⁵	13	4	42	95	59	34	114	14	51	213	
<i>Cloeodes</i>			g ¹⁶	0	0	60	12	3	19	11	18	27	75	
<i>Paracloeodes</i>			g ¹⁷	37	5	3	15	25	57	12	6	10	85	
Caenidae		<i>Caenis</i>	g ¹⁸	45	4	260	5	2	86	10	172	48	316	
Leptohyphidae		<i>Haplohyphes</i>		0	0	2	1	1	1	1	1	1	4	
		<i>Leptohyphes</i>		1	0	3	2	0	1	4	0	1	6	
		<i>Leptohyphodes</i>		0	0	4	0	0	1	0	1	2	4	
	<i>Traveryphes</i>		1	0	6	1	0	4	0	2	2	8		
	<i>Tricorythodes</i>		0	0	6	0	0	2	4	0	0	6		
	<i>Tricorythopsis</i>	g ¹⁹	0	0	134	8	1	28	62	40	13	143		
Leptophlebiidae	<i>Askola</i>	g ²⁰	0	0	9	2	0	0	2	9	0	11		

		<i>Farrodes</i>	g ²¹	14	14	13	4	0	4	14	6	21	45
		<i>Leentvaria</i>		0	0	2	0	0	0	0	1	1	2
		<i>Thraulodes</i>	g ²²	103	14	428	2	1	168	218	53	109	548
		<i>Ulmeritoides</i>		0	0	2	0	0	0	0	0	2	2
Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis</i>	g ²³	1	4	17	19	2	7	9	8	19	43
		<i>Hexacylloepus</i>	g ²⁴	0	1	46	7	6	10	13	4	33	60
		<i>Hexanchorus</i>	g ²⁵	0	2	2	4	0	0	0	2	6	8
		<i>Macrelmis</i>	g ²⁶	0	9	41	21	1	3	9	12	48	72
		<i>Neoelmis</i>	g ²⁷	0	69	73	55	14	56	49	40	59	211
		<i>Phanocerus</i>		0	0	2	3	0	2	1	1	1	5
		<i>Xenelmis</i>		5	0	0	1	0	0	1	0	5	6
		<i>Gênero M</i>		0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	g ²⁹	0	3	144	3	1	106	28	8	9	151
N				642	550	2948	886	294	1233	1701	1221	1165	5322
S				19	27	47	39	26	41	38	35	46	54

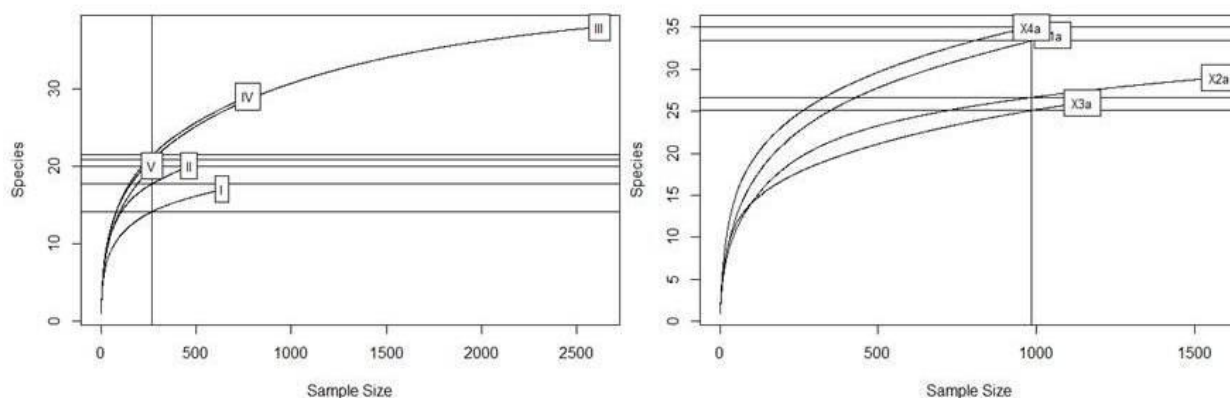


Figura 3. Comparação da riqueza estimada das comunidades de EPT e Coleoptera por faixa de altitude (A) e por grupos de ordem (B) na bacia do Rio Toropi, RS, Brasil, nos meses de outubro a novembro/2010.

O diagrama de ordenação NMDS evidenciou uma tendência de agregação das amostras por faixas de altitude (Figura 4). A db-MANOVA detectou variação significativa na estrutura das comunidades entre faixas de altitude ($F_{4,39}=2,81$; $p=0,001$) e, marginalmente, significativa entre grupos de ordens ($F_{3,38}=1,4$; $p=0,07$). A interação entre os dois fatores não foi significativa ($p>0,05$). Adicionalmente, as comparações pareadas da db-MANOVA entre os níveis das faixas de altitude mostraram diferenças significativas na estrutura das comunidades de EPT e Coleoptera entre pares de faixas de altitude intermediárias e contíguas (Tabela 3).

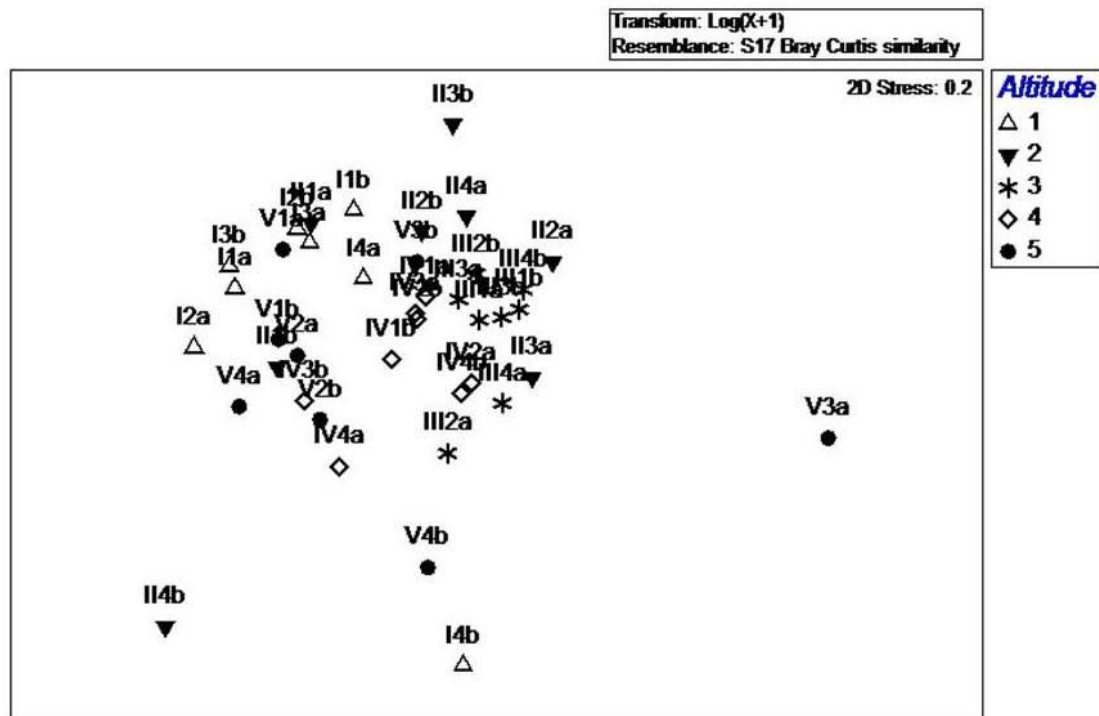


Figura 4- Diagrama de Ordenação NMS para as diferentes faixas de altitude (I, II, III, IV, V) na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil

Tabela 3 – Valores de p relativos às comparações pareadas *a posteriori* da db-MANOVA entre os níveis do fator altitude (I, II, III, IV, V).

Altitude	I	II	III	IV	V
I	0				
II	0,0186	0			
III	0,0002	0,0003	0		
IV	0,0005	0,0034	0,0013	0	
V	0,0887	0,0756	0,0004	0,3254	0

A análise SIMPER mostrou que cinco táxons, *Smicridea* (McLachlan, 1871), *Americabaetis* (Kluge, 1992), *Thraulodes* (Ulmer, 1920), *Baetodes* (Needham & Murphy, 1924) e *Caenis* (Stephens, 1835), foram responsáveis pelas diferenças acumuladas (até 50%) entre as comunidades das diferentes de faixas de altitude (I-II, I-III, I-IV, II-III, II-IV, III-IV e III-V) (Tabela 4).

Tabela 4- Análise do percentual de similaridade (SIMPER) para os táxons responsáveis pelas diferenças observadas entre as assembleias EPT e Coleoptera de acordo com as cinco faixas de altitude (I, II, III, IV, V) na Bacia do rio Toropi, RS, Brasil.

TAXA	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV	III-V
<i>Americabaetis</i>	0,45	0,43	0,17	-	0,46	-	-
<i>Baetodes</i>	-	-	0,32	-	0,37	0,42	-
<i>Caenis</i>	-	-	-	0,43	-	-	0,42
<i>Thraulodes</i>	0,52	0,32	-	0,33	-	0,32	0,31
<i>Smicridea</i>	0,23	0,2	0,46	0,22	0,22	0,21	0,2

Influência das variáveis ambientais sobre a composição das comunidades

O modelo gerado pela RDA foi significativamente diferente do acaso ($F=2,62$; $p=0,005$). Os dois primeiros eixos resumiram 16% da variância nos dados de abundância dos gêneros e explicaram 89% das suas relações com as variáveis ambientais (56% no eixo I, 33% no eixo II; Tabela 5). O primeiro eixo da RDA apresentou relação negativa com a temperatura da água (AT) e EC, enquanto o segundo eixo esteve positivamente correlacionado com a ordem dos riachos e com a EC (Figura 5; Tabela 6). De modo geral, o primeiro eixo da ordenação segregou os locais quanto à variação altitudinal (faixas I a III x faixas IV a V). O segundo eixo resumiu parte da variação ambiental das amostras, segregando amostras com maiores EC e ordem hidrológica.

Poucas relações de alguns táxons com os fatores ambientais incluídos no modelo puderam ser observadas no diagrama (Fig. 6). O gênero *Smicridea* esteve positivamente relacionado com a AT. Em relação à EC, *Smicridea* esteve positivamente relacionado, enquanto *Camelobaetidius* (Demoulin, 1966) tendeu a uma correlação negativa. *Americabaetis* e *Paracloeodes* (Day, 1955) estiveram negativamente relacionados à ordem dos riachos.

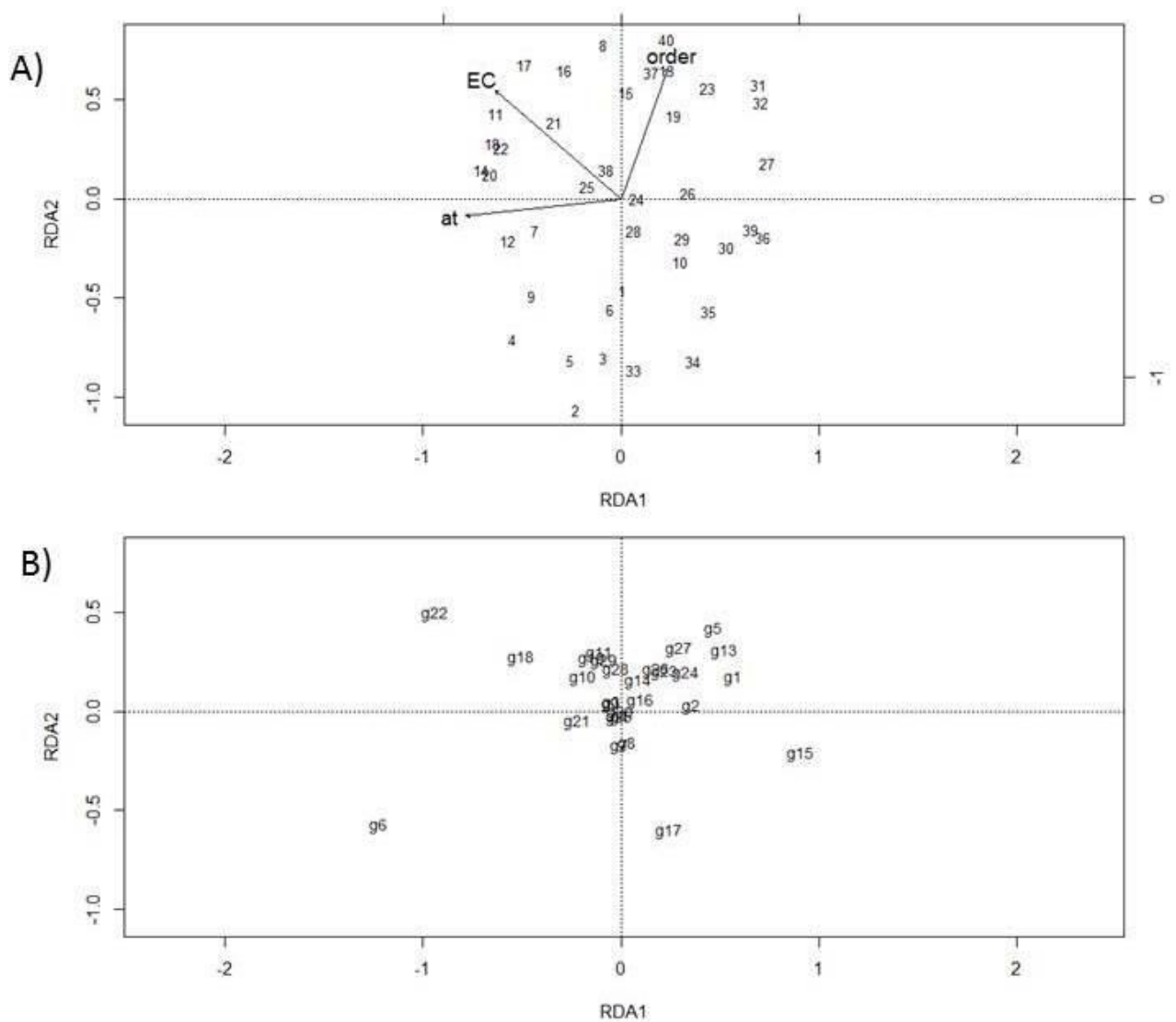


Figura 5. Diagrama de ordenação das amostras e táxons para os dois primeiros eixos da Análise de Redundância de gêneros de insetos aquáticos da Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil.

Tabela 5. Autovalores, coeficientes de correlação táxon-ambiente e porcentagem cumulativa explicada dos dois primeiros eixos da RDA para comunidades de gêneros de insetos aquáticos da Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil.

Eixos	1	2
Autovalor	0,06	0,03
Porcentagem de variância cumulativa dados dos táxons	0,10	0,16
relação táxons-ambiente	0,56	0,89

Tabela 6. Correlações *inter-set* entre os dois primeiros eixos da RDA e as variáveis ambientais medidas na Bacia do Rio Toropi, RS, Brasil .

Eixos	1	2
Temperatura do ar	-0,87	-0,09
Condutividade Elétrica	-0,70	0,60
Ordem	0,26	0,73

DISCUSSÃO

Estruturação espacial das variáveis abióticas

Apesar do curto gradiente longitudinal da área de estudo, a altitude, primariamente, e a ordem, secundariamente, influenciaram a estrutura das comunidades locais, devido à influência que exerceram sobre alguns fatores abióticos. A temperatura do ar e a condutividade elétrica foram os fatores mais fortemente regulados pela variação de altitude, e seus maiores valores médios, 19,5°C e 102,9 $\mu\text{S cm}^{-1}$ respectivamente, foram encontrados na faixa de menor altitude (0-100 metros). Na área de estudo, a temperatura média do ar é mais baixa na região do Planalto (18,4°C) e mais alta na Depressão Central (19,2°C) (Maluf, 2000). Diferenças na geologia de superfície da bacia do Rio Toropi, basaltos no curso superior e arenitos no curso inferior (Robaina et al., 2010), podem ter determinado diferenças na concentração de íons dissolvidos e, portanto, variação na condutividade, bem como a variação de temperatura (Feitosa e Manoel Filho, 2000). Contudo, poluição é outro importante fator que pode afetar a condutividade (Bispo et al., 2006). No local de estudo, áreas com agricultura, principalmente arrozais que lançam poluentes na água, localizam-se nas regiões com menor altitude.

Outros fatores abióticos também foram modulados pelo gradiente altitudinal, apresentando uma distribuição espacialmente estruturada. Granulometria, velocidade da água e oxigênio dissolvido tiveram seus valores médios mais altos nas regiões mais altas, e a temperatura da em regiões mais baixas. A regulação dos valores dessas variáveis pela altitude é conhecida através de estudos prévios, e mais acentuada em regiões com longo gradiente altitudinal (e.g., Suren, 1994, Jacobsen et al. 2003, Jacobsen e Marín, 2008). Os valores de demanda bioquímica de oxigênio e de concentração de íon Ferro também sofreram alguma variação. O local IV1a, com o maior valor de demanda bioquímica de oxigênio (80 mg/L^{-1}), e o local I2a, com a maior concentração do íon Ferro (2,16 mg/l), possuem atividade agrícola nas suas imediações, como pode ser observado localmente. A entrada de dejetos orgânicos nos riachos pode determinar elevação no teor de matéria orgânica, induzindo a diminuição do teor de oxigênio dissolvido e o aumento da microflora presente, interferindo no equilíbrio da

sobrevivência da biota (Sonada, 2005). Íon Ferro pode ocorrer em áreas rurais com atividade agrícola devido aos processos de erosão e assoreamento de solos formados a base de sesquióxidos de ferro, aumentando consideravelmente a concentração de Ferro, tanto solúvel como em suspensão na água (Vanzela, 2004).

A ordem dos rios, como a altitude, modulou a condutividade elétrica. Na área de estudo, os maiores valores de condutividade elétrica foram encontrados nos riachos de 4ª ordem. A elevação na concentração da condutividade em regiões próximas a foz, ou seja, rio abaixo, está associada ao aporte de matéria orgânica (Lenat e Crawford 1994), que aumenta as concentrações de íons e, conseqüentemente, os valores de condutividade elétrica (Hepp et al., 2013). Contudo, os riachos de 4ª ordem também estavam inseridos em locais mais próximos a atividades antrópicas (agricultura e perímetro urbano), as quais podem ter determinado aumento no aporte de resíduos (Stewart et al., 2000), e elevação na condutividade, como já discutido.

Alguns fatores variaram de forma localizada. Os valores de pH e de EC foram mais altos nos locais III4a e III2b (7,5 e 140,1 $\mu\text{S cm}^{-1}$ respectivamente), e mais baixos nos locais IV1b e I2b (6 e 20,9 $\mu\text{S cm}^{-1}$). O local que apresentou o maior valor de condutividade elétrica (III2b, 140,1) possui atividade agrícola.

Estrutura das comunidades conforme faixas de altitude e grupos de ordens

As faixas de altitude intermediárias (III e IV) apresentaram comunidades com maior riqueza (47 a 39). Maior riqueza de comunidades de macroinvertebrados em zonas intermediárias de altitude já foi observada em regiões com gradientes altitudinais maiores (e.g., Suren, 1994, Jacobsen et al. 2003, Jacobsen e Marín, 2008), inclusive para comunidades de moluscos (Hausdorf, 2006). Neste estudo, alguns dos gêneros encontrados nas faixas intermediárias III e IV eram representantes das faixas V (e.g., *Cloeodes* (Traver, 1938) e *Trichorythopsis* (Traver, 1958)) ou das faixas I e II (e.g., *Anacroneuria* (Klapálek, 1909), *Farrodes* (Peters, 1971)), mas não compartilhados pelas últimas (V x I e II). As larvas do efemerótero *Cloeodes* podem ser encontradas em diversos habitats, como em riachos com corredeiras, lagos e poças temporárias (Salles et al., 2004). O efemerótero *Trichorythopsis* é encontrado em riachos, com preferência por substrato composto por pedras e algas perifíticas (Goulart e Callisto, 2005). O plecóptero *Anacroneuria* é encontrado em águas bem oxigenadas, sendo muito sensível a alterações ambientais, possuindo preferência por substratos pedregosos (Baptista et al., 2001). *Farrodes* é um efemerótero que possui ampla distribuição, e é encontrado em substratos orgânicos e inorgânicos de diversos tipos (folhas em poções ou

corredeiras, raízes, pedras), além de aparentemente possuir ampla tolerância (Dominguez et al., 2006). Por outro lado, muitos gêneros das faixas intermediárias foram raros ($n < 5$) e exclusivos a elas.

Os grupos formados pelas ordens extremas (1ª e 4ª) apresentaram riqueza maior (46 e 41, respectivamente). O maior número de gêneros nesses grupos pode ser explicado pela grande presença de táxons raros (1ª ordem = 20; 4ª = 18). O efemeróptero *Ulmeritoides* (Traver, 1959), exclusivo dos riachos de 4ª ordem, também foi encontrado em riacho de 4ª ordem na bacia do Rio Jacuí, no Rio Grande do Sul (Siegloch et al., 2008). Representantes deste gênero têm preferência por habitats de águas mais paradas em áreas ritrais (Merrit e Cummins, 1996). Quanto aos tricópteros registrados nos locais de 4ª ordem, *Helicopsyche* (Siebold, 1856) também foi encontrado em riachos de 4ª ordem, em outro estudo conduzido no Rio Jacuí (Spies et al., 2006). O gênero ocorre em locais pouco poluídos, com substrato contendo pedras e perifíton (Holzenthal et al., 2007). *Austrotinodes* (Schmid, 1955) é encontrado em locais com correnteza e substrato pedregoso (Martins-Silva et al., 2008). Alguns gêneros foram exclusivos de 1ª ordem, como *Celaenotrichia* (Mosely, 1934), *Leucotrichia* (Mosely, 1934) e *Oxyethira* (Eaton, 1873), todos da família Hydroptilidae e, apenas, com um exemplar cada.

A estrutura das comunidades de EPT e dos coleópteros Elmidae e Psephenidae das faixas de altitude intermediárias (II a IV) apresentou maior variação em relação às faixas de altitudes extremas (I e V), do que entre si. Essas variações estiveram relacionadas, principalmente, à abundância relativa de alguns táxons. *Americabaetis*, *Thraulodes* e *Smicridea* foram os gêneros que tiveram maior contribuição para diferenciação das comunidades das faixas de altitude intermediárias daquelas de menor altitude. *Americabetis* foi mais abundante na faixa I (0-100 m). Este efemeróptero possui ampla distribuição, podendo ser encontrado em habitats variados, inclusive em locais impactados (Siegloch et al., 2005). Nos locais de amostragem da faixa I, foram observados os menores valores de percentagem de cobertura vegetal (<30%) e oxigênio dissolvido (6,4 mg/l), em comparação a outras faixas de altitude. O efemeróptero *Thraulodes* é encontrado em córregos de baixa ordem, em locais bem preservados, vivendo na superfície de rochas (Cardoso et al., 1997). No local de estudo, foi o táxon mais abundante na faixa de altitude III. O tricóptero *Smicridea* também foi mais abundante na faixa de altitude III. Este gênero tem sido citado como um dos mais abundantes entre os Trichoptera, sendo relacionado a corredeiras com substrato

pedregoso (Spies e Froehlich, 2009). Os locais de amostragem da faixa de altitude III possuíam predominância de cascalho, o que pode ter favorecido a ocorrência não só deste gênero, mas também de *Thraulodes*.

A ausência ou baixa frequência de alguns táxons nas faixas dos extremos de altitude também colaborou para diferenciação das comunidades. *Baetodes* foi abundante na faixa IV e diferenciou as comunidades desta faixa daquelas de menor altitude. O gênero é encontrado em locais bem oxigenados e associados a pedras. Assim, apresenta-se como indicadora ecológica de ambientes com elevada integridade (Domínguez et al., 2009), o que não ocorre na faixa de menor altitude da área de estudo. *Caenis* foi mais abundante na faixa intermediária III e escasso na faixa V. Este gênero é associado a sedimentos mais finos, em locais com correnteza mais moderada (Domínguez et al., 2009), ocorrendo em áreas de deposição (Edmunds e Waltz, 1996). Na faixa V, ocorreu a maior média de velocidade da corrente (32,1 m/s), o que deve ter impedido o estabelecimento de representantes de *Caenis*.

Influência das variáveis ambientais sobre a composição das comunidades

Poucos gêneros encontrados foram fortemente relacionados às variáveis abióticas utilizadas na RDA. Dos 52 encontrados, apenas seis foram influenciados pelas variáveis: temperatura do ar, ordem e condutividade elétrica. *Smicridea* apresentou relação positiva com a temperatura do ar. Na área de estudo, as maiores temperaturas foram registradas nas faixas de altitude mais baixas (I e II; com 19,5°C e 19,6°C respectivamente), as quais estão mais próximas de áreas agrícolas e pastagens. Larvas de *Smicridea truncata* (Flint, 1974) foram encontradas em rios com águas quentes, na região Amazônica (Pes et al., 2008), mostrando a capacidade do gênero de tolerar água com temperaturas mais altas. Além disto, três gêneros foram influenciados negativamente pela ordem dos riachos. *Camelobaetidius* apresenta espécies que são sensíveis à poluição, encontradas em locais pouco impactados e com granulometria do substrato mais grossa (Buss e Salles, 2007). Estas características são mais comuns em rios de pequena ordem. *Paracloeodes* foi registrado com maior abundância em riachos de pequena ordem do que nos de média ordem, em outras bacias do Rio Grande do Sul (Salvarrey et al., 2013). *Americabaetis* pode estar associado à presença de vegetação ripária (Dominguez et al., 2006) e aquática (Goulart e Callisto, 2005), comum nas menores ordens. Contudo, *Thraulodes* foi influenciado positivamente pela condutividade elétrica, apesar de o gênero ser encontrado em locais bem preservados (Cardoso et al., 1997). Geralmente, maiores valores de condutividade estão relacionados

a locais com alterações antrópicas (Stewart et al., 2000), mas também podem estar relacionados à geologia de superfície local (Pedrosa e Rezende, 1999).

CONCLUSÕES

Altitude e ordem são importantes fatores para a estruturação espacial dos habitats de ecossistemas lóticos, pois em escala de paisagem podem modular fatores ambientais abióticos, alterando a composição e a abundância de gêneros de insetos aquáticos, principalmente de grupos sensíveis a alterações ambientais, como as ordens Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e de certos representantes de Coleoptera. As faixas de altitude intermediárias apresentaram as maiores riquezas, mostrando que mesmo gradientes altitudinais pequenos (0-500 m) podem determinar mudanças expressivas nas comunidades de insetos aquáticos. Características abióticas e de paisagem se alteram ao longo deste gradiente, sendo responsáveis pelas mudanças de composição taxonômica das comunidades. As ordens extremas (1ª e 4ª) apresentaram as maiores riquezas, pois características do substrato e da velocidade da corrente foram determinantes para a distribuição dos gêneros. Fatores abióticos, como temperatura do ar, ordem e condutividade elétrica, influenciaram a distribuição de alguns gêneros. Estes fatores também tiveram sua distribuição espacial regulada pelo gradiente altitudinal. O conhecimento aqui obtido, sobre como as comunidades de macroinvertebrados aquáticos estão estruturadas em riachos de uma ecorregião com baixo gradiente de relevo, mostra que políticas visando à preservação e à conservação da integridade das bacias hidrográficas devem privilegiar altitudes intermediárias e segmentos de 1ª e 4ª ordem.

AGRADECIMENTOS

Aos biólogos Andrea Salvarrey e Tiago Bertaso pelo auxílio na identificação dos Ephemeroptera. Aos colegas do Laboratório de Macroinvertebrados Aquáticos pelo auxílio na triagem e identificação do material de campo. À CAPES pela bolsa de mestrado concedida a Bruna Braun.

REFERÊNCIAS

Allan, J.D.; Castillo, M.M. 2007. Stream Ecology: Structure and function of running waters. 2a Ed., Netherlands: Springer, 436p.

- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26: 32–46.
- Angrisano, E.B.; Korob, P.G. 2001. Trichoptera. pp. 5 – 92. In: Fernández, H.R. & Domínguez, E. (eds.) *Guía para Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos*. San Miguel de Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo.
- Baptista, D.F.; Buss, D.F.; Dorvillé, L.F.M.; Nessimian, J.L. 1998a. O Conceito de Continuidade dos Rios é válido para rios de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil? *Oecologia Brasiliensis* 5:209-222.
- Baptista, D.F.; Dorvillé, L.F.M.; Buss, D.F.; Nessimian, J.L.; Soares, L.H.J. 1998b. Distribuição de comunidade de insetos aquáticos no gradiente longitudinal numa bacia fluvial do Sudeste Brasileiro. *Oecologia Brasiliensis* 5:191-207.
- Baptista, D. F.; Buss, D. F.; Dorvillé, L. F. M.; Nessimian, J. L. 2001. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé River basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, vol. 61, n. 2, p. 249-258.
- Bispo, P.C.; Oliveira, L.G.; Bini, L.M.; Sousa, K.G. 2006. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Brazilian Journal of Biology* 66(2B):611-622.
- Buriol, G. A.; Estefanel, V.; De Chagas, A.C.; Eberhardt, D. 2007. Clima e vegetação natural do estado do Rio Grande do Sul segundo o diagrama climático de Walter e Lieth. *Ciência Florestal* 17(2): 91-100.
- Buss, D.; Salles, F.F. 2007. Using Baetid Species as Biological Indicators of Environmental Degradation in a Brazilian River Basin. *Environmental Monitoring and Assessment* 130:365-372.
- Cardoso, M.C.Z.; Hernandez, A.M.R.; Aguilera, S.M. 1997. Biological aspects of Ephemeroptera in rivers of southwestern Colombia (South America). *Taller Internacional sobre sistemática y Ecología de Ephemeroptera como Bioindicador de Calidad de Agua*, Santiago de Cali, Colombia, 1-13.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18:117–143.
- Clarke, K.R.; Gorley, R.N. 2006. *Primer v6: user manual/tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.

- Carter, S. D., G. L. Cromwell, M. D. Lindemann, L. W. Turner, and T. C. Bridges. 1996. Reducing N and P excretion by dietary manipulation in growing and finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 74(1):59.
- Cummins, K.W.; Merritt, R.W.; Andrade, P.C.N. 2005. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40(1):69–89
- Domínguez, E.; Fernández, H.R. 2009. *Macroinvertebrados Bentônicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*. 1a Ed. San Miguel de Tucumán: Fundacion Miguel Lillo, 654p.
- Domínguez, E. et al. Ephemeroptera of South America. In: Adis, J.; Arias, J.R.; Rueda-delgado, G.; Wantzen, K.M. (Eds.)- *Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA)*. Vol. 2. Pensoft, Sofia-Moscow, 646 p, 2006.
- Edmunds, G.F.; Waltz, R.D. 1996. Ephemeroptera. In: Merritt, R.W.; Cummins, K.W. (eds). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*, Chap.11. Kendall/Hunt publishing company, Iowa.
- Esteves, F.A. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. 2ª edição, Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.
- Feitosa, F. A. C.; Filho, J.M. 2000. *Hidrologia: conceitos e aplicações*. 2. ed. Fortaleza: CPRM: REFO, LABHID-UFPE.
- Feld, C.K.; Hering, D. 2007. Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macroinvertebrates at different spatial scales. *Freshwater Biology* 52:1380 - 1399.
- Fidelis, L.; Nessimian, J. L.; Hamada, N. 2008. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. *Acta Amazônica* 38(1):127-134.
- Gotelli, N.J.; Colwell, R.K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4(4):379-391.
- Gotelli, N.J.; Entsminger, G.L. 2005. *EcoSim: Null models software for ecology*. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. Disponível em: <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>.
- Goulart, M.; Callisto, M. 2005. Mayfly Diversity in the Brazilian Tropical Headwaters of Serra do Cipó. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48(6):983-996.
- Hausdorf, B. 2006. Latitudinal and altitudinal diversity patterns and Rapoport effects

- in north-west European land snails and their causes. *Biological Journal of the Linnean Society* 87:309–323.
- Hepp, L.U.; Restello, R.M.; Milesi, S.V.; Biasi, C.; Molozzi, J. 2013. Distribution of aquatic insects in urban headwater streams. *Acta Limnologica Brasiliensia* 25(1):1-9.
- Henriques-Oliveira, A.L.; Nessimian, J.L. 2010. Aquatic macroinvertebrate diversity and composition in streams along an altitudinal gradient in Southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 10(3):115-128.
- Holzenthal, R.W.; Blahnik, R.J.; Prather, A.L.; Kjer, K.M. 2007. Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), caddisflies. *Zootaxa*, 1668, 639–698.
- Hundertmarck, I.S.; Miorin, V.M.F. 2001. Classificação das zonas agroecológicas na sub-bacia Rio Ibicui-Mirim: Adequação das culturas ao tipo de solo-RS; *Geografia: Ensino & Pesquisa; Imprensa Universitária/UFSM*; V. 11, Nº 1; p: 9; 15.
- Jacobsen, D.; Marín, R. 2003. Bolivian Altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. *Aquatic Ecology* 42:646-656.
- Kilca, R.V.; Longhi, S.J. 2011. “A composição florística e a estrutura das florestas secundárias no rebordo do Planalto Meridional”. In Mauro V. Schumacher, Solon J. Kruskal, J. B.; Wish, M. 1978. *Multidimensional Scaling. Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 07-011. Thousand Oaks: Sage Publications.*
- 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>>.*
- Legendre, P.; Gallagher, E.D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*: 129: 271-280.
- Lenat, D.R.; Crawford, J.K. 1994. Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams. *Hydrobiologia* 294:185-199.
- Lewis, D.B.; Magnuson, J.J. 2000. Landscape spatial patterns in freshwater snail assemblages across Northern Highland catchments. *Freshwater Biology* 43:409-420.
- Longhi, Eleandro J.Brun e Ricardo V. Kilca (orgs), *A Floresta Estacional Decidual: Caracterização e Ecologia no Rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria. Pallotti, 5:53-85.*

- Maloney K.O.; Weller D.E.; 2010. Anthropogenic disturbance and streams: land use and land-use change affect stream ecosystems via multiple pathways. *Freshwater Biology* 56(3):611-626.
- Maluf, J.M.T. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 8:141-150.
- Mariano, R.; Froehlich, C.G. 2007. Ephemeroptera. 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>>.
- Martel N.; Rodriguez M.A.; Bérubé P. 2007. Multi-scale analysis of responses of stream macrobenthos to forestry activities and environmental context. *Freshwater Biology* 52:85–97.
- Martins-Silva, M.J.; Engel, D.W.; Rocha, F.M.; Araújo, J. 2008. Imaturos de Trichoptera na Bacia do Rio Paranã, GO, com novos registros de gênero. *Neotropical Entomology* 37:735-738.
- Merritt, R.W.; Cummins, K.W. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. 3aed. Iowa: Kendall/Hunt. 862p.
- Miserendino, M.L.; Masi, C.I. 2010. The effects of land use on environmental features and functional organization of macroinvertebrate communities in Patagonian low order streams. *Ecological Indicators* 10:311-319.
- Moulton, T.P. 2009. Defying Water's End: do we need different conservation strategies for aquatic systems compared with terrestrial? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19:1–3.
- Oliveira, L.G.; Bispo, P.C.; Sá, N.C. 1997. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) em córregos do Parque Ecológico de Goiânia, Góias, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 14(4):867-876.
- Oliveira, L.G.; Bispo, P.C.; Crisci, V.L.; Souza, K.G. 1999. Distribuição das categorias funcionais alimentares de larvas de Trichoptera (Insecta) em uma região serrana do Brasil Central. *Acta Limnologica Brasiliensia* 11(2):173-183.
- Pedron, F. de A.; Dalmolin, R.S.D.; De Azevedo, A.C.; Poelking, E.L.; Miguel, P. 2006. Utilização do sistema de avaliação do potencial de uso urbano das terras no diagnóstico ambiental do município de Santa Maria – RS. *Ciência Rural* 36(2):468-477.
- Pedrosa, P.; Rezende, C. E. 1999. As muitas faces de uma lagoa. *Ciência Hoje* 6(153):40- 47.

- Pes, A.M.O.; Hamada, N.; Soares, C.C. 2008. Description of the last-instar larva and pupa and the bionomics of *Smicridea* (*Smicridea*) *truncata* Flint (Trichoptera: Hydropsychidae) in Central Amazonia, Brazil. *Zootaxa* 1732:56-60.
- Principe, R.E., Corigliano, M.C. 2006. Bentic, drifting and marginal macroinvertebrate assemblages in a low river: temporal and spatial variations and size structure. *Hydrobiologia* 553:303-317.
- Principe, R.E.; Boccolini, M.F.; Corigliano, M.C. 2008. Structure and spatial-temporal dynamics of Chironomidae fauna (Diptera) in upland and lowland fluvial habitats of the Chocancharava River Basin (Argentina). *Hydrobiology* 93(3): 342-357.
- Quadros, F.L.F.; Pillar, V. P. 2002. Transições floresta- campo no Rio Grande do Sul. *Fitogeografia do Sul da America. Ciência & Ambiente* 24:109-118.
- Robaina, L.E. De Souza; Trentin, R.; Bazzan, T.; Reckziel, E.W. Verdeum, R.; De Nardin, D. 2010. Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Ibicuí, Rio Grande Do Sul, Brasil: Proposta De Classificação. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 11(2):11-23.
- Rosenberg, D. M.; Resh, V. H. 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall, 488p.
- Sá, R.L. 2012. Podem pequenas variações na Altitude e na Ordem de Riachos influenciar a estrutura das comunidades de moluscos? Dissertação de mestrado, PPG Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria.
- Salles, F.F.; Batista, J.D.; Cabette, H.R.S. 2004. Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) de Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil: Novos registros e descrição de uma nova espécie de *Cloeodes* Traver. *Biota Neotropica* 4(2):1-8.
- Salvarrey, A.V.B.; Kotzian, C.B.; Spies, M.R.; Braun, B.M. 2013. The influence of microbasins and environmental longitudinal gradients on the structure and spatial distribution of stream macroinvertebrate communities in southern Brazil. *No prelo*.
- Segura, M.O.; Valente-Neto, F.; Fonseca-Gessner, A.A. 2011. Elmidae (Coleoptera, Byrrhoidea) larvae in the state of São Paulo, Brazil: Identification key, new records and distribution. *Zookeys* 151:53-74.
- Siegloch, A. E; Froehlich, C. G.; Kotzian, C. B. 2008. Composition and diversity of Ephemeroptera (Insecta) nymph communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, southern Brazil. *Iheringia* 98(4):425-432.

- Silva, E.C. Da; Muraoka, T.; Buzetti, S.; Veloso, M.E. Da C.; Trivelin, P.C.O. 2006. Aproveitamento do nitrogênio (^{15}N) da crotalária e do milho pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. *Ciência Rural* 36:739-746.
- Shimano, Y.; Salles, F.F.; Faria, L.R.R.; Cabette, H.S.R.; Nogueira, D.S. 2012. Distribuição espacial das guildas tróficas e estruturação da comunidade de Ephemeroptera (Insecta) em córregos do Cerrado de Mato Grosso, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* 102(2):187-196.
- Spies, M.R.; Froehlich, C.G.; Kotzian, C.B. 2006. Composition and diversity of Trichoptera (Insecta) larvae communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia* 96(4):389-398.
- Spies, M.R.; Froehlich, C.G. 2009. Inventory of caddisflies (Trichoptera: Insecta) of the Campos do Jordão State Park, São Paulo state, Brazil. *Biota Neotrop.*: <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n4/pt/fullpaper?bn03509042009+en>
- Sonada, K.C. 2005. Relação entre o uso da terra e composição de insetos aquáticos de quatro bacias hidrográficas do estado de São Paulo. Tese de doutorado da Universidade de São Paulo, SP.
- Strahler, A.N. 1957. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *American Geophysical Union Transactions* 38:913-920.
- Stewart, P. M.; Butcher, J.T.; Swinford, T.O. 2000. Land use, habitat and water quality effects on macroinvertebrate communities in three watersheds of a Lake Michigan as sociated marsh system. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 3: 179-189.
- Suren, A.M. 1994. Macroinvertebrate communities of stream in western Nepal: effects of altitude on land use. *Freshwater Biology* 32:323-336.
- Ter Braak, C.J.F.; Smilauer, P. 2002. CANOCO: reference manual and CanoDraw for Windows. User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca: Microcomputer Power, 352 p.
- Turner, M.G. 1989. LANDSCAPE ECOLOGY: The Effect of the Patern on Process. *Annual Reviews Ecology Systematics* 20:171-197.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 37: 130-137.
- Vanzela, L. S. 2004. Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP. Ilha Solteira. Dissertação Mestrado, UNESP.