

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

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE  
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM  
RIACHOS DA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE  
DO SUL, BRASIL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Andrea Vanessa Batalla Salvarrey**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2010**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÔNICOS EM RIACHOS DA REGIÃO CENTRAL DO RIO  
GRANDE DO SUL, BRASIL**

**por**

**Andrea Vanessa Batalla Salvarrey**

Dissertação apresentada ao 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 Biodiversidade Animal.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Carla Bender Kotzian**  
**Co-orientadora: Dra. Márcia Regina Spies**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

**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

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÔNICOS EM RIACHOS DA REGIÃO CENTRAL DO RIO  
GRANDE DO SUL, BRASIL**

elaborada por  
**Andrea Vanessa Batalla Salvarrey**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciências Biológicas- Área Biodiversidade Animal**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Carla Bender Kotzian, Dra.**  
(Presidente/Orientador)

**Edélti Faria Albertoni, Dra. (FURG)**

**Ana Emília Siegloch, Dra. (UFSC)**

**Santa Maria, 24 de setembro de 2010.**

## AGRADECIMENTOS

Um enorme agradecimento à minha orientadora Dra. Carla Bender Kotzian pelo acolhimento, pelos conhecimentos transmitidos e por todo o apoio.

À minha co-orientadora Márcia Spies pelo auxílio com as análises estatísticas, pelos conhecimentos transmitidos, pela confirmação das identificações dos Trichoptera, e principalmente, pela paciência.

À Dra. Ana Emília Siegloch pela confirmação das identificações de Ephemeroptera e Plecoptera.

À MSc Melissa Ottoboni Segura pela confirmação das identificações de Coleoptera.

Ao Dr. Roberto da Gama Alvez pelo auxílio e conhecimentos transmitidos sobre Oligochaeta.

À Elzira Floss e Elisângela Secretti pela identificação de Chironomidae.

À Bruna Braun que passou tantas horas ao meu lado, triando, identificando e ajudando no que podia.

Aos meus colegas e amigos de laboratório Elzira, Alcemar, Mateus, Roger, Bruna, Elisângela, Sara e Nicolas pelo tempo compartilhado, troca de informações e paciência de todos. Além da nova colega Vanessa que há pouco tempo conheço, mas já colaborou com meu trabalho.

Ao Dr. Sandro Santos por ter me acolhido na chegada a esta universidade e ajudado a dar início ao trabalho realizado.

Ao secretário deste PPG, Paulo, pelas conversas e pelos chimarrões ao longo destes dois anos.

Ao meu marido e companheiro de todos os momentos, Alejandro, pelo apoio, paciência e companheirismo.

Aos amigos que me acolheram ao chegar em Santa Maria, Cris, Alexandre, Emerson e Jorge.

Aos meus pais, Winston e Liliana e aos meus sogros, Luis e Marisa que apesar da distância estão sempre presentes.

E a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho tão importante.

## Resumo

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

### **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RIACHOS DA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

AUTORA: ANDREA VANESSA BATALLA SALVARREY

ORIENTADORA: CARLA BENDER KOTZIAN

CO-ORIENTADORA: MÁRCIA REGINA SPIES

Data e Local de Defesa: Santa Maria, 24 de setembro de 2010.

As percepções dos processos físicos e biológicos dependem da escala em que as observações são feitas. Devido à escassez de estudos sobre os padrões de distribuição de macroinvertebrados bentônicos em múltiplas escalas em regiões tropicais e subtropicais, o objetivo deste estudo foi analisar a estruturação das comunidades de macroinvertebrados bentônicos em diferentes escalas espaciais (entre microbacias e entre trechos de diferentes ordens de cada riacho) e identificar a influência de variáveis ambientais sobre a estruturação dessas comunidades. A amostragem foi realizada com amostrador tipo Surber, nas microbacias dos rios Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009). Em cada microbacia foram selecionados quatro pontos de coleta segundo gradiente longitudinal (trechos de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens). Em cada ponto de coleta foram amostradas as variáveis ambientais: temperatura da água, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, granulometria do substrato e presença de vegetação aquática e ripária. Um total de 10.985 indivíduos, 42 famílias e 129 táxons foram coletados, sendo que os táxons dominantes foram Simuliidae (14%), Naididae (13%), *Cricotopus* sp. 1 (13%), *Cricotopus* sp. 2 (8%) (Chironomidae) e *Paragripopteryx* (5%) (Gripopterygidae) e *Americabaetis* (5%) (Baetidae), perfazendo 58% da abundância total. Não houve diferença na riqueza entre as microbacias, entretanto ocorreu diferença na estrutura das comunidades das três microbacias. As microbacias dos rios Tororaipí e Ibicuí-Mirim apresentaram menor diferença entre si, que em relação à microbacia do Rio Vacacaí-Mirim. Os trechos de 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens apresentaram maior riqueza que os trechos de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens. Adicionalmente, ocorreu diferença na estrutura das comunidades entre os trechos amostrados (56%), sendo que apenas os trechos de 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens não apresentaram diferença significativa entre si. De modo geral, as variáveis ambientais que influenciaram a distribuição da comunidade foram a granulometria, a concentração de oxigênio dissolvido, a condutividade elétrica e a vegetação aquática. Os macroinvertebrados típicos dos trechos de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens da microbacia do Rio Vacacaí-Mirim e de 1<sup>a</sup> ordem do Rio Tororaipí foram influenciados principalmente pela maior granulometria e concentração de oxigênio dissolvido, enquanto os associados aos trechos de 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens foram influenciados pela maior condutividade elétrica. As microbacias dos rios Ibicuí-Mirim (exceto o trecho de 2<sup>a</sup> ordem) e Tororaipí (exceto os trechos de 1<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens) não apresentaram diferença quanto às ordens, sendo associadas à menor condutividade elétrica e à ausência de vegetação aquática. A granulometria não influenciou a diferenciação das microbacias dos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí (exceto o trecho de 4<sup>a</sup> ordem), pois ambos possuem substrato mais fino, enquanto a microbacia do Rio Vacacaí-Mirim apresenta substrato pedregoso. Isto provavelmente se deve ao fato do Rio Vacacaí-Mirim pertencer a uma bacia hidrográfica diferente (Bacia do Rio Jacuí) das demais microbacias (Bacia do Rio Ibicuí). Possivelmente a maior condutividade elétrica seja típica da primeira Bacia, visto que esta foi maior em todos os trechos amostrados, sendo aumentada ainda pela proximidade da área urbana, com despejo de efluentes domésticos, assim como pela presença de agricultura próxima às margens. Nas microbacias dos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí a diferenciação da estrutura da comunidade encontrada deve ocorrer devido às características ambientais, como presença de substrato mais fino em ambos os rios e maior quantidade de vegetação ripária no Rio Tororaipí.

Palavras-chave: insetos aquáticos; múltiplas escalas; gradiente longitudinal; RDA; ANOSIM

## Abstract

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

### **SPATIAL DISTRIBUTION OF BENTHIC MACROINVERTEBRATES IN STREAMS OF CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL**

AUTORA: ANDREA VANESSA BATALLA SALVARREY

ORIENTADORA: CARLA BENDER KOTZIAN

COORIENTADORA: MÁRCIA REGINA SPIES

Data e Local de Defesa: Santa Maria, 24 de setembro de 2010.

The knowledge of the role of physical and biological processes on animal community distribution is influenced by the spatial scale adopted in ecological studies. Due the scarcity of studies of distributional patterns of benthic macroinvertebrates in multiple scales in tropical and subtropical regions, this paper analyzes the structure of benthic macroinvertebrate communities in different spatial scales (among small watersheds and different river orders of each watershed) and the influence of certain environmental variables on these communities. The sampling was performed with Surber sampler in the small watersheds of the Vacacaí-Mirim River (August, 2008), and the Ibicuí-Mirim and Tororaipí rivers (August 2009). In each watershed were selected four sampling sites following the longitudinal gradient (stretches of 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> orders. The environmental factors analyzed were: water temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, substrate granulometry and presence of aquatic and riparian vegetation. A total of 10.985 individuals, 42 families and 129 taxa were collected and, in general, the dominant taxa were Simuliidae (14%), Naididae (13%), *Cricotopus* sp. 1 (13%), *Cricotopus* sp. 2 (8%) (Chironomidae), *Paragripopteryx* (5%) (Gripopterygidae) and *Americabaetis* (5%) (Baetidae) representing 58% of the total specimens collected. There were no differences in macroinvertebrate richness among watersheds, however, the community structure showed differences among the three watersheds. The stretches of 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> orders showed higher richness than the stretches of 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> orders. Additionally, there was recorded difference among communities structure of different orders stretches (56%). In general the environmental variables that influenced the distribution of the communities were granulometry, dissolved oxygen, electrical conductivity and aquatic vegetation. The macroinvertebrates characteristic of 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> order stretches of the Vacacaí-Mirim River and of 1<sup>st</sup> order of the Tororaipí River watersheds were influenced mainly by bigger granulometry and dissolved oxygen, while the macroinvertebrates associated to the 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> order stretches were influenced by the higher electrical conductivity. The small watersheds of the Ibicuí-Mirim (except the 2<sup>nd</sup> order stretch) and Tororaipí rivers (except the 1<sup>st</sup> and 4<sup>th</sup> order stretches) did not show difference concerning the river orders, and were associated to the smaller electrical conductivity and absence of aquatic vegetation. The 4<sup>th</sup> order stretches of the Tororaipí River was segregated of the other stretches due to its smaller granulometry. The granulometry did not influence the small watershed of the Ibicuí-Mirim and Tororaipí rivers (except the 4<sup>th</sup> order stretches) due to the presence of fine substrate, while the Vacacaí-Mirim River watershed showed coarse substrate. This difference is probably determined by the fact that the Vacacaí-Mirim River represents a tributary of a different and bigger hydrographic watershed, the Jacuí River Basin, while the others small watersheds represents tributaries of the Ibicuí River Basin. Possibly, the Jacuí River Basin have higher electrical conductivity, since this factor was high in all the sampled stretches, being increased by the proximity to urban areas with domestic sewage and agricultural activities near the river banks. In the small watersheds of the Ibicuí-Mirim and Tororaipí rivers, the difference between the community structures is possibly related to environmental features, such as finer substrate in both rivers and well developed riparian vegetation in the Tororaipí River.

Keywords: aquatic insects; multiple scale; longitudinal gradient, RDA, ANOSIM

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1: Mapa das microbacias dos rios Vacacaí-Mirim, Ibicuí-Mirim e Tororaipí em Santa Maria e Mata, RS.....17
- FIGURA 2: Abundância relativa dos táxons dominantes na área de estudo e em cada uma das três microbacias estudadas: Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS. ....28
- FIGURA 3: Comparação da riqueza estimada de macroinvertebrados bentônicos entre (A) as microbacias (para uma subamostra de 1.700 indivíduos retirado ao acaso) e (B) trechos de diferentes ordens (para uma subamostra de 2.100 indivíduos retirados ao acaso) estudados nos trechos de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens das microbacias dos rios Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009) em Santa Maria e Mata, RS.....30
- FIGURA 4: Diagrama de ordenação NMDS a) dos trechos de rios amostrados (Vacacaí-Mirim, Ibicuí-Mirim e Tororaipí) de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens e b) das microbacias amostradas (VM= Vacacaí-Mirim, IB= Ibicuí-Mirim e TR= Tororaipí), em agosto de 2008 (VM) e agosto de 2009 (IB, TR), em Mata e Santa Maria, RS.....31
- FIGURA 5: Abundância relativa dos táxons dominantes nos trechos de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens nos rios Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS .....32
- FIGURA 6: Diagrama de ordenação das amostras e táxons para os dois primeiros eixos da Análise de Redundância de macroinvertebrados bentônicos e variáveis ambientais, Rio Vacacaí-Mirim, agosto de 2008 e rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí, agosto de 2009, RS.....36

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1: Localização e caracterização ambiental dos pontos de coleta nas microbacias dos rios Vacacaí-Mirim (VM, pontos 1, 2, 3 e 4) (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim (IB, pontos 1, 2, 3 e 4) e Tororaipí (TR, pontos 1, 2, 3 e 4) (agosto de 2009), na região central do estado do Rio Grande do Sul.....20
- TABELA 2: Índice de critérios estabelecidos arbitrariamente para medir a granulometria dos pontos coletados no Rio Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), e nos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS.....21
- TABELA 3: Índice de critérios estabelecidos arbitrariamente para avaliar a presença ou ausência de vegetação aquática e ripária nos pontos coletados no Rio Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), e nos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS.....21
- TABELA 4: Variáveis ambientais medidas nos pontos de coleta nas microbacias dos rios Vacacaí-Mirim (VM, pontos 1, 2, 3 e 4) (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim (IB, pontos 1, 2, 3 e 4) e Tororaipí (TR, pontos 1, 2, 3 e 4) (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS.....26
- TABELA 5: Número de exemplares das famílias (exceto Nematoda) encontradas no Rio Vacacaí-Mirim (VM), em agosto de 2008 e nos rios Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipí (TR), em agosto de 2009, em Santa Maria e Mata, RS.....27
- TABELA 6: Comparação pareada (*pairwise tests*) da Análise de Similaridade (ANOSIM) entre as microbacias do Rio Vacacaí-Mirim (VM) (agosto de 2008) e dos rios Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipí (TR) (agosto de 2009) em Santa Maria e Mata, RS. ....29



TABELA 7: Comparação pareada (*pairwise tests*) da Análise de Similaridade (ANOSIM) entre as quatro ordens estudadas dos rios Vacacaí-Mirim (VM) (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipí (TR) (agosto de 2009) em Santa Maria e Mata, RS. ....32

TABELA 8: Autovalores, coeficientes de correlação táxon-ambiente e porcentagem cumulativa explicada dos primeiros quatro eixos da Análise de Redundância para comunidades de macroinvertebrados bentônicos das micro-bacias dos rios Vacacaí-Mirim (VM) (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipí (TR) (agosto de 2009) e variáveis ambientais, em Santa Maria e Mata, RS.....35

TABELA 9: Correlações *inter-set* entre os três primeiros eixos da Análise de Redundância e as variáveis ambientais dos rios Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS.....35

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) para os táxons responsáveis pela diferença observada entre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos das microbacias do Rio Vacacaí-Mirim (VM) (agosto de 2008) e dos rios Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipi (TR) (agosto de 2009) em Santa Maria e Mata, RS. ....  
...30

QUADRO 2: Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) para os táxons responsáveis pela diferença observada entre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas ordens estudadas dos rios Vacacaí-Mirim (VM) (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipi (TR) (agosto de 2009) em Santa Maria e Mata, RS. ....33

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO 1: Tabela de macroinvertebrados bentônicos coletados em cada ponto das microbacias do Rio Vacacaí-Mirim (VM), em agosto de 2008, e nos rios Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipí (TR), em agosto de 2009, em Santa Maria e Mata, RS.....	63
---	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
2.1 Área de estudo.....	15
2.2 Microbacias estudadas.....	16
2.3 Amostragem.....	18
2.4 Análises dos dados.....	21
<b>3 RESULTADOS</b> .....	25
3.1 Variáveis físicas.....	25
3.2 Composição, riqueza e abundância na área estudada.....	26
3.3 Composição, riqueza e abundância entre microbacias.....	28
3.4 Composição, riqueza e abundância entre trechos de diferentes ordens.....	31
3.5 Influência das variáveis ambientais na composição e na distribuição espacial das comunidades.....	34
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	37
4.1 Variáveis físicas e químicas.....	37
4.2 Composição, riqueza e abundância na área estudada.....	38
4.3 Composição, riqueza e abundância entre microbacias.....	40
4.4 Composição, riqueza e abundância entre trechos de diferentes ordens.....	41
4.5 Influência das variáveis ambientais na composição e na distribuição espacial das comunidades.....	43
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	46

# 1 INTRODUÇÃO

A fauna de macroinvertebrados bentônicos é representada, principalmente, pelos filos Platyhelminthes, Nematoda, Annelida e Arthropoda (MERRIT & CUMMINS, 1996). Em ambientes lóticos, os insetos constituem a maior parte da comunidade e, representam elementos importantes na dinâmica ecológica dos rios (HYNES, 1970). Além disso, apresentam um papel essencial na ciclagem de nutrientes e na transferência de energia, através da rede trófica (CUMMINS, 1974; VANNOTE *et al.*, 1980; CALLISTO & ESTEVES, 1995).

Os macroinvertebrados aquáticos são importantes no fluxo de energia, pois constituem a maior fonte de alimento para outros organismos, como peixes e outros insetos (ROSENBERG & RESH, 1993). Além disso, fazem parte da ciclagem de nutrientes, principalmente devido à utilização do material orgânico alóctone pelos fragmentadores, que devido ao processamento facilitam a ação dos decompositores (WARD *et al.*, 1995; CALLISTO & ESTEVES, 1995) e tornam possível o transporte de matéria orgânica pelo rio, podendo este ser utilizado por organismos filtradores e coletores e também pelos predadores (CUMMINS, 1979; VANNOTE, 1980). Estes organismos são amplamente utilizados como bioindicadores de sistemas aquáticos (e.g. ALBA-TERCEDOR, 1996; CALLISTO *et al.*, 2000; TAKEDA *et al.*, 2000), pois apresentam uma ampla distribuição geográfica, são sedentários, têm grande riqueza de espécies, respondem rapidamente e diferentemente às perturbações ambientais, além de poderem ser amostrados facilmente e com baixos custos, entre outros (PRAT *et al.*, 2009).

Diversos estudos têm demonstrado que as comunidades de macroinvertebrados bentônicos são influenciadas em escala local, por fatores físicos, químicos, bióticos e antrópicos (ALLAN, 1995; WARD *et al.*, 1995). Dentre estes fatores, em rios, destacam-se: temperatura, oxigênio dissolvido, tipo de substrato (CALLISTO & ESTEVES, 1996; CALLISTO *et al.*, 2002; BUENO *et al.*, 2003; BUSS *et al.*, 2004; SILVEIRA *et al.*, 2006), presença de macrófitas (GERRISH & BRISTOW, 1979), ordem e declividade (VANNOTE *et al.*, 1980; FLECKER & FEIFAREK, 1994) e, ainda, interações biológicas (CUMMINS & KLUG, 1979; TOMANOVA *et al.*, 2006).

Entretanto, um paradigma mais recente na ecologia de comunidades tem enfatizado o papel dos fatores regionais em regular a organização das comunidades bióticas (e.g. VINSON & HAWKINS, 1998; HEINO *et al.*, 2003). Segundo COOPER *et al.* (1998), as percepções dos

processos físicos e biológicos dependem da escala em que as observações são feitas. Alguns estudos têm mostrado uma relação linear entre riqueza de espécies regional e local para vários grupos taxonômicos (e.g. GRIFFITHS, 1997; SHURIN *et al.*, 2000). Assim, a riqueza de espécies pode estar primariamente sobre controle regional, devido à capacidade de dispersão destes organismos e aos freqüentes distúrbios pelos quais eles passam (PALMER *et al.*, 1996). Por outro lado, podem ocorrer grandes diferenças nas condições ambientais de riachos próximos, e assim os fatores locais modificam a diversidade de invertebrados (TOWNSEND *et al.*, 1983; PAAVOLA *et al.*, 2000). Entretanto, ainda há controvérsias quanto à contribuição das variáveis locais e de larga escala na estruturação das comunidades de riachos (SANDIN & JOHNSON, 2004).

No Brasil, estudos sobre a diversidade das comunidades de macroinvertebrados bentônicos em ambientes lóticos geralmente têm focado composição e distribuição espacial em escala local, i.e., abrangendo um trecho de rio ou uma única bacia. Muitos destes estudos têm sido conduzidos na região Sudeste (e.g. BAPTISTA *et al.*, 2001; GALDEAN *et al.*, 2001; KIKUCHI & UIEDA, 2005; CORTEZZI *et al.*, 2009; MELO, 2009; SILVA, *et al.*, 2009; SUGA & TANAKA, 2009), embora alguns estudos tenham sido realizados nas regiões Sul (AYRES-PEREZ *et al.*, 2006; BALDAN, 2006; HEPP & SANTOS, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2009), Centro-Oeste (TAKEDA *et al.*, 1991; GIULIATTI & CARVALHO, 2009) e Norte (DA SILVA, 2006; REZENDE, 2007; NESSIMIAN *et al.*, 2008). Além disso, na maioria dos estudos, a resolução taxonômica é no nível de família (e.g. BUENO *et al.*, 2003; AYRES-PEREZ *et al.*, 2006; BUCKUP *et al.*, 2007).

O estudo da distribuição de comunidades de macroinvertebrados bentônicos em múltipla escala no Brasil é incipiente (MELO, 2009). Alguns trabalhos realizados, principalmente em regiões temperadas da Europa e na América do Norte, têm mostrado a importância destes, pois os processos e padrões ecológicos nos riachos variam em escalas múltiplas, entre e dentro dos riachos (e.g. BOYERO & BOSCH, 2004; BOYERO, 2003, 2005; HEINO, 2005; HEINO & MYKRA, 2008; LARSEN *et al.*, 2009; mas veja GRIFFITH *et al.*, 2003 e WU & LEGG, 2007 para a América do Norte). No Brasil foram realizadas generalizações inconsistentes devido à falta de interação entre os trabalhos realizados em pequenas e grandes escalas (ROQUE *et al.*, 2003). No Brasil há somente o trabalho de LIGEIRO *et al.* (2009) abrangendo múltiplas escalas. Nesse sentido, são necessários mais estudos que analisem os padrões de distribuição de macroinvertebrados bentônicos em múltiplas escalas em regiões tropicais e subtropicais.

No estado do Rio Grande do Sul, poucos trabalhos sobre macroinvertebrados em ambientes lóticos foram realizados (e.g. BUENO *et al.*, 2003; BUCKUP *et al.*, 2007; HEPP & SANTOS, 2008; KÖNIG *et al.*, 2008; COLPO *et al.*, 2009). Estes estudos analisaram questões como influência das variáveis físico-químicas, efeito de metais, variação espacial, variação sazonal, distribuição de guildas tróficas e influência dos usos da terra. Estudos restritos a certas comunidades de macroinvertebrados são também encontrados como para Heteroptera (NERI *et al.*, 2005), para Trichoptera (SPIES *et al.*, 2006), para Ephemeroptera (SIEGLOCH *et al.*, 2008), e para Crustacea (TREVISAN *et al.*, 2009).

Os corpos d'água, de maneira geral, têm sido alterados em consequência do aumento de atividades antrópicas, especialmente devido à agricultura e a consequente drenagem e remoção de matas ripárias de rios (ALLAN, 1995). Nesse sentido, é de fundamental importância conhecer os padrões espaciais das comunidades dos organismos aquáticos, sob tais condições, ao longo de gradientes longitudinais (BAPTISTA *et al.*, 2001). É importante também, conhecer os principais fatores ambientais que determinam sua distribuição e abundância, pois tais impactos podem levar à perda da diversidade e à extinção de espécies (PRIMACK & RODRIGUES, 2001). Neste contexto, o presente estudo tem o objetivo de analisar a estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, em diferentes escalas espaciais (entre microbacias e entre trechos de diferentes ordens de cada riacho) e identificar a influência de variáveis ambientais e de atividades antrópicas sobre a estruturação dessas comunidades.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de Estudo**

As microbacias estudadas estão localizadas no centro do estado do Rio Grande do Sul (Fig. 1), na área de transição dos compartimentos geomorfológicos chamados Depressão Central e Planalto. Em geral, as nascentes dos riachos localizam-se na Encosta do Planalto (CASTILLERO, 1984), percorrem a mesma no sentido da Depressão Central, onde atingem maiores proporções. A Depressão Central está associada a rochas sedimentares, como arenitos,

argilas e planícies fluviais e apresenta altitude em torno de 90 metros (MORAES & BEZZI, 2009). A Encosta do Planalto apresenta relevo irregular associado a rochas basálticas e a altitude oscila de 500 a 100 metros.

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 (IBGE, 1990; MARCUZZO *et al.*, 1998; QUADROS & PILLAR, 2002). Atualmente, grande parte da vegetação existente na Depressão Central deu lugar à agricultura (arroz), principalmente ao longo das margens dos rios e riachos. Os dados referentes ao uso atual das terras na região central do Rio Grande do Sul mostram que a maior parte desta área é utilizada com agricultura (37,4%) e pastagens naturais (24,2%), totalizando mais de 50% da região destinada a atividades agropecuárias (PEDRON *et al.*, 2006). Em áreas de difícil acesso para produção agrícola e pecuária, como topo de morros e áreas com maior declividade, ainda há cobertura de floresta nativa (29,0%), enquanto as áreas de menores declividades, onde originalmente havia campos, são geralmente convertidas em lavouras (PEDRON *et al.*, 2006).

O clima no estado do Rio Grande do Sul é, conforme o sistema de classificação de Köppen, do tipo subtropical “Cfa”, com umidade relativa do ar média anual de 82% (ISAÍÁ, 1992). Na região do estudo, o clima específico é o “Subtropical úmido”, com temperatura média anual de 19,2°C e precipitação média anual de 1708 mm (MALUF, 2000).

## **2.2 Microbacias estudadas**

As três microbacias estudadas pertencem as duas maiores bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul (Fig. 1).

O Rio Vacacaí-Mirim faz parte da bacia hidrográfica do Rio Jacuí, o qual possui uma área de 71.600 km<sup>2</sup>. Este nasce no Planalto, a uma altitude de aproximadamente 730 m, e deságua no leste, no Lago do Guaíba, passando pela Encosta do Planalto e Depressão Central. Toda a sua área de drenagem é caracterizada pelo uso intensivo do solo para agricultura e pecuária (CARGNIN, 2010). Esta microbacia se localiza entre as coordenadas geográficas 29°27'19" e 29°57'10" S e 53°06'00" e 53°50'11" W (CASTILLERO, 1984), no município de Santa Maria, o qual possui cerca de 269 mil habitantes. O rio nasce aproximadamente a 400 m



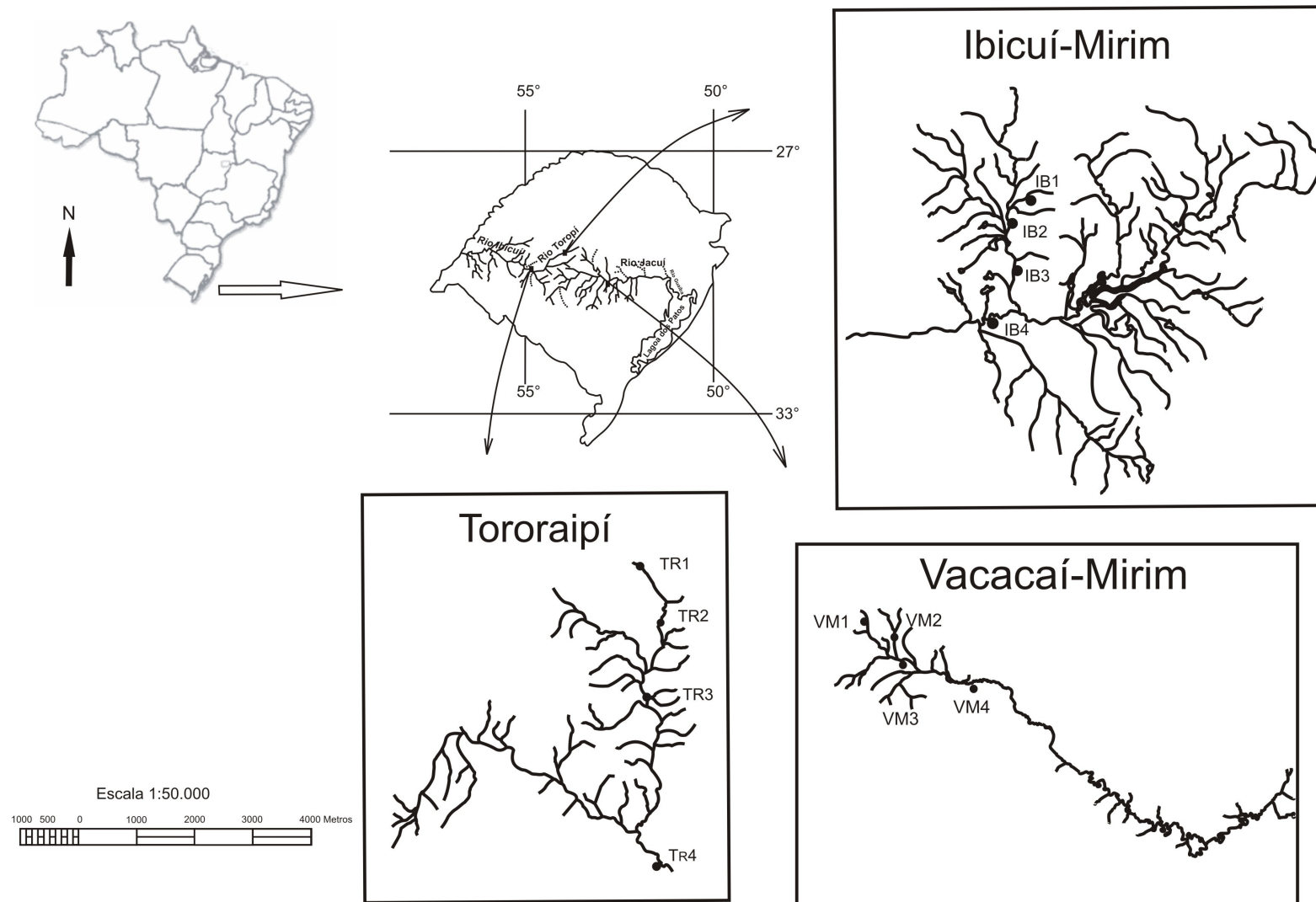


Figura 1: Mapa de localização das microbacias dos rios Vacacaí-Mirim, Ibicuí-Mirim e Tororaipí em Santa Maria e Mata, RS.

acima do nível do mar, drenando uma área total de 114.571,19 ha, nas regiões do Planalto e da Depressão Central (NUNES *et al.*, 2005). Este percorre uma área próxima à área urbana, sendo a maior parte da área drenada ocupada por campo/pastagem (49,22%), seguida por floresta nativa (26,94%), sendo que apenas 1,31% dessa área é usada para agricultura e 1,19% corresponde a área urbana (NUNES *et al.*, 2005).

Os rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí pertencem à bacia hidrográfica do Rio Ibicuí, a qual possui uma área total de 47.740 km<sup>2</sup> e desenvolve-se no sentido leste-oeste do estado, desembocando a oeste, no Rio Uruguai (PAIVA *et al.*, 2000). Estas microbacias estão localizadas principalmente na Depressão Central, e caracterizam-se por um corredor com terrenos de baixa altitude (0 a 180 m) e vegetação de campos (savanas). O Rio Ibicuí-Mirim nasce no topo do Planalto, a uma altitude de aproximadamente 516 m, e situa-se entre as coordenadas geográficas 29°26'43" e 29°33'46" S e 53°40'44" e 53°48'35" W, com área de 8.882,5 ha. O rio acompanha o rebordo do Planalto e a maior parte de sua bacia fica na cota altimétrica de 100 m (DILL, 2007), no município de Santa Maria, em área afastada do centro urbano. O diagnóstico da área mostrou que o nível de deterioração físico-ambiental na microbacia é de 30,16% (SAMPAIO *et al.*, 2010), com áreas agrícolas ocupando cerca de 29,03% da área total (FERREIRA & FILHO, 2009). O Rio Tororaipí tem suas nascentes localizadas no sopé do Planalto, entre as coordenadas geográficas 29°31' e 29°38' S e 54°32' e 54°28' W, no município de Mata, a qual apresenta cerca de seis mil habitantes. Esta microbacia possui altitudes variando de 95 m a 270 m e área de drenagem de 15,328 ha. O principal uso do solo na bacia de drenagem é o cultivo de arroz (observação pessoal).

### **2.3 Amostragem**

Em cada microbacia foram selecionados quatro pontos de coleta, em gradiente longitudinal (em trechos de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens) (Fig. 1). Os trechos foram selecionados de acordo com as condições ambientais locais, como presença ou não de vegetação ripária e tipo de substrato, de modo que as condições de antropização fossem semelhantes entre os trechos de mesma ordem e, ainda, que os trechos fossem afastados pelo menos 1 km. Os pontos em trechos de pequena ordem (1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>) localizam-se no, ou próximos ao sopé da Encosta do Planalto, e têm substrato mais rochoso e mata ripária melhor preservada,

enquanto os trechos de média ordem (3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup>) localizam-se em áreas baixas na Depressão Central, e a mata ciliar apresenta-se em pior estado de preservação, sendo que no Rio Vacacaí-Mirim, drenam uma área urbana.

As coletas foram realizadas em agosto de 2008 (Rio Vacacaí-Mirim) e em agosto de 2009 (rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí), com amostrador tipo Surber (malha de 0,25 mm e área de 0,1 m<sup>2</sup>). Foram coletadas aleatoriamente três réplicas em cada ponto, uma em cada margem e uma no centro do leito do rio. Em todas as coletas, o amostrador foi colocado sobre o substrato contra a correnteza, o qual foi revolvido, e as rochas foram lavadas por 1 minuto para o deslocamento e a captura dos organismos.

As amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos, devidamente etiquetados, fixadas com formol 10%, sendo posteriormente levadas ao Laboratório de Macroinvertebrados da Universidade Federal de Santa Maria. No laboratório, as amostras foram coradas com corante Rosa de Bengala e, mais tarde, lavadas em peneiras com malha de 0,5 e 0,25 mm. O material foi triado com auxílio de estereomicroscópio e conservado em álcool etílico 70%.

Os organismos coletados foram identificados até o menor nível taxonômico possível, segundo bibliografia específica: DOMÍNGUEZ & FERNÁNDEZ (2009) para macroinvertebrados em geral; DOMÍNGUEZ *et al.* (2006) e MARIANO & FROEHLICH (2007) para Ephemeroptera; DA-SILVA *et al.* (2002) para Ephemeroptera-Leptophlebiidae; BENETTI *et al.* (2006) para Coleoptera; PASSOS *et al.* (2007) e MANZO & ARCHANGELSKY (2008) para Coleoptera-Elmidae; OLIFIERS *et al.* (2004) e LECCI & FROEHLICH (2007) para Plecoptera; ANGRISANO & KOROB (2001) para Trichoptera e MARCHESE (2009) para Oligochaeta. A identificação dos grupos foi confirmada com auxílio de especialistas.

Devido à alta abundância de larvas de Chironomidae e Oligochaeta, foram retiradas subamostras destes grupos para identificação. Quanto aos quironomídeos, nas amostras com até 30 larvas, todas foram identificadas e nas amostras com mais de 30 indivíduos foram identificados 30 indivíduos mais 10% da amostra. Quanto às oligoquetas, nas amostras com até 100 larvas, todas foram identificadas e nas amostras com mais de 100, foram identificadas, aleatoriamente, 100 larvas. Posteriormente, foi realizada a correção de acordo com a proporção de cada táxon encontrado nas subamostras, para o total de espécimes de cada amostra.

Em cada ponto de coleta foram amostradas as seguintes variáveis ambientais: temperatura da água medida entre 9h e 16h, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, granulometria do substrato, presença de vegetação aquática e presença de vegetação ripária. A granulometria, a presença de vegetação aquática e a presença de vegetação ripária foram estimadas utilizando um índice com critérios estabelecidos arbitrariamente conforme consta nas Tabelas 2 e 3. Além disso, foram verificadas a temperatura média mensal do ar de agosto de 2008 a agosto de 2009, bem como a precipitação acumulada mensal e anual entre 2008 e 2009 e a ocorrência de chuvas fortes, anteriormente aos dias de coletas (estação Meteorológica, Setor de Fitotecnia, UFSM).

Tabela 1- Localização e caracterização ambiental dos pontos de coleta nas microbacias dos rios Vacacaí-Mirim (VM, pontos 1, 2, 3 e 4) (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim (IB, pontos 1, 2, 3 e 4) e Tororaipí (TR, pontos 1, 2, 3 e 4) (agosto de 2009), na região central do estado do Rio Grande do Sul.

	<b>Coordenadas geográficas</b>	<b>Ordem hidrológica</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Erosão das margens</b>	<b>Uso do solo</b>
<b>VM1</b>	29°40'08" S/ 53°45'26" W	1	146	pouca	pastagem
<b>VM2</b>	29°40'27" S/ 53°45'05" W	2	102	pouca	agricultura
<b>VM3</b>	29°40'58" S/ 53°43'46" W	3	86	acentuada	agricultura, presença de gado
<b>VM4</b>	29°41'44" S/ 53°41'07" W	4	72	moderada	agricultura
<b>IB1</b>	29°35'54" S/ 54°00'56" W	1	161	pouca	agricultura, presença de gado
<b>IB2</b>	29°36'20" S/ 54°01'05" W	2	147	moderada	agricultura
<b>IB3</b>	29°37'06" S/ 54°01'20" W	3	123	moderada	agricultura
<b>IB4</b>	29°38'07" S/ 54°01'39" W	4	134	acentuada	balneário
<b>TR1</b>	29°32'41" S/ 54°29'26" W	1	127	pouca	pastagem
<b>TR2</b>	29°33'31" S/ 54°29'09" W	2	130	pouca	Hortifrutigranja
<b>TR3</b>	29°35'07" S/ 54°29'20" W	3	100	moderada	agricultura
<b>TR4</b>	29°38'36" S/ 54°29'37" W	4	49	moderada	agricultura

Tabela 2- Índice de granulometria dos pontos de coleta no Rio Vacacaí-Mirim (agosto de 2008) e nos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS.

<b>Granulometria</b>	
1	100% pedregoso
0,75	75% pedregoso/ 25% arenoso
0,65	60% pedregoso/ 40% arenoso
0,45	60% arenoso/ 40% pedregoso
0,3	100% arenoso
0	100% lodoso

Tabela 3- Índice de presença ou ausência de vegetação aquática e ripária nos pontos de coleta no Rio Vacacaí-Mirim (agosto de 2008) e nos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS.

	<b>Vegetação aquática</b>	<b>Vegetação ripária</b>
0	ausente	sem mata
0,5	pouca	com mata estreita ou presente em uma das margens
1	abundante	com mata em ambas as margens

## 2.4 Análises dos dados

A riqueza de taxa entre as três microbacias e entre os trechos de diferentes ordens foi comparada utilizando-se o método de rarefação (1.000 permutações) (SIMBERLOFF, 1972). Neste sentido, as amostras das comunidades de macroinvertebrados bentônicos foram somadas e organizadas em dois blocos para contemplar as abordagens propostas: microbacia (VM, IB e TR); trechos de diferentes ordens (1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordens). Cada grupo foi composto pelo somatório das amostras que pertencem a ele, por exemplo, VM, foi composto pelo somatório das amostras de todos os trechos da microbacia de Rio Vacacaí-Mirim; o grupo de 1ª ordem foi formado pelo somatório das amostras dos trechos de 1ª ordem das três microbacias estudadas. A comparação de riqueza, pelo método de rarefação, deve ser feita

ao maior nível de abundância comparável entre as comunidades (GOTELLI & ENTSMINGER, 2001). Assim, as subamostras para os blocos analisados foram: microbacia – 1.700 indivíduos retirados ao acaso; trechos de diferentes ordens – 2.100 indivíduos. As curvas foram geradas pelo programa EcoSim 700 (GOTELLI & ENTSMINGER, 2001).

A matriz contendo os dados bióticos para as análises estatísticas foi construída com base na menor unidade taxonômica possível até gênero. Os táxons com menos de 10 indivíduos foram desconsiderados, pelo fato destes introduzirem um grande número de zeros na análise, o que tende a obscurecer os padrões e a aumentar a inércia total nos dados dos táxons (TER BRAAK & SMILAUER, 2002; TITEUX *et al.*, 2004). As amostras foram logaritmizadas [ $\log_{10}(x+1)$ ]. Esse procedimento é recomendado para diminuir a influência dos táxons muito abundantes, facilitando a identificação de padrões (SOKAL & ROHLF, 1995).

A estrutura das comunidades de macroinvertebrados foi analisada através das seguintes análises multivariadas: ordenação em Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) (KRUSKAL & WISH, 1978), análise de similaridades (ANOSIM), e análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) (CLARKE & WARWICK, 2001).

A similaridade entre as amostras das comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos trechos de diferentes ordens e microbacias estudados foi realizada utilizando coeficiente de similaridade de Bray-Curtis, com posterior ordenamento pelo método de NMDS (KRUSKAL & WISH, 1978). A estatística denominada *stress* foi utilizada como medida da representatividade da matriz de similaridade pelo método de NMDS. Valores de *stress* abaixo de 0,2 correspondem a um ajuste razoável da ordenação (CLARKE & WARWICK, 2001).

A análise de similaridade de dois fatores cruzados (ANOSIM - *Two-way crossed*) foi usada para testar a diferença entre dois fatores: i) amostras de trechos de diferentes ordens, e ii) amostras das microbacias. No fator trechos de diferentes ordens foram incluídos quatro níveis (trechos de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens) e no fator microbacias, três níveis (microbacias 1, 2 e 3). A ANOSIM é baseada no teste estatístico R, que mede a importância biológica da diferença, a qual varia entre -1 e +1, onde valores mais próximos de 1 representam maior diferença entre os grupos de amostras, ou seja, as amostras dentro de cada grupo são mais similares que as amostras entre os diferentes grupos (CLARKE & WARWICK, 2001). A estatística R com valor zero representa ausência de diferença entre os grupos de amostras, i.e., a hipótese nula é de que não há diferença entre amostras de diferentes grupos (CLARKE

& WARWICK, 2001). A ANOSIM também gera um valor de  $p$  semelhante à Análise de Variância (ANOVA), com valores de  $p < 0,05$  indicando diferença significativa. Primeiramente, foi realizado um teste global de diferença entre fatores e posteriormente testes pareados para identificar os níveis que diferem dentro de cada fator (CLARKE & WARWICK, 2001). Testes de significância repetidos aumentam o risco de incorrer no Erro Tipo I (ocorre quando se demonstra diferença quando de fato ela não existe; é o falso positivo), e para evitar esse erro, nos testes pareados o nível de significância ( $p < 0,05$ ) foi corrigido pelo critério de Bonferroni (ZAR, 1999), i.e., dividindo o nível de significância ( $p < 0,05$ ) pelo número de comparações realizadas. Quando diferenças significativas são detectadas, uma análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) foi utilizada para identificar os táxons responsáveis pela diferença observada nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos entre as microbacias e trechos de diferentes ordens analisadas (CLARKE, 1993). A análise SIMPER não é um teste estatístico, mas uma análise exploratória que gera um *ranking* de porcentagem de contribuição dos táxons mais importantes para determinar a diferença entre os grupos de amostras, i.e., os fatores (neste caso, microbacias e trechos de diferentes ordens) (CLARKE, 1993).

A Análise de Redundância (RDA) (VAN DEN WOLLENBERG, 1977) foi utilizada para verificar a influência de variáveis ambientais sobre a distribuição espacial das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nos rios Vacacaí-Mirim, Ibicuí-Mirim e Tororaipí. Esta análise foi selecionada devido ao gradiente curto ( $SD < 3$ ) apresentado pelos dados de composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos (baixa diversidade beta) (*sensu* TER BRAAK & SMILAUER, 2002). O comprimento do gradiente estima a diversidade beta entre as comunidades, i.e, o grau de substituição de espécies. De forma geral, métodos lineares são mais apropriados em gradientes curtos ( $< 3 SD$ ) enquanto métodos unimodais ou gaussianos são mais indicados em gradientes longos ( $> 4 SD$ ). Quando gradientes de tamanho intermediário (entre 3 e 4 SD) são encontrados, os dois métodos operam adequadamente (*sensu* TER BRAAK & SMILAUER, 2002). Para verificar o comprimento do gradiente foi realizada uma Análise de Correspondência Destendenciada (DCA), que evidenciou que o maior tamanho do gradiente foi encontrado no eixo I com  $SD = 2,24$ .

A RDA é uma análise de ordenação canônica, de gradiente direto e um método linear que resulta em coeficientes de correlação, que detecta o quanto da variabilidade na composição taxonômica é explicada pelas variáveis ambientais analisadas (LEGENDRE &

LEGENBRE, 1998). Devido ao caráter espacialmente estruturado da amostragem, pode ocorrer uma relação entre amostras obtidas ao longo do espaço geográfico, a chamada de autocorrelação espacial (LEGENBRE & LEGENBRE, 1998). Essa relação foi verificada através da construção de uma matriz covariável com os termos de ordem superior das coordenadas geográficas ( $x$ ;  $y$ ;  $x^2$ ;  $y^2$ ;  $x^3$ ;  $y^3$ ;  $x \cdot y$ ;  $x^2 \cdot y$ ;  $y^2 \cdot x$ ) usados na regressão de superfície cúbica, calculados a partir da longitude ( $x$ ) e latitude ( $y$ ) em graus decimais (LEGENBRE, 1990; BORCARD *et al.*, 1992, 2004). Esta matriz covariável foi utilizada para identificar a estrutura espacial das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e, se presente, remover o efeito da mesma na RDA através de uma RDA parcial (*sensu* LEGENBRE & LEGENBRE, 1998). A covariável espacial (termos da regressão de superfície cúbica) foi utilizada como matriz ambiental na RDA, através do procedimento de seleção (*forward stepwise*) manual de variáveis, pelo qual apenas variáveis com incremento significativo na explicabilidade do modelo são adicionadas ( $p < 0,05$  pelo teste de permutações de Monte Carlo com 999 randomizações). No presente estudo, nenhum dos termos da regressão de superfície cúbica foi incluído na RDA (pela seleção *forward stepwise* manual).

Na RDA, as variáveis ambientais foram adicionadas no modelo através do procedimento de seleção *forward stepwise* manual, ( $p < 0,05$  pelo teste de permutações de Monte Carlo com 999 randomizações). Desta forma, apenas três variáveis ambientais foram incluídas no modelo: condutividade, oxigênio dissolvido e granulometria. Este método também foi eficiente em remover a multicolinearidade entre as variáveis explanatórias, já que nenhuma delas apresentou alto fator de inflação (VIF) (*sensu* TER BRAAK & SMILAUER, 2002). Adicionalmente, foi atribuído menor peso a táxons raros (*downweighted*) e o teste de Monte Carlo (999 aleatorizações) foi utilizado para testar a significância de todos os eixos canônicos e da correlação entre os táxons e as variáveis ambientais (TER BRAAK & SMILAUER, 2002).

Os dados bióticos foram logaritmizados [ $\log_{10}(x+1)$ ], e os dados ambientais transformados pela raiz quadrada e padronizados (pelo desvio padrão). A logaritmização dos dados foi adotada para normalizá-los e torná-los homocedásticos (SOKAL & ROHLF, 1995). A padronização dos dados ambientais foi realizada para homogeneizar a escala das diferentes unidades de medida incluídas na matriz ambiental (e.g.,  $\mu\text{S}$  para condutividade elétrica e  $\text{mg/L}$  para oxigênio dissolvido) (CLARKE & GORLEY, 2006).



## 3 RESULTADOS

### 3.1 Variáveis físicas

A temperatura média mensal em agosto de 2008 foi de 14,3°C e em agosto de 2009, de 16,4°C. A precipitação acumulada anual em 2008 e 2009 foi de 1.476mm e 2.123mm respectivamente. A precipitação acumulada mensal em agosto de 2008 e de 2009 foi de 99,8mm e 164,5mm, respectivamente. Na véspera dos dias de amostragem não foram registradas chuvas torrenciais.

Em geral, o Rio Vacacaí-Mirim apresentou substrato mais grosso (pedregoso) (Tab. 4) e os rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí, substrato mais fino (arenoso), sendo que o trecho de 4ª ordem do Rio Tororaipí se diferenciou dos demais por apresentar substrato lodoso (Tab. 4). Foi registrada maior presença de vegetação aquática no Rio Ibicuí-Mirim e de vegetação ripária nos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí (Tab. 4). Os rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí apresentaram pH próximo à neutralidade enquanto que o Rio Vacacaí-Mirim apresentou pH alcalino (Tab. 4). A condutividade elétrica, em geral, se manteve alta nas três microbacias, sendo que o Rio Vacacaí-Mirim apresentou valores mais elevados, variando entre 131,3 e 383  $\mu$ S (Tab. 4). As três microbacias apresentaram boa oxigenação, diminuindo somente no trecho de 4ª ordem do Rio Vacacaí-Mirim (4,8 mg/L) (Tab. 4).

Tabela 4- Variáveis ambientais medidas nos pontos de coleta nas microbacias dos rios Vacacaí-Mirim (VM, pontos 1, 2, 3 e 4) (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim (IB, pontos 1, 2, 3 e 4) e Tororaipí (TR, pontos 1, 2, 3 e 4) (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS.

	pH	Condutividade elétrica (µS)	Temperatura (°C)	Oxigênio dissolvido (mg/L)	Granulometria	Vegetação aquática	Vegetação ripária
VM1	8,1	131,3	18,4	10,4	1	0	0,5
VM2	8,4	148,3	18,9	9,7	0,65	0	0,5
VM3	8,3	383,0	28,0	10,9	0,3	1	0
VM4	7,9	319,7	23,5	4,8	1	0	1
IB1	7,2	45,2	17,0	7,3	0,45	0	0,5
IB2	7,2	52,5	18,0	7,5	0,45	1	0,5
IB3	7,0	48,0	21,0	6,9	0,45	0,5	1
IB4	7,0	40,9	22,0	7,6	0,3	0	0,5
TR1	7,1	47,2	18,0	7,4	0,45	0,5	1
TR2	7,6	37,6	18,0	9,5	0,45	0	1
TR3	7,3	42,2	18,0	6,7	0,45	0	0,5
TR4	6,9	40,2	18,0	7,1	0	0	0,5

### 3.2 Composição, riqueza e abundância na área estudada

No total foram coletados 10.985 macroinvertebrados, distribuídos em 42 famílias e 129 taxa (Tab. 5; Anexo 1). Os táxons dominantes foram Simuliidae (14%), Naididae (13%), *Cricotopus* sp. 1 (13%), *Cricotopus* sp. 2 (8%) (Chironomidae), *Paragripopteryx* (5%) (Gripopterygidae) e *Americabaetis* (5%) (Baetidae), perfazendo 58% da abundância total (Fig. 2). Por outro lado, muitos táxons foram raros, como *Cryptonympha* (Baetidae), *Traverhyphes* (Leptohyphidae), *Perithemis* (Libellulidae), *Corydalis*, (Corydalidae), Curculionidae, *Hydrocanthus* (Noteridae), *Cryptochironomus*, *Paratanytarsus*, *Tribelus* sp. 2, *Procladius* (?) sp. 2 e Gênero indet. E (Chironomidae), Chaoboridae, *Hydroptila* (Hydroptilidae) e Nymphulinae (Pyrilidae), todos representados por apenas um indivíduo (vide Anexo 1). A dominância dos táxons variou entre as microbacias. Naididae foi dominante na microbacia do Rio Vacacaí-Mirim, enquanto táxons da família Chironomidae foram mais abundantes nas microbacias dos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí (Fig. 2). Trinta e nove táxons foram comuns as três microbacias, enquanto 62 táxons foram exclusivos, ocorrendo em apenas uma delas.

Tabela 5- Número de exemplares das famílias (exceto Nematoda) encontradas no Rio Vacacaí-Mirim (VM), em agosto de 2008 e nos rios Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaiπί (TR), em agosto de 2009, em Santa Maria e Mata, RS.

<b>FAMÍLIA</b>	<b>VM</b>	<b>IB</b>	<b>TR</b>	<b>Total</b>
Dugesiidæ	3	0	0	3
Nematoda	7	29	18	54
Ancylidæ	0	4	0	4
Lymnæidæ	1	1	0	2
Planorbidæ	0	0	5	5
Alluroididæ	7	26	27	60
Enchytraeidæ	1	5	16	22
Naididæ	1317	57	16	1390
Tubificidæ	126	23	4	153
Hirudinea	41	23	0	64
Baetidæ	816	213	271	1300
Leptophlebiidæ	12	11	8	31
Leptohyphidæ	141	17	47	205
Caenidæ	76	45	28	149
Gripopterygidæ	425	97	281	803
Perlidæ	4	0	0	4
Calopterygidæ	0	2	0	2
Coenagrionidæ	3	0	4	7
Gomphidæ	0	4	8	12
Libellulidæ	0	0	1	1
Vellidæ	2	0	0	2
Notonectidæ	0	0	3	3
Corydalidæ	1	0	0	1
Hydrophilidæ	0	2	3	5
Elmidæ	123	10	21	154
Psephenidæ	11	1	0	12
Curculionidæ	0	1	0	1
Haliplidæ	0	1	3	4
Noteridæ	0	0	1	1
Simuliidæ	1074	173	287	1534
Ceratopogonidæ	12	6	32	50
Chironomidæ	2171	932	1627	4730
Chaoboridæ	0	0	1	1
Psychodidæ	1	0	1	2
Tipulidæ	0	0	2	2
Tabanidæ	11	0	1	12
Sciomyzidæ	6	0	0	6
Hydroptilidæ	2	1	6	9
Leptoceridæ	0	3	2	5
Hydropsychidæ	117	23	3	143
Pyralidæ	0	1	0	1
Aeglidæ	23	7	6	36
<b>N total</b>	<b>6534</b>	<b>1718</b>	<b>2733</b>	<b>10985</b>
<b>S total</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>42</b>

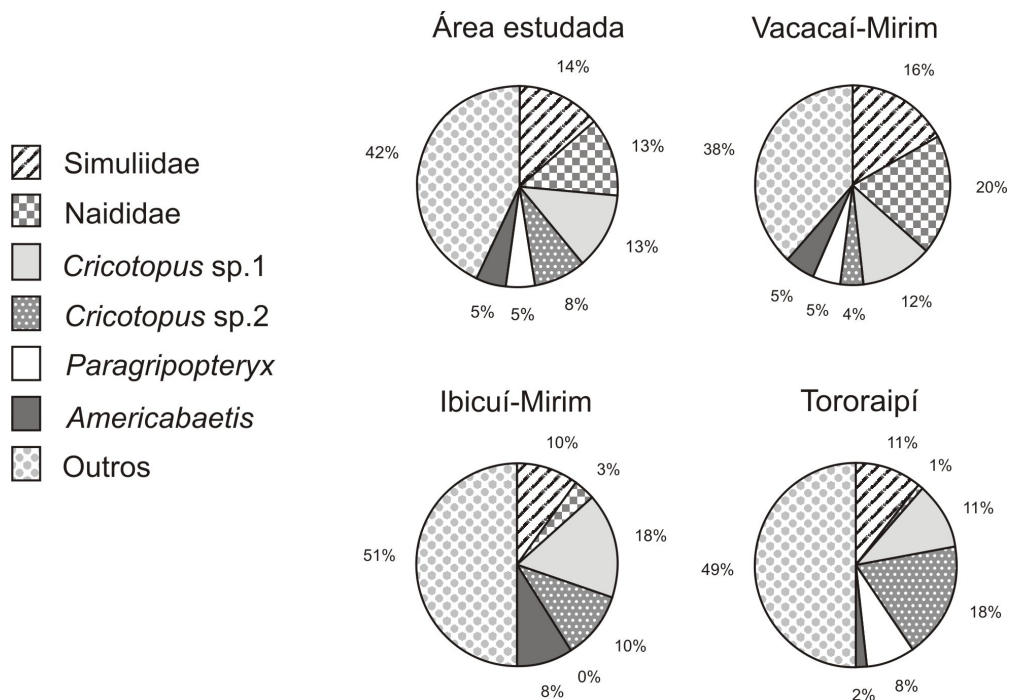


Figura 2- Abundância relativa dos táxons dominantes na área de estudo e em cada uma das três microbacias estudadas: Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS.

### 3.3 Composição, riqueza e abundância entre microbacias

Não foram registradas diferenças significativas na riqueza de táxons e famílias entre as microbacias, pois a microbacia do Rio Tororaipí apresentou 30 famílias e 84 táxons, e as microbacias dos rios Vacacaí-Mirim e Ibicuí-Mirim apresentaram ambas 28 famílias e 81 e 70 taxa respectivamente (Anexo 1). Isto foi evidenciado pela comparação da riqueza de táxons pelo método de rarefação que evidenciou grande sobreposição entre os intervalos de confiança, desta forma, a diferença entre as microbacias foi insignificante (Fig 3A). Em geral, os táxons dominantes foram os mesmos nas três microbacias, embora tenha ocorrido certa alternância na ordem de dominância entre os táxons dominantes de cada microbacia (Fig. 2).

A ordenação NMDS das amostras evidenciou uma tendência de segregação das comunidades de macroinvertebrados bentônicos das três microbacias estudadas (Fig. 4B). Essa tendência de segregação foi confirmada pela análise de similaridade (ANOSIM), que

evidenciou 60% de diferença entre as amostras das três microbacias (*Global R* = 0,60;  $p < 0,01$ ). As comparações pareadas mostraram que ocorreu diferença significativa entre as amostras das três microbacias (Tab. 6). Entretanto, as microbacias dos rios Tororaipí e Ibicuí-Mirim apresentaram menor diferença entre si, que em relação à microbacia do Rio Vacacaí-Mirim (Tab. 6).

A análise SIMPER mostrou 61,26% de similaridade entre os táxons das amostras da microbacia do Rio Vacacaí-Mirim, 30,55% de similaridade entre as amostras do Rio Ibicuí-Mirim, e 42,83% entre as amostras do Rio Tororaipí. Os organismos com maior contribuição para a diferenciação do Rio Vacacaí-Mirim foram *Cricotopus* (13,78%), Naididae (12,01%), Simuliidae (5,68%) e *Chironomus* (5,57%); para o Rio Ibicuí-Mirim foram *Polypedilum* (11,66%), Simuliidae (10,22%), *Cricotopus* (8,21%) e *Paracladius* (7,89); e para o Rio Tororaipí, *Cricotopus* (11,42%), *Paracladius* (11,27%), *Polypedilum* (8,83%) e *Paracladius* (8,27%) (Quadro 1).

Tabela 6- Comparação pareada (*pairwise tests*) da Análise de Similaridade (ANOSIM) entre as microbacias do Rio Vacacaí-Mirim (VM) (agosto de 2008) e dos rios Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipí (TR) (agosto de 2009) em Santa Maria e Mata, RS. Nível de significância de  $p < 0,01$  segundo correção por critério de Bonferroni.

Microbacias	R	p
VM x IB	0,611	< 0,01
VM x TR	0,824	< 0,01
IB x TR	0,398	< 0,01

VM	IB	TR
----	----	----

Táxons	Contribuição (%)	Táxons	Contribuição (%)	Táxons	Contribuição (%)
<i>Cricotopus</i>	13,78	<i>Polypedilum</i>	11,66	<i>Cricotopus</i>	11,42
Naididae	12,01	Simuliidae	10,22	<i>Paracloeodes</i>	11,27
Simuliidae	5,68	<i>Cricotopus</i>	8,21	<i>Polypedilum</i>	8,83
<i>Chironomus</i>	5,57	<i>Paracladius</i>	7,89	<i>Paracladius</i>	8,27
<i>Camelobaetidiu</i>	4,82	<i>Americabaeti</i>	7,44	<i>Paragripoptery</i>	5,88
<i>s</i>		<i>s</i>		<i>x</i>	
<i>Polypedilum</i>	4,52	<i>Paracloeodes</i>	5,79	Simuliidae	5,66

Quadro 1- Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) para os táxons responsáveis pela diferença observada entre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos das microbacias do Rio Vacacaí-Mirim (VM) (agosto de 2008) e dos rios Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipí (TR) (agosto de 2009) em Santa Maria e Mata, RS.

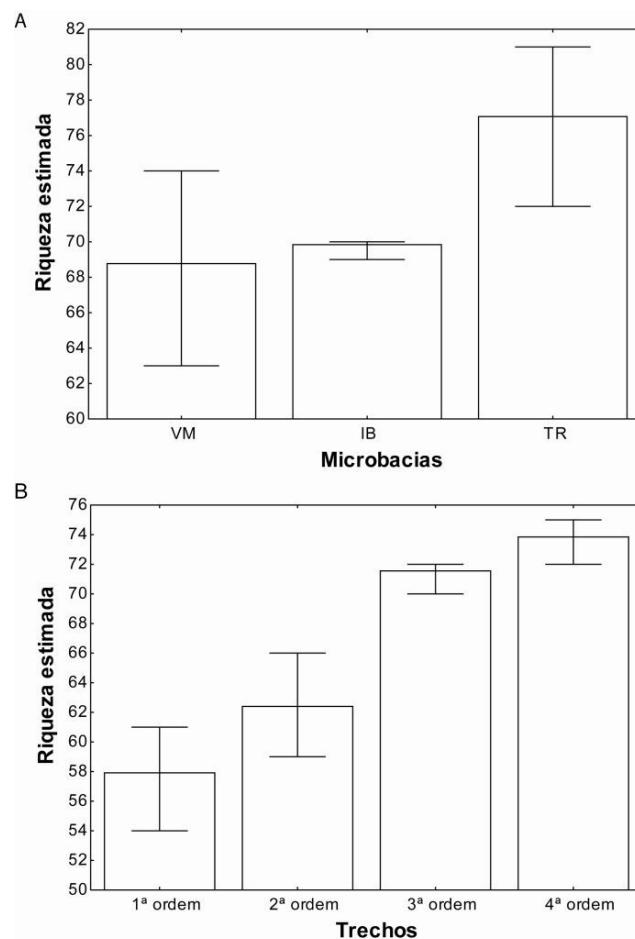


Figura 3- Comparação da riqueza estimada de macroinvertebrados bentônicos entre (A) as microbacias (para uma subamostra de 1.700 indivíduos retirado ao acaso) e (B) trechos de diferentes ordens (para uma subamostra de 2.100 indivíduos retirados ao acaso) estudados nos trechos de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordens das microbacias dos rios Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009) em Santa Maria e Mata, RS. As barras verticais indicam a variação em torno da média.

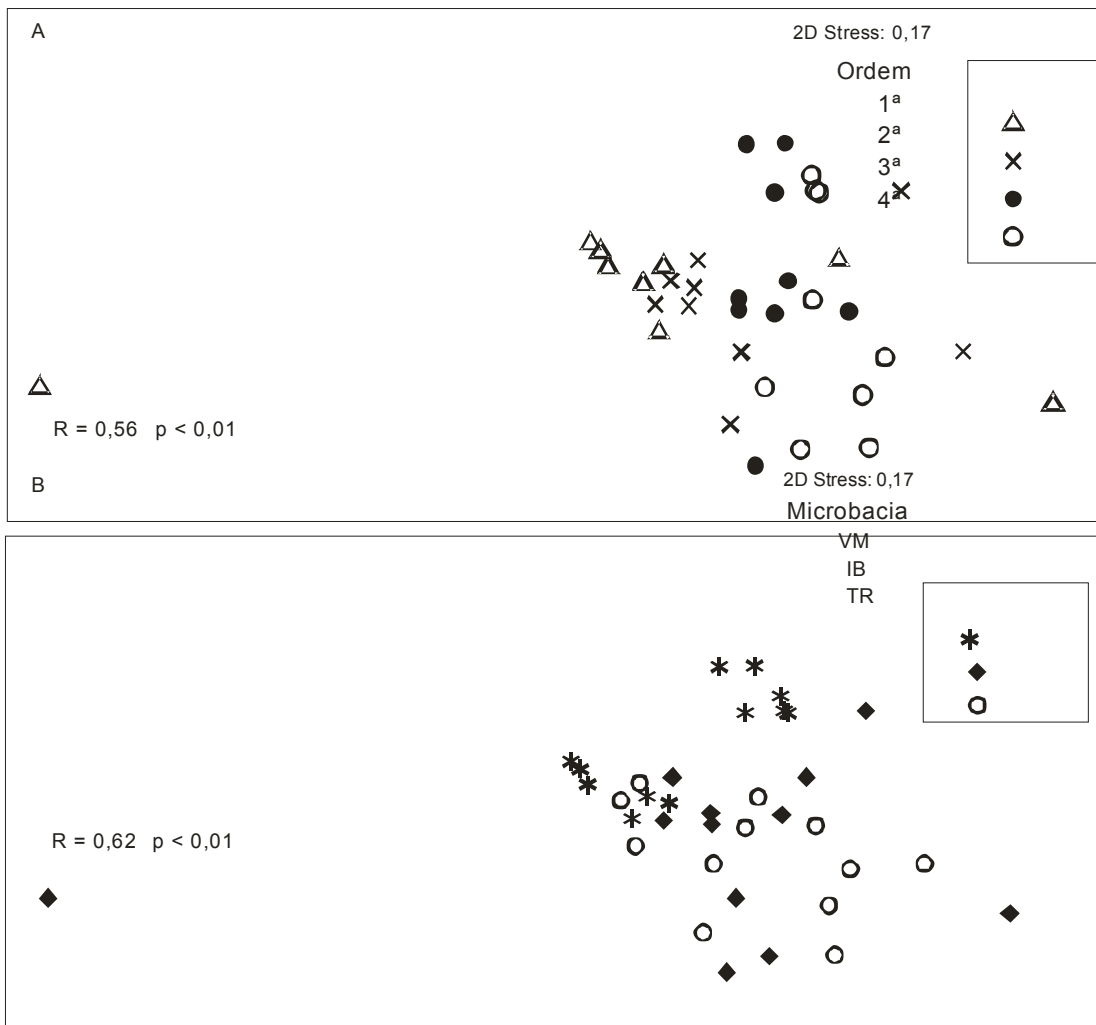


Figura 4- Diagrama de ordenação N-MDS A) dos trechos de rios amostrados (Vacacaí-Mirim, Ibicuí-Mirim e Tororaipí) de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordens e B) das microbacias amostradas (VM = VacacaíMirim, IB = Ibicuí-Mirim e TR = Tororaipí), em agosto de 2008 (VM) e agosto de 2009 (IB, TR), em Mata e Santa Maria, RS.

### 3.4 Composição, riqueza e abundância entre trechos de diferentes ordens

Os trechos de 3ª e de 4ª ordens apresentaram maior riqueza (72 e 75 táxons respectivamente) que os trechos de 1ª e 2ª ordens (63 e 67 táxons) (Anexo1). O mesmo resultado foi evidenciado na comparação da riqueza pelo método de rarefação (Fig. 3B). Os táxons dominantes foram Simuliidae, Naididae, *Cricotopus* sp. 1, *Cricotopus* sp. 2 (Chironomidae), *Paragripopteryx* (Gripopterygidae) e *Americabaetis* (Baetidae), sendo que a abundância dos táxons variou entre as ordens (Fig. 5).

A ordenação NMDS das amostras mostrou que houve separação das comunidades de macroinvertebrados bentônicos entre as quatro ordens amostradas (Fig. 4A). A análise de similaridade (ANOSIM) evidenciou 56% de diferença entre as amostras dos trechos das diferentes ordens ( $Global R = 0,56$ ;  $p < 0,01$ ). As comparações pareadas mostraram que apenas os trechos de 2ª e 3ª ordens não apresentaram diferença significativa entre si ( $R = 0,34$ ;  $p = 0,04$ ) (Tab. 7).

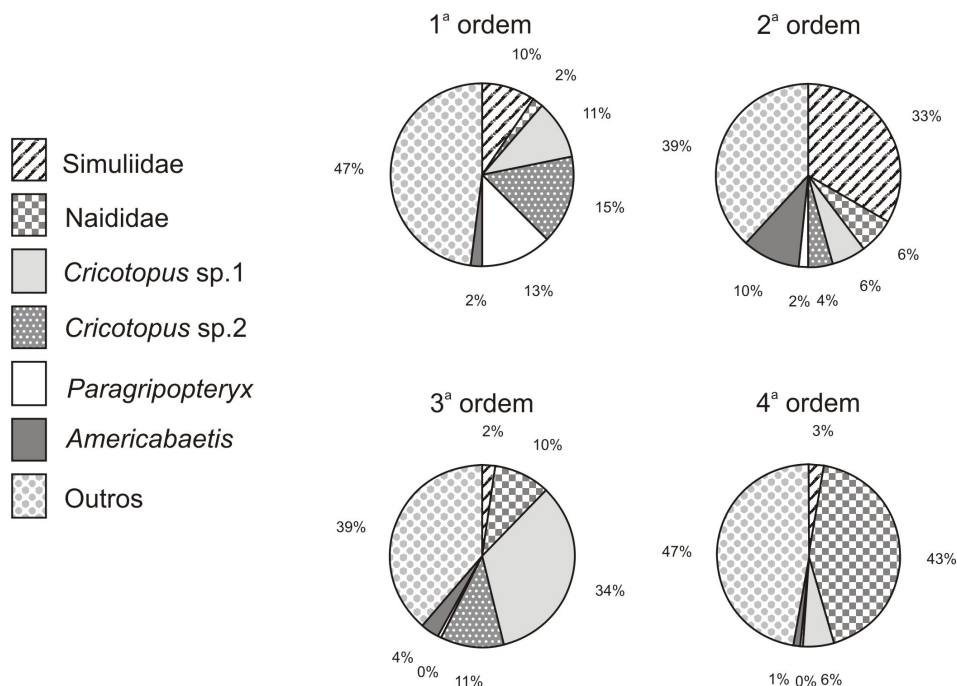


Figura 5- Abundância relativa dos táxons dominantes nos trechos de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordens nos rios Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS.

Tabela 7- Comparação pareada (*pairwise tests*) da Análise de Similaridade (ANOSIM) entre as quatro ordens estudadas dos rios Vacacaí-Mirim (VM) (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipí (TR) (agosto de 2009) em Santa Maria e Mata, RS. Nível de significância de  $p < 0,01$  segundo correção por critério de Bonferroni.

Ordens	R	p
1ª x 2ª	0,506	< 0,01
1ª x 3ª	0,593	< 0,01
1ª x 4ª	0,728	< 0,01
2ª x 3ª	0,346	0,04
2ª x 4ª	0,642	< 0,01
3ª x 4ª	0,506	< 0,01

De acordo com a análise de porcentagem de similaridade (SIMPER), a similaridade entre as amostras dos grupos de pontos de trechos de mesma ordem foi semelhante e foi



relativamente baixa (em torno de 43% de similaridade), mas as amostras do grupo de trechos de 4ª ordem apresentaram maior semelhança entre si (49%). Os organismos com maior contribuição para a diferenciação dos trechos de 1ª ordem foram *Cricotopus* (11,92%), *Paragripopteryx* (10,16%) e Simuliidae (7,66%); para os de 2ª ordem foram *Cricotopus* (10,40%), *Paracladius* (9,48%) e *Polypedilum* (6,94%); para os de 3ª ordem, *Cricotopus* (19,54%), *Polypedilum* (10,42%) e Simuliidae (9,00%); e para a diferenciação dos trechos de 4ª ordem, *Polypedilum* (10,81%), Naididae (10,08%) e *Paracloeodes* (9,06%) (Quadro 2).

1ª ordem		2ª ordem	
Táxons	Contribuição (%)	Táxons	Contribuição (%)
<i>Cricotopus</i>	11,92	<i>Cricotopus</i>	10,40
<i>Paragripopteryx</i>	10,16	<i>Paracladius</i>	9,48
Simuliidae	7,66	<i>Polypedilum</i>	6,94
<i>Tricorythopsis</i>	6,72	Simuliidae	6,15
<i>Parameotricnemus</i>	6,21	<i>Parameotricnemus</i>	5,60
<i>Tupiperla</i>	6,12	Naididae	4,95
3ª ordem		4ª ordem	
Táxons	Contribuição (%)	Táxons	Contribuição (%)
<i>Cricotopus</i>	19,54	<i>Polypedilum</i>	10,81
<i>Polypedilum</i>	10,42	Naididae	10,08
Simuliidae	9,00	<i>Paracloeodes</i>	9,06
<i>Paracloeodes</i>	8,74	<i>Cricotopus</i>	5,95
<i>Chironomus</i>	6,86	<i>Pentaneura</i>	5,27
Naididae	6,51	<i>Rheotanytarsus</i>	4,87

Quadro 2- Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) para os táxons responsáveis pela diferença observada entre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas ordens estudadas dos rios Vacacaí-Mirim (VM) (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaiipi (TR) (agosto de 2009) em Santa Maria e Mata, RS.

### 3.5 Influência das variáveis ambientais na composição e na distribuição espacial das comunidades

No presente estudo não foi detectada estruturação espacial.

Todos os eixos da Análise de Redundância (RDA) foram significativamente diferentes do acaso ( $F = 2,52$ ,  $p < 0,01$ ). Os primeiros dois eixos da RDA juntos resumiram

42,2% da variabilidade existente nos dados de abundância dos táxons de macroinvertebrados bentônicos dos rios Vacacaí-Mirim, Ibicuí-Mirim e Tororaipí e explicaram 70,3% de sua relação com as variáveis ambientais (Tab. 8). O primeiro eixo da RDA evidenciou correlação positiva com a condutividade elétrica, e correlação negativa com o oxigênio dissolvido, a granulometria do substrato e a vegetação aquática (Tab. 9, Fig. 6). O segundo eixo mostrou correlação negativa com a condutividade elétrica, o oxigênio dissolvido, a granulometria e a vegetação aquática (Tab. 9, Fig. 6). De modo geral, o primeiro eixo da RDA segregou as amostras dos trechos de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens, dos trechos de 4<sup>a</sup> ordem das três microbacias (Fig. 6). Essa segregação foi determinada principalmente pela granulometria do substrato e pelo oxigênio dissolvido (Fig. 6). Por outro lado, o segundo eixo segregou as amostras das microbacias dos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí das amostras da microbacia do Rio Vacacaí-Mirim (Fig. 6). Esta segregação foi estabelecida pela maior condutividade elétrica, granulometria do substrato e vegetação aquática registradas na microbacia do Rio Vacacaí-Mirim. Adicionalmente, ocorreu segregação das amostras dos trechos de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens e de 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens do Vacacaí-Mirim, associada à maior granulometria do substrato encontrada nos primeiros e à maior condutividade elétrica encontrada nos últimos (Fig. 6). Além disso, no segundo eixo também ocorreu segregação da amostra do trecho de 4<sup>a</sup> ordem do Rio Tororaipí do grupo de amostras formado pelos demais trechos deste mesmo rio (exceto o trecho de 1<sup>a</sup> ordem) e de todas as amostras do Rio Ibicuí-Mirim (exceto o trecho de 2<sup>a</sup> ordem). O agrupamento dessas amostras está relacionado à menor condutividade encontrada nas amostras do grupo, enquanto que a segregação do trecho de 4<sup>a</sup> ordem do Rio Tororaipí está associada ao fato de ser o único ponto que apresentou substrato lodoso (menor granulometria) (Fig. 6).

Tabela 8- Autovalores, coeficientes de correlação táxon-ambiente e porcentagem cumulativa explicada dos primeiros quatro eixos da Análise de Redundância para comunidades de macroinvertebrados bentônicos das micro-bacias dos rios Vacacaí-Mirim (VM) (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipí (TR) (agosto de 2009) e variáveis ambientais, em Santa Maria e Mata, RS.

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Variância total
Autovalores	0,273	0,149	0,111	0,068	1,000
Correlação táxon-ambiente	0,894	0,968	0,963	0,894	

Porcentagem de variância cumulativa:				
dos dados dos táxons	27,3	42,2	53,3	60,1
da relação táxons-ambiente	45,5	70,3	88,7	100,0
Soma total dos autovalores				1,000
Soma total dos autovalores canônicos				0,601

Tabela 9- Correlações *inter-set* entre os três primeiros eixos da Análise de Redundância e as variáveis ambientais dos rios Vacacaí-Mirim (agosto de 2008), Ibicuí-Mirim e Tororaipí (agosto de 2009), em Santa Maria e Mata, RS.

Variáveis ambientais	Eixo 1	Eixo 2
Condutividade elétrica	0,3482	<b>-0,8680</b>
Oxigênio dissolvido	<b>-0,4216</b>	-0,0901
Granulometria	<b>-0,6132</b>	<b>-0,6337</b>
Vegetação aquática	-0,0137	<b>-0,4097</b>

Diversos táxons de macroinvertebrados bentônicos foram fortemente influenciados pelas variáveis ambientais incluídas no modelo da RDA (Fig. 6). Os organismos que apresentaram maior relação com alta condutividade elétrica foram os Naididae (Oligochaeta), Hirudinea, *Dicrotendipes*, *Nanocladius*, *Ablabesmyia* (*Karelia*) e *Chironomus* (Chironomidae). Por outro lado, *Beardius* e Tanytarsini Gênero C (Chironomidae), Ceratopogonidae, *Paracloeodes* (Baetidae), *Hagenulopsis* (Leptophlebiidae), *Progomphus* (Gomphidae) e *Hexacylloepus* (Elmidae) foram associados à baixa condutividade e à ausência de vegetação aquática. *Cricotopus* e *Rheotanytarsus* foram associados à presença de vegetação aquática. *Lopescladius*, *Cardiocladius* e *Parametriocnemus* (Chironomidae), Tabanidae, Simuliidae, Psephenidae, *Heterelmis*, *Neoelmis* e *Microcyloepus* (Elmidae), *Gripopteryx*, *Paragripopteryx* e *Tupiperla* (Gripopterygidae), *Caenis* (Caenidae), *Camelobaetidius* (Baetidae), *Tricorythopsis* (Leptohyphidae), *Farrodes* (Leptophlebiidae), *Smicridea* (Hydropsychidae) e *Aegla* (Aeglididae) mostraram-se relacionados à habitats com maior concentração de oxigênio dissolvido e maior granulometria. Enquanto *Pentaneura*, *Caladomyia*, *Parachironomus* e *Tanypus* (Chironomidae), *Apobaetis* (Baetidae), *Tricorythodes* (Leptohyphidae), Nematoda, Alluroididae e Enchytraeidae (Oligochaeta) apresentam associação a ambientes com substrato mais fino (menor granulometria) e menor concentração de oxigênio dissolvido.



A diferença encontrada entre a granulometria dos substratos das microbacias dos rios Vacacaí-Mirim, Ibicuí-Mirim e Tororaipí pode estar relacionada ao fato da microbacia do Rio Vacacaí-Mirim pertencer a uma bacia hidrográfica (do Rio Jacuí) diferente das demais microbacias (do Rio Ibicuí). Assim o Rio Vacacaí-Mirim possui substrato pedregoso, enquanto os rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí apresentam substrato semelhante e mais fino. Além disso, os trechos amostrados dos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí percorrem um trecho maior da Depressão Central.

Os valores mais altos de pH e condutividade elétrica encontrados no Rio Vacacaí-Mirim podem refletir o maior grau de impacto ambiental da microbacia, relacionado principalmente a maior proximidade da área urbana de Santa Maria e, conseqüentemente, lançamento de efluentes domésticos no rio, bem como a presença de agricultura muito próxima às margens do rio. De fato, geralmente, um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais ou residenciais (GIULIATTI & CARVALHO, 2009). Além disso, uma alta condutividade elétrica pode estar relacionada a lançamento de efluentes urbanos sem tratamento em corpos d'água (ALLAN, 1995; PIEDRAS *et al.* 2006). Porém, não se pode descartar a possibilidade de a condutividade elétrica ter sido mais baixa, nas microbacias dos rios Ibicuí Mirim e Tororaipí, devido à precipitação acumulada um pouco mais alta no mês de coleta nesses rios. Por outro lado, as microbacias dos rios Tororaipí e Ibicuí-Mirim pertencem a uma mesma bacia hidrográfica, a Bacia do Rio Ibicuí, enquanto a microbacia do Rio Vacacaí-Mirim pertence à outra bacia, a Bacia do Rio Jacuí. Uma hipótese a ser considerada é que esta bacia possua como característica natural valores de condutividade mais elevados, pois esta variável foi mais alta em todos os trechos amostrados. Entretanto, os trechos a jusante apresentaram valores mais elevados, evidenciando assim, possivelmente uma condição natural que é agravada pelo lançamento de efluentes domésticos. Adicionalmente, córregos de baixa ordem, que geralmente são encachoeirados, não apresentam níveis limitantes de oxigênio dissolvido, pois em rios a difusão do oxigênio é aumentada pela turbulência das águas (MAIER, 1978). Dessa forma, a maior oxigenação apresentada pelos trechos de baixa ordem, principalmente os do Rio Vacacaí-Mirim, que apresentam maior declividade e granulometria do substrato mais grosseira, provavelmente está relacionada à maior turbulência destes trechos.

#### **4.2 Composição, riqueza e abundância na área estudada**

A alta abundância de Simuliidae, Naididae, Chironomidae (*Cricotopus*) e Baetidae (*Americabaetis*), bem como a menor abundância e principalmente a baixa riqueza de táxons representantes das ordens Ephemeroptera e Trichoptera evidenciam certo grau de deterioração ambiental das microbacias estudadas. Os primeiros grupos de macroinvertebrados são reconhecidos como tolerantes e relacionados a certo grau de impacto antrópico, enquanto os últimos são sensíveis. Especialmente na microbacia do Rio Vacacaí-Mirim ocorre lançamento de efluentes urbanos provenientes da cidade mais populosa, Santa Maria e, ainda, degradação da mata ciliar e presença de gado e agricultura próximo as margens dos corpos d'água estudados.

Os simulídeos apresentam ampla margem de tolerância aos fatores ambientais (STRIEDER *et al.*, 2006). Alterações ambientais como lançamento de efluentes domésticos, destruição da mata ciliar e atividades agrícolas aumentam a concentração de matéria orgânica nos corpos d'água. A alta concentração de matéria orgânica (VUORI & JOENSUU, 1996; STRIEDER *et al.*, 2006), juntamente com o movimento da água, i.e, correnteza, são condições ótimas para o desenvolvimento destes insetos (GAONA & ANDRADE, 1999). Desta forma, provavelmente, a alta abundância de simulídeos encontrados nas três microbacias estudadas esteja relacionada às condições ambientais encontradas nas mesmas (i.e., correnteza e matéria orgânica), principalmente nos trechos de pequena ordem e mais marcadamente na microbacia do Rio Vacacaí-Mirim (observação pessoal).

As oligoquetas, de forma geral, são consideradas tolerantes à poluição ambiental (PIEDRAS *et al.*, 2006). A grande abundância de Naididae ocorrendo somente no Vacacaí-Mirim, principalmente no trecho de 4ª ordem, pode estar associada com a menor altitude encontrada no local, sendo mais atingido por poluentes domésticos e agrícolas. Além disso, a presença de vegetação ripária pode gerar maior quantidade de detritos e matéria orgânica, que são favoráveis a estes organismos, que apresetam hábito alimentar coletor (GORNI & ALVES, 2007).

A alta abundância do chironomídeo *Cricotopus* registrada no presente estudo, principalmente no trecho de 3ª ordem do Rio Vacacaí-Mirim (caracterizado pela proximidade a muitas residências, total ausência de vegetação ripária, porém com presença de vegetação aquática, e presença de gado, caracterizando enriquecimento orgânico), e no trecho de 4ª ordem do Rio Tororaipí (caracterizado por substrato lodoso e agricultura

próxima) parece relacionada a tais impactos ambientais, pois o referido gênero apresentou maior abundância em pontos impactados, com enriquecimento orgânico proveniente de antropização. De fato, o gênero *Cricotopus* é citado como relacionado à correnteza (SANSEVERINO *et al.* 1998), à presença de musgos (GALDEAN *et al.* 2001), e poluição de águas, embora a presença de vegetação marginal e disponibilidade de alimentos possa ser mais importante que a qualidade da água (MARQUES *et al.* 1999). Desta forma, o gênero *Cricotopus*, parece apresentar grande tolerância a ambientes impactados com enriquecimento orgânico, e como destacado por MARQUES *et al.* (1999), sua alta abundância parece estar relacionada a disponibilidade de alimento (enriquecimento orgânico proveniente dos efluentes domésticos, sedimentos da agricultura e presença de vegetação aquática ou marginal) nos pontos de 3ª e 4ª ordem, nos rios Vacacaí-Mirim e Tororaipí respectivamente, em detrimento da qualidade da água.

A alta abundância de *Paragripopteryx* foi registrada nos trechos de 1ª ordem dos rios Vacacaí-Mirim e Tororaipí. Quanto à Plecoptera e à família Gripopterygidae há pouca informação, no entanto o que se sabe é que estas são encontradas em ambientes com águas claras, bem oxigenadas e elevada correnteza (BISPO *et al.*, 2002), o que geralmente ocorre em trechos de ordens menores, como no presente estudo.

A alta abundância de *Americabaetis* registrada no presente estudo está relacionada principalmente a picos de abundância que ocorreram no trecho de 2ª ordem do Rio Vacacaí-Mirim e nos trechos de 2ª e 3ª ordens do Rio Ibicuí-Mirim. O gênero *Americabaetis* é citado como associado à presença de vegetação ripária (DOMINGUEZ *et al.*, 2006) e de vegetação aquática (GOULART & CALLISTO, 2005), além disso, este gênero pode ser encontrado em locais impactados (SIEGLOCH *et al.*, 2008). Apesar de a ordem Ephemeroptera ser considerada característica de águas limpas, junto com Plecoptera e Trichoptera, a família Baetidae é classificada como ‘algo sensível’ nos índices bióticos (HILSENHOFF, 1988). Essa moderada sensibilidade/tolerância poderia explicar a alta abundância desse gênero de Baetidae encontrado em pontos com moderado grau de alteração ambiental, porém com presença de vegetação ripária e aquática, juntamente com Simuliidae, Naididae e *Cricotopus* (Chironomidae), grupos que são considerados tolerantes a poluição ambiental (LENAT, 1993).

#### **4.3 Composição, riqueza e abundância entre microbacias**

No intuito de comparar a riqueza de famílias de macroinvertebrados bentônicos das microbacias aqui estudadas com os demais estudos realizados no Rio Grande do Sul, são listados os estudos que foram realizados em ambientes lóticos, utilizando a mesma metodologia: Bacia do Rio das Antas e Bacia do Rio Gravataí, onde foram registradas 25 famílias (BUENO *et al.*, 2003); Bacia do Rio Jacutinga, onde foram coletadas 27 famílias (HEPP & SANTOS, 2005) e 37 famílias (HEPP & SANTOS, 2008); Bacia do Rio Pelotas e Bacia Antas-Taquari, onde foram reportados, em média, 17,5 famílias (BUCKUP *et al.*, 2007) e Bacia do Rio Tigre e Bacia do Rio Campo, onde foram coletadas 32 famílias (KÖNIG *et al.*, 2008). Desta forma, é possível concluir que, a riqueza encontrada nas microbacias dos rios Vacacaí-Mirim, Ibicuí-Mirim (28 famílias em cada microbacia) e Tororaipí (30 famílias) está dentro da média reportada para a maioria das microbacias estudadas no Rio Grande do Sul.

A riqueza de táxons também não apresentou diferença entre as três microbacias estudadas. O que de fato foi observado foi uma diferença na estrutura das comunidades entre as três microbacias. Esta diferença na estrutura das comunidades pode estar relacionada à diferença entre a granulometria dos substratos, pois as microbacias dos rios Tororaipí e Ibicuí-Mirim pertencem a uma mesma bacia hidrográfica (do Rio Ibicuí), apresentando substratos mais semelhantes entre si, enquanto a microbacia do Rio Vacacaí-Mirim pertence a uma bacia hidrográfica diferente (do Rio Jacuí). A microbacia do Rio Vacacaí-Mirim apresenta substrato mais pedregoso, enquanto que nas microbacias dos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí o substrato arenoso foi predominante (percorrem um trecho maior da Depressão Central). Dentre os substratos comumente colonizados por macroinvertebrados, pedras grandes constituem o substrato com maior estabilidade quando exposto a elevada velocidade da correnteza e apresenta maior heterogeneidade espacial (LENAT *et al.*, 1981). Diversos estudos têm reportado diferenças na estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos neste tipo de substrato pedregoso (BUENO *et al.*, 2003; BUSS *et al.*, 2004; KIKUCHI & UIEDA, 2005; SILVEIRA *et al.*, 2006; FIDELIS *et al.*, 2008).

A microbacia do Rio Vacacaí-Mirim foi a que mais se diferenciou quanto à composição da comunidade, sendo que os táxons Naididae e *Chironomus* foram os que mais influenciaram a diferenciação da microbacia, pois são organismos mais tolerantes à poluição (MARQUES *et al.*, 1999; MATSUMURA-TUNDISI, 1999). De fato, a microbacia do Rio



Vacacaí-Mirim apresenta um alto grau de poluição principalmente devido à poluição proveniente da cidade, tanto pela liberação de efluentes não tratados como pela proximidade de áreas agrícolas (observação pessoal), o que é evidenciado pela maior condutividade elétrica medida nos trechos desta microbacia. A menor diferença entre as amostras dos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí pode ser relacionada à semelhança entre a granulometria do substrato (mais fina) e à condutividade elétrica (mais baixa que no Rio Vacacaí-Mirim) das duas microbacias.

#### **4.4 Composição, riqueza e abundância entre trechos de diferentes ordens**

A maior riqueza registrada nos trechos de 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens era esperada e corrobora as previsões da ‘Teoria do Rio Continuum’ (VANNOTE *et al.*, 1980). Segundo esta teoria, trechos de rios de tamanho médio apresentam maior variabilidade ambiental, incluindo maior diversidade de recursos alimentares e maior variação diária na temperatura. Desta forma, trechos de tamanho médio propiciariam o estabelecimento de uma diversidade maior de organismos (VANNOTE *et al.*, 1980). Apesar dos resultados corroborarem a ‘Teoria do Rio Continuum’, os trechos de 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens apresentaram, em geral, substrato mais fino (arenoso e lodoso), os quais têm sido citados como mais homogêneos, suportando menor riqueza de macroinvertebrados (BUENO *et al.*, 2003; BUSS *et al.*, 2004; KIKUCHI & UIEDA, 2005; SILVEIRA *et al.*, 2006; FIDELIS *et al.*, 2008). Assim, esta maior riqueza provavelmente pode ser explicada pela ‘Hipótese do Distúrbio Intermediário’, onde pontos moderadamente impactados permitem a coexistência de um número maior de espécies (sensíveis e tolerantes) (TOWNSEND & SCARSBROOK, 1997; ROXBURGH *et al.*, 2004). Porém, é possível detectar o impacto antrópico pela grande dominância de alguns táxons tolerantes em detrimento de táxons mais sensíveis (raros).

As comunidade dos trechos de 1<sup>a</sup> ordem amostrados no presente estudo apresentaram grande contribuição da família Gripopterygidae, com dois gêneros característicos dos trechos desta ordem, *Paragripopteryx* e *Tupiperla*. Estes organismos são citados como típicos de águas claras, bem oxigenadas e com boa correnteza, tipicamente riachos de 1<sup>a</sup> ordem (BISPO *et al.*, 2002), sendo utilizados como bioindicadores. Entretanto, ROQUE *et al.* (2008) observaram que *Tupiperla* foi um dos gêneros de Plecoptera mais frequentemente

coletado em riachos impactados, sendo possivelmente menos sensível que *Paragripopteryx* e *Gripopteryx*, que não foram encontrados nestes riachos. Desta forma, a alta abundância de *Paragripopteryx* e *Tupiperla* em trechos de primeira ordem pode evidenciar a característica de baixa ordem destes trechos, porém com certo grau de comprometimento devido à presença de gado e fazenda nas proximidades.

As comunidades de macroinvertebrados dos trechos de 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens foram principalmente representadas por quironomídeos, simúlídeos, oligoquetas da família Naididae e efemerópteros da família Baetidae, principalmente *Paracloeodes*. Estes grupos de organismos são tolerantes ao enriquecimento orgânico (HILSENHOFF, 1988; LENAT, 1993). Apesar da ordem Ephemeroptera ser amplamente usada como biondicador, alguns representantes da família Baetidae apresentam abundância elevada em locais com impacto intermediário (HILSENHOFF, 1988). As comunidades de macroinvertebrados de trechos de 3<sup>a</sup> ordem foram representadas também por *Chironomus* que, como já foi citado acima, são organismos que apresentam picos de abundância em locais impactados (MARQUES *et al.*, 1999).

A estrutura das comunidades de macroinvertebrados nos trechos estudados revela que os trechos de 1<sup>a</sup> ordem apresentaram melhor qualidade ambiental que os demais trechos. Estes trechos geralmente ficam em área de maior altitude e declividade, o que dificulta o seu uso para a agricultura. Adicionalmente, trechos de 1<sup>a</sup> ordem drenam áreas menores, e assim recebem menos poluentes de fontes não pontuais.

#### **4.5 Influência das variáveis ambientais na composição e na distribuição espacial das comunidades**

A condutividade elétrica tem sido citada como uma das variáveis ambientais mais importantes para a estruturação dos macroinvertebrados bentônicos (FROEHLICH & OLIVEIRA, 1997; BAPTISTA *et al.*, 2001; MELO, 2009). Outras características dos riachos também se encontram na lista das variáveis ambientais importantes para a

distribuição da fauna bentônica, como o oxigênio dissolvido (ROCHA, 1999; COLPO *et al.*, 2009), o tipo de substrato (BUENO *et al.*, 2003; KIKUCHI & UIEDA, 2005) e a presença de vegetação aquática (GLOWACKA *et al.*, 1976; WILCOX & MEEKER, 1992). A textura, o grau de compactação, o tamanho da partícula e a área de superfície podem atuar na regulação da composição e abundância das espécies (KIKUCHI, 1996). Além da importância do substrato como habitat, abrigo da corrente e dos predadores, este também serve como alimento no caso das partículas serem orgânicas (ALLAN, 1995), como detritos, diatomáceas, algas verdes e restos de insetos (CUMMINS & KLUG, 1979; OLIVEIRA & FROEHLICH, 1996). As variáveis que influenciaram a distribuição dos macroinvertebrados no presente estudo (condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, granulometria e vegetação aquática) também têm sido encontradas por diversos pesquisadores. Além disso, os resultados mostram que a composição da comunidade no Rio Vacacaí-Mirim é mais influenciada pela condutividade elétrica, enquanto os organismos presentes nos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí são mais influenciados pela granulometria do substrato.

Os trechos de 1ª e 2ª ordens amostrados no Rio Vacacaí-Mirim apresentam boa qualidade da água, o que é evidenciado pelos organismos encontrados, tidos como algo sensíveis à poluição [*Camelobaetidius* (ARMITAGE *et al.*, 1983; HILSENHOFF, 1988; BUSS & SALLES, 2007), *Heterelmis*, *Microcylloepus*, *Neoelmis* (ARMITAGE *et al.*, 1983)], ou que, pelo menos, têm como exigência velocidade de correnteza [*Heterelmis*, *Neoelmis*, *Microcylloepus* (BORROR & DELONG, 2005), Simuliidae (LEWIS & BENNETT, 1975; STRIEDER *et al.*, 2006; RODRIGUES, 2006), *Smicridea* (WIGGINS & MACKAY, 1978; SPIES *et al.*, 2006)], o que leva a uma melhor oxigenação da água, ou são relacionados a granulometria mais grossa [*Camelobaetidius* (BUSS & SALLES, 2007), Psephenidae (BORROR & DELONG, 2005)]. Tais trechos apresentaram substrato mais pedregoso, porém com presença de gado e fazendas muito próximas, tornando-os moderadamente impactados. No trecho de 3ª ordem estudado no Rio Vacacaí-Mirim observou-se ausência de vegetação ripária e presença de táxons mais tolerantes à poluição (Naididae, Hirudinea, *Chironomus*). Isto ocorre, principalmente, pela proximidade do ambiente urbano, com despejo de efluentes domésticos, assim como pela retirada de vegetação ripária e proximidade de áreas agrícolas.

Os rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí, independente das ordens amostradas, parecem ter sido mais influenciados pela menor granulometria do substrato e pela menor condutividade elétrica, possivelmente decorrente de menor enriquecimento orgânico (efluentes domésticos)

que no Rio Vacacaí-Mirim. Observou-se também uma maior concentração de oxigênio dissolvido nos trechos de 1ª ordem do Rio Tororaipí e no de 2ª ordem do Rio Ibicuí-Mirim, o que é característico de trechos de menor tamanho, localizados em maiores altitudes. Nos dois primeiros rios observaram-se táxons mais sensíveis à poluição orgânica (*Paragripopteryx*, *Gripopteryx*, *Progomphus*, *Caenis*), exceto no trecho de 4ª ordem do Rio Tororaipí que se caracteriza pela baixa concentração de oxigênio dissolvido. Os trechos amostrados da microbacias do Rio Ibicuí-Mirim e do Tororaipí encontram-se mais afastados da área urbana das cidades de Santa Maria e Mata e, embora haja presença de agricultura próxima, estas apresentam maior cobertura vegetal ripária, o que diminui o grau de erosão das margens e restringe a entrada de poluentes nos corpos d'água.

A ocorrência de Naididae (Oligochaeta) tem sido associada a substratos rochosos e a altas velocidades de correnteza (ALVES *et al.*, 2008), e também a substratos rochosos com vegetação (DUMNICKA, 1994b). No presente trabalho, estes organismos foram associados principalmente ao trecho de 3ª ordem do Rio Vacacaí-Mirim, caracterizado por substrato arenoso, alta condutividade elétrica e presença de vegetação aquática. Esta última característica pode ter sido a mais importante neste caso, pois oferece proteção contra predadores (DUMNICKA, 1994a).

Enchytraeidae (Oligochaeta) é comumente encontrada em riachos com granulometria mais grossa e alto conteúdo de oxigênio (LENCIONI & MAIOLINI, 2002). Entretanto, no presente estudo essa família foi relacionada principalmente a ambientes com substrato fino (lodoso) e com menor concentração de oxigênio dissolvido (trecho de 4ª ordem do Rio Tororaipí).

O grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) é utilizado como bioindicador devido à sensibilidade a perturbações ambientais (ROSENBERG & RESH, 1993), diminuindo significativamente o número de famílias com o aumento da condutividade elétrica (BACEY & SPURLOCK, 2007). Os efemerópteros *Caenis* (Caenidae) e *Camelobaetidius* (Baetidae) foram relacionados a um riacho com maior declividade e maior velocidade de correnteza (CRISCI-BISPO *et al.*, 2007). Desta forma, os resultados do presente estudo corroboram a ocorrência destes efemerópteros relacionada a trechos com águas bem oxigenadas e com substrato mais pedregoso. Além disso, a relação de *Gripopteryx* (Gripopterygidae) com baixa condutividade elétrica, registrada no presente estudo, o que pode indicar sensibilidade deste gênero à poluição orgânica, corroborando os resultados de ROQUE *et al.* (2008). Geralmente, a condutividade elétrica e o pH só

influenciam a distribuição da fauna quando há valores extremos ou quando estes são associados à poluição orgânica (BISPO *et al.*, 2006), sendo provavelmente este último, o caso do estudo aqui apresentado. *Smicridea* (Hydropsychidae) pode ser encontrado desde cabeceiras até rios maiores e geralmente apresenta alta abundância (FLINT *et al.*, 1999). Este gênero tem sido citado como um dos mais abundantes entre os Trichoptera, sendo relacionado à disponibilidade alimentar (SPIES *et al.*, 2006), assim como a habitats de pedras em corredeiras (SPIES & FROEHLICH, 2009). De fato, neste estudo *Smicridea* foi associado à maior concentração de oxigênio dissolvido e à maior granulometria.

*Chironomus* (Chironomidae) apresenta alta tolerância às condições de eutrofização, mostrando significativo aumento na abundância, como resposta ao enriquecimento orgânico, causado pela atividade antrópica (MARQUES *et al.*, 1999; CALLISTO *et al.*, 2005). Neste estudo, a relação da alta condutividade elétrica com o gênero provavelmente se dá devido ao lançamento de efluentes domésticos próximo aos trechos de 3ª e 4ª ordens do Rio Vacacaí-Mirim. Além de *Chironomus*, *Oligochaeta* e *Hirudinea* também são organismos citados como tolerantes a poluição, sendo comumente encontrados em altas abundâncias em pontos que recebem efluentes domésticos e apresentam menor pH, maior condutividade elétrica e menor oxigênio dissolvido (CORTEZZI *et al.*, 2009). No presente estudo, *Hirudinea* foi associado à maior condutividade elétrica, provavelmente devido à tolerância a poluição que apresenta, sendo que a proximidade da cidade e da agricultura aos trechos de 3ª e 4ª ordens do Rio Vacacaí-Mirim levam ao aumento da condutividade nestes locais.

A relação de Simuliidae com maior concentração de oxigênio dissolvido e granulometria, características dos trechos de pequenas ordens (1ª e 2ª ordens) do Rio Vacacaí-Mirim, reflete a exigência do grupo por movimentação da água, pois depende desta para alimentação (GAONA & ANDRADE, 1999). Desta forma, apesar de sua ampla margem de tolerância aos fatores ambientais, principalmente ao enriquecimento orgânico, os simuliídeos foram relacionados às maiores concentrações de oxigênio dissolvido, que estão relacionadas à granulometria mais grossa do substrato, onde a correnteza é maior (CHALAR, 1994).

Entre os besouros da família Elmidae, os gêneros *Heterelmis*, *Neoelmis* e *Microcylloepus* são frequentemente coletados em substrato rochoso e em folhiço retido em áreas de correnteza de rios e riachos (PASSOS *et al.*, 2007). Desta forma, a relação de tais gêneros com os trechos de 1ª e 2ª ordens do Rio Vacacaí-Mirim é decorrente da maior granulometria e maior concentração de oxigênio dissolvido que ocorrem nestes trechos. Os

coleópteros da família Psephenidae também foram observados principalmente em trechos de pequenas ordens do Rio Vacacaí-Mirim (1ª e 2ª ordens) devido ao tipo de substrato pedregoso predominante, pois estes são encontrados comumente sob pedras ou entre as folhas acumuladas nos riachos e devido à forma achatada de seu corpo apresentam pouco atrito com a correnteza (BORROR & DeLONG, 2005).

A relação encontrada de *Aegla* com os trechos de pequenas ordens do Rio Vacacaí-Mirim, onde há maior concentração de oxigênio dissolvido, se deve a preferência deste gênero por ambientes com correnteza moderada, onde a turbulência favorece a oxigenação da água (CHALAR, 1994).

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou que a distribuição espacial de macroinvertebrados bentônicos em riachos da região central do estado do Rio Grande do Sul encontra-se estruturada por fatores ambientais locais, mas também é influenciada pela escala de estudo. Em escala espacial regional (microbacias) foi registrada maior diferenciação na estrutura das comunidades que em escala menor (trechos das microbacias de diferentes ordens). A escala espacial local evidenciou a importância da composição do substrato, já as maiores escalas dão notoriedade às diferenças na água e aos distúrbios ambientais. Estes distúrbios ambientais, como proximidade de centros urbanos, agricultura e presença de gado, neste caso, foram mais importantes para o estabelecimento das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas microbacias estudadas que as diferenças na água.

Embora tenha sido encontrada menor diferenciação na estrutura das comunidades entre os trechos estudados que entre as microbacias, esta ocorreu principalmente entre os tamanhos extremos dos riachos (1ª e 4ª, e 2ª e 4ª ordens) da microbacia do Rio Vacacaí-Mirim. Esse resultado deve-se à maior heterogeneidade dos substratos encontrados nesta microbacia, assim como à declividade e também à maior proximidade da área urbana. Os trechos de 1ª e 2ª ordens do Rio Vacacaí-Mirim apresentaram uma melhor qualidade da água em relação aos outros trechos e rios estudados, o que foi evidenciado pelos organismos típicos encontrados. Isto se deve ao maior afastamento da área urbana destes pontos que apesar de terem fazendas próximas, são menos impactados por agricultura e efluentes

urbanos. Os trechos de ordens intermediárias do Rio Vacacaí-Mirim (3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens) apresentam uma fauna característica de ambiente impactado, pois estes se encontram próximos à área urbanizada da cidade de Santa Maria e têm agricultura muito próxima às margens. Esta proximidade, tanto da cidade quanto das áreas agrícolas, é agravada pela retirada de grande parte da vegetação ripária que protegeria contra erosão e entrada de poluentes. Nas microbacias dos rios Ibicuí-Mirim e Tororaipí as ordens amostradas não apresentaram grandes diferenças na estrutura das comunidades, portando-se cada rio como um todo. Nestes casos a diferenciação da estrutura da comunidade encontrada em cada microbacia deu-se provavelmente devido às características ambientais, como presença de substrato mais fino em ambos os rios, além de maior quantidade de vegetação ripária no Rio Tororaipí.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALBA-TERCEDOR, J. **Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos.** Anais do IV Simpósio del Agua en Andalucía (SIAGA). Almeria, vol. 2, p. 203-213, 1996.

ALLAN, J.D. **Stream ecology: structure and function of running waters**. London: Chapman & Hall, 388 p., 1995.

ALVES, R.G.; MARCHESE, M.R.; MARTINS, R.T. Oligochaeta (Annelida, Clitellata) of lotic environments at Parque Estadual Intervales (São Paulo, Brazil). **Biota Neotropica**, vol. 8, n. 1, p. 69-72, 2008.

ANGRISANO, E.B. & KOROB, P.G. 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, 2001.

ARMITAGE, P.D. *et al.* The performance of a new biological water quality score system based on macro-invertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. **Water Research**, vol. 17, p. 333-347, 1983.

AYRES-PERES, L.; SOKOLOWICZ, C.C.; SANTOS, S. Diversity and abundance of the benthic macrofauna in lotic environments from the central region of Rio Grande do Sul State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, 2006.

BACEY, J. & SPURLOCK, F. Biological of urban and agricultural streams in the California Central Valley. **Environmental Monitoring and Assessment**, 130, p. 483-493, 2007.

BALDAN, L.T. **Composição e diversidade da taxocenose de macroinvertebrados bentônicos e sua utilização na avaliação de qualidade de água no Rio de Pinto Morretes, Paraná, Brasil**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BAPTISTA, D.F. *et al.* 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, 2001.

BENETTI, C.J. *et al.* Chaves de identificação para famílias de coleópteros aquáticos ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 1, n. 1, p. 24-28, 2006.

BISPO, P.C.; FROEHLICH, C.G.; OLIVEIRA, L.G. Stonefly (Plecoptera) fauna of streams in a mountainous area of Central Brazil: abiotic factors and nymph density. **Revista Brasileira de Zoologia**, vol. 19, n. 1, p. 325 – 334, 2002.



BISPO, P.C. *et al.* 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, n.2B, p. 611-622, 2006.

BORCARD, D.; LEGENDRE, P.; DRAPEAU, P. Partialling out the spatial component of ecological variation. **Ecology**, vol. 73, p. 1045 – 1055, 1992.

BORCARD, D. *et al.* Dissecting the spatial structure of ecological data at multivariate scales. **Ecology**, vol. 85, n. 7, p. 1826-1832, 2004.

BORROR, D.J.; DELONG, D.M. **Introduction to the Study of Insects**. 7. ed. Thomson Brooks/ Cole, 864 p., 2005.

BOYERO, L. Multiscale patterns of spatial variation of stream macroinvertebrate communities. **Ecological Research**, vol. 18, p. 365-379, 2003.

BOYERO, L. Multiscale variation in the functional composition of stream macroinvertebrate communities in low-order mountain streams. **Limnetica**, vol. 24, n. 3-4, p. 245-250, 2005.

BOYERO, L. & BOSCH, J. Multiscale spatial variation of stone recolonization by macroinvertebrates in a Costa Rican stream. **Journal of Tropical Ecology**, vol. 20, p. 85-95, 2004.

BUCKUP, L. *et al.* The benthic macroinvertebrate fauna of highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure. **Revista Brasileira de Zoologia**, vol. 24, n. 2, p. 294-301, 2007.

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

BUSS, D.F. *et al.* Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrates assemblages in neotropical streams. **Hydrobiologia**, v. 518, p. 179-188, 2004.

BUSS, D.F.; SALLES, F.F. Using Baetidae Species as Biological Indicators of Environmental Degradation in a Brazilian River Basin. **Environmental Monitoring Assessment**, vol. 130, p. 365-372, 2007.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F.A. **Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita, Lago Batata (Pará, Brasil)**. Oecologia Brasiliensis, v.1., 1995. Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros. F. A. Esteves (ed.), pp. 281-291, Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F.A. Composição granulométrica do sedimento de um lago Amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural (Pará, Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensis**, vol. 8, p. 115-126, 1996.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 6, p. 71-82. 2000.

CALLISTO, M. *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG . RJ). **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J.F.; MORENO, P. Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores. In: GOULART, E. M. A. (Ed.). **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

CARGNIN, G.A.P. (Coord.). Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=545>>. Acesso em: 10 junho 2010.

CASTILLERO, A.C. **Uso da terra por fotografias aéreas no município de Santa Maria, RS**. 1984. Monografia (Especialização em Imagens Orbitais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1984.

CHALAR, G. Zoobenthic composition and abundance in the Arroyo Toledo (Uruguay), and its relation with the water quality. **Revista Chilena de Historia Natural**, vol. 67, n. 2, p. 129-141, 1994.

CLARKE, K.R. Nonparametric Multivariate Analysis of Changes in Community Structure. **Australian Journal of Ecology**, vol. 18, p. 117-143, 1993.

CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. 2 ed. PRIMER-E Ltd, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK, 2001.

CLARKE, K.R.; GORLEY, R.N. **Primer v.6**: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK, 2006.

COLPO, K.D.; BRASIL, M.T.; CAMARGO, B.V. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores do impacto ambiental promovido pelos efluentes de áreas orizícolas e pelos de origem urbana/industrial. **Ciência Rural**, vol. 39, n. 7, p. 2087-2092, 2009.

COOPER, S.D. *et al.* Implications of scale for patterns and processes in stream ecology. *Australian Journal of Ecology*, vol. 23, p. 27-40, 1998.

CORTEZZI, S.S. *et al.* Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. **Iheringia, Série Zoologia**, vol. 99, n. 1, p. 36-43, 2009.

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

CUMMINS, K.W. Structure and function of stream ecosystems. **BioScience**, vol. 24, n. 11, p. 631-641, 1974.

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

DA-SILVA, E.R.; SALLES, F.F.; BAPTISTA, M.S. As brânquias dos gêneros de Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. **Biota Neotropica**, v. 2, n. 2, 2002.

DA-SILVA, L.F. **Estrutura da comunidade de insetos aquáticos em igarapés na Amazônia Central, com diferentes graus de preservação da cobertura vegetal e apresentação de chave de identificação para gêneros de larvas da ordem Odonata**. 2006. 98f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais)- Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

DILL, P.R.J. **Gestão Ambiental em Bacias Hidrográficas**. 2007. 147f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

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.

DOMÍNGUEZ, E.; FERNÁNDEZ, H.R. (Eds.). **Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología**. Tucumán: Fundación Miguel Lillo , 656 p., 2009.

DUMNICKA, E. (a) Communities of Oligochaeta in mountain streams of Poland. **Hydrobiologia**, vol. 278, n. 1-3, p. 107-110, 1994.

DUMNICKA, E. (b) Habitat preferences of invertebrates (specially Oligochaeta) in a stream. **Acta Hydrobiologica**, vol. 36, n. 1, p. 91-101, 1994.

FERREIRA, A.B.; FILHO, W.P. Análise do uso e cobertura da terra de três sub-bacias hidrográficas - Rio Grande do Sul/Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 2, n. 3, p. 20-36, 2009.

FIDELIS, L.; NESSIMIAN, JL.; HAMADA, N. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, vol. 38, no. 1, p. 127-134, 2008.

FLECKER, A.S.; FEIFAREK, B. Disturbance and the temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams. **Freshwater Biology**, v.31, p. 131-142, 1994.

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

FROEHLICH, C.G.; OLIVEIRA, L.G. Ephemeroptera and Plecoptera nymphs from riffles in low-order streams in southeastern Brazil. p. 180-185. *In*: P. LANDOLT & M. SARTORI (Eds)- **Ephemeroptera and Plecoptera: biology-ecology-systematics**. Fribourg: MTL, XI+596 p., 1997.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal lotic ecosystems of Serra do Cipó (MG, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia**, vol. 61, n. 2, p. 239-248, 2001.

GAONA, J.C.; ANDRADE, C.F.S. Aspectos da entomologia médica e veterinária dos borrachudos (Diptera, Simuliidae): biologia, importância e controle. **LECTA**, vol. 17, n. 1, p. 51-65, 1999.

GERRISH, N.; BRISTOW, J.M. Macroinvertebrate associations with aquatic macrophytes and artificial substrates. **Journal of Great Lakes Research**, vol. 5, p. 69-72, 1979.

GIULIATTI, T.L.; CARVALHO, E. M. Distribuição das assembléias de macroinvertebrados bentônicos em dois trechos do córrego Laranja Doce, Dourados/MS. **Interbio**, v.3, n.1, p. 4-14, 2009.

GLOWACKA, I.; SOSZKA, G. J.; SOSZKA, H. Invertebrates associated with macrophytes. *In*: E. PIECZYNSKA (Ed.)- **Selected problems of lake littoral ecology**. Warsaw: University of Warsaw, p. 97-122, 1976.

GORNI, G.R.; ALVES, R.G. Naididae (Annelida, Oligochaeta) associated with briophytes in Brotas, State of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, vol. 24, n. 2, p. 518-519, 2007.

GOTELLI, N.J.; ENTSMINGER, G.L. **EcoSim: Null models software for ecology. Version 7.0**. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear, 2001. Disponível em: <<http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>>. Acesso em: agosto 2010.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Mayfly Diversity in the Brazilian Tropical Headwaters of Serra do Cipó. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, vol. 48, n. 6, p. 983-996, 2005.

GRIFFITH, M.B. *et al.* Analysis of macroinvertebrate assemblages in relation to environmental gradients among lotic habitats of California's Central Valley. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 82, p. 281-309, 2003.

GRIFFITHS, D. Local and regional species richness in North American lacustrine fish. **Journal of Animal Ecology**, vol. 66, p. 49-56, 1997.

HEINO, J.; MUOTKA, T.; PAAVOLA, R. Determinants of macroinvertebrate diversity in headwater streams: regional and local influences. **Journal of Animal Ecology**, vol. 72, p. 425-434, 2003.

HEINO, J. Functional biodiversity of macroinvertebrate assemblages along major ecological gradients of boreal headwater streams. **Freshwater Biology**, vol. 50, p. 1578-1587, 2005.

HEINO, J.; MYKRÄ, H. Control of stream insect assemblages: roles of spatial configuration and local environmental factors. **Ecological Entomology**, vol. 33, p. 614-622, 2008.

HEPP, L.U.; SANTOS, S. Estrutura trófica de invertebrados aquáticos no Rio Jacutinga. **Revista Perspectiva**, vol. 105, n. 29, P. 69-74, 2005.

HEPP, L.U.; SANTOS, S. Benthic communities of streams related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 157, n. 1-4, p. 305-318, 2008.

HILSENHOFF, W.L. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. **Journal of North American Benthological Society**, vol. 7, n. 1, p. 65-68, 1988.

HYNES, H.B.N. **The ecology of Running Waters**. Liverpool University Press, Liverpool, 1970.

IBGE: GEOGRAFIA DO BRASIL. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Diretoria de geociências, Rio de Janeiro: IBGE, 1990, 420p. Vol.2, região sul.

ISAIA, T. **Planejamento de uso da terra para o município de Santa Maria-RS, através do diagnóstico físico conservacionista das microbacias hidrográficas**. Santa Maria, 60p., 1992.

KIKUCHI, R.M. **Composição e distribuição das comunidades animais em um curso de água corrente (Córrego Itaúna, Itatinga-SP)**. 1996. 134f. Dissertação de mestrado-UNESP, Botucatu- SP, 1996.

KIKUCHI, R. M.; UIEDA, V.S. Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Entomologia y Vectores**, vol. 12, n. 2, p. 193-231, 2005.

KÖNIG, R. *et al.* Qualidade das águas de riachos da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, vol. 3, n. 1, p. 84-93, 2008.

KRUSKAL, M.A.; WISH, M. **Multidimensional scaling**. Beverly Hills: Sage Publication, 1978.

LARSEN, S.; VAUGHANI.P.; ORMEROD, S.J. Scale-dependent effects of fine sediments on temperate headwater invertebrates. **Freshwater Biology**, vol. 54, p. 203-219, 2009.

LECCI, L.S.; FROEHLICH, C.G. Plecoptera. *In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo*. Froehlich, C.G. (org.). 2007. Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>>. Acesso em: 15 fev. 2010.

LEGENDRE, P. Quantitative methods and biogeographic analysis. *In: Garbary, D.J. & South, R.G. (Eds.)- Evolutionary biogeography of the marine algae of the North Atlantic*. Berlin: Springer Verlag, vol. 22, p. 9-34, 1990.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2<sup>nd</sup> English edition. Amsterdam: Elsevier B.V., 1998.

LENAT, D.R.; PENROSE, D.L.; EAGLESON, K.W. Variable effects of sediment addition on stream benthos. **Hydrobiologia**, vol. 79, p. 187-194, 1981.

LENAT, D.R. A biotic index for the southeastern United States: derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings. **Journal of the North American Benthological Society**, vol. 12, p. 279-290, 1993.

LENCIONI, V.; MAIOLINI, B. L'ecologia di un ecosistema acquatico alpino (Val de la Maré, Parco Nazionale dello Stelvio). **Natura Alpina**, vol. 54, n. 4, p. 1-96, 2002.

LEWIS, D.J.; BENNETT, G.F. The blackflies (Diptera: Simuliidae) of insular Newfoundland. III. Factors affecting the distribution and migration of larval simuliids in small streams on the Avalon peninsula. **Canadian Journal Zoology**, vol. 53, p. 115-123, 1975.

LIGEIRO, R.; MELO, A.S.; CALLISTO, M. Spatial scale and the diversity of macroinvertebrates in a Neotropical catchment. **Freshwater Biology**, p. 424-435, 2009.

MAIER, M.H. Considerações sobre características limnológicas de ambientes lóticos. **Boletim do Instituto Pesca**, vol. 5, n. 2, p. 75-90, 1978.

MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, vol. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MANZO, V.; ARCHANGELSKY, M. A key to the known larvae of South American Elmidae (Coleoptera: Byrrhoidea), with a description of the mature larva of *Macrelmis saltensis* Manzo. **Annales de Limnologie- International Journal of Limnology**, vol. 44, n. 1, p. 63-74, 2008.

MARCHESE, M.R. Annelida Oligochaeta. *In*: DOMÍNGUEZ, E. & FERNÁNDEZ, H.R. (Eds)- **Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos**: sistemática y biología. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 656 pp., 2009.

MARCUZZO, S.; PAGEL, S.M.; CHIAPETTI, M.I.S. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul**: situação atual, ações e perspectivas. São Paulo: CETESB, caderno 11, 61 p., 1998.

MARIANO, R.; FROEHLICH, C.G. Ephemeroptera. *In*: Guia *on-line*: **Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Froehlich, C.G. (org.), 2007. Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

MARQUES, M.M.G.S.M.; BARBOSA, F.A.R.; CALLISTO, M. Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in south-east Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, vol. 59, n. 4, p. 553-561, 1999.

MATSUMURA-TUNDISI, T. Diversidade do zooplâncton em represas do Brasil. *In*: HENRY, R. (Ed.)- **Ecologia de reservatórios**: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FUNDIBIO-FAPESP, 800 p., 1999.

MELO, A.S. Explaining dissimilarities in macroinvertebrate assemblages among stream sites using environmental variables. **Zoologia**, vol. 26, n. 1, p. 79-84, 2009.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Dubuque, Kendall/Hunt, 3<sup>rd</sup> ed., 722p., 1996.

MORAES, F.D.; BEZZI, M.L. A organização do estado agrário de Mata/RS: a cadeia produtiva da pecuária. **Geografia: Ensino & Pesquisa**, vol. 3, n. 2, p. 21-32, 2009.

NERI, D.B.; KOTZIAN, C.B.; SIEGLOCH, A.E. Composição de Heteroptera aquáticos e semi-aquáticos na área de abrangência da U.H.E. Dona Francisca, RS, Brasil: fase de pré-enchimento. **Iheringia, Série Zoologia**, vol. 95, n. 4, p. 421-429, 2005.

NESSIMIAN, J.L. *et al.* Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, vol. 614, p. 117-131, 2008.

NUNES, G.M. *et al.* Sistemas de Informações Geográficas aplicados na implantação de corredores ecológicos na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim (RS). *In*: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: 2005, p. 3183-3189.



OLIFIERS, M.H. *et al.* A key to Brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. **Zootaxa**, vol. 651, p. 1-15, 2004.

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

PAAVOLA, R.; MUOTKA, T.; TIKKANEN, P. Macroinvertebrate community structure and species diversity in humic streams of Finnish Lapland. **Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, vol. 27, p. 2550-2555, 2000.

PAIVA, J.B.D. *et al.* Quantificação da demanda de água na Bacia do Rio Ibicuí-RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 5, n. 3, p. 93-111, 2000.

PALMER, M.A.; ALLAN, J.D.; BUTMAN, C.A. Dispersal as a regional process affecting the local dynamics of marine and stream benthic invertebrates. **Trends in Ecology and Evolution**, vol. 11, p. 322-326, 1996.

PASSOS, M.I.S.; NESSIMIAN, J.L.; JUNIOR, N.F. Chaves para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleoptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, vol. 51, n. 1, p. 42-53, 2007.

PEDRON, F.A. *et al.* A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS. **Ciência Rural**, vol. 36, n. 1, p. 105-112, 2006.

PIEDRAS, S.R.N. *et al.* Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. **Ciência Rural**, vol. 36, n. 2, p. 494-500, 2006.

PRAT, N.; RÍOS, B.; ACOSTA, R.; RIERADEVALL, M. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. *In*: DOMÍNGUEZ, E. & FERNÁNDEZ, H.R. (Eds)- **Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: sistemática y biología**. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 656 p., 2009.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Editora Viva, 328 p., 2001.

QUADROS, F. L.; PILLAR, V. P. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, vol. 24, p.109-118, 2002.

REZENDE, C.F. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados associados ao folheto submerso de remanso e correnteza em igarapés da Amazônia Central. **Biota Neotropica**, vol. 7, n. 2, p. 301-305, 2007.

RIBEIRO, L.O. *et al.* Composição e distribuição de insetos aquáticos no rio Vacacaí-Mirim, Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, vol. 31, n. 1, p. 79–93, 2009.

ROCHA, S.M. **Macroinvertebrados Bentônicos como indicadores de poluição na Represa do Guarapiranga - SP**. 1999. 178f. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública – USP, São Paulo, 1999.

RODRIGUES, F.M.S. **Abundância das formas imaturas de *Psaroniocompsa incrustata* (Lutz, 1910) (Diptera: Simuliidae) em um criadouro natural no rio Pium/RN, e sua fauna associada**. 2006. 85f. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

ROQUE, F.O. *et al.* Benthic macroinvertebrates in streams of the Jaragua State Park (Southeast of Brazil) considering multiple spatial scales. **Journal of Insect Conservation**, vol. 7, p. 63-72, 2003.

ROQUE, F.O. *et al.* Using environmental and spatial filters to explain stonefly occurrences in southeastern Brazilian streams: implications for biomonitoring. **Acta Limnologica Brasiliensi**, vol. 20, n.1, p. 35-44, 2008.

ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. London: Chapman and Hall, IX+488p., 1993.

ROXBURGH, S.H.; SHEA, K.; WILSON, J.B. The Intermediate Disturbance Hypothesis: patch dynamics and mechanisms of species coexistence. **Ecology**, vol. 85, n. 2, p. 359-371, 2004.

SAMPAIO, M.V. *et al.* Deterioração físico-conservacionista da sub - bacia hidrográfica do Rio Ibicuí-Mirim – RS. **Ciência & Agrotecnologia**, vol. 34, n. 2, p. 300-306, 2010.

SANDIN, L.; JOHNSON, R.K. Local, landscape and regional factors structuring benthic macroinvertebrate assemblages in Swedish streams. **Landscape Ecology**, vol. 19, p. 501-514, 2004.

SANSEVERINO, A.M.; NESSIMIAN, J.L.; OLIVEIRA, A.L.H. A fauna de Chironomidae (Diptera) em diferentes biótopos aquáticos na Serra do Subaio (Teresópolis, RJ). pp. 253-263. *In*: Nessimian, J.L. & A.L. Carvalho (Eds)- **Ecologia de insetos aquáticos**. Series Oecologia Brasiliensis, vol. 5. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, 1998.

SHURIN, J.B. *et al.* Local and regional zooplankton species richness: a scale- independent test for saturation. **Ecology**, vol. 81, p. 3062-3073, 2000.

SIEGLOCH, A.E.; FROEHLICH, C.G.; KOTZIAN, C.B. Composition and diversity of Ephemeroptera (Insecta) nymph communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, southern Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, vol. 98, n. 4, p. 425-432, 2008.

SILVA, F.L. *et al.* Diversity and abundance of aquatic macroinvertebrates in a lotic environment in Midwestern São Paulo State, Brazil. **Ambi-Água**, vol. 4, n. 1, p. 37-44, 2009.

SILVEIRA, M.P. *et al.* Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a Southeastern Brazilian river. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 66, n. 2b, 2006.

SIMBERLOFF, D. Properties of the rarefaction diversity measurement. **American Naturalist**, vol. 106, p. 414-418, 1972.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**. W.H. Freeman & Company, New York: 887 p., 1995.

SPIES, M.R.; FROEHLICH, C.G.; KOTZIAN, C.B. 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, Série Zoologia**, vol. 96, n. 4, p. 389-398, 2006.

SPIES, M.R.; FROEHLICH, C.G. Inventory of caddisflies (Trichoptera: Insecta) of the Campos do Jordão State Park, São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, vol. 9, n. 4, 2009.

STRIEDER, M.N.; SANTOS, J.E.; VIEIRA, E.M. Distribuição, abundância e diversidade de Simuliidae (Diptera) em uma bacia hidrográfica impactada no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, vol. 50, n. 1, p. 119-124, 2006.

SUGA, C. M.; TANAKA, M.O. Estrutura de comunidades de macroinvertebrados num gradiente de riachos em diferentes estados de conservação, no sudeste brasileiro. *In*: VI São Carlos: Ambiente. Anais de Eventos da UFSCar, v. 5, 2009.

TAKEDA, A.M.; BÜTTOW, N.C.; MELO, S.M. Zoobentos do canal Corutuba- MS (Alto do Rio Paraná- Brasil). **Revista Unimar**, vol. 13, n. 2, p. 353-364, 1991.

TAKEDA, A.M., PEREIRA, M.C.F., BARBOSA, F.A.R. Zoobenthos survey of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. *In*: WILLINK, P.W., CHERNOFF, B., ALONSO, L.E., MONTAMBAULT, J.R. & LOURIVAL, R. **A Biological assessment of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Rap Bulletin of Biological Assessment, 18. Washington, DC: Conservation International, 2000.

TER BRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P. **CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide**: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, 500p., 2002.

TITEUX, N. *et al.* Multivariate analysis of a fine-scale breeding bird atlas using a geographical information system and partial canonical correspondence analysis: environmental and spatial effects. **Journal of Biogeography**, vol. 31, p. 1841-185, 2004.

TOMANOVA, S.; GOITIA, E.; HELESIC, J. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. **Hydrobiologia**, vol. 556, p. 251-264, 2006.

TOWNSEND, C.R.; HILDREW, A.G.; FRANCIS, J. Community structure in some southern English streams: the influence of physicochemical factors. **Freshwater Biology**, vol. 13, p. 521-544, 1983.

TOWNSEND, C.R.; SCARSBROOK, M.R. The intermediate disturbance hypothesis, refugia, and biodiversity in streams. **Limnology and Oceanography**, vol. 42, n.5, p. 938-949, 1997.

TREVISAN, A.; HEPP, L.U.; SANTOS, S. Abundância e distribuição de Aeglidae (Crustacea: Anomura) em função do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Jacutinga, Rio Grande do Sul, Brasil. **Zoologia**, vol. 26, n. 3, p. 419-426, 2009.

VAN DEN WOLLENBERG, A.L. Redundancy analysis, an alternative for canonical correlation analysis. **Psychometrika**, vol. 42, p. 207 – 219, 1977.

VANNOTE, R.L. *et al.* The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, vol. 37, p. 130-137, 1980.

VINSON, M.R.; HAWKINS, C.P. Biodiversity of stream insects: Variation at Local, Basin, and Regional Scales. **Annual Review of Entomology**, vol. 43, p. 271-93, 1998.

VUORI, K-M.; I.L. JOENSUU. Impact of forest drainage on the macro invertebrates of a small boreal headwater stream: do buffer zones protect lotic biodiversity? **Biological Conservation**, vol. 77, p. 86-95, 1996.

WARD, D.; HOLMES, N.; JOSÉ, P. **The New Rivers and Wildlife Handbook**. Bedfordshire: RSPB, NRA and The Wildlife Trusts, 426 p., 1995.

WIGGINS, G.B.; MACKAY, R.J. Some relationships between systematics and trophic ecology in Nearctic aquatic insects, with special reference to Trichoptera. **Ecology**, vol. 59, n. 6, p. 1211-1220, 1978.

WILCOX, D. A.; MEEKER, J. E. Implications for faunal habitat related to altered macrophyte structure in regulated lakes in northern Minnesota. **Wetlands**, vol. 12, n. 3, p. 192-203, 1992.

WU, D.; LEGG, D. Structures of benthic insect communities in two southeastern Wyoming (USA) streams: similarities and differences among spatial units at different local scales. **Hydrobiologia**, vol. 579, p. 279-289, 2007.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora Prentice-Hall do Brasil Ltda., 663 p., 1999.

## ANEXO

ANEXO 1: Tabela de macroinvertebrados bentônicos coletados em cada ponto das microbacias do Rio Vacacaí-Mirim (VM), em agosto de 2008, e nos rios Ibicuí-Mirim (IB) e Tororaipí (TR), em agosto de 2009, em Santa Maria e Mata, RS.

TÁXONS		VM1	VM2	VM3	VM4	IB1	IB2	IB3	IB4	TR1	TR2	TR3	TR4	Total
DugesIIDae	Dug	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Nematoda	Nem	1	2	3	1	0	18	11	0	11	0	0	7	54
<i>Anisancylus obliquus</i>	Ani	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
<i>Lymnaea</i>	Lym	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Biomphalaria</i>	Bio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
Alluroididae	All	0	5	2	0	12	8	4	2	4	2	0	21	60
Enchytraeidae	Enc	0	1	0	0	0	2	1	2	0	2	0	14	22
Naididae	Nai	60	159	207	891	0	52	0	5	1	0	1	14	1390
Tubificidae	Tuf	0	31	95	0	0	2	10	11	0	1	0	3	153
Hirudinea	Hir	0	0	20	21	1	16	4	2	0	0	0	0	64
<i>Americabaetis</i>	Ame	39	273	4	1	1	67	62	14	18	3	12	12	506
<i>Apobaetis</i>	Apo	0	0	0	0	0	0	3	9	0	20	4	18	34
<i>Baetodes</i>	Bae	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	7
<i>Callibaetis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Camelobaetidius</i>	Cam	335	48	0	0	0	5	4	0	1	0	4	0	397
<i>Cloeodes</i>	Clo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
<i>Cryptonympha</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Paracloeodes</i>	Par	13	90	10	0	0	3	27	13	12	19	12	145	344

<b>TAXONS</b>		<b>VM1</b>	<b>VM2</b>	<b>VM3</b>	<b>VM4</b>	<b>IB1</b>	<b>IB2</b>	<b>IB3</b>	<b>IB4</b>	<b>TR1</b>	<b>TR2</b>	<b>TR3</b>	<b>TR4</b>	<b>Total</b>
<i>Farrodes</i>	Far	1	6	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	12
<i>Hagenulopsis</i>	Hag	0	4	0	0	0	2	1	0	0	0	4	0	11
<i>Thraulodes</i>		0	1	0	0	2	0	5	0	0	0	0	0	8
<i>Traverhyphes</i>	Tra	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tricorythodes</i>	Tod	0	10	0	0	0	0	4	4	3	0	0	18	39
<i>Tricorythopsis</i>	Top	123	7	0	0	0	3	5	1	26	0	0	0	165
<i>Caenis</i>	Cae	28	47	1	0	1	4	38	2	16	2	8	2	149
<i>Gripopteryx</i>	Gri	0	5	0	0	0	74	13	1	5	1	0	0	99
<i>Paragripopteryx</i>	Pgr	250	47	0	0	0	2	2	3	196	9	7	0	516
<i>Tupiperla</i>	Tup	85	38	0	0	1	1	0	0	54	2	8	0	189
<i>Anacroneuria</i>	Ana	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
<i>Hetaerina</i>	Het	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
<i>Argia</i>	Arg	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Coenagrionidae NI	Cni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
<i>Progomphus</i>	Pro	0	0	0	0	2	0	1	1	2	0	6	0	12
<i>Perithemis</i>	Per	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Vellidae	Vel	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Buenoa</i>	Bue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
<i>Corydalus</i>	Cor	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Berosus</i>	Ber	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	0	5
<i>Cylloepus app.</i>	Cyl	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Heterelmis</i>	Her	52	9	0	0	0	0	0	0	7	0	3	0	71
<i>Microcylloepus</i>	Mic	38	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	47
<i>Neoelmis</i>	Neo	5	5	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	14





TÁXONS		VM1	VM2	VM3	VM4	IB1	IB2	IB3	IB4	TR1	TR2	TR3	TR4	Total
<i>Parachironomus</i> sp. 1		0	0	9	23	2	0	0	1	0	1	0	1	37
<i>Parachironomus</i> sp. 2	Pch	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	10
<i>Paralauterborniella</i>	Pla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Paratanytarsus</i>	Pta	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Paratendipes</i>	Pte	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Phaenospsectra</i>	Pha	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4
<i>Polypedilum (polypedilum)</i> sp. 1		0	59	8	14	2	60	50	10	10	8	22	7	250
<i>Polypedilum (polypedilum)</i> sp. 2	Pol	2	47	0	70	0	78	14	7	85	2	8	11	324
<i>Polypedilum (Tripodura)</i>		0	0	0	0	0	5	1	2	0	0	0	0	8
<i>Polypedilum fallax</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Pseudochironomus</i> ?	Pcr	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	7
<i>Rheotanytarsus</i> sp. 1	Rhe	10	9	5	42	7	1	2	2	48	24	10	1	161
<i>Stenochironomus</i>	Ste	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	7
<i>Tanytarsini Género B</i>	Tab	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
<i>Tanytarsini Género C</i>	Tac	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	2	8
<i>Tanytarsini Género D</i>	Tad	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Tanytarsus</i>	Tan	0	18	0	0	0	0	0	0	7	3	2	4	34
<i>Tanytarsus rhabdomantis</i>		0	0	0	0	2	0	0	1	7	1	0	1	12
<i>Tribelus</i> sp.2	Tri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Xestochironomus</i>	Xes	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>Ablabesmyia (karelia)</i>	Abl	0	0	22	45	0	5	2	2	0	2	4	3	85
<i>Antillocladius</i>	Ant	5	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	9
<i>Djalmabatista pulcher</i>	Dja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Fittkauimyia</i>	Fit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2

TAXONS		VM1	VM2	VM3	VM4	IB1	IB2	IB3	IB4	TR1	TR2	TR3	TR4	Total
<i>Gen et sp. indet. A</i>	GnA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Larsia</i>	Lar	0	0	0	17	1	0	0	0	7	1	2	0	28
<i>Pentaneura</i>	Pen	0	2	0	23	5	6	14	2	0	4	2	17	75
<i>Tanypus punctipennis</i>	Tap	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25
<i>Thienemannimyia</i> (grupo)	Thi	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Cardiocladius</i> (?)	Car	10	0	0	3	0	19	0	0	22	2	0	0	56
<i>Corynoneura</i> sp. 1		14	20	4	0	2	0	0	2	0	3	0	2	47
<i>Corynoneura</i> sp. 2	Cry	0	2	5	3	0	0	0	3	0	0	2	0	15
<i>Cricotopus</i> sp. 1		118	55	496	110	0	133	155	8	253	3	45	0	1376
<i>Cricotopus</i> sp. 2	Cto	38	31	166	3	24	108	45	3	490	0	22	0	930
<i>Gen et sp. indet B</i>	GnB	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	3
<i>Gen et sp. indet C</i>	GnC	0	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	9
<i>Lopescladius</i>	Lop	24	13	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	44
<i>Nanocladius</i>	Nan	0	0	9	11	0	0	0	3	0	2	2	1	28
<i>Paracladius</i>		0	5	0	31	13	20	16	5	183	13	13	1	300
<i>Paracladius aff.sp. A</i>	Pcl	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
<i>Parameotricnemus</i>	Pme	40	101	0	3	0	32	5	0	105	5	2	0	293
<i>Procladius</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Procladius</i> (?) sp.2	Pcd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>prox. Cricotopus</i>	Pct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>prox. Nanocladius</i>	Pna	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Rheocricotopus</i>	Rho	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Thienemanniella</i> sp. 1		0	4	13	6	2	1	0	0	0	0	5	0	31
<i>Thienemanniella</i> sp. 2	Thn	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4

TÁXONS		VM1	VM2	VM3	VM4	IB1	IB2	IB3	IB4	TR1	TR2	TR3	TR4	Total
<i>Thienemanniella</i> sp. 3		0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
<i>Gen et sp. indet. D</i>	GnD	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Gen et sp. indet. E</i>	GnE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Chaoboridae	Cha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Psychodidae	Psy	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Tipulidae	Tip	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
Tabanidae	Tda	11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	12
Sciomyzidae	Sci	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Leucotrichia</i>	Leu	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Hydroptila</i>	Hyp	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Metrichia</i>	Met	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
<i>Nectopsyche</i>	Nec	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	0	5
<i>Smicridea</i>	Smi	98	19	0	0	1	21	1	0	3	0	0	0	143
Nymphulinae	Nym	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Aegla</i>	Aeg	10	13	0	0	0	0	0	7	5	1	0	0	36
<b>Abundância</b>		1511	2253	1278	1491	86	881	538	213	1908	146	247	434	10985
<b>Riqueza</b>		39	48	30	30	21	38	41	42	42	35	40	42	129