

INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE FAMÍLIAS DE INSETOS AQUÁTICOS EM RIOS NO SUL DO BRASIL

VANESSA DOS ANJOS BAPTISTA¹;
MICHELLE BICALHO ANTUNES³;
ALCEMAR RODRIGUES MARTELLO²;
NÍCOLAS DE SOUZA BRANDÃO FIGUEIREDO³;
ALINE MONIQUE BLANK AMARAL³;
ELISANGELA SECRETTI³; BRUNA BRAUN³

Introdução

O foco da conservação da ciência está se movendo de proteção de espécies individuais e áreas protegidas isoladas (POIANI *et al.*, 2000) para conservação de comunidades inteiras dentro de regiões (CHANDY *et al.*, 2006). Para isso, torna-se necessário conhecer a estrutura das comunidades e como elas são influenciadas por fatores abióticos, em escalas diferentes (regionais e locais), tanto em um trecho de um único rio, quanto em microbacias, visando entender a dinâmica das comunidades na bacia como um todo.

As comunidades de macroinvertebrados podem ser influenciadas tanto por variáveis relacionadas à escala espacial local (e.g. substrato, características químicas da água, condições do habitat) ou regional (latitude, bioma, continente) (VINSON & HAWKINS, 1996), assim como por escalas temporais (BROSSE *et al.*, 2003), sofrendo interferência das variáveis bióticas e abióticas e por suas interações, as quais determinam a estrutura da comunidade que se estabelece. Qualquer alteração em um desses fatores pode interferir na composição e distribuição dos organismos aquáticos (WEIGEL *et al.*, 2003).

1. Professora, Departamento de Biologia, URI, Campus de Santiago, Av. Batista Bonoto Sobrinho, 733, 97700-000, Santiago, RS. vanessaipp@gmail.com.

2. Professor adjunto, Departamento de Biologia, UNESPAR, Campus de União da Vitória, Praça Coronel do Amazonas, s/n, 84600-000, União da Vitória, PR. armartello@hotmail.com.

3. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS. michelleantunes@gmail.com; figueiredonsb@gmail.com; nineblank@hotmail.com; e-secretti@hotmail.com; brumbraun@gmail.com.

Estudos conduzidos em diferentes ordens de rios mostram que não só a composição e a riqueza aumentam da nascente à foz de um rio, mas também a largura, a profundidade, a temperatura e também a produção/respiração, variáveis que influenciam diretamente a distribuição e composição de macroinvertebrados (VANNOTE *et al.*, 1980; JACOBSEN, 2004).

No entanto, Statzner & Higler (1986) e Statzner *et al.* (1988) sustentam a ideia de que o estresse hídrico, associado com a geomorfologia do leito, é o principal fator de estruturação das comunidades lóticis, e que esses fatores nem sempre variam de uma forma previsível longitudinalmente, não havendo assim a possibilidade de se encontrar um padrão na distribuição de macroinvertebrados da nascente a foz. Cornell (1999) defende que processos em escalas regionais (biogeográficos) e históricos (evolutivos) são provavelmente mais importantes do que as interações entre as espécies.

Em um estudo realizado no Norte do Equador, em quatro microbacias, verificou-se que quando as comunidades de insetos aquáticos são analisadas ao longo de um gradiente longitudinal, baseado em zonas altitudinais, a identificação ao nível de família responde melhor a pergunta, já que a mesma família de inseto aquático pode ocorrer em diferentes regiões, com influências distintas de fatores abióticos. O mesmo não é verificado para espécies, que apresentam alta rotatividade em faixas mais amplas (JACOBSEN, 2004). A utilização do nível de família para identificações taxonômicas também pode reduzir erros de identificações, problemas de subamostragem e aumentar a confiabilidade e robustez dos padrões revelados em gradientes longitudinais e ambientais, independentes de regiões (RAHBK, 1995). Além disso, em estudos realizados na França (BOURNAUD *et al.*, 1996), na Dinamarca (JACOBSEN & FRIBERG, 1997) e na Grã-Bretanha (WRIGHT *et al.*, 1998) verificou-se que a riqueza de famílias de insetos aquáticos é altamente correlacionada com a riqueza de espécies.

No Brasil, estudos sobre a diversidade das comunidades de macroinvertebrados bentônicos em ambientes lóticos geralmente têm enfocado composição e distribuição espacial em escala local, i.e., abrangendo um trecho de rio ou uma única microbacia (e.g. TAKEDA *et al.*, 1991; BAPTISTA *et al.* 2001; KIKUCHI & UIEDA, 2005; AYRES-PEREZ *et al.*, 2006; BALDAN 2006; HEPP & SANTOS, 2008; NESSIMIAN *et al.*, 2008 e RIBEIRO *et al.*, 2009).

No Rio Grande do Sul, foram realizados apenas quatro estudos ao longo de um gradiente longitudinal: um na bacia do Rio dos Sinos, para a análise da qualidade da água através do biomonitoramento de comunidades de insetos aquáticos em três arroios de segunda ordem (BIEGER *et al.*, 2010); outro em dezesseis arroios sem ordem hidrológica determinada (STRIEDER *et al.*, 2006); em duas microbacias do Rio Jacuí e uma no Ibicuí, em pontos de 1ª a 4ª ordens (SALVARREY *et al.*, 2014) e um na bacia do Rio Ibicuí, em quatro microbacias, em pontos de 1ª a 4ª ordens, para a análise da distribuição das comunidades de moluscos (FREITAS *et al.*, 2011).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é fornecer informações sobre a composição espacial e a estrutura da comunidade de insetos aquáticos ao longo de um gradiente longitudinal (trechos de 1ª a 4ª ordem), em quatro microbacias do Sul do Brasil.

Material e métodos

A bacia do Rio Ibicuí localiza-se no bioma Pampa, na fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul, com 36.397,69 km² de área de drenagem, sendo a maior bacia da Região Hidrográfica do Uruguai (www.comiteibicui.com.br – acesso em 07.04.2012). A área de estudo abrange duas das três unidades morfológicas em que a bacia do Rio Ibicuí está inserida: Planalto da Serra Geral; Depressão Central e os Campos, que dominam esse espaço com a exceção de matas ciliares ao longo dos rios (LETURCQ *et al.*, 2012).

A bacia do Rio Ibicuí está localizada sobre partes de recargas diretas, indiretas e de confinamento do Aquífero Guarani. É caracterizada por uma vegetação composta por gramíneas, plantas rasteiras e algumas árvores e arbustos encontrados próximos a cursos d'água, em relevo de planície (MARCHIORI, 2002).

O clima predominante na região é subtemperado, com estações bem definidas e temperatura média anual de 18,1°C a 22°C, sendo 13°C a temperatura média do mês mais frio. As chuvas são bem distribuídas e alcançam valores anuais superiores a 1.400 mm (MALUF, 2000). Considerando esse balanço hídrico, a região está incluída entre as classes climáticas úmida e subúmida (MALUF, 2000).

A base econômica da região é a agricultura, destacando-se o cultivo de arroz irrigado, que constitui o principal uso da água (90% do uso das águas superficiais). A qualidade da água é afetada principalmente pela falta de tratamento de esgotos domésticos e industriais, com pesada descarga de matéria orgânica. Complementarmente à agricultura, existem a pecuária e a extração de areia (www.comiteibicui.com.br – acesso em 07.04.2012).

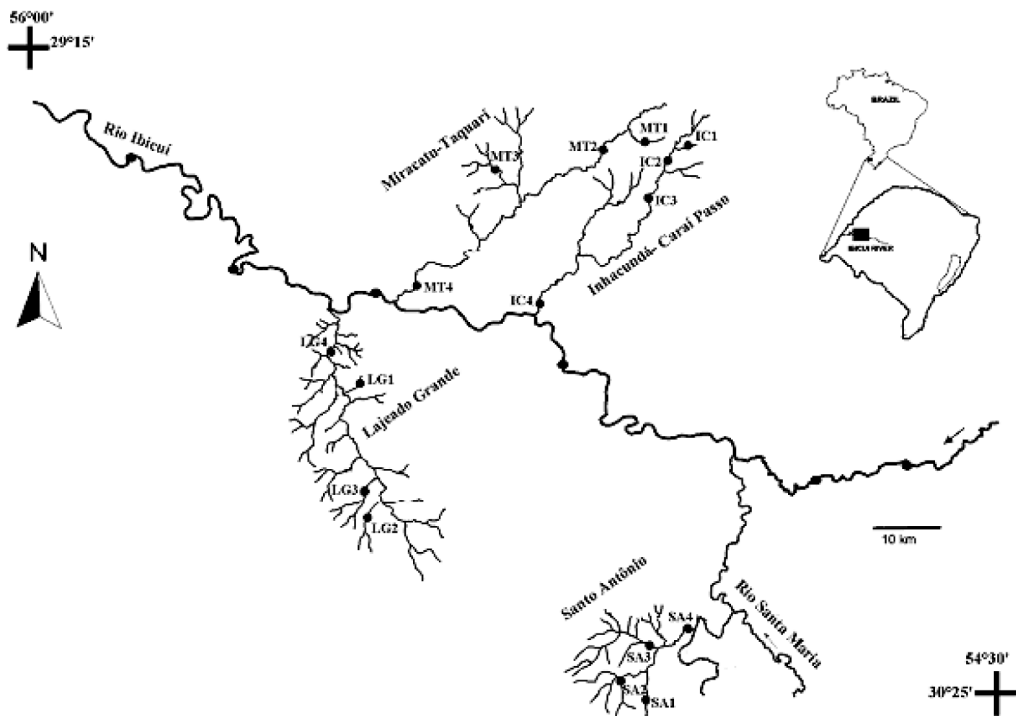
Locais de coleta

As coletas foram realizadas em oito locais, nas quatro microbacias pertencentes a bacia do Rio Ibicuí: Inhacundá-Caraí Passo (IC), Miracatu-Taquari (MT), Lajeado Grande (LG) e Sanga Santo Antônio (SA) (Figura 1). As microbacias MT e IC localizam-se ao Norte do leito principal, com as maiores altitudes atingindo 285 m a 358 m e as menores altitudes 145 m e 77 m, respectivamente. As microbacias LG e SA localizam-se ao Sul do Rio Ibicuí, com altitudes que variam de 48 a 161 m e 36 m a 98 m, respectivamente (Tabela 1). A distância linear mais longa é de 81 km entre os pontos SA1 e MT1, e a mais próxima apresenta 7 km entre os pontos MT1 e IC1.

Em cada microbacia, foram amostrados trechos de 1^a, 2^a, 3^a e 4^a ordens, com duas replicações que foram reunidas em uma única amostra, devido ao N baixo de insetos aquáticos em cada réplica, sendo quatro locais de coleta por microbacia, totalizando 16 locais de amostragem.

Para cada local, foram medidos fatores ambientais, como: coordenadas geográficas (UTM) e altitude (m) com auxílio de GPS, sombreamento, largura do rio, presença de macrófitas aquáticas e uso da terra, com auxílio de cartas topográficas (Tabela 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo com as quatro microbacias estudadas, e locais de amostragem, no curso médio do Rio Ibicuí, RS, Brasil.



Amostragem e identificação

As coletas foram realizadas nos meses de abril e maio de 2010. Em cada local, os macroinvertebrados foram coletados com auxílio de um amostrador do tipo Surber com área de 30 cm x 30 cm. Os indivíduos coletados foram preservados em álcool etílico a 70%, em potes plásticos devidamente etiquetados, e levados ao laboratório para análise. No laboratório, os indivíduos foram contados e identificados até o nível taxonômico de família, com auxílio de bibliografia especializada (MERRIT & CUMMINS, 1996; BORROR & DELONG, 2005; DOMÍNGUES & FERNÁNDEZ, 2009; MARIANO & FROELICH, 2010).

Fatores abióticos também foram verificados, tais como: temperatura do ar (°C), temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), velocidade da água (m/s), pH, condutividade elétrica (μ S), com auxílio de termômetro, oxímetro, peagâmetro e condutivímetro, *in situ*. Além dessas variáveis, também foram analisadas concentração de Ca e Fe (mg/L), demanda bioquímica de oxigênio (mg/L), demanda química de oxigênio (mg/L). As análises de sólidos dissolvidos e de demandas química e bioquímica de oxigênio foram realizadas no Laboratório de águas rurais da UFSM.

Para o tratamento granulométrico dos sedimentos, utilizou-se o método de peneiramento, baseado na escala granulométrica de Wentworth.

Análises estatísticas

A variação entre os fatores ambientais (temperatura do ar e da água, oxigênio dissolvido, Cálcio, Ferro, demanda bioquímica e química de oxigênio, altitude, velocidade da água, pH, condutividade elétrica e granulometria) entre diferentes ordens dos rios e entre as diferentes microbacias foi verificada através de uma Análise de variância (Anova).

Para verificar a existência de diferença significativa entre a abundância de insetos aquáticos, entre as diferentes ordens dos locais de amostragem e também para a riqueza foi realizada uma Análise de Variância (Anova). O mesmo foi feito para verificar a existência de diferença significativa para abundância e riqueza nas comunidades de insetos aquáticos entre as diferentes microbacias.

Para avaliar se as comunidades que habitam as diferentes ordens são similares ou se a similaridade é maior entre as microbacias foi realizada uma análise de ordenação. Como método de ordenação foi utilizado o escalonamento multidimensional não métrico (NMDS: *nonmetric multidimensional scaling*). Nossa medida de dissimilaridade foi o índice de Bray-Curtis (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998).

A CCA foi utilizada para detectar o quanto da variabilidade na composição taxonômica é explicada pelas variáveis ambientais analisadas (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). Para a fração espacial, foram utilizadas as coordenadas x e y (UTM) dos locais de coleta. Para transformar as coordenadas geográficas em uma matriz de distância euclidiana, foi feita uma Análise de Coordenadas Principais de Matrizes Vizinhas (PCNM) (BORCARD *et al.*, 2002). A covariável espacial foi utilizada como matriz espacial na CCA, através do procedimento de seleção (*forward stepwise*) manual de variáveis, pelo qual apenas a variável com incremento significativo na explicabilidade do modelo são adicionadas ($p < 0,05$ pelo teste de permutações de Monte Carlo com 999 randomizações).

Os dados bióticos foram logaritimizados [$\log_{10}(x+1)$], e os dados ambientais (temperatura da água, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio, altitude, velocidade da água, condutividade, largura do rio e granulometria) foram transformados (pela raiz quadrada) e padronizados (pelo desvio padrão).

A logaritimização 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., μS para condutividade elétrica e mg/L para oxigênio dissolvido) (CLARKE & GORLEY, 2006).

Após o resultado da CCA, foi aplicada a partição de variância, com a finalidade de identificar qual a porcentagem de variação dos fatores ambientais, espaciais e fatores ambientais com influência espacial interferiram na estrutura da comunidade de insetos aquáticos (BORCARD *et al.*, 2002).

Resultados

Dentre os fatores ambientais analisados (Tabela 1), apenas quatro apresentaram uma variação significativa entre as microbacias e um fator variou entre as ordens dos rios. A temperatura do ar variou entre a microbacia MT e SA (Anova, $F_{(3,12)} = 3545$, $p=0.040$). A temperatura da água variou entre as microbacias LG e SA (Anova $F_{(3,12)} = 5.884$, $p=0.019$) e entre as microbacias MT e SA (Anova $F_{(3,12)} = 5.884$, $p=0.014$). A quantidade de Fe variou entre as microbacias SA e IC, LG e MT (Anova $F_{(3,12)} = 24,658$, $p=0,001$). A demanda bioquímica de oxigênio variou entre IC e LG (Anova $F_{(3,12)} = 5,759$, $p=0,011$). Não foi verificada diferença significativa entre os fatores analisados e as ordens dos rios, exceto o fator areia muito fina que variou entre a 4ª ordem e as demais (Anova $F_{(3,12)} = 7,312$, $p= 0,011$ com a 1ª ordem; $p= 0,040$ com a 2ª ordem; $p= 0,006$ com a 3ª ordem).

Foram coletados 9.135 indivíduos, distribuídos em 26 famílias de insetos aquáticos. A microbacia com o maior número de famílias foi a Inhacundá-Caraí Passo (IC), com 24 famílias de insetos aquáticos, seguida por Miracatu-Taquari (MT), com 21 famílias, Lajeado Grande (LG), com 15 famílias e Santo Antônio (SA), com dez famílias. Não foi verificada diferença significativa para a riqueza entre as microbacias (Anova, $F_{(3,12)} = 2,805$, $p = 0,085$) nem para a abundância (Anova, $F_{(3,12)} = 1,095$, $p>0,05$).

Quando os fatores analisados foram a riqueza e a abundância das comunidades de insetos aquáticos entre as ordens, também não foram verificadas diferenças significativas (Anova, $F_{(3,12)} = 2,244$, $p>0,05$) e (Anova, $F_{(3,12)} = 2,522$, $p>0,05$), respectivamente. A única família de inseto aquático que ocorreu em todos os locais amostrados foi Chironomidae, seguida por Baetidae, que só não ocorreu em um único local. Outras famílias de insetos aquáticos também tiveram representatividade, como Elmidae, que ocorreu em 11 dos 16 locais amostrados, Calopterygidae e Hidropsychidae que ocorreram, exatamente, em metade dos locais amostrados (Tabela 2).

Tabela 1. Fatores abióticos dos locais de amostragem e caracterização das microbacias do Rio Ibicuí: Santo Antônio (SA1, SA2, SA3 e SA4), Lajeado Grande (LG1, LG2, LG3 e LG4), Inhacundá-Caraí Passo (IC1, IC2, IC3 e IC4) e Miracatu-Itaquari (MT1, MT2, MT3 e MT4)

	SA1	SA2	SA3	SA4	LG1	LG2	LG3	LG4	MT1	MT2	MT3	MT4	IC1	IC2	IC3	IC4
Ordem hidrográfica	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Altitude (m)	98	36	98	96	93	161	117	48	297	145	149	285	358	230	166	77
Sombra (%)	0	0	0	100	0	0	100	0	100	50	100	50	0	50	50	0
Largura (m)	5	2	4	7	3	3	3	12	1	5	6	14	1,5	6	8,5	12
Macrófitas	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
Uso da terra	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação	Pastagem Plantação
Latitude (UTM)	6642825 73	6643478 12	6644855 86	6648485 47	6710761 51	6689646 91	6696356 83	6715961 89	6746917 9	6738186 9	6744453 9	6725936 7	6747653 7	6744041 3	6744041 3	6725219 4
Longitude (UTM)	692813 29	690551 1	692600 76	696349 84	643534 77	645577 69	645990 46	640353 84	686713 62	664692 57	663651 56	652730 11	692593 91	686592 33	687169 29	671072 46
Temp. ar (°C)	16,5	16,5	16	17	22	20	22	28	29	24	16,5	32	19	22	23	17
Temp. água (°C)	16,8	16	16	13	21	21	16	23	19	20	21	22	19	20	17,5	20
OD (mg/L)	5,7	7,4	7,16	6,7	6,64	6,43	8,17	5,9	6,96	8,79	7,5	6,7	7,8	8,49	8,96	5,72
Ca (mg/L)	0,9	2,32	7,29	1,29	1,74	0,02	0,02	2,06	0,77	0,84	1,74	0,8	9,1	1,16	4,65	0,77
Fe (mg/L)	1,57	1,94	0,91	0,89	0,03	0,09	0,04	0,04	0,02	0,02	0,01	0,12	0,02	0,02	0,01	0,03
DBO (mg/L)	5	1	8	4	1,75	2	3	3,5	3	4	5,5	4,5	6	8,2	7	11
DQO (mg/L)	14	61	254	195	0,9	37	8	28	4	2	40	18	23	34	37	142
Vel. Água (m/s)	0,3	0,2	0,17	0,17	0,16	0,18	0,28	0,17	0	0,4	0	0,4	0,24	0,11	0,4	0,31
pH	6,68	7,2	7,32	7,35	6,12	6,62	7,06	6,92	7,25	6,8	7,13	6,42	6	6,92	6,82	6,82
CE (µS)	16,46	34,23	91,31	46,85	20,67	11,48	11,38	24,46	190,04	20,25	103,5	17,87	26,22	40,28	43,62	18,7
Mateação (%)	0	0	0	0	0	50,95	0	0	33,33	38	64,1	0	61,14	78,2	66,66	0
Calhau (%)	0	0	0	0	0	25,47	5,6	0	4,81	43,25	12,81	0	26,14	8,2	14,26	0
Seixo (%)	50	0	0	0	0	6,11	3,6	0	1,75	0,5	2,5	0	2,6	6,95	1,8	0
Grânulos (%)	6,9	0	0	0,12	0	5,8	4,72	1,33	9,3	0,35	3	0	4,25	4,7	2,6	0
Areia muito grossa (%)	11,85	0,55	1,01	0,12	0	2,16	2,5	3,61	7,4	0,3	3,45	0	2,63	0,8	3	0
Areia grossa (%)	10	1,5	14,1	3,51	0	2,16	6,7	2	4,72	2,2	3,52	0,72	1,7	0,6	5,36	0
Areia fina (%)	13,25	67,07	83,73	83,93	86,85	3,05	72,54	46,85	8,51	10,2	7,75	63,17	0,91	0,4	4,2	70,3
Areia muito fina (%)	3,25	24,18	1,01	11,2	7,8	1,4	2,36	33,5	3,8	4,8	1,72	29,72	0,3	0,05	1,25	22,8
Silte (%)	4,75	6,7	0,15	1,12	5,35	3,1	1,98	12,71	26,38	0,4	1,15	6,39	0,33	0,1	0,87	6,9

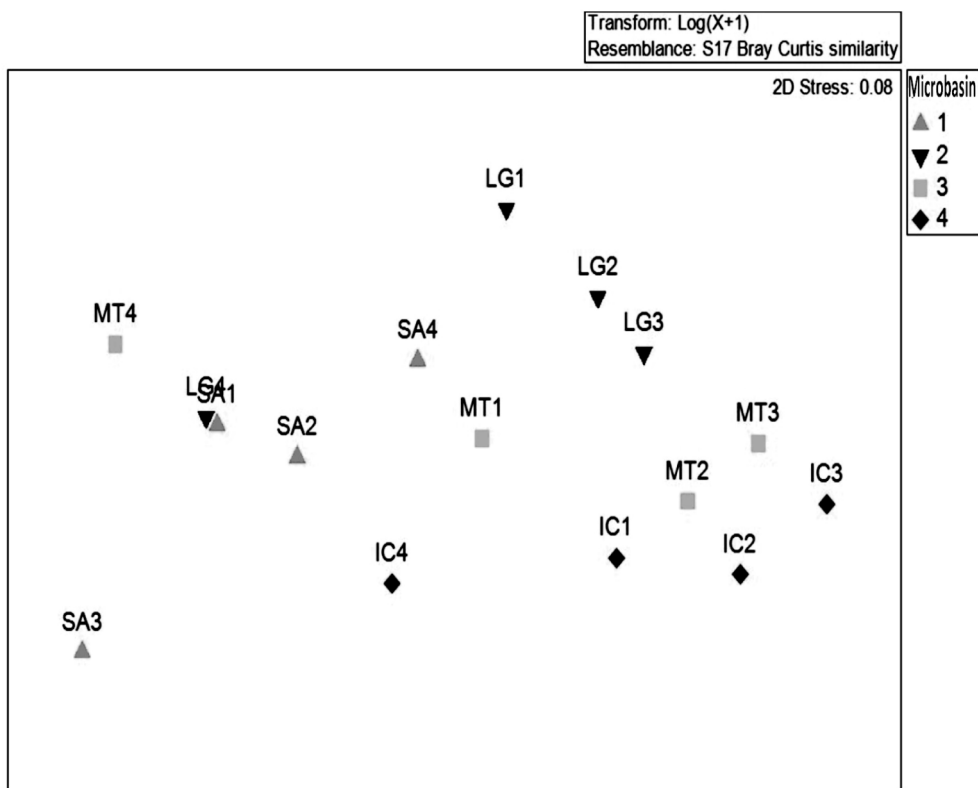
Nota: sombreamento (0= ausente; 50= parcialmente; 100= totalmente); macrófitas (0= ausentes; 1= presentes); Demanda química de oxigênio (DQO), Demanda biológica de oxigênio (DBO), Demanda química de oxigênio (DQO), OD (oxigênio dissolvido), Ca= cálcio, Fe= ferro e CE= condutividade elétrica.

Tabela 2. Abundância e riqueza encontrada nos locais de amostragem nas microbacias Santo Antônio (SA), Lajeado Grande (LG), Miracatu-Taquari (MT) e Inhaçundá-Caraí Passo (IC)

Ordem	Família	Abreviação	SA1	SA2	SA3	SA4	LG1	LG2	LG3	LG4	MT1	MT2	MT3	MT4	IC1	IC2	IC3	IC4	Total
Collembola	Osotomidae	Osot	0	0	0	0	19	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	23
Ephemeroptera	Caenidae	Caen	0	1	0	0	0	0	0	0	10	15	26	0	8	76	40	11	187
	Leptohyphidae	Leptoh	0	0	0	0	12	0	15	0	325	0	0	5	45	104	0	465	
	Leptophlebiidae	Leptop	0	0	0	0	0	0	1	0	2	20	247	0	3	15	74	0	362
	Tricorythidae	Tric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
	Baetidae	Baet	1	4	1	42	17	193	89	1	6	42	42	0	6	95	538	1	1078
Odonata	Calopterygidae	Calo	0	0	0	0	2	1	14	0	2	5	5	0	1	0	5	0	35
	Gomphidae	Gomp	0	0	0	0	0	0	8	0	2	1	0	0	3	3	11	0	28
	Cordullidae	Cord	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	1	0	9
	Coenagrionidae	Coen	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	7	26	2	39
	Libellulidae	Libe	0	0	0	0	1	0	2	1	4	16	0	0	0	0	1	0	25
Plecoptera	Perlidae	Perl	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	0	1	4	16	0	29
	Grypopterygidae	Gryp	0	0	0	0	0	0	1	0	5	1	2	0	0	0	0	0	9
Megaloptera	Corydalidae	Cory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	7	4	0	15
Trichoptera	Hydroptilidae	Hydt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	17	12	4	0	46
	Philopotamidae	Phil	0	0	0	0	18	0	2	0	0	0	87	0	0	13	71	0	191
	Hidropsychidae	Hidp	0	0	0	5	0	157	20	0	0	5	196	0	3	5	260	0	651
	Polycentropodidae	Poly	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0	17	0	81
Coleoptera	Helicopsychidae	Heli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	115	0	130	
	Dytiscidae	Dyti	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	8
	Elmidae	Elmi	0	1	0	0	1	3	8	0	5	14	16	0	2	11	73	1	135
	Hydrophilidae	Hydr	0	0	2	0	0	0	0	0	0	8	2	0	0	13	8	1	34
	Psephenidae	Psep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	0	25	8	32	0	80
Diptera	Chironomidae	Chir	35	15	2	65	29	1576	198	18	121	916	426	14	364	643	768	149	5339
	Ceratopogonidae	Cera	0	0	0	0	0	1	6	0	1	14	1	0	6	0	67	0	96
	Empididae	Empi	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5
Abundância			37	24	5	116	99	1936	367	20	148	1397	1141	14	445	979	2239	168	9135
Riqueza			3	6	3	6	8	8	14	3	9	16	16	1	14	18	22	7	26

Através da análise de ordenação NMDS, obteve-se um valor de stress igual a 0,08, representando um bom ajuste (KRUSKAL & WISH, 1978), verificando-se um padrão de ordenação entre as microbacias, principalmente na microbacia do Inhaçundá-Caraí Passo e Sanga Santo Antônio e entre os locais de 1^a, 2^a e 3^a ordens das microbacias Lajeado-Grande e Inhaçundá-Caraí Passo. Também se pode observar o mesmo padrão entre as três primeiras ordens da microbacia Inhaçundá-Caraí Passo com os locais de 1^a e 2^a ordem da microbacia Miracatu-Taquari. Os locais de 4^a ordem tendem a ficar separados (Figura 2).

Figura 2: NMDS das microbacias:



Legenda: Sanga Santo Antônio – SA (▲), Lajeado Grande - LG (▼), Miracatu-Taquarí – MT (■) e Inhacundá-Caraí Passo – IC (◆). 1ª ordem= SA1, LG1, MT1 e IC1; 2ª ordem= SA2, LG2, MT2 e IC2; 3ª ordem= SA3, LG3, MT3 e IC3 e 4ª ordem= SA4, LG4, MT4 e IC4.

Na análise de correspondência canônica (CCA), verificou-se que as famílias de insetos aquáticos são influenciadas por cinco variáveis ambientais (Figura 3A): demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), velocidade da água, calhaus e silte (CCA, $F=2.212$, $p=0.0010$). As famílias influenciadas pela DBO são: Hydrophilidae, Hydroptilidae, Caenidae, Perlidae, Corydalidae, Helicopsychidae e Polycentropodidae. A família influenciada por DQO é Cordullidae, e pela granulometria silte, Baetidae, Chironomidae e Empididae. A velocidade da água influenciou as famílias: Elmidae, Calopterygidae, Grypopterygidae, Libellulidae e Osotomidae. A quantidade de calhaus influenciou as famílias: Philopotamidae, Gomphidae, Ceratopogonidae, Leptophlebiidae e Hydroptilidae.

Através da CCA, quando se relacionam variáveis ambientais com os locais de coleta, ocorreu semelhança com a distribuição das famílias de insetos aquáticos, as vari-

áveis que exercem influência significativa diferem entre as microbacias e nas diferentes ordens dos rios.

O primeiro eixo da CCA evidenciou correlação positiva com a quantidade de silte e velocidade da água e negativa com DQO, DBO e calhau. O segundo eixo mostrou correlação positiva com o silte, DQO e DBO e correlação negativa com o calhau e a velocidade da água. De modo geral, o eixo 1 segregou os pontos de 1ª e 3ª ordens das microbacias IC, LG e MT e toda a microbacia SA. O eixo 2 segregou os pontos de 2ª e 4ª ordens das microbacias IC, LG e MT (Figura 3B).

Com base na análise de partição, verifica-se que apenas 31% dos parâmetros que influenciam a distribuição de insetos aquáticos não foram contemplados neste estudo, e que a distribuição das famílias de insetos aquáticos na bacia do Rio Ibicuí é fortemente influenciada pelas variáveis ambientais analisadas (ambiental= 44%; espacial= 11%; ambiente+espaço= 14%).

Discussão

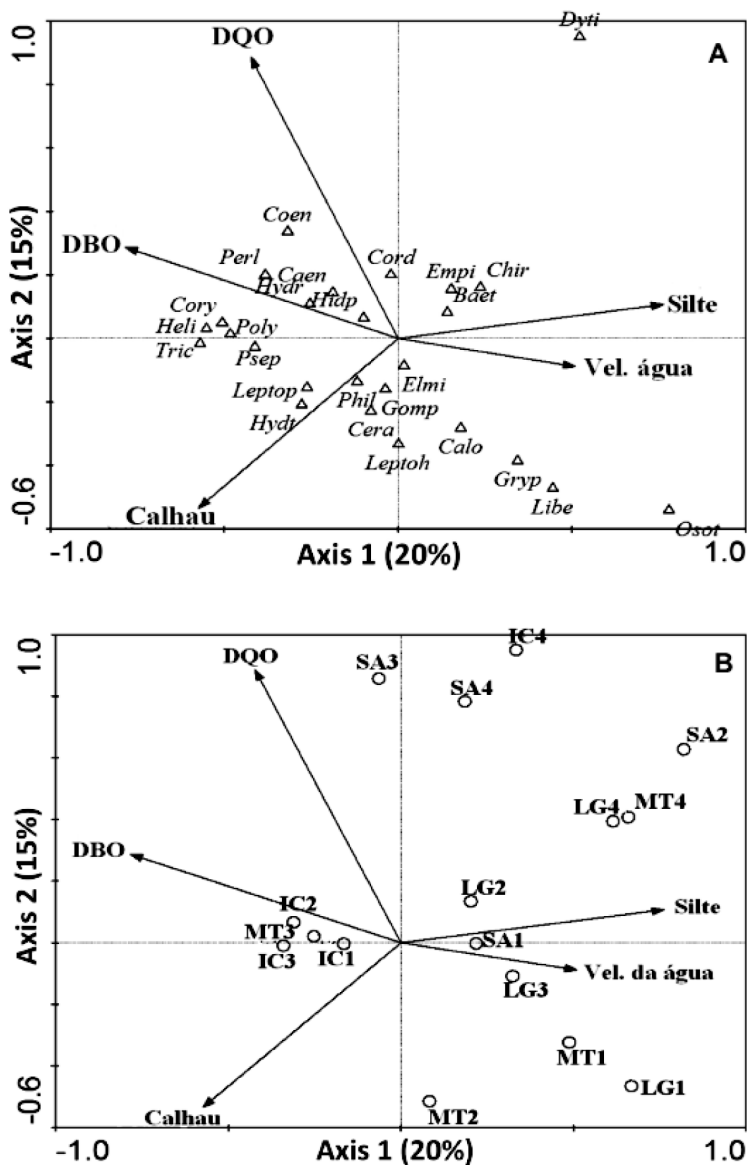
As maiores variações significativas, encontradas para as variáveis ambientais entre as microbacias estudadas, demonstram a necessidade de compreender que os rios de uma mesma bacia sofrem influências diferenciadas, e evidenciam a necessidade de análises em escalas mais amplas, como microbacias e bacias, para inferir sobre a distribuição das comunidades aquáticas. O presente estudo comprova a necessidade de avaliações individuais dos efeitos antrópicos em cada microbacia, sendo prejudicial à tomada de decisões referentes a um corpo hídrico baseadas em estudos realizados em microbacias distintas.

A riqueza de famílias de insetos aquáticos encontrada no presente trabalho é similar à encontrada na bacia do Rio das Antas e bacia do Rio Gravataí, totalizando 25 famílias de insetos aquáticos (BUENO *et al.*, 2003), e na Bacia do Rio Jacutinga, com 27 famílias (HEPP & SANTOS, 2005). Entretanto, a riqueza aqui encontrada é maior que a encontrada na bacia do Rio Pelotas e bacia Antas-Taquari, com 18 famílias (BUCKUP *et al.*, 2007), e menor que a encontrada na bacia do Rio Tigre e bacia do Rio Campo, com 32 famílias (KÖNIG *et al.*, 2008), demonstrando, dessa forma, que a amostragem realizada contempla os resultados encontrados em outros trabalhos, sendo satisfatória para as conclusões obtidas.

A área de estudo está inserida em uma matriz ambiental que se caracteriza por apresentar atividades de agricultura (plantação) e pecuária (pastagem) em toda a sua extensão (Tabela 1). O uso da terra está fortemente relacionado a padrões de ampla escala (geográficos), mas padrões de níveis locais no uso da terra influenciam a química da água e, subsequentemente, assembleias bióticas (e.g. comunidades de invertebrados e peixes) (WILEY *et al.*, 1990; ALLAN *et al.*, 1997; TOWNSEND *et al.*, 1997). A estrutura de comunidade pode ser mais sensível a distúrbios de uso da terra locais do que a processos de ecossistemas que incorporam tanto componentes bióticos quanto abióticos em escalas espaciais mais amplas (SPONSELLER *et al.*, 2001).

A abundância de organismos coletores em todos os locais de amostragem, principalmente Chironomidae, indica um enriquecimento de matéria orgânica no sedimento

Figuras 3A e 3B: 3A) Análise de correspondência canônica com 26 famílias e 24 variáveis ambientais. 3B) Análise de correspondência canônica com 16 locais de coleta e 24 variáveis ambientais.



Legenda: 3A) Osot: Osoptomidae, Caen: Caenidae, Leptoh: Leptohiphidae, Leptop: Leptophlebiidae, Tric: Tricorythidae, Baet: Baetidae, Calo: Calopterygidae, Gomp: Gomphidae, Cord: Cordullidae, Coen: Coenagrionidae, Libe: Libellulidae, Perl: Perlidae, Gryp: Grypoterygidae, Cory, Corydalidae, Hydr: Hydroptilidae, Phil: Philopotamidae, Hidp: Hidropsychidae, Poly: Polycentropodidae, Heli: Helicopsychidae, Dyti: Dytiscidae, Elmi: Elmidae, Hydr: Hydrophilidae, Psep: Psephenidae, Chir: Chironomidae, Cera: Ceratopogonidae e Empi: Empididae. 3B) SA: Santo Antônio (1 a 4= 1ª, 2ª, 3ª e 4ª), LG: Lajeado Grande (1 a 4= 1ª, 2ª, 3ª e 4ª), MT: Miracatu-Taquari (1 a 4= 1ª, 2ª, 3ª e 4ª) e IC: Inhacundá-Caraí Passo (1 a 4= 1ª, 2ª, 3ª e 4ª).

(DÉVAI, 1990). A entrada de matéria orgânica particulada depende do local, da vegetação ripária, enquanto que o regime hidrológico (que afeta a distribuição de sedimento e condições do canal) é um produto do clima regional, geologia e vegetação (ALLAN & JOHNSON, 1997). A família Baetidae é conhecida como uma boa colonizadora e apresenta crescimento rápido (CALLISTO *et al.*, 2001), o que torna possível sua presença em corpos hídricos com diferentes usos da terra.

Tanto as larvas quanto os adultos de Elmidae são comuns em regiões de alta correnteza, ricas em oxigênio (WHITE & BRIGHAN, 1996), podendo esse aspecto explicar sua ocorrência nos locais em que foram encontrados. No presente estudo, Elmidae esteve correlacionado tanto com a velocidade da água, quanto com calhau. Calopterygidae, que também foi comum na área de coleta, é uma família bem distribuída tanto em ambientes temperados quanto tropicais (CÓRDOBA-AGUILAR & CORDERO-RIVERA, 2005). Estudos indicam que as adaptações das larvas mudam com relação a fatores bióticos e abióticos (CORBET, 1999). Hydropsychidae também pode ser considerado de grande tolerância ambiental (BUSS *et al.*, 2002), e ocorre na grande maioria dos estudos realizados com biomonitoramento, como os trabalhos de Biasi *et al.* (2008) e Hepp & Santos (2009).

A microbacia Inhacundá-Caraí Passo foi a que apresentou a maior riqueza, contudo não foi verificada diferença significativa entre o número de famílias desta com as demais microbacias. Na análise de agrupamento verifica-se que esta microbacia separa-se das demais, provavelmente por apresentar os maiores índices de oxigênio dissolvido, velocidade da água, além de um pH próximo a neutro em todos os locais de coleta, e disponibilidade de refúgio, com a presença de matacão e calhau. Valores maiores de abundância e riqueza encontrados em áreas de maior correnteza já vêm sendo amplamente discutidos na literatura (ALLAN & CASTILLO, 1995; UIEDA & GAJARDO, 1996), porque, provavelmente, ambientes com maior correnteza geralmente apresentam maior quantidade de oxigênio e alimentos (MERRITT & CUMMINS, 1996).

Através da NMDS foi demonstrada uma separação entre as microbacias, e entre os trechos de 1ª a 3ª ordem com os de 4ª ordem. Entende-se que componentes de rios e processos podem ser vistos como parte de um sistema interconectado maior (VAN-NOTE *et al.* 1980; CORKUM, 1989). A maioria dos estudos tem suposto, pelo menos implicitamente, que padrões locais são primeiramente determinados por processos locais (PALMER *et al.* 1996).

No presente estudo, não somente locais em trechos de ordens intermediárias propiciariam o estabelecimento de uma abundância maior de organismos, mas também locais em trechos de primeira ordem. Esse padrão poderia ser explicado pela presença de macrófitas aquáticas em todos os pontos de 1ª ordem, sendo que essa vegetação abriga uma comunidade de insetos muito variada e abundante, devido às condições de suporte que fornecem (ROSINE, 1955; GLOWACKA *et al.*, 1976; MASTRANTUONO, 1986).

A separação encontrada para as microbacias deste estudo, também ocorreu na bacia do Rio Yakima, nos Estados Unidos, em 60 pontos distribuídos em trechos de 1ª a 6ª ordem (CARTER *et al.*, 1996). Essa distribuição de espécies correlacionou-se à variabilidade ambiental e não as ordens dos rios (CARTER *et al.*, 1996). O mesmo padrão foi encontrado por Boyero (2003), em duas bacias na região central da Espanha, e

por Donald & Anderson (1977), no Canadá, onde a riqueza variou consideravelmente entre microbacias. Sabe-se que quanto maior é a escala de trabalho, mais heterogêneo é o ambiente (FORMAM & GODRON, 1986), e a heterogeneidade espacial em rios é complexa e evidente quando se analisa múltiplas escalas espaciais (SCHLOSSER, 1991).

Dentre as variáveis ambientais, calhau e silte foram as que influenciaram a distribuição das famílias de insetos aquáticos na bacia do Rio Ibicuí. Estas variáveis estiveram relacionadas às microbacias e não às ordens dos rios. A textura, o grau de compactação, o tamanho da partícula e a área de superfície do sedimento podem atuar na regulação da composição e abundância das espécies (NAKAMURA & KIKUCHI, 1996).

Embora a composição do substrato seja semelhante dentro de cada microbacia, verifica-se que a velocidade da correnteza também varia e é determinante na distribuição das famílias, podendo explicar a necessidade de associação dos insetos aquáticos ao substrato. Obviamente, velocidade da água apresenta uma força física direta aos organismos, mas esta variável também afeta outros fatores dentro do rio como composição do substrato, distribuição de nutrientes, e teor de oxigênio (CORKUM, 1989; WIBERG-LARSEN *et al.*, 2000). Algumas variáveis ambientais como, nutrientes, sedimento e hidrologia são mais influenciadas por características de escala regional, enquanto que outras variáveis são mais controladas na escala local (e.g. a cobertura vegetal em um local) (ALLAN *et al.*, 1997).

Além da importância do substrato como habitat, como abrigo da correnteza e dos predadores (ALLAN & CASTILLO, 1995), a deposição de sedimentos finos, no caso do silte, muitas vezes decorrente de atividades antrópicas, pode ter grandes consequências para os organismos aquáticos (LUEDTKE & BRUSVEN, 1976; NEWCOMBE & MACDONALD, 1991). Em Trichoptera, por exemplo, principalmente para a família Hydropsychidae, o sedimento fino se deposita sobre as redes de capturas desses indivíduos, causando danos e aumentando o gasto energético para a sua manutenção e reconstrução (STRAND & MERRIT, 1997).

A demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio também foram determinantes para a distribuição das famílias de insetos aquáticos na bacia do Rio Ibicuí. Larsen *et al.* (2009) verificaram que a quantidade de DBO é maior em áreas de pastagens e que essas áreas apresentam também a menor riqueza de insetos aquáticos, sendo que pequenas variações nesse parâmetro são suficientes para afetar a comunidade desses indivíduos (CLEWS & ORMEROD, 2008).

No presente estudo, a DBO influenciou a distribuição de insetos aquáticos na bacia do Inhacundá-Caraí Passo, em locais de 1^a, 2^a e 3^a ordem, e ainda em um local de 3^a ordem na bacia do Miracatu-Taquari.

A demanda química de oxigênio relacionou-se negativamente com a distribuição de insetos aquáticos em locais de 1^a e 3^a ordem na microbacia do Lajeado-Grande e em pontos de 1^a e 2^a ordem na microbacia do Miracatu-Taquari. A DQO tem relação direta com o lançamento de efluentes urbanos, sem tratamento, em corpos d'água (ALLAN & CASTILLO, 1995; PIEDRAS *et al.*, 2006). Mesmo tendo efeito negativo em algumas comunidades de macroinvertebrados, devido à sensibilidade desses organismos (BACEY & SPURLOCK, 2007), outros apresentam alta tolerância às condições de eutrofização, apresentando crescimento da abundância nas suas comunidades como resposta ao

enriquecimento orgânico causado pela atividade antrópica (MARQUES *et al.*, 1999; CALLISTO *et al.*, 2005). Ainda, no estudo realizado em microbacias com águas naturalmente ácidas na Nova Zelândia, também não foi verificada correlação da riqueza com o pH (WINTERBOURN & COLLIER, 1987).

Através da partição podemos verificar que a interação de fatores espaciais e ambientais explica somente 14% da distribuição das famílias de insetos aquáticos, e o espaço, apenas 11%, sendo as variáveis ambientais as que exercem maior influência (44%) na distribuição das famílias de insetos aquáticos, ao longo da bacia do Rio Ibicuí. Embora alguns estudos tenham mostrado que fatores em nível de paisagem, tais como geologia superficial e área superficial ou fatores geográficos, como latitude e distância dos locais de coleta no rio, são tão importantes quanto as características físico-químicas do rio (e.g. CORKUM, 1989; LAMMERT & ALLAN, 1999), no presente estudo essas variáveis foram as menos explicativas.

No geral, a distância geográfica também contribui para o aumento da diversidade (MYKRÄ *et al.*, 2007), de tal forma que, na bacia do Rio Ibicuí, quanto maior a distância geográfica entre as microbacias (e.g. SA e MT), maior a possibilidade de ampliar a ocorrência de famílias de insetos aquáticos. O efeito da distância geográfica parece estar presente mesmo em pequenas escalas espaciais (DIXO & VERDADE, 2006), como nas microbacias Miracatu-Taquari e Inhacundá-Caraí Passo que, mesmo próximas, apresentaram alguma diferenciação na riqueza de famílias, bem como na ocorrência delas. Um número de estudos tem mostrado que fatores em escalas amplas podem ser tão bons, ou até melhores, preditores da estrutura da comunidade do que variáveis em escala local (e.g. CORKUM, 1989; RICHARDS *et al.*, 1996). Entretanto, pouca atenção tem sido dada à relativa influência das variáveis ambientais mensuradas em diferentes escalas espaciais, na habilidade de prever a diversidade local de invertebrados aquáticos (VINSON & HAWKINS, 1998). Ignorando a escala, podem surgir conclusões ecológicas incorretas (WIENS *et al.*, 1987; THOMAS & TAYLOR, 1990).

As análises em escalas mais amplas são uma abordagem promissora na descoberta de padrões na distribuição de famílias de insetos aquáticos, ao passo que demonstra que os resultados obtidos em um local não devem ser extrapolados a outros.

Referências

- ALLAN, J.D. & CASTILLO, M.M. **Stream ecology: structure and function of running waters**. London: Chapman & Hall, 1995. 388 p.
- ALLAN, J.D. & JOHNSON, L.B. Catchment-scale analysis of aquatic ecosystems. **Freshwater Biology**, v. 37, p. 107-111, 1997.
- ALLAN, J.D., ERICKSON, D.L. & FAY, J. The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. **Freshwater Biology**, v. 37, n. 1, p. 149-161, 1997.
- 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, p. 1-10, 2006.

BACEY, J. & SPURLOCK, F.F.F. Biological of urban and agricultural streams in the California Central Valley. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 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**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Dados não publicados, 2006.

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

BIASI, C., MILESI, S.V., RESTELLO, R.M. & HEPP, L.U. Ocorrência e distribuição de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) em riachos de Erechim/RS. **Revista Perspectiva**, v. 32, p. 171-180, 2008.

BIEGER, L., CARVALHO, A.B.P., STRIEDER, M.N., MALTCHIK, L. & STENERT, C. Are the streams of the Sinos River basin of good water quality? Aquatic macroinvertebrates may answer the question. **Brazilian Journal of Biology**, v. 4, n. 70, p. 1207-1215, 2010.

BORCARD, D., LEGENDRE, P. & DRAPEAU, P. Partialling out the spatial component of ecological variation. **Ecology**, v. 73, p. 1045-1055, 2002.

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

BOURNAUD, M., CELLOT, B., RICHOUX, P. & BERRAHOU, A. Macroinvertebrate community structure and environmental characteristics along a river: congruity of patterns for identification to species or family. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 15, n. 2, p. 232-253, 1996.

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

BROSSE, S., ARBUCKLE, C.J. & TOWNSEND, C.R. Habitat scale and biodiversity: influence of catchment, stream reach and bedform scales on local invertebrate diversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 12, p. 2057- 2075, 2003.

BUCKUP, L., BUENO, A.A.P., BOND-BUCKUP, G., CASAGRANDE, M. & MAJOLO, F. The benthic macroinvertebrate fauna of highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, 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**, v. 20, n. 1, p. 115-125, 2003.

BUSS, D.F., BAPTISTA, D.F., SILVEIRA, M.P., NESSIMIAN, J.L. & DORVILLÉ, L.F. Influence of water chemistry and environmental degradation on macro invertebrate assemblages in a river basin in southeast Brazil. **Hidrobiologia**, v. 481, p. 125-136, 2002.

- CALLISTO, M., MORETTI, M. & GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.6, n. 1, p. 71-82, 2001.
- CALLISTO, M., GONÇALVES, J.F. & MORENO, P. **Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores**. In: GOULART, E.M.A. (Ed.). Navegando o Rio das Velhas das Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 2005.
- CARTER, J.L., FEND, S.V. & KENNELLY, S.S. The relationships among three habitat scales and stream benthic invertebrate community structure. **Freshwater Biology**, v. 35, p. 109-24, 1996.
- CHANDY, S., GILBSON, D.J. & ROBERTSON, P.A. Additive partitioning of diversity across hierarchical spatial scales in a forest landscape. **Journal of applied ecology**, v. 43, p. 729-801, 2006.
- CLARKE, K.R. & GORLEY, R.N. **Primer v.6: User Manual/Tutorial**. PRIMER-E, Plymouth, UK, 2006.
- CLEWS, E. & ORMEROD, S.J. Improving bio-diagnostic monitoring using simple combinations of standard biotic indices. **River Research and Applications**, in press, 2008.
- CORBET, P.S. **Dragonflies: Behaviour and ecology of Odonata**. Essex: Harley Books, 1999. 829p.
- CÓRDOBA-AGUILAR, A. & CORDERO-RIVERA, A. Evolution and ecology of Calopterygidae (Zygoptera: Odonata): status of knowledge and research perspectives. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 6, p. 861-879, 2005.
- CORKUM, L.D. Patterns of benthic invertebrate assemblages in rivers of north-western North America. **Freshwater Biology**, v. 21, p. 191-205, 1989.
- CORNELL, H.V. Unsaturation and regional influences on species richness: a review of the evidence. **Ecoscience**, v. 6, p. 303-315, 1999.
- DEVÁI, G. Ecological background and importance of the change of Chironomid fauna in shallow Lake Balaton. **Hidrobiologia**, v. 191, p. 189-198, 1990.
- DIXO, M. & VERDADE, V.K. Leaf litter herpetofauna of the Reserva Florestal de Morro Grande, Cotia (SP). **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, 2006.
- DOMINGUEZ, E. & FERNÁNDEZ, H. **Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: sistemática y biología**. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 2009. 656p.
- DONALD, D.B. & ANDERSON, R.S. Distribution of the stoneflies (Plecoptera) of the Waterton River drainage, Alberta, Canada. **Syesis**, v. 10, p. 11-20, 1977.
- FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. **Landscape Ecology**. Wiley & Sons. New York, 1986. 619p.
- FREITAS, S.L., MARTELLO, A.R. & KOTZIAN, C.B. **Influência da ordem e da microbacia, e de alguns fatores ambientais de escala local, na estrutura e na distribuição espacial de comunidades de moluscos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Maria – Dados não publicados, 2011.

- GLOWACKA, I., SOSZKA, G.J. & SOSZKA, H. **Invertebrates associated with Macrophytes. In: Selected problems of lake littoral ecology.** Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawskiego, Warszawa, p. 97-122, 1976.
- HEPP, L.U. & SANTOS, S. Estrutura trófica de invertebrados aquáticos no Rio Jacutinga. **Revista Perspectiva**, v. 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**. 2008. [doi: 10.1007/s10661-008-0536-7]
- 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**, v. 157, p. 305-318, 2009.
- JACOBSEN, D. & FRIBERG, N. **Macroinvertebrate communities in Danish streams: the effect of riparian forest cover. Freshwater Biology -Priorities and Development -** in Danish Reserch Gad, Kobenhavn. (SAND-JENSEN, K. & PEDERSEN. O. eds.). GEC Gad Publishers Ltd. DK-1161. Copenhagen., pp: 208-222, 1997.
- JACOBSEN, D. Contrasting patterns in local and zonal family richness of stream invertebrates along an Andean altitudinal gradient. **Freshwater Biology**, v. 49, p. 1293-1305, 2004.
- 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**, v. 12, n. 2, p. 193-231, 2005.
- KÖNIG, R., SUZIN, C.R.H., RESTELLO, R.M. & HEPP, L.U. Qualidade das águas de riachos da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. **PanAmerican Journal of Aquatic Sciences**, v. 3, p. 84-93, 2008.
- KRUSKAL, M.A. & WISH, M. **Multidimensional scaling.** Beverly Hills: Sage Publication, 1978.
- LAMMERT, M & ALLAN, J.D. Assessing biotic integrity of streams: Effects of scale in measuring the influence of land use/ cover and habitat structure on fish and macroinvertebrates. **Environmental Management**, v. 23, p. 257-270, 1999.
- LARSEN, S., VAUGHANI, P. & ORMEROD, S.J. Scale-dependent effects of fine sediments on temperate headwater invertebrates. **Freshwater Biology**, v. 54, p. 203-219, 2009.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. **Numerical ecology.** 2.ed. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- LETURCQ, G., LAURENT, F. & MEDEIROS, R. **Perception et gestion de l'érosion et des ressources en eau par les agriculteurs et les éleveurs du bassin versant de l'ibicuí (RS, Brésil).** Confins [Online], 4 | 2008. Disponível em: <<http://confins.revues.org/index4793.html>>. Acesso em: 19 de abril de 2012.
- LUDTKE, R.L. & BRUSVEN, M.A. Effects of sand sedimentation on colonization of stream insects. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, v. 33, p. 1881-1886, 1976.

- MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p.141-150, 2000.
- MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul. Enfoque Histórico e Sistemas de Classificação**. Porto Alegre: EST Edições, 2002. 118p.
- MARIANO, R. & FROEHLICH, C.G. Ephemeroptera. In: **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**, 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**, v. 59, n. 4, p. 553-561, 1999.
- MASTRANTUONO, L. Community structure of the zoobentos associated with submerged macrophytes in a eutrophic Lake Nemi (Central Italy). **Bolletino di Zoologia**, v. 53, p. 41-47, 1986.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 3.ed. Dubuque: Kendall/Hunt, 1996. 862p.
- MYKRÄ, H., HEINO, J. & MUOTKA, T. Scale-related patterns in the spatial and environmental components of stream macroinvertebrate assemblage variation. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 149-159, 2007.
- NAKAMURA, F. & KIKUCHI, S. Some methodological developments in the analysis of sediment transport processes using age distribution of floodplain deposits. **Geomorphology**, v. 16, p. 139-145, 1996.
- NESSIMIAN, J.L., VENTICINQUE, E.M., ZUANON, J., DE MARCO, P.J.R., GORDO, M., FIDELIS, L., BATISTA, J.D. & JUEN, L. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, v. 614, n. 1, p. 117-131, 2008.
- NEWCOMBE, C.P. & MACDONALD, D.D. Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 11, p. 72-82, 1991.
- 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**, v. 11, p. 322-326, 1996.
- PIEDRAS, S.R.N., OLIVEIRA, J.L.R., MORAES, P.R.R. & BAGER, A. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 494-500, 2006.
- POIANI, K.A., RICHTER, B.D., ANDERSON, M.G. & RICHTER, H.E. Biodiversity conservation at multiple scales: Functional sites, landscapes, and networks. **BioScience**, v. 50, n. 2, p. 133-146, 2000.
- RAHBEK, C. The elevational gradient of species richness – a uniform pattern. **Ecography**, v. 18, p. 200–205, 1995.
- RIBEIRO, L.O., KONIG, R., FLORES, E.M.M. & SANTOS, S. Composição e distribuição de insetos aquáticos no rio Vacacaí-Mirim, Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, v. 31, n. 1, p. 79-93, 2009.

- RICHARDS, C., JOHNSON, L.B. & HOST, G.E. Landscape-scale influences on stream habitats and biota. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 53, n. 1, p. 295-311, 1996.
- ROSINE, W.N. The distribution of invertebrates on submerged aquatic plant surfaces in Muskee Lake, Colorado. **Ecology**, v. 36, p. 308-314, 1955.
- SALVARREY, A.V.B., KOTZIAN, C.B., SPIES, M.R. & BRAUN, B. The influence of natural and anthropic environmental variables on the structure and spatial distribution along longitudinal gradient of macroinvertebrate communities in southern Brazilian streams. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 13, p 1-23, 2014.
- SCHLOSSER, I.J. Stream fish ecology: a landscape perspective. **BioScience**, v. 41, p. 704-712, 1991.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. **Biometry: the principles of statistics in biological research**. New York, Freeman, 1995. 887p.
- SPONSELLER, R.A., BENFIELD, E.F. & VALETT, H.M. Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. **Freshwater Biology**, v. 46, p. 1409-1424, 2001.
- STATZNER, B. & HIGLER, B. Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. **Freshwater Biology**, v. 16, p. 127-39, 1986.
- STATZNER, B., GORE, J.A. & RESH, V.H. Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. **Journal North American Benthological Society**, v. 7, p. 307-60, 1988.
- STRAND, M.R. & MERRITT, R.W. Effects of episodic sedimentation on the net-spinning caddisies *Hydropsyche betteni* and *Ceratopsyche sparna* (Trichoptera: Hydropsychidae). **Environmental Pollution**, v. 98, p. 129 - 134, 1997.
- STRIEDER, M.N., RONCHI, L.H., STENERT, C., SCHERER, R.T. & NEISS, U.G. Medidas biológicas e índices de qualidade da água de uma microbacia com poluição urbana e de curtumes no sul do Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 28, n. 1, p. 17-24, 2006.
- TAKEDA, A.M., BÜTTOW, N.C. & MELO, S.M. Zoobentos do canal Corutuba-MS (Alto do Rio Paraná- Brasil). **Revista Unimar**, v. 13, n. 2, p. 353-364, 1991.
- THOMAS, D.L. & TAYLOR, E.J. Study designs and tests for comparing resource use and availability. **Journal of Wildlife Management**, v. 54, n. 2, p.v322-330, 1990.
- TOWNSEND, C.R., SCARSBROOK, M.R. & DOLEDEC, S. The intermediate disturbance hypothesis, refugia, and biodiversity in streams. **Limnology and oceanography**, v. 42, p. 938-949, 1997.
- UIEDA, V.S. & GAJARDO, I.C.S.M. Macroinvertebrados perifíticos encontrados em poções e corredeiras de um riacho. **Naturalia**, v. 21, p. 31-47, 1996.
- VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W.L., SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980.

- VINSON, M.R. & HAWKINS, C.P. Effects of sampling area and subsampling procedure on comparisons of taxa richness among streams. **Journal North American Benthological Society**, v. 15, n. 3, p. 392-399, 1996.
- VINSON, M.R. & HAWKINS, C.P. Biodiversity of stream insects: Variation at Local, Basin, and Regional Scales. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 271-93, 1998.
- WEIGEL, B.M., WANG, L., RASMUSSEN, P.W., BUTCHER, J.T., STEWART, P.M. & WILEY, M.J. Relative influence of variables at multiple spatial scales on stream macroinvertebrates in the Northern Lakes and Forest ecoregion, U.S.A. **Freshwater Biology**, v. 48, p. 1440-1461, 2003.
- WHITE, D.S. & BRIGHAM, W.U. **Aquatic Coleoptera**, p. 399-473. In: MERRIT, R.W. & CUMMINS, K.W. (eds). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuquer, Iowa, 1996.
- WIBERG-LARSEN, P., BRODERSEN, K.P., BIRKHOLOM, S., GRON, P.N. & SKRIVER, J. Species richness and assemblage structure of Trichoptera in Danish streams. **Freshwater Biology**, v. 43, p. 633-647, 2000.
- WIENS, J.A., ROTENBERRY, J.T. & VAN HORNE, B. Habitat occupancy patterns of North American shrubsteppe birds: the effects of spatial scale. **Oikos**, v. 48, p.132-147, 1987.
- WILEY, M.J., OSBORNE, L.L. & LARIMORE, R.W. Longitudinal structure of an agricultural prairie river system and its relationship to current stream ecosystem theory. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 47, p. 373-384, 1990.
- WINTERBOURN, M.J. & COLLIER, K.J. Distribution of benthic invertebrates in acid, brown water streams in the South Island of New Zealand. **Hydrobiologia**, v. 153, p. 277- 286, 1987.
- WRIGHT, J.F., FURSE, M.T. & MOSS, D. River classification using invertebrates: RIVPACS applications. **Aquatic Conservation – Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 8, p. 617-631, 1998.

Submetido em: 18/03/2013.

Aceito em: 19/09/2013.

INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE FAMÍLIAS DE INSETOS AQUÁTICOS EM RIOS NO SUL DO BRASIL

Resumo: Os rios neotropicais sofrem os efeitos das ações humanas. Medidas conservacionistas, pela escassez de estudos na região e do conhecimento límnic, baseiam-se em dados referentes a outras regiões, sendo muitas vezes ineficazes pela inobservância das diferenças nas respostas das comunidades aquáticas às variáveis ambientais em escalas distintas. Este estudo teve como objetivos: conhecer a riqueza de insetos aquáticos em uma bacia neotropical; verificar qual a influência das variáveis ambientais na distribuição das famílias de insetos aquáticos em quatro tributários dessa bacia e observar se o padrão de distribuição das famílias de insetos aquáticos varia entre as ordens dos rios ou entre microbacias, de acordo com a influência de variáveis ambientais e espaciais. Foi encontrado um total de 9.135 indivíduos distribuídos em 26 famílias de macroinvertebrados. A estrutura das comunidades foi distinta entre as microbacias. As famílias de insetos aquáticos foram influenciadas pelas variáveis ambientais e espaciais diferentes em cada microbacia.

Palavras-chave: Macroinvertebrados; Lótico; Escala espacial; Microbacia; Distribuição.

Abstract: Neotropical rivers suffer effects of human actions. Conservation measures are based on data from other regions because few studies in this region and limnology knowledge. But it's often inability to realize differences in the environmental variables answer at different scales about aquatic communities. This study aimed: to know aquatic insects richness in a neotropical microbasin to check the environmental variables influence on the distribution of aquatic insects families in four tributaries of this microbasin and to check the rate distribution pattern of aquatic insects families between different rivers orders and different microbasins, according to environmental and spatial variables influence. We found 9,135 individuals belonging to 26 macroinvertebrates families. The communities structure were differed between microbasins. The aquatic insects families were influenced by different spatial and environmental variables in each microbasin.

Keywords: Macroinvertebrates; Lotic; Spatial scale Watershed Distribution.

Resumen: Ríos neotropicales sufren los efectos de las acciones humanas. Las medidas de conservación debido a la falta de estudios en la región y de conocimiento límnic, se basan en datos de otras regiones, siendo muchas veces ineficaces por no permitir observar las diferencias en las respuestas de las comunidades acuáticas a las variables ambientales

en escalas diferentes. Este estudio tuvo como objetivo: conocer la riqueza de insectos acuáticos en una cuenca neotropical, verificar la influencia de las variables ambientales en la distribución de las familias de insectos acuáticos en cuatro afluentes de esta cuenca, y observar si el patrón de distribución de las familias de insectos acuáticos varía entre las ordenes de los ríos y/o entre microcuencas, según la influencia de las variables ambientales y espaciales. Fueron encontrados un total de 9135 individuos distribuidos en 26 familias de macroinvertebrados. La estructura de las comunidades fue diferente entre las microcuencas. Las familias de insectos acuáticos fueron influenciadas por las variables ambientales y espaciales diferentes en cada microcuenca.

Palabras clave: Macroinvertebrados; Lótico Escala espacial; Microcuenca; Distribución.

Agradecimientos. Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado; a Carla Kotzian pelas sugestões e revisão do manuscrito; aos colegas Andrea Salvarrey, Elzira Floss, Mateus Pires, Roger Sá e Sarah Lemes pela colaboração na coleta do material. Agradecemos também a Franciéle Maragno e Malcon do Prado Costa pelas valiosas contribuições e auxílio nas análises estatísticas. Ao Professor Demétrio Guadagnin pelas sugestões.