

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE RECURSOS NATURAIS

Diego Viana Melo Lima

**Macroinvertebrados em igarapés de águas claras e
brancas no oeste Amazônico (Acre, Brasil):
implicações para elaboração de estratégias de
biomonitoramento**

Dissertação de Mestrado

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Universidade Federal do Acre
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais

**Macroinvertebrados em igarapés de águas claras e
brancas no oeste Amazônico (Acre, Brasil): implicações
para elaboração de estratégias de biomonitoramento**

Diego Viana Melo Lima

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ecologia e
Manejo de Recursos Naturais da
Universidade Federal do Acre, como
parte dos requisitos para a obtenção do
título de Mestre em Ecologia e Manejo
de Recursos Naturais.**

Rio Branco, Acre 2008

© LIMA, D. V. M. 2008.

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal do Acre

L732m	<p>LIMA, Diego Viana Melo. <i>Macroinvertebrados em igarapés de águas claras e brancas no oeste Amazônico (Acre, Brasil): implicações para elaboração de estratégias de biomonitoramento</i>. 2008. 70f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Acre, Rio Branco – AC., 2008.</p> <p>Orientador: Prof^a. Dr. Lisandro Juno Soares Vieira</p> <p>1. Biodiversidade, 2. Organização funcional, 3. Insetos aquáticos, 4. Biomonitoramento, 5. Serra do Divisor, 6. Região Neotropical, I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 591.471.3:551.311.21 (811.2)</p>
-------	--

Universidade Federal do Acre
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais

**Macroinvertebrados em igarapés de águas claras e brancas no oeste
Amazônico (Acre, Brasil): implicações para elaboração de estratégias de
biomonitoramento**

Diego Viana Melo Lima

BANCA EXAMINADORA

Dra. Maria Rosélia Lopes Marques
UFAC

Dra Susana Trivinho Strixino
USFCar

Dr. Fábio de Oliveira Roque
UFMT

ORIENTADOR(A)

Dr. Lisandro Juno Soares Vieira
UFAC

CO-ORIENTAÇÃO

Dr. Fábio de Oliveira Roque
UFMT

*À minha esposa Fernanda, meus pais Arão e
Iolanda e ao meu irmão Daniel.*

*“Bem-aventurado o homem que encontra
sabedoria, e o homem que adquire
conhecimento”* **Provérbios 3.13**

*“Se enxerguei mais longe foi porque me
apoei nos ombros de gigantes”*

Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela sua infinda misericórdia em conceder-me graça necessária para superar minhas limitações. A Ele glória, honra e louvor para sempre!

Ao Prof. Dr. Lisandro Vieira por ter me acolhido e acreditado que seria capaz de conduzir os trabalhos; pelas orientações, dicas, conversas, sugestões, advertências, cobranças e tudo aquilo que me foi proposto visando chegar até esse momento. Obrigado!

Ao Prof. Dr. Fábio Roque por suas colaborações na escrita, comentários, trabalho em campo, sua preocupação e atenção, cuidado. Incansável em suas sugestões, certamente foi muito importante em meu resgate acadêmico.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq pelo financiamento do projeto para o Parque Nacional da Serra do Divisor – AC.

À minha amada esposa Fernanda que soube compreender-me em minhas várias e imensas ausências, sabendo ser minha companheira nas dificuldades e adversidades sem ela minha caminhada teria sido solitária e dolorosa.

Aos meus pais Arão Lima e Iolanda Lima que certamente jubilam junto a mim por esse feito; pelos quais louvo a Deus diariamente, pois me deram a educação para ter condições de lutar por meu sucesso, honro-lhes com essa conquista.

Ao meu irmão Daniel que muito me auxiliou no início deste curso dando-me muito encorajamento para realizá-lo, além de ser um grande torcedor em prol de meu sucesso e seu filho Carlos Daniel pela alegria de sua existência.

Aos amigos Eustáquio Machado e Francisca Machado pelo auxílio fornecido principalmente quando estive fora do Estado do Acre, aos comentários e sugestões que nunca faltaram.

Aos colegas de mestrado da turma 2006, Raquel, Nadir, Jorcely, Flávio, Sara, os quais me foram excelentes companhias e compartilhando das mesmas dificuldades.

A Cynara colega de sala que não mediu esforços em auxiliar-me na confecção do mapa da área de estudo.

Ao Msc Tadeu Siqueira pelas contribuições na elaboração do primeiro artigo e no auxílio na coleta de águas claras.

Ao Msc Adolfo Ricardo Calor pelo auxílio na segunda de águas brancas e correção das identificações de Trichoptera. Aos demais mestres e biólogos que me auxiliaram na identificação do material: Msc Rodolfo Mariano Lopes da Silva (Ephemeroptera), biólogo Lucas Silveira Lecci (Plecoptera), Msc Luiz Onofre Irineu de Souza (Odonata), Msc Mateus Pepinelli (Simuliidae), Msc Melissa Ottoboni Segura (Coleoptera).

À Prof. Dra. Susana Trivinho Strixino por permitir que utilizasse o laboratório de Entomologia Aquática da UFSCar.

Ao Prof. Dr. Cláudio Froehlich em ceder-me a oportunidade de aprender com sua equipe.

Ao Sr. Leôncio por ser nosso guia na Serra do Divisor e ao José por nos conduzir em seu barco.

Aos professores do programa de mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais pela participação em minha formação e dicas fornecidas ao longo da elaboração do trabalho.

À banca de qualificação composta pelos professores Dr. Elder Morato, Dra. Rosélia Marques, Dr. Armando Muniz e Dr. Cléber Salimon, pelos comentários, sugestões e cobranças em meu projeto.

A todos citados e os eventualmente não citados que de alguma forma contribuíram para alcançarmos esse feito. OBRIDAGO!

RESUMO

Na Amazônia tem sido aceito que as diferenças na descarga de rios, morfologias de canais, ciclos de inundação e química da água refletem na biodiversidade aquática. Rios e riachos foram classificados em termos de seu tamanho, morfologia de canal e cor (água branca, água preta e água clara). Neste estudo nós objetivamos responder se existe correspondência entre a comunidade de macroinvertebrados baseado sobre taxonomia (capítulo 1) e atributos bio-ecológicos (capítulo 2), e a classificação tipológica de riachos de águas brancas e claras em planícies do oeste Amazônico. Este estudo foi conduzido na área norte do Parque Nacional da Serra do Divisor (PNSD), Estado do Acre, Brasil. O trabalho foi realizado dentro de duas bacias distintas do PNSD: bacia do Rio Moa (águas claras) e bacia do rio Azul (águas brancas), amostrando 10 riachos de cada bacia, totalizando 20 riachos, e todos eram pequenos de primeira a segunda ordem. O padrão de distribuição de macroinvertebrados foi avaliado através de métodos univariados e multivariados. Os resultados indicaram clara diferença na estrutura de comunidade (capítulo 1) e organização funcional (capítulo 2) entre águas claras e brancas.

Palavras-chave: biodiversidade, organização funcional, insetos aquáticos, biomonitoramento, Serra do Divisor, região Neotropical.

ABSTRACT

In Amazonia, it has been accepted that differences in river discharges, channel morphologies, flood cycles and water chemistry have reflected in the aquatic biodiversity. Rivers and streams were classified in terms of their size, channel morphology and 'color' (white-water, black-water and clear water). In this study we have attempted to answer whether there is correspondence between macroinvertebrate communities based on taxonomic (chapter 1) and bio-ecological attributes (chapter 2), and the typological classification of white and clean-water streams in western Amazon lowlands. This study was carried out in the north area of Serra do Divisor National Park (SDNP), Acre State, Brazil. The work was done within two distinct hydrographic basins of SDNP: Moa River catchment (clear-water streams) and Azul River catchment (white-water streams), sampling 10 streams in each basin, the total coming to 20 streams, and all were small varying from first to second orders. The macroinvertebrate distributional patterns were evaluated through univariate and multivariate methods. The results indicated clear differences in the community structure (chapter 1) and functional organization (chapter 2) between clear and white-waters.

Key words: biodiversity, functional organization, aquatic insects, biomonitoring, Serra do Divisor, Neotropical region.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. ÁREA DE ESTUDO	5
3. CAPÍTULO 1: <i>Patterns of benthic macroinvertebrate communities in clear and white-water western Amazonian lowland streams: implications for biomonitoring.</i> D. V. M. Lima; F. de O. Roque; T. Siqueira; L. J. S. Vieira and S. T. Strixinho.....	12
4. CAPÍTULO 2: <i>Organização funcional da comunidade de macroinvertebrados em igarapés de águas claras e brancas da Amazônia: uma abordagem alternativa para classificação de sistemas aquáticos.</i> D. V. M. Lima., L. J. S. Vieira, F. de O. Roque.....	28
5. CONCLUSÕES	48
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	49
ANEXOS	50

Introdução Geral

A perda de biodiversidade em ambientes aquáticos tem sido apontada como um problema multi-escalar com diversas implicações ecológicas, sociais e econômicas (ALLAN e FLECKER, 1993; PRINGLE, 2001). Embora este problema tenha sido reconhecido para grupos de vertebrados e alguns grupos de invertebrados de interesse econômico (ex. moluscos), outros grupos, como os insetos aquáticos, apenas recentemente têm sido incluídos em discussões sobre prioridade de conservação. Essa realidade pode ser facilmente verificada nas diversas listas mundiais sobre fauna ameaçada de extinção e, particularmente no Brasil, na recente “lista nacional das espécies de invertebrados aquáticos e peixes ameaçados de extinção” de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004).

Vários fatores atuando sinergeticamente têm causado perda de biodiversidade aquática, dentre eles podemos destacar a conversão de áreas naturais em outros usos do solo, a poluição de ambientes aquáticos, a modificação na hidrologia, represamentos, mudanças climáticas, uso excessivo de recurso natural (ALLAN e FLECKER, 1993; RICHARD et al., 1996; PRINGLE, 2001; TOWNSEND et al., 2004). Particularmente no Brasil alguns esforços têm sido direcionados visando a estratégias de conservação que incluam informações sobre a biodiversidade aquática (ex. MMA/SBF, 2002), entretanto essas limitam-se, entre outros aspectos, na falta de informações mínimas sobre taxonomia, história natural e ecologia dos organismos.

O Brasil, como um dos signatários da Convenção Internacional sobre Biodiversidade e um país considerado mega-diverso, na última década, tem iniciado uma série de iniciativas objetivando inventariar sua biodiversidade e gerar sínteses das informações existentes visando conservação da biodiversidade (MMA/SBF, 2002; LEWINSOHN e PRADO, 2005). Entretanto, algumas áreas consideradas prioritárias para conservação, como o Parque Nacional da Serra do Divisor (Amazonas, Brasil) (MMA/SBF, 2002), ainda carecem de

inventários. Isto é altamente significativo, pois o levantamento de espécies é o primeiro passo em qualquer estudo sobre biodiversidade e essencial para avaliação do *status* de conservação. A extinção é um processo irreversível e a falta de informação pode resultar em estratégias de conservação equivocadas, aumentando o risco de eventos de extinção e, conseqüentemente a perda de espécies que em grande parte não foram estudadas. Dentre as recentes recomendações do Programa Nacional da Biodiversidade Biológica para o Parque Nacional da Serra do Divisor destaca-se a necessidade de inventários biológicos (MMA/SBF, 2002).

Embora a região do Parque Nacional da Serra do Divisor tenha sido alvo de expedições científicas na década de 90 (SOS Amazônia, 1998), a maior parte das informações disponíveis é restrita às áreas baixas do parque e, mesmo com a clara necessidade de efetivação de políticas de monitoramento em grande escala, no caso dos insetos aquáticos, inexistem informações prévias publicadas para essa localidade. A região do oeste amazônico tem seu valor ecológico ligado a vários fatores como biodiversidade e endemismo, e é caracterizado por abrigar as nascentes dos principais afluentes do rio Amazonas (por exemplo, o rio Juruá) o que acentua ainda mais a necessidade de obter informações necessárias ao implemento de um plano sólido e eficaz de monitoramento de ecossistemas aquáticos; entretanto, tem sido alvo de impactos antrópicos, principalmente desmatamento.

O déficit de informação dos insetos aquáticos na região não é surpreendente e tão pouco restrito ao Parque Nacional da Serra do Divisor, uma vez que todas as recentes revisões (Ephemeroptera – SALLES et al., 2004; Plecoptera – OLIFIERS et al., 2004; Trichoptera – PAPROCKI et al., 2004) sobre insetos aquáticos no Brasil têm demonstrado grandes lacunas no conhecimento da entomofauna aquática em locais como o oeste amazônico; entretanto alguns fatores tornam esta área de especial interesse tanto para inventários faunísticos quanto para ecologia de riachos, entre eles: 1) Diferentes formas de impacto têm surgido na Amazônia com destaque para o desmatamento, o qual tem atingido grandes proporções

(COSTA e JÚNIOR, 2005) sendo apresentado de diferentes formas tais como: pastagem, efluentes domésticos de cidades de médio porte como Rio Branco, Cruzeiro do Sul, Sena Madureira, construção de estradas. 2) No PNSD podemos encontrar os três principais tipos de água comumente relatadas para Amazônia: clara, branca e preta (SIOLI, 1991), as quais são indicativas da variedade de ambientes nesta localidade. 3) Elevado número de endemismos (AZEVEDO et al., 2002); reafirmando a necessidade de monitoramento da região buscando o maior número possível de áreas significativas para a conservação de habitat diversificados que findam ser o único refúgio para muitas espécies.

Mesmo com esforços recentes para avaliar a estrutura da comunidade de macroinvertebrados em riachos Amazônicos no Brasil (ex WALKER, 1994; CALLISTO e ESTEVES, 1995, 1996; NESSIMIAN et al., 1998; WALKER, 1998; HAMADA e ADLER, 1999; HAMADA, 2000; HAMADA e ADLER, 2001; WALKER, 2003; HOLZENTHAL e PÉS, 2004; PÉS, HAMADA e NESSIMIAN, 2005; COUCEIRO et al., 2007), ainda conhecemos pouco a composição de grupos na região e entendemos menos ainda os processos e mecanismos que controlam a distribuição deles nestes ambientes. Dessa forma, torna-se fundamental a descrição de padrões de distribuição de macroinvertebrados em ambientes aquáticos amazônicos tanto do ponto de vista do interesse de responder perguntas básicas como “quais fatores são chaves no controle da distribuição dos organismos em diferentes escalas?” até perguntas com implicações utilitárias, como “quais organismos são mais afetados por impactos antrópicos?”.

Um número significativo de abordagens enfoca a compreensão dos padrões de distribuição de espécies em grande escala para tipificar a diversidade biótica procurando responder de que forma os fatores locais e processos históricos atuam como *filtros de paisagem*, influenciando na ocorrência e persistência de determinadas espécies em habitat locais (POFF, 1997); igualmente, essas proposições têm sido sugeridas para avaliar padrões

de organização e distribuição da comunidade de macroinvertebrados em riachos (VINSON e HAWKINS, 1998). De modo geral, podemos agrupá-las em duas categorias: uma taxonômica (quem são?) e outra funcional (o que eles fazem?). A primeira foca em descritores taxonômicos como riqueza de espécies, composição, diversidade enquanto a segunda abordagem enfatiza descritores funcionais, como grupos funcionais de alimentação, redes tróficas e morfologia.

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a organização taxonômica e funcional da comunidade de macroinvertebrados aquáticos em igarapés de águas claras e brancas no Parque Nacional da Serra do Divisor, com o intuito de responder se existe correspondência entre a organização da comunidade e classificações tipológicas baseadas na cor das águas de córregos na Amazônia amplamente utilizadas (ver SIOLI, 1991). Considerando que classificações ambientais possuem importantes implicações para elaboração de estratégias de monitoramento (por exemplo, composição biológica esperada para cada tipo de água em condições naturais), e o nível de precisão em que o sistema de classificação de riacho pode inferir sobre a fauna de invertebrados (por exemplo, classificação em resolução de família ou gênero), este trabalho ainda salienta os desdobramentos práticos das relações entre tipologia de igarapés e distribuição da fauna.

Fundamentando-se na premissa de que as características ambientais encontradas nos sistemas aquáticos refletem diretamente na biota e que essas características podem estar relacionadas a filtros ambientais, foram formuladas as seguintes hipóteses:

1. A classificação de águas claras e brancas com base na taxonomia de comunidade bentônica corresponde a classificações tipológicas baseadas na cor das águas de córregos na Amazônia.

2. Águas claras e brancas possuem condições ambientais distintas e por isso a composição funcional da comunidade também será divergente.

ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional da Serra do Divisor (PNSD) (figura 1) está localizado no extremo oeste do Estado do Acre, na bacia hidrográfica do Alto rio Juruá, na fronteira entre Brasil e Peru; localizado a 7°09'55"S e 73°43'55"W. O PNSD é a unidade de conservação que fica no ponto mais ocidental da Amazônia, abrangendo áreas de cinco municípios: Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves, Porto Walter e Marechal Thaumaturgo. De acordo com dados oficiais (SOUZA, 2003) residem no parque aproximadamente 452 famílias, porém estima-se que em seus entorno o número chegue a 996 famílias.

O PNSD é o quarto maior Parque Nacional do país, possuindo uma área de 843.000 hectares. Foi criado em 16 de junho de 1989 pelo Decreto nº97.839. É uma unidade de conservação (UC) de proteção integral destinada à preservação de ecossistemas. O PNSD é banhado pela bacia do rio Juruá, que funciona como a mais importante via de transporte da região (SOUZA, 2003).

Para esse trabalho, serão amostrados igarapés de primeira e segunda ordem da área norte do PNSD (figura 2). Os igarapés de águas claras serão obtidos da bacia do rio Moa e os igarapés de águas brancas serão obtidos da bacia do rio Azul (figura 2).

A região do PNSD é constituída de quatro blocos de relevos distintos, denominados de: Serra da Jaquirana, Serra do Moa, Serra do Juruá-Mirim e Serra do Rio Branco, originários de processos erosivos da formação Solimões, que resultaram num planalto e numa vasta área de depressão. As características geológicas e morfológicas atípicas dessa região já apontavam uma alta biodiversidade em relação ao restante da Amazônia (SOS AMAZÔNIA, 1998; SOUZA, 2003).

A vegetação do PNSD é caracterizada pela ampla diversidade arbórea, intimamente relacionada à transição geográfica entre a Cordilheira dos Andes e as terras baixas do sudoeste Amazônico (DINERSTEIN et al., 1995). A Flora do PNSD pode ser dividida em duas principais tipologias regionais: Floresta Ombrófila Densa (22,5%) e Floresta Ombrófila Aberta (77,2%), a maior parte da área é coberta de floresta amazônica aberta, com grande incidência de palmeiras, cipós e bambus (SOUZA, 2003).

A fauna do PNSD é diferenciada em relação ao restante do país. Por exemplo, a fauna de anfíbios do PNSD é a mais rica tanto em relação ao restante do país quanto às demais áreas na Amazônia (SOUZA, 2003). A fauna de mamíferos é descrita como uma das mais ricas em relação ao restante do mundo, sendo a quarta Unidade de Conservação na Amazônia com maior número de espécies de primatas (CALOURO, 1999). O mesmo autor afirma ter encontrado quarenta e três espécies de mamíferos terrestres de grande e médio porte, duas aquáticas e duas espécies de pequenos mamíferos de hábito terrestre; a área comporta ainda a maior riqueza de primatas do Estado do Acre (LOPES e REHG, 2003).

Segundo Azevedo, Helmer e Morato (2002) a região norte do PNSD possui a maior importância relativa, em particular nas áreas de ocorrência de floresta densa, com base na análise da diversidade de Bethyridae (Hymenoptera). Porém, em meio a uma quantidade considerável de informações relevantes do potencial da área, é ausente qualquer informação sobre a macrofauna bentônica.

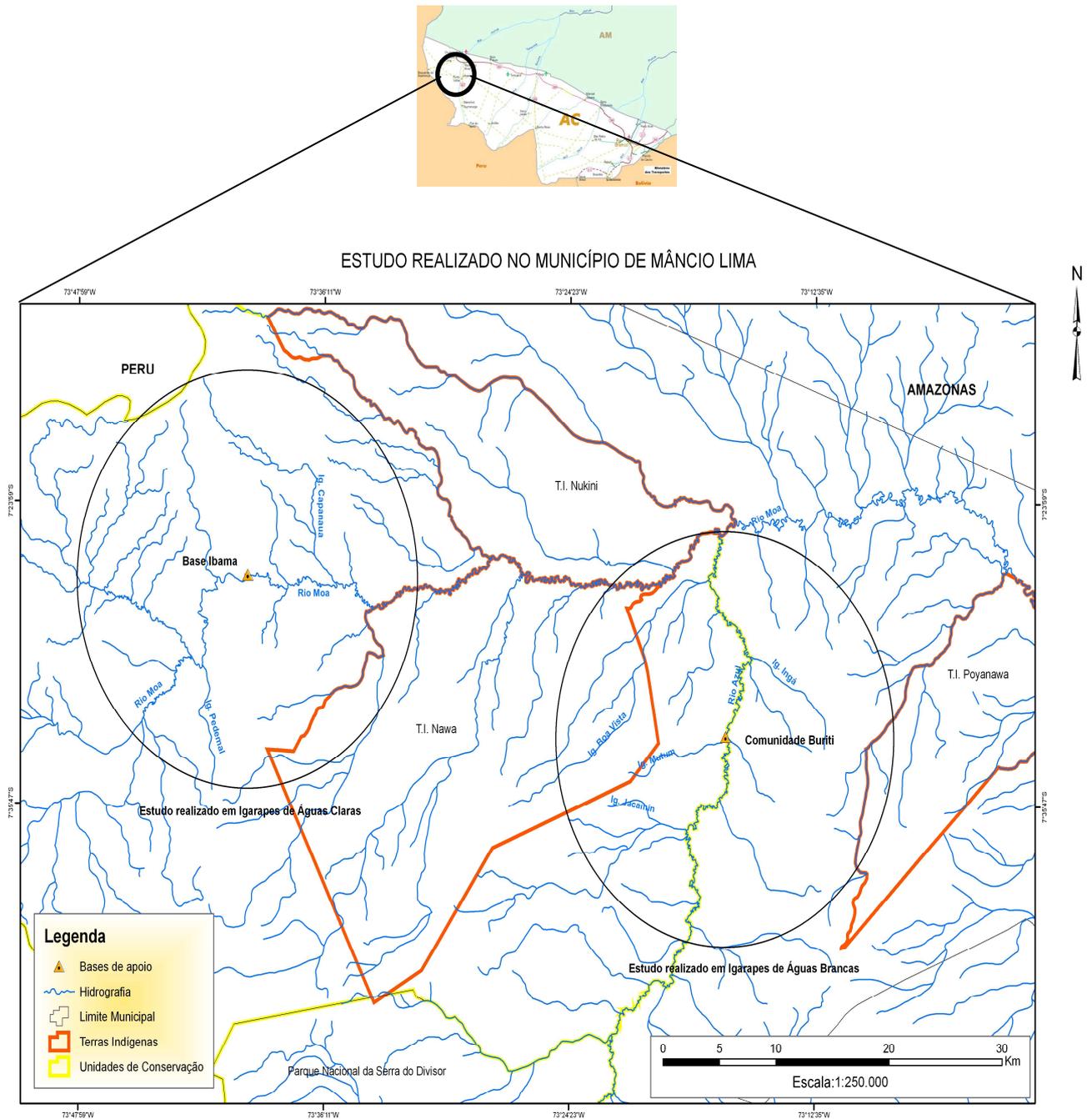


Figura 1. Mapa do PNSD, área norte, contendo as duas bacias de coleta. Bacia do rio Moa para coletas de águas claras e bacia do rio Azul para coleta de águas brancas. As bases de apoio são o ponto de partida para a amostragem em igarapés referência, de 1ª ou 2ª ordem. O raio mostra a abrangência dos igarapés amostrados e o ponto central descreve a base referência para amostra dos dados. Fonte: Instituto do Meio Ambiente do Acre – IMAC.



Figura 2. Fotos de riachos (igarapés) de águas claras (1, 2 e 3) e águas brancas (4).

Referências Bibliográficas

- ALLEN, J.D.; FLECKER, A.S. Biodiversity conservation in running waters. **Bioscience**, 43: 32-43, 1993.
- AZEVEDO, C.O.; HELMER, J.L.; MORATO, E. Diversidade de Bethyilidae (Hymenoptera) do Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre, Brasil e seu uso no plano de manejo e conservação da área. **Acta Amazônica**, 32(1): 71-82, 2002.
- CALLISTO, M. & ESTEVES, F. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita-lago Batata (Pará, Brasil). **Oecologia Brasiliensis**, 1(1): 281–291, 1995.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural. **Acta Limnologica Brasiliensis**, 8: 115–126, 1996.
- CALOURO, A.M. Riqueza de mamíferos de grande e médio porte do Parque Nacional da Serra do Divisor (Acre, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, 16 (2): 195-213, 1999.
- COSTA, A. Da S.; JÚNIOR, C.M. da S. Comparação entre imagens Landsat etm+ e modis/terra para detecção de incrementos de desmatamento na região do baixo Acre. **Revista Brasileira de Cartografia**, n: 57/02, 2005.
- COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, N.; LUZ, S. L. B.; FORSBERG, B. R.; PIMENTEL, T. P. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brasil. **Hydrobiologia**, 575: 271–284, 2007.
- DINERSTEIN, E.D.; OLSON, M.; GRAHAM, D.J.; WEBSTER, A.L.; RIM, A.A.; BOOKBINDER, M.P.; LEDEC, G. **A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and Caribbean**. World Wildlife Fund – The World Bank. Washington, 1995. 135p.
- HAMADA, N. *Simulium* (Psaroniocompsa) *tergospinosum* new species (Diptera: Simuliidae) in siolli group from southern part of the state of Amazonas, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, 95: 819–828, 2000.
- HAMADA, N.; ADLER, P.H. Cytotaxonomy of four species in the *Simulium perflavum* species-group (Diptera: Simuliidae) from Brazilian Amazonia. **Systematic Entomology**, Inglaterra, 24: 273–288, 1999.
- HAMADA, N.; ADLER, P.H. Bionomia e chave para imaturos e adultos de *Simulium* (Diptera: Simuliidae) na Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazonica**, 31(1): 109–132, 2001.
- HOLZENTHAL, R.W.; PES, A.M.O. A New Genus of Long-horned caddisfly from the Amazon Basin (Trichoptera: Leptoceridae: Grumichellini). **Zootaxa**, 621: 1-16, 2004.
- LEWINSOHN, T.M.; PRADO, P.I. How many species are there in Brazil? **Conservation Biology**, 19(3): 619-624, 2005.

LOPES, M.A. de O.A.; REHG, J.A. Observation of *Callimico goeldii* with *Saguinus imperator* in the Serra do Divisor National Park, Acre, Brazil. **Neotropical Primates**, 11(3): 181-183, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA/SBF). **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade dos biomas brasileiros**. Brasília, Brasil, 2002. 404 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Instrução Normativa nº. 5 de 21 de maio de 2004. Lista das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 de maio de 2004.

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

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

PAPROCKI, H.; HOLZENTHAL, R.W.; BLAHNIK; R.J. Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil I. **Biota Neotropica**, 4(1): 1-22, 2004.

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

POFF, N.L. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. **Journal North American Benthological Society**, 16: 391–409, 1997.

PRINGLE, C.M. Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective. **Ecological Applications**, 11(4): 981-998, 2001.

RICHARD, C.; JOHNSON, L.B.; HOST, G.E. Landscape-scale influences on stream habitats and biota. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 53(1): 295-311, 1996.

SALLES, F.F., DA-SILVA, E.R., HUBBARD, M.D.; SERRÃO, J.E. As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. **Biota Neotropica**. 4:1-34, 2004.

SIOLI, H. **Amazônia**: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. Rio de Janeiro: Vozes, 1991. 72p.

SOS AMAZÔNIA. **Plano de manejo do parque nacional da serra do divisor, Acre-Brasil**. Rio Branco, 1998.

SOUZA, M.B. **Diversidade de anfíbios nas unidades de conservação ambiental**: reserva extrativista do Alto Juruá (REAJ) e Parque Nacional da Serra do Divisor (PNSD), Acre-Brasil. Rio Claro: UNESP, 2003. Tese (Doutorado), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 2003.

TOWNSEND, C.R.; DOWNES, B.J.; PEACOCK, K.; ARBUCKLE, C. Scale and selection of land-use effects on morphology, vegetation and macroinvertebrate communities of grassland streams. **Freshwater Biology**, 49: 448-462, 2004.

VINSON, M.R.; HAWKINS, C.P. biodiversity of stream insects: variation at local, basin, and regional scales. **Annual Revision Entomology**, 43: 271-293, 1998.

WALKER, I. The benthic litter-dwelling macrofauna of the amazonian forest stream Tarumã-Mirim: patterns of colonization and their implications for community stability. **Hydrobiologia**, 294: 75-92, 1994.

WALKER, I. Population dynamics of Chironomidae (Diptera) in the Central Amazonian blackwater river Tarumã-Mirim (Amazonas, Brasil). **Oecologia Brasiliensis**, 5: 235-252, 1998.

WALKER, I. The benthic insect fauna of the black water stream Rio Tarumã-Mirim (Manaus, Amazonas) pattern of population dynamics and their implications for ecosystem stability. **Amazoniana**, 17: 471-480, 2003.

CAPÍTULO 1

Patterns of benthic macroinvertebrate communities in clear and white-water western Amazonian lowland streams: implications for biomonitoring.

Diego V. M. Lima; Fábio de O. Roque; Tadeu Siqueira; Lisandro J. S. Vieira and Susana Trivinho-Strixino



Igarapé de água clara.

Parque Nacional da Serra do Divisor (PNSD), Acre, Brasil.

**Patterns of benthic macroinvertebrate communities in clear and white-water western
Amazonian lowland streams: implications for biomonitoring.**

Diego V. M. Lima¹; Fábio de O. Roque²; Tadeu Siqueira³; Lisandro J. S. Vieira¹ and Susana Trivinho-Strixino³

¹Laboratório de Ictiologia e Ecologia Aquática, Universidade Federal do Acre, AC, Brazil.

²Departamento de Biologia, FFCLRP, Universidade de São Paulo, SP, Brazil.

³Laboratório de Entomologia Aquática, Universidade Federal de São Carlos, SP, Brazil.

Key words: Amazonian, aquatic insects, biodiversity, Neotropical region, Amazon rainforest.

Abstract

In Amazonia, it has been accepted that differences in river discharges, channel morphologies, flood cycles and water chemistry have reflected in the aquatic habitat properties. Rivers and streams were classified in terms of their size, channel morphology (anastomosing, braided and meandering) and ‘color’ (white-water, black-water and clear water). In this study we have attempted to answer whether there is correspondence between macroinvertebrate communities and the typological classification of white and clean-water streams in western Amazon lowlands. This study was carried out in the north area of Serra do Divisor National Park (SDNP), Acre State, Brazil. The work was done within two distinct hydrographic basins of SDNP: Moa River catchment (clear-water streams) and Azul River catchment (white-water streams), sampling 10 streams in each basin, the total coming to 20 streams, and all were small varying from first to second orders. The macroinvertebrate distributional patterns were evaluated through univariate and multivariate methods. Specimens were identified to the lowest practical level, based on the limited knowledge about the Neotropical fauna. The NMDS ordination indicated strong differences in the community structure between clear and white-waters. The work was found that macroinvertebrate

community structures were significantly different between stream types (ANOSIM; $R=0.9993$; $p<0.001$). Community structures, based on genus level, were also significantly different between water types (ANOSIM; $R=0.9993$; $p<0.001$). Assemblages in white-water streams were typified by *Miroculis*, Trichodactylidae, Corixidae genus A, *Brasilocaenis*, and *Farrodes*, whereas *Smicridea*, *Miroculis*, *Marilia*, *Ptilodactylidae*, *Anacroneuria*, *Progomphus*, and *Neoelmis* were the most important in typifying clear-water streams. Future biomonitoring programs in Amazon streams should be based on regional information about their biodiversity, otherwise we could be misinterpreting their ecological conditions.

Introduction

Studies on the correspondence between communities and aquatic system classifications have a long history in ecology and limnology, coming back to the pioneer studies of Thienemann in the beginning of 1900s. Recently, there has been renewed interest in typology and classifications of aquatic ecosystems due to their implication for biomonitoring and conservation. Many classification schemes have been used to test the concordance between landscape patterns and structural and functional aspects of biological communities (e.g. Hawkins & Norris, 2000).

In the Neotropical region, particularly in Amazonia, it has been accepted that differences in river discharges, channel morphologies, flood cycles and water chemistry have reflected in the properties of aquatic habitats (Sioli, 1984; Junk & Soares, 2001). Rivers and streams are classified in terms of their size, channel morphology (anastomosing, braided and meandering) and 'color' (white water, black water and clear water. White-water rivers have muddy color due to their high sediment content, black-water rivers have dark transparent water because of the large amount of dissolved humic substances carried from the forest,

whereas clear-water rivers drain areas where there is little erosion (Sioli 1950, Junk & Furch, 1985).

Despite the large acceptance of this classification, and its hypothetical importance for evolution and ecology of Amazon biodiversity, few data on macroinvertebrate distribution in black and clear-water streams in Amazonia exist. Moreover, most of the available information is from the central part of the region (Fittkau 1971; Walker, 1995; Couceiro et al, 2007) and virtually there is no previous study on white-water streams.

The west part of the Amazon basin is a region characterized by abundant dynamic headwaters of the Amazon river, being influenced by tectonic activities of the Andean foothills and foreland (Räsänen et al., 1987). The streams of this region provide a good system for exploring and testing possible association between different types of streams and biological communities. It is possible to find the three types of water (white, clear and black), and the area encompasses high biological diversity and variable geomorphologies along its basins (SOS Amazônia, 1998).

In this study we have attempted to answer whether there is correspondence between macroinvertebrate communities and the typological classification of white and clear-water streams in western Amazon lowlands, particularly in the north area of Serra do Divisor National Park, one of the most pristine, speciose with high number of endemic areas in the world (SOS Amazônia, 1998). We also discuss the implications of our findings for future biomonitoring programs in the region.

Materials and Methods

Study area

This study was accomplished in the north area of Serra do Divisor National Park (SDNP), Acre State, the most western Brazilian Amazonia extremity (Fig.1 7°09'55'S-

73°43'55'W). The altitude in the region varies from 200 m to 650 m and the annual rainfall is around 2,200 mm (SOS Amazônia, 1998). The mean annual temperature is 26°C along the rainy season, possibly reaching 4°C in the drier months. SDNP includes a diversity of geological formations within its limits as a result of the complex evolutionary history associated with the geological processes that occurred in the Amazon region. The study area consists of a series of elevations and valleys, and it is covered by primary and secondary Open Tropical Forest.

Western Amazon forests have been postulated to possess one of the most diverse faunal and floral assemblages in Amazonia (Gentry, 1988; Wilson & Sandoval, 1996). For example, the amphibian diversity of SDNP is much higher than other areas of the biome. According to Azevedo et al. (2002) the north area of SDNP has the largest relative importance, based on the diversity analysis of Bethyridae (Hymenoptera).

This study was carried through two distinct hydrographic basins of SDNP (Fig. 1): River Moa catchment (clear-water streams) and River Azul catchment (white-water streams). It was used a comprehensive classification of white and clear stream waters based on a visual evaluation of the color of water. Samples were taken in 10 streams in each basin numbering 20 streams, and all were small varying from first to second orders.

These streams were fairly typical of forested headwater streams in Amazonian dry land with water depths less than 50 cm, tree canopy coverage exceeding 70% of the channel, absence of macrophytes, high dissolved oxygen levels, and slightly alkaline or acid water (pH 5.12 to 6.92). Water temperature ranged from 15 to 23°C.

The substrates of the clear-water streams were characterized by a predominance of rocks and sand while white-water streams had an abundance of organic matter and mud. Electric conductivity ranged from 0.0038 mS/cm⁻¹ (clear waters) to 0.059 mS/cm⁻¹ (white waters).

Sampling design

A stratified sampling design was used to investigate macroinvertebrate distribution in two habitats, pools and riffles, with three samples each. Macroinvertebrates were collected on a single occasion with a Surber sampler at a depth of 5 cm within the substrate at six locations along each stream. Three samples were taken from random locations in pools, and three in riffles. Afterwards all samples were pooled prior to statistical analysis.

Physical and chemical measurements were made for each stream. Specific conductance, and pH were measured with a water checker equipped with a multiple probe.

Specimens were identified to the lowest practical level, based on the limited knowledge about the Neotropical fauna. The larvae were preserved in alcohol 70%. Specimens were deposited in the collection of the Federal University of Acre (under construction).

Statistical analysis

The macroinvertebrate distributional patterns were evaluated through univariate and multivariate methods. A T-test to estimate whether the means of the two groups water types were statistically different was applied. We used Nonmetric Multidimensional Scaling (NMDS) procedure to generate a two-dimensional ordination as a visual summary of the relationships between streams. The abundance matrix $[\log (x+1)]$ was logarithmized to calculate a dissimilarity matrix (Bray–Curtis). A stress level, or an interpretive power measurement, was calculated for each ordination. Lower stress levels are desirable, as indicated by values of 0.2 or less (see Clarke and Warwick, 2005).

The result matrix was submitted to an Similarity Analysis (ANOSIM), one factor without replication. ANOSIM is part of an analysis set commonly used to test whether there are differences in multivariate structures of previously established groups.

To establish which were the main species that contributed to the average Bray–Curtis dissimilarity between groups of samples, a Similarity Percentage Analysis (SIMPER) routine was used from the statistical package ‘‘Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research’’ (PRIMER: Clarke & Warwick, 1994).

The degree of concordance between different taxonomic resolutions (family and genus level) was determined using second-stage NMDS procedure (Sommerfield & Clarke, 1995). This analysis generated ‘second stage’ similarity matrices based on the Spearman rank correlation (q) between the similarity matrices resulting from alternative data sets; when $q = 0$ there is no concordance between matrices and when $q = 1$ the relationships between the different data sets are identical. The significance of q can then be determined using a permutation test (Clarke & Gorley, 2001).

Results

Benthic Community

A total of 2,952 individuals were collected, distributed in 134 taxa, which belong to 65 families and 13 orders. We found that the total number of individuals collected was significantly greater ($t = -4.10$; $p < 0.001$) in clear-water streams (1,972) than in white-water streams (980).

The abundance of Decapoda ($t = 3.99$; $p < 0.001$), Ephemeroptera ($t = 2.64$; $p = 0.016$) and Hemiptera ($t = 2.83$; $p = 0.01$), was significantly greater in white waters than in clear waters (annex 1). In clear-water streams Diptera ($t = -5.55$; $p < 0.001$), Plecoptera ($t = -1.80$; $p = 0.08$) and Trichoptera ($t = -9.85$; $p < 0.001$) were significantly more abundant. In the case of

Hirudinea ($t= 1.03$; $p= 0.31$), Megaloptera ($t= -0.70$; $p= 0.48$), and Odonata ($t= 0.11$; $p= 0.90$), no significant differences between stream types were found.

Comparing taxonomic patterns in white water and clear water streams at family level

The NMDS ordination indicated clear separation in the community organization between clear waters and white waters (Figure 2, Stress=0.2021). We found that macroinvertebrate community structures was significantly different between stream types (ANOSIN; $R= 0.9993$; $p< 0.001$) and that Leptophlebiidae (20.21%), Trichodactylidae (13.96%), Corixidae (13.56%), and Gomphidae (12.41%) were important in typifying white-water streams, whereas clear waters were characterized by Hydropsychidae (10.30%), Gomphidae (7.89%), Tanypodinae (7.70%), and Chironominae (7.48%) (SIMPER analysis). Hydropsychidae (5.48%), Odontoceridae (4.43%), Elmidae (4.36%), Ptilodactilidae (4.36%),

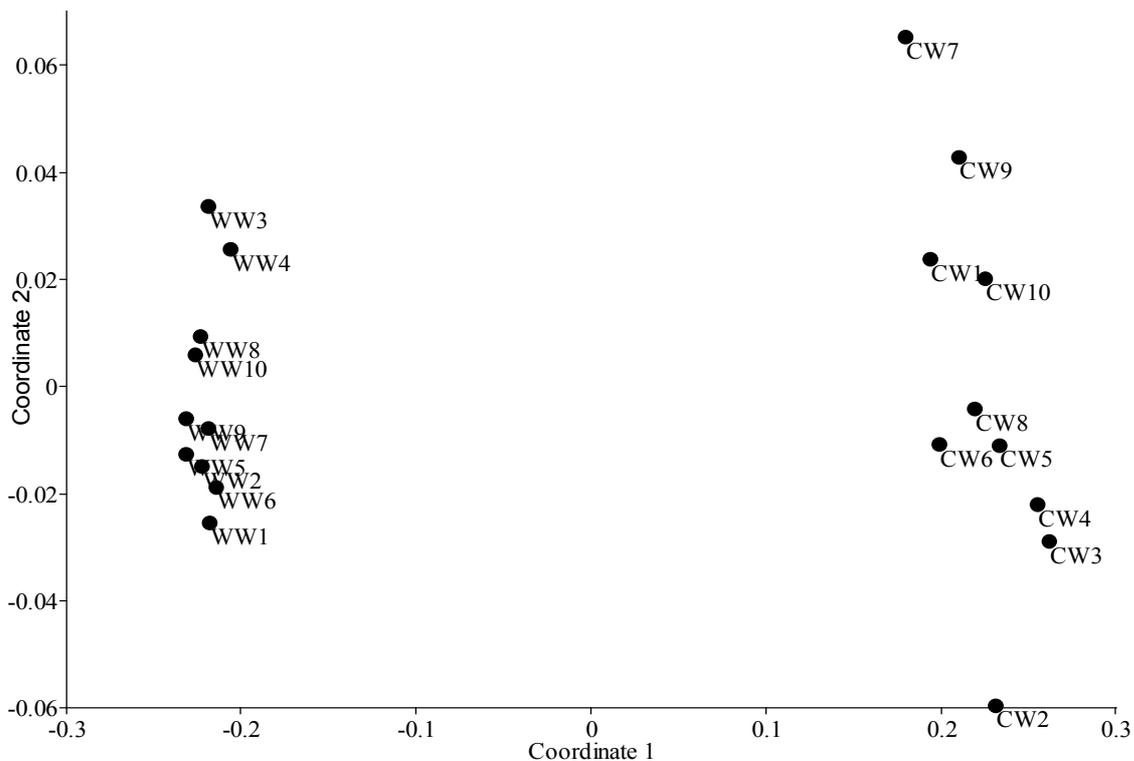


Figure 2. NMDS ordination (Bray-Curtis) of macroinvertebrate structure communities at family level in streams in the Serra do Divisor National Park, Acre, Brazil. Stress=0.2021 (cw= clear water; ww=white water).

Corixidae (3.76%), Tanypodinae (3.52%), Orthocladiinae (3.39%), and Trichodactylidae (3.35%), were important in determining differences between the water types.

Comparing taxonomic patterns in white-water and clear-water streams at genus level

Of the 134 genera identified in the two water types, 44 exclusively occurred in clear waters and 24 in the white ones. Among the genera found in white waters, Tipulidae 1 occurred in all streams whereas Trichodactylidae 1, and *Miroculis* (Leptophlebiidae) were found in all samples of the clear-water streams.

NMDS analysis (figura 3, Stress=01441), carried out at genus level, showed a clear separation of the macroinvertebrate communities between clear and white waters. Community organization, based on genus level, was also significantly different between water types (ANOSIM; $R= 0.9995$; $p< 0.001$).

Assemblages in white-water streams were typified by *Miroculis* (18.59%), Trichodactylidae 1 (13.96%), Corixidae genus A (13.58%), *Brasilocaenis* (6.71%), and

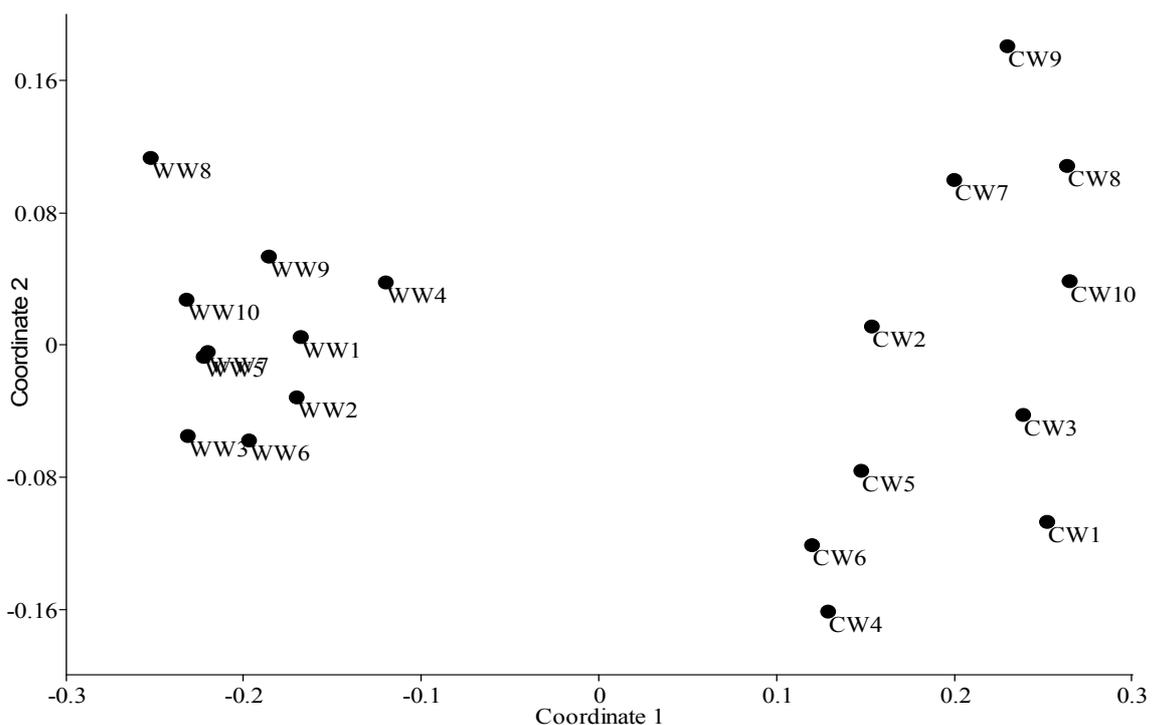


Figure 3. NMDS ordination (Bray-Curtis) of macroinvertebrate structure communities at genus level in streams in Serra do Divisor National Park, Acre, Brazil. Stress=0.1441 (cw=clear water; ww=white water).

Farrodes (4.39%), whereas *Smicridea* (9.46%), *Miroculis* (5.88%), *Marilia* (5.08%), Ptilodactilidae 1 (4.89%), *Anacroneuria* (4.59%), *Progomphus* (4.56%), and *Neoelmis* (4.56%) were the most important in typifying clear-water streams.

Seventy-one genera accounted for 90% of the dissimilarities between groups. *Smicridea* (3.64%), Trichodactilidae 1 (3.35%), *Marilia* (2.98%), Ptilodactilidae 1 (2.95%), *Neoelmis* (2.86%), Corixidae 1 (2.59%), *Anacroneuria* (2.24%), and *Brasilocaenis* (2.16%) were the most important taxa (annex 1).

The second-stage NMDS analysis showed that the arrangement of the rank order of similarities in the matrix derived from the family and genus level was correlated ($q=0.80$). This means that there was very little difference between analyses based on genus and family level.

Discussion

Taxonomic macroinvertebrate patterns

Black, white and clear water Amazonian streams are expected to have different biotic communities (Fittkau, 1971), but these patterns have been documented quantitatively only recently. Most studies have documented patterns of macroinvertebrate communities between black and clear streams which correspond to the Solimões and Negro River catchments. Walker (1995) compared macroinvertebrate communities from both water types (black and white) and showed that taxonomic compositions seemed to be similar, but taxa richness and abundance seems to be greater in black-water streams. Here we show that there is a correspondence between previously established classifications (clear and white water streams) and macroinvertebrate communities, at both genus and family resolutions.

The most abundant and frequent taxa collected in this study were Decapoda, Ephemeroptera, Odonata and Chironomidae. These groups have also been showed to be the

most frequent taxa in Central Amazonian black water streams (Walker, 1995) and in less impacted streams around Manaus (Couceiro et al., 2007).

The significant differences we found between clear and white water streams, based on many typifying taxa, suggest that the biological processes that act to influence taxa establishment and their persistence is manifested most strongly at this regional spatial scale with different groups behaving in a dominant way depending on the stream type. It is particularly important to the understanding of Amazonia biogeographical patterns that we can distinguish between historical and contemporaneous process affecting stream biodiversity (Tuomisto, 2007). As no physical barrier seems to separate our sampling areas of white and clear waters, at least for adults of aquatic insects, we believe that the patterns evidenced in our analysis are most related to local contemporaneous ecological filters acting regionally in the same species pool.

There are few similar studies that can be quantitatively compared to our results. Grossly comparing our findings with those from black-water streams of central Amazonia, macroinvertebrate richness at genus level found in the present study is similar to the 152 taxa found in 68 central Amazon streams studied by Couceiro et al. (2007). Unfortunately, few data are available from low-order streams of other Neotropical forested biomes for macroinvertebrate communities at the regional scale, so direct comparisons are difficult because the methods and taxa resolution differed considerably.

Studies on macroinvertebrate diversity in Atlantic forest streams of South-eastern Brazil have found taxa richness ranging from 117-162 (Melo & Froehlich, 2001; Baptista et al, 2001) which provides evidences to support the proposition of Vinson & Hawkins (2003) that streams within similar biomes have similar numbers of aquatic insects regardless of the biogeographical area. However, taking a more detailed taxonomic resolution, it is clear that species richness is underestimated due to low taxonomic resolution. For example, Roque et al.

(2007), assessed chironomid species richness only from 15 low-order streams in the Atlantic rainforest and distinguished a total of 191 morphospecies, and estimated a species richness ranging from 200 (credibility interval, 195-207) to 267 (248-288).

There are some non-exclusive reasons to explain why macroinvertebrate communities correspond to water types. First, our findings agree with previous studies that found out associations between the distribution patterns of aquatic insects and the geographical features through which streams flow, especially where marked differences in topography or water chemistry are found occur (see Hawkins & Norris, 2000). Second, Amazon stream classification based on color may reflect fundamental discontinuities of nature (e.g. vegetation patterns, water chemistry, nutrient content, potential productivity and biological interactions), which could serve as a good ‘surrogate’ for relevant indicators of benthic organism diversity. Third, biological interactions can play an important role in shaping the distributional patterns of aquatic insects in Amazonian streams. In nutrient-poor waters, fungi play the most important role at the beginning of decomposition process of litter, while in white waters bacteria dominate. As white and clear water streams are characterized by differences in the amount of macroconsumers and habitat quality, there is likely to be a trade-off between strategies to avoid predation and strategies to live in waters with high amounts of sediment, which may influence macroinvertebrate distributions in clear and white water streams. Fourth, the importance of considering ecological variation related to geographical location has been stressed in recent years (Legendre, 1993).

The spatial structure of ecological communities can be molded by abiotic and biotic process (e.g. population growth, geographic organization, differential fertility or mortality, social organization, competition) (Heino et al., 2003). In our study, the spatial location of streams sampled may account for a significant portion of the variation in macroinvertebrate distributional data. Such patterns detected at genus level are most likely to be related to the

non-random distribution of the streams sampled (e.g. the clear streams were close to each other, the same for clear waters). The spatial distribution of the streams may also underlie relevant biological factors not measured here (e.g. biological interactions). Considering the fact that water-type distributions are not randomly distributed across the Amazonian landscape, we emphasize the need to consider geographical location when interpreting biodiversity distributions at the regional scale (Heino et al, 2003).

Biomonitoring implication

Freshwater monitoring strategies rely on stream classifications based on environmental and biotic groups and this approach is the cornerstone of most biomonitoring programs. Classification is therefore a critical component in many bioassessment programs designed to assess the health of streams, small rivers, lakes, and some estuaries (Bailey et al., 1998). Inferences are typically derived from a classification of sites that relates variation in biological properties of interest to class memberships. It is imperative that the most robust classification systems possibly are developed and implemented. Our results show that macroinvertebrate communities, at genus as well as family level, are sensitive to a priori classifications that distinguish between white and clear water streams. The main implication of our results for biomonitoring is that biotic variation between white and clear streams can be partitioned regionally, which would improve the bioassessment accuracy of the Amazonian streams.

The taxonomic resolution used in our analysis has practical consequences for water biomonitoring. In our study, family and genus levels yielded the same pattern differentiating white and clear Amazonian streams. These results agree with previous studies suggesting that family-level information is enough for grossly detecting ecological patterns (Marchant et al., 1995; Feio et al., 2006). However we are only beginning to document macroinvertebrates in

white and clear streams in Amazonia. Information on temporal variability, and streams from other parts of Amazonia are essential for understanding macroinvertebrate distributional patterns and for testing the generality of the results detected here.

From an applied perspective, knowledge about macroinvertebrate occurrences in preserved and impacted Amazonian streams is fundamental for future biomonitoring programs. For instance, white water streams contained predominantly Chironomidae, which are often associated with impacted areas and/or areas with low water flow, whereas clear water streams were characterized by great numbers of EPT and by the presence of high sensitive taxa (e.g. Polythoridae), groups associated with areas of low anthropic influence and higher water flow. This means that one type of stream can not be used as reference for the other. For example, if we use clear water stream biological information for setting expectations about the ecological condition of white water streams, we can run the risk of interpreting white water streams as ‘naturally impacted’. Therefore, future biomonitoring programs in Amazonian streams should be based on regional information about its biodiversity; in contrast, we could misinterpret ecological conditions of Amazonian streams.

Acknowledgements

We thank CNPq (Edital MCT/CNPq/CT-Hidro-Nº 039/2006) and Instituto do Meio Ambiente (IBAMA, Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil) for financial and logistic support, respectively. R. Mariano (Ephemeroptera), L. Onofre (Odonata), A. Calor (Trichoptera), L. Lecci (Plecoptera), provided taxonomic identification of larvae. We also thank A.M. de Oliveira, S.R.M. Couceiro and V.L. Landeiro for comments that greatly improved the content and clarity of this manuscript, and L. Menezes and J. Maria for guidance in the field. D.V.M. Lima received a CAPES scholarship.

References

- Azevedo, C. O., J.L. Helmer & E. Morato, 2002. Diversidade de Bethylidae (Hymenoptera) do Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre, Brasil e seu uso no plano de manejo e conservação da área. *Acta Amazônica* 32: 71–82.
- Bailey, R. C., M. G. Kennedy, M. Z. Dervish & A. R. M. Taylor, 1998. Biological assessment of freshwater ecosystems using a reference condition approach: comparing predicted and actual benthic invertebrate communities in Yukon streams. *Freshwater Biology* 39: 765–774.
- Baptista, D. F., L. F. M. Dorvillé, D. F. Buss & J. L. Nessimian, 2001. Spatial and temporal organization of aquatic insect assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. *Brazilian Journal of Biology* 61: 295–304.
- Clarke, K. R. & R. M. Warwick, 1994. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Clarke, K. R. & R. M. Warwick, 2005. *Change in marine communities—an approach to statistical analysis and inter-pretation*. Plymouth, United Kingdom, Primer-E Ltd., variable pagination.
- Clarke, K. R. & R. N. Gorley, 2001. *PRIMER v5: User manual/tutorial*, PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Couceiro, S. R. M., N. Hamada, S. L. B. Luz, B. R. Forsberg & T. P. Pimentel, 2007. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brasil. *Hydrobiologia* 575: 271–284.
- Feio, M. J., T. B. Reynoldson & M. A. S. Graca, 2006. The influence of taxonomic level on the performance of a predictive model for water quality assessment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 367–376.
- Fittkau, E. J., 1971. Distribution and ecology of Amazonian chironomids (DIPTERA). *The Canadian Entomologist* 103: 407–413.
- Gentry, A., 1988. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 85: 156–159.
- Hawkins, C. P. & R. H. Norris, 2000. Performance of different landscape classifications for aquatic bioassessments: introduction to the series. *Journal of the North American Benthological Society* 19: 367–369.
- Heino, J., T. Muotka & R. Paavola, 2003. Determinants of macroinvertebrate diversity in headwater streams: regional and local influences. *Journal of Animal Ecology* 72: 425–434
- Junk, W. J. & K. Furch, 1985. *The Physical and Chemical Properties of Amazonian Waters and their Relationships with the Biota*. In: Prance, G. T. & T. E. Lovejoy (eds.) *Key Environments AMAZONIA*: Pergamon Press, Oxford.

- Junk, W. J. & M. G. M. Soares, 2001. Freshwater fish habitats in Amazonian: state of knowledge, management, and protection. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 4: 437–451.
- Legendre, P., 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? *Ecology* 74: 1659–1673.
- Marchant, R., L. A. Barmuta & B. C. Chessman, 1995. Influence of sample quantification and taxonomic resolution on the ordination of macroinvertebrate communities from running waters in Victoria, Australia. *Marine and Freshwater Research* 46: 501-506.
- Melo, A. S. & C. G. Froehlich, 2001. Macroinvertebrates in neotropical streams: richness patterns along a catchment and assemblage structure between 2 seasons. *Journal of the North American Benthological Society* 20: 1–16.
- Räsänen, M., J. S. Salo & R. J. Kalliola, 1987. Long-term fluvial perturbation in the western Amazon Basin: Regulation by sub-andean tectonics. *Science* 238: 1398–1401.
- Roque, F. O., S. T. Strixino, L. A. Milan & J. G. Leite, 2007. Chironomid species richness in low order streams in Brazilian Atlantic Forest: a first approximation through Bayesian approach. *Journal of the North American Benthological Society* 26: 221–231.
- Sioli, H., 1950. Das Wasser im Amazonasgebiet, *Forschungen und Fortschritte*, 26: 274–280.
- Sioli, H., 1984. The Amazon and its main affluents: hydrography morphology of the river courses and river types. In Sioli, H. (ed.), *Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht, W. Junk Publishers: 127–165.
- Somerfield, P. J. & K. R. Clarke, 1995. Taxonomic levels, in marine community studies, revisited. *Marine Ecology Progress Series* 127: 113–119.
- SOS Amazônia, 1998. Plano de manejo do parque nacional da serra do divisor, Acre-Brasil. Rio Branco.
- Tuomisto, H., & K. Ruokolainen, 1997. The role of ecological knowledge in explaining biogeography and biodiversity in Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 6: 347–357.
- Vinson, M. R., & C. P. Hawkins, 2003. Broad-scale geographical patterns in local stream insect genera richness. *Ecography* 26: 751–767.
- Walker, I., 1995. Amazonian streams and small rivers. In: Tundisi, J. G., C. E. Bicudo & T. Matsumura-Tundisi (eds), *Limnology in Brazil*. ABC/SBL, Rio de Janeiro 291: 75-92.
- Wilson, D. E. & A. Sandoval, 1996. *Manu—the Biodiversity of Southeastern Peru*. Smithsonian Institution and Editorial Horizonte, Lima, Peru.

CAPÍTULO 2

Organização funcional da comunidade de macroinvertebrados em igarapés de águas claras e brancas na Amazônia

Diego Viana Melo Lima¹, Lisandro Juno Soares Vieira, Fabio de Oliveira Roque



Plecoptera
Amostra realizada no PNSD.

¹ Rodovia BR 364, nº 6637 (Km 04) – Distrito Industrial; Caixa Postal 500 ☉ Cep: 69915-900 Rio Branco, Acre, Brasil.

Organização funcional da comunidade de macroinvertebrados em igarapés de águas claras e brancas na Amazônia

Diego Viana Melo Lima, Lisandro Juno Soares Vieira, Fabio de Oliveira Roque

Abstract

One of the main objectives of the studies on macroinvertebrates in streams has been explain and predict the species distribution in accordance with environmental characteristics. In this work, we assessed the functional organization of the macroinvertebrate communities in Amazonian streams. Ten white and ten clear streams in National Park Serra do Divisor were sampled. Component 1 related more intensively with clear water the tegument by respiration of attributes, characterized by present flexibility high of body and organic matter refuge constructor. In the component 2, the attributes with white water related were flat body form low flexibility; while gills by respiration, refuge non-constructor, predator and collector group feed were more directly related to clear water. Results of this study allow to conclude that clear and white water need separate biomonitoring programs, aiming the attributes conservation presented by each water type.

Key word: aquatic insects, functional ecology, biological traits, Amazonia, National Park Serra do Divisor.

Resumo

Um dos principais objetivos dos estudos de macroinvertebrados tem sido explicar e prever a distribuição das espécies de acordo com características ambientais. Nesse trabalho, nós avaliamos a organização funcional da comunidade de macroinvertebrados em igarapés da Amazônia. A amostragem de macroinvertebrados bentônicos foi realizada no período de

cheia. Foram selecionados 20 igarapés na área norte do Parque Nacional da Serra do Divisor. O componente 1 relacionaram-se com mais intensamente com águas claras os atributos respiração por tegumento, caracterizados por apresentarem corpo de alta flexibilidade e construtores de abrigos de matéria orgânica. No componente 2, os atributos relacionados com águas brancas foram forma do corpo achatado e com baixa flexibilidade; enquanto que a respiração por brânquia, organismos não construtores de abrigo, grupo alimentar coletor e predador foram mais diretamente relacionados com águas claras. Os resultados desse estudo permitem-nos concluir que águas claras e águas brancas necessitam de programas distintos de biomonitoramento, visando à conservação dos atributos apresentados por cada tipo de água.

Palavra chave: insetos aquáticos, função ecológica, atributos biológicos, Amazonia, Parque Nacional da Serra do Divisor.

Introdução

Um dos principais objetivos dos estudos de macroinvertebrados tem sido explicar e prever a distribuição das espécies de acordo com características ambientais. Este objetivo tem se mostrado desafiador não apenas devido à falta de conhecimento taxonômico mas também pela própria dinâmica complexa e multi-escalar dos sistemas aquáticos (Poff *et al.*, 2006). Dada à dificuldade de prever a composição taxonômica, pesquisas têm avançado em classificações funcionais que são esperadas por responder de forma consistente a características e gradientes ambientais. Cummins (1973) foi o pioneiro em desenvolver uma abordagem funcional para insetos aquáticos baseada em grupos funcionais de alimentação o que deu suporte para futuros desenvolvimentos teóricos na área, como a formulação do Continuo Fluvial (Vannote *et al.*, 1980). Atualmente, os trabalhos de biomonitoramento de córregos com base em atributos de comunidade de macroinvertebrados têm sido amplamente desenvolvidos na Europa (Dolédec *et al.* 2000; Bady *et al.* 2005; Ducrot *et al.* 2005), e ainda

na América do Norte (por exemplo, Merritt *et al.* 2002). Para a aplicação desses atributos em trabalhos de biomonitoramento é necessário primeiramente estabelecer o padrão de comunidade no ecossistema, o qual expressa a diversidade de atributos esperada em condições normais (referência), permitindo medir variações em relação a gradientes ambientais e impactos.

A abordagem funcional baseada em atributos biológicos (*traits*) de macroinvertebrados aquáticos tem contribuído fortemente para o entendimento de padrões de distribuição e processos subjacentes e também tem sido usada em sistemas de biomonitoramento, por exemplo, Dolédec *et al.* (2006) estudou a composição de *traits* para avaliar sua efetividade na identificação de mudanças ecologicamente significantes e variação nos níveis de impactos. Feld and Hering (2007) revelaram que medidas funcionais de macroinvertebrados bentônicos têm relevante importância para identificar problemas de estresse hidromorfológico em escalas espaciais diferentes. O principal referencial teórico da abordagem é o modelo do *habitat templet* proposto inicialmente por Southwood (1977, 1988) e desenvolvida para ambientes aquáticos por Townsend and Hildrew (1994), Poff (1997), Poff *et al.* (2006). Este modelo prediz que onde condições ambientais são similares, a composição de atributos biológicos deve convergir de forma previsível. Igualmente, é esperado que córregos com características similares apresentem comunidade de macroinvertebrados com conjunto de atributos biológicos análogos independentemente da composição taxonômica e região biogeográfica. Considerando os ambientes aquáticos como multi-escalar, Poff (1997) usando a metáfora de filtros ambientais, discute teoricamente como a organização da comunidade local baseada em atributos biológicos pode ser resultado de um processo de seleção agindo em diferentes escalas sob um pool de espécies regional (Figura 1).

Neste trabalho, nós avaliamos a organização funcional da comunidade de macroinvertebrados em igarapés no oeste da Amazônia (Acre, Brasil), visando a responder se

igarapés (riachos) classificados como de água branca (alta quantidade de sedimentos em suspensão) e de água clara (fundo translúcido e pobre em nutrientes e minerais) apresentam comunidade de macroinvertebrados de organização funcional diferente como é esperado de acordo com o referencial teórico apresentado acima.

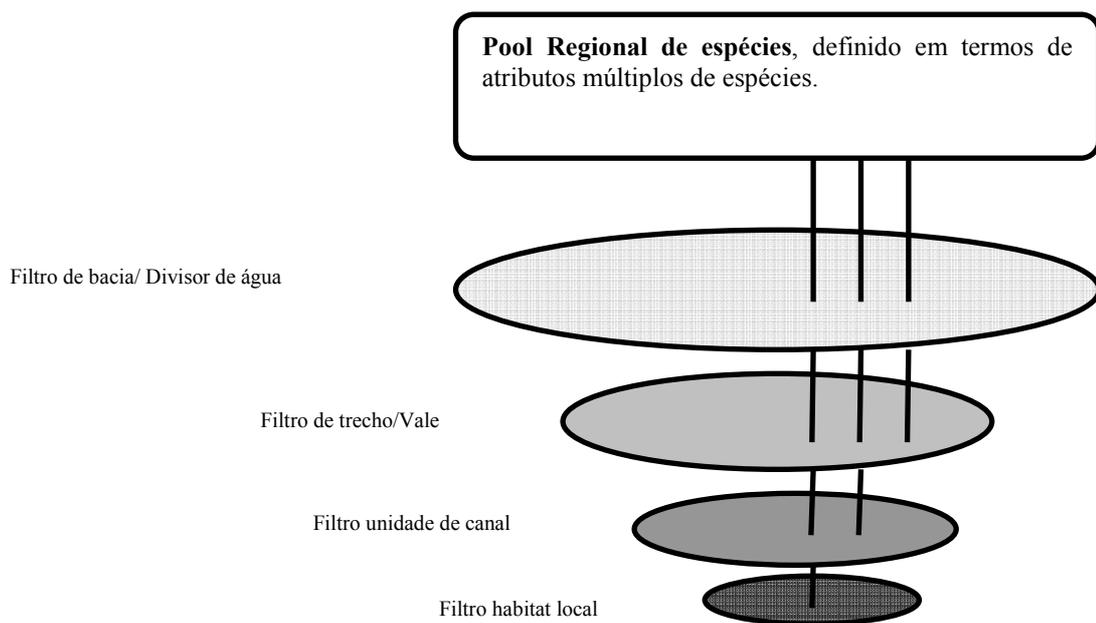


Figura 1. Representação teórica dos filtros ambientais em diferentes escalas e suas ações na seleção dos táxons que compõem a comunidade em determinados locais.

Os igarapés da Serra do Divisor no Acre proporcionam boas oportunidades para testar predições das abordagens funcionais baseadas em atributos biológicos, pois numa mesma região podemos encontrar sistemas com águas claras, brancas e pretas típicos da região Amazônica (Sioli, 1984) em condições de boa preservação. Parte das implicações desses resultados reside na necessidade de monitoramento de bacias de rios realizadas a partir do entendimento das diferenças naturais decorrentes de processos históricos, evolutivos e ecológicos.

Esperamos que, devido à quantidade de sedimento, as águas brancas apresentem macroinvertebrados de tamanhos menores, corpo alongado, poucos organismos com brânquias e baixa flexibilidade; enquanto nos igarapés de águas claras caracterizados por grande transparência de água, maior declividade e presença de pedras apresentem organismos com corpo achatado, composição de grupo alimentar múltiplo, respiração branquial e alta flexibilidade.

Em geral, o conhecimento sobre comunidade funcional de organismos em igarapés neotropicais é ainda rudimentar e fragmentada e igarapés Amazônicos não são exceções. Além disso, em ambientes aquáticos neotropicais esta abordagem tem sido usada principalmente no estudo de organização funcional longitudinal (ex. Batista *et al.*, 2001a; 2001b), entre habitats num mesmo sistema lótico (ex Callisto *et al.*, 2001) e relacionando pulso de rios com a composição funcional de macroinvertebrados (Nessimian *et al.*, 1998) e monitoramento (Cummins *et al.*, 2005) no entanto apenas agora a abordagem funcional de macroinvertebrados está sendo utilizada para classificação de tipologias de igarapés.

Material de Métodos

Área de Estudo

O Parque Nacional da Serra do Divisor (PNSD) está localizado no extremo oeste do Estado do Acre, na bacia hidrográfica do Alto rio Juruá, na fronteira entre Brasil e Peru; localizado a 7°09'55"S e 73°43'55"W. O PNSD é a unidade de conservação que fica no ponto mais ocidental da Amazônia, abrangendo áreas de cinco municípios: Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves, Porto Walter e Marechal Thaumaturgo. Residem no parque aproximadamente 452 famílias, porém estima-se que em seu entorno o número chegue a 996 famílias (Souza, 2003).

Para este trabalho, foram amostrados igarapés de primeira e segunda ordem da área norte do PNSD. Foram coletados dez igarapés da bacia do rio Moa e dez igarapés da bacia do rio Azul. Os igarapés foram relacionados em função de suas bacias de drenagem e numerados de 1 a 10 devido à ausência de informação sobre o nome dos mesmos.

Características ambientais dos ambientes analisados são apresentadas no capítulo 1 desta dissertação.

Desenho amostral

A amostragem de macroinvertebrados bentônicos foi realizada no período de cheia (fevereiro e março de 2006). Foram amostrados 20 igarapés na área norte do Parque Nacional da Serra do Divisor (Figura 1), sendo 10 de águas claras e 10 de águas brancas, selecionados usando os seguintes critérios: largura < 1,5m, profundidade < 1,0m, ausência de impactos pontuais, acessibilidade e pertencentes a 1ª ou 2ª segunda ordem seguindo a classificação de Hauer and Lamberti (1996).

A coleta foi realizada com auxílio do amostrador Surber (malha de 250µm e área de 0,1 m). A triagem foi realizada em campo com os organismos vivos. O material foi acondicionado em frascos de plástico (30ml) contendo álcool 70%. A identificação taxonômica de todos os organismos coletados está relacionada no capítulo I da dissertação.

Composição de características dos táxons da comunidade

Para classificação dos táxons foram documentadas 25 categorias funcionais de 5 características biológicas de modo semelhante ao utilizado por Cummins (1973), Bady *et al.* (2005), Doléddec *et al.* (2006), Tomanova *et al.* (2006), Vieira *et al.* (2006) e estão descritas na tabela 1. Os atributos selecionados refletem pelo menos duas grandes características da comunidade: (i) resistência e resiliência e, (ii) fatores biológicos e fisiológicos gerais

(Dolédéc *et al.* 2006). O banco de dados sobre atributos biológicos dos táxons pode ser obtido por solicitação ao autor da dissertação.

Tabela 1. Lista das cinco características utilizadas para análise funcional da comunidade de macroinvertebrados dos igarapés de águas claras e brancas da área norte do PNSD.

CATEGORIA	CARACTERÍSTICA FUNCIONAL	CÓDIGO	DEFINIÇÃO	REFERÊNCIA
	Achatado	FC1	Comprimento anterior-posterior com cerca de $\frac{3}{4}$ do comprimento dorso-ventral	Bady et al. (2005), Dolédéc
	Cilíndrico	FC2	Corpo comumente alongado, tubular.	et al. (2006),
	Hidrodinâmico	FC3	Corpo adaptado para agilizar movimentos na água	Vieira <i>et al.</i>
Grupo alimentar (GA)	Raspador	GA1	Alimentação de algas perifíticas ou material aderido a um substrato	Cummins (1973), Tomanova et al.
	Fragmentador	GA2	Alimentam-se de material orgânico particulado grosso (MOPG).	(2006), Vieira <i>et al.</i> (2006).
	Coletor	GA3	Alimentam-se de partículas de detritos finos sobre o fundo do riacho..	
	Predador	GA4	Atacam outros animais ou sugam fluidos corporais.	
	Herbívoro	GA5	Alimentam-se de tecidos vegetais como perifiton, macrófitas, micrófitas, algas.	
	Detritívoro	GA6	Alimentam-se de material em decomposição.	
	Predador/Coletor	GA7	Apresentam mais de um tipo de alimentação.	
	Predador/Fragmentador	GA8		
	Predador/detritívoro	GA9		
	Predador/onívoro	GA10		
	Coletor/herbívoro	GA11		
	Coletor/Filtrador	GA12		
	Coletor/Fragmentador	GA13		

Respiração (RES)	Tegumento	RES1	Respiração por troca gasosa direta entre o ambiente e a superfície do organismo.	Bady et al. (2005), Dolédec
	Brânquia	RES2	Respiração por estruturas adaptadas para obter oxigênio do meio aquoso.	et al. (2006), Vieira <i>et al.</i>
	Espiráculo	RES3	Orifício respiratório que possibilita o contato o interior do organismo.	(2006).
	Tubulo	RES4	Pequenas extensões responsáveis que permitem a troca gasosa com a água.	.
Flexibilidade do corpo (FLE)	Nenhuma	FLE1	<10°	Bady et al. (2005), Dolédec
	Baixa	FLE2	10° a 45°	et al. (2006), Vieira <i>et al.</i>
	Alta	FLE3	>45°	(2006).
Construção (CONS)	Nenhuma	CONS1	Não constroem casa	Bady et al. (2005), Vieira <i>et al.</i> (2006).
	Const. matéria orgânica	CONS2	Confeccionam estruturas que servem como abrigo ou proteção contra predadores geralmente em folhas, pedaços de madeira, frutos.	
	Const. Areia	CONS3	Construção de casa em grãos de areia e silte.	

Análise Estatística

Foi aplicada Análise de Componentes Principais (ACP) para explorar quais atributos são mais importantes na determinação do padrão de organização funcional agrupando igarapés de águas claras e brancas. Esta análise é útil para conjuntos de dados com um elevado número de variáveis, pois pode revelar gradientes de variação e indicar variáveis mais importantes na organização das unidades amostrais (Sharma, 1999). As análises estatísticas

foram realizadas utilizando o programa estatístico PAST (PALaeontological STatistics) (Hammer *et al.*, 2001).

Resultados

Categorias funcionais em águas claras e brancas

Foram encontrados representantes para todos os tipos de categorias funcionais (Anexo 2 e 3). A frequência relativa observada revelou maior percentagem de ocorrência de representantes de grupos alimentares e de organismos construtores de abrigo para águas claras, enquanto que nas águas brancas houve maior frequência de categorias como forma do corpo (exceto corpo cilíndrico) e respiração aérea (Anexo 2 e 3).

No atributo forma do corpo, o atributo mais representativo foi corpo cilíndrico (52%). Entre os atributos de grupo alimentar, o mais abundante foi coletor (34%) seguido de predador (19%). Os tipos de respiração observados revelaram a respiração por brânquia (53%) como predominante entre todos os tipos avaliados. Em relação ao atributo de flexibilidade do corpo foi mais representativo os organismos de alta flexibilidade (51%). Já em relação ao atributo construtores de abrigo ficaram mais evidenciados os organismos não-construtores de abrigo (61%).

Em todos os atributos analisados, apenas forma de corpo achatado (57,6%) e organismos de baixa flexibilidade (56,4%) foram mais representativos para águas brancas; enquanto que em todos os demais atributos apresentaram-se mais representativo para águas claras.

A ordenação pela Análise de Componentes Principais (ACP) indicou que os tipos de água ordenaram-se separadamente nos dois primeiros eixos (Figura 1), sendo 79,1% explicado pelo eixo 1 e 10,4% explicado pelo eixo 2 (Anexo 4). Os igarapés de águas claras

apresentaram-se nitidamente mais explicadas pelos atributos do que os igarapés de águas brancas.

No componente 1 relacionaram-se com mais intensidade com águas claras os atributos respiração por tegumento, caracterizados por apresentarem corpo de alta flexibilidade e construtores de abrigos de matéria orgânica (Figura 1). Para águas brancas no mesmo componente, porém, não foi detectado nenhum atributo que estivesse fortemente relacionado com a variação dos sítios.

No componente 2, os atributos relacionados com águas brancas foram forma do corpo achatado e com baixa flexibilidade; enquanto que a respiração por brânquia, organismos não construtores de abrigo, grupo alimentar coletor e predador foram mais diretamente relacionados com águas claras (Figura 1).

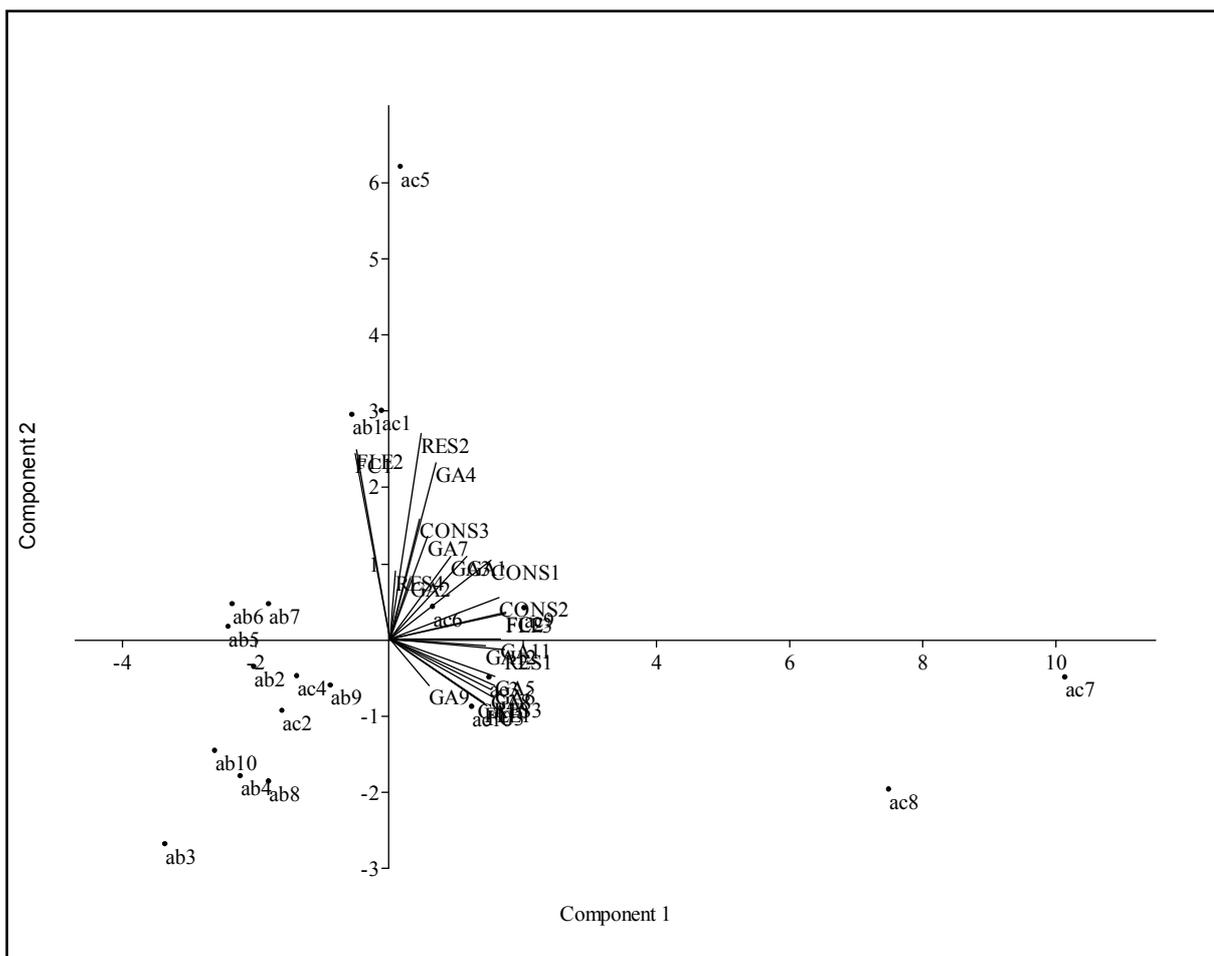


Figura 1. ACP de atributos funcionais de comunidade para dez igarapés de águas brancas e dez de águas claras. Todos os nomes de atributos são dados na tabela 1.

Discussão

Padrões gerais de organização funcional da comunidade de macroinvertebrados em igarapés de águas claras e brancas

Como esperado a partir do modelo do *habitat templet* (Southwood, 1977, 1988; Townsend and Hildrew, 1994; Poff, 1997; Poff *et al.*, 2006), nós encontramos clara relação entre tipo de água com a organização funcional, corroborando a idéia central de que existem filtros ambientais que agem sobre a comunidade resultando em comunidades distintas entre igarapés de águas claras e brancas. Igarapés de águas claras apresentaram predominância de organismos construtores de abrigo em matéria orgânica e não-construtores, alta flexibilidade de corpo, respiração tegumentar e por brânquia e grupos alimentares predador e coletor; enquanto nos igarapés de água branca os atributos foram forma do corpo menor e achatado, com baixa flexibilidade, respiração predominantemente branquial. Estas observações demonstram que a cor da água é um *surrogate* para outras características (como sedimentação, turbidez, acúmulo de matéria orgânica) que podem servir com filtros ambientais para a comunidade de macroinvertebrados.

A fauna de macroinvertebrados revelou ampla heterogeneidade nos atributos, mostrando possuir extensa variedade de funções nos igarapés amazônicos. Além disso, a variabilidade de condições presente em igarapés de águas claras, caracterizados por alta declividade, maior quantidade de pedras e areia, provavelmente influencia na manutenção de uma organização mais heterogênea. Trabalhos realizados em riachos temperados apresentam padrões semelhantes. Por exemplo, Heino *et al.* (2004) avaliando escalas de variabilidade de macroinvertebrados em riachos identificou haver resposta positiva da biota conforme aumenta a heterogeneidade. Essa variabilidade altera-se à medida que vão mudando as escalas espaciais. No entanto, a variabilidade em grupos alimentares pode ser resultante de variáveis

em pequena escala como número grande de microhabitat. Em riachos neotropicais Tomanova *et al.* (2006) mostrou que sistemas mais comumente expostos a perturbações imprevisíveis, como mudança na descarga, e no fornecimento e persistência de um item alimentar, provavelmente levam os organismos a desenvolverem maior plasticidade alimentar, aumentando a possibilidade de sobrevivência e conseqüentemente facilitando a colonização de macroinvertebrados.

Adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais dos macroinvertebrados em relação às características hidrológicas do habitat têm sido apontadas como aspectos chave para entender a distribuição desses organismos. Pequenos organismos com corpos flexíveis, adaptações que permitem fixação em substrato consolidado ou formatos lineares têm sido encontrados com maior freqüência em ambientes com fortes distúrbios hidrológicos (por exemplo, alta declividade) enquanto organismos maiores, predadores e coletores têm sido registrados com maior abundância em ambientes com menor velocidade de água, acúmulos de folhas e poucos distúrbios. Córregos de águas claras exibiram uma comunidade caracterizada por organismos não construtores de abrigo, respiração por tegumento e brânquias; enquanto que águas brancas foram tipificadas funcionalmente pela presença de bentos com respiração por intermédio de brânquias (muito embora essa característica não tenha sido detectada na ACP). Esses resultados referentes a tipo de respiração para organismo presentes em águas brancas divergem do que esperávamos possivelmente devido à grande proporção de organismos exclusivamente predadores presentes em águas brancas coincidir com esse tipo de respiração (por exemplo, larvas de Odonata e Plecoptera).

Como evidenciado na análise de componentes principais, alguns dos atributos analisados parecerem estar correlacionados (ex: respiração por brânquias e alta flexibilidade do corpo). De acordo com Poff *et al* (2006), parte da inter-correlação e resposta semelhante frente a gradientes ambientais dos atributos biológicos de macroinvertebrados de regiões

temperadas deve-se a restrições filogenéticas. No caso deste estudo, esta explicação também deve ser válida, mas estudos mais aprofundados sobre atributos biológicos e hipóteses filogenéticas envolvendo grupos neotropicais são necessários para abordar estas questões.

Padrões de categorias funcionais de macroinvertebrados

Uma das categorias de atributos mais frequentemente estudadas na organização funcional de macroinvertebrados aquáticos é organização funcional de alimentação (Cummins, 1973; Vannote *et al.*, 1980; Rosenfeld, 2002; Heino, 2005). Muito debate tem sido travado a este respeito e os resultados ainda são contraditórios, devido em grande parte à falta de dados básicos sobre a história natural e morfologia para efetuarmos boas classificações funcionais para grupos tropicais (Tomanova *et al.*, 2006). Assim, nosso trabalho não é exceção e os dados da classificação devem ser interpretados com cautela.

Em nossos dados, de modo geral, alguns padrões se destacam: elevada quantidade de coletores e predadores, quantidade reduzida de fragmentadores (que ocupam apenas esse nicho trófica) e proporção significativa de organismos generalistas. Tomanova *et al.* (2006) mostrou que muitos dos organismos bentônicos de riachos neotropicais ocupam pelo menos dois níveis tróficos, sendo mais claramente caracterizados como generalistas. Essa característica permite inferir sobre algumas possíveis implicações desses resultados como menor sobreposição alimentar e maior capacidade da comunidade em resistir a flutuações naturais. Nossos resultados demonstram que águas claras apresentaram maior quantidade de organismos com mais de dois tipos de nível trófico do que águas brancas, relevando possivelmente maior plasticidade alimentar desses grupos.

Neste trabalho, o grupo alimentar fragmentador (ex. *Stenochironomus*, *Phylloicus*) foi pouco encontrado em igarapés de águas brancas e especialmente em águas claras sob a classificação de coletor/fragmentador (ex. *Oecetis*), possivelmente pela inconstância

comumente encontrada nos riachos neotropicais. Tomanova *et al.* (2006) sugere que a existência de estratégia de alimentação como a utilizada por fragmentadores (busca por alimento) pode-se esperar a sua insustentabilidade em riachos com perturbações frequentes e imprevisíveis. Wantzen and Wagner (2006) revelaram que em riachos tropicais, fragmentadores têm sido descrito como restritos a ambientes de baixa correnteza e remanso, porém de alta relevância no processamento de camadas de folhas. Vários trabalhos em riachos neotropicais têm afirmado que a importância de insetos aquáticos fragmentadores nesses sistemas tem sido baixa (Mathuriau and Chauvet 2002; Capello *et al.*, 2004; Rueda-Delgado *et al.* 2006). Segundo Wantzen *et al.* (2006) a carência aparente de fragmentadores em ecologia de riachos tropicais tem sido um paradigma antigo, porém a decomposição de folhas e outros processos de ecossistemas podem ocorrer mais rapidamente em riachos tropicais do que em regiões temperadas, mesmo sem fragmentadores. Por outro lado, Dudgeon (2000) propõe que a carência de fragmentadores pode ser um reflexo da plasticidade trófica e por isso uma classificação inadequada. Sendo assim, o conhecimento mais amplo sobre as reais razões da baixa ocorrência de fragmentadores em ecossistemas tropicais ainda está obscuro.

Águas claras e águas brancas apresentaram grande proporção de organismos predadores (ex: *Progomphus*, *Anacronuria*). Esses resultados são contrários com os padrões revelados em riachos de zonas temperadas onde comumente predadores ocupam uma estreita faixa da comunidade. O célebre “Conceito de Rio Contínuo” proposto por Vannote (Vannote *et al.*, 1980) afirma que o grupo predadores ocupa baixa proporção na comunidade. Os fatores que levam a esses resultados ainda são obscuros, porém isso pode estar arrolado às comunidades de presas disponíveis, levando em consideração a relação predador-presa.

Implicações para avaliações ambientais, biomonitoramento e conservação

Medidas de comunidade funcional são amplamente usadas com a finalidade de monitoramento de rios (Karr, 1999; Dolédec *et al.*, 1999, Statzner *et al.*, 2001). Feld and Hering (2007) mostraram que entre as vantagens de se utilizar a abordagem funcional reside o fato de representarem medidas que estão presumivelmente relacionadas com atributos funcionais dos ecossistemas tais como fonte de alimento, mecanismo de alimentação e disponibilidade de recursos, microhabitat e microhabitat preferenciais da comunidade e finalmente, características atuais e preferências atuais da comunidade. Além disso, abordagens baseadas em atributos de macroinvertebrados bentônicos são descritas como mais eficientes no tempo e custo de oportunidade do que os métodos taxonômicos de definição de assembléias (Poff *et al.*, 2006).

Apesar dessas vantagens e dos resultados aqui apresentados que indicam grandes vantagens não apenas conceituais, mas também logística para estudos em ecologia de riachos, monitoramento e avaliação de integridade ecológica, nosso trabalho considerou que embora esta abordagem seja potencial para ser aplicada para classificação de igarapés na Amazônia, ainda necessitamos de melhores classificações, principalmente na padronização das classificações dos atributos funcionais, em especial a formulação de chaves de identificação de grupos alimentares (ainda embrionária para riachos neotropicais, ex.: Cummins *et al.*, 2005).

Águas brancas e claras apresentaram diferenças na organização funcional da comunidade de macroinvertebrados, resultado também encontrado na análise realizada com base em dados taxonômicos (capítulo I). Todavia esses resultados, embora preliminares, vão mais além da classificação comumente utilizada com base em dados taxonômicos; aqui as análises sugerem processos que provavelmente selecionam determinados *traits* na

comunidade. Conseqüentemente, a aplicação de atributos ecologicamente significantes possibilita o fornecimento de uma maior percepção dentro das relações comunidade-ambiente e, portanto, os possíveis impactos de modificação de ambiente sendo refletidos sobre a comunidade funcional. Assim, o conhecimento dos aspectos da comunidade funcional e da sua variação em diferentes escalas é, em grande parte, relevante para a bioindicação e sistema de avaliação biológica (Poff *et al.*, 2006; Feld and Hering, 2007).

Os resultados desse estudo permitem-nos concluir que a análise funcional da comunidade bentônica constitui-se numa ferramenta útil para entender variações na organização das funções da comunidade em águas claras e brancas e, conseqüentemente, pode fornecer subsídios para programas de biomonitoramento. Aplicação de abordagem de atributos biológicos em biomonitoramento envolve a avaliação da organização da comunidade em áreas de referencias (Heino *et al.*, 2004; Heino, 2005) e o desenvolvimento de métricas que respondem previsivelmente a impactos antrópicos. Considerando que tanto os igarapés de águas claras quanto os de água branca avaliados neste estudo estão localizados em áreas muito pouco impactadas antropicamente, nossos resultados de diferentes padrões de organização funcional entre tipos de igarapés indicam que diferentes expectativas devem ser desenvolvidas para cada tipo de córrego em futuras estratégias de biomonitoramento.

Referências Bibliográficas

BADY, P.; DOLÉDEC, S.; FESL, C.; GAYRAUD, S.; BACCHI, M. and SCHÖLL, F. 2005. Use of invertebrate traits for the biomonitoring of European large rivers: the effects of sampling effort on genus richness and functional diversity. *Freshwater Biology*, 50: 159–173.

BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; DORVILLÉ, L.F.M. and NESSIMIAN, J.L. 2001a. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé River basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal Biology*, 61: 249-258.

BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; DORVILLÉ, L.F.M. and NESSIMIAN, J.L. 2001b. Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of tropical river. *Brazilian Journal Biology*, 61: 295-304.

- CAPELLO, S., MARCHESE, M.R. and DRAGO, I.E. De. 2004. Descomposición de hojas de *Salix humboldtiana* y colonización por invertebrados en la llanura de inundación del río Paraná Medio. *Amazoniana*, 18: 125–143.
- CALLISTO, M., MORENO, P. and BARBOSA, F.A.R. 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at serra do cipó, southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(2): 259-266.
- CUMMINS, K.W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology*, 18:183–206.
- CUMMINS, K.W., MERRITT, R.W., and ANDRADE, P. 2005. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystems attributes in selected streams and rivers in southeast Brazil. *Studies of Neotropical Fauna and the Environment*, 40(1): 69-89.
- DOLÉDEC, S., OLIVIER, J.M., and STATZNER, B. 2000. Accurate description of the abundance of taxa and their biological traits in stream invertebrate communities: effects of taxonomic and spatial resolution. *Archiv für Hydrobiologie*. 148:25–43.
- DOLÉDEC, S.; PHILLIPS, N.; M., SCARSBROOK, R.; RILEY, H. and TOWNSEND, C.R. 2006. Comparison of structural and functional approaches to determining landuse effects on grassland stream invertebrate communities. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 44-60.
- DOLÉDEC, S.; STATZNER, B. and BOURNARD, M. 1999. Species traits for future biomonitoring across ecoregions: patterns along a human-impacted river. *Freshwater Biology*, 42: 737–758.
- DUCROT, V.; USSEGLIO-POLATERA, P.; PÉRY, A.R.R.; MOUTHON, J.; LAFONT, M.; ROGER, M.-C.; GARRIC, J. and FÉRARD, J.-F. 2005. Using aquatic macroinvertebrate species traits to build test batteries for sediment toxicity assessments: accounting for the diversity of potential biological responses to toxicants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24: 2306–2315.
- DUDGEON, D. 2000. The ecology of tropical Asian rivers and streams in relation to biodiversity conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31: 239–263.
- FELD C.K. and HERING, D. 2007. Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macroinvertebrates at different spatial scales. *Freshwater Biology*, 52, 1380–1399.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T. and RYAN, P.D. 2001. *PAST: Palaentological Statistics software package for education and data analysis*. *Paleontologia Electronica* 4:1-9.
- HAUER, F.R. and LAMBERTI, G.A. 1996. *Methods in Stream Ecology*. Academic Press.
- HEINO, J.; LOUHI, P. and MUOTKA, T. 2004. Identifying the scales of variability in stream macroinvertebrate abundance, functional composition and assemblage structure. *Freshwater Biology*, 49: 1230–1239.

- HEINO, J. 2005. Functional biodiversity of macroinvertebrate assemblages along major ecological gradients of boreal headwater streams. *Freshwater Biology* 50: 1578–1587.
- HEINO, J.; LOUHI, P. and MUOTKA, T. 2004. Identifying the scales of variability in stream macroinvertebrate abundance, functional composition and assemblage structure. *Freshwater Biology*, 49: 1230–1239.
- KARR, J.R. 1999. Defining and measuring river health. *Freshwater Biology*, 41: 221–234.
- MATHURIAU, C., and CHAUVET, E. 2002. Breakdown of leaf litter in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 21: 384–396.
- MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; BERG, M.B.; NOVAK, J.A.; HIGGINS, M.J.; WESSELL, K.J. and LESSARD, J.L. 2002. Development and application of a macroinvertebrate functionalgroup approach in the bioassessment of remnant river oxbows in southwest Florida. *Journal of the North American Benthological Society*, 21: 290–310.
- NESSIMIAN, J.L.; DORVILLÉ, L.F.M.; SANSEVERINO, A.M.; BAPTISTA, D.F. 1998. Relation between flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic fauna in the lower rio Negro, Amazonas, Brazil. *Amazoniana*, 15: 35-50.
- POFF, N.L. 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 16: 391–409.
- POFF, N.L.; OLDEN, J.D.; VIEIRA, N.K.M.; FINN, D.S.; SIMMONS, M.P. and KONDRATIEFF, B.C. 2006. Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships. *Journal of The North American Benthological Society*, 25: 730-755.
- ROSENFELD, J.S. 2002. Functional redundancy in ecology and conservation. *Oikos* 98: 156–162.
- RUEDA-DELGADO, G., WANTZEN, K.M. and TOLOSA, M.B. 2006. Leaf-litter decomposition in an Amazonian floodplain stream: impacts of seasonal hydrological changes. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 233–249.
- SHARMA, S. 1996. *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley and Sons Inc., New York.
- SIOLI, H. 1984. The Amazon and its main afluent: Hydrology, morphology of the river courses and river types. In: H. SIOLI (ed.), *Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht, W. Junk Publishers, p. 127-165.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1977. Habitat, templet for ecological strategies. *Oikos*, 46:3 37–365.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1988. Tactics, strategies and templets. *Oikos*, 52: 3–18.
- STATZNER, B.; BIS, B; DOLÉDEC, S and USSEGLIO-POLATERA, P. 2001. Perspectives forbiomonitoring at large spatial scales: a unified measure for functional composition of invertebrate communities in European running waters. *Basic and Applied Ecology*, 2: 73-85.

- SOUZA, M.B. *Diversidade de anfíbios nas unidades de conservação ambiental: reserva extrativista do Alto Juruá (REAJ) e Parque Nacional da Serra do Divisor (PNSD), Acre-Brasil*. Rio Claro: UNESP, 2003. Tese (Doutorado), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 2003.
- TOMANOVA, S.; GOITIA, E. and HELESIC, J. 2006. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 556: 251–264.
- TOWNSEND, C.R. and HILDREW, A.G. 1994. Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology*, 31: 265–275.
- VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL, J.R., CUSHING, C.E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences*, 37:130-137.
- VIEIRA, N.K.M.; POFF, N.L.; CARLISLE, D.M.; MOULTON, S.R.; KOSKI, M.L. and KONDRATIEFF, B.C. 2006. A database of lotic invertebrate traits for North America. U.S. Geological Survey Data Series 187. US Geological Survey, US Department of the Interior, Reston, Virginia. (Disponível em: pubs.usgs.gov/ds/ds187/).
- WANTZEN, K.M. and WAGNER, R. 2006. Detritus processing by invertebrate shredders: a neotropical–temperate comparison. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 216–232.
- WANTZEN, K.M.; RAMIRÉZ, A. and WINEMILLER, K.O. 2006. New vistas in neotropical stream ecology – preface. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 61–65.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos em nosso trabalho podemos gerar as seguintes conclusões:

1. A comunidade de macroinvertebrados presente nos igarapés do PNSD seguem os registros comumente descritos para os demais riachos tropicais do Brasil.
2. O padrão de distribuição de macroinvertebrados apresenta diferenças de acordo com o tipo de água, e isso contribui para a grande variedade de larvas em ecossistemas aquáticos.
3. As águas brancas e claras apresentam comunidades distintas capazes de se adequar com as condições naturais peculiar a cada tipo de água aqui estudado.
4. Em questões de classificação de tipos de águas amazônicas, a resolução em nível de família tem o mesmo rigor da resolução em nível de gênero, sendo a escolha de qualquer um dos dois níveis viável ao pesquisador para atender as necessidades a que se propõe a pesquisa.
5. A comunidade funcional descrita nos igarapés de águas claras e brancas manifesta a existência de filtros ambientais, onde possivelmente alguns deles podem estar agindo sobre a seleção dos organismos que colonizam os igarapés. Além disso, é uma forte ferramenta de classificação de tipologia de águas amazônicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Os resultados de nosso trabalho descrevem um importante aspecto para a ecologia da conservação e monitoramento de sistemas aquáticos através da biota aquática. A classificação de águas na Amazônia tem sido aceita por muitos anos e apenas agora foi testada a possibilidade de pelo menos dois tipos dela apresentarem comunidades significativamente distintas.

Estratégias de escolha de áreas prioritárias para a conservação e preservação de ecossistemas aquáticos na Amazônia devem priorizar regiões que apresentem diferentes tipos de águas, claramente descritas como importantes nesse trabalho para complementar informações sobre a diversidade estrutural e funcional..

O PNSD é uma região privilegiada devido a uma série de fatores já descritos como a proximidade ao complexo andino, ser uma região com características tropicais, possuir grande parte de sua área ainda intacta e agora com a relevância de apresentar tipos de água distintos, porém comuns a Amazônia, os quais certamente elevam a riqueza de macroinvertebrados e outros organismos aquáticos como peixes e algas.

Nossos resultados buscam então fornecer subsídios que tornem viável a implementação de programas de biomonitoramento e bioavaliação aquáticos, copiosamente consolidado em outros locais como Europa, Oceania e América do Norte; e que já alcançou estágio avançado em alguns Estados brasileiros como São Paulo e Minas Gerais; no entanto, ainda está bastante incipiente em nosso Estado.

Anexos

ANEXO 1: Table 1. Summary statistic for different taxa and their percentage of explication in both within and between water types. (Usado no capítulo 1).

ANEXO 2: Tabela 2. Distribuição de frequência das categorias amostradas na área norte do PNSD em águas brancas de igarapés de 1ª e 2ª ordem. (usada no capítulo 2).

ANEXO 3: Tabela 3. Distribuição de frequência das categorias amostradas na área norte do PNSD em águas claras de igarapés de 1ª e 2ª ordem. (usada no capítulo 2).

ANEXO 4: Tabela 4. Autovalor e porcentagem de variação da ACP realizada com os atributos funcionais de comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Os eixos 1 e 2 (componente principal) explicam mais de 50% da variação nos igarapés. (usada no capítulo 2).

ANEXO 5: Tabela 5. Tabela com atributos dos táxons amostrados nos igarapés de águas claras e brancas da área norte do Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre, Brasil.

ANEXO 6: normas do capítulo 1 – revista Hydrobiologia.

ANEXO 7: normas do capítulo 2 – revista Neotropical Biology and Conservation.

Table 1. Summary statistic for different taxa and their percentage of explication in both within and between water types. The signal (-) indicates taxa presents without participation of percentage in the separation.

Taxa	Genus	White water %	Clear water %	White vs Clear water %
Plecoptera				
Perlidae		3.75	5.16	3.21
	<i>Anacroneuria</i>	2.17	4.59	2.24
	<i>Macrogynoplax</i>	-	1.09	1.16
Trichoptera				
Calamoceratidae		-	2.55	2.75
	<i>Phylloicus</i>	-	2.55	1.83
Glossomatidae		-	-	-
	Glossomatidae 1	-	-	-
Helicopsychidae		-	3.40	2.44
	<i>Helicopsyche</i>	-	3.57	1.66
Hydropsychidae		-	10.30	5.48
	<i>Leptonema</i>	-	1.08	1.39
	<i>Smicridea</i>	-	9.46	3.64
	<i>Synoestropsis</i>	-	-	0.54
	<i>Macronema</i>	-	-	-
	<i>Macrostemum</i>	-	1.76	1.28
Leptoceridae		-	2.81	2.77
	<i>Nectopsyche</i>	-	-	0.63
	<i>Triplectides</i>	-	-	-
	<i>Oecetis</i>	-	2.27	1.47
Odontoceridae		-	4.95	4.43
	<i>Marilia</i>	-	5.08	2.98
Philopotamidae		-	-	1.24
	<i>Wormaldia</i>	-	-	0.64
	<i>Chimarra</i>	-	-	0.45
Polycentropodidae		-	-	1.33

Table 1. Cont.

	<i>genus a.</i>	-	-	0.44
	<i>Polypectropus</i>	-	-	-
	<i>Cyrnellus</i>	-	-	-
Seracostomatidae		-	-	-
	Seracostomatidae 1	-	-	-
Xiphocentronidae		-	-	1.40
	<i>Xiphocentron</i>	-	-	0.99
Coleoptera				
Eylaidae		-	-	-
	Eylaidae 1	-	-	-
Crysmelidae		-	-	-
	Crysmelidae 1	-	-	-
Curculionidae		-	-	-
	Curculionidae 1	-	-	-
Dytiscidae		-	-	-
	Dytiscidae 1	-	-	-
Elmidae		-	4.72	4.36
	<i>Neoelmis</i>	-	4.56	2.86
	<i>Heterelmis</i>	-	-	-
Scirtidae		-	-	-
	<i>Prionocyphon</i>	-	-	-
Halplidae		1.84	-	1.03
	Halplidae 1	1.97	-	-
Helodidae		-	-	0.95
	<i>Cyphon</i>	-	-	0.65
Hydrophilidae		-	-	-
	<i>Tropisternus</i>	-	-	0.35
Noteridae		1.67	-	-

Table 1. Cont.

	Noteridae 1	1.72	0.90	-
Ptilodactylidae		-	4.72	4.36
	Ptilodactylidae 1	-	4.89	2.95
Scirtidae		-	-	-
	Scirtidae 1	-	-	-
Diptera				
Ceratopogonidae		-	3.80	2.75
	Ceratopogonidae 1	-	4.01	1.89
Tanypodinae		2.47	7.70	3.52
	<i>Ablabesmyia</i>	-	3.72	1.87
	<i>Denopelopia</i>	-	-	-
	<i>Larsia</i>	-	-	0.38
	<i>Pentaneura</i>	-	-	0.54
	<i>Zavreliomyia</i>	-	-	0.38
	<i>Coelotanypus</i>	-	-	0.54
	<i>Djalmabatista</i>	-	-	0.37
	<i>Procladius</i>	-	-	0.36
Orthoclaadiinae		4.90	7.72	3.39
	<i>Corynoneura</i>	-	-	-
	<i>Thienemanniella</i>	-	-	0.53
	<i>Parametriocnemus</i>	-	0.80	1.07
	<i>Cricotopus</i>	-	-	0.40
Chironominae		6.03	7.48	3.05
	<i>Beardius</i>	-	-	0.78
	<i>Chironomus</i>	-	-	0.39
	<i>Endotribelos</i>	1.76	2.34	1.43
	<i>Fissimentum</i>	-	-	-
	<i>Goeldichironomus</i>	-	-	0.81

Table 1. Cont.

	<i>Harnischia</i>	-	-	-
	<i>Lauterborniella</i>	-	-	-
	<i>Oukuliella</i>	-	-	-
	<i>Nilothauma</i>	-	-	-
	<i>Paratendipes</i>	-	-	0.41
	<i>Polypedilum</i>	1.67	2.66	1.33
	<i>Complexo Harnischia</i>	-	-	-
	<i>Stenochironomus</i>	0.94	0.86	1.14
	<i>Calodomyia</i>	-	-	1.03
	<i>Nimbocera</i>	-	1.14	1.12
	<i>Rheotanytarsus</i>	2.58	2.36	1.63
	<i>Tanytarsini</i>	-	1.93	1.37
	<i>Tanytarsus</i>	-	2.34	1.48
Culicidae		-	-	1.99
	Culicidae 1	-	1.86	1.42
Dixidae		-	-	-
	Dixidae 1	-	-	-
Dolichopodidae		-	-	-
	Dolichopodidae 1	-	-	-
Ephydriidae		-	-	0.70
	Ephydriidae 1	-	-	-
Muscidae		-	-	-
	Muscidae 1	-	-	-
Sciomyzidae		-	-	0.82
	Sciomyzidae 1	-	-	0.58
Simuliidae		-	1.87	2.72
	<i>Simulium</i>	-	2.06	1.92
Syrphidae		-	-	-

Table 1. Cont.

	Syrphidae 1	-	-	-
Tabanidae		-	-	-
	Tabanidae 1	-	-	-
Tanyderidae		-	-	-
	Tanyderidae 1	-	-	-
Thaumaleidae		-	-	-
	Thaumaleidae 1	-	-	-
Tipulidae		-	4.16	2.32
	Tipulidae 1	-	-	1.58
Ephemeroptera				
Baetidae		-	-	1.41
	<i>Americanbaetis</i>	1.12	-	0.88
	<i>Zelus</i>	-	-	-
Caenidae		6.27	-	3.12
	<i>Brasilocaenis</i>	6.71	-	2.16
Coloburiscidae		-	-	-
	Coloburiscidae 1	-	-	0.45
Leptohyphidae		-	-	-
	<i>Traverhyphes</i>	-	-	0.40
	<i>Tricorythodes</i>	-	-	0.56
Leptophlebiidae		20.21	6.71	2.88
	<i>Farrodes</i>	4.39	-	1.95
	<i>Fittkaulus</i>	-	-	0.66
	<i>Microphlebia</i>	-	-	-
	<i>Miroculis</i>	18.59	5.88	1.86
	<i>Perissophlebiodes</i>	-	-	0.53
	<i>Hagenulopsis</i>	-	-	0.76
	<i>Terdipes</i>	-	-	-

Table 1. Cont.

	<i>Thraulodes</i>	-	-	0.93
	<i>Ulmeritoides</i>	1.69	-	0.98
Polymitarceyidae		-	-	-
	Polymitarceyidae 1	-	-	-
Hemiptera				
Belostomatidae		2.06	-	1.58
	Belostomatidae 1	2.18	-	1.10
Corixidae		12.96	1.98	3.76
	Corixidae 1	13.58	2.09	2.59
Gerridae		-	-	-
	Gerridae 1	-	-	-
Nepidae		-	-	-
	Nepidae 1	-	-	-
Noteridae		-	-	1.32
	Noteridae 1	-	-	0.91
Veliidae		-	-	-
	Veliidae 1	-	-	-
Megaloptera				
Corydalidae		-	-	-
	<i>Corydalis</i>	-	-	-
	Corydalidae 1	-	-	-
Odonata				
Aeshnidae		-	-	-
	<i>Gynacantha</i>	-	-	0.53
Coenagrionidae		-	-	1.01
	<i>Argia</i>	-	-	-
	<i>Cyanallagma</i>	-	-	-
	<i>Oxyagrion</i>	-	-	-

Table 1. Cont.

Dicteriadidae	-	-	-
<i>Heliocharis</i>	-	-	-
Cordulidae	-	-	-
<i>genus a</i>	-	-	0.42
Gomphidae	12.41	7.89	1.41
<i>Agriogomphus</i>	5.76	0.96	1.67
<i>Aphylla</i>	-	-	0.41
<i>Desmogomphus</i>	-	-	-
<i>Gomphoides</i>	-	-	0.90
<i>Neogomphus</i>	-	-	-
<i>Peruviogomphus</i>	-	-	-
<i>Phyllocycla</i>	-	-	-
<i>Progomphus</i>	4.20	4.56	1.63
Polythoridae	-	2.77	2.19
<i>Chalcopteryx</i>	-	2.90	1.50
Perilestidae	3.08	-	2.00
<i>Perilestes</i>	3.27	-	1.38
Protoneuridae	-	-	-
<i>Epipleoneura</i>	-	-	-
<i>Neoneura</i>	-	-	-
<i>Protoneura</i>	-	-	-
Megapodagrionidae	-	-	0.92
<i>Heteragrion</i>	-	-	0.53
<i>Oxystigma</i>	-	-	-
Libellulidae	-	-	2.00
<i>Brechmorhoga</i>	-	-	0.92
<i>genus a</i>	-	-	-
<i>Gynothemis</i>	-	-	-

Table 1. Cont.

	<i>Macrothemis</i>	-	-	-
	<i>Orthemis</i>	-	-	-
	<i>Perithemis</i>	-	-	0.39
Decapoda		13.16	-	-
	Trichodactylidae 1	13.96	-	3.35
Palaemonidae		-	-	1.97
	<i>Macrobranchium</i>	-	1.66	1.38
Nematodea		-	-	-
	Nematodea 1	-	-	-
Annelida				
Hirudinea		-	-	1.14
	Hirudinea 1	1.24	-	0.78
Oligochaeta		-	-	-
Gastropoda		-	-	1.33
	<i>Pomacea</i>	0.95	-	-

Tabela 2. Distribuição de freqüência das categorias amostradas na área norte do PNSD em águas brancas de igarapés de 1ª e 2ª ordem.

Água branca	N	Min	Max	Soma	Média	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
FC1	10	0	40	198	19,8	10,95	18,50	0,13
FC2	10	7	68	354	35,4	21,63	29,00	0,23
FC3	10	16	69	331	33,1	15,04	31,50	1,10
FC4	10	0	1	1	0,1	0,32	0,00	2,28
GA1	10	0	3	9	0,9	1,10	0,50	0,62
GA2	10	0	8	16	1,6	2,37	1,00	1,88
GA3	10	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
GA4	10	1	19	88	8,8	6,53	7,00	0,47
GA5	10	18	74	419	41,9	16,53	41,00	0,28
GA6	10	0	1	1	0,1	0,32	0,00	2,28
GA7	10	0	3	14	1,4	0,97	1,50	-0,08
GA8	10	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
GA9	10	2	16	83	8,3	4,95	6,00	0,47
GA10	10	0	11	14	1,4	3,41	0,00	2,20
GA11	10	7	60	285	28,5	18,85	24,50	0,37
RES1	10	7	45	197	19,7	10,46	18,00	1,10
RES2	10	14	94	465	46,5	22,49	45,00	0,56
RES3	10	0	8	29	2,9	2,42	2,00	0,90
RES4	10	10	43	239	23,9	10,86	22,50	0,40
FLE1	10	2	37	182	18,2	9,94	17,00	0,33
FLE2	10	24	111	566	56,6	27,36	55,50	0,46
FLE3	10	8	47	182	18,2	12,24	13,50	1,35
CONS1	10	19	116	692	69,2	28,33	77,00	-0,17
CONS2	10	5	25	109	10,9	6,33	9,00	0,97
CONS3	10	0	21	45	4,5	6,74	1,00	1,41

Tabela 3. Distribuição de frequência das categorias amostradas na área norte do PNSD em águas claras de igarapés de 1ª e 2ª ordem.

Água clara	N	Min	Max	Soma	Média	Desvio padrão	Assimetria	Curtose
FC1	10	1	22	63	6,3	6,78	1,23	0,15
FC2	10	6	49	210	21	13,18	0,77	-0,57
FC3	10	70	372	1673	167,3	88,35	1,08	0,23
FC4	10	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
GA1	10	0	48	151	15,1	16,88	0,71	-1,11
GA2	10	0	5	12	1,2	1,69	1,10	-0,16
GA3	10	0	1	1	0,1	0,32	2,28	3,57
GA4	10	10	85	378	37,8	22,92	0,67	-0,76
GA5	10	18	117	365	36,5	29,41	1,99	2,64
GA6	10	0	12	24	2,4	3,63	1,75	1,99
GA7	10	0	10	20	2	2,98	1,83	2,25
GA8	10	0	2	2	0,2	0,63	2,28	3,57
GA9	10	18	108	581	58,1	34,01	0,25	-1,74
GA10	10	4	35	166	16,6	10,10	0,55	-1,10
GA11	10	0	46	146	14,6	14,74	0,91	-0,54
RES1	10	55	319	1253	125,3	77,43	1,38	1,09
RES2	10	20	71	387	38,7	14,91	0,81	-0,42
RES3	10	11	64	271	27,1	20,10	0,82	-1,08
RES4	10	0	22	34	3,4	6,62	2,18	3,25
FLE1	10	1	22	63	6,3	6,78	1,23	0,15
FLE2	10	20	84	489	48,9	23,24	0,24	-1,74
FLE3	10	63	328	1394	139,4	77,03	1,30	0,80
CONS1	10	47	163	1030	103	41,29	-0,14	-1,69
CONS2	10	20	262	635	63,5	72,82	1,97	2,56
CONS3	10	7	54	281	28,1	14,98	0,25	-1,37

Tabela 4. Autovalor e porcentagem de variação da ACP realizada com os atributos funcionais de comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Os eixos 1 e 2 (componente principal) explicam mais de 50% da variação nos igarapés.

Componente Principal	Autovalor	% Variação
1	8,2830	33,13
2	5,0102	20,04
3	3,1593	12,63
4	1,9131	7,65
5	1,8194	7,27
6	1,3274	5,30
7	1,0897	4,35
8	0,8876	3,55
9	0,6671	2,66
10	0,3307	1,32
11	0,2020	0,80
12	0,1143	0,45
13	0,0704	0,28
14	0,0444	0,17
15	0,0351	0,14
16	0,0228	0,09
17	0,0159	0,06
18	0,0050	2,00E-02
19	1,52E-03	6,09E-03

Tabela 5. Tabela com atributos dos táxons amostrados nos igarapés de águas claras e brancas da área norte do Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre, Brasil.

Família	Gênero	Grupo Alimentar	Forma do corpo	Respiração	Flexibilidade	Construtores
Chrysomelidae	Chrysomelidae 1	Predador/Coletor	Achatado	Espiráculo	Nenhuma	não-construtores
Curculionidae	Curculionidae 1	Raspador	Hidrodinâmico	Espiráculo	Nenhuma	não-construtores
Dytiscidae	Dytiscidae 1	Predador	Hidrodinâmico	Espiráculo	Nenhuma	não-construtores
Elmidae	<i>Neoelmis</i>	Coletor/detritívoro	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Heterelmis</i>	Coletor/detritívoro	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
Haliplidae	Haliplidae 1	Fragmentador	Hidrodinâmico	Brânquia	Nenhuma	não-construtores
Helodidae	<i>Cyphon</i>	Coletor	Cilíndrico	Espiráculo	Alta	não-construtores
Hydrophilidae	<i>Tropisternus</i>	Predador/coletor	Achatado	Espiráculo	Alta	não-construtores

Noteridae	Noteridae 1	Coletor	Hidrodinâmico	Espiráculo	Nenhuma	não-construtores
Ptilodactylidae	Ptilodactylidae 1	Fragmentador	Hidrodinâmico	Espiráculo	Nenhuma	não-construtores
Scirtidae	Scirtidae 1	Coletor	Cilíndrico	Espiráculo	Alta	não-construtores
Palaemonidae	<i>Macrobranchium</i>	Predador	Hidrodinâmico	Brânquia	Baixa	não-construtores
Ceratopogonidae	Ceratopogonidae 1	Predador/onívoro	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
Chironomidae	<i>Ablabesmyia</i>	Predador/onívoro	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Denopeloplia</i> cf.	Predador/onívoro	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Larsia</i>	Predador/onívoro	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Pentaneura</i>	Predador/onívoro	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Zavreliomyia</i>	Predador/onívoro	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Coelotanypus</i>	Predador	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Djalmabatista</i>	Predador	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Procladius</i>	Predador	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Corynoneura</i>	Predador/onívoro/coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Thienemanniella</i>	Predador/onívoro/coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Parametricnemus</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Cricotopus</i>		Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Chironomus</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento/túbulos	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Endotribelos</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Fissimentum</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Goeldichironomus</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Harnischia</i>	Coletor Predador/onívoro/coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Lauterborniella</i>		Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Oukuliella</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Nilothauma</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Paratendipes</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Polypedilum</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Complexo Harnischia</i>	Coletor Predador/onívoro/coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Stenochironomus</i>		Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Caladomyia</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Tanytarsus/Nimbocera</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Rheotanytarsus</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	Tanytarsini spp.	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Tanytarsus</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica
Culicidae	Culicidae 1	Coletor Predador/coletor	Cilíndrico	Espiráculo	Alta	não-construtores

Dixidae	Dixidae 1	Coletor	Cilíndrico	Espiráculo	Alta	não-construtores
Dolichopodidae	Dolichopodidae 1	Predador	Cilíndrico	Espiráculo	Alta	não-construtores
Ephydriidae	Ephydriidae 1	Coletor	Cilíndrico	Túbulos	Alta	não-construtores
Muscidae	Muscidae 1	Predador/onívoro/coletor	Cilíndrico	Espiráculo	Alta	não-construtores
Sciomyzidae	Sciomyzidae 1	Parasitóide (predador?)	Cilíndrico	Espiráculo	Alta	não-construtores
Simuliidae	<i>Simulium</i>	Coletor	Cilíndrico	Tegumento	Alta	não-construtores
Syrphidae	Syrphidae 1	Coletor	Cilíndrico	Túbulos	Alta	não-construtores
Tabanidae	Tabanidae 1	Predador/onívoro	Cilíndrico	Espiráculo	Alta	não-construtores
Thaumaleidae	Thaumaleidae 1	Coletor	Cilíndrico	Espiráculo	Alta	não-construtores
Tipulidae	Tipulidae 1	Predador/onívoro/coletor	Cilíndrico	Espiráculo	Alta	não-construtores
Thaumaleidae	Thaumaleidae 1	Predador	Cilíndrico	Plastão	Alta	não-construtores
Tipulidae	Tipulidae 1	Predador/fragmentador	Cilíndrico	Plastão	Alta	não-construtores
Baetidae	<i>Americanbaetis</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Zelusia</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Caenidae	<i>Brasilocaenis</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Leptohyphidae	<i>Traverhyphes</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Tricorythodes</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Fittkaulus</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Microphlebia</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Miroculis</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Perissophlebiodes</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Hagenulopsis</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Terpides</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Thraulodes</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Ulmeritoides</i>	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Polymitarcyidae	Polymitarcyidae 1	Coletor	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Belostomatidae	Belostomatidae 1	Predador	Achatado	Espiráculo	Nenhuma	não-construtores
Corixidae	Corixidae 1	Herbívoro	Hidrodinâmico	Espiráculo	Nenhuma	não-construtores
Gerridae	Gerridae 1	Predador	Hidrodinâmico	Espiráculo	Nenhuma	não-construtores
Nepidae	Nepidae 1	Predador	Hidrodinâmico	Espiráculo	Nenhuma	não-construtores
Veliidae	Veliidae 1	Predador	Hidrodinâmico	Espiráculo	Nenhuma	não-construtores
Corydalidae	<i>Corydalus</i>	Predador	Achatado	Tegumento	Baixa	não-construtores
	Corydalidae 1	Predador	Achatado	Tegumento	Baixa	não-construtores
Aeshnidae	<i>Gynacantha</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Coenagrionidae	<i>Argia</i>	Predador	Cilíndrico	Tegumento	Baixa	não-construtores
	<i>Cyanallagma</i>	Predador	Cilíndrico	Tegumento	Baixa	não-construtores
	<i>Oxyagrion</i>	Predador	Cilíndrico	Tegumento	Baixa	não-construtores
Dieteriidae	<i>Heliocharis</i>	Predador	Cilíndrico	Tegumento	Baixa	não-construtores
Cordulidae	Cordulidae 1	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Gomphidae	<i>Agriogomphus</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Aphylla</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Desmogomphus</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Gomphoides</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Neogomphus</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Peruviogomphus</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores

	<i>Phyllocycla</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Progomphus</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Polythoridae	<i>Chalcopteryx</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Perilestidae	<i>Perilestes</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Protoneuridae	<i>Epipleoneura</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Neoneura</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Protoneura</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Megapodagrionidae	<i>Heteragrion</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Oxystigma</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	Libellulidae 1	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Gynothemis</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Macrothemis</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Orthemis</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	<i>Perithemis</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	Predador	Achatado	Brânquia	Baixa
<i>Macrognoplix</i>		Predador	Achatado	Brânquia	Baixa	não-construtores
Calamoceratidea	<i>Phylloicus</i>	Fragmentador	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
Glossomatidae	Glossomatidae 1	Herbívoro	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	Herbívoro	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	Coletor/filtrador	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Smicridea</i>	Coletor/filtrador	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Synoestropsis</i>	Coletor/filtrador	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Macronema</i>	Coletor/filtrador	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Macrostemum</i>	Coletor/filtrador	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
Leptoceridea	<i>Nectopsyche</i>	Herbívoro	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Tripectides</i>	Coletor/Fragmentador	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
	<i>Oecetis</i>	Predador	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
Odontoceridae	<i>Marilia</i>	Herbívoro	Cilindrico	Brânquia	Alta	construtores de matéria orgânica
Philopotamidae	<i>Wormaldia</i>	Coletor/filtrador	Cilindrico	Tegumento	Alta	construção areia
	<i>Chimarra</i>	Coletor/filtrador	Cilindrico	Tegumento	Alta	construção areia
Polycentropodidae	Polycentropodidae 1	Coletor/filtrador	Cilindrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Polyplectropus</i>	Predador	Cilindrico	Tegumento	Alta	não-construtores
	<i>Cyrnellus</i>	Coletor/filtrador	Cilindrico	Tegumento	Alta	não-construtores
Sericostomatidae	Sericostomatidae 1	Fragmentador	Cilindrico	Brânquia	Alta	construção areia
Xiphocentronidae	<i>Xiphocentron</i>	Raspador	Cilindrico	Tegumento	Alta	construtores de matéria orgânica

Normas para os Artigos 1 (Hydrobiologia - 2008).

Additional information

Aims and Scope

Hydrobiologia publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of Hydrobiologia comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and –oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test–objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope. All papers should be written in English. THERE IS NO PAGE CHARGE, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

Editorial Policy

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English–speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor–in–chief. Hydrobiologia endeavours to publish any paper within 6 months of acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.

Categories of Contributions

There are four categories of contributions to Hydrobiologia:

[1.] Primary research papers generally comprise up to 25 printed pages (including tables, figures and references) and constitute the bulk of the output of the journal. These papers MUST be organized according to the standard structure of a scientific paper:

Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figure captions.

[2.] Short research notes, 2–4 printed pages, present concise information on timely topics. Abstract, key words and references are required; the remainder is presented as continuous text.

[3.] Review papers, and Taxonomic revisions are long papers; prospective authors should consult with the editor before submitting such a long manuscript, either directly or through a member of the editorial board. Review papers may have quotations (text and illustrations) from previously published work, but authors are responsible for obtaining copyright clearance wherever this applies.

[4.] Opinion papers reflect authors' points of view on hot topics in aquatic sciences. Such papers can present novel ideas, comments on previously published work or extended book reviews.

Electronic Figures

Electronic versions of your figures must be supplied. For vector graphics, EPS is the preferred format. For bitmapped graphics, TIFF is the preferred format. The following resolutions are optimal: line-figures – 600 – 1200 dpi; photographs – 300 dpi; screen dumps – leave as is. Colour figures can be submitted in the RGB colour system. Font-related problems can be avoided by using standard fonts such as Times New Roman, Courier and Helvetica.

Colour Figures

Springer offers two options for reproducing colour illustrations in your article. Please let us know what you prefer: 1) Free online colour. The colour figure will only appear in colour on www.springer.com and not in the printed version of the journal. 2) Online and printed colour. The colour figures will appear in colour on our website and in the printed version of the journal. The charges are EUR 950/USD 1150 per article.

Language

We appreciate any efforts that you make to ensure that the language use is corrected before submission. This will greatly improve the legibility of your paper if English is not your first language.

Preparing the Manuscript

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

The Council of Biology Editors Style Manual (4th edition, 1978; available from the Council of Biology Editors, Inc., 9650 Rockville Pike, Bethesda, MD 20814, USA) is recommended as a vademecum for matters of style, form and for the use of symbols and units (see <http://www.lib.ohio-state.edu/guides/cbegd.html>).

The conventions of the International Union of Pure and Applied Chemistry, and the recommendations of the IUPAC–IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature should be applied for chemical nomenclature (see <http://www.hgu.mrc.ac.uk/Softdata/Misc/ambcode.htm>).

The contents of manuscripts should be well–organized. Page one should show the title of the contribution, name(s) of the author(s), address(es) of affiliation(s) and up to six key words. The first page should also include the following statement: "This paper has not been submitted elsewhere in identical or similar form, nor will it be during the first three months after its submission to *Hydrobiologia*." The abstract should appear on page two. The body of the text should begin on page three. Names of plants and animals and occasional expressions in Latin or Greek should be typed in italics. All other markings will be made by the publisher.

Authors are urged to comply with the rules of biological nomenclature, as expressed in the International Code of Zoological Nomenclature, the International Code of Botanical Nomenclature, and the International Code of Nomenclature of Bacteria. When a species name is used for the first time in an article, it should be stated in full, and the name of its describer should also be given. Descriptions of new taxa should comprise official repository of types (holotype and paratypes), author's collections as repositories of types are unacceptable.

References

References in the text will use the name and year system: Adam & Eve (1983) or (Adam & Eve, 1983). For more than two authors, use Adam et al. (1982). References to a particular page, table or figure in any published work is made as follows: Brown (1966: 182) or Brown (1966: 182, fig. 2). Cite only published items; grey literature (abstracts, theses, reports, etc) should be avoided as much as possible. Papers which are unpublished or in press should be cited only if formally accepted for publication.

References will follow the styles as given in the examples below, i.e. journals are NOT abbreviated (as from January 2003), only volume numbers (not issues) are given, only normal fonts are used, no bold or italic.

Engel, S. & S. A. Nichols, 1994. Aquatic macrophytes growth in a turbid windswept lake. *Journal of Freshwater Ecology* 9: 97–109.

Horne, D. J., A. Cohen & K. Martens, 2002. Biology, taxonomy and identification techniques. In Holmes, J. A. & A. Chivas (eds), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union, Washington DC: 6–36.

Maitland, P. S. & R. Campbell, 1992. *Fresh Water Fishes*. Harper Collins Publishers, London.

Tatrai, I., E. H. R. R. Lammens, A. W. Breukelaar & J. G. P. Klein Breteler, 1994. The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie* 131: 309–320.

Normas para o Artigo 2 (Neotropical Biology and Conservation - 2008).

Form and preparation of manuscripts

Authors can minimize the delay between final acceptance and paper printing by preparing the paper according to the following rules. Submitted articles should be written in English, Spanish or Portuguese and typed double-spaced on A4 sized paper. There is no maximum length for papers. The manuscript must be provided in PC Word for Windows or Rich text format (rtf). All manuscripts must contain, in the following order:

- Title in English and in the original language;
- Abstract in English and in the original language. The abstract must not exceed 20 lines;
- Minimum of 3 key words in English and in the original language;
- Introduction, Material and Methods, Results, Discussion/Conclusion and [optional] Acknowledgements.

Literature references

Should have the following form: “Hatschek (1877) described...” or “The statement by Hatschek (1877, p. 506)” or “As described earlier (Hatschek, 1877; Reed and Cloney, 1983a, b; Walstad *et al.*, 1970)...”

Bibliographic references

Should be complete, as the examples below:

KIMETZKE, D. and PELZ, D.R. 1992. Nest counts versus trapping in ant surveys: influence on diversity. *In*: J. BILLEN (ed.), *Biology and Evolution of Social Insects*. Leuven, Leuven University Press, p. 171-179.

FONTANETTI, C.S. 1990. Meiotic prophase in Diplopoda. *Revista Brasileira de Genética*, **13**:697-704.

HÖLLDOBLER, B. and WILSON, E.O. 1990. *The ants*. Cambridge, Belknap Press of Harvard University Press, 732 p.

FERNANDES JR., A.; SIGIZAKI, M.F.; FOGO, M.L.; FUNARI, J.R.C. and LOPES, C.A.M. 1995. In vitro activity of propolis against bacterial and yeast pathogens isolated from human infections. *The Journal of Venomous Animals and Toxins*, **2**:63-69. Disquete 3,5'.

On-line references must inform: Available at <http://...>; accessed on yyyy/mm/dd.

Figures

Must be in original format considering the final resolution of 300 dpi. All lettering in the figures should be large enough to permit legibility once it is reduced. Captions should not be included in the pictures, to avoid conflicts with the final typeset captions. If a figure is essentially composed of text (e.g., tables) then it should not be drawn, but typed inside the main text. The authors must number figures and tables, to avoid ambiguities in the text. For instance, use “Figure X” instead of “the figure below”.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)