

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

Estrutura espacial das comunidades de Ephemeroptera HAECKEL, 1896
(Insecta) em riachos da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar, Estado
de São Paulo

Ana Emilia Siegloch

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP,
como parte das exigências para a obtenção
do título de Doutor em Ciências, Área:
Entomologia

RIBEIRÃO PRETO - SP

2010

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

Estrutura espacial das comunidades de Ephemeroptera HAECKEL, 1896
(Insecta) em riachos da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar, Estado
de São Paulo

Ana Emilia Siegloch

Orientador: Dr. Claudio Gilberto Froehlich

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP,
como parte das exigências para a obtenção
do título de Doutor em Ciências, Área:
Entomologia

RIBEIRÃO PRETO - SP

2010

Ficha Catalográfica

Siegloch, A.E.

Estrutura espacial das comunidades de Ephemeroptera
HAECKEL, 1896 (Insecta) em riachos da Serra da Mantiqueira e da
Serra do Mar, Estado de São Paulo/ Ana Emilia Siegloch, Ribeirão
Preto, SP, 2010,

123p. il., 30cm.

Orientador: Dr. Claudio Gilberto Froehlich

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências,
Área Entomologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto/ Universidade de São Paulo.

1. Ephemeroptera 2. Inventário faunístico 3. Riqueza
4. Distribuição espacial 5. Estado de São Paulo 6. Região montanhosa

*Ao meu amor Rodrigo Ribacínko,
pela nossa história*

Agradecimentos

Ao Professor Dr. Claudio Gilberto Froehlich, meu orientador, um enorme obrigado em especial pela orientação, confiança depositada no meu trabalho e amizade. Agradeço também pelo valioso convívio durante esses seis anos e pelos ensinamentos, que vou levar pra vida toda.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pela concessão da bolsa de doutoramento (2005/59778-4) e apoio financeiro ao projeto temático. O presente estudo está ligado ao programa BIOTA/FAPESP, fazendo parte do projeto temático: “Levantamento e Biologia de Insecta e Oligochaeta aquáticos de sistemas lóticos do estado de São Paulo” coordenado pelo Professor Dr. Claudio Gilberto Froehlich, processo n° 200310517-9.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão dos primeiro quatro meses de bolsa do doutorado.

À Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, através do Programa de Pós-Graduação em Entomologia.

Ao Professor Dr. Eduardo Domínguez pela acolhida em seu laboratório no Instituto Miguel Lillo, Universidade Nacional de Tucumán, Argentina, pelos ensinamentos sobre a ordem Ephemeroptera e pelo auxílio na identificação das espécies de Leptophlebiidae e confirmação de algumas larvas. Agradeço também ao Dr. Carlos Molineri pelo auxílio na identificação das espécies de Leptohyphidae e Polymitarciidae e à Dra. Carolina Nieto pela confirmação de alguns gêneros de Baetidae. Agradeço também as *chicas*, em especial a Priscila Powell e Magnólia Longo-Sánchez, pela acolhida no laboratório durante minha estada em Tucumán.

À Dra. Marcia Spies, Dr. Tiago Gomes dos Santos e Professor Dr. Pitágoras C. Bispo pelas sugestões ao delineamento amostral do trabalho, por me atender prontamente quando tive dúvidas em relação às análises estatísticas e pelas demais valiosas contribuições ao trabalho.

Ao Professor Dr. Marcel Tanaka pelas sugestões e auxílio nas análises do segundo capítulo.

À Dra. Marcia Spies pela generosidade em ceder as larvas e alados de Ephemeroptera coletados durante o seu doutorado no Parque Estadual de Campos do Jordão para complementar o inventário faunístico da área.

As gurias, Márcia, Karina e Melissa, pela inestimável ajuda na localização dos riachos e auxílio na coleta do material. Obrigada por enfrentar as árduas trilhas durante o dia para a coleta dos imaturos e ainda ter disposição para a coleta noturna. Agradeço também ao motorista Cristovão Inácio dos Santos pelo auxílio prestado no campo.

Ao Marco Antonio Púpio, Marcos Yamamoto, João Paulo Villani e Sueli Lorejan, diretores dos parques, pelo apoio logístico.

Ao Marcos Vinícius Miranda Picc e Daniela Picc, Sebastião Amadeu Braz e José Donizeti Braz pelo apoio logístico e auxílio na localização dos riachos da Região de Pindamonhangaba. Agradeço também aos proprietários Nuicéia Vieira e Antônio Jardim que autorizaram a coleta de material em riachos situados em suas propriedades particulares.

À Renata Cavallari e Vera Orlandini, secretárias do curso de pós-graduação, pela amizade e inestimável ajuda em resolver os problemas burocráticos.

À Miriam Cristina Osório de Souza, secretária do projeto temático, pelo auxílio e amizade.

Aos efemeropterólogos, Dr. Cleber Polegatto, Dr. Rodolfo Mariano e Dr. Frederico Salles pela troca de informações sobre as efêmeras.

À Polyanna Bispo pelo auxílio na construção do mapa hidrográfico.

Aos integrantes do projeto temático BIOTA/FAPESP, em especial às Professoras Dra. Alaíde Gessner, Dra. Susana Strixino e ao Professor Dr. Fábio Roque, pelos ensinamentos e contribuições ao trabalho. Agradeço também a Melissa, Márcia de São Carlos, Priscilla e Lívia pelo apoio, pelos Ephemeroptera esquisitos e principalmente pela amizade.

Aos colegas do laboratório de Entomologia Aquática, Adolfo, Fábio, Humberto, Karina, Luis Carlos, Lucas, Marcia, Rafael, Rodolfo e Vera, pela amizade, por toda ajuda prestada e momentos de descontração.

Aos colegas do curso de pós-graduação pela amizade e agradáveis conversas.

Aos meus queridos amigos, Marcia, Tiago, Karina, Marcel, Fernanda, Camila e Claudia, pelo companheirismo, amizade, incentivo e pelos diversos momentos de descontração.

Aos meus familiares, em especial aos meus amados pais, Evaldo e Irmgard Siegloch, por me ensinarem desde criança a importância do estudo, pelo sacrifício financeiro que sempre fizeram por mim e meu irmão para possibilitar a nossa formação, por compreender a minha ausência e principalmente pelo incontestável apoio e incentivo em todos os momentos. Aos meus irmãos, Anelise e Ernani, pelo carinho, incentivo e apoio incondicional. A minha sogra Maria José e cunhado Danilo, pelo carinho e acolhida na família.

Ao meu guri, Rodrigo Ribacinko, pelo amor, companheirismo, amizade, incentivo e por ser essa pessoa tão importante e especial em minha vida. Agradeço especialmente pela ajuda em resolver os entraves estatísticos e por estar ao meu lado, me apoiando e ajudando nos momentos mais difíceis.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, mas que infelizmente foram esquecidas.

Sumário

Resumo Geral	9
General Abstract.....	11
Introdução geral.....	13
Bibliografia	18
Capítulo I: Composição taxonômica de Ephemeroptera Haeckel (Insecta) da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar, sudeste do Brasil	22
Resumo	22
Abstract.....	23
Introdução.....	24
Área de Estudo	26
Material e Métodos	30
<i>Metodologia de coleta</i>	30
<i>Análise dos Dados</i>	33
Resultados.....	34
Discussão	42
Bibliografia	46
Capítulo II: Estrutura espacial das comunidades de larvas de Ephemeroptera em áreas montanhosas do sudeste do Brasil considerando múltiplas escalas.....	54
Resumo	54
Abstract.....	55
Introdução.....	56

Área de Estudo	58
Materiais e Métodos	61
<i>Desenho amostral</i>	61
<i>Metodologia de coleta</i>	62
<i>Análise dos dados</i>	63
Resultados.....	66
Discussão	76
Bibliografia	81
Anexo.....	87

Capítulo III: Influência das variáveis ambientais sobre a estrutura das comunidades de larvas de Ephemeroptera em região montanhosa do sudeste do Brasil 89

Resumo	89
Abstract.....	90
Introdução.....	91
Área de Estudo	93
Material e Métodos	96
<i>Análise dos dados</i>	100
Resultados.....	103
Discussão	108
Bibliografia	115
Considerações finais.....	122

Resumo Geral

Este estudo teve como objetivos, i) investigar a composição taxonômica das duas vertentes da Serra da Mantiqueira (Parque Estadual de Campos do Jordão e Região de Pindamonhangaba) e da Serra do Mar (Núcleos Santa Virgínia e Picinguaba), com base na coleta de larvas e alados, ii) analisar quais as escalas espaciais (mesohábitat, riacho, vertente e serra) que melhor estruturam as comunidades de Ephemeroptera e iii) identificar e quantificar as variáveis ambientais que influenciam as comunidades de larvas de Ephemeroptera. Considerando o esforço conjunto de todos os métodos de coleta foram registradas oito famílias 33 gêneros e 21 espécies, das quais oito famílias 28 gêneros e 18 espécies na Serra da Mantiqueira e sete famílias 30 gêneros e 15 espécies no Parque Estadual da Serra do Mar. As duas serras apresentaram uma porção bastante significativa da riqueza taxonômica do Brasil, 41% e 45% dos gêneros e 80% e 70% das famílias, respectivamente. A alta riqueza registrada no estudo pode ser relacionada à metodologia de coleta empregada que abrangeu a coleta de larvas e alados e explorou diversos mesohabitats e riachos. Considerando todo o modelo hierárquico, houve variação significativa da riqueza e abundância das comunidades entre as quatro vertentes e os mesohabitats pedra e folha/corredeira. No entanto, a maior variação ocorreu entre as réplicas de um mesmo mesohábitat, refletindo o padrão de distribuição agregada das comunidades de Ephemeroptera. A maior riqueza foi encontrada no mesohábitat pedra/corredeira e na vertente que abrange o Núcleo Santa Virgínia. A ordenação mostrou tendência de segregação das amostras de cada vertente e tipo de mesohábitat. Essa tendência de segregação foi corroborada pela análise de variância multivariada (Permanova). Assim, a estrutura espacial das comunidades de larvas de Ephemeroptera parece predita pelos fatores ambientais da escala local ligadas aos mesohabitats e pelos fatores de maior magnitude da escala regional, associados às vertentes. A Análise de Redundância (RDA) evidenciou a altitude, condutividade elétrica, temperatura da água e

largura como as variáveis ambientais locais que mais contribuíram para explicar a estrutura das comunidades. No entanto, as variáveis ambientais locais explicaram apenas 19,3% da variabilidade na abundância dos gêneros, 7,9% da variabilidade foi explicada pelas variáveis ambientais indissociáveis da matriz geográfica, 23,4% foi explicada pela posição geográfica dos riachos e 49,4% permaneceu inexplicada. Os resultados encontrados nesse estudo destacam a contribuição semelhante das variáveis ambientais locais e da posição geográfica dos riachos na estruturação das comunidades, indicando que além das variáveis ambientais locais os processos biológicos contagiosos, como dispersão, também influenciaram a estrutura das comunidades de larvas de Ephemeroptera na região estudada.

Palavras-chaves: inventário faunístico, riqueza estimada, distribuição espacial, Estado de São Paulo, região montanhosa.

General Abstract

The purpose of this study was to i) inventory the taxonomic composition the mayfly fauna, larva and adult, in two slopes of the Mantiqueira Mountains (Campos do Jordao State Park and Pindamonhangaba Region) and of the Serra do Mar (Santa Virginia and Picinguaba Nuclei), located in São Paulo State, ii) analyze the spatial scales (mesohabitat, stream, slope and mountain) that best explain the spatial structure of Ephemeroptera assemblages and iii) identify and quantify the environmental variables that affects the communities of Ephemeroptera larvae. In all, 8 families, 33 genera and 21 species of Ephemeroptera were recorded. In the Serra da Mantiqueira 8 families, 28 genera and 18 species were found and in the Serra do Mar, 7 families, 30 genera and 15 species. Both mountains had a very significant portion of the genera reported to Brazil (41% and 45% of genera and 80% and 70% of families, respectively). The high Ephemeroptera richness in the areas may be related to the sampling methodology used, that included the collection of larvae and adults and explored several kinds of mesohabitats and streams. Considering the entire hierarchical model, there was a significant variation in both richness and abundance of the assemblages among the four slopes and between stone and leaf mesohabitats. Moreover, the highest variation in richness and abundance occurred among the samples from the same mesohabitat, which reflects the clumped distribution pattern of the assemblages of Ephemeroptera. Stone was the mesohabitat with the highest estimated richness, similarly Santa Virginia Nucleus was the slope with highest estimated richness. The ordination showed a trend of segregation of samples from slopes and mesohabitats, this trend was confirmed by multivariate analysis of variance (Permanova). Thus, the spatial structure of the assemblages seems predicted by environmental factors of local scale related to mesohabitats and the features of regional scale, associated with slopes. The Redundancy Analysis (RDA) showed elevation, electrical conductivity, water temperature and width as the local environmental variables that contributed most to explain the spatial structure of communities. However, local environmental factors explained only 19.3% of the data variability, 7.9% of the

data variability was explained by environmental variables inseparable from the geographical matrix, 23.4% was explained by the geographical location of streams and 49.4% remained unexplained. The results of this study showed the similar contribution of local environmental variables and the geographic location in the community structure, indicating that the biological processes, as dispersal, also influenced the structure of the assemblages of Ephemeroptera larvae.

Keywords: faunal survey, estimated richness, spatial distribution, São Paulo State, mountain region.

Introdução geral

O ecossistema lótico, ambiente de água corrente, consiste em sistema de tributários que formam uma bacia hidrográfica, com dinâmica de importação e exportação de nutrientes, energia e água, sendo considerado um ambiente bastante heterogêneo com vários habitats. O ambiente lótico pode ser classificado de acordo com o número de afluentes que recebe. Uma classificação muito usada entre os pesquisadores é a classificação de Strahler (1957), que utiliza o número de afluentes que um riacho recebe ao longo de seu curso para quantificar o tamanho. Assim, uma nascente, riacho que não possui afluente, é considerado de 1ª ordem. Quando este riacho se encontra com outro de 1ª ordem forma um riacho de 2ª ordem, e assim sucessivamente. O aumento da categoria somente ocorre quando um riacho recebe outro de igual ordem.

O ecossistema lótico possui grande diversidade de fauna, sendo os insetos os organismos mais frequentes (Hynes 1970). Os insetos, embora sejam essencialmente terrestres, no decorrer da evolução várias linhagens invadiram o ambiente aquático através de processos evolutivos independentes, assumindo diferentes estratégias adaptativas, em relação à morfologia e respiração, para a conquista desse meio (Hynes 1970, Merritt & Cummins 1996). Dessa maneira, os insetos aquáticos caracterizam-se pela dependência total ou parcial da água durante seu desenvolvimento. Entre a entomofauna aquática, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera e Megaloptera constituem as ordens de insetos cujo desenvolvimento das larvas ocorre exclusivamente na água, com exceção de algumas poucas espécies que são terrestres (Merritt & Cummins 1996).

A ordem Ephemeroptera é considerada um dos grupos mais antigos entre os insetos alados recentes, para alguns autores pertencem juntamente com Odonata à condição paleóptera (Kukalová-Peck 1991), já outros autores consideram Paleoptera um grupo parafilético (Kristensen 1981). A incapacidade de dobrar as asas sobre o abdome quando em repouso (articulação primitiva da base da asa com o tórax), a presença de dez segmentos abdominais e a pouca redução das nervuras alares são características

consideradas primitivas que persistem na ordem (Elouard et al. 2003). Além disso, apresentam uma característica única entre os insetos, um estágio alado entre a larva e o adulto denominado subimago. Considerando a evolução morfológica do grupo, os imaturos são mais diversificados quanto à morfologia e modo de vida do que os alados. De acordo com Resh & Rosenberg (1984) isso ocorre porque os organismos passam grande parte do ciclo de vida na água, onde sofrem a maior parte das pressões seletivas, ao contrário dos estágios alados que são curtos. A efemeridade dos alados é devido à única função do adulto, a reprodução. Assim, o processo de seleção natural tem resultado em adultos com adaptações direcionadas apenas a reprodução, com aparelho bucal atrofiado e, em algumas espécies, pernas vestigiais, exceto as pernas anteriores dos machos que são adaptadas para segurar as fêmeas durante a cópula (Edmunds et al. 1976).

Os Ephemeroptera possuem ampla distribuição geográfica, ausentes somente na Antártica, extremo Ártico e algumas ilhas oceânicas (Edmunds et al. 1976). A ordem é relativamente pequena, representada por cerca de 3000 espécies conhecidas no mundo, distribuídas em 42 famílias e 400 gêneros, sendo a maior diversidade encontrada na região neotropical (Barber-James et al. 2008). Na América do Sul até 2009 foram reportadas 452 espécies, 105 gêneros e 14 famílias (Domínguez & Fernández 2009) e para o Brasil, a última *checklist* reportou 211 espécies, 68 gêneros e 10 famílias (Salles 2010).

As larvas de Ephemeroptera ocorrem em uma ampla variedade de ambientes aquáticos, ocupando praticamente todos os habitats disponíveis. No entanto, a maior diversidade é encontrada no ambiente lótico, com substrato pedregoso e em riachos montanhosos de pequena e média ordem (Brittain 1982). As larvas constituem um importante componente das comunidades aquáticas, devido à sua grande abundância, diversidade, seu papel como consumidores primários e como fonte de alimento para a cadeia alimentar (Domínguez 1998). Assim, elas exercem uma importante função na dinâmica trófica do sistema lótico, auxiliando na ciclagem de nutrientes através do processamento de grandes quantidades de matéria orgânica, além de, proporcionar recurso alimentar para os níveis tróficos superiores (Van Den Brink et al. 1994). Além disso, as

larvas são sensíveis às perturbações antrópicas e à condição de escassez de oxigênio da água (Ocón & Capítulo 2004), sendo utilizada juntamente com Plecoptera, Trichoptera e Coleoptera na avaliação de impactos e em programas de biomonitoramento.

As larvas possuem hábito alimentar coletor (filtrador ou catador) e raspador, sendo raras as espécies fragmentadoras e predadoras (Brittain 1982; Cummins & Klug 1979). Algumas espécies são capazes de modificar seu comportamento e dieta de acordo com a disponibilidade, apresentando grande flexibilidade na utilização dos recursos alimentares (Domínguez et al. 2006). Dentro da ordem, as modificações morfológicas do aparelho bucal são resultantes dos diferentes mecanismos usados na captura dos recursos alimentares (Brittain 1982).

Cummins & Klug (1979) estabeleceram para os insetos aquáticos cinco categorias funcionais alimentares, baseada nos mecanismos de aquisição do alimento e no tamanho das partículas ingeridas. De acordo com estes autores, os fragmentadores ingerem preferencialmente partículas de matéria orgânica grossa (CPOM) colonizadas por microorganismos e liberam partículas de matéria orgânica fina (FPOM) e ultrafina (UPOM). Essa categoria alimentar predomina em riachos com densa vegetação. Os coletores ingerem principalmente FPOM e UPOM, predominando com o aumento do tamanho dos riachos. Os coletores – filtradores se alimentam de partículas suspensas na coluna d'água e os catadores ingerem partículas depositadas no substrato. As larvas com hábito alimentar raspador ingerem perifíton e FPOM, habitando preferencialmente riachos de média ordem onde há produção primária. Os predadores ocorrem onde há presas, não sofrendo grandes alterações com o aumento do tamanho dos riachos (Cummins & Klug 1979, Vannote et al. 1980).

A distribuição das comunidades de macroinvertebrados aquáticos pode ser determinada por inúmeros fatores ambientais, associados a diferentes escalas espaciais e temporais. Entre os fatores espaciais locais, as variáveis dentro do riacho como velocidade da água, vazão, tipo de substrato, interações bióticas, disponibilidade alimentar, fatores químicos, ação antrópica, entre outras (e.g. Hynes 1970, Cummins & Klug 1979, Downes et

al. 1995, Bispo & Oliveira 2007) atuam sobre as comunidades aquáticas. Por outro lado, as variáveis associadas às grandes escalas espaciais, como uso do solo, condições climáticas, gradientes longitudinais e altitudinais, formação vegetacional, localização e também a localização geográfica entre os riachos influenciam a estrutura das comunidades de insetos aquáticos (e.g. Li et al. 2001, Miserendino 2001, Roque et al. 2003, Goulart & Callisto 2005, Galbraith et al. 2008). Apesar dos diversos estudos abordando a distribuição de macroinvertebrados aquáticos, ainda existem poucos trabalhos comparando a organização das comunidades dos macroinvertebrados em riachos, considerando múltiplas escalas, localizados em paisagens relativamente uniformes ou biomas (Minshall et al. 1983, Corkum 1991).

Diante da importância ecológica das larvas de Ephemeroptera ao ecossistema lótico, este grupo taxonômico motivou a investigação dos padrões de distribuição das comunidades de larvas em múltiplas escalas espaciais, considerando mesohabitats, riachos, vertentes e serras. A Serra da Mantiqueira e Serra do Mar foram escolhidas como objeto deste estudo pela grande diversidade de Ephemeroptera em riachos montanhosos e por apresentar entre as vertentes um interessante relevo, com diferenças climáticas, na formação vegetacional e na altitude em especial entre a vertente onde está situado o Parque Estadual de Campos do Jordão, com clima subtropical de altitude e floresta de Araucária e a vertente voltada para o Núcleo Picinguaba com clima tropical chuvoso, devido o efeito orográfico. Além disso, as duas serras são consideradas locais de extrema importância biológica, sendo áreas prioritárias para a conservação de invertebrados (SBF/MMA 2002) e abarcam uma importante área de conservação da Mata Atlântica, bioma que possui grande riqueza de espécies e altos índices de endemismo, porém é extremamente ameaçado pela ocupação humana.

Somado a isso, como parte do projeto temático “Levantamento e Biologia de Insecta e Oligochaeta Aquáticos de Sistemas Lóticos do Estado de São Paulo” (processo nº 2003/10517-9), o desenvolvimento desse estudo teve o intuito de gerar contribuições para ampliar o conhecimento taxonômico da ordem Ephemeroptera no Estado de São Paulo.

A tese foi organizada em três capítulos com a finalidade de facilitar a apresentação dos resultados obtidos perante os objetivos propostos e a posterior publicação desses manuscritos. No Capítulo I foi realizado um inventário faunístico da ordem Ephemeroptera nas vertentes pertencentes à Serra da Mantiqueira e Serra do Mar, baseado na coleta de larvas e alados. No Capítulo II foram avaliadas quais as escalas espaciais de um modelo amostral hierárquico que melhor estruturam as comunidades de larvas de Ephemeroptera. No Capítulo III foi investigada a influência das variáveis ambientais locais sobre a estrutura espacial das comunidades de larvas de Ephemeroptera. Além disso, nesse capítulo, a variabilidade da abundância explicada puramente pelas variáveis ambientais locais, pelas variáveis indissociáveis da posição geográfica dos riachos e pela matriz geográfica foi abordada e discutida.

Bibliografía

- Barber-James, H.M., Gattolliat, J.L., Sartori, M., & Hubbard, M.D. 2008. Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. **Hydrobiologia** **595**:339-350.
- Bispo, P.C. & Oliveira, L.G. 2007. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** **24**(2):283-293.
- Brittain, J.E. 1982. Biology of mayflies. **Annual Review of Entomology** **27**:119-147.
- Corkum, L.D. 1991. Spatial patterns of macroinvertebrate distribution along rivers in eastern deciduous forest and grassland biomes. **Journal of the North American Benthological Society** **10**(4):358-371.
- Cummins, K.W. & Klug, M.J. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. **Annual Review of Ecology and Systematics** **10**:147-1172.
- Domínguez, E. & Fernández, H.R. 2009. **Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología**. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, 656 p.
- Downes, B.J., Lake, P.S. & Schreiber, E.S.G. 1995. Habitat structure and invertebrate assemblages on stream stones – a multivariate view from riffles. **Australian Journal of Ecology** **20**:502-514.
- Edmunds Jr. G.F., Jensen S.L., Berner, L. 1976. **The Mayflies of North and Central America**. University of Minnesota Press, Minneapolis, 330 p.
- Elouard, J.M. Gattolliat, J.L. & Sartori, M. 2003. Ephemeroptera: Mayflies. In Goodman, S.M. & Benstead, J.P. (eds). **The Natural History of Madagascar**. University of Chicago Press, p. 639-645.
- Galbraith, H.S., Vaughn, E.C. & Meier, C.K. 2008. Environmental variables interact across spatial scales to structure trichopteran assemblages in Ouachita Mountain rivers. **Hydrobiologia** **596**:401-411.
- Goulart, M. & Callisto, M. Mayfly distribution along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, southeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia** **17**(1):1-13.

- Hynes, H.B.N. 1970. **The Ecology of Running Waters**. Liverpool University Press, 555p.
- Kristensen, N.P. 1981. Phylogeny of Insect Orders. **Annual Review of Entomology** 26:135-157.
- Kukalová-Peck, J. 1991. Fossil history and the evolution of hexapod structures. In: Naumann, I.D. ed. **The Insects of Australia**. 2nd vol.1. CSIRO, Melbourne University Press, Australia, 141-179.
- Li, J., Herlihy, A., Gerth, W., Kaufmann, P., Gregory, S., Urquhart, S. & Larsen, D.P. 2001. Variability in stream macroinvertebrates at multiple spatial scales. **Freshwater Biology** 46:87-97.
- Merritt, R.W. & Cummins, K.W. 1996. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3rded., Kendall/ Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, 862 p.
- Minshall, G.W., Petersen, R.C., Cummins, K.W., Bott, T.L., Sedell, J.R., Cushing, C.E. & Vannote, R.L. 1983. Interbiome comparison of stream ecosystem dynamics. **Ecological Monographs** 53(1):1-2.
- Ministério de Meio Ambiente e Secretaria de Biodiversidade e Florestas (MMA/SBF). 2000. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo e Instituto Estadual de Florestas-MG.
- Miserendino, M.L. 2001. Macroinvertebrate assemblages in Andean Patagonian rivers and streams: environmental relationships. **Hydrobiologia** 444:147-158.
- Resh, V.H. & Rosemberg, D.M. 1984. **The Ecology of Aquatic Insects**. Praeger Publishers, New York 625p.
- Roque, F.O., Trivinho-Strixino, S., Strixino, G., Agostinho, E.C. & Fogo, J.C. 2003. Benthic macroinvertebrates in stream of the Jaraguá State Park (Southeast of Brazil) considering multiple spatial scales. **Journal of Insect Conservation** 7:63-72.
- Salles, F.F. 2010. **Lista das espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil**. Disponível em: <<http://ephemeroptera.br.googlepages.com/home23>>

Strahler, H.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **American Geophysical Union Transactions** 33:913–920.

Vannote, R.L.; Minshall, G.W.; Cummins, K.W.; Sedell, J.R. & Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 37:130-137.

CAPÍTULO I

Composição taxonômica de Ephemeroptera Haeckel
(Insecta) da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar,
sudeste do Brasil

Composição taxonômica de Ephemeroptera Haeckel (Insecta) da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar, sudeste do Brasil

Resumo

O conhecimento da diversidade de Ephemeroptera ainda é incipiente no Brasil, evidenciado pelas frequentes descrições de espécies novas e pela inexistência de registro em vários estados. Diante disso, inventários faunísticos são importantes ferramentas para amenizar essa lacuna no conhecimento. O objetivo desse trabalho foi inventariar a fauna de Ephemeroptera, larva e alado, em duas áreas da Serra da Mantiqueira (Parque Estadual de Campos do Jordão e Região de Pindamonhngaba) e da Serra do Mar (Núcleos Santa Virgínia e Picinguaba) situadas no Estado de São Paulo. As larvas foram colecionadas em diversos riachos e mesohabitats com amostrador de Surber e os alados por métodos de atração luminosa, rede entomológica e Malaise, entre maio de 2005 e novembro de 2008. A eficiência das coletas foi avaliada pelas curvas de acumulação de táxons e por estimadores de riqueza. Considerando o esforço conjunto de todos os métodos de coleta foram registradas oito famílias 33 gêneros e 21 espécies ao todo, dos quais oito famílias, 28 gêneros e 18 espécies na Serra da Mantiqueira e sete famílias, 30 gêneros e 15 espécies foram encontrados no Parque Estadual da Serra do Mar. As duas serras apresentaram uma porção bastante significativa da riqueza taxonômica do Brasil, 41% e 45% dos gêneros e 80% e 70% das famílias, respectivamente. Além disso, novos registros de espécies foram registrados para o estado. Apesar dos métodos de coleta complementares, somente a curva de acumulação de gêneros para as larvas do Parque Estadual de Campos do Jordão mostrou tendência à estabilização, nas demais áreas as curvas tiveram formato ascendente, indicando um possível aumento no número de gêneros com o incremento do esforço amostral. A alta riqueza registrada nesse estudo pode estar relacionada ao grande esforço amostral, que abrangeu coleta de larvas e alados e explorou diversos mesohabitats e riachos, além disso, evidencia a grande riqueza do bioma Mata Atlântica.

Palavras-chaves: inventário faunístico, inseto aquático, região neotropical, ambiente lótico.

Abstract

Taxonomic composition of Ephemeroptera (Insecta) of the Serra da Mantiqueira and of the Serra do Mar, southeast Brazil. The knowledge of the diversity of Ephemeroptera is incipient in Brazil, evidenced by the frequent descriptions of new species and the lack of records in several states. Given this, faunistic inventories are important tools to mitigate this gap in knowledge. The aim of this study was to inventory the mayfly fauna, larva and adult, in two areas of the Serra da Mantiqueira (Campos do Jordão State Park and Pindamonhangaba Region) and Serra do Mar (Santa Virgínia and Picinguaba Nuclei of the Serra do Mar State Park) located in the São Paulo State. The larvae were collected in several kinds of streams and mesohabitats with a Surber sampler and the adults with light attraction methods, entomological nets and Malaise traps, between May 2005 and November 2008. The efficiency of collection was assessed by the genera accumulation curves and richness estimators. In all, eight families, 33 genera and 21 species of Ephemeroptera were recorded. In the Serra da Mantiqueira eight families, 28 genera and 18 species were found and in the Serra do Mar, seven families, 30 genera and 15 species. Both mountains had a very significant portion of the genera and families reported to Brazil (41% and 45% of genera and 80% and 70% of families, respectively). Besides, there are new species records for the state. The genera accumulation curves only stabilized for the larvae of Campos do Jordão State Park. In the other areas the curves presented an ascending form, indicating possible increase in the number of genera with additional sampling effort. The high Ephemeroptera richness in the areas may be related to the sampling methodology used, that covered the collection of larvae and adults and explored several kinds of mesohabitats and streams, moreover it shows the great richness of the Atlantic forest.

Keywords: faunal survey, aquatic insect, Neotropical region, lotic environment.

Introdução

A ordem Ephemeroptera é relativamente pequena, com cerca de 3000 espécies, 42 famílias e 400 gêneros conhecidos no mundo (Barber-James et al. 2008). Na América do Sul, até 2009 foram reportadas 452 espécies, sendo o Brasil e Argentina os países com maior número de espécies (Domínguez & Fernández 2009). Para o Brasil, a última *checklist* citou 211 espécies, sendo as regiões Sudeste seguida pelas Norte e Sul as regiões com maior número de registros e o Nordeste com uma grande lacuna, com apenas oito espécies citadas (Salles 2010). Cabe informar que em apenas um ano, durante 2009, foram descritas 11 novas espécies para o país (Cruz et al. 2009, Dias et al. 2009, Domínguez et al. 2009, Mariano 2009, Salles et al. 2009).

Desde os primeiros estudos realizados no Brasil sobre a ordem Ephemeroptera a maioria é de âmbito taxonômico e sistemático, com descrições e registros biogeográficos das espécies (e.g. Walker 1853, Needham & Murphy 1924, Froehlich 1969, Da-Silva 1991, Molineri & Domínguez 2003, Dias et al. 2006, Siegloch et al. 2006, Salles 2004 e 2009, Mariano 2009). É importante salientar que o desenvolvimento destes trabalhos desde a metade do século XIX tem sido fundamental para o atual conhecimento da fauna de Ephemeroptera no país. No entanto, estudos relacionados à morfologia (Polegatto & Froehlich 2003), biologia (e.g. Da-Silva 1997; Francischetti et al. 2001; Leal & Esteves 2000; Baptista et al. 2006; Paciencia 2008) e ecologia (e.g. Melo et al. 1993, Nolte et al. 1996; Takeda & Grzybowska 1997; Leal et al. 2005; Francischetti et al. 2004; Siegloch et al. 2008; Takebe 2009) ainda são escassos e recentes. Isso ressalta a necessidade de mais estudos para a compreensão de aspectos básicos da biologia e ecologia das comunidades de Ephemeroptera da região neotropical.

A ordem Ephemeroptera é um importante componente das comunidades aquáticas, devido à alta abundância, riqueza e seu papel como consumidores primários (Domínguez et al. 2006). As larvas são consideradas coletoras (filtradoras ou catadoras) e raspadoras, sendo raras as espécies fragmentadoras e predadoras (Brittain 1982; Cummins & Klug

1979). Algumas espécies são capazes inclusive de mudar o grupo funcional alimentar, apresentando grande flexibilidade na utilização dos recursos alimentares (Domínguez et al. 2006). Dessa forma, as larvas têm importante função na ciclagem de nutrientes através do processamento de grandes quantidades de matéria orgânica do ecossistema aquático.

Características presentes no grupo, como ampla distribuição, alta abundância e ciclo de vida relativamente longo fazem das larvas excelentes indicadores biológicos da qualidade da água (Domínguez et al. 2006). Além disso, as larvas são sensíveis as perturbações antrópicas e à condição de escassez de oxigênio na água (Ocón & Capítulo 2004). Este grupo juntamente com Plecoptera, Trichoptera (EPT) e Coleoptera tem sido utilizado na avaliação de impactos e em programas de biomonitoramento (Compen & Céréghino 2003, Ferro & Sites 2006).

As larvas de Ephemeroptera ocorrem em uma ampla variedade de ambientes aquáticos, ocupando praticamente todos os habitats disponíveis. No entanto, a maior diversidade é encontrada no ambiente lótico, com substrato pedregoso e em riachos montanhosos de pequena e média ordem (Brittain 1982). Em geral, riachos de regiões montanhosas sustentam maior diversidade que áreas com relevo plano, devido o mosaico de habitats formado pela maior velocidade da água.

O Brasil apesar de possuir uma enorme rede hidrográfica ainda apresenta poucos trabalhos de levantamento da entomofauna aquática, principalmente devido à falta de especialistas em certas regiões do país e pela dificuldade de identificação dos menores níveis taxonômicos. Isto é evidenciado pelo conhecimento fragmentado que ainda se tem da fauna de Ephemeroptera no país. De acordo com a lista de espécies elaborada por Salles (2010) sete estados brasileiros não possuem registro de Ephemeroptera e nove têm menos de 10 espécies conhecidas.

Levando em consideração o conhecimento ainda incipiente da diversidade de Ephemeroptera do Brasil, evidenciado pelas frequentes descrições de espécies novas, somado às importantes ferramentas que inventários faunísticos geram para o estabelecimento de medidas de conservação do ecossistema, o presente estudo teve o intuito de realizar o levantamento de Ephemeroptera da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar situadas no Estado de São Paulo, abrangendo as larvas e os alados.

Área de Estudo

O estudo foi realizado em quatro áreas de conservação abrangendo as duas vertentes da Serra da Mantiqueira e as duas vertentes da Serra do Mar, situadas no Estado de São Paulo.

Na Serra da Mantiqueira o estudo foi realizado no Parque Estadual de Campos do Jordão (22°30' a 22°41'S, 45°27' a 45°31'W) e região do município de Pindamonhangaba que abrange a Reserva Particular São Sebastião do Ribeirão Grande (22°44'S, 45°27'W), propriedades particulares e o Parque Natural Municipal de Trabiju (22°50'S, 45°31'W). No Parque Estadual da Serra do Mar o estudo foi realizado nos núcleos Santa Virgínia (23°17' a 23°24'S, 45°03' a 45°11'W) e Picinguaba (23°15' a 23°27'S, 45°03' a 45°15'W) (Figura 1).

A Serra da Mantiqueira forma um divisor de águas entre as bacias do Rio Grande, em Minas Gerais, e a do Rio Paraíba do Sul, em São Paulo e Rio de Janeiro. Segundo Ponçano et al. (1981) a Serra da Mantiqueira é formada por escarpas elevadas e recortada por vales profundos. No planalto da Serra da Mantiqueira, vertente voltada para a Bacia do Rio Grande, está situado o Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ) no município de Campos do Jordão. A altitude média é 1.650 m, sendo que o ponto mais alto do parque tem 2.007 m e o mais baixo 1.030 m. A cobertura vegetal é um mosaico de Floresta Ombrófila Densa e Mista Alto-Montana (Floresta de *Araucaria angustifolia*), e Campos de Altitude. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, subtropical de altitude (temperado oceânico), mesotérmico e úmido, sem estiagem e com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e a precipitação média de 1.800 mm (Seibert 1975).

A vertente da Serra da Mantiqueira voltada para o vale do Rio Paraíba do Sul é constituída por pequenos fragmentos de Mata Atlântica remanescentes de atividades antrópicas iniciadas no século XVIII pela colonização da região e, posteriormente pelo plantio de café (Dean 1996). Nessa vertente estão situadas as Reservas Florestais São Sebastião do Ribeirão Grande, reserva da empresa Votorantin Celulose e Papel destinada à

conservação, e o Parque Natural Municipal do Trabijú, todas situadas no município de Pindamonhangaba. A vegetação da região é composta por Campos de Altitude e Floresta Ombrófila Densa Montana (Hueck 1972). Atualmente, a vegetação original é encontrada apenas nas encostas da serra.

A reserva da Votorantin está situada na encosta da Serra da Mantiqueira. Enquanto, o Parque Municipal do Trabiju está localizado na encosta da Serra do Palmital, limite oeste da zona geomorfológica da Serra da Mantiqueira (Ponçano et al. 1981). O clima da região de Pindamonhangaba, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, subtropical úmido com inverno seco e verão quente e a precipitação média de 1.000 mm anuais (Voltolini 2007). Apesar da proximidade das áreas, a Floresta Ombrófila Mista predomina na vertente continental da Serra da Mantiqueira (PECJ) e a Ombrófila Densa na vertente que corre para o vale do Rio Paraíba do Sul, pois os ventos continentais favorecem o estabelecimento da Floresta de *Araucária*, enquanto os ventos da vertente atlântica favorecem o estabelecimento da Floresta Densa (Siebert 1975).

A Serra do Mar possui topografia bastante acidentada nas regiões costeiras que em período de alta precipitação favorece escorregamentos e avalanches naturais. A alta sensibilidade erosiva das escarpas exige cuidado permanente para sua preservação, sendo de fundamental importância a manutenção da cobertura vegetal. Parte do Complexo Cristalino, a Serra do Mar é composta principalmente por granitos e gnaisses. Os gnaisses, por intemperismo geram areia grossa, enquanto os granitos originam matacões e fragmentos de rochas (Popp 1987).

A vertente da Serra do Mar voltada para a planície litorânea abarca o Núcleo Picinguaba que faz ligação entre o Parque Estadual da Serra do Mar e o Parque Nacional da Bocaina formando uma grande área de proteção ambiental. O Núcleo abrange um gradiente altitudinal desde a cota zero até a altitude de 1.300 m, protegendo um *continuum* ecológico desde ambientes costeiros como a restinga herbácea e o mangue até a Floresta Ombrófila Densa Montana nas escarpas íngremes da serra (Plano de Manejo 2006). O clima da área, de acordo com Köppen é classificado com AF, tropical úmido, com precipitação alta

durante todos os meses do ano. A Serra do Mar exposta à massa tropical atlântica é responsável pela acentuada pluviosidade mesmo no inverno, devido ao efeito orográfico (Plano de Manejo 2006).

O Núcleo Santa Virgínia está localizado em uma faixa estreita do planalto atlântico entre a costa e o vale do Rio Paraíba do Sul. A área está situada na região de escarpas e reversos da Serra do Mar, no Planalto de Paraitinga-Paraibuna, com altitudes variando entre 870 a 1.100 m. A vegetação é caracterizada pela Floresta Ombrófila Densa Montana, com alguns pequenos trechos de Campos de Altitude e de Floresta de Neblina (Floresta da Crista da Serra do Mar). Os Campos e a Floresta de Neblina são formações muito pouco conhecidas e de pequena extensão em todo o Parque da Serra do Mar, sendo caracterizada pela alta densidade de bromélias e orquídeas e pela presença constante de neblina (Plano de Manejo 2006). O clima de acordo com Köppen também é classificado como AF, tropical úmido, porém ocorre diminuição das chuvas no outono e inverno que pode distinguir um período seco. O relevo aliado à temperatura menos elevada pela altitude do planalto, responde pela diminuição das chuvas na área comparada à planície litorânea (Plano de Manejo 2006).

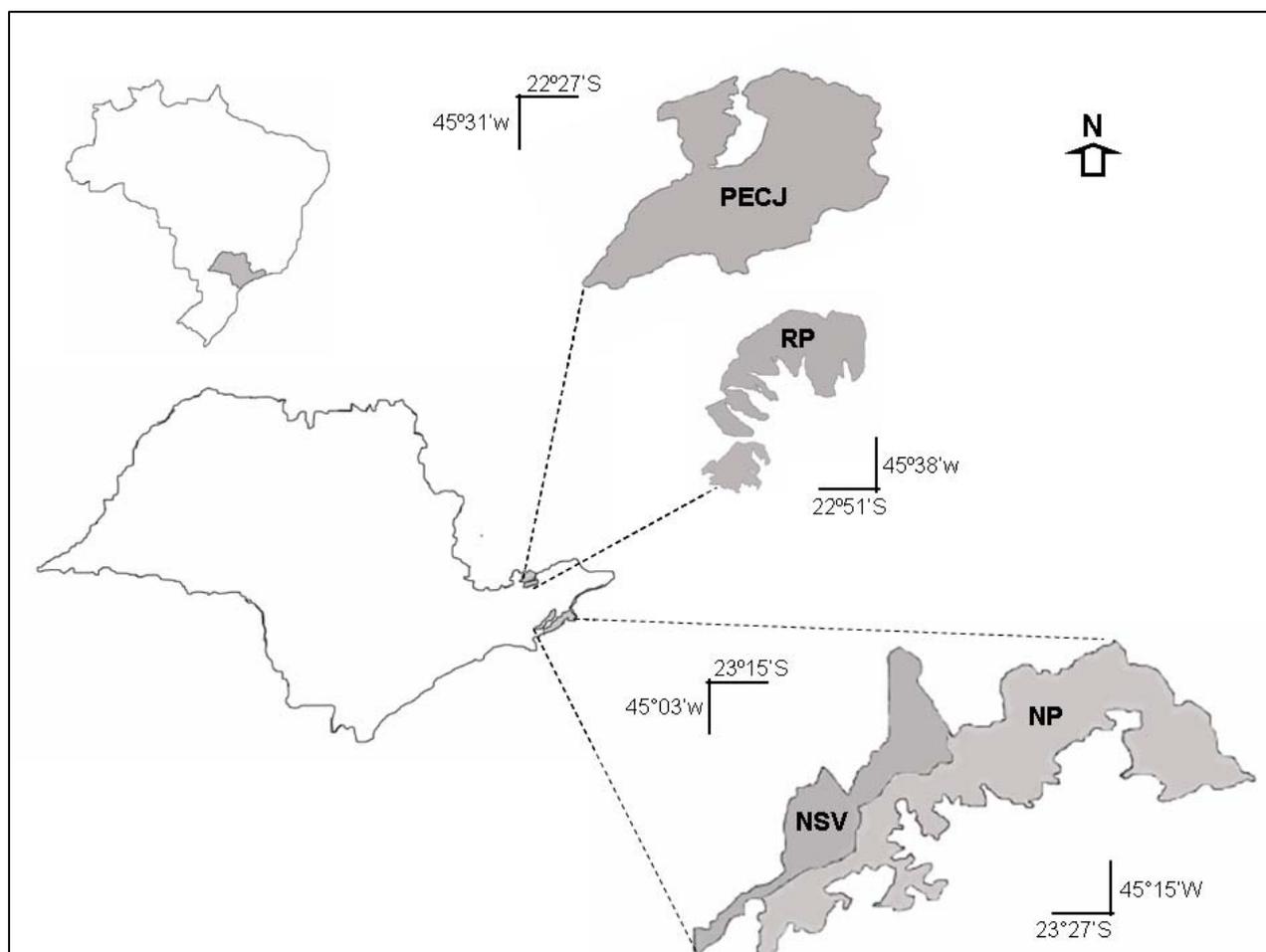


Figura 1. Esquema da localização geográfica das vertentes estudadas na Serra da Mantiqueira (PECJ – Parque Estadual de Campos do Jordão, RP – região de Pindamonhangaba) e na Serra do Mar (NSV – Núcleo Santa Virgínia, NP – Núcleo Picinguaba), situados no Estado de São Paulo.

Material e Métodos

Metodologia de coleta

O inventário faunístico foi realizado através da coleta de larvas e alados de Ephemeroptera entre maio de 2005 e novembro de 2008 nas quatro vertentes estudadas.

As larvas foram coletadas em diferentes ambientes (e.g. riachos de baixa e média ordem e ambientes lânticos) e nos principais mesohábitats encontrados em um segmento do riacho (e.g. cachoeira, areia/remanso pedra/corredeira, folha/corredeira e folha/remanso) (Figura 2). As amostras foram coletadas com amostrador de Surber de área reduzida (0,0361 m² e malha 0,25 mm) (Figura 3). A redução do Surber foi tomada para individualizar as amostras de cada mesohábitat, pois os amostradores de tamanho convencional (0,093 m²) podem não detectar os padrões espaciais locais (Li et al. 2001).

O amostrador de Surber foi colocado contra a correnteza e as pedras e folhas contidas na área amostral foram revolvidas e lavadas manualmente, sendo que os fragmentos maiores foram retirados e examinados para a coleta dos insetos aderidos.

Após a coleta, as amostras foram fixadas em formaldeído 4% e no laboratório o material foi lavado sob peneira de malha 250 µm e conservado em álcool 80% até as amostras serem triadas e as larvas identificadas com auxílio de microscópio estereoscópico.

Com a finalidade de obter um levantamento abrangente também foram coletados os alados usando distintos métodos. Estes foram colecionados à noite por métodos de atração luminosa instalados às margens dos riachos: a) lençol branco suspenso com lâmpada UltraVioleta de 15V e fluorescente branca de 20V, ambas conectadas em baterias (Figura 4A) (Vanzolini & Papavero 1967) e b) bandejas de plástico contendo álcool 80% e lâmpadas UV e fluorescentes sobre elas também conectadas em baterias (Figura 4B). As armadilhas permaneceram em funcionamento desde o crepúsculo, por cerca de duas horas. Além das armadilhas luminosas, foi utilizada rede entomológica para coletar os alados de atividade

diurna ao explorar a vegetação das margens dos riachos e no Parque Estadual de Campos do Jordão uma armadilha Malaise permaneceu instalada no Córrego Galharada (4ª ordem) por um período de dois anos (Figura 4C).

Os alados foram fixados e conservados em álcool 80% e as subimagos foram deixadas em frascos protegidos da luz e do calor, a fim de evitar a dessecação e morte dos indivíduos, para então obter a imago. Após a última muda essas imagos foram fixadas. Os alados foram identificados no nível de gênero e quando possível em espécie através do catálogo e chave taxonômica de Domínguez et al. (2006), artigos de descrição taxonômica e auxílio de especialistas. Apenas os alados da família Baetidae não foram identificados, devido à ausência de estruturas morfológicas diagnósticas. As larvas foram identificadas no nível de gênero com auxílio do catálogo e chave taxonômica de Domínguez et al. (2006) e dos trabalhos de Salles et al. (2004) e Dias et al. (2006).

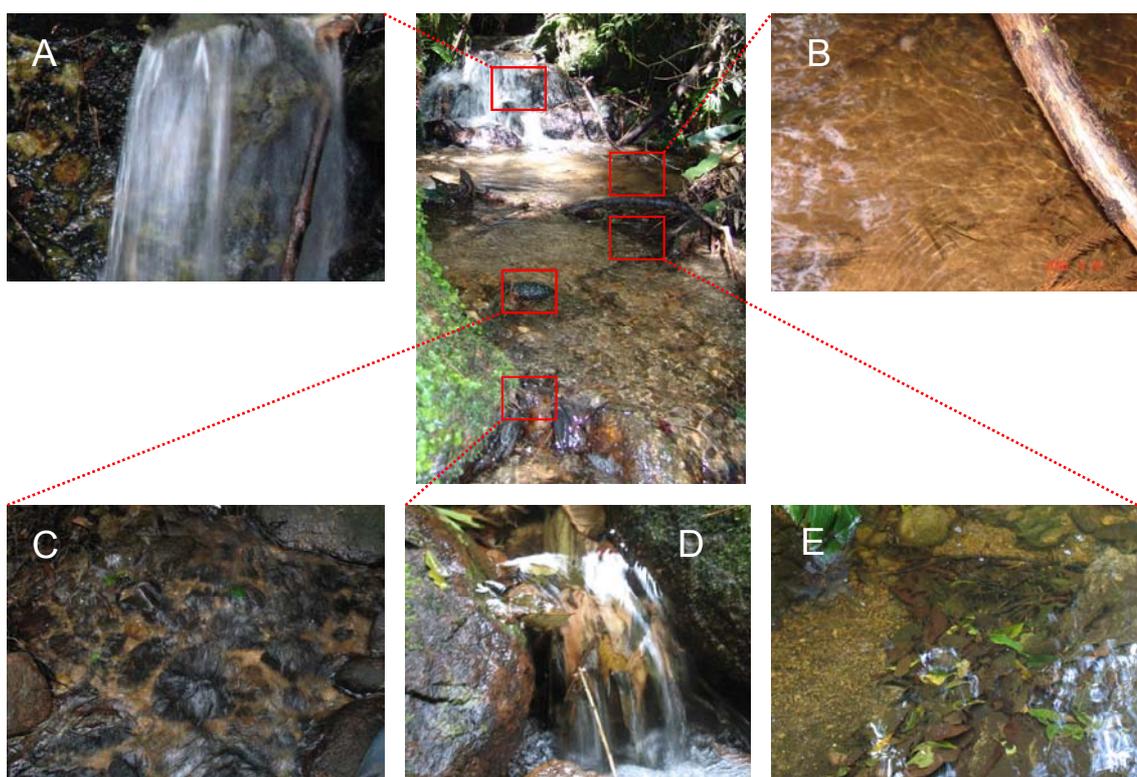


Figura 2. Esquema mostrando os mesohabitats coletados num trecho do riacho. A letra A representa o mesohabitat cachoeira, B areia/remanso, C pedra/corredeira, D folha/corredeira e E folha/remanso.



Figura 3. Amostrador de Surber usado para coleta de larvas na Serra da Mantiqueira e na Serra do Mar, com área de 0,0361 m² e malha de 0,25 mm.

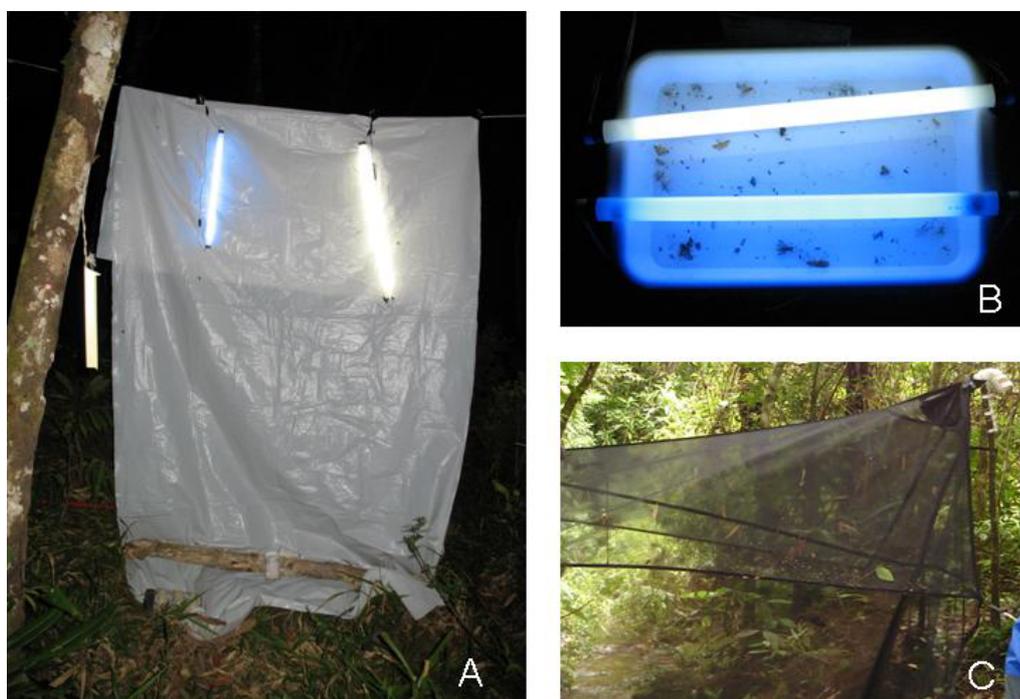


Figura 4. Métodos de amostragem empregados para coleta dos alados na Serra da Mantiqueira e na Serra do Mar, A) lençol com lâmpadas com UV e fluorescente, B) bandeja de plástico com lâmpadas e C) Malaise.

Análise de Dados

A eficiência das coletas foi avaliada para as quatro áreas, as duas vertentes da Serra da Matiqueira e as duas vertentes da Serra do Mar, através das curvas de acumulação de espécies randomizadas (curva do coletor), e pelos estimadores de riqueza (Jackknife 1 e 2, Bootstrap e ICE). Como o conjunto de amostras é muito heterogêneo, Colwell & Coddington (1994) sugerem calcular uma curva média a partir de várias curvas, adicionando-se amostras em ordem aleatória para evitar a variação do formato.

As curvas de acumulação de espécies foram construídas através de 100 curvas geradas pelo acréscimo aleatório das amostras, utilizando o programa EstimateS 8.2 (Colwell 2006). Os estimadores de riqueza Jackknife 1 e 2 e ICE estimam a riqueza baseada na ocorrência de espécies raras nas amostras, diferindo apenas no critério pelo qual se considera uma espécie como rara. Para o Jackknife 1 espécies raras são as que ocorrem em apenas uma amostra, já o Jackknife 2 considera aquelas que ocorrem em uma ou duas amostras. O ICE trabalha com número de espécies infrequentes, que ocorrem em poucas amostras, neste caso, foram consideradas espécies raras aquelas encontradas apenas entre 1 a 10 amostras. O estimador de riqueza Bootstrap difere dos demais por utilizar dados de todas as espécies coletadas para estimar a riqueza total, não se restringindo às espécies raras (Santos 2003).

A eficiência das coletas de alados foi avaliada separadamente das coletas das larvas, devido à diferente metodologia empregada no levantamento de ambos os estádios. As amostras coletadas com a armadilha Malaise foram excluídas da construção das curvas dos alados, pois nesse método as amostras continham gêneros coletados por um período de três meses constantemente, enquanto nos demais métodos as amostras foram coletadas por cerca de duas horas.

Resultados

Neste estudo, foram colecionadas oito famílias, 33 gêneros e 21 espécies, levando em conta o esforço amostral dos distintos métodos de coleta. Destas, oito famílias, 28 gêneros e 18 espécies foram encontrados na Serra da Mantiqueira e sete famílias, 30 gêneros e 15 espécies no Parque Estadual da Serra do Mar (Tabela I e II).

Considerando as vertentes da Serra da Mantiqueira, no Parque Estadual de Campos do Jordão foram registrados seis famílias e 26 gêneros, dos quais 17 gêneros foram coletados exclusivamente no estágio de larva e nove em ambos os estádios de vida, larva e alado (Tabela I). Na Região de Pindamonhangaba foram colecionadas seis famílias e 24 gêneros, destes 14 gêneros foram exclusivamente coletados no estágio de larva, um pela coleta de alado e nove gêneros em ambos os estádios de vida (Tabela I).

No Núcleo Santa Virgínia foram registrados sete famílias e 29 gêneros, dos quais 19 gêneros encontrados pela coleta de larva e 10 pela coleta de larva e alado. No Núcleo Picinguaba foram coletadas cinco famílias e 21 gêneros, 10 gêneros apenas no estágio de larva e 11 em ambos os estádios. As espécies colecionadas em cada vertente podem ser vistas na tabelas I e II. No Parque Estadual de Campos do Jordão foram identificadas 13 espécies, na região de Pindamonhangaba 10, Núcleo Santa Virgínia oito e Picinguaba 11 espécies.

Alguns gêneros tiveram ocorrência exclusiva para cada área. *Callibaetis* e *Lachlania* foram registrados exclusivamente no Parque Estadual de Campos do Jordão, enquanto *Aturbina*, *Waltzoyphius*, *Perissophlebiodes* e *Asthenopus* foram exclusivos do Núcleo Santa Virgínia.

Considerando a amostragem das larvas nas quatro vertentes, a maior riqueza de gêneros foi encontrada no mesohábitat pedra/corredeira, com exceção do Núcleo Santa Virgínia, e a menor riqueza foi registrada em areia/remanso e cachoeira (Tabelas I e II). O ambiente lântico foi amostrado apenas no Parque Estadual de Campos do Jordão, no qual foi registrado o gênero *Callibaetis* (Tabela I). No Núcleo Santa Virgínia amostras de uma

represa também foram coletadas, porém como apresentava uma fraca correnteza não foi caracterizado como lântico, neste ambiente foram encontrados 10 gêneros (Tabela II).

Entre os métodos de coleta de alado, a maioria dos gêneros, foi colecionada pelas armadilhas luminosas, lençol e bandeja. Os gêneros, *Caenis*, *Campylocia* e *Campsurus* foram coletados apenas no lençol e os gêneros, *Hermanella* e *Tricorythopsis*, foram capturados exclusivamente pelo método da bandeja de plástico (Tabela I e II). Já a rede entomológica e armadilha Malaise possibilitaram colecionar a espécie *Hagenulopsis diptera*.

As famílias mais representativas na composição faunística de Ephemeroptera foram Leptophlebiidae e Baetidae em todas as vertentes. Leptophlebiidae foi representada por nove gêneros no Núcleo Santa Virgínia e por oito nas demais vertentes, enquanto Baetidae teve uma variação de sete a 10 gêneros entre as vertentes (10 gêneros no PECJ e Núcleo Santa Virgínia, oito em Pindamonhangaba e sete no Núcleo Picinguaba).

As curvas de acumulação de gêneros e os estimadores de riqueza evidenciaram um aumento no número de gêneros, larvas e alados, para a região de Pindamonhangaba, Núcleos Santa Virgínia e Picinguaba com o incremento do esforço amostral (Figura 5 B1-2, Figura 6 C1-2 e D1-2). Somente as curvas de acumulação de gêneros para o Parque Estadual de Campos do Jordão mostraram tendência à estabilização, indicando que não haverá mais aumento significativo de gêneros para a área, corroborado pelos estimadores de riqueza (Figura 5 A1 -2).

Tabela I. Composição taxonômica de larvas e alados de Ephemeroptera coletadas na Serra da Mantiqueira, Parque Estadual Campos do Jordão (PECJ) e Região de Pindamonhangaba (Pinda), nos mesohabitats pedra/corredeira (PC), folha/corredeira (FC), folha/remanso (FR), areia/remanso (AR), cachoeira (C) e ambiente lântico (LN) (larvas) e pelas armadilhas lençol com lâmpada (L), bandeja (B), Puçá (P) e armadilha Malaise (M) (alados).

Taxa	PECJ										Pinda						
	larva						alado				larva					alado	
	PC	FC	FR	AR	C	LN	L	B	P	M	PC	FC	FR	AR	C	L	B
BAETIDAE																	
<i>Americabaetis</i> Kluge	x	x	x	x	x						x	x	x	x			
<i>Apobaetis</i> Day	x		x	x									x				
<i>Baetodes</i> Needham & Murphy	x	x	x	x	x						X	x	x		x		
<i>Callibaetis</i> Eaton																	
<i>Camelobaetidius</i> Demoulin	x																
<i>Crytonympha</i> Lugo-Ortiz & McCafferty			x														
<i>Cloeodes</i> Traver	x		x	x									x				
<i>Paracloeodes</i> Day	x	x	x	x													
<i>Tupiara</i> Salles et al	x	x	x	x	x						x	x					
<i>Zeluzia</i> Lugo-Ortiz & McCafferty	x	x	x	x									x	x			
CAENIDAE																	
<i>Caenis</i> Stephens														x			
EUTHYPLOCIIDAE																	
<i>Campylocia</i> Needham & Murphy	x	x	x	x					x		x	x					
<i>C. dochmia</i> Berner & Thew									x								
LEPTOHYPHIDAE																	
<i>Leptoxyphodes</i> Ulmer	x	x	x	x							x	x	x			x	x
<i>L. inanis</i> Pictet				x												x	x
<i>Leptoxyphes</i> Eaton	x	x	x								x	x	x	x		x	x
<i>L. plaumanni</i> (aff.) Allen																x	x
<i>Traverxyphes</i> Molineri	x	x	x		x				x		x	x	x	x		x	x
<i>T. yuati</i> Molineri									x							x	
<i>T. edmundsi</i> Allen																x	

Continuação da Tabela I.

	PECJ								Pinda								
	larva				alado				larva				alado				
	PC	FC	FR	AR	C	L	L	B	P	M	PC	FC	FR	AR	C	L	B
LEPTOHYPHIDAE																	
<i>Tricorythodes</i> Ulmer	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x				x
<i>T. santarita</i> Traver							x	x									
<i>T. sp1.</i>								x									
<i>Tricorythopsis</i> Traver	x	x	x			x		x			x						
LEPTOPHLEBIIDAE																	
<i>Askola</i> Peters	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x			x	x
<i>A. froehlichii</i> Peters								x									x
<i>A. sp1.</i>								x	x								
<i>Farrodes</i> Peters	x	x	x	x							x	x				x	x
<i>F. carioca</i> Domínguez et al																	x
<i>Hagenulopsis</i> Ulmer	x	x	x	x			x		x	x	x	x					
<i>H. diptera</i> Ulmer									x	x							
<i>Hermanella</i> Needham & Murphy	x	x	x			x		x			x	x					
<i>H. sp1.</i>								x									
<i>Hylister</i> Domínguez & Flowers	x	x	x								x	x					
<i>Massartella</i> Lestage	x	x	x	x			x	x	x	x	x		x				
<i>M. brieni</i> Lestage							x		x								
<i>Miroculis</i> Edmunds	x	x	x										x			x	x
<i>M. mourei</i> Savage & Peters																	x
<i>Thraulodes</i> Ulmer	x	x	x	x			x	x			x	x				x	x
<i>T. itatiajanus</i> (aff.) Traver & Edmunds								x	x								x
<i>T. sp1.</i>								x									x
MELANEMERELLIDAE																	
<i>Melanemerella</i> Ulmer	x	x	x	x													
<i>M. brasiliiana</i> Ulmer	x	x	x	x													
OLIGONEURIDAE																	
<i>Lachania</i> Hagen	x	x				x											
POLYMITARCYIDAE																	
<i>Campsurus</i> Eaton																	x
<i>C. notatus</i> gr.																	x
Riqueza de Gêneros	24	22	22	16	8	1	7	6	4	3	18	16	11	3	1	8	8

Tabela II. Composição taxonômica de larvas e alados de Ephemeroptera coletados na Serra do Mar, Núcleos Santa Virgínia e Picinguaba, nos mesohabitats pedra/corredeira (PC), folha/corredeira (FC), folha/remanso (FR), areia/remanso (AR), cachoeira (C) e represa (R) (larvas) e pelas armadilhas lençol com lâmpada (L), bandeja (B) e Puçá (P) (alados).

	Núcleo Santa Virgínia									Núcleo Picinguaba						
	larva						alado			larva				alado		
	PC	FC	FR	AR	C	R	L	B	P	PC	FC	FR	C	L	B	P
BAETIDAE																
<i>Americabaetis</i> Kluge	x	x	x		x	x					x	x	x	x		
<i>Apobaetis</i> Day			x													
<i>Aturbina</i> Lugo-Ortiz & McCafferty						x										
<i>Baetodes</i> Needham & Murphy	x	x	x		x						x	x	x	x		
<i>Camelobaetidius</i> Demoulin	x		x		x						x			x		
<i>Cloeodes</i> Traver	x	x	x								x	x	x			
<i>Crytonympha</i> Lugo-Ortiz & McCafferty											x					
<i>Paracloeodes</i> Day	x	x	x			x					x	x	x			
<i>Tupiara</i> Salles et al.	x	x														
<i>Zeluzia</i> Lugo-Ortiz & McCafferty	x	x	x			x					x	x	x			
<i>Waltzoyphius</i> McCafferty & Lugo-Ortiz			x			x										
CAENIDAE																
<i>Caenis</i> Stephens			x				x					x		x		
<i>C. reissi</i> Malzacher							x							x		
EUTHYPLOCIIDAE																
<i>Campylocia</i> Needham & Murphy	x	x	x								x				x	
<i>C. dochmia</i> Berner & Thew															x	
LEPTOHYPHIDAE																
<i>Leptohyphodes</i> Ulmer	x	x	x			x			x							
<i>L. inanis</i> Pictet									x							
<i>Leptohyphes</i> Eaton		x									x				x	
<i>Traverhyphes</i> Molineri	x	x	x		x		x				x	x	x		x	x
<i>T. yuati</i> Molineri															x	
<i>Tricorythodes</i> Ulmer	x	x					x	x			x	x				
<i>T. arequita</i> (aff.) Traver								x								
<i>Tricorythopsis</i> Traver	x	x	x		x	x					x	x	x			

Continuação da Tabela II.

	Núcleo Santa Virgínia						Núcleo Picinguaba									
	larva			alado			larva			alado						
	PC	FC	FR	AR	C	R	L	B	P	PC	FC	FR	C	L	B	P
LEPTOPHLEBIIDAE																
<i>Askola</i> Peters	x	x	x							x	x			x	x	
<i>A. froehlichii</i> Peters														x		
<i>Farrodes</i> Peters	x	x	x				x	x		x	x			x	x	
<i>F. carioca</i> Domínguez et al.							x							x	x	
<i>Hagenulopsis</i> Ulmer	x	x	x				x			x	x	x		x		x
<i>H. diptera</i> Ulmer																x
<i>H. sp1.</i>							x								x	
<i>Hylister</i> Domínguez & Flowers	x	x			x					x	x					
<i>Thraulodes</i> Ulmer	x	x	x				x	x		x	x		x	x	x	
<i>T. itatiajanus</i> (aff.) Traver & Edmunds															x	
<i>T. sp1.</i>															x	
<i>Massartella</i> Lestage	x	x	x			x	x	x			x					x
<i>M. brieni</i> Lestage							x	x								
<i>Miroculis</i> Edmunds	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
<i>M. mourei</i> Savage & Peters							x								x	
<i>Perissophlebiodes</i> Savage	x															
<i>Ulmeritoides</i> Traver	x		x					x				x		x	x	
<i>U. sp1.</i>															x	
MELANEMERELLIDAE																
<i>Melanemerella</i> Ulmer	x	x	x			x										
<i>M. brasiliiana</i> Ulmer	x	x	x			x										
POLYMITARCYIDAE																
<i>Asthenopus</i> Eaton			x	x												
<i>Campsurus</i> Eaton			x													
Riqueza de gêneros	22	22	22	1	6	10	8	6	2	17	16	11	4	10	7	2

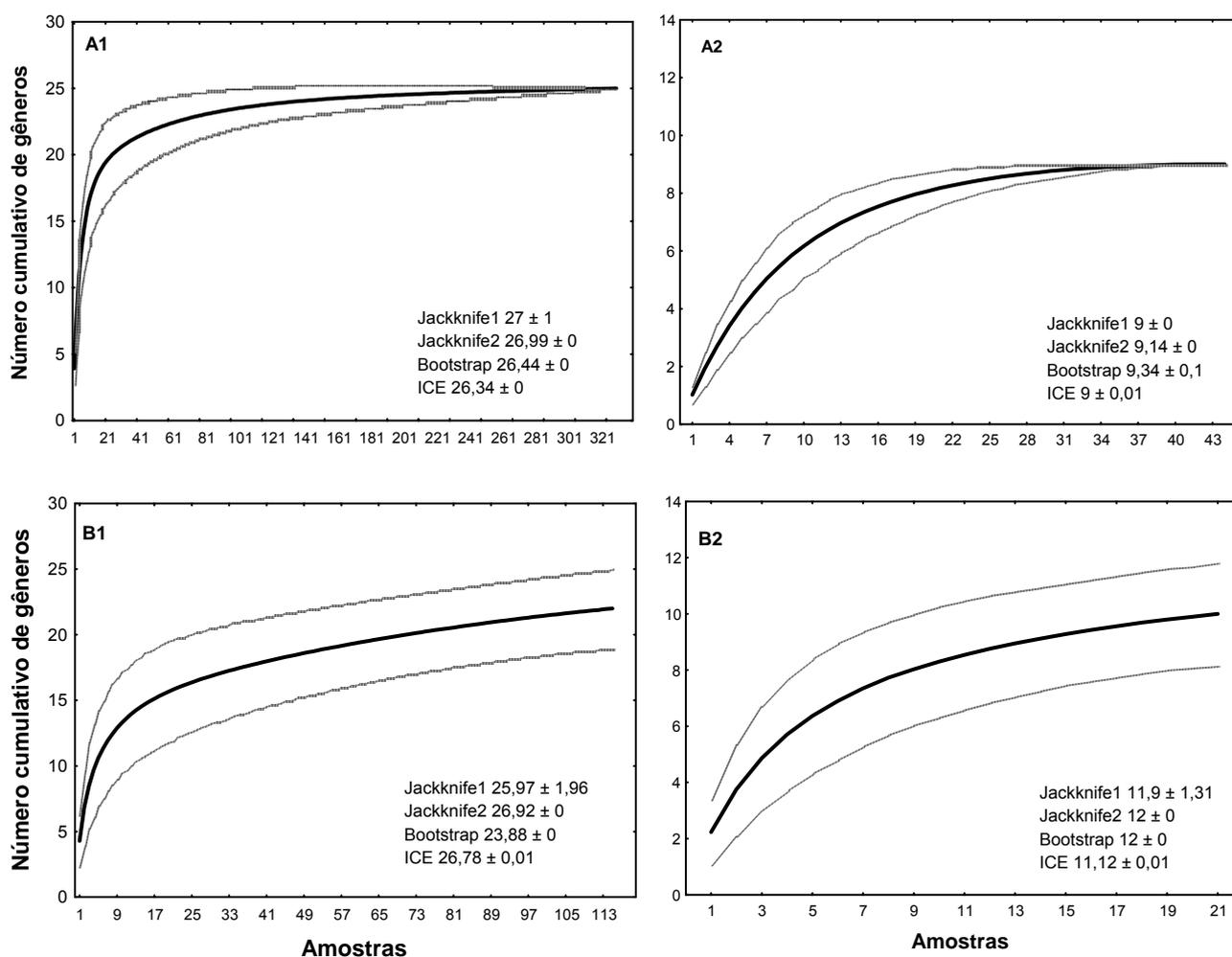


Figura 5. Curvas de acumulação de gêneros para as larvas (A1) e alados (A2) do Parque Estadual de Campos do Jordão e para as larvas (B1) e alados (B2) coligidas na Região de Pindamonhangaba. As linhas contínuas representam as curvas médias e as linhas tracejadas a variação em torno de cada curva média.

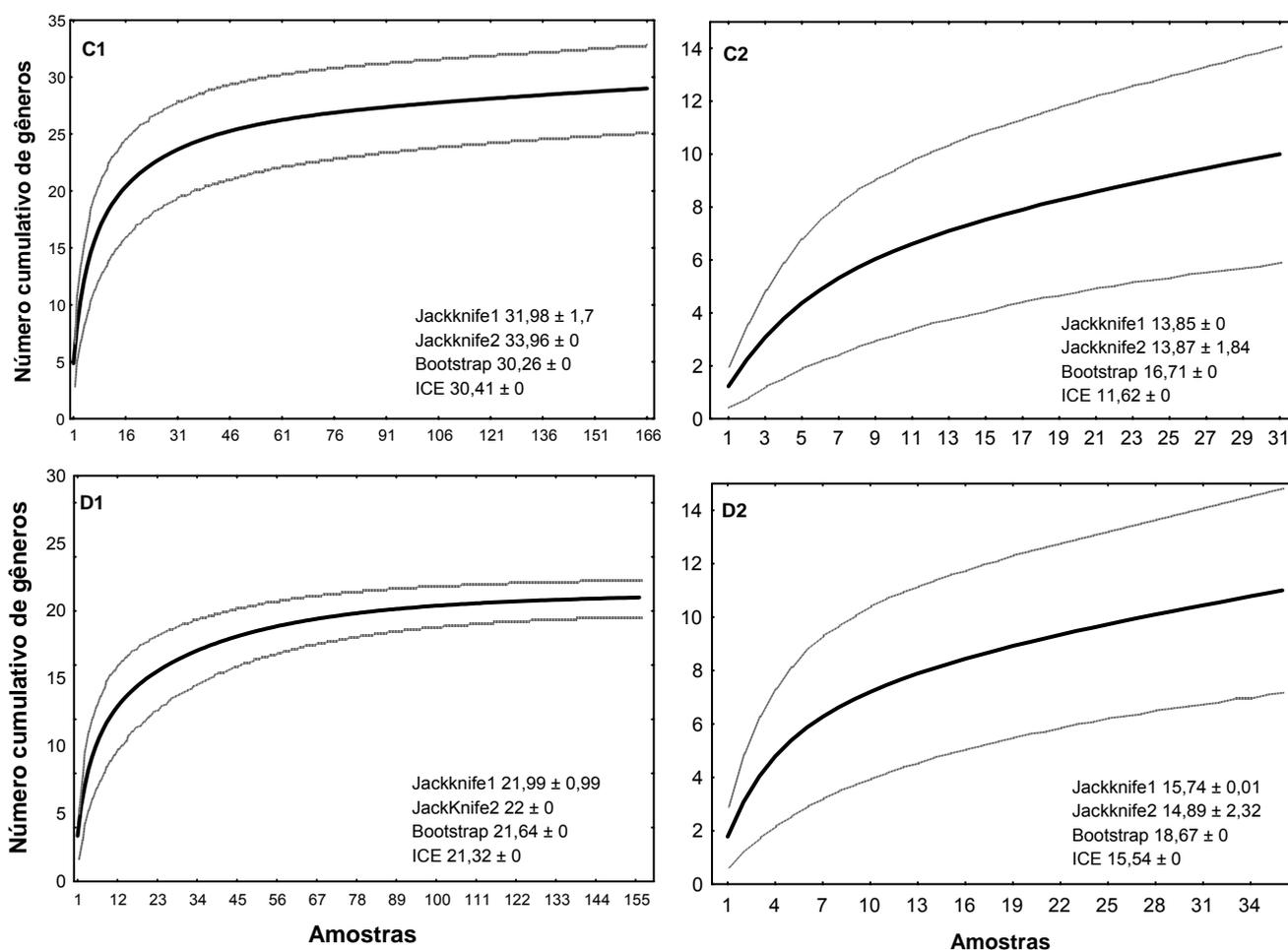


Figura 6. Curvas de acumulação de gêneros e estimadores de riqueza para as larvas (A1) e alados (A2) coletadas no Núcleo Santa Virgínia e para as larvas (B1) e alados (B2) coligidas no Núcleo Picinguaba. As linhas contínuas representam a curva média e as linhas tracejadas a variação em torno da curva média.

Discussão

Para o Brasil são citadas 10 famílias e 68 gêneros de Ephemeroptera (Salles 2010). As duas serras apresentaram uma porção bastante significativa da riqueza taxonômica do Brasil, pois foram registrados 41% dos gêneros e 80% das famílias na Serra da Mantiqueira e 45% dos gêneros e 70% das famílias brasileiras no Parque Estadual da Serra do Mar. Além disso, foram encontradas seis espécies novas e *Campylocia dochmia*, *Caenis reissi*, *Tricorythodes santarita*, *Tricorythodes arequita* (aff.) e *Thraulodes itatiajanus* (aff.) são novos registros de espécie para o estado. Até então eram conhecidas 45 espécies para o estado, considerando as listas elaboradas para a família Leptohyphidae (Dias et al. 2007), Leptophlebiidae (Mariano 2009) e a última lista de Ephemeroptera para o Brasil (Salles 2010). Estes dados reforçam a importância da preservação e melhor conservação das unidades de conservação estudadas, uma vez que praticamente todas sofrem algum tipo de pressão antrópica. O Parque Estadual de Campos do Jordão sofre impactos do pastoreio de animais domésticos e queimadas anuais (Spies 2009). É sabido que o pastoreio afeta a estabilidade do leito dos riachos e a biomassa da vegetação ripária (Scrimgeour & Kendall 2003). Já as queimadas provocam efeitos indiretos, como redução de habitat e alteração na dinâmica de nutrientes, pois os sedimentos e cinzas produzidos pelo fogo são carregados pelas chuvas (Minshall 2003).

As áreas estudadas em Pindamonhangaba também sofrem impactos indiretos das extensas plantações de *Eucalyptus* no entorno. O principal impacto nos riachos é a contaminação da água pelos fertilizantes e agrotóxicos usados no manejo da cultura (Gerra 1997). No Núcleo Picinguaba, os riachos recebem um produto feito da bactéria *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) para controlar as populações de Simuliidae. Além de Simuliidae, aparentemente larvas de Chironomidae podem ser afetadas pela bactéria diminuindo sua abundância nos riachos (Bernotiené et al. 2008).

A alta riqueza de Ephemeroptera encontrada nas quatro vertentes é destacada ao comparar com a riqueza de Ephemeroptera encontrada em outros estudos de diferentes áreas do Brasil, baseados apenas na coleta de larvas (e.g. Crisci-Bispo et al. 2007, Bispo & Oliveira, 2007, Siegloch et al. 2008). A riqueza só se compara com a fauna encontrada na bacia do Rio Miranda, uma subunidade da bacia do alto Rio Paraguai, Mato Grosso do Sul, onde foram registrados 26 gêneros ao usar diferentes metodologias de coleta (Righi-Cavallaro et al. no prelo). A alta riqueza registrada pode ser explicada pelo grande esforço amostral empregado que abrangeu a coleta de larvas e alados, usando distintos métodos de captura, e a exploração de diversos riachos e mesohabitats. Isso pode ser melhor evidenciado quando se compara a riqueza de larvas do Parque Estadual de Campos do Jordão desse trabalho com um estudo prévio realizado na mesma área com as comunidade de larvas de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera que registrou apenas quatro famílias e 13 gêneros de Ephemeroptera (Oliveira & Froehlich 1997). Além disso, o registro de gêneros apenas como larva ou alado também enfatiza a importância de amostrar ambos os estádios de vida para a obtenção de inventários mais abrangentes.

O Parque Estadual de Campos do Jordão, apesar dos traços peculiares tanto em relação ao relevo (altitude) quanto à formação vegetacional (Floresta de *Araucária*), apresentou riqueza similar à encontrada na região de Pindamonhangaba e um pouco menor que a registrada no Núcleo Santa Virgínia, possivelmente pelo fato da maior diversificação de Ephemeroptera ocorrer em águas tropicais mais quentes (Brittain 1990). Esse resultado difere de outros estudos comparativos que relataram maior riqueza das comunidades de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera - EPT (Bispo & Oliveira 2007) e Coleoptera (Segura et al. 2007), além da alta riqueza de Trichoptera (Spies 2009) para o parque.

No geral, a Serra da Mantiqueira e Serra do Mar apresentaram riqueza bastante similar, porém alguns gêneros foram registrados exclusivamente para cada vertente. A presença de *Callibaetis* apenas no Parque Estadual de Campos do Jordão está associada ao ambiente lântico unicamente amostrado nessa área. O gênero é comum em habitats com menor velocidade da água, sendo abundante em ambiente lântico. Já *Lachlania* ocorre

preferencialmente em águas mais frias e em maior altitude (Hernandez et al. 1995), o que justifica sua ocorrência apenas no Parque Estadual de Campos do Jordão. O registro de *Perissophlebiodes* no Núcleo Santa Virgínia amplia a distribuição do gênero no Estado de São Paulo, que até então havia sido encontrado apenas em pequenos riachos do Parque Estadual Intervales, e evidência sua preferência pelo mesohábitat pedra/corredeira encontrado em riachos de baixa ordem (1ª a 3ª ordem). Esse gênero já esteve na Lista Vermelha como espécie ameaçada de extinção, pois desde a descrição em 1982 nenhum outro registro havia sido feito até a redescoberta do gênero em 2008 no sudeste (São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo) e nordeste (Bahia) do Brasil (Salles et al. 2008, Polegatto & Froehlich 2009).

A discrepante riqueza encontrada no ambiente lótico em relação ao lêntico já era esperada, uma vez que a maior diversidade de Ephemeroptera é de ambiente lótico tanto em regiões temperadas quanto tropicais (Brittain 1982). A maior riqueza do mesohábitat pedra/corredeira e a menor riqueza em areia/remanso e cachoeira parecem indicar a preferência de alguns gêneros por um tipo específico de substrato e à condição de estabilidade e complexidade do substrato. No entanto, cabe salientar que a menor riqueza em areia/remanso e cachoeira pode ser apenas um artefato amostral, pois ao realizar o inventário faunístico o esforço de coleta não foi padronizado entre os mesohábitats.

A eficiência das armadilhas luminosas para coleta de alados é conhecida de longa data, pois os adultos da maioria das espécies de Ephemeroptera possuem atividade noturna e são atraídos pela luz por ocasião da cópula (Brittain 1982). Cabe salientar que gêneros diferentes foram colecionados pelo lençol e bandeja, mostrando a eficiência e importância de usar os dois métodos de atração luminosa conjuntamente para a coleção das imagos. Além disso, métodos complementares são importantes para capturar as espécies de atividade diurna. Neste estudo, a espécie *Hagenulopsis diptera* foi coletada pela rede entomológica e Malaise.

Leptophlebiidae e Baetidae, as famílias mais diversificadas registradas neste estudo, são também as famílias com maior número de gêneros no Brasil. Para Leptophlebiidae são citados 23 gêneros e para Baetidae 21, abrangendo 65% dos gêneros registrados no país (Domínguez et al. 2006, Salles 2010). Leptophlebiidae apresenta ampla distribuição

geográfica atingindo sua máxima diversidade no Hemisfério Sul (Edmunds et al. 1976), sendo uma das famílias dominantes dos rios neotropicais, com 44 gêneros só para a América do Sul (Domínguez et al. 2009, Polegatto & Batista 2007). A família Baetidae, em termos de riqueza perde apenas para Leptophlebiidae, sendo representada por 27 gêneros na América do Sul (Salles 2006).

As curvas de acumulação de espécies são consideradas um excelente método para avaliar o quanto um inventário faunístico se aproxima da riqueza total da área e pode ser usado como uma importante ferramenta para comparar inventários de diferentes regiões (Santos 2003). No entanto, a estabilização da curva, coleta da riqueza total da área, raramente ocorre em ecossistemas tropicais devido à grande diversidade e a presença de espécies raras (Santos 2003).

A estabilização da curva de acumulação de gêneros para as larvas e alados do Parque Estadual de Campos do Jordão, reforçada pelos estimadores de riqueza, está relacionada ao grande esforço amostral nesta área, tanto da coleta das larvas quanto dos alados. Esforço amostral que diferiu das demais áreas, pois amostras procedentes de outro projeto também foram adicionadas na análise. Nas demais áreas a não estabilização das curvas de acumulação de gêneros para larva e alado, indicam que há expectativa de aumentar o número de gêneros com o incremento do esforço amostral. Em parte, esse resultado é explicado pelo número reduzido de amostras coletadas para os alados e pela constante presença de espécies raras nas amostras de larvas.

A alta riqueza de Ephemeroptera encontrada nesse estudo, além da descoberta de novas espécies e registros para o estado, enfatiza a importância da conservação dos parques, assim como a inclusão de fragmentos remanescentes de Mata Atlântica em Unidades de Conservação, em especial da região de Pindamonhangaba que possui apenas pequenos fragmentos florestais preservados. Isso levando em consideração a extrema importância biológica da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar como áreas prioritárias para a conservação de Invertebrados e a redução de 92% que o Bioma Mata Atlântica sofreu em sua extensão original nas últimas décadas (MMA/SBF 2000).

Bibliografia

Assessoria técnica do projeto preservação da Mata Atlântica e Instituto Ekos Brasil. 2006.

Plano de manejo do Parque Estadual da Serra do Mar. São Paulo, 441p.

Baptista, D.F., Buss, D.F., Dias, L.G.; Nessimian, J.L., Da Silva, E.R., De Moraes Neto, A.H.A., Carvalho, S.N., Oliveira, M.A. & Andrade, L.R. 2006. Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs: ultrastructure of mouthparts. **Annales de Limnologie** 42(2):87-96.

Bernotienė, R., Bartninkaitė, I. & Visinkienė, G. 2008. Diffusion of *Bacillus thuringiensis* bacteria and their effect on aquatic invertebrates in the Nemunas River after using VectoBac 12AS preparation. **Ekologija** 54(2):93-97.

Bispo, P.C. & Oliveira, L.G. 2007. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insects) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** 24(2):283-293.

Brittain, J.E. 1982. Biology of mayflies. **Annual Review of Entomology** 27:119-147.

Compen, A. & Céréghino, R. 2003. Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour – Garonne stream system (France). **Ecological Indicators** 3:135-142.

Colwell, R.K. & Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B** 345:101-118.

Colwell, R.K. 2006. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples.** Versions 8. Disponível em: <purl.oclc.org/estimates>

Cummins, K.W. & Klug, M.J. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. **Annual Review of Ecology and Systematics** 10:147-1172.

Crisci-Bispo, V.L., Bispo, P.C. & Froehlich, C.G. 2007. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** 24(2):312-318.

- Cruz P.V., Salles F.F. & Hamada N. 2009. Two new species of *Callibaetis* Eaton (Ephemeroptera: Baetidae) from Southeastern Brazil. **Zootaxa** **226**:23-38.
- Da-Silva, E.R. 1991. Descrição da ninfa de *Callibaetis guttatus* Navás, 1915, com notas sobre a imago (Ephemeroptera: Baetidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** **20**:345-352.
- Da-Silva ER. 1997. A alimentação de ninfas de *Callibaetis guttatus* Navás, 1915 (Ephemeroptera, Baetidae) em um brejo temporário do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Entomologia** **41**(1):53-55.
- Dean, W. 1996. **A ferro e fogo: a história da devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo, Companhia das Letras, 484p.
- Dias, L.G., Salles, F.F., Francischetti, C.N. & Ferreira, P.S.F. 2006. Key to the genera of Ephemeroptera (Insecta: Ephemeroptera) from Brazil. **Biota Neotropica**. Disponível em: <www.biotaneotropica.org.br/v6n1/pt/abstract?identification+bn00806012006>
- Dias, L.G., Salles, F.F., Polegatto, C., Mariano, R. & Froehlich, C.G. 2007. Novos registros de Ephemeroptera (Insecta: Ephemeroptera) para o estado de São Paulo. **Biota Neotropica** **7**(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n3/pt>
- Dias L.G., Cruz P.V., Ferreira P.S.F. 2009. A new species of *Tricorythodes* Ulmer (Ephemeroptera: Leptohyphidae) from Northern Brazil. **Annales de Limnologie** **45**(2):127-129.
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M., Hubbard, M. & Nieto, C. 2006. **Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America**. Ed. Pensoft, Moscow, 646p.
- Domínguez E; Molineri C; Mariano R. 2009. Revision of the South American species of *Hagenulopsis* Ulmer and *Askola* Peters (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) with description of six new species. **Zootaxa** **2142**:29-44.
- Edmunds Jr. G.F., Jensen S.L., Berner, L. 1976. **The Mayflies of North and Central America**. University of Minnesota Press, Minneapolis, 330p.

- Ferro, M.L. & Sites, R. W. 2007. The Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera of Missouri State Parks, with notes on biomonitoring, mesohabitat associations and distribution. **Journal of the Kansas Entomological Society** 80(2):105-129.
- Francischetti, C.N., Da Silva, E.R. & Salles, F.F. 2001. On the food of nymphs of *Caenis cuniana* Froehlich, 1969 (Ephemeroptera, Caenidae) in a temporary marsh in Restinga de Marica, Rio de Janeiro state, Brasil. **Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro, Zoologia** (446):1-6.
- Francischetti, C.N., Da-Silva, E.R., Salles, F.F., Nessimian, J.L. 2004. A Efemeropterofauna (Insecta: Ephemeroptera) do trecho ritral inferior do Rio Campo Belo, Itatiaia, RJ: composição e mesodistribuição. **Lundiana** 5:33-39.
- Froehlich, C.G. 1969. *Caenis cuniana* sp.n. a parthenogenetic mayfly. **Beiträge zur Neotropischen Fauna** 6(2):103-108.
- Guerra, C. B. 1997. Environment a work in the *Eucalyptus* world: a case study form the Piracicaba River region, in Minas Gerais, Brazil. **Conference IUFRO sobre silvicultura e Melhoramento de Eucalyptus**, Salvador 17-24p.
- Hernandez, A.M.R., Cardoso, M.C.Z., Burbano, M.H. & Serrato, C.H. 1995. Altitudinal distribution of Ephemeroptera in the Farallones de Cali National Park, Colômbia. In: Corkum, L.D. & Ciborowski, J.J.H. **Currente directions in research on Ephemeroptera**. Proceedings of the seventh International Conference on Ephemeroptera in Orono, 478p.
- Hueck, K. 1972. **As florestas da América do Sul**. Ed. Polígono, São Paulo, 466p.
- Leal, J.J.F. & Esteves, A.S. 2000. Life cycle and production of *Campsurus notatus* (Ephemeroptera, Polymitarcyidae) in an Amazonian lake impacted by bauxite tailings (Para, Brazil). **Hydrobiologia** 437:91-99.
- Leal, J.J.F., Enrich-Prast, A., Esteves, F.A., Farjalla, V.F. & Bozelli, R.L. 2005. Influence of *Campsurus notatus* bioturbation on oxygen profile and uptake in sediments of an Amazonian lake impacted by bauxite tailings. **Archiv für Hydrobiologie** 162(4):557-574.

- Li, J., Herlihy, H., Gerth, W. Kaufmann, P., Gregory, S., Urquhart, S. & Larsen, D. 2001. **Freshwater Biology** 46:87–97
- Mariano, R. 2009. Two new species of *Simothraulopsis* Traver, 1947 (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae) from Northeastern Brazil. **Aquatic Insects**: in press
- Melo, S.M., Takeda, A.M. & Büttow, N.C. 1993. Variação temporal de ninfas de *Campsurus violaceus* Needham & Murphy, 1924 (Ephemeroptera: Polymitarcyidae) do Rio Baía (MS-Brasil). **Revista Unimar** 15:95-107.
- Minshall, W. 2003. Responses of stream benthic macroinvertebrates to fire. **Forest Ecology and Management** 178:155-161.
- Molineri, C. & Domínguez, E. 2003. Nymph and egg of *Melanemerella brasiliiana* (Ephemeroptera: Ephemerelloidea: Melanemerellidae), with comments on its systematic position and the higher classification of Ephemerelloidea. **Journal of the North American Benthological Society** 22(2):263-275.
- Ministério de Meio Ambiente e Secretaria de Biodiversidade e Florestas (MMA/SBF). 2000. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e Instituto Estadual de Florestas-MG.
- Needham, J.G., & Murphy, H.E. 1924. Neotropical mayflies. **Bulletin of the Lloyd Library, Entomological** 24(4):1-79.
- Nolte, U., Tietböhl, R.S., & McCafferty, W.P. 1996. A mayfly from tropical Brazil capable of tolerating short-term dehydration. **Journal of the North American Benthological Society** 15(1):87-94.
- Oliveira, L.G. & Froehlich, C.G. 1997. Diversity and community structure of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) in a mountain stream in Southeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia** 9:139-148.
- Paciencia, 2008. **Ciclo de vida, produtividade secundária, distribuição, alimentação e crescimento de *Massartella brieni* (Lestage) (Ephemeroptera:Leptophlebiidae) em**

- riachos do Parque Estadual Intervales, Estado de São Paulo.** Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP, Ribeirão Preto, 62p. Dissertação de mestrado
- Polegatto, C.M. & Froehlich, C.G. 2003. Feeding strategies in Atalophlebiidae (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) with considerations on scraping and filtering. **Research Update on Ephemeroptera & Plecoptera** 55-61.
- Ponçano, W.L., Carneiro, C.D.R., Bistrichi, C.A., Almeida, M. & Prandin, F.L. 1981. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 38-41p. Monografia
- Popp, J.H. 1987. **Geologia Geral.** Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 299p.
- Ocón C. S. & Capítulo, A. 2004. Presence and abundance of Ephemeroptera in relation with habitat conditions in pampean streams (Buenos Aires, Argentina). **Archiv für Hydrobiologie** 159(4):473-487.
- Righi-Cavallaro, K.O., Spies, M.R. & Siegloch, A.E. Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera assemblages in Miranda River Basin, Central region of Brazil. **Biota Neotropica**: no prelo
- Salles, F.F., Da-Silva, E.R., Serrão, J.E. & Francischetti, C.N. 2004. Baetidae (Ephemeroptera) na Região Sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. **Neotropical Entomology** 33(5):569-576.
- Salles, F.F. 2006. **A ordem Ephemeroptera no Brasil: taxonomia e diversidade.** Faculdade Federal de Viçosa, 300p. Tese de doutorado
- Salles, F.F., Polegatto, C.M. & Froehlich, C.G. 2008. Rediscovery of *Perissophlebiodes flinti* (Savage) (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiidae): new records and description of the male imago. In: **International Joint Meeting on Ephemeroptera and Plecoptera.** Stuttgart, Germany.
- Salles, F.F., Francischetti, C.N. & Soares, E.D.G. 2009. The presence of *Homoeoneuria* s.p. (Ephemeroptera: Oligoneuriidae) in South America with the description of a new species. **Zootaxa** 2146:53-60.

- Salles, F.F. 2010. **Lista das espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil**. Disponível em: <<http://ephemeroptera.br.googlepages.com/home23>>
- Santos, A.J. 2003. Estimativas de riqueza em espécies. 19-41p. In: Cullen, L.Jr., Rudram, R. & Valladares-Padua, C. (Orgs.). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Editora da UFPR, Curitiba.
- Seibert, P. 1975. Plano de manejo do Parque Estadual de Campos do Jordão. **Boletim Técnico do Instituto Florestal** 19:1-153.
- Segura, M. 2007. **Composição e distribuição de Coleoptera aquáticos (Insecta) em córregos de baixa ordem no estado de São Paulo, Brasil**. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 87p. Dissertação de mestrado
- Scrimgeour, G.J. & Kendall, S. 2003. Effects of livestock grazing on benthic invertebrates from a native grassland ecosystem. **Freshwater Biology** 48:347-362.
- Siegloch, A.E., Polegatto, C.M. & Froehlich, C.G. 2006. *Segesta riograndensis*, new genus and species of Atalophlebiinae mayfly from South of Brazil (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). **Zootaxa** 1299:35-43.
- Siegloch, A. E, Froehlich, C.G. & Kotzian, C. 2008. Composition and diversity of Ephemeroptera Haeckel 1896 (Insecta) nymph communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, State of Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia** 98:417-516.
- Spies, M. 2009. **Estrutura das comunidades de larvas de Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta) em riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão, São Paulo, Brasil**. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, 136p. Tese de Doutorado
- Takeda, A.M. & Grzybkowska, M. 1997. Seasonal dynamics and production of *Campsurus violaceus* nymphs (Ephemeroptera, Polymitarcyidae) in the Baia River, upper Parana River floodplain, Brazil. **Hydrobiologia** 356:149-155.
- Takebe, I.V. 2009. **Efeitos dos fatores ambientais sobre a fauna de Ephemeroptera (Insecta) em riachos da Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil**. Faculdade de

Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, 41p. Dissertação de mestrado

Voltolini, J.C. 2007. **Parque Natural Municipal do Trabiju**. Disponível em: <<http://trabiju.blogspot.com>>

Walker F. 1853. Ephemerae. **List of the specimens of neuropterous insects in the collection of the British Museum. Part III - (Termitidae- Ephemerae)**. 533-585 p.

CAPÍTULO II

Estrutura espacial das comunidades de larvas de
Ephemeroptera em riachos montanhosos do sudeste do
Brasil considerando múltiplas escalas

Estrutura espacial das comunidades de larvas de Ephemeroptera em riachos montanhosos do sudeste do Brasil considerando múltiplas escalas

Resumo

Nesse capítulo, foram analisadas quatro escalas espaciais com objetivo de avaliar quais as escalas que melhor estruturam as comunidades de Ephemeroptera em região montanhosa do sudeste do Brasil. A coleta das larvas foi realizada seguindo um delineamento amostral hierárquico que abrangeu a escala local (mesohabitats), de segmento (riachos) e a escala regional ou de paisagem (vertentes e serras). Na escala regional foram selecionadas quatro vertentes em duas serras: i) Parque Estadual de Campos do Jordão e ii) Pindamonhangaba, na Serra da Mantiqueira iii) Núcleo Santa Virgínia e iv) Núcleo Picinguaba, na Serra do Mar. Na escala de segmento, oito riachos de baixa ordem em cada vertente foram amostrados. Para a escala local, os mesohabitats pedra e folha/corredeira foram selecionados, sendo coletadas cinco réplicas em cada mesohabitat. A estrutura das comunidades foi analisada através de comparações da riqueza padronizada, análises de variância da riqueza, abundância e composição e, índice de similaridade entre as escalas espaciais. Houve variação significativa na riqueza e abundância das comunidades entre as quatro vertentes e entre os mesohabitats pedra e folha/corredeira. No entanto, a maior variação ocorreu entre as réplicas de um mesmo mesohabitat, o que reflete o padrão de distribuição agregada das comunidades de Ephemeroptera. Pedra/corredeira foi o mesohabitat que apresentou a maior riqueza e o Núcleo Santa Virgínia foi a vertente com a maior riqueza. A ordenação mostrou uma tendência de segregação das amostras do mesmo tipo de mesohabitat e da mesma vertente, tendência corroborada pela análise de variância multivariada (Permanova). Em suma, a estrutura espacial das comunidades de Ephemeroptera parece predita tanto pelos fatores ambientais da escala local ligadas aos mesohabitats quanto pelas características ambientais da escala regional, associados às vertentes. Além disso, esse estudo mostrou que as comunidades de larvas de Ephemeroptera possuem distribuição agregada.

Palavras-chaves: comunidades de Ephemeroptera, região neotropical, riqueza padronizada, escala espacial, modelo hierárquico.

Abstract

Spatial structure in assemblages of Ephemeroptera larvae in mountainous streams of southeastern Brazil considering multiple scales. In this study, four spatial scales were analyzed with the aim of determining what scales better explain the spatial structure in assemblages of Ephemeroptera larvae in a mountain region of southeastern Brazil. The larvae were collected following a hierarchical sampling design that included local scale (mesohabitats), segments (streams), and regional or landscape scale (slopes and mountain ranges). At the regional scale, four areas in two mountain ranges were selected i) Campos do Jordão State Park and ii) Pindamonhangaba region, in Serra da Mantiqueira, iii) Santa Virgínia Nucleus and iv) Picinguaba Nucleus, in Serra do Mar. Eight low order streams were previously selected in each slope, making up for the segment scale. At the local scale, five samples were collected in each type of mesohabitat (stone and leaf, both in riffle). The framework of the assemblages was analyzed by comparing the estimated richness, variance of richness, abundance and composition, and by a similarity index of assemblages among the different scales. There was a significant variation in both richness and abundance of the assemblages among the four slopes and between stone and leaf mesohabitats. Moreover, the highest variation in richness and abundance occurred among the samples from the same mesohabitat, which reflects the clumped distribution pattern of the Ephemeroptera assemblages. Stone was the mesohabitat with the highest estimated richness, similarly Santa Virgínia Nucleus was the slope with highest estimated richness. The ordination showed a trend of segregation of samples from slopes and mesohabitats, this trend was confirmed by multivariate analysis of variance (Permanova). So, the spatial structure of the assemblages of Ephemeroptera seems predicted by environmental characteristics of local scale linked to mesohabitats and the features of the regional scale, associated with each slope. In addition, this study showed that communities of Ephemeroptera larvae have a clumped distribution.

Keywords: Ephemeroptera assemblages, tropical streams, estimated richness, spatial scale, hierarchical model.

Introdução

Os rios e riachos são sistemas organizados hierarquicamente desde uma única partícula de substrato até bacias hidrográficas inteiras, sendo que em cada uma dessas escalas há variação espacial e temporal das comunidades bióticas, bem como das variáveis ambientais.

Esse sistema é considerado hierárquico pelo fato das variáveis ambientais de pequena escala (locais) serem determinadas pelas variáveis de macro escala, também chamados de regionais ou de paisagem, como os padrões climáticos e geomorfológicos (Frissell et al. 1986). Assim, dentro desse sistema as comunidades aquáticas precisam passar pelos diversos filtros ecológicos de múltiplas escalas, desde a escala de paisagem até a de microhabitat, para então se estabelecerem em um determinado habitat (Poff 1997). Isso só acontece quando as espécies do *pool* regional têm atributos funcionais (adaptações) que as possibilitem passar nesses filtros e se estabelecer em um local (Tonn et al. 1990). Desse modo, habitats com características ambientais semelhantes podem ter comunidades estruturalmente similares (Poff 1997).

Embora por algum tempo características ambientais locais fossem consideradas determinantes da diversidade local, recentemente tem sido aceito que o padrão das comunidades é produto de interações de causas múltiplas. Assim, a estrutura das comunidades seria resultado da interação de fatores ambientais locais e regionais (Poff 1997), pois características regionais exercem influência hierárquica nas escalas menores, dirigindo a distribuição das espécies que respondem ao gradiente ambiental (Frissell et al. 1986, Downes & Reich 2007). No entanto, cabe mencionar que os padrões espaciais das comunidades são dependentes da escala de observação, caso uma escala inapropriada seja usada os padrões detectados podem ser apenas artefatos da escala (Wiens 1989). Dessa forma, o padrão espacial regional deveria ser investigado em paisagens relativamente uniformes ou biomas, onde todos os locais (escalas) dessa região pudessem ser colonizados pelas espécies do *pool* regional (Cornell & Kralson 1996). Além disso, a

escala apropriada para estudos ecológicos depende das perguntas formuladas, do organismo estudado e da resolução taxonômica desse organismo.

As comunidades aquáticas além de refletir a variação natural dos fatores ambientais das diferentes escalas, também podem variar com as mudanças ocasionadas pelas perturbações antrópicas (Wu & Legg 2007). Desde modo, para conhecer a variação das comunidades entre as escalas é fundamental amostrar áreas preservadas, com reduzida interferência antrópica. Então, os resultados gerados poderiam fornecer informações para a conservação e avaliações ambientais.

Vários estudos considerando múltiplas escalas têm sido realizados com as comunidades de macroinvertebrados aquáticos (e.g. Li et al. 2001, Boyero & Bailey 2001, Roque et al. 2003, Boyero 2003, Wu & Legg 2007, Bonada et al. 2008). No entanto, ainda existe certa controvérsia sobre a importância das variáveis ambientais locais e regionais sobre as comunidades aquáticas (Sandin & Johnson 2004). Em relação apenas as comunidades de Ephemeroptera, poucos trabalhos foram realizados a fim de avaliar a estrutura espacial das comunidades na escala regional (e.g. Goulart & Callisto 2005, Svitok 2006). Diante das poucas informações sobre os padrões espaciais em múltiplas escalas na distribuição das comunidades de Ephemeroptera, aliado ao fato que os grupos taxonômicos podem apresentar padrões diferentes, devido às características comportamentais e necessidades ecológicas de cada grupo, o presente estudo teve como objetivo avaliar quais as escalas espaciais que melhor explicam a estrutura das comunidades de larvas de Ephemeroptera em região montanhosa do Estado de São Paulo.

Área de Estudo

O estudo foi realizado em quatro áreas de conservação abrangendo as duas vertentes da Serra da Mantiqueira e as duas vertentes da Serra do Mar, situadas no Estado de São Paulo.

Na Serra da Mantiqueira, o estudo foi realizado no Parque Estadual de Campos do Jordão (22°30' a 22°41'S, 45°27' a 45°31'W) e no município de Pindamonhangaba, englobando a Reserva Particular São Sebastião do Ribeirão Grande (22°44'S, 45°27'W), propriedades particulares e o Parque Natural Municipal de Trabiju (22°50'S, 45°31'W). Na Serra do Mar, o estudo foi realizado nos núcleos Santa Virgínia (23°17' a 23°24'S, 45°03' a 45°11'W) e Picinguaba (23°15' a 23°27'S, 45°03' a 45°15'W) (Figura 1).

No planalto da Serra da Mantiqueira, vertente voltada para a Bacia do Rio Grande, está situado o Parque Estadual de Campos do Jordão, no município de Campos do Jordão. A altitude média é 1.650 m e a cobertura vegetal é um mosaico de Floresta Ombrófila Densa e Mista Alto-Montana e Campos de Altitude. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cfb subtropical de altitude, mesotérmico e úmido, sem estiagem e com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e a precipitação média de 1.800 mm (Seibert 1975).

Na vertente da Serra da Mantiqueira voltada para o vale do Rio Paraíba do Sul está situada a Reserva Florestal São Sebastião do Ribeirão Grande, reserva da empresa Votorantin Celulose e Papel destinada à conservação, o Parque Natural Municipal do Trabiju e as propriedades particulares, todas localizadas no município de Pindamonhangaba. A vegetação da região é composta por Campos de Altitude e Floresta Ombrófila Densa Montana (Hueck 1972, SMA/IF 2005). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, subtropical úmido com inverno seco e verão quente e a precipitação média de 1.000 mm anuais (Votolini 2007).

A vertente da Serra do Mar voltada para a planície litorânea abarca o Núcleo Picinguaba que possui um gradiente altitudinal desde a cota zero até a altitude de 1.300 m.

A vegetação é um mosaico de restinga e mangue na região costeira e Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Submontana e Montana nas encostas da serra (Plano de Manejo 2006). O clima da área, de acordo com Köppen é classificado com AF, tropical úmido, com precipitação alta durante todos os meses do ano (SMA/IF 2005, Plano de Manejo 2006).

O Núcleo Santa Virgínia está situado no Planalto de Paraitinga-Paraibuna, com altitudes variando entre 870 a 1.100 m. A vegetação é caracterizada pela Floresta Ombrófila Densa Montana, com alguns pequenos trechos de Campos de Altitude e de Floresta de Neblina. O clima, de acordo com Köppen, também é classificado como AF, tropical úmido, porém ocorre uma diminuição das chuvas no outono e inverno que pode distinguir um período seco (Plano de Manejo 2006, SMA/IF 2005).

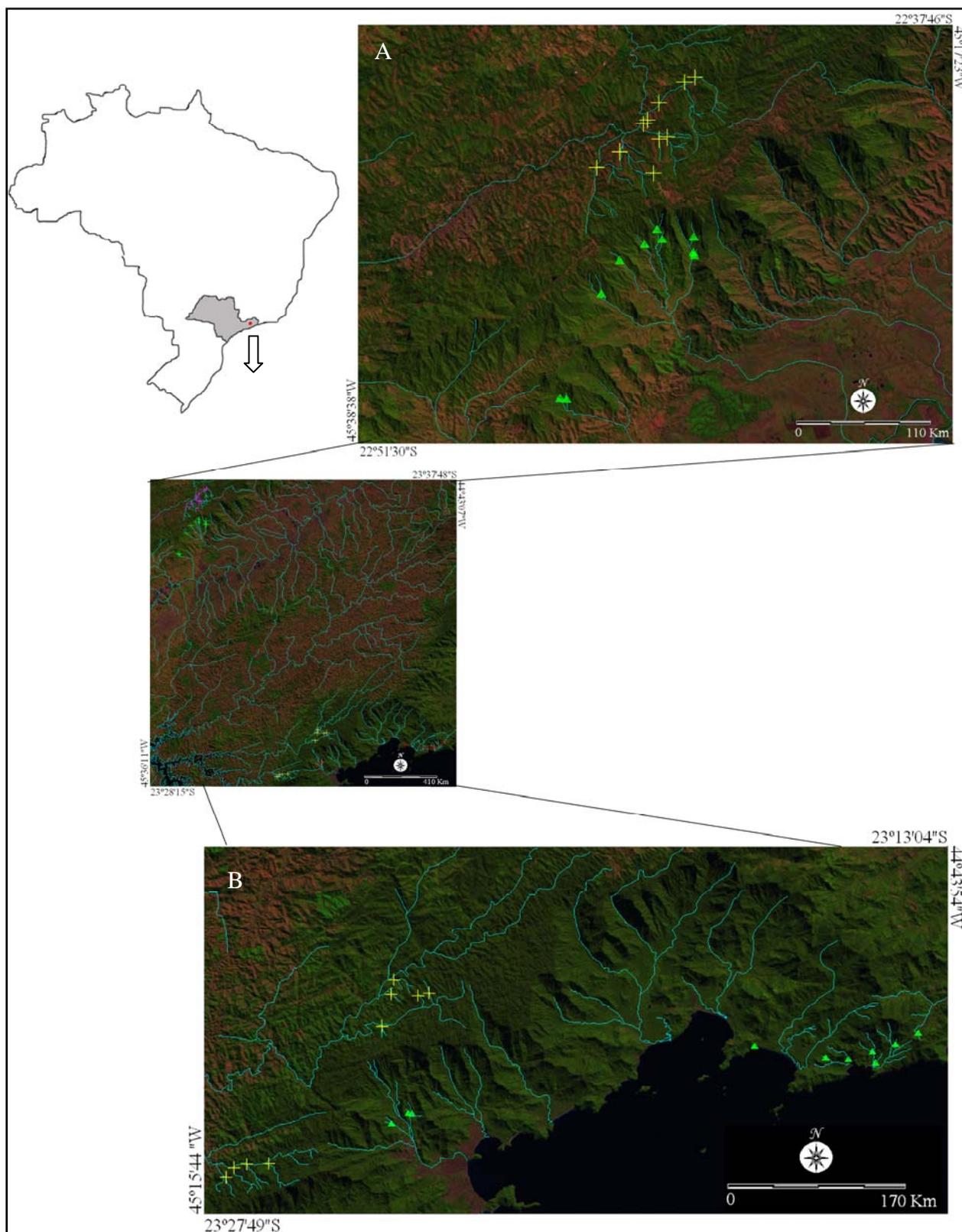


Figura 1. Bacia hidrográfica dos riachos coletados nas duas vertentes da Serra da Mantiqueira (A) e as duas vertentes da Serra do Mar (B), em setembro/2006 e outubro/2007, no estado de São Paulo. O asterisco amarelo corresponde aos riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão (Serra da Mantiqueira) e do Núcleo Santa Virgínia (Serra do Mar) e o triângulo verde corresponde aos riachos de Pindamonhangaba e Núcleo Picinguaba, respectivamente.

Materiais e Métodos

Desenho amostral

A coleta das larvas de Ephemeroptera foi realizada seguindo um delineamento amostral hierárquico que abrangeu diferentes escalas espaciais (entre mesohabitats, riachos, vertentes e serras), amostrando dessa forma a escala local (mesohabitats), de segmento (riachos) e a escala regional (vertentes e serras).

Para amostrar a escala regional, foram selecionadas áreas das duas vertentes da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar, com distinto relevo (altitude), e pequenas diferenças climáticas e na formação vegetal (Tabela I): i) Parque Estadual de Campos do Jordão e ii) região de Pindamonhangaba, na Serra da Mantiqueira iii) Núcleo Santa Virgínia e iv) Núcleo Picinguaba, na Serra do Mar. Para escala de segmento, 10 riachos de baixa ordem (1^a a 3^a ordem) em cada vertente foram selecionados, totalizando 40 riachos amostrados. No entanto, dois riachos de cada vertente foram retirados da análise, pois um riacho do Parque Estadual de Campos do Jordão teve abundância muito baixa, apenas cinco indivíduos, e o outro não representava a fisionomia florística da área (Floresta de Araucária). Então, para padronizar o número de riachos foram usados oito riachos de cada vertente. Para a escala local, os mesohabitats pedra e folha/corredeira foram coletados em cada riacho. Cinco réplicas foram coletadas em cada mesohabitat, totalizando 320 amostras.

Apenas riachos de baixa ordem foram selecionados, devido os maiores valores de diversidade encontrados nesses riachos ao comparar com riachos maiores (Minshall et al. 1985). Como critério de escolha dos riachos de cada vertente, foi considerado o estado de preservação, a formação vegetacional e a bacia hidrográfica que pertenciam. Assim, todos os riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão desaguavam na Bacia do Rio Grande, sem conectividade com os riachos das demais áreas, e pertencia a Floresta Ombrófila Mista, os riachos de Pindamonhangaba e do Núcleo Santa Virgínia desaguavam na Bacia do Rio Paraíba do Sul e os do Núcleo Picinguaba em bacias que desaguavam direto no mar.

Estas três vertentes fazem parte da Floresta Ombrófila Densa. Além disso, todos os riachos estavam localizados em Unidades de Conservação ou em áreas preservadas. A classificação hidrológica dos riachos seguiu Strahler (1957).

Tabela I. Caracterização ambiental do Parque Estadual de Campos do Jordão, Pindamonhangaba, Núcleo Santa Virgínia e Núcleo Picinguaba. (Temp. Máx. - temperatura máxima, Temp. Min. – temperatura mínima, e Precip. ac. – precipitação acumulada)

	P.E. Campos do Jordão	Pindamonhangaba	N. Santa Virgínia*	N. Picinguaba
Vegetação	F. Ombrófila Mista Alto-Montana	F. Ombrófila Densa Montana	F. Ombrófila Densa Montana	F. Ombrófila Densa terras baixas, Submontana
Clima	Cfb	Cwa	AF, com estiagem	AF, com alta precipitação
**Altitude Média	1501 ± 99	911 ± 112	893 ± 78	112 ± 98
**Temp. Máx.	22 ± 2	29 ± 2	29 ± 3	28 ± 3
**Temp. Mín.	9 ± 4	18 ± 4	15 ± 5	18 ± 3
**Precip. ac.	1925,3	1030,3	1275,4	2179,4

* Dados de temperatura e precipitação extraídos da cidade de Taubaté situada cerca de 30 km de distância do Núcleo Santa Virgínia.

** valores médios obtidos entre setembro/2006 e novembro/2007.

Metodologia de coleta

As coletas foram realizadas no período de estiagem para evitar os efeitos das chuvas e na mesma época do ano, em setembro de 2006 e outubro de 2007, utilizando amostrador de Surber com área reduzida (0,0361 m² e malha 0,25 mm). A redução da área amostral do Surber foi tomada para individualizar as amostras de cada mesohábitat, pois amostradores de tamanho normal (0,093 m²) podem não detectar padrões espaciais locais (Li et al. 2001, Wu & Legg 2007), enquanto que os amostradores menores tem sido usados com êxito para essa finalidade (Mazurkiewicz & Fleituch 2000, Boyero 2003, Spies 2009).

Além disso, para verificar os padrões espaciais dentro do riacho foi adotado um modelo amostral não randômico. De acordo com Li et al. (2001), para analisar padrões de grande escala arranjos aleatórios de amostras são suficientes, mas para detectar a variação de pequena escala são necessárias técnicas amostrais estratificadas que incorporem as diferenças locais.

O amostrador de Surber foi colocado contra a correnteza e as pedras e folhas contidas na área amostral foram revolvidas e lavadas manualmente, sendo que os fragmentos maiores foram retirados e examinados para a coleta dos insetos aderidos.

O material coletado foi fixado em formaldeído a 5%, e no laboratório o material foi lavado sob peneira de malha 250 μm e conservado em álcool 80% até as amostras serem triadas e identificadas com auxílio de microscópio estereoscópico. As larvas foram identificadas no nível de gênero com auxílio do catálogo e chave taxonômica de Domínguez et al. (2006) e dos trabalhos de Salles et al. (2004) e Dias et al. (2005).

Análise dos dados

Para a realização das análises *nested* Anova e Permanova cada amostra representa um surber/réplica. Como nem sempre foi possível coletar as cinco amostras em cada mesohábitat foi realizada uma média das réplicas coletadas e usada como a réplica não coletada. Para a análise de similaridade de Bray-Curtis usada para a construção do NMDS uma amostra representa a média das réplicas coletadas em cada mesohábitat. A média das réplicas dos mesohábitats foi usada para padronizar a abundância coletada em cada mesohábitat. No entanto, para a estimativa da riqueza pelo método de rarefação, uma amostra representa o somatório das réplicas devido à relação de dependência da riqueza e esforço amostral (Gotelli & Colwell 2001).

A variação da riqueza observada e abundância entre as quatro escalas espaciais foram analisadas através da análise de componentes de variância para modelos hierárquicos (*nested* Anova). Esse modelo foi usado para verificar a variação espacial nas seguintes escalas, usando quatro fatores aleatórios: i) variação entre as serras ii) entre vertentes dentro de cada serra, iii) riachos dentro de cada vertente e serra e iv) mesohábitat dentro de riacho, vertente e serra. O modelo com fatores aleatórios foi usado, apesar do

desenho amostral estratificado, devido o interesse de analisar apenas a escala de variação espacial da riqueza e abundância. Segundo Boyero (2003) a *nested* Anova é apropriada para detectar a variação na estrutura das comunidades. Essa análise foi realizada no programa Statistica 6.0 (StatSoft 2001).

A comparação da riqueza, pelo método de rarefação (Hurlbert 1971, Simberloff 1972), foi realizada nas escalas que tiveram variação significativa da riqueza observada e abundância na análise *nested* Anova. O método de rarefação é fundamentado na premissa de que as comunidades comparadas devam ser suficientemente amostradas (Tipper 1979). Assim, as réplicas das comunidades foram somadas e organizadas para contemplar a escala local (mesohabitats) e regional (vertentes). Como a *nested* Anova mostrou valor marginal de significância para a escala de segmento, comparações da riqueza padronizada entre os riachos também foram realizadas. Para contemplar a escala de local, foram somadas as réplicas de um mesmo mesohabitat dos oito riachos pertencentes à mesma vertente; na escala de vertente, foram somadas as réplicas dos mesohabitats e riachos; para contemplar a escala de segmento, foram somadas as réplicas dos mesohabitats de cada riacho.

As comparações da riqueza devem ser realizadas ao maior nível de abundância comparável entre as comunidades (Gotelli & Entsminger 2001), assim, para comparar a riqueza padronizada entre os mesohabitats foram 478 indivíduos retirados ao acaso, abundância máxima comparável entre os mesohabitats, para comparar as vertentes foram 1149 indivíduos e para comparar os riachos de baixa ordem foram 100 indivíduos retirados ao acaso, abundância máxima comparável entre os riachos de todas as vertentes. As curvas foram geradas pelo EcoSim 700 (Gotelli & Entsminger 2001).

Além disso, o teste de Chi-Quadrado (X^2) foi usado para verificar se as comunidades de Ephemeroptera possuem distribuição aleatória ou agregada. Para tal, foram utilizadas todas as réplicas de pedra e folha, testando cada mesohabitat isoladamente. Este teste foi realizado no programa Biodiversity Pro 2 (McAleece 1997).

A similaridade das comunidades de Ephemeroptera foi avaliada através do coeficiente de similaridade Bray-Curtis, com posterior ordenação pelo método do Escalonamento

Multidimensional Não Métrico (NMDS) (Krebs 1999). Essa análise foi utilizada para verificar se as comunidades estão estruturadas conforme o tipo de serra, vertente, riacho ou mesohábitat. A matriz de dados foi transformada $[\ln(x+1)]$, para reduzir a influência das grandes discrepâncias numéricas. Como medida da representatividade da matriz foi utilizada a estatística denominada “Stress”, sendo que valores de stress abaixo de 0,2 correspondem a um ajuste regular e valores abaixo de 0,1 um ajuste bom da ordenação (Clarke & Warwick 2001).

A análise de variância multivariada permutacional (não-paramétrica) para modelos com múltiplos fatores (Permanova) (Anderson 2001, 2005) foi usada para testar se há variação da estrutura espacial das comunidades considerando a escala hierárquica: diferenças entre serras, vertentes dentro de serras, riachos dentro de vertentes e serras e, entre os mesohábitats dentro de riachos, vertentes e serras. Neste modelo, serra foi considerado um fator fixo e cruzado e os níveis hierárquicos inferiores, mesohábitat, riacho e vertente, foram considerados aleatórios e aninhados (*nested*). Nessa análise, foi utilizada a matriz de abundância das comunidades logaritmizada $[\ln(x+1)]$ e as diferenças entre as escalas foram baseadas no índice de dissimilaridade de Bray-Curtis obtido, com 999 permutações. Foi usado o método de permutação dos resíduos de um modelo reduzido, pois dá maior acurácia aos modelos complexos (Anderson & Legendre 1999, Anderson & ter Braak 2003). Comparações a posteriori individuais (*pair-wise*) através da mesma análise foram realizadas entre as vertentes, riachos e mesohábitats. Essa análise foi realizada no programa PERMANOVA 1.6 (Anderson 2005).

A análise de Táxons Indicadorares (ISA, Dufrene & Legendre 1997) foi usada para determinar os gêneros de Ephemeroptera indicadores de cada vertente e mesohábitat. Segundo esse método, no conjunto de dados existem grupos que podem ser indicados por alguns táxons e os valores de indicação levam em consideração a frequência de ocorrência e abundância desses táxons de um grupo específico. Os grupos são estabelecidos a priori e, nesse caso, foram definidos como as réplicas coletadas nas quatro vertentes e nos dois mesohábitats. Na análise, cada táxon recebe um valor indicador de cada grupo, que varia de 0 a 100%, testados estatisticamente através de 5000 permutações de Monte Carlo. Essa análise foi realizada no programa PC-ORD 4.0 (McCune & Mefford 1999).

Resultados

No total, foram coletados 7.465 indivíduos, distribuídos em 25 gêneros e seis famílias. Na Serra do Mar foram colecionados 23 gêneros e seis famílias e na Serra da Mantiqueira 22 gêneros e cinco famílias. Entre as vertentes, o Núcleo Santa Virgínia apresentou a maior riqueza 22 gêneros. Na escala local, os mesohabitats pedra e folha/corredeira do Parque Estadual de Campos do Jordão e Pindamonhangaba apresentaram riqueza similar, já no Núcleo Picinguaba a riqueza em pedra foi maior e no Núcleo Santa Virgínia folha teve a maior riqueza (Tabela II).

Tabela II. Composição, riqueza e abundância de larvas de Ephemeroptera coletadas em setembro/2006 e outubro/2007 nos mesohabitats pedra e folha/corredeira e nas quatro vertentes estudadas (P: pedra, F: folha; PECJ: Parque Estadual de Campos do Jordão, Pinda: Pindamonhangaba, NSV: Núcleo Santa Virgínia e NP: Núcleo Picinguaba)

	Serra da Mantiqueira				Serra do Mar			
	PECJ		Pinda		NSV		NP	
	P	F	P	F	P	F	P	F
BAETIDAE								
<i>Americabaetis</i>	34	62	45	121	130	284	162	306
<i>Baetodes</i>	12	4	147	45	57	36	67	29
<i>Camelobaetidius</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cloeodes</i>	1	0	0	1	0	1	15	0
<i>Cryptonympha</i>	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Paracloeodes</i>	0	2	0	0	4	4	2	1
<i>Tupiara</i>	47	7	1	5	125	9	0	0
<i>Zeluzia</i>	1	5	0	0	7	72	7	54
EUTHYPLOCIIDAE								
<i>Campylocia</i>	64	33	20	1	17	1	4	0
LEPTOPLHEBIIDAE								
<i>Askola</i>	86	131	23	3	161	11	8	0
<i>Farrodes</i>	173	169	61	60	101	282	120	223
<i>Hagenulopsis</i>	150	34	249	23	50	5	45	12
<i>Hermanella</i>	41	91	14	37	0	0	0	0
<i>Hylister</i>	0	0	171	156	18	486	4	0
<i>Thraulodes</i>	104	5	315	12	182	66	24	16
<i>Massartella</i>	2	2	12	1	1	4	0	0
<i>Miroculis</i>	0	1	0	0	22	2	2	14

Continuação Tabela II.

	Serra da Mantiqueira				Serra do Mar			
	PECJ		Pinda		NSV		NP	
	P	F	P	F	P	F	P	F
<i>Perissophlebiodes</i>	0	0	0	0	10	0	0	0
LEPTOHYPHIDAE								
<i>Leptohyphodes</i>	2	0	7	0	0	1	0	0
<i>Leptohyphes</i>	0	0	14	49	0	3	0	4
<i>Traverhyphes</i>	3	5	387	312	9	28	4	10
<i>Tricorythodes</i>	25	33	174	86	2	9	1	2
<i>Tricorythopsis</i>	24	0	0	0	183	21	12	0
MELANEMERELLIDAE								
<i>Melanemerella</i>	0	1	0	0	1	4	0	0
POLYMITARCYIDAE								
<i>Asthenopus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
Abundância	769	588	1640	912	1080	1330	478	671
Riqueza Mesohábitat	16	16	15	15	18	21	16	11
Riqueza Vertente		20		16		22		17
Riqueza Serra				22				23

A análise de variância para modelos hierárquicos mostrou variação significativa na riqueza e abundância entre os mesohábitats e as vertentes, porém não entre as serras e os riachos de baixa ordem, apesar da forte tendência ($p=0,054$) (Tabela III). De acordo com a *nested* Anova, a variação na riqueza devido as diferenças entre as serras foi zero, enquanto 26,2% de toda a variação foi explicada pelas diferenças entre as vertentes, 8% devido diferenças entre mesohábitats e riachos e 57,8% pelo resíduo. O resíduo consiste na variação entre as réplicas de um mesmo mesohábitat (e.g. entre as amostras de pedra). Para a abundância, 12,2% da variação foi explicada pelas diferenças entre as vertentes, 7,9% pelas diferenças entre os riachos, 11,8% pelas diferenças entre mesohábitats e 68,1% pelo resíduo (Tabela III).

A comparação da riqueza padronizada entre os mesohábitats mostrou expectativa de riqueza similar entre pedra e folha no Parque Estadual de Campos do Jordão e no Núcleo Santa Virgínia, sendo que estes apresentaram maior riqueza que os demais. O mesohábitat pedra do Parque Estadual de Campos do Jordão, Pindamonhangaba e Núcleo Picinguaba apresentaram maior

riqueza que folha de Pindamonhangaba e Picinguaba e, pedra do Núcleo Picinguaba apresentou maior riqueza que folha de Campos do Jordão. Assim, o maior número de comparações mostra que a maior expectativa de riqueza foi encontrada no mesohábitat pedra (Figura 2).

No Parque Estadual de Campos do Jordão, os riachos P1 e P7 apresentaram maior riqueza que os demais exceto em relação ao P4. Em Pindamonhangaba, os riachos P3, P6 e P8 apresentaram maior riqueza. No Núcleo Santa Virgínia o P1 teve maior riqueza que os demais riachos com exceção de P5, P7 e P8. No Núcleo Picinguaba, P8 teve maior riqueza, exceto em relação ao P7 que apresentou riqueza similar (Figura 3). Destes, os riachos de maior ordem são P1 e P7 do Parque Estadual de Campos do Jordão (2ª ordem), P3 de Pindamonhangaba (3ª ordem), P8 do Núcleo Picinguaba (2ª ordem). Na escala regional, a maior riqueza padronizada foi encontrada no Núcleo Santa Virgínia e a menor em Pindamonhangaba (Figura 2).

Tabela III. Resultados da análise de componentes de variância (*nested* Anova) para riqueza observada e abundância de Ephemeroptera em quatro escalas espaciais, entre serras, vertentes dentro de serras, riachos dentro de vertentes e serras e mesohábitats dentro de riachos, vertentes e serras. d.f.=graus de liberdade, MS= quadrado médio, F= valor do teste, $p < 0,05$, CV (%)= componente de variância

		d.f	MS	F	p	CV
Riqueza	Serra	1	0,54	0,01	0,51	0
	Vertente (Serra)	2	111,27	12,82	0,001	26,2
	Riacho (Vertente(Serras))	28	8,68	1,81	0,05	8
	Mesohábitat (Riacho(Vertente(Serra)))	32	4,78	1,70	0,01	8
	Resíduo	256				57,8
Abundância	Serra	1	381	0,04	0,86	0
	Vertente (Serra)	2	9,44	5,73	0,01	12,2
	Riacho (Vertente(Serra))	28	1,65	1,63	0,09	7,9
	Mesohábitat (Riacho(Vertente(Serra)))	32	1,01	1,87	0,001	11,8
	Resíduo	256				68,1

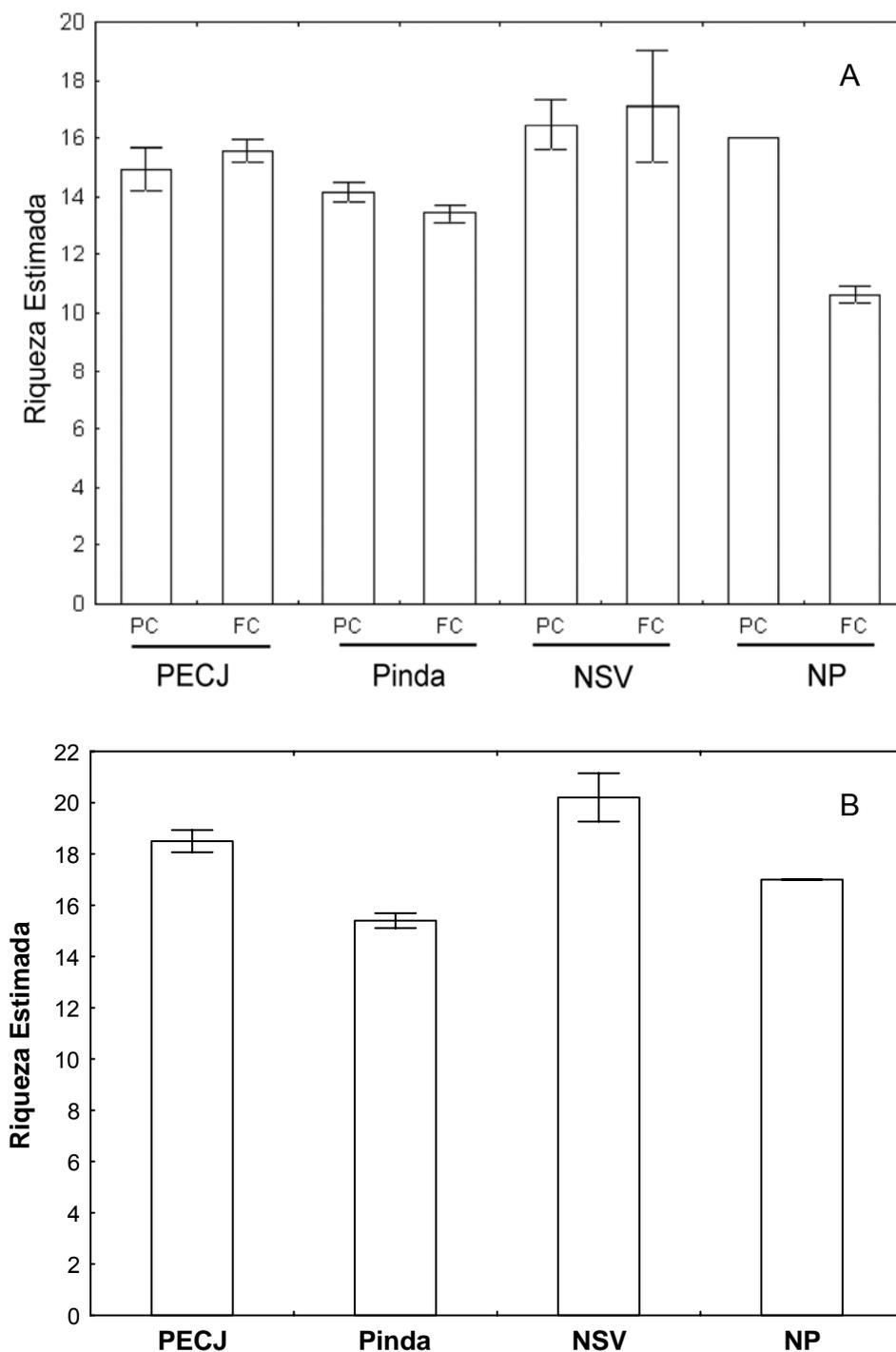


Figura 2. Riqueza estimada para os mesohabitats pedra e folha/corredeira (A) e para as vertentes (B) pelo método de rarefação para uma amostra de indivíduos retirados ao acaso das comunidades larvas de Ephemeroptera coletadas em setembro/2006 e outubro/2008. As barras representam a variação em torno da curva. (PC: pedra/corredeira, FC: folha/corredeira; PECJ: Parque Estadual de Campos do Jordão, Pinda: Pindamonhangaba, NSV: Núcleo Santa Virgínia, NP: Núcleo Picinguaba).

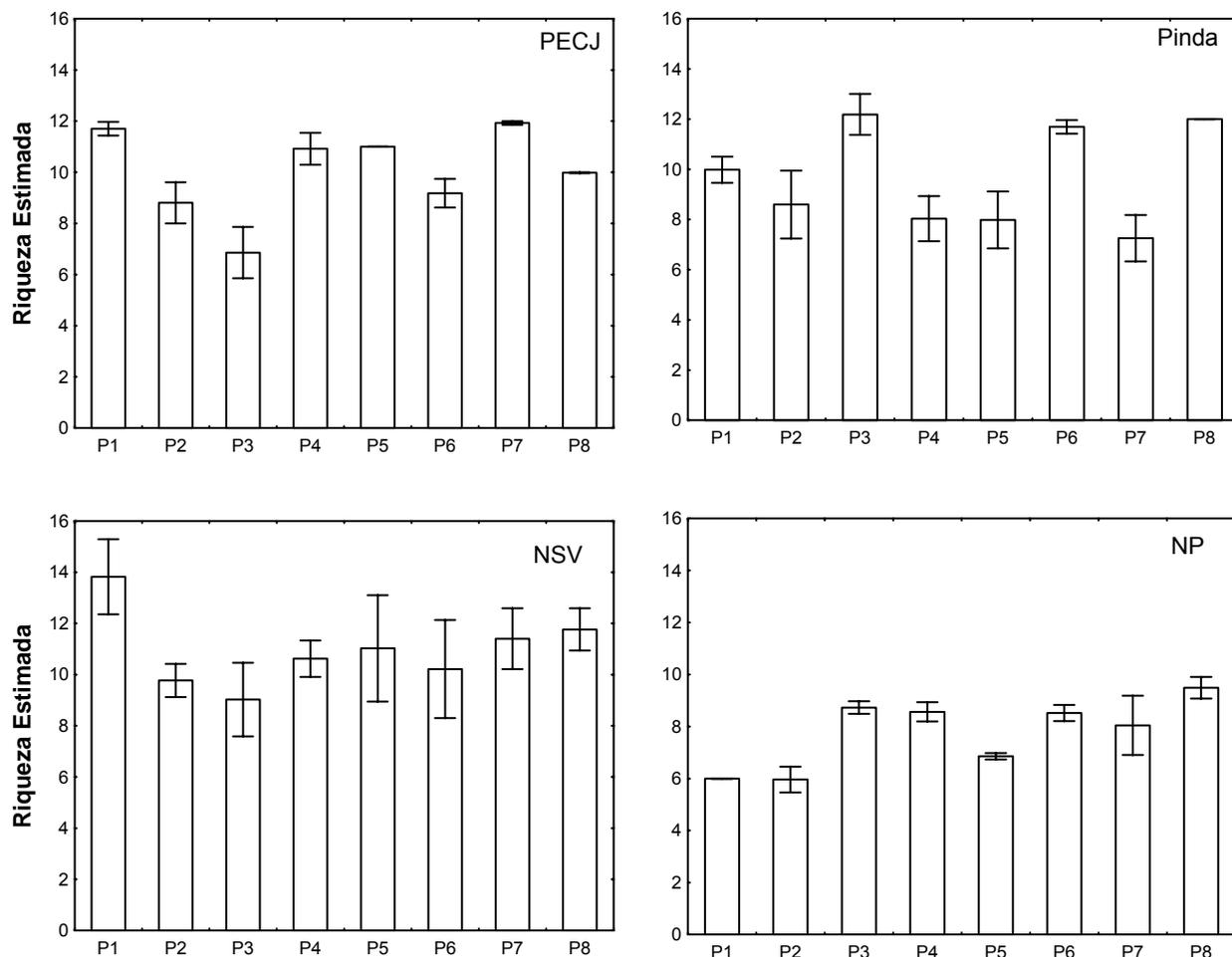


Figura 3. Riqueza estimada para os oito riachos de cada vertente pelo método de rarefação para uma amostra de 100 indivíduos retirados ao acaso das comunidades de larvas de Ephemeroptera coletadas em setembro/2006 e outubro/2007 no Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ), em Pindamonhangaba (Pinda), Núcleo Santa Virgínia (NSV) e Núcleo Picinguaba (NP). As barras representam a variação em torno da curva.

A ordenação evidenciou tendência de segregação das amostras do mesmo mesohabitat e vertente, em especial das amostras do Parque Estadual de Campos do Jordão e pedra/corredeira (Figura 4). Essa tendência foi confirmada pela análise de variância multivariada (Permanova) que evidenciou variação significativa da estrutura das comunidades entre os mesohabitats pedra e folha corredeira, entre os riachos de baixa ordem e entre as quatro vertentes. No entanto, comparações a posteriori mostraram que a variação significativa não se manteve entre os riachos de cada vertente, indicando que a composição das comunidades não variou entre os riachos de baixa ordem. Somente houve variação significativa entre os riachos P3, P4, P5 de Pindamonhangaba e entre os riachos P2 e P8 do Núcleo Picinguaba (anexo I). As comparações a posteriori mostraram diferenças significativas das comunidades entre os mesohabitats e entre as quatro vertentes, em especial entre o Núcleo Picinguaba e o Parque Estadual de Campos do Jordão e Pindamonhangaba, sendo as comunidades do Parque Estadual de campos do Jordão e do Núcleo Santa Virgínia as mais similares (Tabela IV).

Cabe salientar que a maior estimativa de variância (quadrado médio - MS) foi encontrada entre as quatro vertentes, o que indica maior variação da estrutura espacial das comunidades de Ephemeroptera nessa escala (Tabela IV).

A análise de táxons indicadores evidenciou que dos 25 gêneros colecionados 12, com valor de indicação acima de 20% foram considerados indicadores de alguma vertente. Os gêneros, *Campylocia*, *Askola* e *Hermanella* indicaram o Parque Estadual de Campos do Jordão; *Baetodes*, *Hagenulopsis*, *Leptohyphes* e *Traverhyphes* indicaram Pinda; *Tupiara*, *Hylister*, *Thraulodes* e *Tricorythopsis* foram os gêneros mais representativos do Núcleo Santa Virgínia; e *Americabaetis* do Núcleo Picinguaba.

Considerando os mesohabitats, análise de táxons indicadores evidenciou os gêneros *Tupiara*, *Campylocia*, *Askola*, *Hagenulopsis*, *Thraulodes* e *Tricorythopsis* como indicadores de pedra em duas ou mais vertentes e os gêneros *Americabaetis* e *Zeluzia* como indicadores de folha corredeira (Tabela VI).

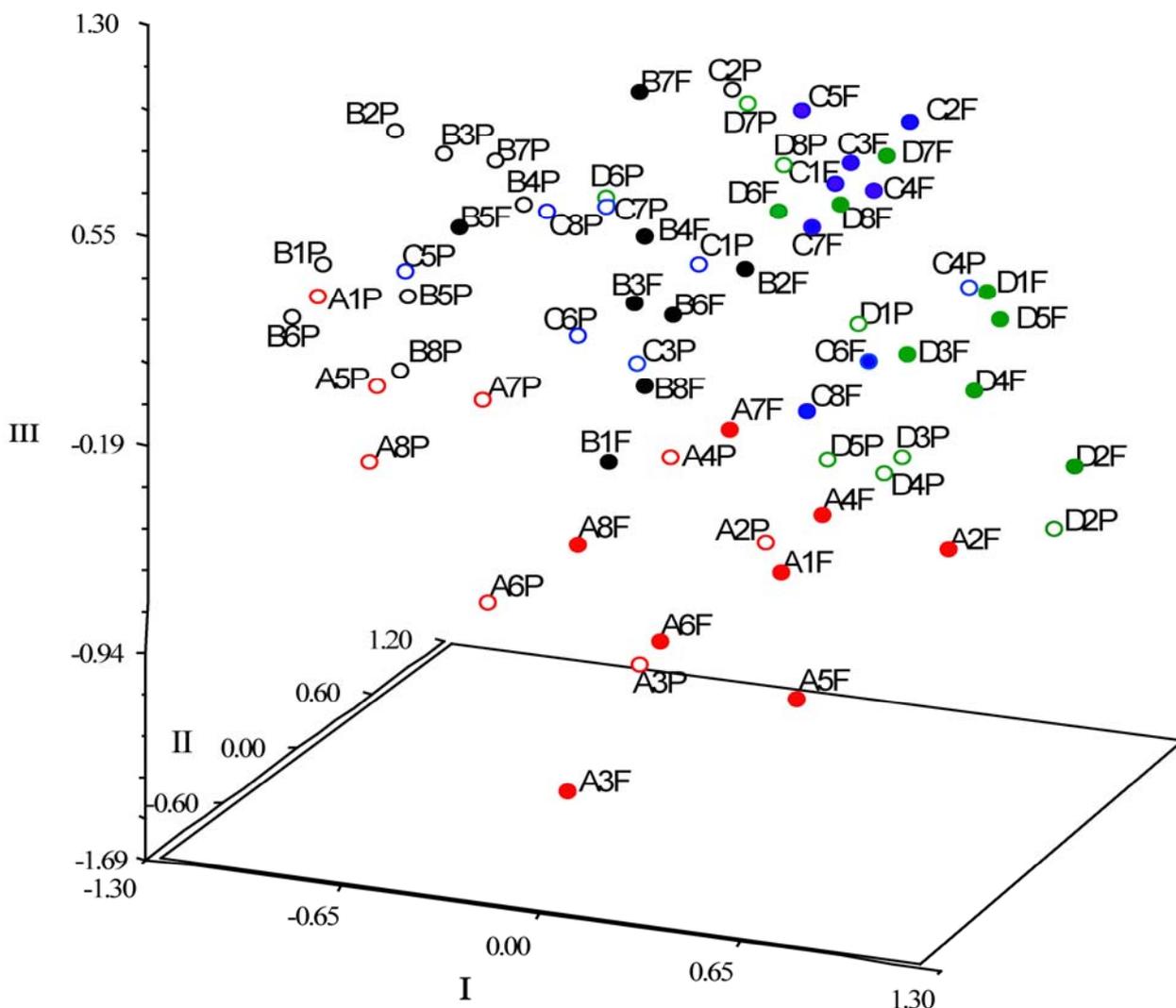


Figura 4. Ordenação da similaridade de Bray-Curtis pelo método de escalonamento multidimensional não-métrico para as amostras de Ephemeroptera coletadas em setembro/2006 e outubro/2007 nos mesohabitats pedra (P, círculo vazio) e folha (F, círculo cheio) em oito riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão (A, círculo vermelho), Pindamonhangaba (B, círculo preto), Núcleo Santa Virgínia (C, círculo azul) e Núcleo Pinguaba (D, círculo verde). O stress foi de 0,17.

Tabela IV. Resultado da análise de variância multivariada permutacional (Permanova) para a estrutura das comunidades de Ephemeroptera nas escalas espaciais: entre serras, entre vertentes dentro de serras, riachos dentro de vertentes e serras e mesohabitats dentro de riachos, vertentes e serras. d.f.=graus de liberdade, MS= quadrado médio, F= valor do teste, $p < 0,05$, PECJ = Parque Estadual de Campos do Jordão, Pinda = Pindamonhangaba, NSV = Núcleo Santa Virgínia, NP = Núcleo Picinguaba.

		d.f.	MS	F	p
Composição	Serra	1	62.781	1,27	0,32
	Vertente (Serra)	2	49.598	5,67	0,001
	Riacho (Vertente(Serra))	28	8.744	1,88	0,001
	Meso(Riacho(Vertente(Serra)))	32	4.631	3,41	0,001
	Resíduo	256	1.358		
				t	p
Comparações a posteriori: entre vertentes	PECJ x Pinda			2,38	0,001
	PECJ x NSV			2,12	0,001
	PECJ x NP			2,67	0,001
	Pinda x NSV			2,45	0,001
	Pinda x NP			2,87	0,001
	NSV x NP			2,39	0,001

Tabela V. Análise de táxons indicadores para os gêneros de Ephemeroptera coletados em setembro/2006 e outubro/2007 no Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ), Pindamohangaba (Pinda), Núcleos Santa Virgínia (NSV) e Picinguaba (NP) em setembro/2006 e outubro/2007. Somente os gêneros com valores de indicação (IV) maior ou igual a 20% estão representados, valores significativos, $p < 0,01$, estão em negrito.

	Area	Valor IV (%)	p
<i>Americabaetis</i>	NP	34,2	<0,01
<i>Baetodes</i>	Pinda	28,9	<0,01
<i>Tupiara</i>	NSV	26,8	<0,01
<i>Campylocia</i>	PECJ	26,1	<0,01
<i>Askola</i>	PECJ	26,2	<0,01
<i>Farrodes</i>	NSV	24,1	0,15
<i>Hagenulopsis</i>	Pinda	23,3	<0,01
<i>Hermanella</i>	PECJ	29,8	<0,01
<i>Hylister</i>	NSV	21,1	<0,01
<i>Thraulodes</i>	NSV	21,8	<0,01
<i>Leptohyphes</i>	Pinda	24,7	<0,01
<i>Traverhyphes</i>	Pinda	64,6	<0,01
<i>Tricorythopsis</i>	NSV	38,2	<0,01

Tabela VI. Análise de táxons indicadores para os gêneros de Ephemeroptera coletados em setembro/2006 e outubro/2007 nos mesohabitats (M) pedra (P) e folha (F) corredeira no Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ), Pindamohangaba (Pinda) e nos Núcleos Santa Virgínia (NSV) e Picinguaba (NP). Somente os gêneros com valores de indicação (IV) maior ou igual a 20% estão representados, significância do $p < 0,01$.

	PECJ			PINDA			NSV			NP		
	M	IV	p	M	IV	p	M	IV	p	M	IV	p
<i>Americabaetis</i>	F	35,7	0,04	F	60,3	<0,01	F	60	<0,01	F	60,5	<0,01
<i>Baetodes</i>	P	17	0,08	P	51,7	0,01	P	24,5	0,38	P	31,3	0,08
<i>Tupiara</i>	P	39,1	<0,01	-	-	-	P	60,6	<0,01	-	-	-
<i>Zeluzia</i>	-	-	-	-	-	-	F	47,7	<0,01	F	39,8	<0,01
<i>Campylocia</i>	P	39,6	0,01	P	24,3	0,01	P	25,9	<0,01	-	-	-
<i>Askola</i>	P	24,7	0,99	P	24,3	<0,01	P	56,2	<0,01	-	-	-
<i>Farrodes</i>	F	33,3	0,84	F	28,5	0,69	F	53,4	0,08	F	53,6	0,16
<i>Hagenulopsis</i>	P	46,9	<0,01	P	59,5	<0,01	P	34,1	<0,01	P	31,4	0,01
<i>Hermanella</i>	F	32,7	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hylister</i>	-	-	-	-	-	-	F	48,3	<0,01	-	-	-
<i>Thraulodes</i>	P	54,9	<0,01	P	72,2	<0,01	P	56,9	<0,01	-	-	-
<i>Leptohyphodes</i>	-	-	-	P	29,2	0,02	-	-	-	-	-	-
<i>Traverhyphes</i>	-	-	-	P	42,9	0,30	F	28,1	0,03	-	-	-
<i>Tricorythodes</i>	P	20	0,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tricorythopsis</i>	P	30	<0,01	-	-	-	P	58,4	<0,01	P	20	<0,01

Discussão

O modelo amostral hierárquico deste estudo forneceu evidências seguras que a riqueza e abundância das comunidades de larvas de Ephemeroptera são determinadas pelas variáveis ambientais locais e regionais, pois houve variação significativa entre os mesohabitats pedra e folha corredeira e entre as quatro vertentes estudadas. No entanto, a maior fonte de variação da riqueza e abundância foi encontrada entre as réplicas de um mesmo mesohabitat. Esse resultado mostra que as comunidades de Ephemeroptera possuem distribuição agregada tanto em pedra quanto em folha/cordeira, padrão de distribuição corroborado pelo teste Chi-Quadrado. A distribuição agregada das larvas pode ser relacionada às diferentes características encontrada no mesmo tipo de substrato, como presença de abrigos, tamanho e irregularidade da superfície das pedras e tempo e estado de degradação do folhiço. Assim, os substratos que possuem maior quantidade de recurso para a fauna apresentam maior riqueza e abundância, pois favorece um maior número de espécies com necessidades ecológicas diferentes. Um exemplo disso é que pedras com superfície maior e com irregularidades oferecem mais recursos alimentares e refúgio para a fauna que as pedras menores (Robson & Chester 1999).

A variação da riqueza entre os mesohabitats, encontrada no presente estudo, vem de encontro com diversos trabalhos que encontraram diferente riqueza entre corredeira e poção e entre tipos de substratos. Muitos estudos mostram que os substratos associados à corredeira são os mais diversos quando comparados com remansos e poções (e.g. Logan & Brooker 1983; Buss et al. 2004, Silveira et al. 2006; Uieda & Ramos 2007). No entanto, esse padrão também pode mudar em riachos com uma condição instável, como foi verificado por Scarsbrook & Townsend (1993) que encontraram maior riqueza em corredeira em rios estáveis, mas nenhuma diferença foi encontrada entre os habitats em rios instáveis. Além disso, outros pesquisadores evidenciaram diferença na riqueza entre os substratos encontrados em corredeira (Spies 2009) e entre os microhabitats (Downes et al. 1993, Robson & Chester 1999). Já outros estudos não encontraram variação da riqueza entre os

substratos (Mazurkiewicz & Fleituch 2000, Costa & Melo 2008). Segundo Costa & Melo (2008), as diferenças na riqueza encontradas por estes autores podem ser apenas artefatos amostrais, pois, em geral, habitats mais ricos possuem maior abundância. Dessa maneira, é fundamental a padronização da riqueza pelo esforço amostral, como ocorreu nesse estudo.

A maior riqueza encontrada em pedra/corredeira possivelmente está associada às características físicas do substrato, como maior estabilidade e complexidade estrutural de pedra em relação à folha. Vários autores consideram essas características como preditoras da alta riqueza e diversidade de macroinvertebrados aquáticos (e.g. Downes et al. 1995, Beisel et al. 1998, Robson & Chester 1999).

A heterogeneidade do substrato pedra promove uma variedade de microhabitats que suportam uma fauna abundante e variada, pois fornece refúgio da correnteza e grande disponibilidade alimentar tanto na superfície (perifiton) quanto acúmulo de material nos interstícios carregados pela correnteza (Mazurkiewicz & Fleituch 2000). Além disso, entre e embaixo das pedras há áreas protegidas da correnteza com pequenos depósitos de matéria orgânica que podem favorecer os gêneros não adaptados a forte correnteza. Já o mesohabitat folha possui menor estabilidade, pois é mais facilmente carregado pela correnteza e a disponibilidade depende da oferta de material alóctone que varia ao longo do tempo em função da história de vida das plantas (Beisel et al. 1998).

Além da maior riqueza encontrada em pedra também foi evidenciado maior número de gêneros indicadores de mesohabitat. Com exceção das larvas de *Tupiara* que não tem informações sobre sua preferência em relação ao substrato, os demais gêneros são associados ao substrato rochoso por outros autores (Domínguez et al. 2006, Salles 2006). Provavelmente essas larvas se beneficiam da estabilidade e dos recursos alimentares disponíveis na superfície das pedras que favorecem raspadores como *Tricorythopsis*, coletores/raspadores como *Askola*, *Hagenulopsis* e *Thraulodes* e, o acúmulo de detritos vegetais entre as fendas parece representar fonte de alimento para *Campylocia*. Esse gênero possui hábito alimentar fragmentador considerando o seu conteúdo estomacal (Froehlich & Oliveira 1997), segundo Baptista et al. (2006) também pode ser enquadrado na

categoria filtrador, devido caracteres morfológicos. As larvas de *Campylocia* vivem nos interstícios do substrato pedregoso, onde conseguem habitar devido o corpo achatado e o auxílio dos colmilhos mandibulares.

Na escala de segmento, entre os riachos de baixa ordem de cada vertente, a análise de variância não evidenciou diferença na riqueza e abundância, apesar do valor marginal de significância. Comparações da riqueza padronizada entre os riachos mostraram que alguns riachos de 2ª e um de 3ª ordem apresentaram uma tendência de ter riqueza mais elevada, corroborando o previsto na teoria do *Continuum* Fluvial, onde riachos medianos teriam maior riqueza. No entanto, outros quatro riachos de 3ª ordem também foram amostrados, porém não apresentaram riqueza maior que os demais. Assim, a variação da riqueza entre os riachos de baixa ordem precisa ser melhor investigada em estudos futuros, uma vez que no presente estudo foi priorizada a coleta em riachos de 1ª e 2ª ordem.

A variação significativa na riqueza e abundância entre as quatro vertentes mostra que riqueza e abundância também são preditas pelas características ambientais regionais (e.g. relevo e diferenças climáticas entre as vertentes). Outros estudos também encontraram diferenças na riqueza de insetos aquáticos incluindo a ordem Ephemeroptera entre áreas com grande variação ambiental e climática (Bonada et al. 2007, Li et al. 2001), formação vegetal (Miserendino 2001), em diferentes gradientes longitudinais (Mazurkiewicz & Fleituch 2000, Goulart & Callisto 2005), altitudinais (Jacobsen 2004, Ramírez et al. 2004) e em diferentes usos do solo (Roque et al. 2003).

A maior riqueza do Núcleo Santa Virgínia possivelmente está associada ao relevo menos íngreme dessa vertente, pois os riachos estão situados no planalto da Serra do Mar (Figura 1). É sabido que riachos com menor potencial erosivo possuem maior variabilidade ambiental, pois a menor velocidade da água encontrada nesses riachos possibilita a retenção de grandes quantidades de material alóctone no leito (Crisci-Bispo et al. 2007). Assim, maior oferta de alimento e de substrato pode sustentar riqueza mais elevada. Aliado a isso, uma grande área foi amostrada em função da extensão do Núcleo, 17 mil hectares, que possibilitou colecionar uma amostra mais representativa da riqueza do *pool* dessa

região, além de colecionar gêneros exclusivos como *Perissophlebiodes* e *Asthenopus* e um maior número de gêneros indicadores de área (*Tupiara*, *Farrodes*, *Hylister*, *Thraulodes* e *Tricorythopsis*). Esse resultado evidencia que tamanho da área amostrada e variabilidade ambiental decorrente do relevo são preditores importantes para riqueza de uma região.

A menor riqueza encontrada na região de Pindamonhangaba também parece relacionada ao relevo, pois a maioria dos riachos amostrados está localizada nas escarpas íngremes da Serra da Mantiqueira apresentando grande potencial erosivo, e ao fato desses riachos situarem em pequenos fragmentos florestais. Dessa forma, esses riachos sofrem maior influência do entorno, neste caso das extensas plantações de eucaliptus, que os riachos situados em grandes áreas de conservação. Essa explicação pode ser sustentada quando se compara a riqueza da região de Pindamonhangaba com a do Núcleo Picinguaba, cujos riachos também estão localizados nas escarpas da serra, mas apresentam maior riqueza. Dessa forma, é possível enfatizar a necessidade de conservar grandes áreas para a manutenção da diversidade regional.

A tendência de estruturação das comunidades de Ephemeropteta conforme o tipo de mesohabitat e vertente mostrada pela ordenação e corroborada pela análise de variância multivariada (Permanova) evidenciam que as comunidades de Ephemeroptera estão estruturadas conforme o tipo de mesohabitat e vertente, ou seja, pelas condições ambientais locais e regionais. No entanto, a maior estimativa de variância das comunidades entre as vertentes mostra que as características regionais foram as variáveis mais importantes para a organização espacial das comunidades de Ephemeroptera. De fato, em muitas situações características de escalas maiores exercem uma influência hierárquica sobre as condições ambientais locais (Frissell et al. 1986). Nesse estudo, provavelmente o relevo exerce uma influência sobre os mesohabitats, principalmente na disponibilidade de folhiço. Segundo Li et al. (2001) a escala em que as comunidades exibem grande variação compreende a escala que os gradientes físicos e químicos ou interações bióticas controlam a composição das comunidades.

A sobreposição de algumas amostras dos mesohabitats e vertentes, mostrada pela ordenação, foi devido o padrão de distribuição agregada das larvas que ocasionou grande variação entre as réplicas. Além disso, a grande mobilidade e capacidade de dispersão das larvas através do comportamento de *drift* em especial de Baetidae (Brittain 1982, Giller & Malmqvist 1998) podem dificultar a compreensão dos padrões de estruturação espacial das comunidades de Ephemeroptera. Nesse sentido, cabe salientar que a análise multivariada (Permanova) mostrou claramente como as comunidades estão estruturadas, padrão que foi difícil visualizar na ordenação. Esse resultado enfatiza a importância de coletar várias réplicas de qualquer escala espacial para representar a complexa organização das comunidades de riachos e, assim, minimizar o efeito da distribuição agregada das comunidades e do deslocamento das larvas nos riachos.

Vários estudos que abrangem múltiplas escalas têm mostrado que a fauna é estruturada conforme o tipo de habitat, ou seja, as amostras do mesmo tipo de habitat são mais similares entre si, independente do riacho e de áreas próximas (e.g. Boyero 2003, Costa & Melo 2008, Spies 2009). Por outro lado, outros estudos encontraram que a organização das comunidades é explicada pelas características da escala regional (e.g. Li et al. 2001, Roque et al. 2003, Wu & Legg 2007, Bonada et al. 2008). Diferente desses trabalhos, os resultados obtidos no presente estudo mostram que a estrutura espacial das comunidades de Ephemeroptera (riqueza, abundância e composição) é predita tanto pelos fatores ambientais da escala local ligada aos mesohabitats quanto pelos fatores de maior magnitude da escala regional, associados às vertentes. Já as variáveis relacionadas aos riachos de baixa ordem não foram importantes para a organização das comunidades, apesar da tendência dos riachos maiores possuírem riqueza mais elevada. Além disso, este estudo mostrou que as comunidades de larvas de Ephemeroptera possuem distribuição agregada.

Bibliografia

- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology** **26**:32-46.
- Anderson, M.J. 2005. **PERMANOVA: a FORTRAM computer program for permutational multivariate analysis of variance**. Departamento d Statistics, University of Auckland, New Zealand.
- Assessoria técnica do projeto preservação da Mata Atlântica e Instituto Ekos Brasil. 2006. **Plano de manejo do Parque Estadual da Serra do Mar**. São Paulo, 441p.
- Baptista, D.F., Buss, D., Dias, L.G., Nessimian, L.J., Da-Silva, E.R., De Moraes Neto, A.H.A., Carvalho, S.N., De Oliveira, M.A. & Andrade, L.R. 2006. Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs: ultrastructure of mouthparts. **Annales de Limnologie – International Journal of Limnology** **42**(2):87-96.
- Bispo, P.C., Oliveira, L.G.Bini, L.M. & Sousa, K.G. 2006. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. **Brazilian Journal of Biology** **66**:611-622.
- Bispo, P.C. & Oliveira, L.G. 2007. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insects) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** **24**(2):283-293.
- Bonada, N., Rieradevall, M., Dallas, H., Davis, J., Day J., Figueroa, R., Resh V.H. & Part N. 2008. Multi-scale assessment of macroinvertebrate richness and composition in Mediterranean-climate rivers. **Freshwater Biology** **53**:772-788.
- Boyero, L. & Bailey, R.C. 2001. Organization of macroinvertebrate communities at a hierarchy of spatial scales in a tropical stream. **Hydrobiologia** **464**:219-225.
- Boyero, L. 2003. Multiscale patterns of spatial variation in stream macroinvertebrate communities. **Ecological Research** **18**:365-379.

- Brittain, J.E. 1982. Biology of mayflies. **Annual Review of Entomology** 27:119-147.
- Buss, D.F., Baptista, D.F., Nessimian, J.L. & Egler, M. 2004. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. **Hydrobiologia** 518:179-188.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N. 2006. **Primer-E V6: User Manual/Tutorial**. Primer-E: Plymouth, UK, 190p.
- Clarke, K.R. & Warmick, R.M. 2001. **Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. 2nd edition. Primer-E: Plymouth, UK.
- Cornell, H.V. & Karlson, R.H. 1996. Species richness of reef-building corals determined by local and regional processes. **Journal of Animal Ecology** 65:233-241.
- Costa, S.S. & Melo, A.S. 2008. Beta diversity in stream macroinvertebrate assemblages: among-site and among-microhabitat components. **Hydrobiologia** 598:131-138.
- Crisci-Bispo, V.L., Bispo, P.C. & Froehlich, C.G. 2007. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** 24(2):312-318.
- Dias, L.G.; Salles, F.F., Francischetti, C.N. & Ferreira, P.S.F. 2005. Key to the genera of Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) from Brazil. **Biota Neotropica**. Disponível em: <www.biotaneotropica.orh.br/v6n1/pt/abstract?identification+bn00806012006>
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M., Hubbard, M. & Nieto, C. 2006. **Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America**. Ed. Pensoft, Moscow, 646p.
- Downes, B.J., Lake, P.S. & Schreiber, E.S.G. 1993. Spatial variation in the distribution of stream invertebrates: implications of patchiness for models of community organization. **Freshwater Biology** 30:119-132.
- Downes, B.J., Lake, P.S. & Schreiber, E.S.G. 1995. Habitat structure and invertebrate assemblages on stream stones – a multivariate view from rifles. **Australian Journal of Ecology** 20:502-514.

- Downes, B.J. Reich, P. 2007. What is the spatial structure of stream insect population? Dispersal behaviour at different life-history stages. In: Lancaster, J. & Briers, R.A. (ed). **Aquatic insects: challenges to populations**. Proceedings of the Royal Entomological Society's 24th symposium, 332p.
- Dufrêne, M. & Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs** 67:541-548.
- Froehlich, C.G. & Oliveira, L.G. 1997. Ephemeroptera and Plecoptera nymphs from riffles in low-order streams in southeastern Brazil. In: Landolt, P. & Sartori, M. eds. **Ephemeroptera & Plecoptera: Biology, Ecology, Sistematics**. Ed. Mauron-Tinguely & Lachat SA, Fribourg, 569p.
- Frissell, C.A., Liss, W.J., Warren, C.E. & Hurley M.D. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. **Environmental Management** 10:199-214.
- Giller, P.S. & Malmqvist, B. 1998. **The Biology of Stream and Rivers: Biology of Habitat**. Oxford University Press, Oxford, 296p.
- Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the mensurement and comparison of species richness. **Ecology Letters** 4:379-391.
- Gotelli, N.J. & Entsminger, G.L. 2003. EcoSim: **Null models software for ecology**. Version 7.0 Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. <http://homepages.together.net~gentsmin/ecosim.htm>
- Goulart, M. & Callisto, M. Mayfly distribution along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, southeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia** 17(1):1-13.
- Hueck, K. 1972. **As florestas da América do Sul**. Ed. Polígono, São Paulo, 466p.
- Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. **Ecology** 52:577-585.
- Jacobsen, D. 2004. Contrasting patterns in local and zonal family richness of stream invertebrates along an Andean altitudinal. **Freshwater Biology** 49:1293-1305.
- Krebs, C.J. 1999. **Ecological Methodology**. Addison Wesley Longman, Inc, Menlo Park, 620p.

- Li, J., Herlihy, A., Gerth, W., Kaufmann, P., Grefory, S., Urquhart, S. & Larsen, D.P. 2001. Variability in stream macroinvertebrates at multiple spatial scales. **Freshwater Biology** **46**:87-97.
- Logan, P. & Brooker, M.P. 1983. The macroinvertebrate fauna of riffles and pools. **Water Research** **17**(3):440-270.
- Mazurkiewicz, G. & Fleituch, T. 2000. Patterns of benthic diversity in a mountain river. **Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Limnologie** **27**:2529-2534.
- McCune, D.J. & Mefford, M.J. 1999. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data.** Version 4.0, MJM Software Design. Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Minshall, G.W., Petersen, R.C.J., & Nimz, C.F. 1985. Species richness in streams in different size from the same drainage basin. **American Naturalist** **125**:16-38.
- Miserendino, M.L. 2001. Macroinvertebrate assemblages in Andean Patagonian rivers and streams: environmental relationship. **Hydrobiologia** **444**:147-158.
- 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**(2):391-409.
- Ramírez, J.J., Roldán, P.G. & Yepes, G.A. 2004. Altitudinal variation of the numerical structure and biodiversity of the taxocenosis of Ephemeroptera in the South, North and Central regions of the Department of Antioquia, Colombia. **Acta Limnologica Brasiliensia** **16**(4):329-339.
- Robson, B.J. & Chester, E.T. 1999. Spatial patterns on finvertebrates species richness in a river: the relationship between riffles and microhabitats. **Australian Journal of Ecology** **24**:599-607.
- Roque, F.o., Trivinho-Strixino, S., Strixino, G., Agostinho, E.C. & Fogo, J.C. 2003. Benthic macroinvertebrates in stream of the Jaraguá State Park (Southeast of Brazil) considering multiple spatial scales. **Journal of Insect Conservation** **7**:63-72.

- Salles, F.F., Da-Silva, E.R., Serrão, J.E. & Francischetti, C.N. 2004. Baetidae (Ephemeroptera) na Região Sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. **Neotropical Entomology** **33**(5):569-576.
- Salles, F.F. 2006. **A ordem Ephemeroptera no Brasil: taxonomia e diversidade**. Faculdade Federal de Viçosa, 300p. Tese de doutorado
- Sandin, L. & Johnson, R.K. 2004. Local, landscape and regional factors structuring benthic macroinvertebrate assemblages in Swedish streams. **Landscape Ecology** **19**:501-514.
- Scarsbrook M.R, Townsend C.R. 1993. Stream community structure in relation to spatial and temporal variation: a habitat templet study of two contrasting New Zealand streams. **Freshwater Biology** **29**:395–410.
- Seibert, P. 1975. Plano de manejo do Parque Estadual de Campos do Jordão. **Boletim Técnico do Instituto Florestal** **19**:1-153.
- Secretaria do Meio Ambiente e Instituto Florestal. 2005. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. Imprensa oficial do Estado de São Paulo.
- Silveira, M.P.; Buss, D.F.; Nessimian, J.L. & Baptista, D.F. 2006. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. **Brazilian Journal of Biology** **66**(2B):29-41.
- Simberloff, D. 1972. Properties of the rarefaction diversity measurement. **American Naturalist** **106**:414-418.
- Spies, M. 2009. **Estrutura das comunidades de larvas de Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta) em riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão, São Paulo, Brasil**. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, 136p. Tese de Doutorado
- Strahler, H.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **American Geophysical Union Transactions** **33**:913–920.
- StatSoft, I. 2001. **STATISTICA 6: data analysis software system**. www.statsoft.com
- Svitok, M. 2006. Structure and spatial variability of mayfly (Ephemeroptera) communities in the upper Hron River basin. **Biologia, Bratislava** **61**(5):547-554.

- Tipper, J.C. 1979. rarefaction and rarefaction – the use and abuse of a method in paleoecology. **Paleobiology** 5:423-434.
- Tonn, W.M., Magnuson, J.J. Rask, M. & Toivonen, J. 1990. Intercontinental comparison of small-lake fish assemblages: the balance between local and regional processes. **American Naturalist** 136:345-375.
- Uieda, V.S. & Ramos, L.H.B. 2007. Distribuição espacial da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho tropical (Sudeste do Brasil). **Bioikos** 21(1):3-9.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. & Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 37:130-137.
- Vinson, M.R. & Hawkins, C.P. 1998. Biodiversity of stream insects: variation at local, basin and regional scales. **Annual Review of Entomology** 43:271-293.
- Voltolini, J.C. 2007. **Parque Natural Municipal do Trabiju**. Disponível em: <http://trabiju.blogspot.com>
- Wiens, J.A. Spatial scaling in ecology. **Functional Ecology** 3(4):385-397.
- Wu, D. & Legg, D. 2007. Structures of benthic insect communities in two southeastern Wyoming (USA) streams: similarities and differences among spatial units at different local spatial. **Hydrobiologia** 579:279-289.

Anexo

Anexo I. Comparações a posteriori (*pair-wise*) da análise de variância multivariada (Permanova) entre os oito riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ), os riachos de Pindamonhangaba (Pinda), Núcleo Santa Virgínia (NSV) e os oito riachos do Núcleo Picinguaba (NP). Os valores em negrito são significativos no nível de significância de 95% ($p < 0,05$).

	PECJ		Pinda		NSV		NP	
	t	p	t	p	t	p	t	p
P1, P2	1.87	0.13	0.81	0.55	0.96	0.47	2.29	0.07
P1, P3	1.6	0.17	1.08	0.42	1.16	0.34	0.69	0.63
P1, P4	1.25	0.32	2.09	0.08	1.03	0.44	1.17	0.37
P1, P5	0.47	0.81	1.79	0.13	0.96	0.48	1.17	0.34
P1, P6	1.41	0.25	0.69	0.67	0.9	0.51	1.27	0.27
P1, P7	1.19	0.32	1.63	0.15	0.89	0.49	1.02	0.43
P1, P8	1.28	0.27	0.76	0.67	0.89	0.54	1.30	0.30
P2, P3	2.07	0.11	0.57	0.72	1.25	0.32	1.30	0.30
P2, P4	1.8	0.16	2.04	0.35	1.51	0.21	0.87	0.56
P2, P5	1.7	0.16	2.27	0.07	1.34	0.27	1.23	0.32
P2, P6	2.02	0.11	0.93	0.49	1.41	0.22	2.69	0.05
P2, P7	2.41	0.07	1.63	0.19	1.16	0.36	2.03	0.09
P2, P8	2.26	0.09	0.9	0.52	1.28	0.29	2.61	0.05
P3, P4	1.54	0.17	2.66	0.04	1.37	0.27	0.53	0.79
P3, P5	1.61	0.14	2.71	0.05	1.03	0.45	0.77	0.64
P3, P6	1.41	0.07	1.11	0.38	1.05	0.43	1.19	0.32
P3, P7	2.11	0.07	1.66	0.15	1.11	0.38	0.79	0.63
P3, P8	1.68	0.15	1.11	0.41	0.88	0.55	0.97	0.45
P4, P5	1.23	0.34	3.65	0.03	1.26	0.32	0.66	0.73
P4, P6	1.64	0.15	2.14	0.09	1.18	0.33	1.72	0.17
P4, P7	1.54	0.19	2.64	0.06	1.3	0.30	1.36	0.25
P4, P8	1.86	0.11	2.28	0.08	1.32	0.27	1.61	0.18
P5, P6	1.23	0.33	1.72	0.16	0.5	0.80	1.79	0.14
P5, P7	1.29	0.3	1.57	0.19	0.64	0.70	1.48	0.21
P5, P8	1.86	0.37	1.99	0.12	0.74	0.63	1.78	0.16
P6, P7	1.86	0.13	1.34	0.25	0.93	0.49	0.74	0.65
P6, P8	0.95	0.47	0.49	0.81	0.93	0.58	1.37	0.26
P7, P8	1.65	0.19	1.57	0.18	0.77	0.64	0.88	0.55

CAPÍTULO III

Influência das variáveis ambientais sobre a estrutura das comunidades de larvas de Ephemeroptera em região montanhosa do sudeste do Brasil

Influência das variáveis ambientais sobre a estrutura das comunidades de larvas de Ephemeroptera em região montanhosa do sudeste do Brasil

Resumo

O objetivo deste capítulo foi investigar a contribuição das variáveis ambientais sobre a estrutura espacial das comunidades de larvas de Ephemeroptera da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar e quantificar a porcentagem da variabilidade na abundância explicada puramente pelas variáveis ambientais locais e pela posição geográfica. As coletas foram realizadas em 33 riachos pertencentes a quatro vertentes, sendo realizadas 10 réplicas amostrais em cada riacho. Os seguintes fatores abióticos foram mensurados em cada riacho: altitude, temperatura da água, condutividade elétrica, O₂, pH, declividade, turbidez, largura, profundidade, velocidade e vazão. A Análise de Redundância (RDA) evidenciou altitude, condutividade elétrica, temperatura da água e largura como as variáveis que mais contribuíram para explicar a estrutura espacial das comunidades. A partilha de variância mostrou que 19,3% da variabilidade na abundância das comunidades de larvas de Ephemeroptera foi explicada puramente pelas variáveis ambientais locais, 7,9% explicada pelas variáveis ambientais indissociáveis da matriz geográfica, 23,4% foi explicada puramente pela posição geográfica dos riachos e 49,4% permaneceu inexplicada. Além disso, o Teste de Mantel corroborou a correlação positiva da estrutura da fauna com a matriz geográfica. Os resultados encontrados neste estudo evidenciaram contribuição semelhante das variáveis ambientais locais e da posição geográfica dos riachos para a estruturação das comunidades, indicando que além das variáveis ambientais locais os processos biológicos contagiosos, como a dispersão, influenciam a estrutura das comunidades de larvas de Ephemeroptera.

Palavras-Chaves: variáveis ambientais locais, posição geográfica, larvas de Ephemeroptera, riachos montanhosos.

Abstract

Influence of environmental factors on larvae of Ephemeroptera assemblages in a mountainous region of southeastern Brazil. The purpose of this chapter was to investigate the contribution of environmental variables to the assemblages structure of Ephemeroptera larvae in the Serra da Mantiqueira and Serra do Mar and to quantify the percentage of data variability explained by local variables and space. Collections were made in 33 streams from four slopes, with 10 samples per stream. The abiotic factors measured were: altitude, water temperature, electric conductivity, DO, pH, declivity, turbidity, width, depth, water speed and discharge. The Redundancy Analysis (RDA) showed that altitude, electrical conductivity, water temperature and width were the variables that contributed most to explain the spatial structure of communities. The variance partitioning showed that 19.3% of the variability in the Ephemeroptera assemblages were explained purely by these environmental variables, 7.9% were explained by environmental variables inseparable from the geographical matrix, 23.4% were explained purely by the geographical position of the stream and 49.4% remained unexplained. Furthermore, the Mantel Test also supported a positive correlation of the fauna structure with geographic matrix. The results of this study showed a similar contribution of local environmental variables and the geographical position of streams for community structure, indicating that the environmental factors and biological processes, as dispersal, influence the structure in communities of Ephemeroptera larvae.

Keywords: local variables, spatial matrix, Ephemeroptera larvae, mountain streams.

Introdução

Um dos principais desafios da ecologia de ecossistemas lóticos é identificar as forças que determinam a estrutura das comunidades de macroinvertebrados. Este problema surge porque os processos que regulam as comunidades variam de acordo com a escala espacial e temporal, o tipo de ecossistema e o grupo de organismo estudado (Wu & Loucks 1995). De fato, as comunidades são direcionadas por diversos filtros ambientais nos quais as espécies precisam passar para se estabelecer em algum local (Poff 1997). Assim, a estrutura das comunidades de riachos é uma consequência das condições ambientais locais e regionais onde as espécies se desenvolvem e também da sua capacidade de dispersão e de resposta às variáveis ambientais.

Entre os fatores locais, as variáveis físicas têm sido evidenciadas como responsáveis primárias pela estruturação das comunidades de macroinvertebrados aquáticos, tais como, classificação hidrológica dos riachos (e.g. Vanotte et al. 1980, Bispo et al. 2006, Melo 2009), tipo de substrato (Downes et al. 1995) e condições hidráulicas relacionadas a vazão, velocidade da água e perturbações hidráulicas ocasionadas pelas chuvas (Flecker & Feifarek 1994). Além das variáveis físicas, vários estudos também têm apontado a disponibilidade alimentar (e.g. Cummins & Klug 1979, Spies 2009) e os fatores químicos como determinantes da organização das comunidades aquáticas (e.g. Miserendino 2001, Muniz & Venturini 2001, Buss et al. 2004, Sandin & Johnson 2004, Melo 2009).

Por outro lado, diversos estudos têm evidenciado a influência das variáveis regionais (e.g. uso do solo, área da bacia, condições climáticas) e da posição e distância geográfica dos riachos sobre as comunidades (Townsend et al. 2003, Sandin & Johnson 2004, Galbraith et al. 2008). Neste último caso, as variáveis espaciais associadas à posição geográfica parecem ser importantes para as comunidades com baixa capacidade dispersiva, uma vez que espécies com mecanismos eficientes de dispersão podem ultrapassar longas distâncias e barreiras geográficas (Townsend et al. 2003). Apesar dos diversos estudos

abordando o assunto, ainda existe bastante controvérsia sobre a importância e o peso das variáveis locais, regionais e espaciais para a organização das comunidades de macroinvertebrados aquáticos, pois os resultados encontrados na literatura podem ser reflexo das diferenças nos modelos amostrais (Sandin & Johnson 2004).

A ordem Ephemeroptera é considerada um importante grupo de insetos aquáticos, principalmente devido à grande abundância, riqueza e sua função na ciclagem de nutrientes, através do processamento de grandes quantidades de material alóctone (Domínguez et al. 2006), o que facilita a colonização do substrato por outros macroinvertebrados aquáticos. Além disso, são componentes da cadeia alimentar aquática, servindo como fonte primária de alimento para muitos predadores. Assim, a compreensão dos fatores responsáveis pela organização das comunidades de Ephemeroptera pode ser considerada ecologicamente importante.

Na região Neotropical, muitos estudos têm investigado a influência das variáveis ambientais sobre as comunidades, sendo este um dos assuntos mais abordados na ecologia de macroinvertebrados de riachos (e.g. Melo & Froehlich 2001, Miserendino 2001, Buss et al. 2004, Jacobsen 2004, Ribeiro & Uieda 2005, Silveira et al. 2006), já outros estudos abrangem especificamente o grupo EPT, Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (e.g. Bispo et al. 2006, Crisci-Bispo et al. 2007, Bispo & Oliveira 2007). No entanto, o conhecimento sobre a distribuição das comunidades de Ephemeroptera na região Neotropical ainda é obscuro, devido os poucos trabalhos realizados com as larvas de Ephemeroptera (e.g. Lopes 1990, Ramírez et al. 2004, Buss & Salles 2007, Siegloch et al. 2008, Takebe 2009) e a fragilidade das larvas que dificulta sua identificação precisa. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi investigar quais das variáveis ambientais mensuradas influenciam a estrutura espacial das comunidades de Ephemeroptera e qual a porcentagem de variabilidade nos dados de abundância explicada puramente pelas variáveis locais e pela posição geográfica dos riachos.

Área de Estudo

O estudo foi realizado no Parque Estadual de Campos do Jordão e na região de Pindamonhangaba situados na Serra da Mantiqueira e nos núcleos Santa Virgínia e Picinguaba situados na Serra do Mar.

O Parque Estadual de Campos do Jordão possui altitude média de 1.650 m e a cobertura vegetal é um mosaico de Floresta Ombrófila Densa e Mista Alto-Montana e Campos de Altitude. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cfb subtropical de altitude, mesotérmico e úmido, sem estiagem (Seibert 1975). Na região de Pindamonhangaba a vegetação é composta por Campos de Altitude e Floresta Ombrófila Densa Montana (Hueck 1972, SMA/IF 2005). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, subtropical úmido com inverno seco e verão quente (Voltonini 2007).

O Núcleo Picinguaba possui um gradiente altitudinal desde a cota zero até a altitude de 1300 m. A vegetação é um mosaico de restinga e mangue na região costeira e Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Submontana e Montana nas encostas da serra (Plano de Manejo 2006). O clima da área, de acordo com Köppen é classificado com AF, tropical úmido, com precipitação alta durante todos os meses do ano (Plano de Manejo 2006, SMA/IF 2005). O Núcleo Santa Virgínia possui altitude entre 870 a 1.100 m. A vegetação é caracterizada pela Floresta Ombrófila Densa Montana, com alguns pequenos trechos de Campos de Altitude e de Floresta de Neblina. O clima, de acordo com Köppen, também é classificado como AF, tropical úmido, porém ocorre uma diminuição das chuvas no outono e inverno que pode distinguir um período seco (Plano de Manejo 2006, SMA/IF 2005).

Os valores de precipitação e temperatura máxima e mínima obtidos durante o estudo, entre setembro de 2006 e outubro de 2007, nas quatro vertentes estudadas podem ser visto na figura 1. No geral, o Parque Estadual de Campos do Jordão apresentou os menores valores de temperatura ao longo do ano e o Núcleo Picinguaba os maiores valores de precipitação em todos os meses do ano, enquanto nas demais áreas o pico das chuvas foi entre novembro e fevereiro. Além disso, nenhum pico de alta precipitação ocorreu no período das coletas nas quatro vertentes (Figura 2).

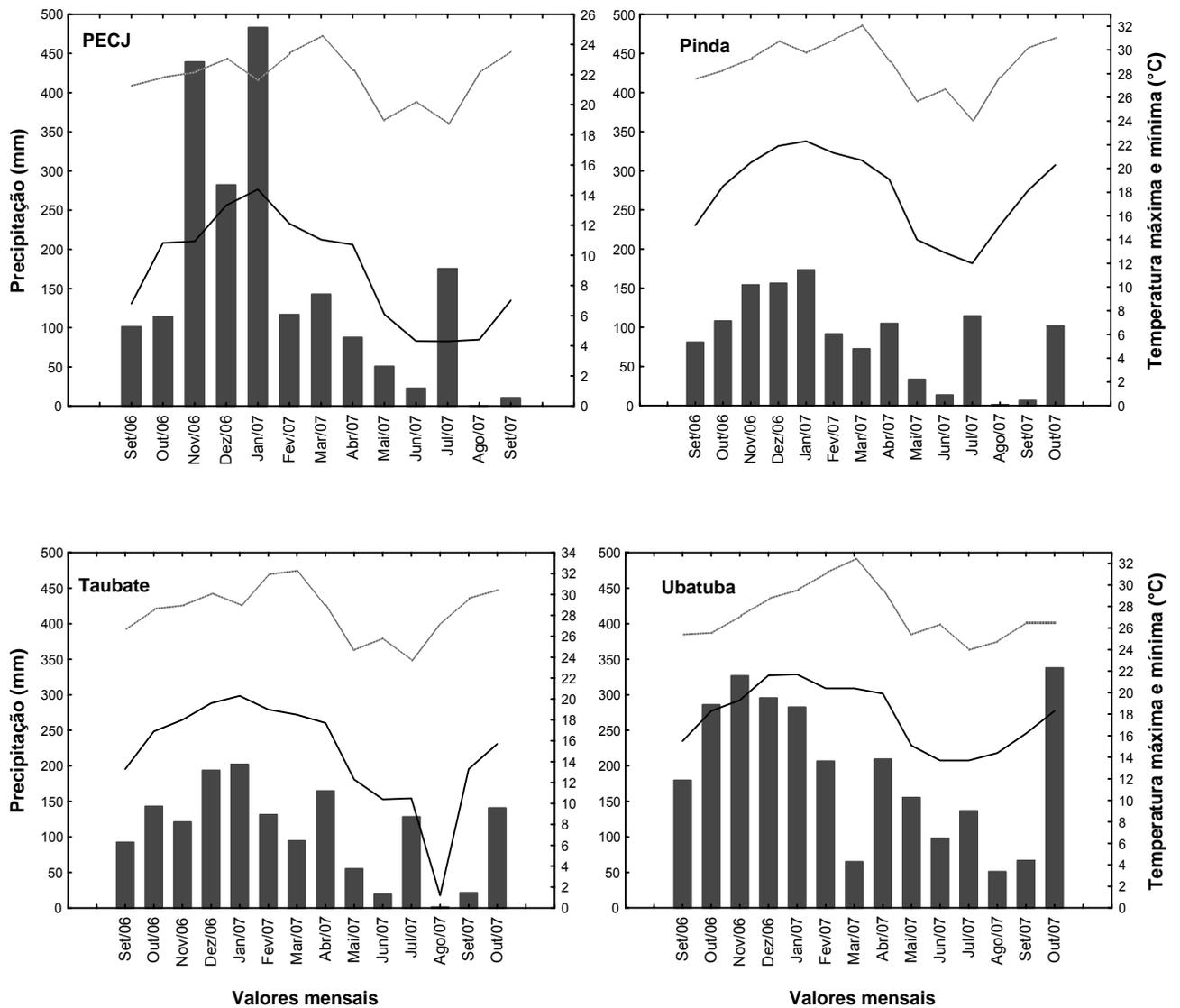


Figura 1. Dados referentes aos valores de precipitação mensal (coluna), temperatura máxima (linha tracejada) e mínima mensal (linha contínua) entre setembro/2006 a outubro/2007 do Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ), Pindamonhangaba (Pinda), Núcleo Santa Virgínia (Taubaté) e Núcleo Picinguaba (Ubatuba).

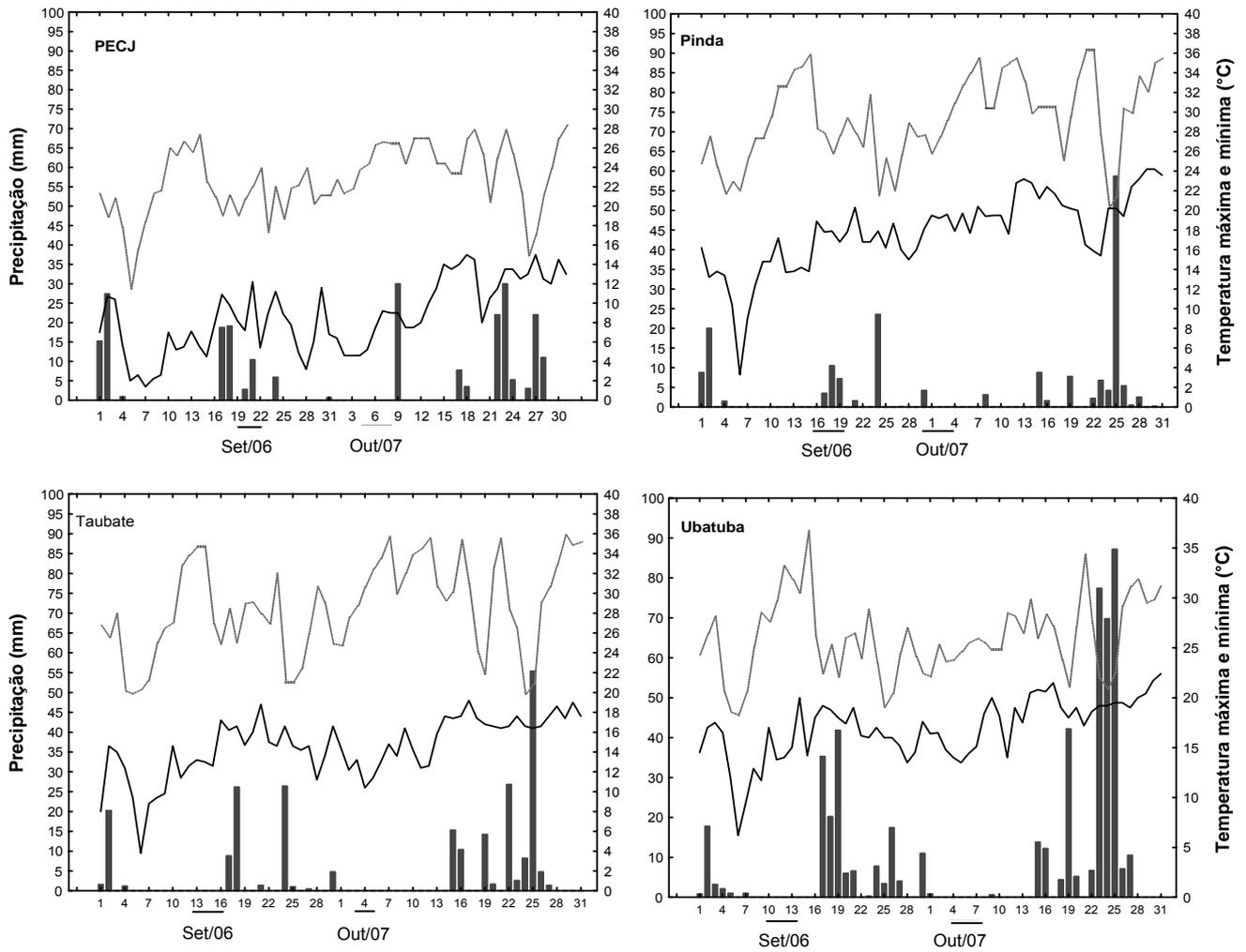


Figura 2. Precipitação diária (coluna), temperatura máxima (linha tracejada) e mínima diária (linha contínua) de setembro/2006 a outubro/2007 do Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ), Pindamonhangaba (Pinda), Núcleo Santa Virgínia (Taubaté) e Núcleo Picinguaba (Ubatuba). A barra representa a data da coleta do respectivo mês e ano.

Material e Métodos

As coletas foram realizadas no período de estiagem, setembro de 2006 e outubro de 2007, para evitar a influência das chuvas sobre as comunidades. De acordo com estudo realizado por Bispo & Oliveira (1998) na região central do Brasil, uma região com alta sazonalidade de chuvas, a relação entre as variáveis ambientais e a fauna é vista de forma clara na estação da seca, pois na estação chuvosa a homogeneização da fauna mascara os padrões ecológicos. Foram amostrados oito riachos de baixa ordem (1ª a 3ª ordem) em cada vertente, com exceção do Parque Estadual de Campos do Jordão onde foram incluídos nas análises nove riachos. O nono riacho foi incluído, pois está situado em maior altitude e é o único representante da Floresta Ombrófila Densa do parque, já que os demais fazem parte da floresta de Araucária. Em cada riacho foram coletados dois tipos de mesohabitats (pedra e folha/corredeira), com auxílio de amostrador de Surber (0,0361 m² e malha 0,25 mm), sendo realizadas cinco réplicas em cada mesohabitat. A classificação hidrológica dos riachos seguiu Strahler (1957), baseado na visualização das ordens dos riachos no campo e quando não foi possível em mapas cartográficos (1:50.000). Todos os riachos amostrados estavam localizados dentro de unidades de conservação ou em áreas preservadas de propriedades particulares.

O amostrador de Surber foi colocado contra a correnteza e as pedras e folhas contidas na área amostral foram revolvidas e lavadas manualmente, sendo que os fragmentos maiores foram retirados e examinados para a coleta dos insetos aderidos.

O material coletado foi fixado em formaldeído a 5%, e no laboratório o material foi lavado sob peneira de malha 250 µm e conservado em álcool 80% até as amostras serem triadas e identificadas com auxílio de microscópio estereoscópico. As larvas foram identificadas no nível de gênero com auxílio do catálogo e chave taxonômica de Domínguez et al. (2006) e dos trabalhos de Salles et al. (2004) e Dias et al. (2005).

Em cada riacho foram registrados os seguintes descritores ambientais: A) temperatura da água (°C), B) condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), C) oxigênio dissolvido (mg/l) e D) potencial hidrogeniônico (pH) - obtidos por meio do Analisador de Multiparâmetros YSI; E) turbidez (NTU) - através do turbidímetro Hach; F) velocidade da água (m/s) – método do flutuador (Lind 1979), sendo que o valor representa a média de cinco medidas; G) vazão (m^3/s) – calculada pelo produto da velocidade média da água pela área de secção do riacho, a área foi calculada ao multiplicar a largura em um ponto fixo pela média da profundidade tomada a cada 30 cm (Lind 1979); H) declividade (m) – com tubo plástico; J) largura e profundidade (cm) – medidos com trena, o valor da profundidade representa a média obtida de 10 medidas realizadas ao longo do trecho do riacho onde as coletas foram realizadas (Tabela I).

Os índices de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura máxima e mínima do ar do Parque Estadual de Campos do Jordão foram obtidos no distrito de meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, situado no parque. Os demais dados foram obtidos junto ao centro integrado de informações agrometeorológicas do Estado de São Paulo.

Tabela I. Caracterização ambiental dos riachos coletados nas quatro vertentes estudadas, Parque Estadual de Campos do Jordão, Pindamonhangaba, Núcleo Santa Virgínia e Núcleo Picinguaba. Os seguintes descritores ambientais estão representados: coordenada, vegetação, altitude (Alt), ordem (Ord), declividade (decl), velocidade da água (Vel), largura (Lar), profundidade (Prof), vazão, (Vaz), oxigênio dissolvido (O_2), potencial hidrogeniônico (pH), turbidez (Tur), temperatura da água (T. ág), condutividade (Cond). CJ, Parque Estadual de Campos do Jordão; PN, Pindamonhangaba; NSV, Núcleo Santa Virgínia; NP, Núcleo Picinguaba; e P, riacho coletado

Locais	Riacho	Coordenada	Vegetação	Alt (m)	Ord	Decl (cm/m)	Vel (m/s)	Lar (m)	Prof (m)	Vaz (m ³ /s)	O ₂ mg/l	pH	Tur (NTU)	T. ág (°C)	Cond (µS)
Campos do Jordão	CJP1	22°41'34"S/45°27'53"W	F.O.Mista Alto-Montana	1266	2	3,17	0,51	1,80	0,13	0,06	8,28	7,06	2,93	14,59	11
Campos do Jordão	CJP2	22°41'03"S/45°28'29"W	F.O.Mista Alto-Montana	1520	1	7,00	0,46	1,10	0,09	0,02	8,33	7,02	3,70	14,12	11
Campos do Jordão	CJP3	22°40'51"S/45°28'27"W	F.O.Mista Alto-Montana	1536	1	14,00	0,55	0,90	0,07	0,03	8,58	6,94	1,83	14,77	7
Campos do Jordão	CJP4	22°41'57"S/45°29'17"W	F.O.Mista Alto-Montana	1555	1	0,33	0,56	1,10	0,11	0,07	8,25	7,10	3,38	14,38	10
Campos do Jordão	CJP5	22°40'21"S/45°27'53"W	F.O.Mista Alto-Montana	1488	1	4,00	0,44	1,15	0,10	0,03	9,15	-	2,81	13,26	7
Campos do Jordão	CJP6	22°39'31"S/45°26'35"W	F.O.Mista Alto-Montana	1518	1	1,71	0,37	1,00	0,07	0,02	8,53	-	2,61	14,48	10
Campos do Jordão	CJP7	22°42'29"S/45°30'07"W	F.O.Mista Alto-Montana	1569	2	1,43	0,63	2,50	0,14	0,16	8,89	-	1,20	14,82	4
Campos do Jordão	CJP8	22°41'29"S/45°27'36"W	F.O.Mista Alto-Montana	1571	2	5,71	0,6	1,70	0,08	0,04	8,78	-	3,77	13,49	7
Campos do Jordão	CJP9	22°42'41"S/45°28'06"W	F.O. Densa Alto-Montana	1849	2	5,17	0,26	2,16	0,09	0,03	8,12	6,70	2,93	13,08	8
Pindamonhangaba	PNP1	22°44'53"S/45°27'53"W	F.O.Densa Montana	1021	2	15,83	0,35	1,60	0,11	0,04	8,87	6,94	2,18	16,26	20
Pindamonhangaba	PNP2	22°44'33"S/45°27'58"W	F.O.Densa Montana	1068	2	21,00	0,46	2,10	0,10	0,09	8,55	7,70	3,98	15,75	27
Pindamonhangaba	PNP3	22°45'35"S/45°29'19"W	F.O.Densa Montana	1025	3	3,50	0,52	3,70	0,13	0,17	9,10	7,58	2,75	14,49	21
Pindamonhangaba	PNP4	22°50'13"S/45°31'27"W	F.O.Densa Montana	912	1	6,33	0,30	1,60	0,08	0,02	7,10	7,09	1,34	18,48	43
Pindamonhangaba	PNP5	22°45'26"S/45°28'38"W	F.O.Densa Montana	782	1	6,00	0,41	1,00	0,07	0,02	8,55	-	0,55	16,45	28
Pindamonhangaba	PNP6	22°45'04"S/45°28'25"W	F.O.Densa Montana	843	1	9,31	0,43	1,30	0,11	0,03	8,88	-	1,43	15,13	12
Pindamonhangaba	PNP7	22°45'08"S/45°26'48"W	F.O.Densa Montana	807	2	11,71	0,83	2,30	0,10	0,11	8,76	-	0,59	17,80	21
Pindamonhangaba	PNP8	22°46'43"S/45°29'59"W	F.O.Densa Montana	832	1	4,43	0,43	1,40	0,09	0,05	9,40	-	1,16	13,72	17

N. Santa Virgínia	NSVP1	23°19'21"S/45°07'20"W	F.O.Densa Montana	982	1	2,67	0,29	1,60	0,15	0,08	9,02	6,75	2,45	14,51	15
N. Santa Virgínia	NSVP2	23°20'36"S/45°07'44"W	F.O.Densa Montana	920	1	0,83	0,41	2,00	0,13	0,06	8,50	6,66	4,75	14,33	18
N. Santa Virgínia	NSVP3	23°19'18"S/45°05'43"W	F.O.Densa Montana	970	2	1,83	0,39	2,00	0,12	0,05	8,64	7,27	2,28	15,37	22
N. Santa Virgínia	NSVP4	23°18'47"S/45°07'13"W	F.O.Densa Montana	938	3	5,67	0,5	3,00	0,14	0,11	7,72	6,76	0,73	16,73	19
N. Santa Virgínia	NSVP5	23°26'04"S/45°13'27"W	F.O.Densa Montana	845	3	2,57	0,56	2,55	0,17	0,26	8,84	-	1,60	15,26	15
N. Santa Virgínia	NSVP6	23°26'35"S/45°14'19"W	F.O.Densa Montana	848	1	1,00	0,46	2,60	0,09	0,11	8,28	-	1,29	15,40	15
N. Santa Virgínia	NSVP7	23°26'13"S/45°13'59"W	F.O.Densa Montana	802	3	2,29	0,57	3,60	0,12	0,21	9,51	-	0,76	14,45	12
N. Santa Virgínia	NSVP8	23°26'03"S/45°12'31"W	F.O.Densa Montana	793	2	1,71	0,58	3,10	0,11	0,12	9,34	-	0,59	14,19	11
N. Picinguaba	NPP1	23°22'01"S/44°46'52"W	F.O.Densa Submontana	54	1	3,50	0,35	2,00	0,14	0,04	9,40	6,85	1,10	19,16	34
N. Picinguaba	NPP2	23°21'28"S/44°41'07"W	F.O.Densa de terra baixa	21	1	0,33	0,27	0,78	0,09	0,01	9,30	6,80	2,11	23	38
N. Picinguaba	NPP3	23°21'54"S/44°48'01"W	F.O.Densa de terra baixa	32	2	21,67	0,41	2,70	0,18	0,13	8,97	7,24	0,90	18,43	32
N. Picinguaba	NPP4	23°21'49"S/44°48'59"W	F.O.Densa de terra baixa	47	1	11,5	0,42	1,40	0,11	0,03	8,78	6,71	5,77	19,80	36
Paraty	NPP5	23°20'50"S/44°45'04"W	F.O.Densa Submontana	272	1	10,67	0,34	1,90	0,10	0,07	8,13	6,97	2,25	19,66	29
Ubatuba	NPP6	23°21'17"S/44°46'02"W	F.O.Densa Submontana	254	3	3,43	0,31	3,40	0,18	0,11	8,90	-	0,62	18	17
Ubatuba	NPP7	23°24'01"S/45°06'36"W	F.O.Densa Submontana	122	1	7,14	0,47	2,50	0,16	0,07	9,00	-	3,31	18,76	32
Ubatuba	NPP8	23°24'02"S/45°06'28"W	F.O.Densa Submontana	91	2	5,43	0,56	1,60	0,13	0,05	9,20	-	0,58	18,06	25

Análise dos dados

Nesse capítulo, uma amostra representa o somatório das médias das réplicas dos mesohabitats pedra e folha/corredeira de cada riacho. A média das réplicas foi usada para padronizar a abundância coletada em cada mesohabitat, pois nem sempre foi possível coletar as cinco réplicas previstas no desenho amostral.

A Análise de Redundância (RDA) que combina ordenação e regressão linear múltipla foi usada para verificar a influência das variáveis ambientais sobre as comunidades de Ephemeroptera (Ter Braak & Smilauer 2002). Essa análise foi utilizada devido o gradiente curto (<3 unidades de desvio padrão - SD), apresentado pelos dados de composição das comunidades de Ephemeroptera. Para verificar a variação das comunidades ao longo dos eixos de ordenação, tamanho do gradiente, foi realizado primeiramente uma Análise de Correspondência Destendenciada (DCA), onde foi verificado que o maior tamanho do gradiente foi encontrado no eixo I (SD=2,55). O tamanho do gradiente mensura a diversidade β das comunidades e, em geral, métodos lineares são mais apropriados quando os gradientes são curtos (<3 SD) e métodos unimodais ou gaussianos quando os gradientes são longos (>4 SD). Em gradientes de tamanho intermediário (entre 3 e 4 SD) os dois métodos são apropriados (Ter Braak & Smilauer 2002, Leps & Smilauer 2003).

A RDA é uma análise de ordenação canônica de gradiente direto, pressupondo respostas lineares da abundância dos gêneros ao longo dos gradientes ambientais (Legendre & Legendre 1998). Uma RDA parcial (pRDA) foi realizada devido o caráter espacial das amostras, ou seja, devido à falta de independência estatística das amostras obtidas ao longo do espaço geográfico, também chamada de autocorrelação espacial. Assim, uma matriz geográfica (matriz espacial) com todos os termos de ordem superior das coordenadas geográficas (x ; y ; x^2 ; y^2 ; x^3 ; y^3 ; $x \cdot y$; $x^2 \cdot y$; $y^2 \cdot x$), usados na regressão de superfície cúbica, calculados a partir da latitude (x) e longitude (y) (Legendre 1990, Borcard et al. 1992, 2004, Buckley et al. 2004) foi usada para remover o efeito da autocorrelação espacial dos dados, bem como como verificar a importância da posição geográfica dos

riachos nas comunidades de Ephemeroptera estudadas. Dessa forma, foi incluído na análise um componente espacial que permite capturar além dos gradientes espaciais lineares (distância geográfica) padrões espaciais mais complexos (Buckley et al. 2004).

Assim, na análise foram utilizadas a matriz de abundância dos gêneros, matriz com as variáveis ambientais e a matriz geográfica como covariável. Em seguida, para avaliar isoladamente a importância das variáveis ambientais e da matriz geográfica, foi realizada a partilha da variância *sensu* Borcard et al. (1992). A variância encontrada na abundância das comunidades foi particionada da seguinte forma, variância explicada: a) pelas variáveis ambientais; b) descritores ambientais indissociáveis da posição geográfica; c) pela porção puramente geográfica; e d) variação inexplicada, ou seja, não explicada pelas variáveis ambientais e nem pela matriz geográfica.

As variáveis ambientais foram incluídas na análise através da seleção automática, sendo que as variáveis com alto valor de inflação ($Vif > 10$) foram excluídas do modelo, pois os efeitos multicolineares podem induzir interpretações errôneas da ordenação e dos coeficientes de correlação canônica (Ter Braak 1986). Dessa forma, declividade, profundidade, vazão e velocidade da água foram automaticamente excluídas da pRDA pelo programa. A variável potencial hidrogeniônico (pH) não foi incluída na análise, pois o sensor do pHmetro apresentou problemas durante as coletas do segundo ano de coleta, causando um viés nos resultados obtidos (Tabela I). Assim, o programa reteve seis variáveis ambientais: altitude, temperatura da água, condutividade elétrica, turbidez, largura e oxigênio dissolvido.

A matriz com os dados bióticos foi logaritmizada [$\ln(x+1)$], medida adotada para normalizar e tornar os dados homoscedásticos (Sokal & Rohlf 1995). Os dados das variáveis ambientais também foram logaritmizados e depois padronizados pelo desvio padrão. A padronização das variáveis ambientais foi adotada para padronizar as diferentes unidades de medida das variáveis ambientais incluídas na matriz (Tabela I). A significância estatística dos eixos de ordenação e das variáveis ambientais foi avaliado pelo teste de permutação Monte Carlo (999 aleatorizações) para modelos com covariável (*full model* e

covariável como blocos). A pRDA foi realizada no programa CANOCO 4.5 (Ter Braak & Smilauer 2002).

A distância geográfica entre os riachos e o tipo de vegetação foi testada para verificar sua influência sobre a estrutura das comunidades. Para tal, a matriz de similaridade entre as amostras (índice de Bray-Curtis sobre dados logaritmizados) foi comparada com a matriz binária do tipo de vegetação (Floresta Ombrófila Densa x Mista) e com a matriz de distância geográfica através do Teste de Mantel (Manly 1994). Foi realizado Teste de Mantel Parcial entre a matriz de similaridade de Bray-Curtis, matriz binária de vegetação com a distância geográfica, para retirar o efeito da autocorrelação espacial da análise. Estes testes foram realizados no programa NTSYS 2.1, utilizando 5.000 permutações (Rohlf 2000).

Resultados

No geral, os riachos das quatro vertentes estudadas apresentaram águas bastante oxigenadas, baixa turbidez e potencial hidrogeniônico próximo da neutralidade (Tabela I). Os demais fatores apresentaram maior variação entre as vertentes. Os riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão apresentaram maior altitude e menores valores de temperatura da água e condutividade. A declividade apresentou maior variação entre os riachos de Pindamonhangaba e no Núcleo Picinguaba, a velocidade da água teve maior variação entre os riachos de Pindamonhangaba. Já os maiores valores de largura e vazão foram registrados no Núcleo Santa Virgínia e os maiores valores de condutividade, profundidade e temperatura da água e riachos de menor altitude foram encontrados no Núcleo Picinguaba (Tabela I).

Os resultados da Análise de Redundância parcial (pRDA) mostram que a variância total dos dados (inércia) foi de 0,568, desta os dois primeiros eixos explicaram 22,6% da variação existente nos dados de abundância das comunidades de Ephemeroptera. As variáveis ambientais testadas explicaram 66,6% da relação espécies-ambiente, considerando os dois primeiros eixos (Tabela II). Os testes de Monte Carlo evidenciaram que o primeiro eixo da ordenação foi significativo ($F = 3,38$ $p = 0,001$), bem como os quatro eixos de forma conjunta ($F = 1,55$ $p = 0,001$).

Na pRDA, as variáveis ambientais altitude e turbidez foram correlacionadas positivamente e condutividade elétrica, temperatura da água, oxigênio e largura foram correlacionadas negativamente com o primeiro eixo da ordenação (Tabela III e Figura 3).

O primeiro eixo da pRDA separou os riachos amostrados no Parque Estadual de Campos do Jordão da maioria dos riachos do Núcleo Picinguaba e Pindamonhangaba. A análise mostrou que os riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão foram associados com menores valores de condutividade e temperatura da água e com maiores valores de altitude, enquanto parte dos riachos do Núcleo Picinguaba e Pindamonhangaba foi separada pelos maiores valores de condutividade, largura e temperatura da água (Figura 3A).

Os gêneros *Camelobaetidius*, *Hylister* e *Tricorythodes* foram os gêneros mais representativos dos riachos com maior condutividade e largura. *Askola*, *Cryptonympha*, *Farrodes*, *Paracloeodes*, *Miroculis*, *Tricorythopsis*, *Tupiara* e *Zeluzia* foram os mais representativos nos riachos com maior altitude, associados principalmente ao Parque Estadual de Campos do Jordão. Já os gêneros *Americabaetis*, *Hermanella* e *Perissophlebiodes* foram associados com maior turbidez e *Traverhyphes*, *Leptohyphes* e *Melanemerella* com menor turbidez (Figura 3B).

A partilha de variância da estrutura das comunidades de Ephemeroptera evidenciou que 19,3% da variabilidade dos dados foram explicados pelas variáveis ambientais locais inseridas no modelo, 7,9% foram explicados pelas variáveis ambientais indissociáveis da posição geográfica, 23,4% foram explicados pela posição geográfica dos riachos. Assim, 50,6% da variabilidade da estrutura das comunidades de Ephemeroptera foram explicados pelo modelo utilizado e 49,4% da variância foi considerada inexplicada.

Através do Teste de Mantel foi verificada correlação significativa entre a matriz de similaridade com a distância geográfica e o tipo de vegetação dos riachos ($r = 0,344$, $p = 0,001$; $r = -0,235$, $p = 0,003$, respectivamente). O Teste de Mantel parcial, retirando o efeito da autocorrelação espacial, evidenciou que a correlação significativa se manteve entre a matriz de dados bióticos e a matriz binária do tipo de vegetação ($r = -0,189$, $p = 0,03$), ou seja, riachos da mesma formação vegetacional possuem uma estrutura de fauna diferente.

Tabela II. Autovalores, correlação espécie/ambiente e porcentagem cumulativa da variância explicada nos três eixos da Análise de Redundância parcial (pRDA) para as comunidades de larvas de Ephemeroptera e para as variáveis ambientais das vertentes estudadas, do Parque Estadual de Campos do Jordão, região de Pindamonhagaba, Núcleos Santa Virgínia e Picinguaba, amostrados em setembro/06 e outubro/07.

	Eixo I	Eixo II	Eixo III	Inércia total
Autovalores	0,098	0,039	0,035	1,000
Correlação espécie-ambiente	0,852	0,741	0,761	
Porcentagem da variância cumulativa:				
dos dados de espécie	15,8	22,6	28,8	
da relação espécie-ambiente	46,5	66,6	84,6	
Soma total dos autovalores				0,568
Soma total dos autovalores canônicos				0,193

Tabela III. Correlações *inter-set* dos dois primeiros eixos da Análise de Redundância parcial (pRDA) com as variáveis ambientais registradas nos riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão, região de Pindamonhagaba, Núcleos Santa Virgínia e Picinguaba, amostrados em setembro/06 e outubro/07.

	Eixo I	Eixo II
Altitude	0,459	0,262
Condutividade	-0,524	-0,183
Largura	-0,117	-0,197
Oxigênio dissolvido	-0,164	-0,162
Turbidez	0,569	-0,366
Temperatura água	-0,777	0,055

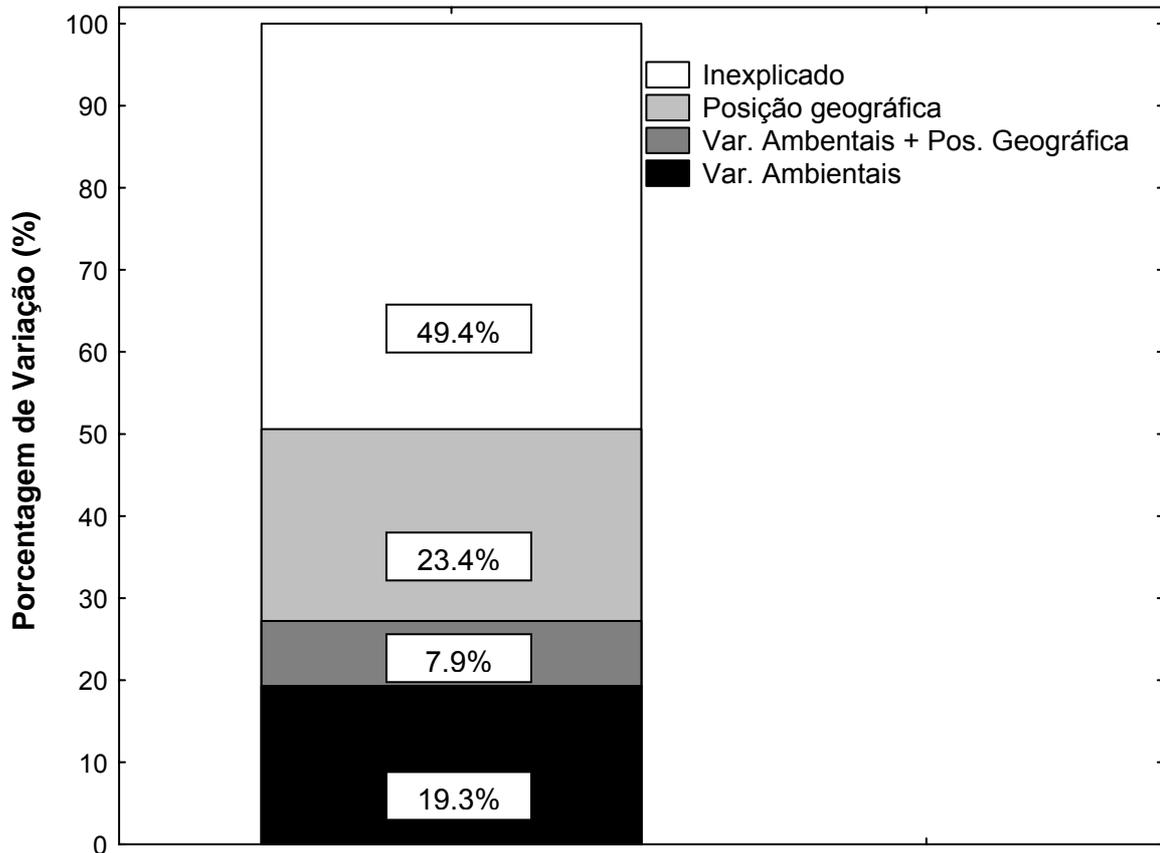


Figura 4. Partilha da variância da explicabilidade da estrutura das comunidades de Ephemeroptera obtidos pela Análise de Redundância parcial (pRDA), considerando as variáveis ambientais e a matriz geográfica para as larvas de Ephemeroptera coletadas em setembro/06 e outubro/07 no Parque Estadual de Campos do Jordão, região de Pindamonhangaba, Núcleo Santa Virgínia e Núcleo Picinguaba.

Discussão

Neste estudo, os riachos apresentaram boa qualidade da água comprovada pela alta oxigenação, baixos valores de turbidez e pH próximo da neutralidade. Em geral, riachos em bom estado de conservação e situados em regiões montanhosas, como os desse estudo, apresentam boa oxigenação da água e, segundo Maier (1978) os ambientes lóticos brasileiros possuem pH circunneutrais. Apenas valores extremos dessas variáveis afetam a distribuição da fauna, ou quando associadas à poluição orgânica (Bispo et al. 2006). Dessa forma, tais fatores não parecem ser limitantes para a fauna de Ephemeroptera, apesar da correlação significativa do oxigênio e turbidez com a abundância dos gêneros evidenciada pela Análise de Redundância parcial. É possível que tais fatores representem mais as preferências de certos gêneros a uma faixa de amplitude dessas variáveis do que propriamente seja uma restrição a ocorrência da fauna.

A forte correlação da abundância com a turbidez parece relacionada às preferências alimentares de alguns gêneros em relação à maior quantidade de partículas orgânicas em suspensão. De fato, as larvas do gênero *Hermanella* associada pela análise a águas mais turvas são consideradas filtradoras (Polegatto & Froehlich 2003, Baptista et al. 2006) e possuem adaptações morfológicas, inúmeras cerdas longas no aparato bucal, que auxiliam a filtragem das partículas alimentares carregadas pela correnteza. Enquanto, o gênero *Americabaetis*, também associado à maior turbidez, é coletor-catador e as larvas alimentam-se de matéria orgânica em decomposição depositada no substrato (Baptista et al. 2006). Já as larvas de *Perissophlebiodes* são consideradas raspadores, no entanto, também podem filtrar partículas carregadas pela correnteza (Polegatto & Froehlich 2003).

Entre as variáveis ambientais locais analisadas nesse estudo, as variáveis que apresentaram as maiores correlações e parecem influenciar a estrutura das comunidades de Ephemeroptera (altitude, temperatura da água, condutividade e largura) já são reconhecidas por outros estudos como preditoras da organização das comunidades de Ephemeroptera

(e.g. Domínguez & Valdez 1992, Beketov 2008) e de macroinvertebrados aquáticos em geral (e.g. Baptista et al. 2001, Miserendino 2001, Jacobsen 2004, Bispo et al. 2006, Melo 2009).

A altitude é considerada um fator importante na organização das comunidades para muitos grupos taxonômicos, incluindo os insetos aquáticos (Vinson & Hawkins 1998). Este fator parece influenciar os organismos aquáticos considerando sua relação com a temperatura da água (Macan 1962, Vinson & Hawkins 1998). A temperatura pode interferir diretamente no desenvolvimento dos organismos, assim, alguns grupos ocorrem preferencialmente em certas zonas altitudinais (Domínguez & Valdez 1992, Sites et al. 2003, Bispo et al. 2006). Entre os riachos aqui estudados, a temperatura e a altitude apresentaram certa variação, em especial entre os riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão situados no planalto da Serra da Mantiqueira, com altitude média de 1.650 m e temperaturas mais frias devido o clima subtropical de altitude, e os riachos do Núcleo Picinguaba situados na encosta da Serra do Mar, com altitudes que não ultrapassam 300 m e clima tropical úmido. Assim, devido à grande diferença principalmente em relação à altitude entre essas vertentes é possível que essas variáveis influenciem a abundância e distribuição de alguns gêneros na região estudada.

Entre os gêneros associados com as maiores altitudes pela Análise de Redundância, variável que segregou os riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão, os gêneros *Askola* e *Tupiara*, são citados na literatura como característicos de regiões com altitude acima de 1.000 m (Pereira & Da-Silva 1990, Da-Silva 2003, Sallés et al. 2003). Além destes, grande abundância de *Farrodes*, um gênero supostamente de águas quentes, foi registrado numa região de alta altitude, 1.550 m, na província de Tucumán (Domínguez & Savage 1987). Informações sobre a preferência dos demais gêneros (*Cryptonympha*, *Miroculis*, *Paracloeodes*, *Tricorythopsis* e *Zeluzia*) em relação às faixas altitudinais ainda são desconhecidas.

Dos gêneros que apresentaram seus ótimos de abundância em riachos com grande altitude, apenas *Tupiara* teve sua distribuição restrita a altitude acima de 800 m, não sendo

encontrado na vertente que abarca o Núcleo Picinguaba. Assim, características associadas à baixa altitude, como maior temperatura, parecem representar limitações a distribuição do gênero, possivelmente por interferir no desenvolvimento dos imaturos. Já que o gênero foi registrado no Núcleo Santa Virgínia localizado no planalto da Serra do Mar, local bastante próximo e que não apresenta nenhuma forte barreira para a dispersão dos alados.

Outro descritor que explicou parte da variabilidade da abundância dos gêneros de Ephemeroptera foi a condutividade elétrica, evidenciada pela correlação negativa com o primeiro eixo da pRDA. Essa variável juntamente com a largura agrupou parte dos riachos da região de Pindamonhangaba e do Núcleo Picinguaba. Os maiores valores de condutividade registrados no Núcleo Picinguaba provavelmente são decorrentes da proximidade e conectividade dos riachos ao sistema marinho que aumenta a salinidade da água. Isso é evidenciado pela grande abundância dos camarões *Macrobrachium* e *Potimirim glabra* nas amostras (A.S. observação pessoal), crustáceos que dependem da água salobra para completar o desenvolvimento das larvas (Rocha & Bueno 2004). É sabido que a salinidade da água afeta as espécies primariamente através da sua ligação com a osmoregulação, o que pode limitar a ocorrência e abundância de algumas espécies (Waterkeyn et al. 2008). Já os maiores valores de condutividade encontrados nos riachos P2 e P4 de Pindamonhangaba, possivelmente estão associados às concentrações iônicas de fertilizantes e pesticidas usados em áreas a montante e drenados para os riachos em questão. Apesar da evidente importância da condutividade mostrada pela análise, cabe salientar que apenas uma faixa bastante estreita de valores foi registrada entre os riachos aqui estudados.

Outros trabalhos também têm mencionado a influência da condutividade sobre a estrutura das comunidades aquáticas. Melo (2009) encontrou alta correlação entre a condutividade e as comunidades de macroinvertebrados aquáticos do Parque Estadual Intervales, nesse caso, o resultado foi devido ao alto valor de condutividade registrado em apenas um riacho de águas cársticas. Baptista et al. (2001) também evidenciaram que a

condutividade foi um dos melhores preditores ambientais da estrutura das comunidades de macroinvertebrados do Rio Macaé.

As variáveis físicas relacionadas ao tamanho dos riachos tais como vazão e velocidade da água têm sua importância reconhecida na estruturação das comunidades de macroinvertebrados aquáticos e são consideradas por diversos autores como os fatores primários que interferem na organização das comunidades aquáticas (e.g. Miserendino 2001, Melo & Froehlich 2001, Bispo et al. 2004, 2006, Melo 2009, Spies 2009).

A análise de Redundância parcial evidenciou correlação apenas entre a abundância de Ephemeroptera e a variável largura, pois as demais variáveis associadas a classificação hidrológica, tais como vazão, profundidade e velocidade e a declividade foram colineares, de acordo com o Vif da análise. Assim, a largura, que representa as demais, apesar da baixa correlação com a abundância pode ter um peso maior na explicabilidade da estrutura das comunidades de Ephemeroptera. Neste estudo, a correlação da abundância com a largura parece relacionada ao riacho P3 de Pindamonhangaba, que é de 3ª ordem, e aos riachos de Pindamonhangaba e Núcleo Picinguaba que possuem os maiores valores de declividade (PINP1, PINP2, PINP4, NPP3 e NPP4). A maior declividade registrada nesses riachos de Pindamonhangaba e do Núcleo Picinguaba é decorrente da localização dos riachos na vertente íngreme da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar (Figura 1 Cap.II). Apesar dos resultados inconclusivos, parece que as características associadas ao tamanho dos riachos, e principalmente a declividade também podem interferir na abundância das comunidades de Ephemeroptera. Em geral, riachos com grande declividade possuem menor heterogeneidade ambiental devido ao maior potencial erosivo da água que reduz o acúmulo de material alóctone retido no leito (Crisci-Bispo et al. 2007). Diante desses resultados, a influência do tamanho dos riachos e da declividade sobre as comunidades de Ephemeroptera precisa ser melhor investigada em estudos futuros.

Apenas os gêneros *Camelobaetidius*, *Hylister* e *Tricorythodes* foram associados aos riachos com maior condutividade e largura, representada pelas variáveis do tamanho dos riachos e de declividade. Em relação a *Camelobaetidius*, não é possível fazer afirmações

seguras devido sua abundância inexpressiva. Já as larvas de *Tricorythodes* como não apresentam preferência a um tipo de substrato tão específico parecem sofrer menor influência do potencial erosivo dos riachos, que interfere diretamente na disponibilidade de folhiço para a fauna.

Vários estudos também têm mostrado que a cobertura vegetal dos riachos pode ser considerada um preditor da distribuição das comunidades de macroinvertebrados aquáticos, pois interfere na entrada de material alóctone e na produção de energia autóctone no sistema lótico (e.g Vannote et al. 1980, Bispo et al. 2006). Neste estudo, foi avaliada apenas a importância da formação vegetal existente nos riachos (Floresta Ombrófila Mista e Densa) sobre as comunidades de Ephemeroptera. O Teste de Mantel parcial mostrou, apesar da baixa correlação, que os riachos da mesma matriz vegetal possuem estrutura faunística diferente entre si, refletindo a variação das comunidades entre as vertentes caracterizadas pela Floresta Ombrófila Densa (Pindamonhangaba, Núcleo Santa Virgínia e Núcleo Picinguaba). Dessa forma, os riachos situados dentro da mesma formação vegetal possuem comunidades dissimilares devido a outros fatores mais importantes para a organização das comunidades (e.g. altitude, temperatura, condutividade, declividade).

A partilha de variância mostrou que uma pequena porção da variabilidade na estrutura das comunidades de Ephemeroptera foi explicada puramente pelas variáveis ambientais, ou seja, 19,3% da variação na abundância foi explicada pelos fatores ambientais que apresentaram correlação com o primeiro eixo da pRDA (altitude, condutividade, temperatura da água e largura). A análise evidenciou que uma porção da variabilidade dos dados também foi explicada puramente pela posição geográfica dos riachos (23,4%), indicando que existe certa estruturação espacial das comunidades, também chamada de autocorrelação espacial. Este resultado foi corroborado pela correlação significativa entre a matriz de similaridade faunística e a distância geográfica. Em termos gerais, a existência dessa estruturação espacial das comunidades é devido algum processo biológico contagioso, como predação, reprodução e dispersão, sem relação com as variáveis

ambientais (Borcard & Drapeau 1992, Dray et al. 2006). Assim, a porção explicada pela matriz geográfica demonstra que os riachos mais próximos geograficamente e com conectividade direta entre si, ou seja, de uma mesma área possuem maior similaridade na estrutura das comunidades, possivelmente ocasionada pela capacidade de colonização e de dispersão da fauna.

Os Ephemeroptera podem se dispersar através de dois mecanismos: comportamento, *drift* no estágio juvenil em curtas distâncias dentro da bacia hidrográfica, sendo a família Baetidae um dos elementos dominantes, e através do voo e oviposição dos adultos por distâncias maiores, entre as bacias (Brittain 1982). Apesar da grande capacidade de dispersão das larvas pelo *drif*, a dispersão dos alados por longas distâncias é limitada, pois muitas espécies são voadores frágeis (Brittain 1982). Além da distância geográfica, elevações do relevo também podem representar limitações à dispersão dos alados (Galbraith et al. 2008).

A partilha de variância evidenciou que 50% da variabilidade da estrutura das comunidades permaneceram inexplicada. Duas frentes de estudos têm discutido a variância inexplicada dos dados nos modelos ecológicos. De acordo com Økland (1999), esse resultado indica que o modelo usado não se ajustou perfeitamente aos dados. Já para Borcard et al. (1992) uma boa quantidade dessa variância é devido a outras fontes de variabilidade, como variáveis ambientais não medidas ou estruturas espaciais que foram perdidas por exigir funções mais complexas para serem descritas. Nesse estudo, a grande porção da variância inexplicada, parece indicar que outras fontes de variabilidade, como variáveis ambientais regionais não mensuradas, são importantes para a organização das comunidades de Ephemeroptera. Essa hipótese é reforçada pela grande variação da riqueza e composição das comunidades registrada na escala regional, entre vertentes (Cap. II), escala em que não foram mensuradas variáveis ambientais.

Apesar dos diversos estudos abordando o padrão de organização das comunidades de macroinvertebrados aquáticos, ainda existe bastante controvérsia sobre a importância e o peso das variáveis ambientais locais, regionais e da posição geográfica dos riachos (Sandin

& Johnson 2004). Muitos estudos têm mostrado que as variáveis ambientais locais são os fatores primariamente determinantes da estrutura das comunidades de macroinvertebrados (Poff 1997). Por outro lado, outros pesquisadores têm salientado a importância de também considerar as variáveis ambientais regionais e da posição geográfica dos riachos nos modelos ecológicos (e.g Townsend et al. 2003, Sandin & Johnson 2004, Galbraith et al. 2008). Nesse estudo, embora uma grande porção da variabilidade na abundância dos gêneros permaneceu inexplicada, os resultados aqui encontrados destacam a contribuição semelhante das variáveis ambientais locais (altitude, temperatura da água, condutividade e largura) e da posição geográfica dos riachos na estruturação das comunidades. Esses resultados evidenciaram que além das variáveis ambientais locais os processos biológicos contagiosos, como capacidade de dispersão, também influenciaram as comunidades de larvas de Ephemeroptera na região estudada. Além disso, a importância de variáveis ambientais regionais não pode ser descartada.

Bibliografia

Assessoria técnica do projeto preservação da Mata Atlântica e Instituto Ekos Brasil. 2006.

Plano de manejo do Parque Estadual da Serra do Mar. São Paulo, 441p.

Baptista, D.F., Dorvillé, L.F.M., Buss, D.F & Nessimian, J.L. 2001. Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. **Brazilian Journal of Biology** 61(2):295-304.

Baptista, D.F., Buss, D., Dias, L.G., Nessimian, L.J., Da-Silva, E.R., De Moraes Neto, A.H.A., Carvalho, S.N., De Oliveira, M.A. & Andrade, L.R. 2006. Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs: ultrastructure of mouthparts. **Annales de Limnologie – International Journal of Limnology** 42(2):87-96.

Beketev, M.A. 2008. Community structure of Ephemeroptera in Siberian streams. **Entomological Science** 11:289-299.

Bispo, P.C. & Oliveira, L.G. 1998 Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, Estado de Goiás. In: Nessimian, J. L. & Carvalho, A. L. (eds). Ecologia de insetos aquáticos. **Oecologia Brasiliensis vol. V.** Rio de Janeiro, PPGE – UFRJ, p. 175-189.

Bispo, P.C.; Oliveira, L.G.; Crisci-Bispo, V.L & Sousa, K.G. 2004. Environmental factors influencing distribution and abundance of trichopteran larvae in Central Brazilian mountain streams. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 39: 233 – 237

Bispo, P.C., Oliveira, L.G., Bini, L.M. & Sousa, K.G. 2006. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. **Brazilian Journal of Biology** 66:611-622.

- Bispo, P.C. & Oliveira, L.G. 2007. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insects) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** 24(2):283-293.
- Borcard, D.; Legendre, P. & Drapeau, P. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. **Ecology** 73(3):1045-1055.
- Borcard, D.; Legendre, P. & Drapeau, P., Avois-Jacquet, C. & Tuomisto, H. 2004. Dissecting the spatial structure of ecological data at multivariate scales. **Ecology** 85(7):1826-1832.
- Buckley, H.L., Burns, J.H., Kneitel, J.M., Walters, E.L., Munguía, P. & Miller, T.E. 2004. Small-scale patterns in community structure of *Sarracenia purpurea* inquilines. **Community Ecology** 5(2):181-188.
- Buss, D.F., Baptista, D.F., Nessimian, J.L., & Egler, M. 2004. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. **Hydrobiologia** 518:179-188.
- Buss, D.F. & Salles, F.F. 2007. Using Baetidae species as biological indicators of environmental degradation in a Brazilian river basin. **Environmental Monitoring and Assessment** 130: 365-372.
- Brittain, J.E. 1982. Biology of mayflies. **Annual Review of Entomology** 27:119-147.
- Crisci-Bispo, V.L., Bispo, P.C. & Froehlich, C.G. 2007. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** 24(2):312-318.
- Cummins, K.W. & Klug, M.J. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. **Annual Review of Ecology and Systematic** 10: 147-172.
- Da-Silva, E.R. 2003. Variações intraespecíficas da ninfa de *Askola froehlichii* Peters 1969 (Insecta, Ephemeroptera, Leptophlebiidae) com notas biológicas. **Boletim do Museu Nacional, nova série, Zoologia** 492:1-5.
- Dias, L.G.; Salles, F.F., Francischetti, C.N. & Ferreira, P.S.F. 2005. Key to the genera of Ephemeroptera (Insecta: Ephemeroptera) from Brazil. **Biota Neotropica**. Disponível em: <www.biotaneotropica.org.br/v6n1/pt/abstract?identification+bn00806012006>

- Domínguez, E. & Savage, H.M. 1987. Two new species of *Farrodes* from Continental South America with comments on the distribution of faunal components in Argentina (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). **Studies on Neotropical Fauna and Environment** **22**:43-52.
- Domínguez, E. & Valdez, J.M.B. 1992. Altitudinal replacement of Ephemeroptera in a subtropical river. **Hydrobiologia** **246**:83-88.
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M., Hubbard, M. & Nieto, C. 2006. **Aquatic Biodiversity in Latin America: Ephemeroptera of South America**. Ed. Pensoft, Moscow, 646p.
- Downes, B.J., Lake, P.S. & Schreiber, E.S.G. 1995. Habitat structure and invertebrate assemblages on stream stones – a multivariate view from riffles. **Australian Journal of Ecology** **20**:502-514.
- Dray, S., Legendre, P. & Peres-Neto, P.R. 2006. Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). **Ecological modeling** **196**:483-493
- Flecker, A. & Feifarek, B. 1994. Disturbance and temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams. **Freshwater Biology** **31**: 131-142.
- Galbraith, H.S., Vaughn, E.C. & Meier, C.K. 2008. Environmental variables interact across spatial scales to structure trichopteran assemblages in Ouachita Mountain rivers. **Hydrobiologia** **596**:401-411.
- Hueck, K. 1972. **As florestas da América do Sul**. Ed. Polígono, São Paulo, 466p.
- Jacobsen, D. 2004. Contrasting patterns in local and zonal family richness of stream invertebrates along an Andean altitudinal gradient. **Freshwater Biology** **49**: 1293-1305.
- Legendre, P. 1990. Quantitative methods and biogeographic analysis. In: Garbary, D.J. & South, R.G., Eds. **Evolutionary biogeography of the marine algae of the North Atlantic**. Springer Verlag, Berlin, vol 22:9-34.
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. **Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling**. Elsevier, New York. 853pp

- Leps, J. Smilauer, P. 2003. **Multivariate analysis of ecological data using Canoco**. Cambridge University Press, 269p.
- Lopes, M.J.N. 1990. **Estudo da fauna de Ephemeroptera do córrego de Pedregulho, SP**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, 51p.
- Maier, M.H. 1978. Considerações sobre características limnológicas de ambientes lóticos. **Boletim do Instituto de Pesca 5**:75-90.
- Macan, T.T. 1962. Ecology of aquatic insects. **Annual Review Entomology 7**:261-288.
- Manly, B.F.J. 1994. **Multivariate Statistical Methods A Primer**. Chapman and Hall, London. 179p.
- Melo, A.S. & Froehlich, C.F. 2001. Macroinvertebrates in neotropical streams: richness patterns along a catchment and assemblage structure between 2 seasons. **Journal of North American Benthological Society 20**(1):1-16.
- Melo, A.S. 2009. Explaining dissimilarities in macroinvertebrate assemblages among stream sites using environmental variables. **Zoologia 26**(1):79-84.
- Miserendino, M.L. 2001. Macroinvertebrate assemblages in Andean Patagonian rivers and stream: environmental relationships. **Hydrobiologia 444**:147-158.
- Muniz, P. & Venturini, n. 2001. Spatial distribution of the macrozoobenthos in the Solís Grande stream estuary (Canelones-Maldonado, Uruguay). **Brazilian Journal of Biology 61**(3): 409-420.
- Økland, R.H. 1999. On the variation explained by ordination and constrained ordination axes. **Journal of Vegetation Science 10**:131-136.
- Pereira, S.M. & Da-Silva, E.R. 1990. Nova espécie de *Campylocia* Needham & Murphy 1924 com notas biológicas (Ephemeroptera, Euthyplociidae). **Boletim do Museu Nacional, nova série, Zoologia 336**:1-12.
- Poff, N.L. 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. **Journal of the North America Benthological Society 16**(2):391-409.

- Polegatto, C.M. & Froehlich, C.G. 2003. Feeding strategies in Atalophlebiidae (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) with considerations on scraping and filtering. **Research Update on Ephemeroptera & Plecoptera** 55-61.
- Ramírez, J.J., Roldán, P.G. & Yepes, G.A. 2004. Altitudinal variation of the numerical structure and biodiversity of the taxocenosis of Ephemeroptera in the South, North and Central Regions of the department of Antioquia, Colombia. **Acta Limnologica Brasiliensia** 16(4): 329-339.
- Ribeiro, L.O. & Uieda, V.S. 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um rio de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 22(3):613-618.
- Rocha, S.S. & Bueno, S.L.S. 2004. Crustáceos decápodes de água doce com ocorrência no Vale do Ribeira de Iguape e rios costeiros adjacentes, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 21(4): 1001-1010.
- Rohlf, F.J. 2000. **NTSYS 2.1: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System**. New York, Exeter Software.
- Salles, F.F. Lugo-Ortiz, C.R., Da-Silva, E.R. & Francischetti, C.N. 2003. Novo gênero de Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) do Brasil. **Arquivos do Museu Nacional** 61:23-30.
- Salles, F.F., Da-Silva, E.R., Serrão, J.E. & Francischetti, C.N. 2004. Baetidae (Ephemeroptera) na Região Sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. **Neotropical Entomology** 33(5):569-576.
- Sandin, L. & Johnson, R.K. 2004. Local, landscape and regional factors structuring benthic macroinvertebrate assemblages in Swedish streams. **Landscape Ecology** 19:501-514.
- Siegloch, A.E., Froehlich, C.G. & Kotzian, C. 2008. Composition and diversity of Ephemeroptera Haeckel 1896 (Insecta) nymph communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, State of Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia** 98:417-516.
- Seibert, P. 1975. Plano de manejo do Parque Estadual de Campos do Jordão. **Boletim Técnico do Instituto Florestal** 19:1-153

- Silveira, M.P., Buss, D.F., Nessimian, J.L. & Baptista, D.F. 2006. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. **Brazilian Journal of Biology** 66(2B):623-632.
- Secretaria do Meio Ambiente e Instituto Florestal. 2005. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo.
- Sites, R.W., Willing, M.R. & Linit, M.J. 2003. Macroecology of aquatic insects: a quantitative analysis of taxonomic richness and composition in the Andes Mountains of Northern Ecuador. **Biotropica** 35(2):226-239.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. **Biometry**. W.H. Freeman & Company, New York: 887 pp.
- Spies, M. 2009. **Estrutura das comunidades de larvas de Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta) em riachos do Parque Estadual de Campos do Jordão, São Paulo, Brasil**. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, 136p. Tese de Doutorado
- Strahler, H.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **American Geophysical Union Transactions** 33:913–920.
- Takebe, V.I. 2009. **Efeitos dos fatores ambientais sobre a fauna de Ephemeroptera (Insecta) em riachos da Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil**. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, 41pp. Dissertação de Mestrado
- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradients analysis. **Ecology** 67:1167-1179.
- Ter Braak, C.J.F & Smilauer, P. 2002. **CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)**. Microcomputer Power, Ithaca, 500p.
- Townsend, C.R., Dolédec, S., Norris, R., Peacock, K. & Arbuckle, C. 2003. The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: description and prediction. **Freshwater Biology** 48: 768-785.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. & Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 37:130-137.

- Vinson, M.R. & Hawkins, C.P. 1998. Biodiversity of stream insects: variation at local, basin and regional scales. **Annual Review of Entomology** 43:271-293.
- Voltolini, J.C. 2007. **Parque Natural Municipal do Trabiju**. Disponível em: <http://trabiju.blogspot.com>
- Waterkeyn, A., Grillas, P., Vanschoenwinkel, B. & Brendonck. 2008. Invertebrate community patterns in Mediterranean temporary wetlands along hydroperiod and salinity gradients. **Freshwater Biology** 53(9):1808-1822.
- Wu, J. & Loucks, O.L. 1995. From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. **The Quarterly Review of Biology** 70(4):439-466.

Considerações finais

- A Serra da Mantiqueira e a Serra do Mar apresentaram uma porção bastante significativa da riqueza taxonômica de Ephemeroptera do Brasil, pois foram registrados oito famílias, 28 gêneros e 18 espécies na Serra da Mantiqueira e sete famílias, 30 gêneros e 15 espécies no Parque Estadual da Serra do Mar.
- A realização deste estudo possibilitou colecionar seis espécies novas e *Campylocia dochmia*, *Caenis reissi*, *Tricorythodes santarita*, *Tricorythodes arequita* (aff.) e *Thraulodes itatiajanus* (aff.) são novos registros de espécie para o estado.
- A riqueza de Ephemeroptera das quatro vertentes estudadas é destacada ao comparar com estudos realizados em outras regiões brasileiras e pode ser explicada pelo grande esforço amostral, que abrangeu a coleta de larvas e alados, usando distintos métodos de captura, e a exploração de diversos riachos e mesohabitats.
- A maior fonte de variação da riqueza e abundância das comunidades de Ephemeroptera ocorreu entre as amostras de um mesmo mesohabitat, resultado que evidencia o padrão de distribuição agregada das larvas, tanto no mesohabitat pedra quanto em folha/corredeira. Além disso, houve variação significativa da riqueza e abundância entre os mesohabitats e entre as vertentes considerando todo o modelo hierárquico.
- Na escala local, a maior riqueza padronizada foi encontrada no mesohabitat pedra/corredeira, na escala de segmento, riachos maiores apresentaram uma tendência de possuir riqueza mais elevada, no entanto, esse assunto precisa ser melhor investigado em estudos futuros, pois poucos riachos de 3ª ordem foram amostrados e na escala regional, o Núcleo Santa Virgínia apresentou maior riqueza que as demais vertentes.

- A ordenação mostrou tendência de segregação das amostras do mesmo mesohábitat e vertente, que foi confirmada pela análise de variância multivariada (Permanova), evidenciando que as comunidades de larvas de Ephemeroptera foram estruturadas segundo o tipo de mesohábitat e vertente. Dessa forma, tanto as variáveis ambientais da escala local quanto da escala regional foram importantes para a estruturação das comunidades. Já fatores relacionados aos riachos de baixa ordem não foram importantes.
- Entre os fatores ambientais locais, altitude, condutividade elétrica, temperatura da água e largura, relacionada ao tamanho e declividade dos riachos, foram às variáveis locais que mais contribuíram para explicar a estrutura das comunidades de larvas de Ephemeroptera.
- As variáveis ambientais locais puras explicaram 19,3% da variabilidade na abundância dos gêneros, 7,9% foram explicados pelas variáveis indissociáveis da matriz geográfica 23,4% da variância foi explicada puramente pela posição geográfica dos riachos. Assim, 50,6% da variabilidade na estrutura das comunidades de Ephemeroptera foram explicadas pelo modelo usado e 49,4% permaneceram inexplicadas.
- Os resultados encontrados nesse estudo destacam a contribuição semelhante das variáveis ambientais locais (altitude, temperatura da água, condutividade e largura) e da posição geográfica dos riachos na estruturação das comunidades, evidenciando que além das variáveis locais os processos biológicos contagiosos, como capacidade de dispersão, também influenciaram as comunidades de larvas de Ephemeroptera. Além disso, a importância das variáveis ambientais regionais não pode ser descartada.

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](#)