

Gabriel Cestari Vilardi

**Distribuição espacial de insetos predadores em riachos da região norte da Serra do
Mar, Estado de São Paulo.**

Orientador: Profa. Dra. Susana Trivinho Strixino

Coorientador: Prof. Dr. Pitágoras da Conceição Bispo

São Carlos – SP

2010

Universidade Federal de São Carlos

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Distribuição espacial de insetos predadores em riachos da região norte da Serra do Mar, Estado de São Paulo.

Gabriel Cestari Vilardi

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

São Carlos – SP

2010

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

V697de

Vilardi, Gabriel Cestari.

Distribuição espacial de insetos predadores em riachos da região norte da Serra do Mar, Estado de São Paulo / Gabriel Cestari Vilardi. -- São Carlos : UFSCar, 2010. 47 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2010.

1. Interrelação específica de organismo e meio ambiente. 2. Ação antrópica. 3. Fauna de córregos. 4. Macroinvertebrados aquáticos. I. Título.

CDD: 574.522 (20ª)

Gabriel Cestari Vilardi

Distribuição de insetos predadores em riachos norte da Serra do Mar, Estado de São Paulo

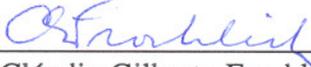
Dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 31 de março de 2010

BANCA EXAMINADORA

Presidente 
Profa. Dra. Susana Trivinho Strixino
(Orientadora)

1º Examinador 
Profa. Dra. Alaíde Ap. Fonseca Gessner
PPGERN/UFSCar

2º Examinador 
Prof. Dr. Cláudio Gilberto Froehlich
USP/Rib. Preto-SP

Dedico este trabalho aos meus pais José e Marlu e ao meu avô Gomercindo, doadores
de apoio e carinho.

“Respeita-te a ti mesmo,
e terás um caráter nobre.”

Pitágoras

“Há pessoas que choram por saber que as rosas têm
espinhos; outras há, que gargalham de alegria por saber que
os espinhos têm rosas.”

Confúcio

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Susana Trivinho Strixino pelos ensinamentos, comentários pontuais e horas dedicadas à realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Pitágoras da Conceição Bispo, pelo aprendizado, companheirismo e amizade, pela orientação durante minha Graduação e por demonstrar que humildade pode caminhar juntamente com grande “status”.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de Bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Ao funcionário da Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPGERN) João Augusto da Silva Affonso pela competência na logística e burocracia.

Aos funcionários Rose e Gilberto da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) de Assis pela competência e disposição.

Aos docentes do PPGERN pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. Alan Lane de Melo pela agradável recepção na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em Belo Horizonte e pelo estágio concedido na aprendizagem sobre hemípteros aquáticos.

Ao Ms. Luiz Onofre Irineu de Souza do PPGERN pelo estágio para aprendizado sobre libélulas.

Aos colegas do PPGERN: Francisco (Chicão), Daniel, Danilo (Danilão), Rogério (Roger), Savana e Toshiro pelos bons momentos e risadas na “hora do café”. À Natalia pela amizade e ótimos diálogos.

Aos amigos de Marília por todos os maravilhosos momentos: João, Bárbara, Vinicius, Thomaz, Bruno, Eduardo (CD), Munir e André.

Aos amigos Jayson (Jaime), Luiz Fernando (Murilinho), Fernanda (Pinpin), Heitor e Maiara (Bárbara) pelas tardes agradáveis nos “domingos de RPG”.

Aos amigos de Assis por momentos inesquecíveis, dos quais as recordações me remetem carinho e saudades: Carlos Eduardo (Kadu), Ricardo (Mimosa), Lucas (Fresco), Ana Paula, Eduardo (Alemão), Aurélio (Lelinho), Marcos (Carnudo), Bruno (Johnson), Eduardo (Maconheiro), Marcos Knhaives, Antônio (Tonho), Daniele (Dani), Ciro, Cleto, Gustavo (Goiano), Mônica (Gamb), Elisa (Chefa), José (Fi) e a tantos outros que tornaram melhor minha vida na cidade “desértica”.

À minha família pelo apoio ao longo de meu mestrado e por me proporcionarem conforto e tranquilidade.

SUMÁRIO

Lista de tabelas	vi
Lista de figuras.....	vii
Resumo.....	1
Abstract.....	2
1. Introdução	
1.1. Ecologia de ambientes lóticos.....	3
1.2. Insetos Aquáticos.....	6
1.3. Ordem Hemiptera.....	8
1.4. Ordem Odonata.....	9
1.5. Ordem Megaloptera.....	10
1.6. Ordem Plecoptera.....	10
1.7. Objetivos.....	11
2. Materiais e métodos	
2.1. Área de estudo.....	12
2.2. Caracterização ambiental.....	15
2.3. Coleta e identificação.....	16
2.4. Análise dos dados.....	19
3. Resultados.....	21
4. Discussão.....	34
5. Conclusão.....	39
6. Referências.....	40
7. Anexo.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela I. Coordenadas geográficas, valores de pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água (TAG), condutividade elétrica (COND), vazão (VA), velocidade da água (VEL), cobertura vegetal (CV) (escala de 0 = de 0 a 30%, 1 = de 31% a 70%, 2 = de 71% a 100%) e valores de integridade ambiental (RCE) registrados em 24 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.....	16
Tabela II. Número total de indivíduos das ordens Hemiptera (Nepomorpha), Megaloptera, Odonata e Plecoptera (Perlidae) amostrados em 23 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.....	23
Tabela III. Número total de indivíduos da ordem Megaloptera amostrados em 23 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.....	24
Tabela IV. Número total de indivíduos da ordem Odonata amostrados em 23 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.....	26
Tabela V. Número total de indivíduos da ordem Plecoptera amostrados em 23 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.....	28
Tabela VI. Análise de correlação entre as matrizes ecológicas, através do Teste de Mantel com 5000 permutações.....	32
Tabela VII. Resultados da análise de regressão múltipla dos atributos da fauna de insetos aquáticos predadores (abundância, riqueza e composição funística representada pelo primeiro eixo da DCA) e as variáveis ambientais (oxigênio dissolvido, vazão e Índice de Integridade Ambiental). *incluindo a abundância como variável independente.....	33

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1. Mapa do Estado de São Paulo com destaque para a área de estudo, o Parque Estadual Serra do Mar e as projeções dos Núcleos Santa Virgínia (NSV) e Cunha-Indaiá (NCI).....13
- Fig. 2. Relevo da área de estudo do Parque Estadual Serra do Mar e adjacências.....13
- Fig. 3. Sede Núcleo Santa Virgínia(A) e os riachos P03(B), P04(C) e P05(D).....14
- Fig. 4. Sede Núcleo Cunha-Indaiá(A) e os riachos P08(B), P09(C) e P11(D).....14
- Fig. 5. Mapas dos Núcleos Santa Virgínia Cunha-Indaiá indicando os 24 riachos de coleta (P1 a P24).....18
- Fig.6. Quantidade de indivíduos para cada um dos 17 táxons coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007. Os dados foram logaritmizados.....22
- Fig.7. Contribuição das ordens Plecoptera, Odonata, Megaloptera e Hemiptera, cujos organismos foram coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.....22
- Fig.8. Fotografias de um espécime do gênero *Limnocoris* em vistas dorsal (A) e ventral (B).....23
- Fig.9. Contribuição dos gêneros de Hemiptera coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.....24
- Fig.10. Fotografias de um espécime do gênero *Corydalis* em vistas dorsal (A) e ventral (B).....25
- Fig.11. Contribuição dos gêneros de Megaloptera coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.....25
- Fig.12. Fotografias de um espécime do gênero *Argia* em vistas dorsal (A) e ventral (B).....27
- Fig.13. Contribuição dos gêneros de Odonata coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.....27

- Fig.14. Fotografias de um espécime do gênero *Anacroneuria* em vistas dorsal (A) e ventral (B).....28
- Fig.15. Contribuição dos gêneros de Plecoptera coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.....29
- Fig. 16. Ordenação segundo a Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) da fauna de insetos aquáticos predadores (Hemiptera-Nepomorpha, Megaloptera, Odonata e Plecoptera-Perlidae) colecionada em 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007. Figura superior: 1. *Anacroneuria*; 2. *Argia*; 3. *Brechmorhoga*; 4. *Chloronia*; 5. *Corydalus*; 6. *Cryphocricos*; 7. *Dythemis*; 8. *Elasmothemis*; 9. *Elga*; 10. *Gynacantha*; 11. *Hetaerina/Mnesarete*; 12. *Kempnyia*; 13. *Limnocoris*; 14. *Macrogynoplax*; 15. *Neotrepes*; 16. *Oxystigma*; 17. *Perythemis*. No gráfico inferior estão numerados os riachos com trechos coletados, indicados com escala de 0-2, de acordo com a cobertura vegetal: 0 = inexistente ou pequena, 1 = média e 2 = grande.....30
- Fig. 17. Dendrograma obtido pela UPGMA, representando a similaridade entre as amostras (Morisita-Horn), baseado na fauna de Hemiptera (Nepomorpha), Megaloptera, Odonata e Plecoptera (Perlidae) colecionada em 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007. Índice de correlação cofenética: 0,8452.....31

RESUMO

O presente trabalho objetivou verificar se os fatores ambientais como cobertura vegetal, integridade ambiental, vazão, velocidade da água e características físicas e químicas da água (pH, oxigênio dissolvido, temperatura e condutividade) podem prever a riqueza, a abundância e a composição faunística de insetos predadores que vivem em substrato rochoso de riachos da Mata Atlântica. As coletas de fauna foram realizadas em riachos localizados nos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, ambos localizados no Parque Estadual Serra do Mar, Estado de São Paulo, nos meses de outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007. Em cada riacho, foi selecionado um trecho de aproximadamente 50 metros. A fauna associada a 25 rochas do tipo calhau foi coletada com o auxílio de um puçá com malha de 0,25 milímetros. Foram coletados 779 indivíduos distribuídos em 17 gêneros. Os táxons mais abundantes foram *Anacroneuria*, *Limnocoris*, *Neotrepes* e *Argia*. A Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) mostrou um agrupamento dos pontos de coleta de acordo com a escala de cobertura vegetal. A representação gráfica da matriz de similaridade de Morisita-Horn, através da UPGMA, revelou a formação de agrupamentos constituídos pela fauna coletada em locais com diferentes vazões, porém com coberturas vegetais similares. O Teste de Mantel mostrou uma relação significativa da fauna de insetos predadores com a cobertura vegetal ($r = -0,189$; $p = 0,017$ para 5000 permutações) e a velocidade da água ($p = 0,05$, $r = -0,3$ para 5000 permutações). Os coeficientes parciais estimados a partir da regressão linear múltipla demonstraram que a vazão teve influência significativa sobre a entomofauna analisada.

PALAVRAS-CHAVES. Ação antrópica; distribuição espacial; fauna de córregos; macroinvertebrados aquáticos.

ABSTRACT

This study aimed at determining whether environmental factors as vegetation, environmental integrity, water flow, water velocity and physical and chemical characteristics of the water (pH, dissolved oxygen, temperature and conductivity) can predict the richness, abundance and faunal composition of predator insects which live in bedrock of Atlantic Rainforest streams. The collecting of fauna has been carried out in streams located in the Núcleos Santa Virgínia and Cunha-Indaiá, both located in the Parque Estadual Serra do Mar, São Paulo state, in October 2006 and October and November 2007. In each stream was selected a stretch of about 50 meters. The fauna associated with 25 cobble type rocks was collected with the aid of a hand net with a mesh of 0.25 millimeters. Were collected 779 individuals in 17 taxa. The most abundant taxa were *Anacroneuria*, *Limnocoris*, *Neotrepes* and *Argia*. The Detrended Correspondence Analysis (DCA) showed a cluster of sampling points according to the scale of the vegetation cover. The graphic representation of similarity matrix Morisita-Horn by UPGMA revealed the formation of clusters consisting of the fauna collected at sites with different water flows, but with similar vegetation cover. The Mantel Test showed a significant relationship of the predatory insects fauna in the vegetation cover ($r = -0.189$, $p = 0.017$ for 5000 permutations) and water velocity ($p = 0.05$ and $r = -0.3$ for 5000 permutations). The partial coefficients estimated from multiple linear regression showed that the flow has significant influence on the analyzed entomofauna.

KEYWORDS. Anthropic action; aquatic macroinvertebrates; fauna of streams; spatial distribution.

1. Introdução

1. INTRODUÇÃO

1.1. Ecologia de ambientes lóticos

As águas continentais são tradicionalmente divididas em dois ecossistemas principais: lêntico e lótico. O ambiente lêntico é caracterizado pela estagnação das águas e abrange lagos, lagoas, poças, pântanos/alagadiços, brejos e fitotelmas (Ward 1992). O ambiente lótico é caracterizado pelo movimento unidirecional da água e é representado por córregos e rios (Merritt & Cummins 1996).

Segundo Strahler (1957), os ambientes lóticos podem ser classificados, para fins de estudo, em ordens (*i. e.*, considerando-se o tamanho). Um riacho que tenha se originado da nascente, sem tributários, é considerado de 1ª ordem. Quando há a confluência de dois riachos de 1ª ordem, forma-se um riacho de 2ª ordem, e do encontro de dois riachos de 2ª ordem, forma-se um riacho de 3ª ordem. Esse raciocínio é seguido para toda a bacia hidrográfica a ser estudada. Assim, tem-se a regra de que dois riachos de ordem “n” originam um riacho de ordem “n+1”.

Pode-se interpretar a variabilidade dos ecossistemas lóticos de acordo com quatro dimensões principais: longitudinal, vertical, lateral e temporal (Ward 1989). Quanto à variação longitudinal, o tamanho do riacho pode ser considerado um dos principais fatores na estruturação das comunidades de organismos aquáticos. Riachos de ordens distintas apresentam diferenças quanto ao regime térmico, fontes predominantes de energia, disponibilidade de microhabitats e padrões de diversidade (Vannote *et al.* 1980; Hildrew & Townsend 1987). A dimensão lateral compreende a região intermediária entre o canal e o sistema terrestre. A vegetação ripária faz parte dessa

1. Introdução

interface e representa um potencial limitante da passagem de luz e fornece material orgânico alóctone para o curso d'água. A dimensão vertical envolve a interação entre as camadas de água acima e abaixo do fundo do canal. A região denominada hiporreica é um ecótono ativo delimitado pelo canal de rio acima e as águas subterrâneas e abriga considerável fauna de invertebrados (Hancock 2002). A escala temporal permite observar a dinâmica de sistemas lóticos. Em geral, segundo Williams & Felmate 1992, o ambiente lótico possui as seguintes propriedades:

- Movimento unidirecional em direção à foz;
- níveis variados de vazão e variáveis associadas, tais como velocidade da correnteza, profundidade, largura e turbidez;
- turbulência contínua e mistura das camadas de água;
- estabilidade relativa do sedimento de fundo.

Frissel *et al.* (1986) classificaram os ambientes lóticos considerando sistemas hierárquicos, tais como bacia hidrográfica, sistema lótico, tributário, trecho, corredeira ou remanso e microhábitats.. O intuito foi articular uma abordagem geral para classificar os ambientes lóticos no contexto das bacias hidrográficas que os cercam. Essa classificação possibilita comparações entre diversos locais na área de estudo. Estudos ecológicos sobre insetos aquáticos podem focar uma ou mais dessas divisões (*e.g.*, Fidelis *et al.* 2008).

Vannote *et al.* (1980), discutem o Conceito do Contínuo Fluvial (“River Continuum Concept” – RCC). Nesse estudo os autores procuram explicar como as comunidades aquáticas respondem às mudanças de variáveis físicas ao longo do curso

1. Introdução

de um rio, desde a nascente até a foz. Riachos de cabeceira (1ª a 3ª ordens) são influenciados pela vegetação ripária, que limita a entrada de luz e a produção autóctone, além de fornecer detrito alóctone sob a forma de matéria vegetal morta. A fauna dessa zona é composta em grande parte por fragmentadores e pequena quantidade de herbívoros. A proporção dos organismos coletores mantém-se a mesma nos rios de pequeno e médio portes. A porcentagem de predadores praticamente permanece inalterada em todos os segmentos. Riachos de tamanho médio (4ª a 6ª ordens) possuem, geralmente, o canal mais largo e a vegetação ripária influencia menos, possibilitando maior incidência luminosa sobre o canal, promovendo o aumento da atividade fotossintética autóctone. A entrada alóctone de energia é representada pelo aporte de material vegetal da zona ripária somado ao carregamento dos detritos finos vindos de trechos a montante.

A biodiversidade tende a ser maior em riachos de porte médio, pois há grande heterogeneidade ambiental (Vannote *et al.* 1980). Nesses riachos, a quantidade de insetos fragmentadores diminui e os pastadores aumentam. Rios de grande porte (> 6ª ordem) tem grande quantidade de detritos trazidos pela correnteza, que aumentam a turbidez e diminuem a atividade de produção autóctone. Ocorre um retorno para a fonte de energia alóctone e a fauna é quase totalmente formada por coletores. Com o aumento gradual do rio, há a passagem da maior importância de energia alóctone para autóctone e posteriormente, procede-se a transição novamente para fonte alóctone. O RCC foi desenvolvido com base em estudos realizados em ambientes lóticos de regiões temperadas. Winterbourn *et al.* (1981) produziram trabalhos em diferentes latitudes e

1. Introdução

confrontaram a ideia de que as comunidades em sistemas lóticos são entidades altamente estruturadas, como generaliza o RCC.

O RCC descreve ambientes em condições ideais, em que a porcentagem de predadores permanece praticamente inalterada em todos os trechos (*i. e.*, ordem dos riachos). Neste estudo, esperávamos que os impactos ambientais causados por atividades antrópicas difusas evidenciadas nos locais de coleta, pudessem desestruturar a entomofauna aquática de predadores.

1.2. Insetos Aquáticos

A classe Insecta pode conter mais de um milhão de espécies descritas e constitui sem dúvidas o maior grupo animal (Ruppert *et al.* 2005). A abundância e a diversidade são enormes nesse grupo e devem-se principalmente aos fatores como voo, capacidade extraordinária de adaptação, resistência à dessecação, desenvolvimento holometábolo e coevolução com as plantas que produzem flores. Insetos não estão presentes nas águas oceânicas subtidais, mas muitas espécies invadiram o ambiente aquático dulcícola.

Inseto aquático é todo aquele que depende total ou parcialmente do ambiente aquático durante o desenvolvimento. A entomofauna aquática possui um grande número de espécies, as quais exploram os mais diversos ambientes aquáticos continentais. Insetos vetores de muitas doenças, como por exemplo, dípteros das famílias Culicidae e Simuliidae, cujas larvas são aquáticas, são mais conhecidos pela população humana dada a relevante questão médica. Outros grupos menos conhecidos geralmente passam a maior parte de suas vidas no ambiente bentônico. Os principais grupos de insetos aquáticos bentônicos são os membros das ordens Trichoptera, Plecoptera,

1. Introdução

Ephemeroptera, Odonata, Megaloptera e alguns grupos de Diptera, Coleoptera e Hemiptera.

A vida nos ambientes aquáticos requer dos insetos algumas adaptações. A principal está relacionada com a respiração na água, a qual foi solucionada de diversas maneiras. Há aqueles insetos que se valem somente da respiração cutânea e devem apresentar alta razão superfície/volume, como evidenciado em alguns Diptera (Ceratopogonidae, Chaoboridae, Chironomidae, Simuliidae e Tipuliidae) e grupos de Trichoptera, Lepidoptera e Plecoptera; esses grupos com respiração cutânea apresentaram como característica a perda da impermeabilidade da cutícula. Brânquias, também chamadas brânquias traqueais, são encontradas em imaturos de Ephemeroptera, Odonata, Megaloptera, Trichoptera, Lepidoptera (Pyrilidae), Neuroptera (Sisyridae) e em muitas famílias de Coleoptera e Diptera. Estoques temporários ou permanentes (plastrões) de ar são observados em Lepidoptera (Pyrilidae) e algumas famílias de Coleoptera e Hemiptera. Há ainda insetos que são dependentes de reservas de oxigênio presentes em tecidos vegetais aerados, como alguns Coleoptera e Diptera. Visitas temporárias à superfície para tomada de oxigênio atmosférico são observadas em Hemiptera (Nepidae e Belostomatidae), Diptera (Culicidae) e Coleoptera (Amphizoidae). Além disso, representantes de Hemiptera (Notonectidae) e Diptera (Chironomidae) podem possuir o pigmento respiratório hemoglobina (Miller 1965).

Cummins & Klug (1979) elaboraram uma classificação dos insetos aquáticos segundo as estratégias e os hábitos alimentares; foram determinados cinco grupos funcionais alimentares para os insetos aquáticos: fragmentadores, coletores, raspadores, perfuradores e predadores. Essas categorias estão relacionadas com o tamanho das

1. Introdução

partículas de matéria orgânica utilizadas pelos insetos, disponíveis nos vários trechos de um ambiente lótico. Os fragmentadores ingerem, de preferência, partículas de matéria grossa (CPOM - “coarse particulate organic matter”) com diâmetro $\geq 1\text{mm}$, e liberam nutrientes na forma de partículas de matéria orgânica fina (FPOM – “fine particulate organic matter”), com diâmetro de 1mm a $50\mu\text{m}$, e ultrafina (UPOM – “ultrafine particulate organic matter”), com diâmetro de $50\mu\text{m}$ a $0,5\mu\text{m}$. Segundo esses autores, os fragmentadores grupo seria predominante em riachos com vegetação ripária densa. Os coletores ingerem principalmente FPOM e UPOM. Os raspadores aderem-se ao substrato ingerindo algas e o FPOM aderida às algas e ao substrato. Os perfuradores ingerem os fluídos celulares de macrófitas (UPOM e FPOM). Os insetos predadores capturam suas presas e a proporção na comunidade não depende diretamente do tamanho do ambiente lótico (Cummins & Klug 1979; Vannote *et al.* 1980). Os insetos aquáticos são importantes elos no fluxo de energia e dinâmica de nutrientes nesses ambientes (Wiggins, 1998), uma vez que consomem matéria orgânica (viva ou morta), ou servem de presas, ou são hospedeiros de outros organismos aquáticos.

1.3. Ordem Hemiptera

Ordem distribuída mundialmente, com a maioria das espécies terrestres, porém com numerosas formas aquáticas e semi-aquáticas (Nieser & Melo 1997). Essas estão contidas na subordem Heteroptera, nas infraordens Leptopodomorpha, Nepomorpha e Gerromorpha. São insetos caracterizados por terem peças bucais adaptadas à penetração e sucção (denominadas rostro, bico ou focinho), as quais se implantam anteriormente na cabeça e por asas anteriores (quando existentes) parcialmente coriáceas, com a porção

1. Introdução

distal mais membranosa. Os aquáticos e semiaquáticos variam amplamente na morfologia e são adaptados a uma série de ambientes, tanto em águas paradas como correntes, da superfície do mar aberto às bromeliáceas epífitas. São insetos hemimetábolos e apresentando fases de ovo, larva e adulto. As larvas possuem o mesmo hábitat e nichos sobrepostos com os adultos.

1.4. Ordem Odonata

Os representantes dessa ordem apresentam características primitivas como incapacidade de dobrar as asas sobre o abdome – quando em repouso –, a presença de dez segmentos abdominais, e pouca redução numérica das nervuras alares (Elouard *et al.* 2003). A ordem Odonata é dividida em três subordens: Anisoptera, Zygoptera e Anisozygoptera. Essa última não é encontrada no Brasil (Ferreira-Peruquetti 2004). As larvas de Zygoptera geralmente são menores e mais esguias que as de Anisoptera. Ocorre nos Zygoptera a respiração através de lamelas branquiais, que são apêndices anais em formato de folha ou lamela; em Anisoptera, a respiração é retal. A forma larval de ambas as subordens possuem uma característica única entre os insetos: lábio modificado em forma de colher ou achatado e região apical em pinça, usada para capturar presas. As libélulas são encontradas em quase todos os tipos de ambientes aquáticos: de água doce ou salobra, tanto em zona temperada como tropical. Algumas espécies são restritas a alguns ambientes tropicais, tais como fitotelmatas, que são pequenos corpos d'água contidos em cavidades de plantas como ocos de árvores, bambus e bromeliáceas (Corbet 1995). São insetos hemimetábolos, com ciclo de vida longo, podendo alcançar até dois anos.

1. Introdução

1.5. Ordem Megaloptera

É um dos grupos mais primitivos de insetos holometábolos. Caracterizam-se por grande tamanho e por apresentar larvas em ambientes lóticos e lênticos, de regiões temperadas e tropicais (Fernández & Domínguez 2001). As demais formas (pupa e adulto) são terrestres. Os adultos apresentam a cabeça aplanada, olhos compostos grandes, ocelos presentes ou ausentes, órgão bucal mastigador, com mandíbulas bem desenvolvidas. Todas as espécies são predadoras. As larvas são compridas, levemente planas e de grande tamanho. A pupa é ativa, com apêndices livres no corpo. A cabeça é similar à da larva, mas com desenvolvimento das antenas.

1.6. Ordem Plecoptera

Ordem cujas larvas são consideradas boas bioindicadoras de qualidade de água (Fernández & Domínguez 2001), pois se encontram genericamente em águas turbulentas, rápidas, frias e altamente oxigenadas. A cabeça das larvas é prognata, com antenas longas e filiformes e mandíbulas reduzidas. Os olhos compostos são pequenos ou medianos e podendo apresentar três ocelos. As larvas são aquáticas e similares aos adultos, diferindo pelas asas e órgãos genitais. As brânquias variam em número e forma e podem apresentar-se em todo corpo. Dependendo da espécie, os adultos podem ser diurnos, crepusculares e noturnos. Os hábitos alimentares das imagos são variados: os de vida curta praticamente não se alimentam, só ingerem líquidos, enquanto outros são herbívoros. A dieta das larvas varia bastante, podendo ser herbívoras, detritívoras ou carnívoras. Possuem desenvolvimento hemimetábolo. São conhecidas apenas duas

1. Introdução

famílias no Brasil: Gripopterygidae e Perlidae. Esse último táxon possui larvas predadoras.

1.7. Objetivos

Este estudo faz parte de um projeto maior, cujo objetivo é o conhecimento da entomofauna aquática (dos grupos Diptera – Chironomidae –, Ephemeroptera, Hemiptera, Megaloptera, Odonata, Plecoptera e Trichoptera) dos riachos de montanha do Parque Estadual Serra do Mar e a relação desses insetos aquáticos com alguns fatores ambientais, tais como cobertura vegetal, integridade ambiental (avaliada através de uma adaptação do protocolo “riparian, channel, and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape” - RCE), vazão, velocidade da água, altitude e características físicas e químicas da água (pH, oxigênio dissolvido, temperatura e condutividade).

Nesse contexto, podemos testar se as variáveis ambientais de um riacho podem prever características faunísticas como riqueza, abundância e composição dos insetos aquáticos predadores das ordens Hemiptera (Nepomorpha), Odonata, Megaloptera e Plecoptera (Perlidae) que vivem em substrato rochoso da Mata Atlântica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Estadual Serra do Mar (P.E.S.M) (Fig. 1), área de relevo montanhoso (Fig. 2) localizada no Estado de São Paulo, Brasil. O Parque foi criado em 1977 e possui 315 mil ha, abrangendo 23 municípios do litoral e do Vale do Paraíba (Instituto Florestal, 2009). É a maior área de proteção integral da Mata Atlântica e localiza-se na região mais desenvolvida do país. Constitui o único corredor biológico íntegro que conecta os remanescentes florestais do Sul do Estado do Rio de Janeiro aos remanescentes do Vale do Ribeira e do Paraná. Essa reserva possibilita a manutenção dos fluxos gênicos e a preservação de espécies que necessitam de grandes territórios para sobrevivência. Os ecossistemas constituintes desse bioma são florestas densas, campos naturais, mangues, restingas e várzeas. Das escarpas da serra à planície costeira o Parque guarda boa parte das espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. O Parque também protege as cabeceiras formadoras das bacias dos rios Paraíba do Sul, Tietê. Essas fontes de água abastecem a Baixada Santista e o litoral norte do Estado de São Paulo.

As coletas foram realizadas em 24 riachos (Tabela I) dos Núcleos Santa Virgínia (Fig. 3) e Cunha-Indaiá (Fig. 4), todos com vertente continental.

2. Materiais e métodos

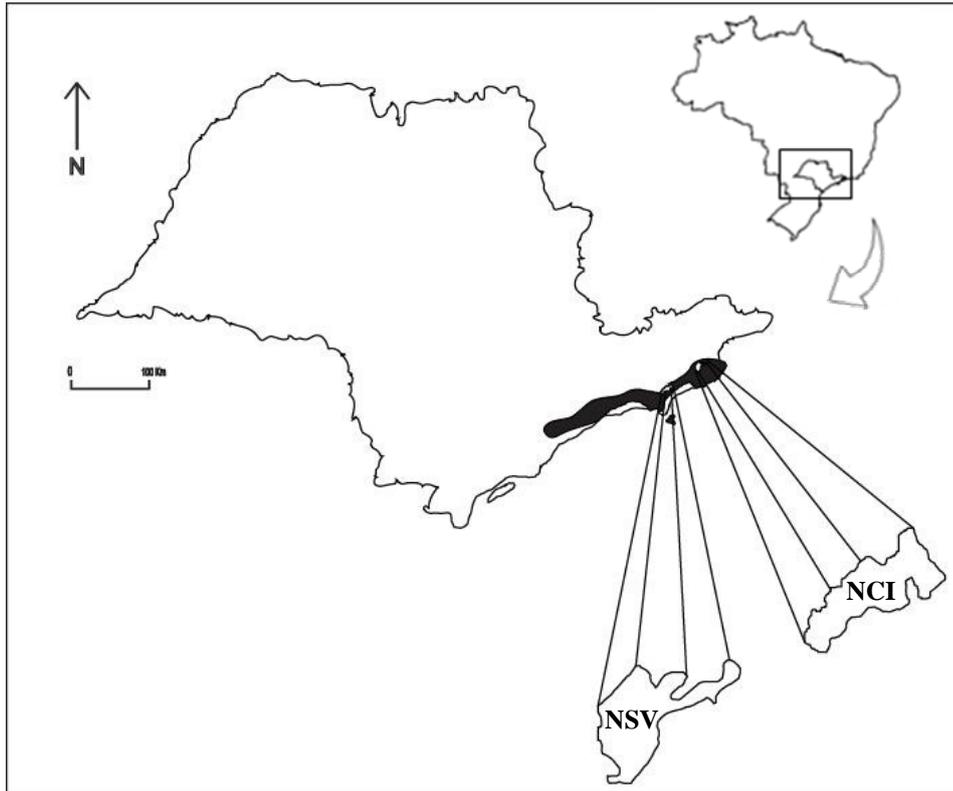


Fig. 1. Mapa do Estado de São Paulo com destaque para a área de estudo, o Parque Estadual Serra do Mar e as projeções dos Núcleos Santa Virgínia (NSV) e Cunha-Indaiá (NCI).

*Imagem cedida por Elisa Yokoyama e Marcos Carneiro Novaes.

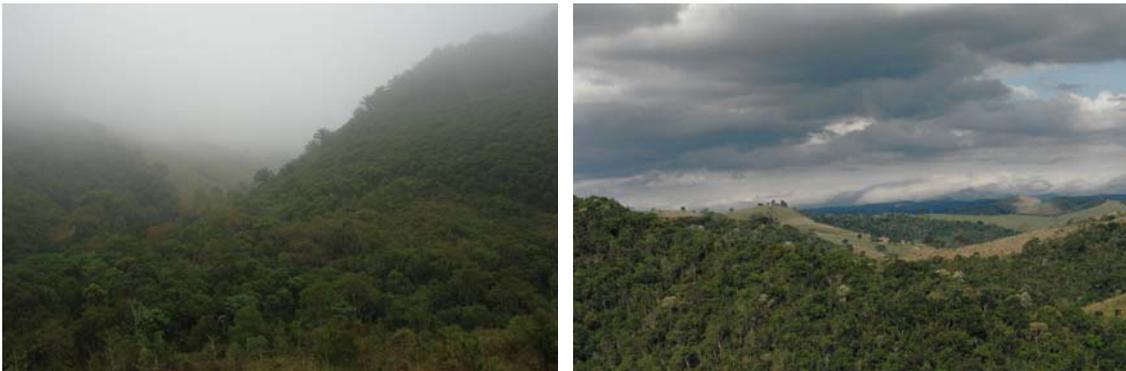


Fig. 2. Relevo da área de estudo do Parque Estadual Serra do Mar e adjacências.

2. Materiais e métodos



Fig. 3. Sede Núcleo Santa Virgínia(A) e os riachos P03(B), P04(C) e P05(D).



Fig. 4. Sede Núcleo Cunha-Indaiá(A) e os riachos P08(B), P09(C) e P11(D).

2. Materiais e métodos

2.2. Caracterização Ambiental

Registraram-se em campo as variáveis limnológicas de cada riacho. A temperatura da água (°C), o potencial hidrogeniônico (pH), a condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e o oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) foram medidos com um Analisador Multiparâmetros Horiba. A velocidade da água ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) foi verificada por um fluxômetro Soft. A vazão ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) também foi calculada para cada trecho da seguinte forma:

$$\text{Vazão } (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) = \text{Área transeccional } (\text{m}^2) * \text{Velocidade da água } (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

Representou-se a cobertura vegetal segundo a escala de 0-2 para designar a densidade, sendo 0 = de 0 a 33%, 1 = de 34% a 66%, 2 = de 67% a 100%. Os riachos foram submetidos a um protocolo de avaliação de integridade ambiental adaptado do “riparian, channel, and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape” (RCE) (ANEXO I), proposto por Petersen (1992). Os valores das características ambientais de cada riacho estão apresentados na Tabela I.

2. Materiais e métodos

Tabela I. Coordenadas geográficas, valores de pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água (TAG), condutividade elétrica (COND), vazão (VA), velocidade da água (VEL), altitude (ALT), cobertura vegetal (CV) (escala de 0 = de 0 a 33%, 1 = de 34% a 66%, 2 = de 67% a 100%) e valores de integridade ambiental (RCE) registrados em 24 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

*Pontos de coleta localizados em áreas protegidas do Parque.

Riachos	Coordenadas geográficas	pH	OD (mg.L ⁻¹)	TAG (°C)	COND (μS.cm ⁻¹)	VA (m ³ .s ⁻¹)	VEL (m/s)	ALT	(CV)	RCE
*P1	S 23°20'59" W 45°01'13"	6,47	9,70	18,0	10	0,952	0,463	847	0	265
P2	S 23°19'46" W 45°11'14"	6,50	9,54	18,8	11	0,155	0,347	888	1	145
P3	S 23°19'31" W 45°01'38"	6,52	9,83	18,7	12	0,062	0,395	890	0	138
*P4	S 23°18'46" W 45°07'13"	6,30	9,18	16,9	12	0,054	0,414	907	2	250
*P5	S 23°20'37" W 45°07'44"	6,30	9,13	16,7	60	0,028	0,305	912	2	250
P6	S 23°26'22" W 45°14'53"	5,80	9,42	17,9	12	0,166	0,671	794	1	215
P7	S 23°22'52" W 45°13'34"	6,80	9,65	17,4	16	0,287	0,525	833	0	165
P8	S 23°11'42" W 44°59'08"	6,70	8,84	19,9	17	0,734	0,542	1106	0	260
P9	S 23°12'35" W 45°00'35"	6,73	8,31	20,2	16	2,384	0,492	1063	1	160
P10	S 23°15'46" W 45°02'46"	6,98	9,08	20,3	14	2,361	0,522	1010	0	245
*P11	S 23°16'53" W 45°02'35"	6,50	9,50	17,7	80	0,790	0,707	947	0	260
*P12	S 23°14'21" W 45°00'54"	6,76	9,12	16,9	90	0,027	0,074	1053	2	255
P13	S 22°55'06" W 44°48'24"	6,97	6,38	23,8	58	0,371	1,101	980	2	245
P14	S 22°55'08" W 44°48'23"	7,06	7,78	23,4	18	0,024	0,255	986	1	205
P15	S 23°06'12" W 44°52'05"	6,63	8,50	20,5	13	0,243	1,02	1082	0	240
P16	S 23°05'12" W 44°55'00"	6,52	8,94	23,0	21	0,007	0,154	902	2	134
P17	S 23°09'16" W 45°01'07"	6,86	8,45	23,9	30	0,118	0,55	968	0	163
P18	S 23°07'31" W 45°05'54"	6,21	5,52	21,1	34	0,008	1,121	806	1	145
P19	S 23°06'56" W 45°00'20"	6,74	7,61	25,1	35	0,016	0,236	872	0	185
P20	S 23°09'01" W 44°49'14"	6,71	9,30	17,4	10	0,014	0,168	1440	1	165
P21	S 23°09'15" W 44°49'44"	6,52	9,16	17,7	80	0,016	0,653	1374	1	151
P22	S 23°09'04" W 44°50'49"	6,49	9,10	21,0	13	0,015	0,472	1270	1	200
P23	S 23°09'06" W 44°50'48"	6,56	8,52	21,3	10	0,012	0,7	1274	0	160
P24	S 23°09'17" W 44°51'20"	6,64	9,73	18,9	30	0,188	0,916	1257	1	215

2.3. Coleta e identificação

Os insetos aquáticos predadores foram coletados em 23 riachos (Fig. 5) dos Núcleos Santa Virgínia (São Luiz do Paraitinga, Estado de São Paulo) e Cunha-Indaiá (Cunha, Estado de São Paulo). As amostras dos riachos P1 ao P12 foram colecionadas

2. Materiais e métodos

em outubro de 2006 e as amostras de P13 ao P24, em outubro e novembro de 2007. Percorreu-se um trecho de aproximadamente 50 metros, com coletas de unidades amostrais associadas a 25 rochas de aproximadamente 20 centímetros de diâmetro. Utilizou-se um puçá com malha de 0,25 milímetros (Melo & Froehlich 2001).

Os exemplares foram fixados em álcool a 70%. Estes foram triados e identificados até gênero com o auxílio de microscópio estereoscópico. As chaves consultadas estavam presentes em Nieser & Melo (1997), Fernández & Domínguez (2001), Olifiers *et al.* (2004), Costa *et al.* (2004) e Pereira *et al.* (2007). Contei com o auxílio dos especialistas Ms. Luiz Onofre Irineu de Souza, Dr. Alan Lane de Melo e Dr. Pitágoras da Conceição Bispo para a identificação dos Odonata, Hemiptera e Plecoptera, respectivamente.

2. Materiais e métodos

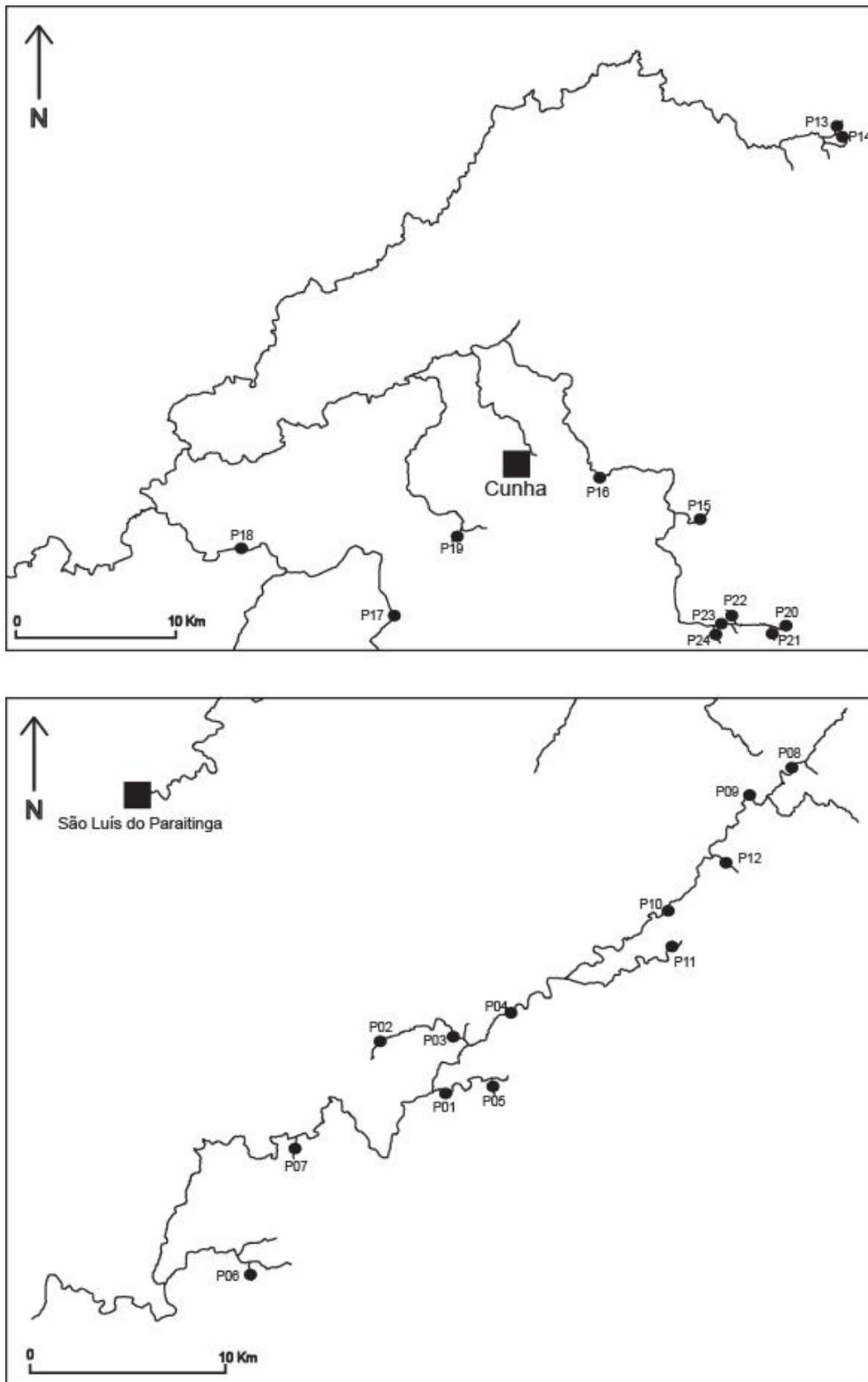


Fig. 5. Mapas dos Núcleos Santa Virgínia Cunha-Indaiá indicando os 24 riachos de coleta (P1 a P24).

*Imagem cedida por Marcos Carneiro Novaes.

2. Materiais e métodos

2.4. Análise dos dados

Todos os dados, exceto o pH, foram logaritmizados antes das análises. As matrizes obtidas foram analisadas do ponto de vista multivariado através da Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) (Gauch 1995; Legendre & Legendre 1998). A similaridade entre as amostras foi calculada utilizando-se o índice de Morisita-Horn (Wolda 1981). O agrupamento foi obtido através da UPGMA, e as distorções geradas foram avaliadas com o Índice de Correlação Cofenética (Romesburg 1984). Matrizes hipóteses foram construídas, considerando-se distância geográfica, integridade ambiental (escores do protocolo de avaliação RCE), variáveis ambientais (pH, oxigênio dissolvido e condutividade), vazão e velocidade da água. Essas matrizes foram comparadas com a de similaridade faunística com auxílio do Teste de Mantel (Diniz-Filho & Bini 1996).

Regressões múltiplas foram feitas com o objetivo de testar os efeitos do oxigênio dissolvido, da vazão e do índice de integridade ambiental sobre a riqueza, a abundância e a composição faunística (primeiro eixo da DCA). A abundância foi incluída como uma das variáveis dependentes. Esse procedimento foi utilizado porque ela pode influenciar a riqueza. Segundo o índice de Moran (Legendre & Legendre 1998), os resíduos das análises não foram autocorrelacionados espacialmente e não foi necessária a utilização de filtros espaciais. Os programas PC-ORD 4 (McCune & Mefford 1999), NTSYS 2.1 (Rohlf 2000), SAM (Diniz-Filho *et al.* 1996) e STATISTIC 6.0 (STATSOFT 2001) foram utilizados durante as análises.

2. Materiais e métodos

Nenhum dos representantes dos grupos de predadores analisados foi coletado no riacho P18. Esse ponto foi retirado das análises, mas manteve-se a nomenclatura de P1 ao P24.

3. Resultados

3. RESULTADOS

Foram coletados 779 indivíduos, distribuídos em 17 táxons (Fig. 6) das ordens Hemiptera, Megaloptera, Odonata e Plecoptera. A contribuição de cada ordem dos insetos aquáticos predadores está demonstrada na Fig. 7. A ordem com maior número de indivíduos foi Hemiptera (370), representando 47,5% do total.

Hemiptera foi representada pelas famílias Naucoridae e Helotrephidae (Tabela II). O gênero mais abundante foi *Limnocoris* De Carlo, 1941 (Fig. 8), responsável por 54% (200 exemplares) do total de indivíduos da ordem (Fig. 9). Para Megaloptera, foram colecionados somente insetos da família Corydalidae (Tabela III), sendo *Corydalus* Latreille, 1802 (Fig.10), o gênero mais abundante (23 indivíduos e 70% do total da ordem) (Fig. 11). As famílias Coenagrionidae, Libellulidae, Aeshnidae, Calopterygidae e Megapodagrionidae representaram a ordem Odonata (Tabela IV), e o gênero mais abundante foi *Argia* Rambur, 1842 (Fig. 12), representado por 54 organismos e 53% do total (Fig. 13). Plecoptera foi representada por Perlidae (tabela V) e *Anacroneuria* Klapálek, 1909 (Fig.14) foi o táxon com maior abundância (249 indivíduos e 90,7% do total) (Fig. 15). O riacho com maior número de indivíduos foi P11 (120).

3. Resultados

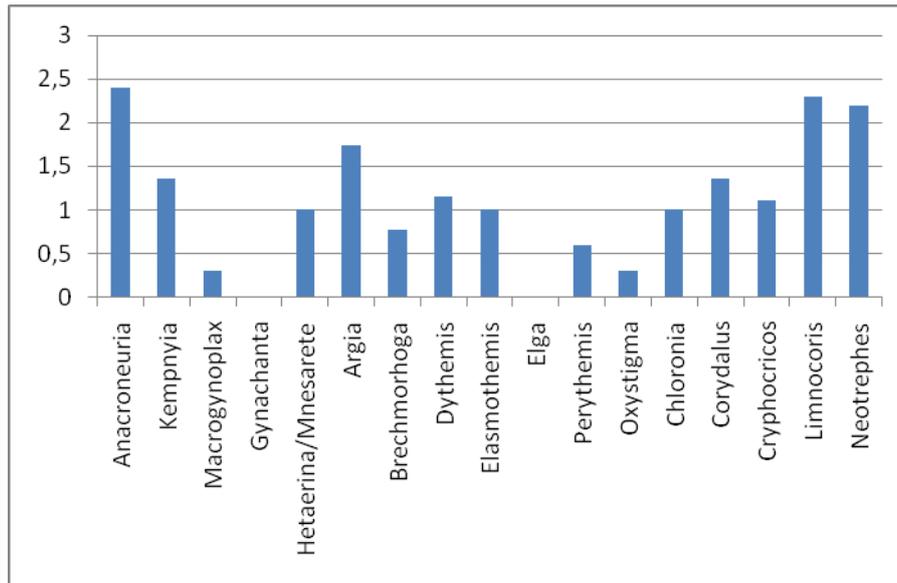


Fig.6. Quantidade de indivíduos para cada um dos 17 táxons coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007. Os dados foram logaritmizados.

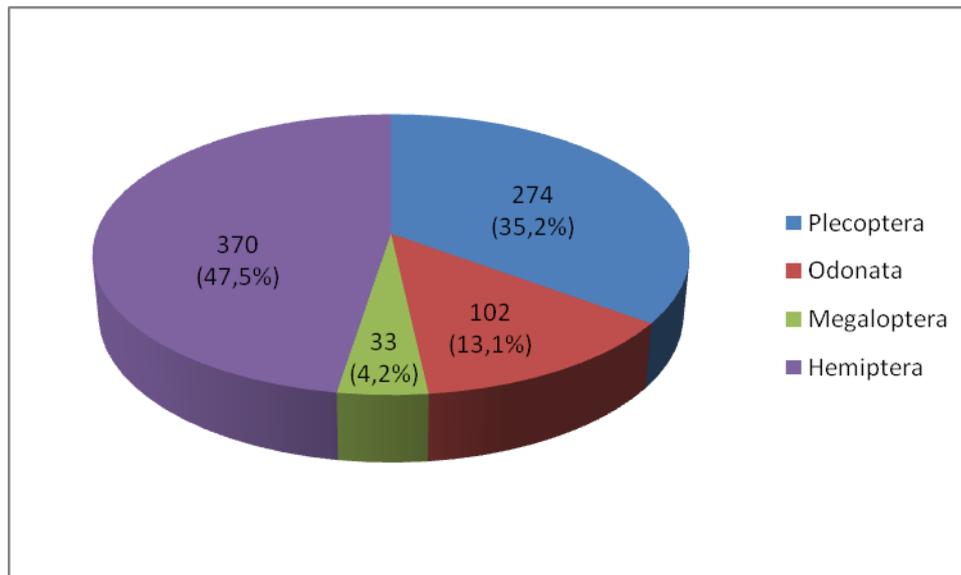


Fig.7. Contribuição das ordens Plecoptera, Odonata, Megaloptera e Hemiptera, cujos organismos foram coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

3. Resultados

Tabela II. Número total de indivíduos da ordem Hemiptera (Nepomorpha) amostrados em 23 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

HEMIPTERA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Naucoridae												
<i>Cryphocricos</i>	6	1		4								2
<i>Limnocoris</i>		22	16	5		9	46	35	4	9		24
Helotrephidae												
<i>Neotrephes</i>		23	3	1	2				1	19	19	62

Tabela II. Continuação.

HEMIPTERA	P13	P14	P15	P16	P17	P19	P20	P21	P22	P23	P24
Naucoridae											
<i>Cryphocricos</i>											
<i>Limnocoris</i>			15		7			2	5		1
Helotrephidae											
<i>Neotrephes</i>			2		8			5	11		1



Fig.8. Fotografias de um espécime do gênero *Limnocoris* em vistas dorsal (A) e ventral (B).

3. Resultados

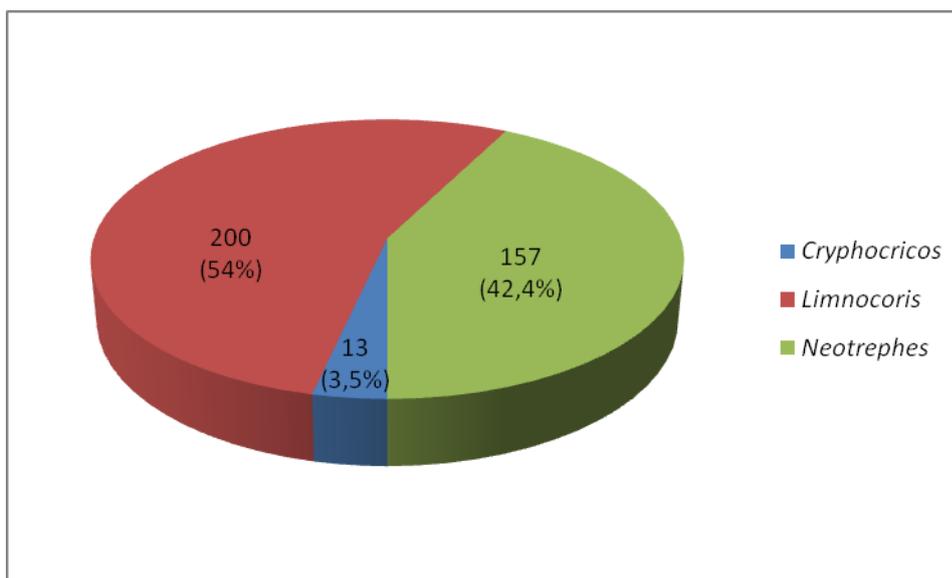


Fig.9. Contribuição dos gêneros de Hemiptera coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

Tabela III. Número total de indivíduos da ordem Megaloptera amostrados em 23 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

MEGALOPTERA (Corydalidae)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
<i>Chloronia</i>			1					1	1	1	2	1
<i>Corydalus</i>				1	1				2		1	

Tabela III. Continuação.

MEGALOPTERA (Corydalidae)	P13	P14	P15	P16	P17	P19	P20	P21	P22	P23	P24
<i>Chloronia</i>	1	1	1								
<i>Corydalus</i>		2	2		6	1		3	2	2	

3. Resultados



Fig.10. Fotografias de um espécime do gênero *Corydalus* em vistas dorsal (A) e ventral (B).

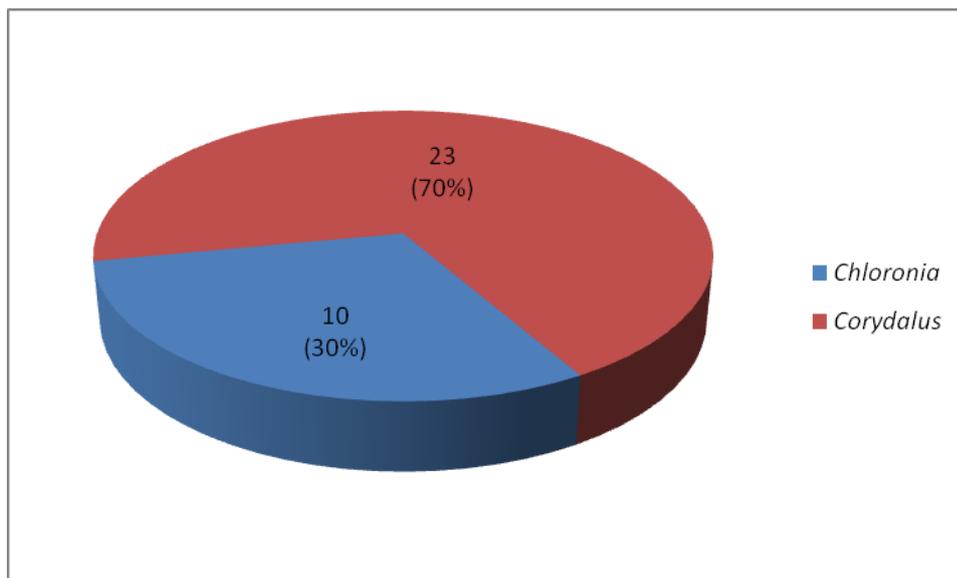


Fig.11. Contribuição dos gêneros de Megaloptera coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

3. Resultados

Tabela IV. Número total de indivíduos da ordem Odonata amostrados em 23 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

ODONATA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Aeshnidae												
<i>Gynacantha</i>												1
Calopterygidae												
<i>Hetaerina/Mnesarete</i>		2		1		1	1					4
Coenagrionidae												
<i>Argia</i>	6	2	7	1		4	8			16	3	
Libellulidae												
<i>Brechmorhoga</i>				1		2						
<i>Dythemis</i>			3									
<i>Elasmothemis</i>		6					1					
<i>Elga</i>												
<i>Perythemis</i>						3						
Megapodagrionidae												
<i>Oxystigma</i>		1										1

Tabela IV. Continuação.

ODONATA	P13	P14	P15	P16	P17	P19	P20	P21	P22	P23	P24
Aeshnidae											
<i>Gynacantha</i>											
Calopterygidae											
<i>Hetaerina/Mnesarete</i>							1				
Coenagrionidae											
<i>Argia</i>	1	3		1		1					1
Libellulidae											
<i>Brechmorhoga</i>	1	1							1		
<i>Dythemis</i>			1	1					7		2
<i>Elasmothemis</i>						3					
<i>Elga</i>						1					
<i>Perythemis</i>		1									
Megapodagrionidae											
<i>Oxystigma</i>											

3. Resultados

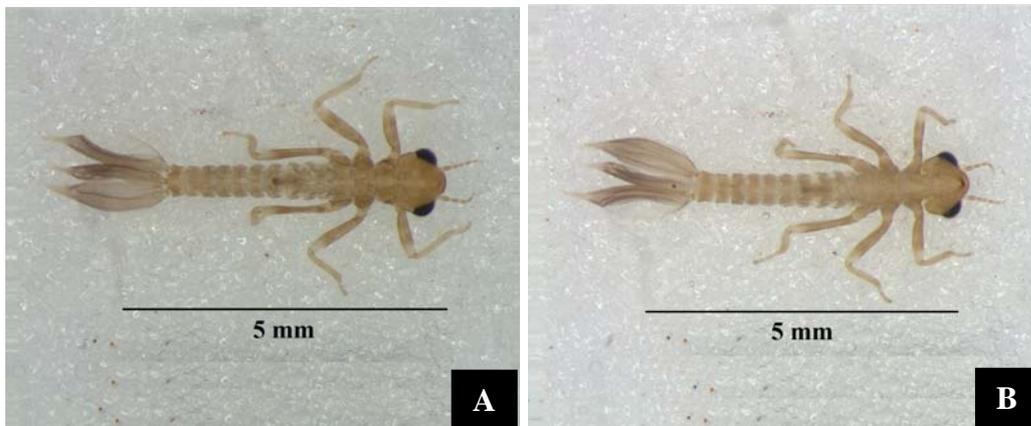


Fig.12. Fotografias de um espécime do gênero *Argia* em vistas dorsal (A) e ventral (B).

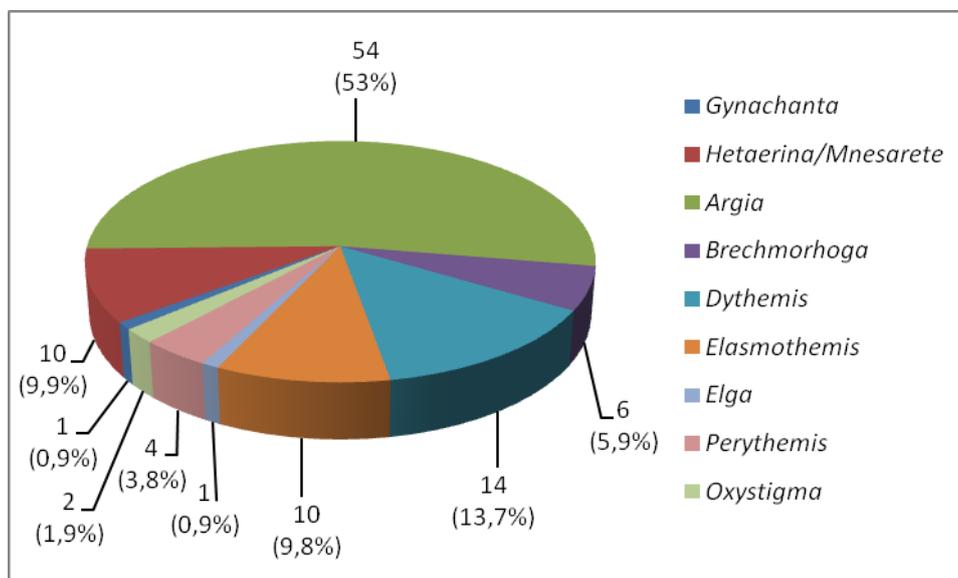


Fig.13. Contribuição dos gêneros de Odonata coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

3. Resultados

Tabela V. Número total de indivíduos da ordem Plecoptera amostrados em 23 riachos da Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

Plecoptera (Perlidae)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
<i>Anacroneuria</i>	22	28	18	1	5	18	1	4	21	18	24	6
<i>Kempnyia</i>		1	1		12						2	6
<i>Macrogynoplax</i>												1

Tabela V. Continuação.

Plecoptera (Perlidae)	P13	P14	P15	P16	P17	P19	P20	P21	P22	P23	P24
<i>Anacroneuria</i>	12	4	3	1	9	1	6	6	26	12	3
<i>Kempnyia</i>							1				
<i>Macrogynoplax</i>								1			

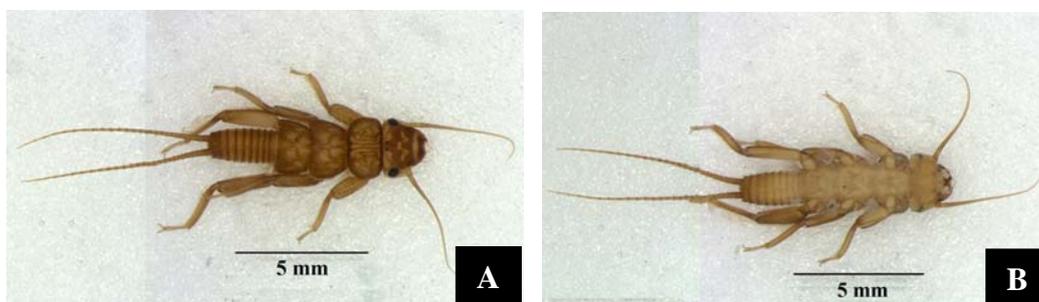


Fig.14. Fotografias de um espécime do gênero *Anacroneuria* em vistas dorsal (A) e ventral (B).

3. Resultados

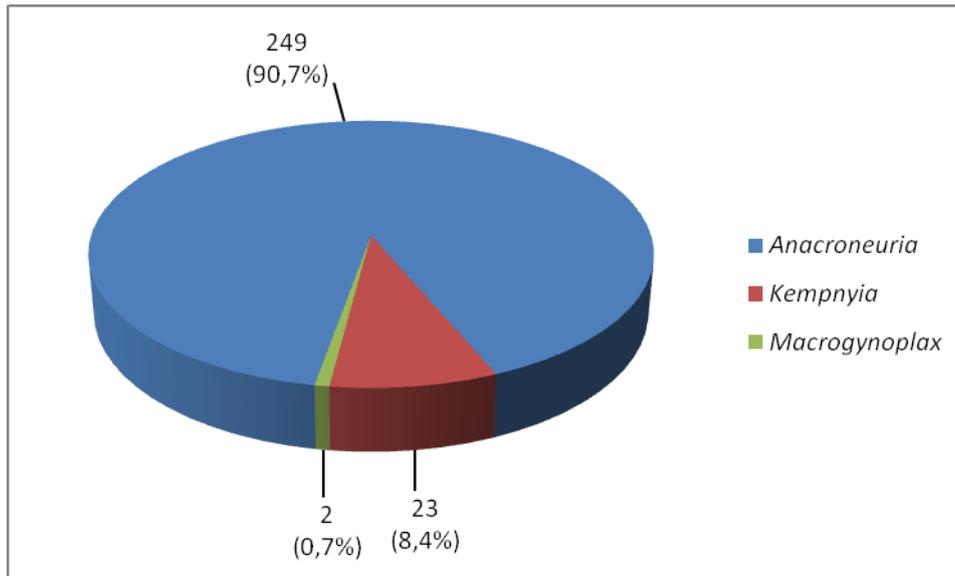
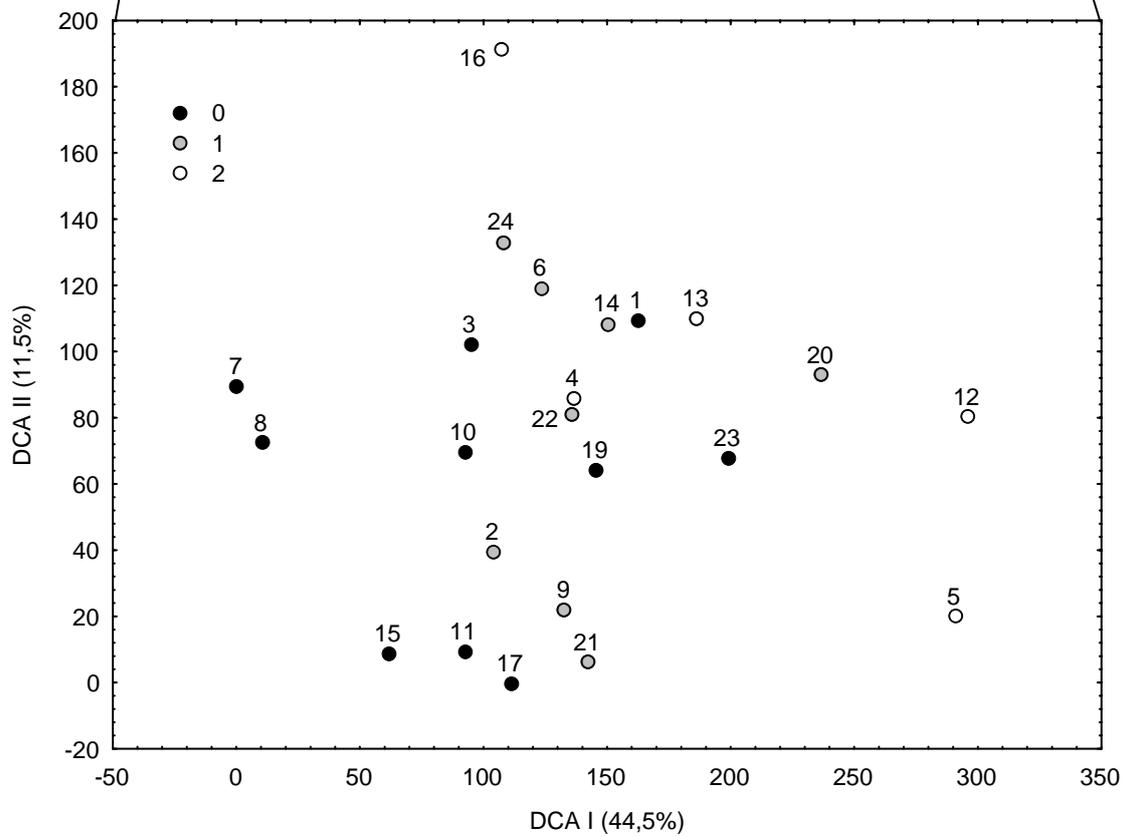
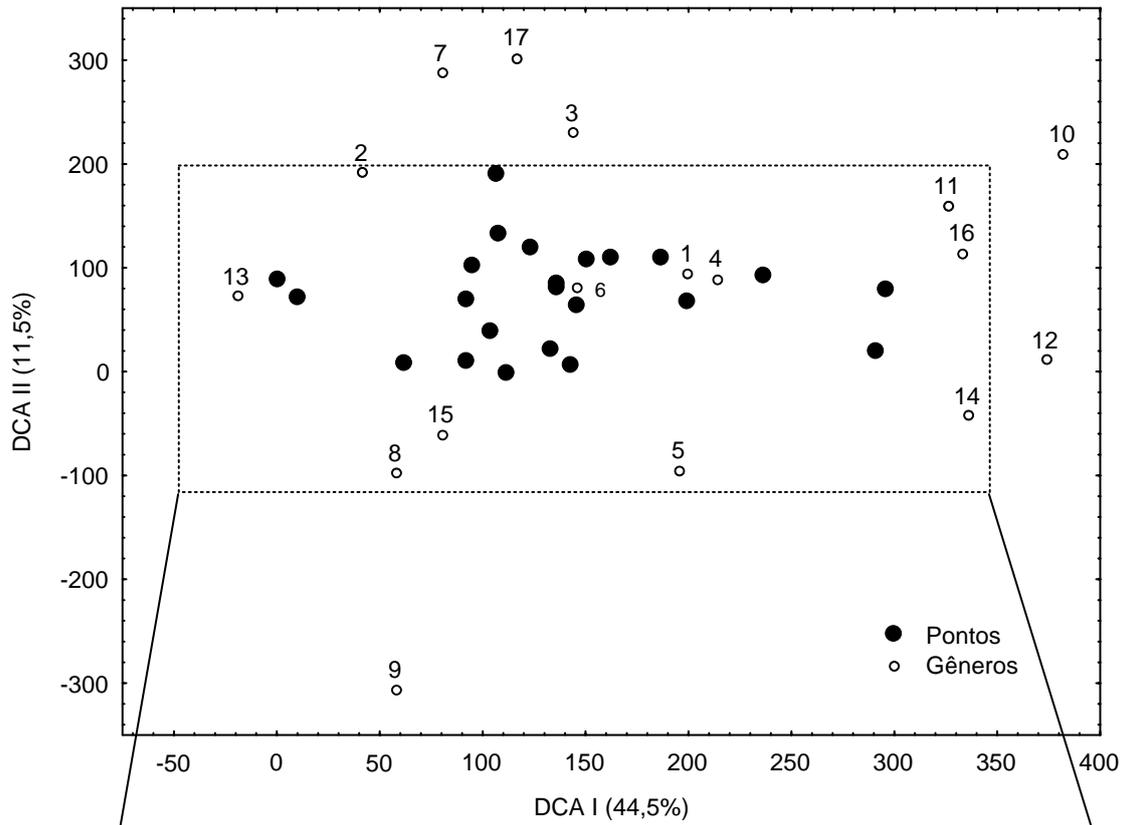


Fig.15. Contribuição dos gêneros de Plecoptera coletados nos 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007.

A ordenação da fauna de insetos aquáticos predadores baseada na Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) é apresentada na Fig. 16. O primeiro eixo da DCA explicou 44,5% da variabilidade; já o segundo, 11,5%. A dispersão das amostras ao longo do primeiro eixo da DCA mostrou que, apesar das sobreposições, houve uma tendência da fauna de predadores coletada em locais com baixa cobertura vegetal (escala 0) apresentarem menores escores. Aqueles coletados nos córregos com cobertura vegetal intermediária (escala 1) tiveram escores intermediários e os de córregos com alta cobertura vegetal, maiores escores (escala 2).

3. Resultados



3. Resultados

Fig. 16. Ordenação segundo a Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) da fauna de insetos aquáticos predadores (Hemiptera-Nepomorpha, Megaloptera, Odonata e Plecoptera-Perlidae) colecionada em 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007. Figura superior: 1. *Anacroneturia*; 2. *Argia*; 3. *Brechmorhoga*; 4. *Chloronia*; 5. *Corydalus*; 6. *Cryphocricos*; 7. *Dythemis*; 8. *Elasmothemis*; 9. *Elga*; 10. *Gynacantha*; 11. *Hetaerina/Mnesarete*; 12. *Kempnyia*; 13. *Limnocoris*; 14. *Macrogynoplax*; 15. *Neotrepes*; 16. *Oxystigma*; 17. *Perythemis*. No gráfico inferior estão numerados os riachos com trechos coletados, indicados com escala de 0-2, de acordo com a cobertura vegetal: 0 = inexistente ou pequena, 1 = média e 2 = grande.

A representação gráfica da matriz de similaridade de Morisita-Horn, através da UPGMA, está exposta na Fig. 17. Está demonstrada a formação de agrupamentos (entre P09 e P21; P10 e P11; P03 e P24; P04 e P06; P07 e P08) constituídos pela fauna coletada em locais com diferentes vazões, porém com coberturas vegetais similares. Nesse contexto, o Teste de Mantel (Tabela VI) mostrou uma relação significativa entre a fauna de insetos predadores e a cobertura vegetal ($p = 0,017$ para 5000 permutações). Porém, essa relação obteve baixa intensidade ($r = -0,189$).

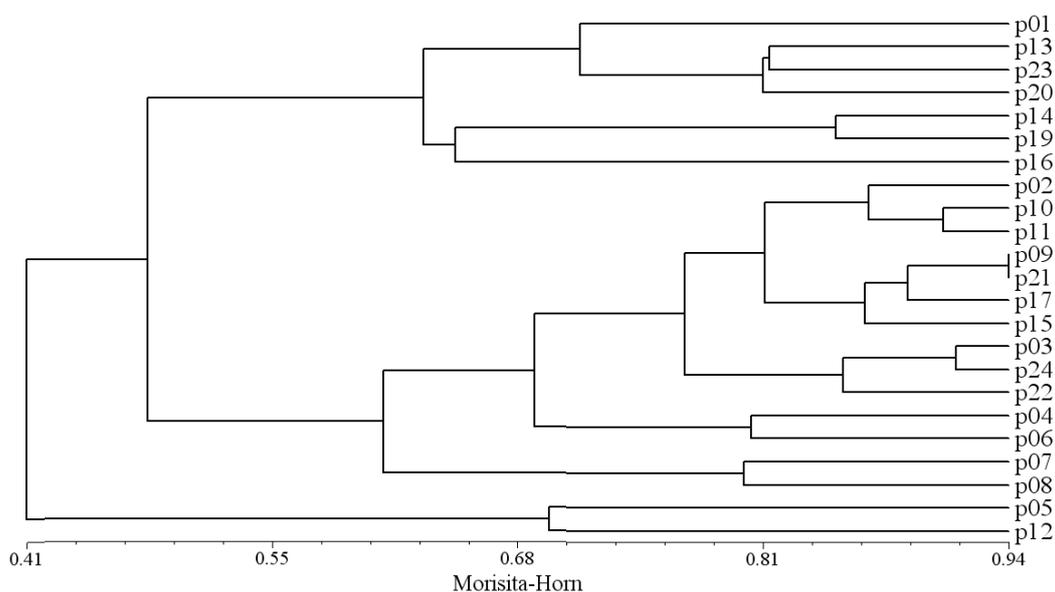


Fig. 17. Dendrograma obtido pela UPGMA, representando a similaridade entre as amostras (Morisita-Horn), baseado na fauna de Hemiptera (Nepomorpha), Megaloptera, Odonata e Plecoptera (Perlidae) colecionada em 23 riachos na Serra do Mar, dos Núcleos Santa Virgínia e Cunha-Indaiá, SP, em outubro de 2006 e outubro e novembro de 2007. Índice de correlação cofenética: 0,8452.

3. Resultados

Os pontos agrupados P05 e P12 localizavam-se dentro das áreas de proteção do PESH e possuíam baixas temperaturas da água e altos valores de cobertura vegetal e índice de integridade.

O Teste de Mantel também relacionou a fauna com a velocidade da água, e o resultado foi significativo ($p = 0,05$, $r = -0,3$) (Tabela VI).

Tabela VI. Análise de correlação entre as matrizes ecológicas, através do Teste de Mantel com 5000 permutações.

	Vazão	Velocidade da água	Distância geográfica	Cobertura Vegetal	Variáveis ambientais	Ação antrópica
R	-0,168	-0,3	-0,1350	-0,189	-0,020	-0,004
P	0,087	0,05	0,093	0,017	0,533	0,298

As relações existentes entre fauna e algumas variáveis ambientais também foram testadas através da regressão linear múltipla, por meio dos coeficientes de regressão parcial padrão (Tabela VII). Esses coeficientes estimados demonstraram que a vazão teve relação negativa com o primeiro eixo da DCA ($b = -0,595$) e positiva com a abundância ($b = 0,591$).

3. Resultados

Tabela VII. Resultados da análise de regressão múltipla dos atributos da fauna de insetos aquáticos predadores (abundância, riqueza e composição faunística representada pelo primeiro eixo da DCA) e as variáveis ambientais (oxigênio dissolvido, vazão e Índice de Integridade Ambiental).

*incluindo a abundância como variável independente

	Coefficientes de regressão parcial padronizados	t	P
DCA			
Oxigênio Dissolvido	-0,1187	-0,6337	0,5338
Vazão	-0,5951	-2,9314	0,0085
Índice de Integridade Ambiental	0,3691	1,8094	0,0862
Riqueza*			
Oxigênio Dissolvido	0,0271	0,1408	0,8895
Vazão	-0,3595	-1,5291	0,1436
Índice de Integridade Ambiental	0,1409	0,7355	0,4714
Abundância			
Oxigênio Dissolvido	0,3432	2,00469	0,0594
Vazão	0,5912	3,1876	0,0048
Índice de Integridade Ambiental	-0,0794	-0,4261	0,6747

4. Discussão

4. DISCUSSÃO

A composição faunística de insetos aquáticos pode ser determinada por vários fatores como vazão, cobertura vegetal, química da água e influência antrópica (Dudgeon, 1992; Diniz-Filho *et al.* 1997). Esses fatores podem atuar de maneira distinta sobre os diferentes grupos funcionais de insetos aquáticos (coletores, raspadores, fragmentadores, predadores). Tais características podem ter influências diretas, seja arrastando os organismos, fornecendo alimento vegetal alóctone, ou causando hipóxia ou podem ser indiretas, tais como a incidência luminosa, a qual influencia a abundância da biota de organismos fotossintetizantes, que por sua vez relaciona-se com a abundância de insetos predadores. Dos fatores ambientais considerados nesse estudo, apenas a cobertura vegetal e a vazão relacionaram-se com a fauna de insetos aquáticos predadores.

A cobertura vegetal interfere em um riacho, representando um bloqueio de luminosidade. Aumenta a entrada de matéria orgânica alóctone e promove a diminuição da amplitude térmica. Caso a cobertura vegetal impeça a entrada de luz, o desenvolvimento de organismos produtores dentro do riacho é afetado. Isso influencia diretamente a estrutura trófica dos insetos consumidores e, indiretamente, a dos predadores. Bispo *et al.* (1998), estudando a estação de seca no Cerrado, verificam uma influência da cobertura vegetal sobre a fauna de insetos aquáticos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera. Os representantes desses táxons são distribuídos em diferentes categorias funcionais de alimentação. No presente trabalho, houve uma pequena relação entre a fauna de predadores e a cobertura vegetal, ainda que essa influência seja indireta. Através do Teste de Mantel (Tabela VI), verificou-se que a

4. Discussão

cobertura vegetal teve relação significativa com os grupos analisados ($p = 0,017$). No entanto, essa associação entre a cobertura vegetal e a estrutura da comunidade é fraca ($r = -0,189$).

A mudança da composição faunística e a redução da diversidade de insetos aquáticos em ambientes perturbados pela ação antrópica são resultados comumente encontrados (*e.g.*, Cortezzi *et al.* 2009; Ribeiro *et al.* 2009). Esse tipo de perturbação pode afetar negativamente a fauna de predadores tanto de forma direta, quanto indireta, através dos impactos sobre os recursos alimentares. Seria esperado que a influência prejudicial da ação antrópica sobre o grupo dos predadores fosse ampliada. Ao contrário, os resultados obtidos não identificaram relação significativa sobre a fauna de insetos predadores. Os efeitos do impacto antrópico sobre a fauna estudada podem ter diminuído devido às características dos riachos onde o material foi coletado. Esses estavam protegidos em áreas de conservação, ou se encontravam em zonas utilizadas para o desenvolvimento de atividades agrícolas de pequeno porte. Desse modo, os impactos antrópicos no entorno não eram tão pronunciados como em ambientes urbanos ou em áreas de agricultura intensiva. Além disso, correnteza intensa mantém uma aeração permanente (Salati *et al.* 1983), podendo diminuir os efeitos da ação antrópica. A elevada pluviosidade das áreas de coleta leva a um aumento da vazão, conseqüentemente deslocando as rochas nos riachos (Melo & Froehlich 2001). Essa é uma perturbação natural que ocorre de maneira aleatória, causando a desestruturação da biota associada. Isso pode fazer com que a rocha entre em um estado de sucessão ecológica diferente daquele anterior ao arrastamento. O resultado desses processos é que

4. Discussão

a biota coletada poderia estar em estados diferentes de colonização, mascarando os efeitos da ação antrópica.

A variação da vazão influencia a fauna de macroinvertebrados aquáticos de diferentes maneiras. Atua na disponibilidade de energia luminosa, no tipo de substrato dominante, na fonte e forma predominante de energia (alóctone x autóctone e tamanho das partículas orgânicas). Quanto maior for o riacho, maior será a variação no potencial erosivo e na hidráulica. Esses fatores diversificam-se ao longo do rio e podem ser importantes na determinação da riqueza, da abundância e da composição faunística de macroinvertebrados aquáticos. Ao contrário do esperado, no presente trabalho, o Teste de Mantel não detectou a influência da vazão sobre a fauna. Por outro lado, a regressão múltipla mostrou que, considerando o RCE e o oxigênio dissolvido constantes, houve um efeito significativo da vazão sobre a composição faunística (primeiro eixo da DCA – Fig. 16) e sobre a abundância. Ao menos em parte, a vazão foi um relevante fator para a estruturação da fauna de insetos aquáticos predadores nos trechos estudados.

A velocidade da água pode causar o carreamento dos indivíduos e se mostra como importante fator de estruturação da biota dos insetos aquáticos (*e. g.*, Watanasit 1996; Santos Júnior *et al.* 2007). Alguns grupos dessa entomofauna possuem adaptações para vencer a correnteza, tais como ventosas (*e. g.*, Diptera, Simuliidae), achatamento dorso-ventral (*e. g.*, Plecoptera e Hemiptera, Naucoridae) e ganchos terminais (*e. g.*, Megaloptera). Neste estudo, a velocidade da água mostrou relação significativa com a fauna dos insetos predadores nos riachos com trechos analisados.

Algumas razões podem ser utilizadas para explicar o porquê de a entomofauna aquática de predadores não responder a todas as variáveis ambientais relacionadas. (1)

4. Discussão

Os riachos coletados eram bem preservados. A ação antrópica pode não ter agido ao ponto de influenciar mudanças na composição faunística (Roque *et al.* 2008). (2) Variáveis ambientais importantes que poderiam afetar a entomofauna aquática de predadores podem não ter sido aferidas, como a declividade dos riachos e as quantidades de nitrogênio e fósforo dissolvidos. A abundância de presas, como Ephemeroptera e Chironomidae, pode relacionar-se com os insetos predadores. Porém, tais dados não se encontram disponibilizados para utilização. (3) Uma resolução taxonômica mais refinada, além de gênero, poderia ter sido necessária para relacionar os táxons com algumas das variáveis ambientais medidas, visto que as diferentes espécies dos predadores da entomofauna aquática possuem requerimentos ambientais diversos. (4) A alta pluviosidade da área de coleta provoca o aumento da vazão dos riachos estudados. Esse aumento remete ao arrastamento das rochas de maneira aleatória, levando à perturbação da biota associada. Essa pode entrar em um estado de sucessão ecológica diferente daquele anterior ao arrastamento.

Observou-se as maiores abundâncias em ordem decrescente para os táxons *Anacroneturia* (Plecoptera), *Limnocoris* (Hemiptera), *Neotrepes* (Hemiptera) e *Argia* (Odonata). *Anacroneturia* é um gênero representado por grande número de espécies, encontrado em maior quantidade em riachos com fundo rochoso, águas rápidas e bem oxigenadas (Bispo *et al.* 2002; Goulart & Callisto 2003, Silveira *et al.* 2006). *Argia* foi o gênero mais abundante dentre os Odonata coletados neste estudo. Os indivíduos de *Argia* podem ser encontrados em grande diversidade de substrato, entre os quais cascalho e vegetação aquática. A capacidade dessas larvas de explorar ambientes distintos deve-se aos hábitos agarradores e reptantes (Assis *et al.* 2004). Nesse trabalho,

4. Discussão

larvas de *Argia* foram coletadas aderidas às rochas em locais com alta velocidade da água. Provavelmente o pequeno porte desses indivíduos facilitou a fixação, pois o atrito com a correnteza foi menor. Dentre os Heteroptera, *Limnocoris* foi o mais abundante. Em geral, esse é um gênero associado ao substrato rochoso de riachos (Nieser & Melo 1997).

5. CONCLUSÃO

5. CONCLUSÃO

Os dados apresentados nesse estudo mostram que a fauna analisada relacionou-se com a cobertura vegetal e a velocidade da água dos riachos da área estudada; a abundância e a composição faunística dos insetos analisados relacionaram-se com a vazão dos riachos. A ação antrópica encontrada em alguns dos locais de coleta não afetou significativamente a estrutura da fauna analisada.

6. Referências bibliográficas

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assis, J. C. F.; A. L. Carvalho & Nessimian J. L. 2004. Composição e preferência por microhábitat de imaturos de Odonata (Insecta) em um trecho de baixada do Rio Ubatiba, Maricá-RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** 48(2): 273-28.
- Bispo, P. C.; C. G. Froehlich & L. G. Oliveira. 2002. Stonefly (Plecoptera) fauna of streams in a mountainous area of Central Brazil: abiotic factors and nymph density. **Revista Brasileira de Zoologia** 19(1): 325-334.
- Corbet, P. S. 1995. Habitats and habits of world dragonflies and the need to conserve species and habitats. P.1-7. In: Corbet, P. S.; S. W. Dunkle & H. Ubukata. (Eds) **Proceedings of the International Symposium on the conservation of dragonflies and their habitats**. Kushiro, Japão. Society Preservation of Birds.
- Costa, J. M.; L. O. I. Souza & Oldrini, B. B. 2004. **Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata)**. Rio de Janeiro, Brasil. Museu Nacional – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 44 p.
- Cortezzi, S. S.; P. C. Bispo; G. P. Paciência & R. C. Leite. 2009. Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. **Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre** 99(1): 36-43.
- Cummins, K. W. & M. J. Klug. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. **Annual Review Ecology, Evolution and Systematics** 10: 147-172.

6. Referências bibliográficas

- Diniz-Filho, J. A. F. & L. M. BINI. 1996. Assessing the relationship between multivariate community structure and environmental variables. **Marine Ecology Progress Series 143**: 303-306.
- Diniz-Filho, J. A. F., L. G. OLIVEIRA & M. M. SILVA. 1997. Explaining the biodiversity of aquatic insects in “cerrado” streams from central Brazil using multiple Mantel Test. **Revista Brasileira de Biologia 58**(2): 223-231.
- Dudgeon, D. 1992. Endangered ecosystems: a review of the conservation status of tropical Asian rivers. **Hydrobiologia 248**: 167-191.
- Elouard J. M; J. L. Gattolliat & M. Sartori. Ephemeroptera, mayflies. 2003. In: Goodman S. M & J. P. Benstead, editors. The natural history of Madagascar. **University of Chicago Press**. 639-645 p.
- Fernández, H. R. & E. Domínguez. 2001. **Guía para la Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos**. Tucumán, Editorial Universitaria de Tucumán. 219 p.
- Ferreira-Peruquetti, P. S. 2004. **Odonata do município de Luís Antônio, São Paulo, Brasil: relação com o uso do solo e riqueza faunística**. Tese de Doutorado. UFsCar.
- Fidelis, L.; J. L. Nessimian & N. Hamada. 2008. Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. **Acta Limnologica 38**(1): 127-134.

6. Referências bibliográficas

- Frissel, C. A.; W. J. Liss; C. E. Warren & M. D. Hurley. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing in a watershed context. **Environmental Management** 10(2): 199-214.
- Gauch, H. G. Jr. 1995. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge, **Cambridge University Press**. 8: 298.
- Goulart, M. & M. Callisto. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista FAPAM** 2(2): 153-164.
- Hancock, P. J. 2002. Human impacts on the stream-groundwater exchange zone. **Environmental Management** 29(6): 763-781.
- Hildrew, A.G. & C. R. Townsend. 1987: Organization in Freshwater Benthic Communities. 347-371 p. In: Gee, J. H. R. & Giller, P. S. (Eds). Organization of communities: Past and Present, Oxford, **Blackwell Scientific Publications**.
- Instituto Florestal. **Plano de Manejo**. [on line] Disponível na internet via WWW. URL: http://www.iflorestal.sp.gov.br/Plano_de_manejo/PE_SERRA_MAR/index.asp. Arquivo capturado em 24 de setembro de 2009.
- Legendre, P. & L. Legendre. 1998. Numerical Ecology. Developments in environmental modelling, 20; New York, **Elsevier** 15: 853.
- Mccune, B. & M. J. Mefford. 1999. PC-ORD – **Multivariate analysis of ecological data**, Version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach.

6. Referências bibliográficas

- Melo, A. S. & C. G. Froehlich. 2001. Macroinvertebrates in neotropical streams: richness patterns along a catchment and assemblage structure between 2 seasons. **Journal of the North American Benthological Society** 20(1): 1-16.
- Merritt, R. J. & K. W. Cummins. 1996. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3rd Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. XIII+862 p.
- Miller, P. L. 1965. The function of haemoglobin in relation to the maintenance of neutral buoyancy in *Anisops pellucens* (Notonectidae, Hemiptera). **The Journal of Experimental Biology** 44: 529-543.
- Nieser, N. & A. L. Melo. 1997. **Os Heterópteros Aquáticos de Minas Gerais**. Belo Horizonte. Editora UFMG. 180 p.
- Olifiers, M. H.; L. F. M. Dorvillé; J. L. Nessimian & N. Hamada. 2004. A key to brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. **Zootaxa** – On Line Edition.
- Pereira, D. L. V.; A. L. Melo & N. Hamada. 2007. Chaves de identificação para famílias e gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) na Amazônia central. **Neotropical Entomology** 36(2): 210-228.
- Petersen, JR, R. C. 1992. The RCE: a riparian, channel, and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape. **Freshwater Biology** 27: 295-306.

6. Referências bibliográficas

- Ribeiro, L. O.; R. König, R.; E. M. M. Flores; S. Santos. 2009. Composição e distribuição de insetos aquáticos no rio Vacacaí-Mirim, Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura, UFMS**, **31**(1): 79-93.
- Rohl, F. J. 2000. NTSYS 2.1: **Numerical taxonomy and multivariate analysis system**. New York, Exeter software.
- Romesburg, H. C. 1984. Cluster analysis for researchers. Malabar, Robert E. Krieger. **Publishing Company 15**: 334.
- Roque, F. O.; L. S. Lecci; T. Siqueira & C. G. Froehlich. 2008. Using environmental and spatial filters to explain stonefly occurrences in southeastern Brazilian streams: implications for biomonitoring. **Acta Limnologica Brasiliensia 20**: 35-44.
- Ruppert, E. E. & R. S. Fox; R. D. Barnes. 2005. **Zoologia dos Invertebrados**. Sétima Edição. Editora Roca. 1145 p.
- Salati, E.; W. J. Junk; H. O. R. Shubart & A. Engrácia de Oliveira. 1983. Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia. **Editora Brasiliense** e CNPQ. 52 p.
- Santos Júnior, J. E.; M. N. Strieder; G. L. Fiorentin & U. G. Neiss. 2007. Velocidade da água e a distribuição de larvas e pupas de *Chirostilbia pertinax* (Kollar) (Diptera, Simuliidae) e macroinvertebrados associados. **Revista Brasileira de Entomologia 51**(1): 62-66.
- Silveira, M. P.; D. F. Buss; J. L. Nessimian & D. F. Baptista. 2006. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a southeastern brazilian river. **Brazilian Journal of Biology 66**(2B): 623-632.

6. Referências bibliográficas

- STATSOFT, INC. 2001. **Statistica, version 6.0**. Tulsa, Stat Soft Inc.
- Strahler, H. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **American Geophysical Union 33**: 913-920.
- Vannote, R. L.; G. W. Minshall; K. W. L. Cummins; J. R. Sedell & C. E. Cushing. 1980. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37**: 130-137.
- Ward, J. V. & J. A. Stanford. 1983. **The serial discontinuity concept of lotic ecosystems**: 29-41. *In*: T. D. Fontaine III & S. M. Bartell (eds.), *Dynamics of Lotic Ecosystems*, Ann Arbor Science Publishers, Michigan.
- Ward, J. V. 1989. The four dimensional nature of lotic ecosystems. **Journal of the North American Benthological Society 8**: 2-8.
- Ward, J. V. 1992. **Aquatic insect ecology 1. Biology and habitat**. John Wiley & Sons, New York, XI+438 p.
- Watanasit, S. 1996. Aquatic insects in streams in southern provinces of Thailand. **Songklanakarin Journal of Science and Technology 18**(4).
- Wiggins, G. B. 1998. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)**. 2nd edition. Toronto, University of Toronto Press. 457 p.
- Williams, D. D. & B. W. Feltmate. 1992. **Aquatic insects**. Redwood Press Ltd., Melksham, XIV+358 p.

6. Referências bibliográficas

Winterbourn, M. J.; J. S. Rounick & B. Cowie. 1981. Are New Zealand stream ecosystems really different? **New Zealand Journal of Marine and Freshwater research** **15**: 321-328.

Wolda, H. 1981. Similarity indices, sample and diversity. **Oecologia** **50**: 296-302.

7. Anexo

7. ANEXO

Protocolo de avaliação física de riachos para obtenção dos escores de integridade ambiental dos pontos de coleta no Parque Estadual Serra do Mar.

1) Padrão de uso da terra além da zona de vegetação ribeirinha	7) Estrutura do barranco do rio barranco estável de rochas e/ou solo
1. cultivos agrícolas de ciclo curto (1)	1. barranco instável com solo e areia soltos, facilmente perturbável (1)
2. pasto (7)	2. barranco com solo livre e uma camada esparsa de grama e arbustos (4)
3. cultivos agrícolas de ciclo longo (15)	3. barranco firme, coberto por grama e arbustos (6)
4. vegetação com espécies pioneiras (20)	4. firme, coberto de grama, arbustos e raízes (10)
5. floresta ombrófila íntegra (30)	8) Escavação sob o barranco
2) Largura da mata ciliar	1. escavações severas ao longo do canal, com queda de barrancos (1)
1. vegetação arbustiva e ciliar ausente (1)	2. escavações frequentes (3)
2. mata ciliar ausente com alguma vegetação arbustiva (5)	3. escavações apenas nas curvas e restrições (6)
3. mata ciliar bem definida de 1 a 5 m de largura (10)	4. pouca ou nenhuma evidência, ou restrita a áreas de suporte de raízes (10)
4. mata ciliar bem definida entre 5 e 30 m de largura (17)	9) Leito do rio
5. mata ciliar bem definida com mais de 30 m de largura (22)	1. fundo uniforme de silte e areia livres, substrato de pedra ausente (1)
6. continuidade da mata ciliar com a floresta adjacente (30)	2. fundo de silte, cascalho e areia em locais estáveis (5)
3) Estado de preservação da mata ciliar	3. fundo de pedra facilmente móvel, com pouco silte (10)
1. cicatrizes profundas com barrancos ao longo do seu comprimento (1)	4. fundo de pedras de vários tamanhos, agrupadas, com interstício óbvio (15)
2. quebra freqüente com algumas cicatrizes e barrancos (10)	10) Áreas de corredeiras e poções ou meandros
3. quebra ocorrendo em intervalos maiores que 50 m (15)	1. meandros e áreas de corredeiras/poções ausentes ou rio canalizado (1)
4. mata ciliar intacta sem quebras de continuidade (30)	2. longos poções separando curtas áreas de corredeiras, meandros ausentes (5)
4) Estado da mata ciliar dentro de uma faixa de 10m	3. espaçamento irregular (10)
1. vegetação constituída de gramíneas e poucos arbustos (1)	4. distintas, ocorrendo em intervalos de 5 a 7 vezes a largura do rio (15)
2. mescla de gramíneas com algumas árvores pioneiras e arbustos (5)	11) Vegetação aquática
3. espécies pioneiras mescladas com árvores maduras (10)	1. algas emaranhadas no fundo, plantas vasculares dominam no canal (1)
4. mais de 90% da densidade é constituída de árvores não pioneiras ou nativas (15)	2. emaranhados de algas, algumas plantas vasculares e poucos musgos (4)
5) Dispositivos de retenção	3. emaranhados de algas, algumas plantas vasculares semi-aquáticas ou aquáticas ao longo da margem (6)
1. canal livre com poucos dispositivos de retenção (1)	4. quando presente consiste de musgos e manchas de algas (10)
2. dispositivo de retenção solto movendo-se com o fluxo (4)	12) Detritos
3. rochas e/ou troncos presentes, mas preenchidos com sedimento (6)	1. sedimento fino anaeróbico, nenhum detrito bruto (1)
4. canal com rochas e/ou troncos firmemente colocadas no local (10)	2. nenhuma folha ou madeira, matéria orgânica bruta e fina com sedimento (3)
6) Sedimentos no canal	3. pouca folha e madeira, detritos orgânicos finos, floculentos, sem sedimento (5)
1. canal dividido em tranças ou rio canalizado (1)	4. principalmente folhas e material lenhoso com sedimento (7)
2. barreira de sedimento e pedras, areia e silte comuns (4)	5. principalmente folhas e material lenhoso sem sedimento (10)
3. algumas barreiras de cascalho e pedra bruta e pouco silte (6)	
4. pouco ou nenhum alargamento resultante de acúmulo de sedimento (10)	