

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**Macroinvertebrados em córregos da região da Mata Atlântica
(Sudeste do Brasil): influência do cultivo de banana**

PRISCILLA KLEINE

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

São Carlos – SP

2007

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

K64mc

Kleine, Priscilla.

Macroinvertebrados em córregos da região da Mata Atlântica (Sudeste do Brasil) : influência da cultivo de banana / Priscilla Kleine. -- São Carlos : UFSCar, 2007. 66 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.

1. Ecologia aquática. 2. Bioindicadores. 3. Insetos aquáticos. 4. Sistemas lóticos. 5. Impacto antrópico. 6. Banana - cultivo. I. Título.

CDD: 574.5263 (20ª)

Priscilla Kleine

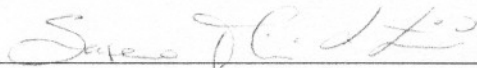
**Macroinvertebrados em córregos da região da Mata Atlântica
(Sudeste do Brasil): influência do cultivo de banana**

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 agosto de 2007

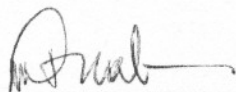
BANCA EXAMINADORA

Presidente



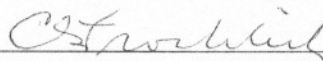
Profa. Dra. Susana Trivinho Strixino
(Orientadora)

1º Examinador



Prof. Dr. Marcel Okamoto Tanaka
PPGERN/UFSCar

2º Examinador



Prof. Dr. Cláudio Gilberto Froehlich
USP/São Carlos-SP

Orientadora

Susana Trivinho Strixino

Vivo por viver mais
Vivo por amor
Vivo por teimosia

Teimo em proteger
Protejo para engrandecer
Engrandeço pelos propósitos
Proponho harmonia
Harmonia em meu meio

Meio meu para viver

Aos meus pais,

Agradecimentos

Enfim os agradecimentos! Não acredito que esta hora chegou. Tenho tantas pessoas para agradecer...

Primeiramente gostaria de agradecer a pessoa responsável por eu desenvolver este trabalho: minha orientadora Dra. Susana Trivinho Strixino, que me estimulou a gostar tanto destes pequenos bichinhos que se dizem macro. Muito obrigada por toda atenção, dedicação, compreensão e amizade.

Agradeço à coordenação e secretaria do PPG-ERN por todo suporte, compreensão e amizade. E à todos os professores do PPG-ERN, por participarem da minha formação.

À Capes por tornar este meu sonho possível.

À secretaria do departamento de Hidrobiologia pela ajuda com materiais e na organização das coletas.

Ao professor Ademir e seus alunos Wander e Felipe pela ajuda nas análises dos metais e análise dos dados.

Ao professor Marcel pela ajuda nas análises dos dados e pelas risadas durante os cafês e intervalos.

À professora Alaíde pelas sugestões durante o trabalho, principalmente na banca de qualificação, por participar da minha formação e pela amizade.

Ao querido amigo Kapila que me ajudou com tantas sugestões desde a escolha dos pontos de coleta, análises dos dados e redação da minha dissertação.

À Mayra que me concedeu abrigo para as coletas.

Aos amigos Lia, Pedro, Luciana Jatobá, Otávio, Manoela, Jussara, que provaram ser grandes amigos, pois passaram muitas noites em claro me ajudando a triar as amostras, mesmo sentindo o cheiro de maresia e sem poder dar uma só olhadinha no mar.

Ao Luisinho Joaquim que me levou em umas pirambeiras para achar pontos de coleta e carregou galões e mais galões naqueles morros que não acabavam mais. E ao técnico Fabio pela ajuda na triagem das amostras.

Ao Juliano pela grande ajuda nas análises de metais e na identificação dos oligoquetos.

À Marcia (Ribeirão Preto), Ana e Melissa do que perderam dias me ajudando na identificação dos Trichoptera, Ephemeroptera e Coleoptera. E à Marcia (São Carlos), Matheus, Adolfo, Rodolfo e Lucas que também me ajudaram muito nas identificações dos exemplares.

Aos meus grandes amores, meus pais (Maria Inês e Flávio), meus irmãos (Petula e Danilo), meu sobrinho (Felipe), que são as coisas mais preciosas da minha vida, e que me dão sempre suporte incondicional e me ajudaram a enxergar as soluções para os problemas.

Aos amigos de laboratório: Tadeu, Heliana, Liriane, Marcia (Dourado), Fabio, Lívia, Carol, Susana, Francisco, Ricardo e Luis (Ribeirão Preto) pela troca de experiências, companheirismo e pelas boas risadas.

Ao Álvaro Luis, que me ajudou a seguir os meus sonhos, meus propósitos e sempre querer mais.

Aos meus queridos amigos Luciano, Sandra, André, Magda, Sono, Juliano, Ervilha, Cervine, Julio, Cleo, Meme, Alê, Flavinha, Marcia Yuri, Luana, Claudia, Lu Sciesserre, Angela, Chicão, Flávio, Rodrigo, Taíse, Thais, Kelly, Deise, Roberta, Kátia, e tantas pessoas que contribuíram para eliminar o estresse de cada dia e que deixaram momentos únicos e inesquecíveis na minha memória.

Sumário

Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras.....	xi
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1. Considerações Gerais.....	1
1.2. Recursos hídricos.....	3
1.3. Macroinvertebrados aquáticos.....	5
1.4. Bananicultura.....	6
2. Objetivos.....	9
3. Materiais e métodos.....	10
3.1. Área de estudo.....	10
3.2. Caracterização ambiental.....	18
3.3. Coleta da fauna e de sedimento.....	19
3.4. Determinações de metais.....	20
3.5. Processamento das amostras e identificação dos organismos.....	21
3.6. Análises dos dados.....	22
3.6.1. Metais biodisponíveis.....	22
3.6.2. Macroinvertebrados aquáticos.....	22

3.6.2.1. Aplicação de Métricas.....	22
3.6.2.2. Análises Estatísticas Multivariadas.....	23
4. Resultados.....	25
4.1. Caracterização ambiental.....	25
4.2. Determinação de metais.....	26
4.3. Macroinvertebrados Aquáticos.....	27
4.3.1. Composição faunística.....	27
4.3.2. Métricas de caracterização comunitária.....	32
4.3.3. Análises Multivariadas.....	35
4.3.3.1. Famílias de macroinvertebrados.....	35
4.3.3.2. Genêros e morfotipos.....	36
5. Discussão.....	38
6. Conclusões.....	44
7. Referências Bibliográficas.....	45
Anexos.....	59

Lista de Tabelas

Tabela I.	Localização e substrato mineral predominante dos leitos dos 10 córregos da região sudeste do Estado de São Paulo.....	12
Tabela II.	Características gerais e valores médios de variáveis físicas e químicas dos 10 córregos da região sudeste do Estado de São Paulo.....	25
Tabela III.	Concentrações médias de metais (mg/Kg) potencialmente biodisponíveis nos 10 córregos coletados.....	26
Tabela IV.	Número total de indivíduos das famílias de macroinvertebrados nos córregos em áreas de banicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.....	29
Tabela V.	Número total de indivíduos das famílias de macroinvertebrados nos córregos em áreas florestadas da região sudeste do Estado de São Paulo.....	30
Tabela VI.	Sumário das principais características comunitárias e valores das métricas de avaliação da qualidade da água nos 10 córregos estudados.....	33

Anexos

Tabela I.	Número de indivíduos e participação (%) dos táxons de Coleoptera nos córregos de áreas de banicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.....	60
Tabela II.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Coleoptera nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.....	60
Tabela III.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Odonata nos córregos de áreas de banicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.....	61
Tabela IV.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Odonata nos córregos de áreas florestadas da região sudeste do Estado de São Paulo.....	61

Tabela V.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Plecoptera nos córregos de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.....	61
Tabela VI.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Plecoptera nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.....	61
Tabela VII.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Diptera nos córregos de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.....	62
Tabela VIII.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Diptera nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.....	63
Tabela IX.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Ephemeroptera nos córregos de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.....	64
Tabela X.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Ephemeroptera nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.....	64
Tabela XI.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Trichoptera nos córregos de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.....	65
Tabela XII.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Trichoptera nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.....	65
Tabela XIII.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Oligochaeta nos córregos de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.....	66
Tabela XIV.	Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Oligochaeta nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.....	66

Listas de Figuras

Figura 1.	Imagem de Satélite, com indicação das regiões de coleta - Região do Vale do Ribeira e Litoral Sul do Estado de São Paulo, Brasil.....	11
Figura 2.	Vista geral da plantação de bananas da região (município de Jacupiranga, bairro Capelinha).....	12
Figura 3.	Vista da margem do córrego B1, município Cajati.....	13
Figura 4.	Vista do córrego B2, município de Cajati (bairro Capelinha).....	13
Figura 5.	Vista geral do córrego B3, município de Jacupiranga (bairro Guaraú).....	14
Figura 6.	Vista geral do córrego B3, município de Jacupiranga (bairro Guaraú).....	14
Figura 7.	Vista geral do córrego B4, município de Jacupiranga (bairro Guaraú).....	15
Figura 8.	Vista geral do córrego B5, município de Jacupiranga (bairro Guaraú).....	15
Figura 9.	Vista geral do córrego M1, no município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.....	16
Figura 10.	Vista geral do córrego M2, município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.....	16
Figura 11.	Vista geral do córrego M3, município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.....	17
Figura 12.	Vista geral do córrego M4, município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.....	17
Figura 13.	Vista geral do córrego M4, município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.....	17
Figura 14.	Vista geral do córrego M5, município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.....	18
Figura 15.	Medição das variáveis físicas e químicas da água, tomadas com auxílio de multisensor Water Quality Checker, U-10 (Horiba).....	19
Figura 16.	Amostragem por varredura com auxílio da rede D (com malha de 0,25mm).....	20

Figura 17.	Concentrações médias de metais (mg/Kg) potencialmente biodisponíveis nos 5 córregos em áreas de banicultura (B1-B5) e 5 córregos em áreas florestadas (M1-M5). *valores de Fe =10 ⁻¹	27
Figura 18.	Participação relativa das principais famílias de macroinvertebrados aquáticos nos 10 córregos da região sudeste do Estado de São Paulo.....	28
Figura 19.	Participação relativa dos principais gêneros e morfotipos de macroinvertebrados aquáticos nos 10 córregos da região sudeste do Estado de São Paulo.....	32
Figura 20.	Número de táxons (gêneros/morfotipos) e índice de riqueza de Margalef nos córregos de áreas cultivadas (B1-B5) e de áreas florestadas (M1-M5).....	33
Figura 21.	Número de táxons (gêneros/morfotipos) e índice de diversidade de Shannon nos córregos de áreas cultivadas (B1-B5) e de áreas florestadas (M1-M5).....	34
Figura 22.	Participação relativa dos grupos de EPT nos córregos de áreas cultivadas (B1-B5) e de áreas florestadas (M1-M5).....	34
Figura 23.	Ordenação obtida pelo NMDS, representando a similaridade entre as comunidades de macroinvertebrados, em nível de famílias, dos córregos da região sudeste do Estado de São Paulo. Córregos de áreas cultivadas (B1-B5), de áreas florestadas (M1-M5).....	35
Figura 24.	Ordenação obtida pelo NMDS, representando a similaridade entre as comunidades de macroinvertebrados, considerando o nível de gênero/morfotipos, dos córregos da região sudeste do Estado de São Paulo. Córregos de áreas cultivadas (B1-B5), de áreas florestadas (M1-M5).....	37

Resumo

A integridade dos ecossistemas aquáticos tem sido comprometida por inúmeras ações antrópicas, como por exemplo, pela agricultura extensiva que tem mostrado alterações na qualidade de água e nas características da comunidade aquática. Muito se conhece a respeito de plantações anuais, como da cana-de-açúcar, soja, milho, etc., mas pouca informação está disponível sobre plantações perenes de regiões tropicais. Neste estudo foi avaliada a influência do cultivo da banana sobre as comunidades de macroinvertebrados de córregos de baixa ordem no sudeste do Brasil. A amostragem foi feita em 10 córregos do Estado de São Paulo, dos quais, cinco situados nas áreas de cultivo de banana e de cinco em áreas florestadas. Em cada córrego foram medidas as variáveis físicas e químicas, assim como, as concentrações de metais biodisponíveis no sedimento (Zn, Fe, Cr, Cu, Mn, Mg, Pb, Ni). Os macroinvertebrados foram coletados com rede em D e com amostrador tipo Surber. As concentrações dos metais foram mais elevadas nos sedimentos dos córregos localizados adjacentes às plantações da banana, quando comparadas com os córregos de áreas florestadas. Dos 4427 macroinvertebrados aquáticos coletados, foram encontradas 61 famílias, 51 nos córregos florestados e 49 nos locais da plantação da banana. Gripopterygidae, Perlidae, Leptophlebiidae, Leptoceridae, Helicopsychidae, e Palaemonidae foram mais abundantes nos córregos preservados, enquanto Hydropsychidae, Chironomidae e Baetidae foram mais abundantes nos córregos das plantações da banana. A diversidade, a riqueza e os índices de equidade responderam às características do uso de terra; os córregos florestados apresentaram as diversidades mais elevada. A ordenação do NMDS aplicada aos dados faunísticos dos córregos também evidenciou a separação entre córregos florestados e das plantações da banana. Os testes Mantel e Mantel parcial indicaram correlação elevada entre os usos da terra, estrutura da comunidade e distâncias geográficas. Portanto, esta atividade agrícola parece influenciar na estrutura da comunidade de macroinvertebrados de córregos de baixa ordem da região da Mata Atlântica.

Palavras-chave: bioindicadores, insetos aquáticos, sistemas lóticos, impactos antrópicos, bananicultura

Abstract

The integrity of aquatic ecosystems has been compromised by innumerable anthropogenic actions, for example, extensive agriculture that has been producing alterations in water quality and aquatic community characteristics. Much is known about annual plantations as sugar cane, soybeans, corn, but little information is available about some perennial plantations in the tropical areas. In this study we assess the influence of the banana plantation on macroinvertebrate communities in low-order streams in Southeastern Brazil. The samplings were carried out 10 streams in the State of São Paulo, of which, five located in areas of banana's culture and five in forested areas. In each stream, physical and chemical variables as well as concentrations of bioavailable metals in the sediment (Zn, Fe, Cr, Cu, Mn, Mg, Pb, Ni) were measured. Macroinvertebrates were simultaneously collected with both a D-net, and with Surber samplers. The concentrations of metals were higher in the sediment of streams in the banana plantations sites when compared with streams in forested areas. Of the 4427 aquatic macroinvertebrates collected, 61 families were found, 51 in forested streams and 49 in the banana plantation sites. Gripopterygidae, Perlidae, Leptophlebiidae, Leptoceridae, Helicopsychidae, and Palaemonidae were more abundant in forested streams, while Hydropsychidae, Chironomidae and Baetidae were more abundant in the streams in the banana plantations. Macroinvertebrate diversity, richness, and evenness indexes responded to land use characteristics; the most forested streams sustains the highest community diversity. NMDS ordination applied to the fauna data of all streams also evidenced the separation between forested streams and banana plantations streams. Mantel and partial Mantel tests indicated high correlation between the community structure and land uses and geographic distances. Therefore, this agricultural activity seems to influence the structure of macroinvertebrate communities in low order streams in the Atlantic Forest region.

Keywords: bioindicators, aquatic insects, lotic systems, human impacts, bananiculture

1. Introdução

1.1 Considerações Gerais

Desde os primórdios de sua existência, o homem, como qualquer outra espécie habitante do planeta, interage com o ambiente à sua volta, modificando-o e transformando-o de acordo com suas necessidades.

Nas últimas décadas, porém, esta interação tem produzido alterações muito drásticas nos componentes do meio como o ar, solo, água e outros seres vivos. Exemplos destas alterações podem ser verificados, por exemplo, na ocupação e no crescimento de centros urbanos, nas atividades industriais, mineradoras e agrícolas (Cunha & Guerra, 2000). Estas ações antrópicas têm efeitos tanto localmente quanto globalmente, e têm levado à deterioração dos ecossistemas de forma acelerada, pois além de causar danos a curto prazo, comprometem a sustentabilidade dos ambientes a longo prazo (Francisco, 1996).

A agricultura, apesar de existir há mais de 10 mil anos e por estar relacionada com a manipulação do ambiente natural, é uma das atividades humanas que mais altera e degrada o meio ambiente. Isto iniciou em meados do século XX, com a expansão da agricultura, devido ao aumento da demanda alimentar ocasionado pelo crescimento populacional humano. A partir da década de sessenta, a grande colonização de novas áreas, o uso intensivo das terras e a adoção de métodos químicos, ocorreu de maneira desordenada e com a utilização de processos e tecnologias inadequadas, os quais aceleraram a degradação ambiental (Ministério do Meio Ambiente, 2000).

Como resultado da expansão da atividade agrícola houve a retirada da cobertura vegetal de muitas áreas e a degradação da estrutura física e química do solo, além da

introdução de milhares de novos produtos os quais são aportados em toneladas para os rios e oceanos. Estas substâncias como fertilizantes (micronutrientes e macronutrientes) ricos em diferentes tipos de metais tais como, Pb, Ni, Cr e Cd e biocidas organoclorados (BHC, Aldrin, Dieldrin), causam alterações significativas nos ecossistemas, podendo acarretar problemas de bioacumulação em diferentes níveis tróficos, como por exemplo, se acumulando na gordura de peixes e crustáceos ou ainda em aves e outros animais terrestres, como no leite das vacas que utilizam pastos ou a água de córregos e rios contaminados (Santos, 1999; Siqueira & Braga, 2000; Aguiar et al., 2000; Oliveira & Tornisiello, 2000).

A preocupação com os impactos ambientais decorrentes das atividades agrícolas já é antiga, tomando maior dimensão particularmente na década passada, após a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92, quando foi lavrada a assinatura das Convenções do Clima e da Biodiversidade, da Agenda 21, da Declaração do Rio para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, e da Declaração de Princípios para Florestas. No entanto, na avaliação das ações brasileiras em direção ao desenvolvimento sustentável, realizadas em 1997 por ocasião do encontro Rio+5, ficaram patentes algumas dificuldades para a implementação e cumprimento de compromissos assumidos pela Agenda 21.

No ano de 1999, o Ministério do Meio Ambiente brasileiro em convênio com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento contratou, através de licitação, uma equipe de especialistas visando ao preparo de um documento com subsídios para a formulação e implementação de políticas públicas compatíveis com os princípios de desenvolvimento sustentável definidos pela Agenda 21 Brasileira para o setor agrícola (Ministério do Meio Ambiente, 1999).

É preciso enfatizar, que a mudança que se faz necessária na trajetória seguida pelo processo de modernização da agricultura representa uma mudança de um paradigma tecnológico, condicionado por um conjunto de fatores econômicos, institucionais e tecnológicos (Romeiro, 1998), cuja superação requer ações do Estado fortemente apoiadas pela opinião pública. Nesse sentido, a importância da produção sistemática de informações sobre impactos ambientais, vai além do seu papel fundamental de acrescentar conhecimento e orientar a formulação de políticas públicas ambientais, constituindo-se também num importante fator pedagógico de conscientização ecológica, indispensável para a legitimação destas políticas perante a opinião pública.

1.2 Recursos hídricos

Os recursos hídricos caracterizam-se como os mais facilmente afetados pelas atividades antrópicas, seja pelo comprometimento de sua qualidade e/ou quantidade, ou seja pelo comprometimento de suas características, como alteração de cursos de drenagem ou diminuição de canais de drenagem (Silva, 2000), na modificação no aporte de nutrientes (Allan et al., 1997), na composição faunística e na produtividade das comunidades envolvidas (Wood & Armitage, 1997; Pringle et al., 2000). Estes sistemas aquáticos funcionam, muitas vezes, como reservatórios temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade de poluentes lançados no ar, no solo ou diretamente nos corpos d'água (Meybeck & Helmer, 1996).

No Estado de São Paulo, a rede hidrográfica é bastante extensa, sendo formada por 21 bacias, das quais as do Rio Tietê, Ribeira-Iguape, Pardo, Moji-Guaçu, Paranapanema, Paraíba do Sul são as principais (Governo do Estado de São Paulo, 2007). Numerosos córregos que fazem parte dessas bacias hidrográficas atravessam

agregados urbanos e/ou propriedade rurais cujas atividades se refletem nas suas características, uma vez que estes acabam integrando tudo o que acontece nas áreas de entorno, pois recebem, pelo processo de lixiviação laminar do solo, toda a carga de agroquímicos e outros compostos químicos advindos das áreas adjacentes.

Pelo fato de ser um componente fundamental à existência de vida no planeta, a preocupação com a conservação da água e dos seus mananciais tornou-se maior nos últimos anos, e a procura de mecanismos eficazes capazes de reduzir os impactos ambientais nesses sistemas e o seu monitoramento têm sido considerados com uma das prioridades de pesquisa desse século (Negreiros, 1997). Entretanto, a avaliação e quantificação dos reais efeitos causados por impactos antrópicos são ainda grandes desafios dos estudos ecológicos, pois podem ser confundidos com outros fatores, tais como variações locais, regionais ou temporais (Legendre et al., 2002; Townsend et al., 2004).

As avaliações dos impactos ambientais em ecossistemas aquáticos podem ser realizadas através das análises de variáveis físicas e químicas, as quais permitem uma identificação imediata e a quantificação precisa das alterações das propriedades da água. Porém, as avaliações por esse método oferecem apenas um retrato momentâneo de uma situação altamente dinâmica (Whitfield, 2001). Assim, atualmente tem sido utilizada também a biota residente destes sistemas aquáticos, a qual é freqüentemente afetada pelos impactos decorrentes das atividades antrópicas, refletindo as situações que ocorreram em seu entorno. Entre os componentes bióticos que melhor refletem situações de “stress” em ecossistemas lóticos estão os macroinvertebrados bentônicos, que, por serem de baixa mobilidade ou mesmo parcialmente sésseis respondem diretamente a situações de impacto presentes e passados.

1.3 Macroinvertebrados aquáticos

A fauna de macroinvertebrados aquáticos (fauna retida em malhas de 200 a 500 μm) é composta por numerosos grupos de invertebrados que habitam principalmente os sedimentos ou outros substratos (macrófitas, troncos, pedras, etc) que compõem os leitos dos sistemas lóticos. Outros, em menor quantidade, podem ser encontrados na superfície ou nadando ativamente na coluna d'água.

Esta fauna aquática exerce um papel ecológico importante no fluxo de energia e ciclagem de nutrientes (Merritt & Cummins, 1996; Hauer & Resh, 1996), pois seus componentes participam do processo de decomposição, mineralização e ciclagem da matéria orgânica; revolvem o sedimento, disponibilizando os nutrientes para coluna d'água; alteram as condições físicas e químicas do substrato, sendo um importante elo na cadeia trófica dos ecossistemas aquáticos (Ward, 1992).

Esta comunidade tem sido comumente usada na avaliação dos efeitos de alterações ambientais em sistemas aquáticos. São considerados bons indicadores e/ou monitores ambientais (Cairns & Dickson, 1971; Rosenberg, 1993), pois seus componentes pertencem a diferentes grupos taxonômicos, com espécies sensíveis e outras tolerantes às diversas influências antrópicas que respondem a diferentes níveis de impactos. Além disso, são abundantes e sedentários, não estão sujeitos a migrações rápidas, são facilmente coletados, possuem ciclo de vida longo (variando de semanas a alguns anos) e estão sujeitos às influências tanto da água como do sedimento (Metcalf, 1989; Rosenberg & Resh, 1993; Toman & Steinman, 1995).

Muitos estudos têm demonstrado que esta fauna responde previsivelmente a impactos como enriquecimento orgânico (Wilhm, 1967; Brabec et al., 2004), represamento (Russel & Ward, 1988; Brandimarte et al., 1999; Kleine & Trivinho-

Strixino, 2005), sedimentação (Wood & Armitage, 1997), mineração (Courtney & Clements, 2002) e atividades agrícolas mecanizadas e anuais como cana-de-açúcar (Corbi & Trivinho-Strixino, 2006), soja e milho (Richards et al., 1993).

1.4. Bananicultura

A banana (*Musa* spp.) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo o quarto alimento mais utilizado no mundo, ficando atrás apenas do arroz, trigo e milho. Este sucesso é devido a muitas vantagens, como por exemplo, pelo fato de amadurecer aos poucos fora do pé, facilitando a colheita, transporte e o aproveitamento, é uma fruta fácil de descascar e de comer, não é azeda e nem demasiadamente doce, não é indigesta, é altamente nutritiva, é totalmente aproveitável por não possuir caroço, não tem espinhos e nem fiapos, nasce em todo tipo de solo e pode ser encontrada durante o ano todo (Silva & Tassara, 2005).

A banana é oriunda do sudeste Asiático, de onde se disseminou posteriormente para outras regiões da Ásia, para a Índia e África, há milhares de anos. No início do século XVI (1516) os europeus a introduziram na América e Antilhas, mas foi apenas na 2ª metade do século XIX que a fruta ganhou expressão no comércio mundial, com o estabelecimento de grandes produções no Caribe e na América Central. Na atualidade, devido à sua grande adaptação, seu cultivo é amplamente distribuído tanto nos trópicos como nos subtropicais. As maiores áreas de cultivo comerciais são encontradas nos trópicos úmidos (Alves, 2001).

O Brasil é o segundo maior produtor de bananas do mundo, perdendo apenas para Índia e, embora seja uma das principais frutas brasileiras destinadas à exportação, superada apenas pela laranja, a banana brasileira ainda não satisfaz as fortes exigências

dos mercados externos. Desta forma, a maior parte da produção destina-se ao mercado interno, sendo assim, o país maior consumidor da fruta (Silva & Tassara, 2005).

Atualmente, no Brasil, a cultura da banana é feita em muitos estados, destacando-se os das regiões Sudeste, em São Paulo e Minas Gerais, e Nordeste, na Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte (Silva & Tassara, 2005). O Estado de São Paulo é o maior produtor, produzindo e colhendo 1,17 milhões de toneladas por ano, principalmente na região do Vale do Ribeira, onde se concentra 64,60% da área de produção da fruta do estado. Nesta área, 33.113 ha são destinados à produção de 810.000 mil toneladas de banana por ano (Instituto de Economia Agrícola, 2007). Esta atividade agrícola é antiga no local, datada a partir de 1927 com a inauguração da estrada de ferro, proporcionando a ocupação efetiva da região (Lima, 1983).

A bananicultura é uma cultura perene, não havendo o corte total da vegetação (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007), o que proporciona a manutenção de parte da cobertura vegetal e conseqüentemente o sombreamento aos corpos d'água adjacentes. Esta atividade agrícola é pouco mecanizada, que utiliza intensivamente mão de obra tanto na colheita como na pós-colheita do produto (Souza, 2000). Grandes exigências climáticas são necessárias ao seu cultivo, pois para obtenção de boas colheitas são necessárias temperaturas elevadas e constantes, oscilando entre 20°C e 32°C, quantidade de chuva em torno de 1900 mm por ano, umidade relativa de 80%, alta luminosidade, na faixa de 1500 e 2500 horas de luz por ano e ventos inferiores a 20 km/hora (Alves, 2001).

Além das exigências climáticas, a cultura de banana necessita de adubação, através da aplicação de micronutrientes e macronutrientes como nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, cloro, ferro, manganês, zinco, boro e cobre. Estes compostos são essenciais para uma boa produção, entretanto, a aplicação excessiva

pode ser tóxica tanto para a cultura de banana como para a biota da região (Santos, 1999), além de poder causar eutrofização do solo e das águas. Somando-se a esta prática agrícola, são utilizados também, defensivos agrícolas como clorofenil, organosfosfato, ditiocarbamato, conazol, conazólico, triazina, bipiridila e organoclorados os quais são altamente tóxicos a organismos aquáticos (Castillo et al. 2000). Segundo Neves et al. (2002) são lançados nos bananais brasileiros, em média, 0,31 kg/ha de defensivos agrícolas por ano.

Outro problema recorrente desta atividade agrícola, é que embora seu cultivo comercial seja recomendado preferencialmente para terrenos planos, a maioria dos plantios de banana do País localiza-se em áreas de declividade acentuada, o que exige a adoção de práticas de conservação do solo, geralmente não implementadas (Borges et al., 1997). Na região do Vale do Ribeira este problema é agravado, pois nesta área o índice pluviométrico é alto, com precipitação anual de 1.200 a 2.000 mm/ano, e há uma grande concentração de corpos d'água, nascentes ou afluentes de rios de grande importância estadual como o rio Ribeira do Iguape, Ribeirão do Cunha, Guaraú, Itapiraguí, Jacupiranga, entre outros.

Pouco se conhece a respeito das conseqüências do manejo inadequado e dos possíveis impactos dessa cultura, embora ela seja encontrada em de grandes áreas do Estado de São Paulo, principalmente, na Mata Atlântica (litoral brasileiro), bioma que é considerado um dos mais fragmentados e ameaçados do globo e considerado como um *hotspot* mundial (Myers et al., 2000). Este fato nos estimulou a realizar um estudo buscando verificar possíveis influências deste tipo de cultura sobre a biota aquática de áreas adjacentes.

2. Objetivos

O presente trabalho visa a analisar a fauna de macroinvertebrados que habita córregos de baixa ordem localizados em áreas de cultivo de banana no sentido de verificar possível influência da bananicultura sobre esta comunidade. Áreas florestadas e preservadas da mesma região servirão de padrão para as comparações.

Como parte do projeto temático: “Levantamento e biologia de Insecta e Oligochaeta de sistemas lóticos do Estado de São Paulo” integrado ao Programa Biota/Fapesp (processo nº 03/10517-9) o presente estudo pretende contribuir para ampliar o conhecimento da biota aquática do estado de São Paulo, incluindo áreas sujeitas a atividades antrópicas.

3. Materiais e métodos

3.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na região do Vale do Ribeira e litoral sul de São Paulo (Brasil), nos Municípios de Cananéia, Jacupiranga e Cajati, onde a atividade de cultivo de banana é intensa (Figura 1 e 2). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é o clima tipo Cfa, isto é, tropical úmido, sem estação seca, sendo a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, podendo chegar a 30-35°C. A pluviosidade varia de 1.200 a 2.000 mm anuais, sendo fevereiro o mês mais chuvoso e julho o mais seco (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1990).

O Vale do Ribeira possui em grande parte do seu território, um relevo ondulado e montanhoso com grandes desníveis altimétricos, assentados predominantemente sobre rochas calcárias, as quais são altamente solúveis, sendo comum nessas áreas a presença de dolinas, sumidouros e cavernas, típicas de terrenos cársticos. No litoral sul, além do relevo com elevações da Serra do Mar, há o predomínio de planícies sedimentares largas (Magalhães, 1998). A área é drenada por uma grande quantidade de córregos que desembocam em grandes rios como o Rio Guaraú, Itapirangui e Jacupiranga, todos pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape/Litoral Sul.

Neste estudo foram selecionados 10 destes córregos, todos de baixa ordem (1ª a 3ª ordem), que nascem em uma mesma região e correm para o litoral. Estes estão situados entre as coordenadas S 24°50'6" a S 24°59'48" e W 48°00'13" a W 48°59'53" (Tab.I), em duas situações distintas: cinco córregos localizados em áreas florestadas e preservadas (Reserva Municipal do Mandira, no município de Cananéia) e cinco em áreas de cultivo de banana (dois no município de Cajati e três no município de

Jacupiranga). Nos córregos adjacentes a bananicultura, não há, desde a nascente, mata ripícola e as bananeiras chegam até as margens.

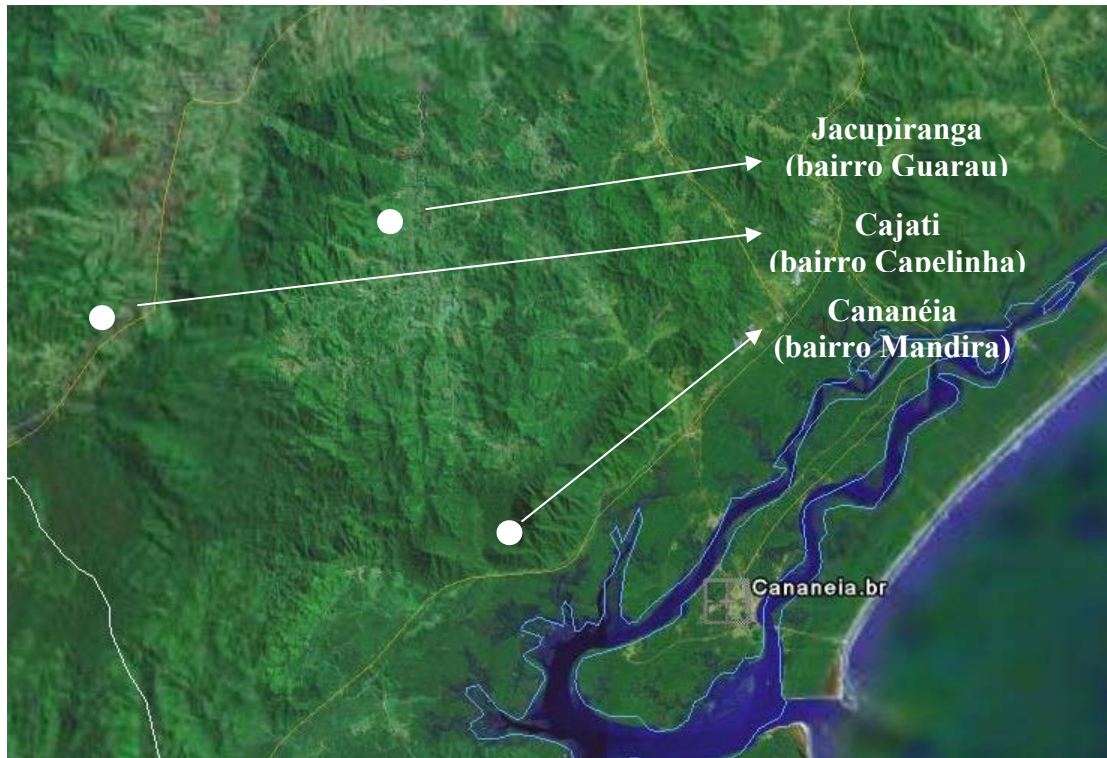


Figura 1. Imagem de Satélite, com indicação das regiões de coleta - Região do Vale do Ribeira e Litoral Sul do Estado de São Paulo, Brasil (Fonte: Google Earth).

Os córregos das áreas adjacentes ao cultivo de banana (córregos B1 a B5 - Figuras 3 a 8) apresentam substrato arenoso, com a presença de cascalhos (pedras com 2 a 256 mm de diâmetro) e um número pequeno de matacões (pedras com diâmetro acima de 256 mm). Apresentam também pequenas quantidades de restos de folhas e pseudotruncos da plantação. Os corpos d'água das áreas florestadas (córregos M1 a M5 - Figuras 9 a 14) possuem substrato pedregoso, com grande quantidade de cascalhos e matacões (Tabela I). Restos vegetais em pequenas quantidades (folhas e galhos) da mata ripícola compõem o substrato orgânico. Todos os córregos apresentam águas límpidas.

Tabela I. Localização e substrato mineral predominante dos leitos dos 10 córregos da região sudeste do Estado de São Paulo.

	Município	Coordenadas Geográficas	Substrato mineral predominante
B1*	Cajati	S 24°50'6" W 48°14'43"	Arenoso - 10% de cascalho e 0% de matacões
B2	Cajati	S 24°50'14" W 48°14'56"	Arenoso - 15% de cascalho e 3% de matacões
B3	Jacupiranga	S 24°51'42" W 48°5'35"	Arenoso - 15% de cascalho e 3% de matacões
B4	Jacupiranga	S 24° 51' 28" W 48° 5' 31"	Arenoso - 10 % de cascalho e 0% de matacões
B5	Jacupiranga	S 24° 51' 58" W 48° 6' 38"	Arenoso - 20% de cascalho e 5% de matacões
M1	Cananéia	S 24°59'48" W 48°2'31"	Pedregoso - 35% de cascalho e 35% de matacões
M2	Cananéia	S 25°00'11" W 48°4'12"	Pedregoso - 35% de cascalho e 30% de matacões
M3	Cananéia	S 24°57'8" W 48°59'53"	Pedregoso - 25% de cascalho e 50% de matacões
M4	Cananéia	S 24°57'44" W 48°00'14"	Pedregoso - 35% de cascalho e 40% de matacões
M5	Cananéia	S 24°58'3" W 48°00'13"	Pedregoso - 30% de cascalho e 40% de matacões

* B1 a B5 – córregos de cultivos de banana; M1 a M5 – córregos de mata preservada.



Figura 2. Vista geral da plantação de bananas da região (município de Jacupiranga, bairro Capelinha).



Figura 3. Vista da margem do córrego B1, município Cajati.



Figura 4. Vista do córrego B2, município de Cajati (bairro Capelinha).



Figura 5 e 6. Vista geral do córrego B3, município de Jacupiranga (bairro Guaraú).



Figura 7. Vista geral do córrego B4, município de Jacupiranga (bairro Guaraú).



Figura 8. Vista geral do córrego B5, município de Jacupiranga (bairro Guaraú).

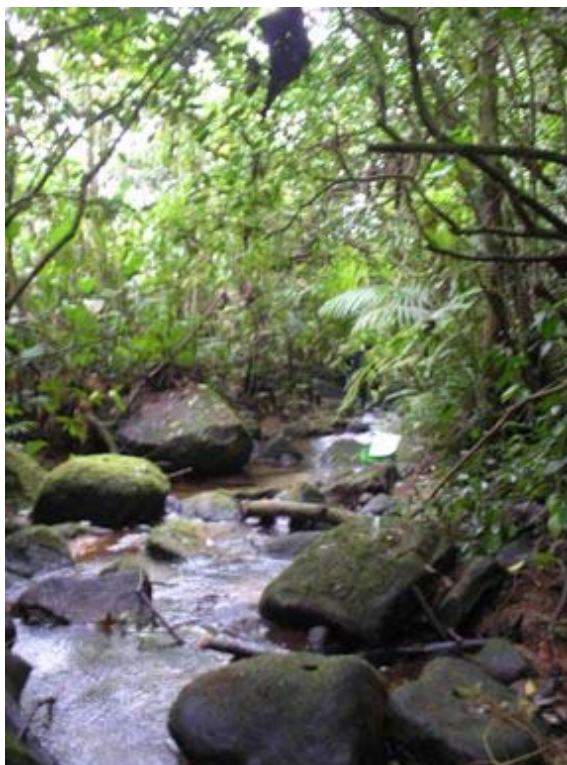


Figura 9. Vista geral do córrego M1, no município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.



Figura 10. Vista geral do córrego M2, município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.



Figura 11. Vista geral do córrego M3, município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.



Figura 12 e 13. Vista geral do córrego M4, município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.



Figura 14. Vista geral do córrego M5, município de Cananéia na Reserva Municipal do Mandira.

3.2. Caracterização ambiental

As coletas foram realizadas no período de estiagem, entre outubro e novembro de 2005. Primeiramente, em cada córrego, foi feita uma caracterização ambiental através do preenchimento do protocolo do grupo de pesquisa do projeto Biota, onde foram anotadas as informações sobre características do córrego como localização, bacia hidrográfica, ordem, largura (m), profundidade (cm), substrato predominante e do entorno como o tipo de vegetação ripícola, cobertura do dossel, e alterações da paisagem. Adicionalmente foram medidas as variáveis físicas e químicas da água (Figura15) como oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$), tomadas com auxílio do multisensor Water Quality Checker, U-10 (Horiba).



Figura 15. Medição das variáveis físicas e químicas da água, tomadas com auxílio de multisensor Water Quality Checker, U-10 (Horiba)

3.3. Coleta da fauna e de sedimento

Em cada córrego foram selecionados três trechos, com um distanciamento de aproximadamente 10 metros, e em cada trecho, foram retiradas amostras, em área de remanso e de corredeira, com o amostrador tipo Surber ($0,1\text{m}^2$ de superfície e malha de $0,25\text{mm}$). Adicionalmente foi feita uma coleta de varredura em cada trecho, com auxílio da rede D (com malha de $0,25\text{mm}$) durante 1,5 minutos, procurando explorar os vários biótopos (Figura 16), conforme recomendações de Fontoura (1985). Deste modo, em cada corpo d'água foram colhidas um total de nove amostras, sendo três de varredura, três de corredeira e três de remanso.



Figura 16. Amostragem por varredura com auxílio da rede D (com malha de 0,25mm).

Nos córregos foram retiradas aleatoriamente amostras de sedimento para análise de metais biodisponíveis. Estas amostras foram acondicionadas em frascos de vidro previamente lavados com dois jatos de HNO_3 e cinco jatos de água destilada e mantidas em temperatura ambiente até a análise em laboratório.

3.4. Determinações de metais biodisponíveis

Neste estudo foram analisados os metais dos sedimentos dos córregos que geralmente estão associados a fertilizantes, como por exemplo: chumbo, cobre, zinco, cromo, manganês, magnésio, níquel e ferro (Malavolta 1994). Optou-se pela análise dos metais biodisponíveis por ser esta parcela de metais que estão disponíveis e que podem ser potencialmente utilizados pela biota ou se acumularem em seus tecidos. A tendência de um íon metálico ser acumulado pelos organismos depende da capacidade do sistema água/sedimento de dispor elementos traços removidos da solução por processos bióticos e abióticos (Kersten & Forstner, 1989).

As amostras de sedimento após secagem em estufa a 50°C (Santos, 1999) foram tratadas para a extração de metais biodisponíveis (Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, Mg, Cr e Ni) seguindo a metodologia descrita por DePaula e Mozeto (2001). Aproximadamente, 2,5g de sedimento seco foram colocados em um frasco de 100 ml com tampa de rosca e adicionados 50,0 ml de solução de ácido clorídrico 0,10 mol L⁻¹. A mistura foi mantida por duas horas em mesa agitadora de movimento circular horizontal com rotação de 200 RPM. Após o repouso para decantação do material sólido, filtrou-se em papel Whatman 42, transferiu-se o filtrado para o frasco de vidro e estocou-se a 4°C. Os extratos foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica por EAAC. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental da UNESP/Araraquara.

3.5. Processamento das amostras e identificação dos organismos

As amostras, acondicionadas em galões plásticos contendo água do local, foram transportadas para o laboratório onde foram triadas em bandejas de polietileno sobre fonte luminosa (bandejas transiluminadas). Os exemplares foram fixados em formol a 4% e preservados em álcool a 70%.

As identificações dos espécimes foi feita até o menor nível taxonômico possível, com auxílio de microscópio estereoscópico e microscópio óptico, de manuais de identificação (Brown, 1970; Bachmann, 1981; Widerholm, 1983; Brinkhurst & Marchese, 1991; Domínguez et al., 1994; Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Merritt & Cummins, 1996; Wiggins, 1996; Fernandes & Dominguez, 2001; Da-Silva et al., 2002; Benetti et al., 2003; Costa et al., 2004; Olifiers et al., 2004; Salles et al., 2004; Manzo, 2005; Pes et al., 2005; Benetti et al., 2006; Costa & Ide, 2006; Dias et al., 2006) e através de consulta de especialistas.

3.6. Análises dos dados

3.6.1. Metais biodisponíveis

Os dados de metais biodisponíveis foram analisados através do teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis, afim de verificar as possíveis diferenças entre as série de dados.

3.6.2. Macroinvertebrados aquáticos

3.6.2.1. Aplicação de métricas

A estrutura comunitária da fauna dos diferentes córregos foi analisada através da enumeração e determinação da participação relativa das diferentes famílias e gêneros. Além disso, as características comunitárias de cada trecho foram determinadas através das seguintes métricas (Thorne & Willians, 1997).

- riqueza de táxons – número de famílias e número de gêneros
- Porcentagem de Ephemeroptera, de Trichoptera, de Plecoptera – número de indivíduos dos táxons em relação ao total de indivíduos da comunidade X 100;
- Porcentagem de EPT – número de indivíduos de EPT em relação ao número total de indivíduos da comunidade;
- Porcentagem do número de famílias do grupo EPT em relação ao número total de famílias;
- EPT/ Chironomidae – número de indivíduos de EPT/ número de indivíduos da família Chironomidae;
- Porcentagem de Chironomidae em relação ao número total de indivíduos coletados.

- Porcentagem de Oligochaeta em relação ao número total de indivíduos coletados X 100.
- índice de diversidade de Shannon (H'): $H' = -\sum (p_i) (\log_2 p_i)$, onde p_i é a proporção de indivíduos encontrados de cada táxon;
- índice de riqueza de Margalef (I_{Mg}): $I_{Mg} = (S - 1) / \ln N$; onde S é o número de táxons e N o número total de indivíduos;
- equidade: $E = (H' \times 100) / H_{\max}$;

3.6.2.2. Análises Multivariadas

Através dos dados logaritimizados [$\log(x+1)$] da fauna em nível de famílias foi elaborada uma matriz de similaridade, usando o índice de Morisita-Horn (Krebs, 1999), e ordenada através do Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS). A logaritimização dos dados e o índice de similaridade de Morisita-Horn foram usados a fim de diminuir a influência dos táxons dominantes (Bispo, 2002). O método NMDS foi escolhido por permitir um ordenamento não limitado às distâncias euclidianas, além de não exigir pressupostos como linearidade (Legendre & Legendre, 1998). O mesmo procedimento foi feito para a fauna identificada em nível de gêneros/morfotipos.

Para verificar se as distâncias geográficas exercem um fator determinante da composição faunística, utilizou-se o teste de Mantel, através do programa *zt* (Bonnet & Peer, 2002). Este teste consiste na correlação de duas matrizes de similaridade, neste caso a matriz faunística e das distâncias geográficas, dada pelo valor de Z:

$$Z = \dots \sum_{ij} (X_{ij} - Y_{ij});$$

X_{ij} e Y_{ij} - elementos das duas matrizes X e Y sendo comparados

A significância da correlação matricial é feita através de testes de permutação, recalculando o valor de Z várias vezes, permutando aleatoriamente a ordem dos

elementos de uma das matrizes. Desta maneira, obtemos a distribuição de probabilidades a qual o Z pode ser encontrado (Diniz-Filho et al., 1998). Neste teste foram realizadas 1000 permutações, a fim de conseguir uma precisão de $\alpha = 0,05$, como sugerido no trabalho de Bonnet & Peer (2002).

O teste parcial de Mantel foi aplicado para avaliar a influência da bananicultura sobre a composição faunística, desconsiderando a influência das distâncias geográficas. Este procedimento é realizado fazendo a regressão de uma matriz B (neste caso a matriz da composição faunística) sobre uma matriz A (matriz de uso do solo) e de B (matriz da composição faunística) sobre C (matriz das distâncias geográficas), obtendo assim duas matrizes de resíduos, as quais são comparadas posteriormente. A matriz do uso do solo foi feita comparando a dissimilaridade da vegetação adjacente entre os locais de coleta, ou seja, dois córregos com mesma vegetação recebem valor 0 e, quando diferentes, valor 1 (ex.: B1 x B2 = 0; B4 x M1 = 1). A matriz das distâncias geográficas foi elaborada através das distâncias dos locais de coleta em quilômetros, medidas com auxílio do programa Google Earth.

O mesmo teste foi aplicado para avaliar a influência das variáveis ambientais sobre a comunidade de macroinvertebrados, retirando o efeito das distâncias geográficas. A matriz de dissimilaridade das variáveis ambientais foi construída pelo índice de Canberra, a partir dos valores de largura, profundidade e oxigênio dissolvido e temperatura de cada córrego. Este índice foi usado porque ele padroniza internamente a contribuição de cada variável, porque elas têm limites numéricos absolutos diferentes por causa das unidades de medidas (Lloyd et al., 2005).

4. Resultados

4.1. Caracterização ambiental

Os córregos estudados, de maneira geral, se caracterizam pela ausência de macrófitas, baixa profundidade, pequena largura e águas bem oxigenadas (7,8 a 10,3 mg.L⁻¹). Os córregos da Reserva Municipal do Mandira possuem vegetação ripícola conservada, com cobertura total do dossel e ausência de alterações da paisagem no entorno e a montante. Ao contrário nos córregos das áreas de bananicultura, desde a nascente não há vegetação ripícola, e a cobertura parcial de dossel é proporcionada pelas bananeiras (Tabela II).

Tabela II. Características gerais e valores médios de variáveis físicas e químicas dos 10 córregos da região sudeste do Estado de São Paulo.

	Vegetação ripícola	Cobertura do dossel	Largura (m)	Profundidade (cm)	DO (mg/L)	Temperatura (°C)
B1*	ausente	parcial	1,0-1,5	5-8	7,8	22,7
B2	ausente	parcial	1,0-1,5	8-10	10,3	21,2
B3	ausente	parcial	0,5-1,0	5-8	7,9	21,7
B4	ausente	parcial	0,5-1,0	5-8	8,5	26,2
B5	ausente	parcial	0,5-1,0	8-10	8,5	21,2
M1	presente	total	1,5-2,0	15-20	8,5	19,4
M2	presente	total	2,0-2,5	15-20	9,6	19,2
M3	presente	total	1,5-2,0	15-20	9,3	19,0
M4	presente	total	1,5-2,0	10-15	9,0	19,5
M5	presente	total	2,5-3,0	20-25	8,2	20,4

* B1 a B5 – córregos de cultivos de banana; M1 a M5 – córregos de mata preservada.

4.2. Determinação de metais biodisponíveis

Os metais biodisponíveis analisados foram detectados na maioria dos córregos. As concentrações destes metais apresentaram diferenças significativas de acordo com o tipo de vegetação do entorno ou do uso do solo ($p < 0,05$); as maiores concentrações foram encontradas, em geral, nos córregos adjacentes aos cultivos de banana (Tabela III). Por exemplo, Cromo e níquel apresentaram valores mais elevados nos córregos de bananicultura. Ferro, magnésio e manganês foram encontradas e grandes concentrações em todos os córregos, porém com maiores quantidade nos córregos alterados pelo homem.

Embora as concentrações de metais nos córregos de Bananicultura tenham sido elevadas, estes valores estão abaixo dos valores de referência de qualidade ou abaixo dos valores permitidos em áreas agrícolas, segundo o relatório divulgado pela Cetesb (2005). Para ferro, manganês e magnésio não existem valores de referência pois estes são elementos típicos do solo, e podem ser encontrados em diferentes quantidades de acordo com a região.

Tabela III. Concentrações médias de metais (mg/Kg) potencialmente biodisponíveis nos 10 córregos.

	Zn	Fe	Cr	Cu	Mn	Mg	Pb	Ni
B1	75,42	2396,23	28,29	4,74	430,85	455,36	7,81	59,37
B2	57,98	2269,00	21,15	6,09	498,58	394,56	8,92	27,82
B3	38,28	2136,82	17,86	6,62	422,98	382,22	11,56	15,61
B4	28,14	2006,06	26,91	5,12	282,88	359,21	3,32	20,18
B5	32,90	2197,07	14,05	4,64	118,40	391,46	7,60	14,34
M1	28,96	1901,71	5,33	1,25	116,73	286,77	6,33	6,06
M2	31,00	1998,13	6,72	0,37	174,87	284,79	4,99	4,97
M3	15,92	1634,21	0	0	12,33	67,92	1,04	0
M4	4,06	1477,73	0	0	6,92	53,82	1,20	0
M5	4,36	1529,09	0,99	0,14	7,46	94,51	0	0

* B1 a B5 – córregos de cultivos de banana; M1 a M5 – córregos de mata preservada.

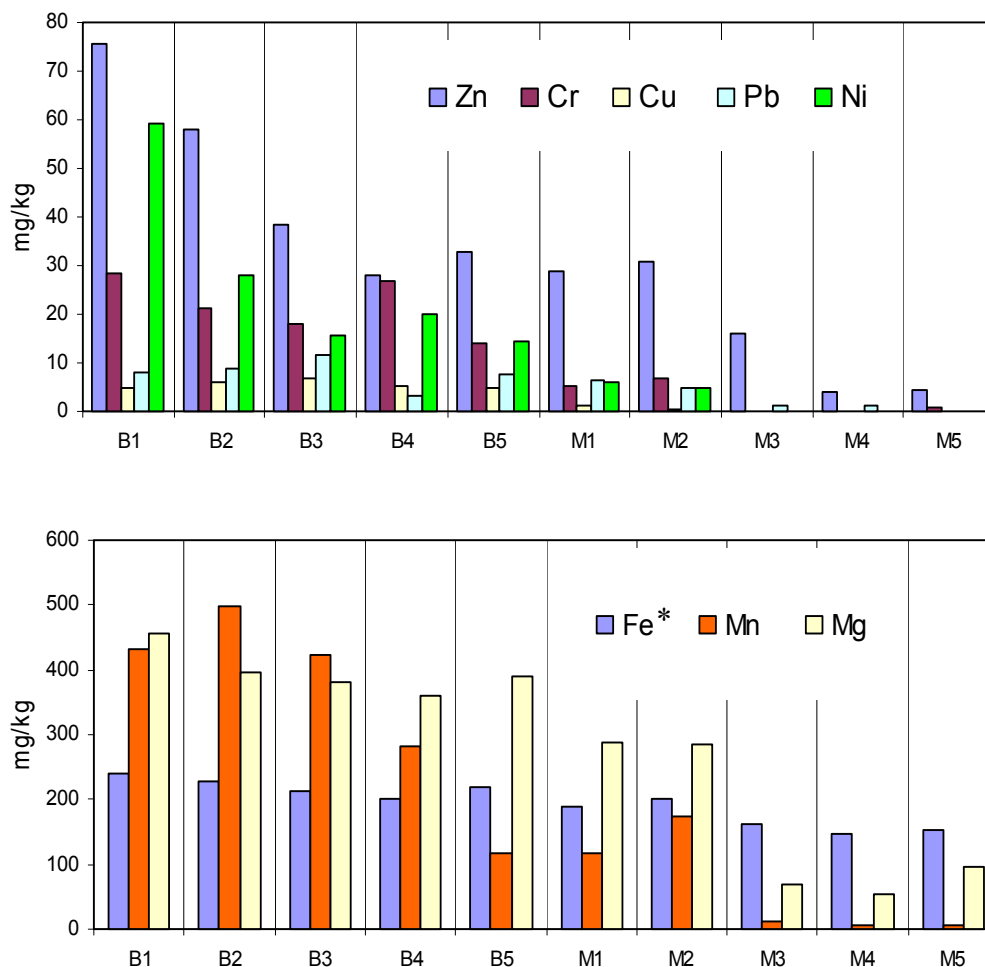


Figura 17. Concentrações médias de metais (mg/Kg) potencialmente biodisponíveis nos 5 córregos em áreas de bananicultura (B1-B5) e 5 córregos em áreas florestadas (M1-M5). *valores de Fe = 10^{-1} .

4.3. Macroinvertebrados Aquáticos

4.3.1. Composição faunística

Ao todo foram coletados 4427 indivíduos de macroinvertebrados aquáticos, distribuídos em 64 famílias, 51 nos córregos florestados e 49 nos de bananicultura (Tabela IV e V). Chironomidae (Diptera) foi a mais abundante, representando 27,8% da

fauna, seguido pelas famílias, Elmidae (Coleoptera) e Hydropsychidae (Trichoptera) que contribuíram respectivamente com 17,0% e 4,5% dos exemplares coletados. Como indica a figura 18, estas famílias foram ligeiramente mais expressivas nos córregos de áreas cultivadas. Além destas, a figura indica a maior contribuição de Baetidae e Leptohiphidae nos córregos de banana e de Perlidae, Gripterygidae, Leptoceridae e Leptophlebiidae nos córregos de áreas florestadas. Gastropoda (Molusca) também foram abundantes, com 12,8%, da fauna, porém estiveram concentrados em poucos córregos de áreas de bananicultura.

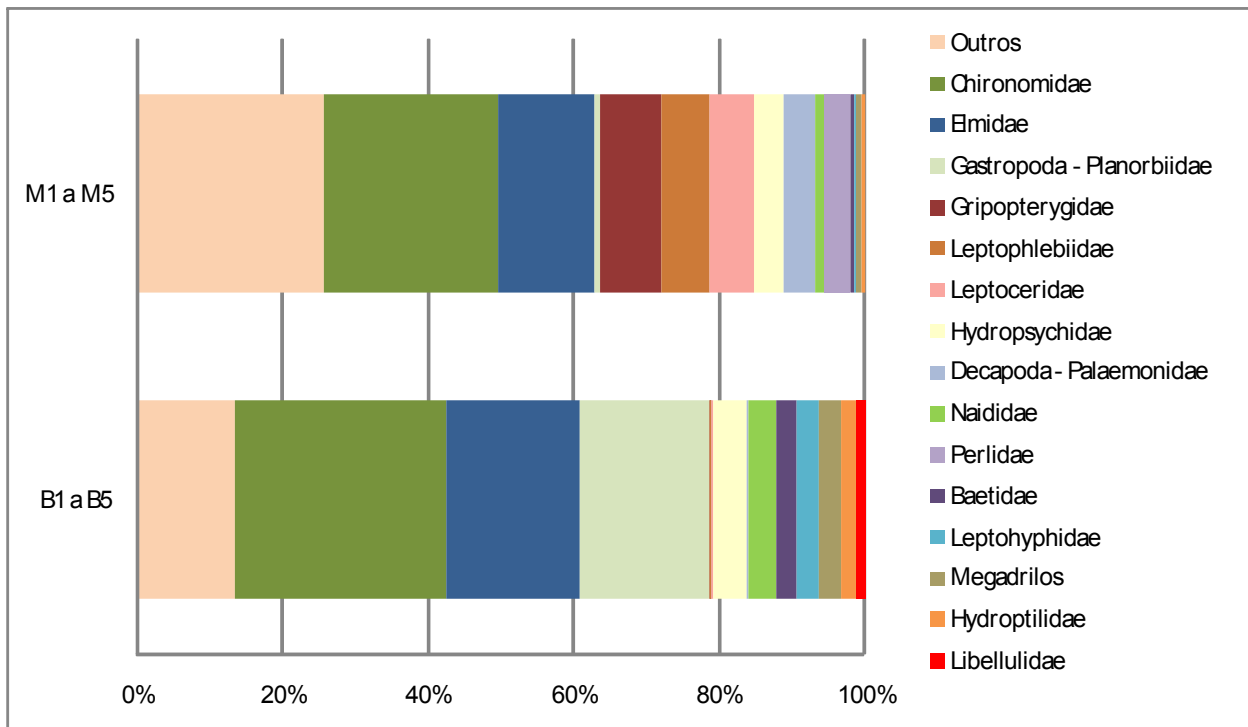


Figura 18. Participação relativa das principais famílias de macroinvertebrados aquáticos nos 10 córregos da região sudeste do Estado de São Paulo. * B1 a B5 – córregos em áreas de cultivo de banana; M1 a M5 – córregos de mata preservada.

Tabela IV. Número total de indivíduos das famílias de macroinvertebrados nos córregos em áreas de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.

	B1	B2	B3	B4	B5	TOTAL	%
Coleoptera							
Coleoptera ssp.	1	-	-	-	-	1	0,03
Chrysomelidae	-	-	-	1	-	1	0,03
Curculionidae	-	-	1	3	-	4	0,13
Dryopidae	31	1	3	-	-	35	1,12
Elmidae	388	111	43	7	22	571	18,30
Hydraenidae	-	-	1	-	1	2	0,06
Hydrophilidae	14	1	7	34	-	56	1,79
Hydrosaphidae	-	-	1	-	-	1	0,03
Psephenidae	4	1	-	-	-	5	0,16
Scirtidae	-	1	-	-	1	2	0,06
Staphylinidae	4	-	-	-	-	4	0,13
Diptera							
Ceratopogonidae	20	4	3	5	2	34	1,09
Chironomidae	550	250	32	69	7	908	29,10
Empididae	12	6	-	2	1	21	0,67
Psychodidae	1	-	-	-	1	2	0,06
Simuliidae	12	2	27	9	26	76	2,44
Stratiomyidae	2	-	-	-	-	2	0,06
Tipulidae	13	-	-	1	1	15	0,48
Tabanidae	-	-	-	4	-	4	0,13
Ephemeroptera							
Baetidae	2	4	4	69	15	94	3,01
Caenidae	-	-	-	41	-	41	1,31
Leptophlebiidae	-	-	-	7	1	8	0,26
Leptohyphidae	-	-	-	63	31	94	3,01
Hemiptera							
Gerridae	-	-	4	-	-	4	0,13
Mesoveliidae	1	-	-	-	-	1	0,03
Vellidae	1	-	3	2	1	7	0,22
Lepidoptera - Pyralidae	-	1	-	3	-	4	0,13
Odonata							
Calopterygidae	-	1	-	-	3	4	0,13
Coenagrionidae	-	-	-	5	-	5	0,16
Libellulidae	6	2	3	21	7	39	1,25
Megapodagrionidae	1	-	-	-	-	1	0,03
Plecoptera							
Gripopterygidae	-	1	-	-	1	2	0,06
Trichoptera							
Glossosomatidae	1	-	-	-	2	3	0,10
Leptoceridae	2	-	-	-	-	2	0,06
Hydropsychidae	41	2	13	67	23	146	4,68
Hydrobiosidae	-	1	-	-	1	2	0,06
Hydroptilidae	45	6	4	10	-	65	2,08
Philopotamidae	1	1	-	-	-	2	0,06
Xiphocentronidae	1	-	-	-	-	1	0,03
Acarina	1	-	2	1	-	4	0,13
Decapoda - Palaemonidae	1	-	-	4	-	5	0,16
Hirudinea - Glossiphoniidae	-	2	1	3	-	6	0,19
Gastropoda - Planorbidae	42	-	2	506	4	554	17,76
Nemertea - Prostoma sp.	4	-	2	13	6	25	0,80
Oligochaeta							
Echytraeidae	-	1	3	1	-	5	0,16
Megadrilos	7	11	51	17	6	92	2,95
Naididae	6	3	1	95	14	119	3,81
Tubificidae	-	-	3	4	-	7	0,22
Turbellaria - Planariidae	-	1	32	-	1	34	1,09
TOTAL	1215	414	246	1067	178	3120	

Tabela V. Número total de indivíduos das famílias de macroinvertebrados nos córregos em áreas florestadas da região sudeste do Estado de São Paulo.

	M1	M2	M3	M4	M5	TOTAL	%
Coleoptera							
Coleoptera ssp.					1	1	0,07
Chrysomelidae			2		1	3	0,22
Dryopidae	2	5				7	0,52
Elmidae	32	58	37	22	31	180	13,29
Gyrinidae		1				1	0,07
Hydraenidae					1	1	0,07
Hydrophilidae		4			6	10	0,74
Lutrochidae		2				2	0,15
Psephenidae	1				2	3	0,22
Scirtidae		3	1	7	3	14	1,03
Diptera							
Ceratopogonidae	3	2	8	8	8	29	2,14
Chironomidae	19	65	69	132	39	324	23,93
Empididae					3	3	0,22
Ephydriidae			1			1	0,07
Simuliidae	10	1	3	11	10	35	2,58
Tabanidae					1	1	0,07
Tipulidae	2	8	3	7	2	22	1,62
Ephemeroptera							
Ephemeroptera ssp.			13			13	0,96
Baetidae		2		5		7	0,52
Caenidae				1		1	0,07
Euthyplociidae		3	4			7	0,52
Leptophlebiidae	9	5	28	41	7	90	6,65
Leptohebiidae		2				2	0,15
Hemiptera							
Gerridae		1	1	15		17	1,26
Naucoridae		13	6	1	5	25	1,85
Vellidae	2	1	2	3	11	19	1,40
Lepidoptera – Pyralidae							
	1		1	1		3	0,22
Odonata							
Coenagrionidae			2		2	4	0,30
Gomphidae	1	2	1	2		6	0,44
Megapodagrionidae	1	1	1	6	3	12	0,89
Plecoptera							
Gripopterygidae	16	1	3	51	41	112	8,27
Perlidae		34	7	5	4	50	3,69
Trichoptera							
Calamoceratidae	2	5		1	1	9	0,66
Ecnomidae				1		1	0,07
Leptoceridae	2	59	7	12	3	83	6,13
Helicopsychidae	1	5	13	2	3	24	1,77
Hydrobiosidae			1	1		2	0,15
Hydropsychidae	1	7	17	21	10	56	4,14
Hydroptilidae			3	2	1	6	0,44
Odontoceridae		8	1		2	11	0,81
Philopotamidae	1		1			2	0,15
Polycentropodidae			10			10	0,74
Acarina							
			1			1	0,07
Decapoda - Palaemonidae							
	13	17	6	13	9	58	4,28
Gastropoda - Planorbidae							
		3	8	1		12	0,89
Nemertea - Prostoma sp.							
	2				1	3	0,22
Oligochaeta							
Oligochaeta ssp.	1	1				2	0,15
Megadrilos			3	7	2	12	0,89
Naididae	3			2	10	15	1,11
Tubificidae		2	14	3	22	41	3,03
Turbellaria – Planariidae							
		1				1	0,07
TOTAL	125	322	278	384	245	1354	

Comparando a riqueza de táxons das comunidades dos córregos da cultura de banana e dos corpos d'água que possuem mata ripícola verificou-se que nos ambientes alterados pelo homem há 49 famílias representadas por 114 diferentes táxons. Nas áreas conservadas foram contabilizadas 51 famílias representadas por 129 táxons, dos quais 59 foram exclusivos destes ambientes.

Comparando os córregos de cultivo de banana com os protegidos por mata (Tabela I a XIV em anexo) nota-se a particular ausência dos táxons de Plecoptera nos córregos de áreas cultivadas. Além disto, nota-se que as maiores diferenças foram observadas entre os representantes da subfamília Orthoclaadiinae (Chironomidae), cujos táxons representaram mais de 25% da fauna total nos córregos de áreas cultivadas e apenas 5% nos córregos florestados. Entre eles destacaram-se as larvas do gênero *Cricotopus* que sozinhas contribuíram com mais de 16% da fauna dos córregos dessas áreas de cultivo. Dentre os representantes dessa família destacaram-se também as larvas fragmentadoras *Stenochironomus* e *Endotribelos* que foram quase que exclusivos das áreas florestadas. Entre os Coleoptera da família Elmidae as larvas de *Xenelmis* (7,7%) foram observadas apenas nos ambientes de bananicultura. Outros táxons como *Leptonema*, *Onconeura*, *Parametriocnemus*, *Traverhyphes*, *Metrichia*, *Americabaetis* e *Lutzsimulium* também foram mais abundantes nos ambientes alterados pelo homem. Por outro lado, os indivíduos de *Nectopsyche*, *Hexacylloepus*, *Miroculis*, *Askola*, os entre outros, estiveram mais abundantes nos córregos preservados, representando de 4,9% a 1,3% dos exemplares.

Na figura 19 representa uma sùmula dessas observações, onde os grupos mais representativos de cada conjunto de córregos foram apresentados em diferentes cores.

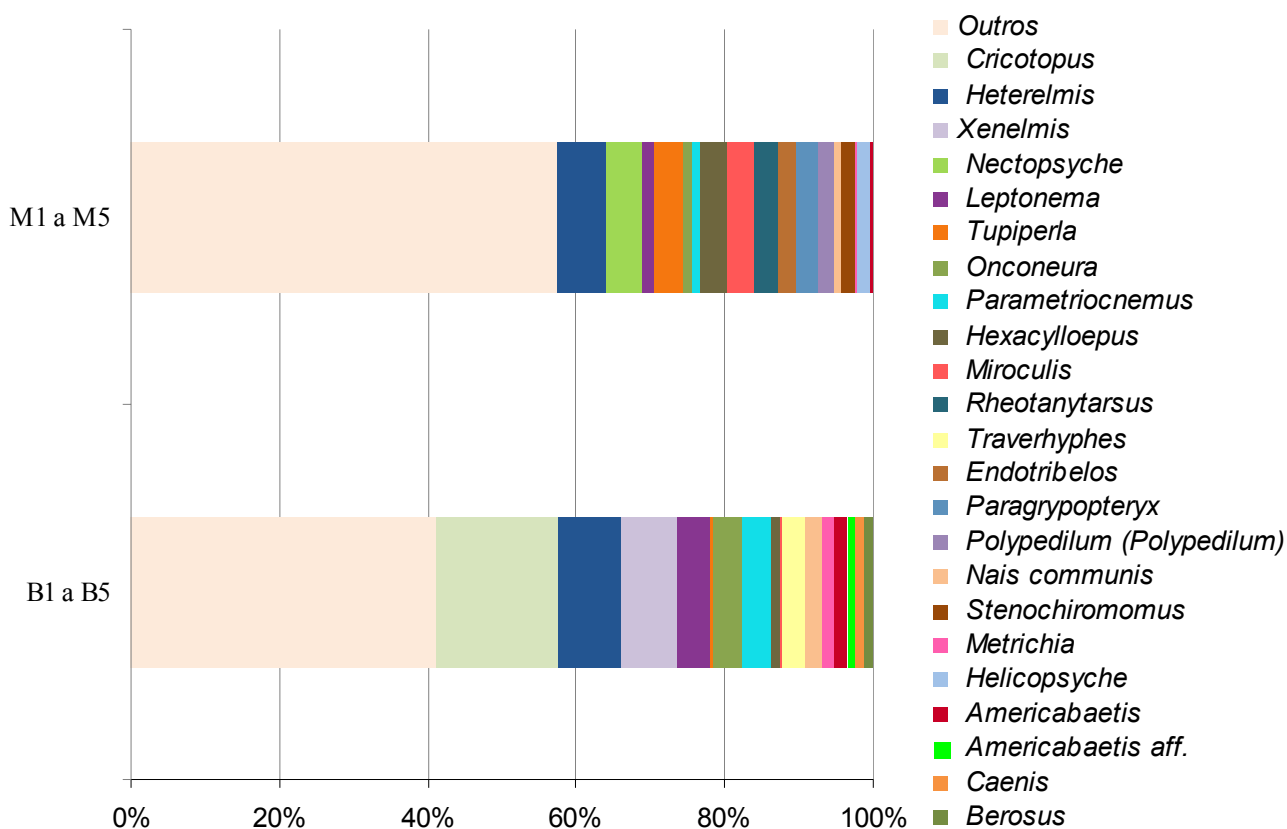


Figura 19. Participação relativa dos principais gêneros e morfotipos de macroinvertebrados aquáticos nos 5 córregos em áreas de bananicultura (B1-B5) e 5 córregos em áreas florestadas (M1-M5) do Estado de São Paulo. * % dos outros táxons

4.3.2. Métricas de caracterização comunitária

Os índices comunitários, como índice de diversidade de Shannon, equidade, riqueza de Margalef, foram mais elevados nos córregos das áreas preservadas (Tabela VI). A % Plecoptera, % de Trichoptera, % EPT % e de famílias de EPT também foram, no geral, maiores nos córregos preservados (Figura 22). Os índices de riqueza de Margalef calculados para famílias apresentaram valores ligeiramente mais elevados nos córregos florestados. As diferenças se evidenciaram mais quando o índice foi aplicado à riqueza de táxons, conforme ilustração na figura 20. Tendência similar pode ser observada na figura 21, onde além do número de gêneros/morfotipos são apresentados

os valores de índice de diversidade de Shannon em cada córrego. As demais métricas como número de famílias, EPT/ Chironomidae, % Ephemeroptera, % Chironomidae e a % Oligochaeta não evidenciaram diferenças entre os dois conjuntos de córregos.

Tabela VI. Sumário das principais características comunitárias nos 10 córregos.

	B1*	B2	B3	B4	B5	M1	M2	M3	M4	M5
Número de famílias	30	23	24	29	24	22	31	33	29	31
Número de gêneros/ morfotipos	56	39	42	58	40	42	65	67	69	53
% Ephemeroptera	0,16	0,97	1,63	17,65	26,40	7,20	3,73	16,19	12,24	2,86
% Plecoptera	0,00	0,24	0,00	0,00	0,56	12,80	10,87	3,60	14,58	18,37
% Trichoptera	7,50	2,42	6,91	7,55	14,61	5,60	26,09	19,06	10,42	8,16
% EPT	7,65	3,62	8,54	25,20	41,57	25,60	40,70	38,85	37,23	29,40
% famílias de EPT	23,33	26,09	12,50	20,69	29,17	31,82	35,48	39,39	41,38	29,03
EPT/Chironomidae	0,17	0,06	0,66	3,72	10,57	1,68	2,02	1,57	1,08	1,85
% Chironomidae	45,30	60,39	13,01	6,76	3,93	15,20	20,19	24,82	34,38	15,92
% Oligochaeta	0,01	0,04	0,24	0,07	0,11	0,00	0,00	0,01	0,01	0,07
Índice de Shannon (H')	1,17	0,83	1,27	1,03	1,32	1,41	1,55	1,62	1,65	1,54
Índice de riqueza de Margalef (I _{Mg}) (famílias)	4,08	3,65	4,18	4,01	4,43	4,35	5,19	5,69	4,70	5,45
Índice de riqueza de Margalef (I _{Mg}) (gêneros)	7,71	6,31	7,45	8,17	7,53	8,49	11,08	11,55	11,43	9,45
Equidade	0,66	0,52	0,78	0,60	0,81	0,86	0,85	0,89	0,89	0,88

*B1 a B5 – córregos de cultivos de banana; M1 a M5 – córregos de mata preservada.

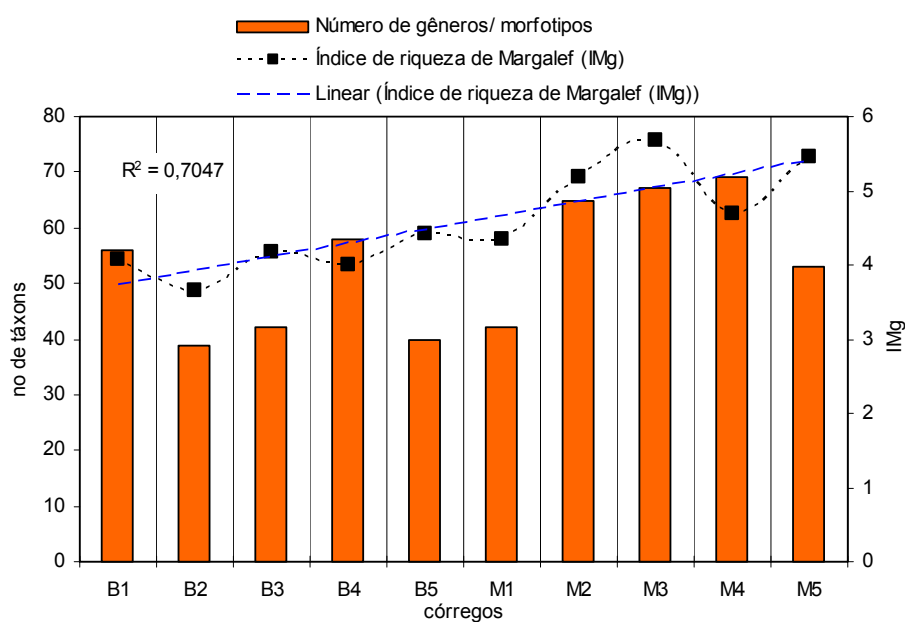


Figura 20. Número de táxons (gêneros/morfotipos) e índice de riqueza de Margalef nos córregos de áreas cultivadas (B1-B5) e de áreas florestadas (M1-M5).

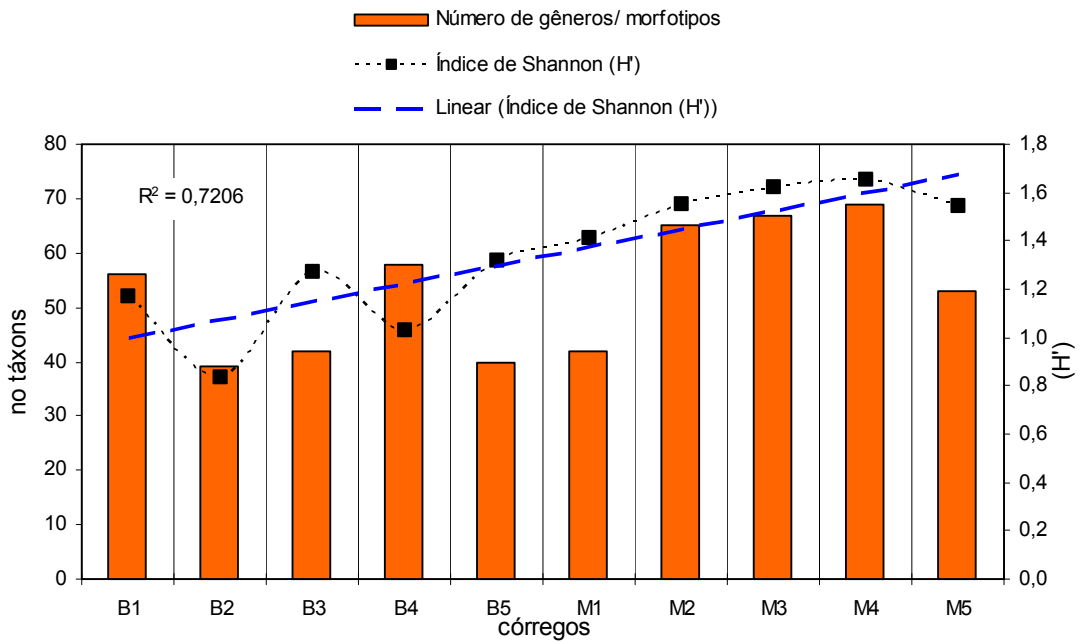


Figura 21. Número de táxons (gêneros/morfotipos) e índice de diversidade de Shannon nos córregos de áreas cultivadas (B1-B5) e de áreas florestadas (M1-M5).

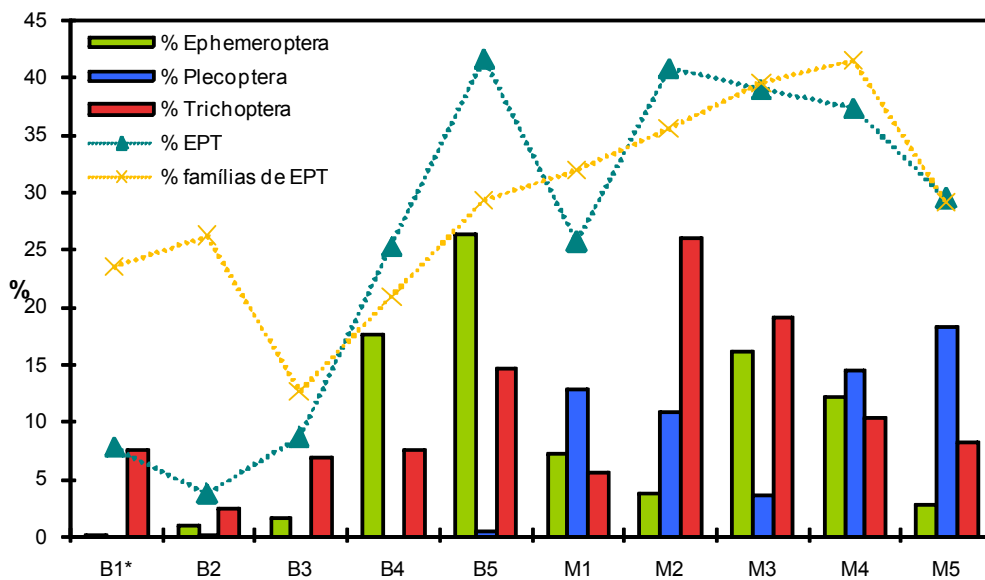


Figura 22. Participação relativa dos grupos de EPT nos córregos de áreas cultivadas (B1-B5) e de áreas florestadas (M1-M5). Coloque linhas tracejadas unindo os X e o triângulo. Se quiser pode também colocar linhas de tendência.

4.3.3. Análises Multivariadas

4.3.3.1. Famílias de macroinvertebrados

O ordenamento do índice de similaridade da estrutura faunística considerando o nível taxonômico de família, através do NMDS (Fig. 23), mostrou a separação de dois grupos dos córregos: um grupo reunindo os córregos de mata (M1 a M5), outro grupo agregando os córregos da bananicultura; estes ligeiramente separados em dois sub-grupos (B3 a B5) e (B1 e B2), correspondendo respectivamente aos córregos da região de Jacupiranga e os do município de Cajati.

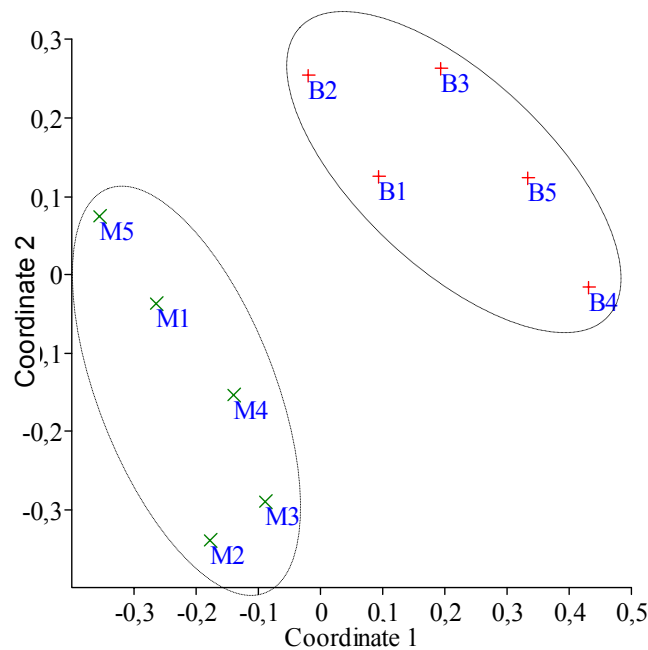


Figura 23. Ordenação obtida pelo NMDS, representando a similaridade entre as comunidades de macroinvertebrados, considerando o nível de famílias, dos córregos da região sudeste do Estado de São Paulo. Córregos de áreas cultivadas (B1-B5), de áreas florestadas (M1-M5).

Desta maneira, observa-se que a diferenciação da estrutura faunística entre os córregos com mata ripícola íntegra e os localizados nas áreas de cultivo de banana pode não estar somente relacionada com o uso do solo, mas também com a localização.

Assim, foi aplicado o teste de Mantel para avaliar a influência das distâncias geográficas, o qual mostrou alta correlação entre a estrutura faunística e as distâncias ($r= 0.71$; $p= 0.002$).

O teste parcial de Mantel, o qual retirou o efeito das distâncias entre os córregos analisados, mostrou uma alta correlação entre a influência da cultura da banana e a comunidade de macroinvertebrados ($r= 0,58$ e $p= 0,001$).

O mesmo teste aplicado às variáveis ambientais (Tab. II) e estrutura faunística, retirando o efeito da distância, mostrou baixa correlação entre as matrizes ($r= 0,08$ e $p= 0,379$), indicando que estas variáveis não tiveram efeitos significativos sobre as comunidades de macroinvertebrados.

4.3.3.2. Gêneros e morfotipos

As mesmas análises foram aplicadas considerando o nível taxonômico de gêneros/morfotipos. O ordenamento do NMDS mostrou a separação de três grupos de córregos, ao invés de dois: um grupo reunindo os córregos de mata (M1 a M5), outro agregando os córregos B4 e B5 da bananicultura, e um terceiro agrupando os córregos B1 a B3, também de áreas de cultivo de banana (Figura 24). Os dois sub-grupos formados na análise de similaridade das comunidades até nível de família não foram identificados, porém nota-se ainda uma proximidade entre os córregos B1 e B2, correspondendo aos córregos da região do município de Cajati.

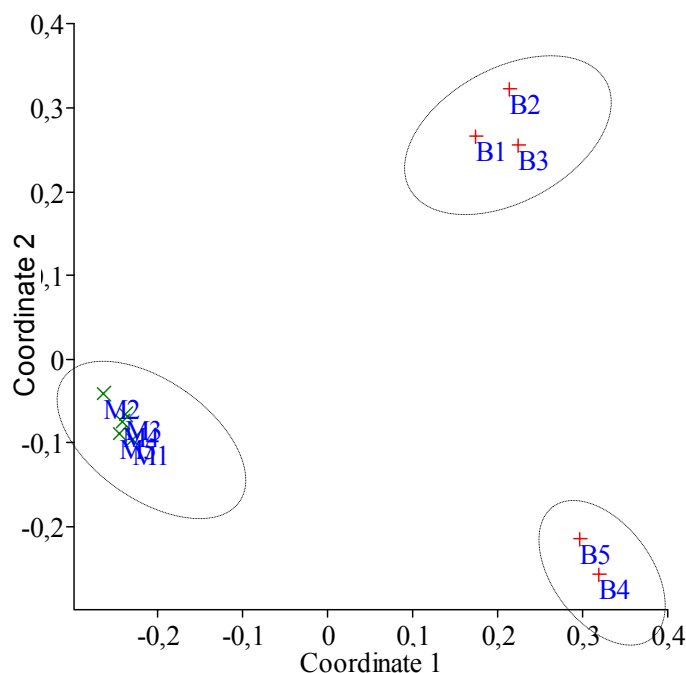


Figura 24. Ordenação obtida pelo NMDS, representando a similaridade entre as comunidades de macroinvertebrados, considerando o nível de gênero/morfotipos, dos córregos da região sudeste do Estado de São Paulo. Córregos de áreas cultivadas (B1-B5), de áreas florestadas (M1-M5).

O teste de Mantel neste nível taxonômico também mostrou alta correlação entre a estrutura faunística e as distâncias ($r= 0,78$; $p= 0,001$). Ao retirar o efeito das distâncias entre os córregos, o teste parcial de Mantel evidenciou que existe uma alta correlação entre a influência da cultura da banana e a comunidade de macroinvertebrados ($r= 0,56$ e $p= 0,001$). Este mesmo teste aplicado às variáveis ambientais (Tab. II) e à estrutura faunística, retirando-se o efeito da distância, mostrou baixa correlação entre as matrizes ($r= -0,17$ e $p= 0,16$), indicando que estas variáveis não tiveram efeitos significativos sobre as comunidades de macroinvertebrados.

5. Discussão

Os ecossistemas aquáticos são ambientes que refletem todas as características do seu entorno como a geomorfologia, a fisionomia, o clima da região, o histórico da ocupação e a escala de possíveis perturbações antrópicas nas áreas circunvizinhas. Estes sistemas aquáticos assumem funções únicas e relacionadas às características de suas bacias de drenagem, proporcionando o estabelecimento e a manutenção de suas comunidades biológicas (Wetzel & Likens, 1991).

Entretanto, essas características têm sido modificadas amplamente pelas ações antrópicas, como por exemplo as atividades resultantes da agricultura, a qual degrada estes sistemas principalmente pelo uso de substâncias como fertilizantes e agrotóxicos, os quais são carregados para os ambientes aquáticos, e pelo desmatamento da vegetação do entorno destes corpos d'água.

Neste estudo, foi verificado que os córregos das áreas de cultivos de banana do Vale do Ribeira mostraram as mesmas características em relação às quantidades de metais biodisponíveis nos sedimentos que foram, quase sempre, mais elevadas quando comparadas com as áreas de referência. Estes metais devem ser provenientes de fertilizantes utilizados no cultivo da banana e que são carregados para os córregos, uma vez que a vegetação ciliar não existe e as plantações chegam até as margens dos córregos. Estes processos podem influenciar não somente nas características físicas e químicas dos corpos d'água como também na estrutura da biota aquática.

A perda de diversidade e de organismos sensíveis pode estar relacionada com a presença de metais em concentrações elevadas nos sistemas aquáticos de bananicultura. Esta possível perda foi verificada nos córregos de áreas cultivadas em pelo menos no grupo dos Plecoptera, que são particularmente sensíveis a mudanças ambientais. Essa

relação foi observada em outras atividades agrícolas (Hirst et al., 2002; Courtney & Clements, 2002; Lenat & Crawford, 2004), porém poucos autores conseguiram explicar exatamente quais os efeitos destas substâncias nas comunidades e na fisiologia dos organismos. Clements et al. (1989) verificou que *Chimarra* sp. e *Hydropsyche morosa*, em ambientes com altas concentrações de metais, são mais vulneráveis a predadores. Maltby (1999), verificou que as brânquias são as estruturas corpóreas que mais se danificam com o aumento da quantidade de metais no ambiente, resultando na deficiência respiratória e nos mecanismos de osmorregulação.

Entre os metais que apresentaram maiores concentrações nos córregos de áreas cultivadas com banana estão o cromo e o níquel, os quais são tóxicos para a fauna do local e para humanos. O níquel, que é um elemento raro correspondendo apenas 0,01% da massa da crosta terrestre, em humanos pode causar desconforto gastrointestinal agudo, dermatites, degeneração do coração e de outros tecidos. O cromo, também raro em águas naturais, se ingerido em grandes quantidades, pode causar náuseas, diarreias, danos ao fígado e ao rim, hemorragias internas, dermatites, problemas respiratórios ou até necrose no fígado e no rim (Brigante et al., 2003). Já na fauna aquática pode ocasionar anomalias, com as observadas em larvas de Trichoptera por Leslie et al. (1999), as quais apresentaram papilas anais aumentadas e defeitos nas brânquias, devido a incapacidade de excretar estes compostos e acumulá-los nos tecidos.

Zinco, cobre, chumbo, ferro, magnésio e manganês também apresentaram em maiores concentrações nos sedimentos dos córregos das áreas de cultivo de banana. O ferro, magnésio e manganês ocorrem naturalmente nos corpos d'água e são ligeiramente tóxicos; somente o manganês quando oxidado a permanganato (MnO_4^-) é altamente tóxico podendo acarretar danos ao sistema nervoso central e cérebro (Sigel, 1986).

Apesar de ter sido identificado grandes quantidades destes metais nos córregos de bananicultura, segundo o limite estabelecido pela Cetesb (2007), o uso destas águas por humanos é permitido. Porém, vale ressaltar que os valores de referência estabelecidos pela Cetesb não são para metais biodisponíveis no sedimentos e sim valores de metais para solos.

Além das elevadas concentrações de elementos metálicos nos sistemas aquáticos, a modificação da vegetação do entorno também altera as características do ambiente aquático e da sua biota. A presença de vegetação nativa no entorno dos corpos d'água proporciona estabilidade às margens e pode gerar pequenos remansos entre suas raízes que são excelentes refúgios para peixes e macroinvertebrados. Além disso, por filtrar e absorver a radiação solar, mantém a temperatura da água estável, proporciona recursos nutricionais pela queda de folhas e frutos, sendo portanto, um importante fator na produtividade e nas relações tróficas dos ecossistemas aquáticos. Deste modo, a retirada da mata ripícola pode acarretar modificações na produtividade do local, perda da heterogeneidade de habitats e conseqüentemente perda de organismos adaptados a estes ambientes (Friberg & Winterbourn, 1997; Bis & Higler, 2001; Allan, 2004; Sweeney et al., 2004).

Estes impactos da retirada da mata de entorno dos ambientes aquáticos foram observados em numerosos trabalhos em áreas agrícolas, onde havia a retirada total da mata, como nos cultivos de soja, milho, eucalipto, cana-de-açúcar e pastos (Richards et al., 1993; Callisto et al., 2000; Corbi & Trivinho-Strixino, 2006; Larranaga et al., 2006). Nas áreas de bananicultura do presente estudo, a inexistência da vegetação ripícola também foi observada. Porém, as próprias bananeiras, por serem plantadas próximas umas as outras e próximas ao córrego proporcionam um sombreamento para o corpo d'água e recursos nutricionais através de suas folhas caídas. No intestino de larvas de

Cricotopus coletadas nas áreas de bananicultura, foi observada a presença de restos vegetais (possivelmente detritos de folhas e pseudocaulis de bananeiras), fato este que indica o uso destes materiais provenientes desta plantação como fonte de alimento para alguns indivíduos da fauna. Estas observações nas áreas de cultivo da banana pode, talvez, explicar o fato de não terem sido observadas perdas tão significativas de diversidade e de táxons como as relatadas nos estudos supracitados.

Nos corpos d'água da região estudada, o que se nota é que os córregos de áreas de cultivo de banana apresentavam leitos predominantemente arenosos, enquanto nos de áreas florestadas estes eram pedregosos sobre uma base arenosa. Este fato pode ser resultado do desmatamento, pois com o manejo do solo há além da remoção do substrato natural do entorno, processos de erosão e assoreamento que acabam homogeneizando o ambiente aquático (Roth et al., 1996; Bojsen & Jacobsen, 2003; Allan, 2004) e, conseqüentemente, refletindo na estrutura da biota aquática.

A alteração da paisagem no entorno pode ter ocasionado mudanças nas características físicas e químicas dos corpos d'água das áreas de cultivo de banana. Estas porém não apresentaram diferenças significativas em relação aos córregos florestados.

Deste modo, a modificação da paisagem pode ter sido o principal fator influenciando na estrutura faunística pois, como se nota, houve diferenças nas comunidades nos dois tipos de ambientes. Alguns táxons mais tolerantes das famílias Hydropsychidae, Chironomidae e Baetidae (Rosenberg & Resh, 1993) foram mais abundantes nos córregos de bananicultura. Ao contrário táxons mais sensíveis e típicos de córregos florestados (Rosenberg & Resh, 1993), foram mais representativos nos córregos preservados, como por exemplo, as famílias de Plecoptera, Leptophebiidae, Leptoceridae, Helicopsychidae e Paleomonidae.

Courtney & Clements (2002) verificaram que na região sudoeste do Colorado (EUA), as famílias Hydropsychidae e Chironomidae eram mais abundantes nos córregos onde havia maior concentração de metais, e que nos córregos com menor concentração de metais, organismos sensíveis eram mais representativos.

Muitos grupos sensíveis também foram encontrados nos córregos de áreas de cultivo de banana, como Leptohyphidae e outras famílias do grupo EPT. Entretanto, analisando as métricas da fauna se nota uma tendência do aumento do número de táxons e indivíduos destes grupos nos córregos de áreas florestadas. A mesma tendência foi observada nos resultados das outras métricas envolvendo diversidade, riqueza e equidade.

Através da análise de ordenamento NMDS, pode-se verificar que houve diferença da estrutura faunística entre os córregos das fazendas de banana e os córregos das áreas de florestadas. Diferenças entre as comunidades de macroinvertebrados de córregos em áreas de bananicultura e córregos preservados também foram registradas por Castillo et al. (2006). Estas provavelmente, ocorreram por diferenças na porcentagem de EPT, na relação EPT/Chironomidae e no índice de similaridade de Jaccard. Os autores porém, relacionam as diferenças a causas incertas, como a variação natural das comunidades e ao uso de pesticidas.

O teste de Mantel indicou o fator regional (localização dos córregos) como um dos possíveis fatores que determinaram as diferenças na estrutura faunística. Nally et al. (2006) também observou uma correlação entre as características regionais e a estrutura faunística de rios do sudeste da Austrália; outros estudos mostram que as variáveis hidráulicas são importantes na determinação da estrutura faunística de sistemas lóticos (Danehy et al., 1999; Rempel et al., 2000). Entretanto, a autocorrelação espacial observada neste estudo não foi o único fator determinante, pois a análise de parcial de

Mantel (desconsiderando as distâncias entre os córregos) indicou que o cultivo de banana também pode estar influenciando na estruturação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos. Fatores como poluição, cobertura vegetal e ordem do rio, entre outros, independente da distância geográfica, podem influenciar na diversidade beta de córregos, como observado por Diniz-Filho et al. (1998) na região central do Brasil (Goiás).

A influência de outros fatores como, por exemplo, as variáveis ambientais não foram identificadas nas análises de Mantel Parcial. Desta maneira, os resultados e os testes apontam para distância geográfica e o cultivo de banana como os principais fatores determinantes da estrutura das comunidades de macroinvertebrados aquáticos dos córregos dessas áreas. Todavia estudos complementares sobre a influência de outras variáveis ambientais são necessários.

6. Conclusões

- As concentrações de metais biodisponíveis nos sedimentos foram, no geral, mais elevadas nos córregos de áreas de cultivo de banana; cromo e níquel, foram os metais que apresentaram valores bem mais elevados nos córregos alterados pelo homem, quando comparados com os córregos florestados.
- Os táxons mais sensíveis e típicos de córregos florestados, como por exemplo, Gripopterygidae, Perlidae, Leptophebiidae, Leptoceridae, Helicopsychidae e Palaemonidae foram mais representativas nos córregos preservados. Alguns táxons considerados mais tolerantes como as famílias Hydropsychidae, Chironomidae e Baetidae foram mais abundantes nos córregos de bananicultura.
- As métricas aplicadas às comunidades dos córregos analisados que apontaram maiores diferenças entre os dois conjuntos faunísticos foram: maior número de táxons, maior número de táxons sensíveis e maiores valores de diversidade, riqueza e equidade nos córregos de áreas florestadas.
- O ordenamento NMDS indicou que houve diferença da estrutura faunística entre os córregos das fazendas de banana e os córregos das áreas de florestadas.
- As outras análises multivariadas apontaram o fator regional (localização dos córregos) e o cultivo da banana como os possíveis fatores que determinaram as diferenças na estrutura faunística dos córregos analisados.

7. Referências Bibliográficas

AGUIAR, L.H.; DE CORREA, C.F.; MORAES, G. Efeitos do pesticida organofosforado methyl parathion (Folidol 600^R) sobre o metabolismo e atividade de colinesterases do teleósteo de água doce, *Brycon cephalus* (Matrinxã) (Günther, 1869). In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; BOTTA-PASCHOAL, C. M.R.; ROCHA, O.; BOHRER, M.B.C.; OLIVEIRA-NETO, A.L. (Eds.). **Ecotoxicologia perspectivas para o século XXI**. São Paulo: Rima editora, 2000. p.115-126.

ALLAN, J.D.; ERICKSON, D.L.; FAY, J. The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. **Freshwater Biol.**, 37:149-161, 1997.

ALLAN, J.D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, 35:257-284, 2004.

ALVES, E.J. **Cultivo de Bananeira tipo terra**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. 176p.

BACHMANN, A.O. Claves para determinar las familias, las subfamilias y los generos de Hydrophiloidea acuaticos, y las especies de Hydrophilinae, de la Republica Argentina (Coleoptera). **Rev. Soc. Entomol. Argent.**, 40:1-9, 1981.

BENETTI, C. J; CUETO, J.A.R.; FIORENTIN, G.L. Gêneros de Hydradephaga (Coleoptera: Dytiscidae, Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae) citados para o Brasil, com chaves de identificação. **Biota Neotrop.**, 3:1-20, 2003.

BENETTI, C.J; FIORENTIN, G.L; CUETO, J.A.R; NEISS, U.G. Chaves de identificação para famílias de coleópteros aquáticos ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. **Neotrop. Biol. Conserv.**, 1:24-28, 2006.

BIS, B.; HIGLER, W.G. Riparian vegetation of streams and the macroinvertebrate community structure. **Ecohydrol. Hydrobiol.**, 1:253-260, 2001.

BISPO, P. **Estudo de comunidades de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) em riachos do Parque Estadual Intervales, Serra de Paranapiacaba, Sul do Estado de São Paulo.** 2002. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

BONNET, E.; PEER, Y.V. zt: A software tool for simple and partial Mantel tests. **J. Stat. Software**, 7:1-12, 2002.

BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G.; SOUZA, L.S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E.J. (Ed.) **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais.** Brasília: Embrapa-SPI, 1997. p.197-260.

BOJSEN, B.H.; JACOBSEN, D. Effects of deforestation on macroinvertebrate diversity and assemblage structure in Ecuadorian Amazon streams. **Arch. Hydrobiol.**, 158:317-342, 2003.

BRABEC, K.; ZAHŘÁDKOVÁ, S.; NEMEJCOVÁ, D.; PARIL, P., KROKES, J.; JARKOVSKÝ, J. Assessment of organic pollution effect considering differences between lotic and lentic habitats. **Hydrobiologia**, 516:331-346, 2004.

BRANDIMARTE, A.L.; ANAYA, M.; SHIMIZU, G.Y. Comunidades de invertebrados bentônicos nas fases pré- e pós-enchimento em reservatórios: um estudo de caso no reservatório de aproveitamento múltiplo do rio Mogi-Guaçu (SP). In: Henry, R. (Ed.) **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDIBIO/FAPESP, 1999. p.375-408.

BRIGANTE, J.; SILVA, M.R.C.; QUEIROZ, L.A.; COPPI, E. Quantificação de metais na água e no sedimento do Rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPINDOLA (Eds.) **Limnologia fluvial: Um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: Rima, 2003. p.85-120.

BRINCKHURST, R.O.; MARCHESE, M.R. **Guía para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centroamérica**. Santo Tome: Asociación Ciencias Naturales del Litoral, 1991. 207p.

BROWN, H. P. A key to the Dryopid genera of the New World (Coleoptera, Dryopoidea). **Entomol. News**, 81:171-175, 1970.

CAIRNS JR., J.; DICKSON, K.L. A simple method for the biological assessment of effects of waste discharges on aquatic bottom-dwelling organisms. **J. Water Pollut. Control Fed.**, 43:755-72, 1971.

CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R.; MORENO, P. Macrobenthic diversity on different habitats in an altitudinal lake surrounded by *Eucalyptus* plantations and secondary Atlantic Forest (southeast Brazil). **Acta Limnol. Bras.**, 12:55-61, 2000.

CASTILLO, L.E.; RUEPERT, C.; SOLIS, E. Pesticide residues in the aquatic environment of banana plantation areas in the North Atlantic Zone of Costa Rica. **Environ. Toxicol. Chem.**, 19:1942–1950, 2000.

CASTILLO, L.E.C.; MARTINEZ, E.; RUEPERT, C.; SAVAGE, C.; GILEK, M.; PINNOCK, M.; SOLIS, E. Water quality and macroinvertebrate community response following pesticide applications in a banana plantation, Limon, Costa Rica. **Sci. Total Environ.**, 367:418-432, 2006.

CETESB. Decisão de diretoria nº 195 - 2005. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios.asp>>. Acesso em: 25 de maio de 2007.

CLEMENTS, W.H.; CHERRY, D.S.; CAIRNS JR, J. The influence of copper exposure on predator-prey interactions in aquatic insect communities. **Freshwater Biol.**, 21:483-488, 1989.

CORBI, J.J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Influence of taxonomic resolution of stream macroinvertebrate communities on the evaluation of different land uses. **Acta Limnol. Bras.**, 18:469-475, 2006.

COSTA, J.M.; SOUZA, L.O.I.; OLDRINI, B.B. Chave de identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: Comentários e Registros Bibliográficos (Insecta, Odonata). **Publ. Avul. Mus. Nac.**, 99:3-42, 2004.

COSTA, C.; IDE, S. Coleoptera. In: COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C.E. (Eds.). **Insetos Imaturos: Metamorfose e Identificação**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2006. p.107-145.

COURTNEY, L.A.; CLEMENTS, W.H. Assessing the influence of water and substratum quality on benthic macroinvertebrate communities in metal-polluted stream: an experimental approach. **Freshwater Biol.**, 47:1766-1778, 2002.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: BCD União de Editoras S.A., 2000. 292p.

DA-SILVA, E.R.; SALLES, F.F.; BATISTA, M.S. As brânquias dos gêneros de Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. **Biota Neotrop.**, 2:1-4, 2002.

DANEHY, R.J.; RINGLER, N.H.; RUBY, R.J. Hydraulic and geomorphic influence on macroinvertebrate distribution in the headwaters of a small watershed. **J. Freshwater Ecol.**, 14:79–91, 1999.

DE PAULA, F.C. F.; MOZETO, A.A. Biogeochemical evolution of trace elements of a pristine watershed at the Brazilian southeastern coast. **Appl. Geochem.**, 16:1139-1151, 2001.

DIAS, L.G.; SALLES, F.F.; FRANCISCHETTI, C.N.; FERREIRA, P.S.F. Key to the genera of Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) from Brazil. **Biota Neotrop.**, 6:1-6, 2006.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; OLIVEIRA, L.G.; SILVA, M.M. Explaining the beta diversity of aquatic insects in “Cerrado” streams from Central Brazil using multiple Mantel test. **Rev. Bras. Biol.**, 58:223-231, 1998.

DOMÍNGUEZ, E.; HUBBARD, M.D.; PESCADOR, M.L. Los Ephemeroptera em Argentina. In: CASTELLANOS, Z.A.; COSCARÓN, S.; MIGUEL, S. (Eds.). **Fauna de agua dulce de la República Argentina**. Buenos Aires: FECIC, 1994. p.1-142.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA TROPICAL. **Perguntas e Respostas:**

Banana.

Disponível

em:

<http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostas-banana.php#pos>.

Acesso em: 19 de fevereiro de 2007.

FERNANDES, H.R.; DOMINGUEZ, E. **Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Tucumán: Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán, 2001. 282p.

FONTOURA, A.P. **Manual de vigilância da qualidade das águas superficiais. Avaliação biológica da qualidade da água**. Porto-Portugal: Faculdade de Ciências – Universidade do Porto, 1985. 38p.

FRANCISCO, F.C. **Agricultura e meio ambiente: um estudo sobre a sustentabilidade ambiental agrícola na região de Ribeirão Preto (SP)**. 1996. Tese (Doutorado em Geografia Organização do Espaço), Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 1996.

FRIBERG, N.; WINTERBOURN, M.J. Effects of native and exotic forest on benthic stream biota in New Zealand: a colonization study. **Mar. Freshwater Res.**, 48:267-275, 1997.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH). Disponível em:

<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh_index.exe?lwgactw=130.72004158598628>.

Acesso em: 20 de maio de 2007.

HAUER, F.R.; RESH, V.H. Benthic Macroinvertebrates. In: HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. **Methods in Stream Ecology**. London: Academic Press, 1996. p.339-369.

HIRST, H.; INGRID JUTTNER, I.; ORMEROD, S.J. Comparing the responses of diatoms and macro invertebrates to metals in upland streams of Wales and Cornwall. **Freshwater Biol.**, 47:1752–1765, 2002.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Série Informações Estatísticas da Agricultura (2005). Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/anoario.php>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2007.

KLEINE, P.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream: community response after habitat fragmentation. **Acta Limnol. Bras.**, 17:81-90, 2005.

KERSTEN, M.; FORSTNER, U. **Trace element speciation: analytical methods and problems**. Boca Raton: CRC Press, 1989. 216p.

KREBS, C.J. **Ecological Methodology**. Nova York: Harper & Row, 1999. 620p.

LARRANAGA, A.; LARRANAGA, S.; BASAGUREN, A.; ELOSEGI, A.; POZO, J. Assessing impact of eucalyptus plantations on benthic macroinvertebrate communities by a litter exclusion experiment. **Ann. Limnol.- Int. J. Lim.**, 42:1-8, 2006.

LEGENDRE, P.; DALE, M.T.; FORTIN, M.J.; GUREVITCH, J.; HOHN, M.; MYERS, D. The consequences of spatial structure for design and analysis of ecological field surveys. **Ecography**, 25:601-615, 2002.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling.** New York: Elsevier, 1998. 868p.

LESLIE, H.A.; PAVLUK, T.I.; VAATE, A.; KRAAK, M.H.S. Triad Assessment of the Impact of Chromium Contamination on Benthic Macroinvertebrates in the Chusovaya River (Urals, Russia). **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, 37:182–189, 1999.

LENAT, D.R.; CRAWFORD, J.K. Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams. **Hydrobiologia**, 294:185-199, 2004.

LIMA, J.C. **Os bananeiros de Itanhaém: relações de trabalho na cultura da banana.** 1983. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1983.

LLOYD, N.J.; NALLY, R.M.; LAKE, P.S. Spatial autocorrelation of assemblages of benthic invertebrates and its relationship to environmental factors in two upland rivers in southeastern Australia. **Diversity Distrib.**, 11:375–386, 2005.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificações e fatos.** São Paulo: Produquímica, 1994. 153p.

MAGALHÃES, N.W. **Descubra o Lagumar**. São Paulo: Terragraph Artes e Informática S/C Ltda, 1998. 105p.

MALTBY, L. Studying stress: the importance of organism-level responses. **Ecol. Appl.**, 9:431-440, 1999.

MANZO, V. Key to the South America genera of Elmidae (Insecta: Coleoptera) with distributional data. **Stud. Neotrop. Fauna Environ.**, 40:201-208, 2005.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. **An introduction to aquatic insects of North America**. Dudaque: Kendall/Hunt, 1996. 862 p.

METCALFE, J.L. Biological Water Quality Assessment of Running Waters based on macroinvertebrates community: History and present status in Europe. **Environ. Pollut.**, 60:101-139, 1989.

MEYBECK, M.; HELMER, R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring**. Cambridge: University Press, 1996. 651p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Agenda 21 Brasileira. Área temática: Agricultura Sustentável**. São Paulo: Consórcio Museu Emilio Goeldi/USP-PROCAM/ATECH, 1999. 130 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agricultura Sustentável**. Brasília: Consórcio Museu Emílio Goeldi, 2000. 190p.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403:853-858, 2000.

NALLY, R.M.; LLOYD, N.J.; LAKE, P.S. Comparing patterns of spatial autocorrelation of assemblages of benthic invertebrates in upland rivers in south-eastern Australia. **Hydrobiologia**, 571:147-156, 2006.

NEGREIROS, S. CETESB conclui inventário e prepara plano de ação. **Saneamento Amb.**, 46:30-34, 1997.

NEVES, E.M.; DAYOUB, M.; DRAGONE, D.S. Análise da demanda por defensivos pela fruticultura brasileira. **Rev. Bras. Frutic.**, 24:694-696, 2002.

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

OLIVEIRA, R.M.S.; TORNISIELO, V.L. Determinação de resíduos organoclorados no leite bovino na bacia do Cerveiro, Piracicaba, SP. In: VI ENCONTRO DE ECOTOXICOLOGIA, 2000, São Carlos. **Anais...** São Paulo: Rima, 2000. 95p.

PES, A.M.O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L. Chaves de identificação de larvas para família e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Rev. Bras. Entomol.**, 49:181-204, 2005.

PRINGLE, C.M.; FREEMAN, M.C.; FREEMAN, B.J. Regional effects of hydrologic alterations on riverine macrobiota in the New World: tropical-temperate comparisons. **BioSci.**, 50:807-823, 2000.

RICHARDS, C.; HOST, G.E.; ARTHUR, J.W. Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrates communities within a large agricultural catchment. **Freshwater Biol.**, 29:285-294, 1993.

REMPEL, L.; RICHARDSON, S.; HEALEY, C. Macroinvertebrate community structure along gradients of hydraulic and sedimentary conditions in a large gravel-bed river. **Freshwater Biol.**, 45:57-73, 2000.

ROMEIRO, A.R. **Meio Ambiente e Dinâmica de Inovações na Agricultura**. São Paulo: FAPESP/ANNABLUME, 1998. 272p.

ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. 488p.

RUSSEL, B.R.; WARD, J.V. Influence of regulation on environmental conditions and the macroinvertebrate community in the Colorado River. **Regul. Rivers**, 2:597-618, 1988.

ROTH, N.E.; ALLAN, J.D.; ERICKSON, E.L. Landscape influences on stream biotic integrity assessed at multiple spatial scales. **Landscape Ecol.**, 11:141-156, 1996.

SALLES, F.F.; DA-SILVA, E.R.; SERRÃO, J.E.; FRANCISCHETTI, C.N. Baetidae (Ephemeroptera) na região sudeste do Brasil: novos registros e chave para gêneros no estágio ninfal. **Neotropical Entomol.**, 33: 725-735, 2004.

SANTOS, A. **Distribuição de metais no reservatório de captação de água superficial Anhumas – Américo Brasiliense-SP**. 1999. Dissertação (Mestrado em Química Analítica). Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO. **Divisão do Planejamento do Litoral. Macrozoneamento do complexo estuarino-lagunar de Iguape e Cananéia: plano de gerenciamento costeiro.** São Paulo: SMA , 1990. 158p.

SIGEL, H. **Metal ions in biological systems. Concepts on metal ion toxicity.** New York: Marcel Dekker Inc., 1986. 386p.

SILVA, S.F. **Avaliações das alterações ambientais na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Piçarrão, Campinas-SP.** 2000. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2000.

SILVA, S.; TASSARA, H. **Frutas Brasil Frutas.** São Paulo: Empresa das Artes, 2005. 321p.

SIQUEIRA, G.W.; BRAGA, E.S. Avaliação da dinâmica e da biodisponibilidade de Zn, Ni, Co e Pb para a biota a partir de sedimentos da Plataforma Continental do Amapá, Nordeste da Amazônia. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; BOTTA-PASCHOAL, C.M.R.; ROCHA, O.; BOHRER, M.B.C.; OLIVEIRA-NETO, A.L. (Eds.). **Ecotoxicologia perspectivas para o século XXI.** São Paulo: Rima. 2000. p. 241-265.

SOUZA, K.C.M. **Aspectos técnicos e ergonômico da colheita e pós colheita da banana (*Musa cavendishii*): um estudo de caso na região do Vale do Ribeira.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

SWEENEY, B.W.; BOTT, T.L.; JACKSON, J.K.; KAPLAN, L.A.; NEWBOLD, J.D.; STANDLEY, L.J.; HESSION, W.C.; HORWITZ, R.J. Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. **PNAS**, 101:14132-14137, 2004.

THORNE, R.S.J.; WILLIAMS, W.P. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. **Freshwater Biol.**, 37:671-686, 1997.

TOMAN, M.J.; STEINMAN, F. **Biological assessment of stream water quality: theory, application and comparison of methods**. Ljubljana: University of Ljubljana, 1995. 145 p.

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

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Díptera do Estado de São Paulo: guia de identificação de diagnose dos gêneros**. São Carlos: PPG-ERN/UFSCar, 229 p., 1995.

WARD, J.V. **Aquatic Insect Ecology: biology and habitat**. Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1992. 438 p.

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological Analysis**. New York: Springer - Verlag, 1991. 391p.

WHITFIELD, J. Vital signs. **Nature**, 411:989-990, 2001.

WIDERHOLM, T. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part I – Larvae. **Entomol. Scandinavica Suppl.**, 1983. 457p.

WIGGINS, G.B. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)**. Toronto: University of Toronto Press, 1996. 401 p.

WILHM, J.L. Comparison of some diversity indices applied to populations of benthic macroinvertebrates in stream receiving organic wastes. **J. Wat. Pollut. Control Fed**, 39:1671-1682, 1967.

WOOD, P.J.; ARMITAGE, P.D. Biological effects of fine sediment in the lotic environment. **Environ. Manage.**, 21:203-217, 1997.

Anexos

Tabela I. Número de indivíduos e participação (%) dos táxons de Coleoptera nos córregos de áreas de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.

	B1	B2	B3	B4	B5	TOTAL	%
Chrysomelidae	-	-	-	1	-	1	0,03
Curculionidae	-	-	1	3	-	4	0,13
Dryopidae							
Dryopidae ssp.	31	1	2	-	-	34	1,09
<i>Pelonomus</i>	-	-	1	-	-	1	0,03
Elmidae							
Elmidae ssp.	-	1	2	-	-	3	0,10
<i>Austrolimnius</i>	24	2	-	-	-	26	0,83
<i>Cylloepus</i>	-	-	-	1	1	2	0,06
<i>Heterelmis</i>	213	16	16	3	20	268	8,59
<i>Hexacylloepus</i>	2	1	25	3	1	32	1,03
<i>Xenelmis</i>	149	91	-	-	-	240	7,69
Hydraenidae							
Hydraenidae ssp.	-	-	-	-	1	1	0,03
<i>Hydraena</i>	-	-	1	-	-	1	0,03
Hydrophilidae ssp.	1	-	-	2	-	3	0,10
<i>Berosus</i>	-	-	-	32	-	32	1,03
<i>Paracymus</i>	13	1	7	-	-	21	0,67
Hydroscaphidae	-	-	1	-	-	1	0,03
Psephenidae							
Psephenidae ssp.	2	-	-	-	-	2	0,06
<i>Ectopria</i>	2	1	-	-	-	3	0,10
Scirtidae							
Scirtidae ssp.	-	-	-	-	1	1	0,03
<i>Scirtes</i>	-	1	-	-	-	1	0,03
Staphylinidae	4	-	-	-	-	4	0,13
TOTAL	442	115	56	45	24	682	21,86

Tabela II. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Coleoptera nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.

	M1	M2	M3	M4	M5	TOTAL	%
Chrysomelidae	-	-	2	-	1	3	0,22
Dryopidae							
Dryopidae ssp.	2	5	-	-	-	7	0,52
Elmidae							
Elmidae ssp.	-	-	2	-	1	3	0,22
<i>Austrolimnius</i>	-	1	-	-	-	1	0,07
<i>Cylloepus</i>	-	1	-	-	-	1	0,07
<i>Dubiraphia</i>	-	1	-	-	-	1	0,07
Elmidae sp.1	2	-	-	4	-	6	0,44
<i>Heterelmis</i>	18	21	23	12	16	90	6,65
<i>Hexacylloepus</i>	10	11	12	6	14	53	3,91
<i>Macrelmis</i>	2	11	-	-	-	13	0,96
<i>Neoelmis</i>	-	8	-	-	-	8	0,59
<i>Phanocerus</i>	-	3	-	-	-	3	0,22
<i>Promoresia</i>	-	1	-	-	-	1	0,07
Gyrinidae	-	1	-	-	-	1	0,07
Hydraenidae							
Hydraenidae ssp.	-	-	-	-	1	1	0,07
Hydrophilidae							
Hydrophilidae ssp.	-	1	-	-	-	1	0,07
<i>Derallus</i>	-	-	-	-	6	6	0,44
<i>Paracymus</i>	-	3	-	-	-	3	0,22
Lutrochidae							
<i>Lutrochus</i>	-	2	-	-	-	2	0,15
Psephenidae							
<i>Ectopria</i>	1	-	-	-	-	1	0,07
<i>Psephenus</i>	-	-	-	-	2	2	0,15
Scirtidae							
Scirtidae ssp.	-	-	-	2	-	2	0,15
<i>Cyphon</i>	-	2	1	3	-	6	0,44
<i>Prionocyphon</i>	-	1	-	2	2	5	0,37
<i>Scirtes</i>	-	-	-	-	1	1	0,07
TOTAL	35	73	40	29	45	222	16,40

Tabela III. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Odonata nos córregos de áreas de banicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.

	B1	B2	B3	B4	B5	TOTAL	%
Calopterygidae	-	1	-	-	3	4	0,13
Coenagrionidae							
Coenagrionidae ssp.	-	-	-	2	-	2	0,06
<i>Argia</i>	-	-	-	3	-	3	0,10
Libellulidae							
<i>Brechmorhoga</i>	4	2	1	9	3	19	0,61
Libellulidae ssp.	1	-	2	9	3	15	0,48
<i>Macrothemis</i>	1	-	-	1	-	2	0,06
<i>Planiplax</i>	-	-	-	2	1	3	0,10
Megapodagrionidae							
<i>Oxystigma</i> sp.	1	-	-	-	-	1	0,03
TOTAL	7	3	3	26	10	49	1,57

Tabela IV. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Odonata nos córregos de áreas florestadas da região sudeste do Estado de São Paulo.

	M1	M2	M3	M4	M5	TOTAL	%
Coenagrionidae							
<i>Argia</i>	-	-	2	-	2	4	0,30
Gomphidae							
Gomphidae ssp.	-	-	1	-	-	1	0,07
<i>Cacoides</i>	1	-	-	-	-	1	0,07
<i>Gomphoides</i>	-	2	-	-	-	2	0,15
<i>Progomphus</i>	-	-	-	2	-	2	0,15
Megapodagrionidae							
<i>Oxystigma</i> sp.	1	1	1	6	3	12	0,89
TOTAL	2	3	4	8	5	22	1,62

Tabela V. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Plecoptera nos córregos de banicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.

	B1	B2	B3	B4	B5	TOTAL	%
Gripopterygidae							
<i>Grypopteryx</i>	-	1	-	-	-	1	0,03
<i>Tupiperla</i>	-	-	-	-	1	1	0,03
TOTAL	-	1	-	-	1	2	0,06

Tabela VI. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Plecoptera nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.

	M1	M2	M3	M4	M5	TOTAL	%
Gripopterygidae							
Gripopterygidae ssp.	1	-	-	1	18	2-	1,48
<i>Tupiperla</i>	13	-	-	29	14	56	4,13
<i>Paragrypopteryx</i>	2	1	3	21	9	36	2,66
Perlidae							
Perlidae sp.	-	1	-	-	-	1	0,07
<i>Anacroneuria</i>	-	20	7	3	2	32	2,36
<i>Kempnyia</i>	-	13	-	2	2	17	1,25
TOTAL	16	35	10	56	45	162	11,96

Tabela VII. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Diptera nos córregos de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.

	B1	B2	B3	B4	B5	TOTAL	%
Ceratopogonidae	20	4	3	5	2	34	1,09
Chironomidae							
<i>Ablabesmyia</i>	-	-	-	3	-	3	0,10
<i>Beardius</i>	-	-	-	-	1	1	0,03
<i>Corynoneura</i>	5	5	2	2	-	14	0,45
<i>Cricotopus</i>	285	196	20	2	1	504	16,15
<i>Cryptochironomus</i>	-	-	-	2	-	2	0,06
<i>Djalmabatista</i>	1	1	1	-	-	3	0,10
<i>Endotribelos</i>	1	-	-	1	-	2	0,06
<i>Fittkauimyia</i>	-	-	-	1	-	1	0,03
<i>Gymnometriocnemus</i>	13	-	1	-	-	14	0,45
<i>Labrundinia</i>	-	-	-	1	-	1	0,03
<i>Larsia</i>	-	-	-	11	-	11	0,35
<i>Lopescladius</i>	1	1	-	-	-	2	0,06
<i>Metriocnemus</i>	5	-	1	1	-	7	0,22
<i>Onconeura</i>	91	34	3	1	-	129	4,13
Orthoclaadiinae sp.1	4	-	-	-	-	4	0,13
Orthoclaadiinae sp.2	-	1	-	-	-	1	0,03
<i>Parametriocnemus</i>	113	7	4	1	1	126	4,04
<i>Parasmittia</i>	2	-	-	-	-	2	0,06
<i>Paraphaenocladus</i>	6	-	-	-	-	6	0,19
<i>Pentaneura</i>	1	-	-	40	1	42	1,35
<i>Polypedilum</i> (gr. fallax)	-	-	-	-	1	1	0,03
<i>Rheotanytarsus</i>	3	3	-	-	1	7	0,22
<i>Tanytarsus</i>	1	-	-	-	1	2	0,06
<i>Thienemanniella</i>	-	1	-	3	-	4	0,13
<i>Xestochironomus</i>	18	1	-	-	-	19	0,61
Empididae	12	6	-	2	1	21	0,67
Psychodidae	1	-	-	-	1	2	0,06
Simuliidae							
<i>Lutzsimulium</i> sp.	-	-	5	-	-	5	0,16
<i>Lutzsimulium hirticosta</i>	1	1	17	7	14	40	1,28
<i>Simulium</i> sp.	5	1	2	2	2	12	0,38
<i>Simulium</i> (<i>Inaequalium</i>) sp.	-	-	1	-	10	11	0,35
<i>Simulium exiguum</i>	-	-	1	-	-	1	0,03
<i>Simulium lutzianum</i>	-	-	1	-	-	1	0,03
<i>Simulium subpallidum</i>	6	-	-	-	-	6	0,19
Stratiomyidae	2	-	-	-	-	2	0,06
Tabanidae	-	-	-	4	-	4	0,13
Tipulidae	13	-	-	1	1	15	0,48
TOTAL	610	262	62	90	38	1062	34,04

Tabela VIII. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Diptera nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.

	M1	M2	M3	M4	M5	TOTAL	%
Ceratopogonidae	3	2	8	8	8	29	2,14
Chironomidae							
<i>Ablabesmyia</i>	2	-	2	-	-	4	0,29
<i>Beardius</i>	-	1	-	3	-	4	0,29
<i>Caladomyia</i>	1	2	3	14	-	20	1,48
Chironomini sp.1	-	-	1	-	-	1	0,07
<i>Chironomus</i>	-	-	-	3	1	4	0,29
<i>Corynoneura</i>	-	2	1	6	3	12	0,89
<i>Djalmabatista</i>	-	-	1	-	-	1	0,07
<i>Endotribelos</i>	1	8	12	11	4	36	2,66
<i>Gymnometriocnemus</i>	-	-	-	2	4	6	0,44
<i>Larsia</i>	-	-	1	5	-	6	0,44
<i>Lopescladius</i>	1	5	2	2	-	1-	0,74
<i>Nanocladius</i>	1	-	-	2	-	3	0,22
<i>Onconeura</i>	1	4	1	6	2	14	1,03
Orthoclaadiinae sp.1	-	-	1	-	-	1	0,07
<i>Parametriocnemus</i>	2	7	-	3	2	14	1,03
<i>Paratendipes</i>	-	4	3	3	1	11	0,81
<i>Phaenopsectra</i>	2	1	1	5	-	9	0,66
<i>Polypedilum (Tripodura)</i>	4	6	-	2	-	12	0,89
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i>	2	8	7	6	7	30	2,21
<i>Polypedilum (gr. fallax)</i>	-	1	-	-	-	1	0,07
<i>Pentaneura</i>	-	-	4	18	-	22	1,62
Pseudochironomini sp.1	-	-	1	2	-	3	0,22
Pseudochironomini sp.2	-	-	1	2	1	4	0,29
<i>Rheotanytarsus</i>	-	5	13	23	-	41	3,03
<i>Stenochironomus</i>	1	4	6	5	12	28	2,07
<i>Tanytarsus</i>	1	2	7	9	1	20	1,48
<i>Thienemanniella</i>	-	5	1	-	1	7	0,52
Empididae	-	-	-	-	3	3	0,22
Ephydriidae	-	-	1	-	-	1	0,07
Simuliidae							
<i>Lutzsimulium hirticosta</i>	-	-	1	-	-	1	0,07
<i>Simulium</i> sp.	1	1	2	11	1	16	1,18
<i>Simulium (Inaequalium)</i> sp.	7	-	-	-	-	7	0,52
<i>Simulium lutzianum</i>	-	-	-	-	9	9	0,66
<i>Simulium travessosis</i>	2	-	-	-	-	2	0,15
Tabanidae	-	-	-	-	1	1	0,07
Tipulidae	2	8	3	7	2	22	1,62
TOTAL	34	76	84	158	63	415	30,65

Tabela IX. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Ephemeroptera nos córregos de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.

	B1	B2	B3	B4	B5	TOTAL	%
Caenidae							
<i>Caenis</i>	-	-	-	41	-	41	1,31
Baetidae							
Baetidae ssp,	-	-	-	2	2	4	0,13
<i>Americabaetis</i>	2	2	-	35	1-	49	1,57
<i>Americabaetis</i> aff,	-	-	4	3-	-	34	1,09
<i>Baetodes</i>	-	2	-	-	3	5	0,16
<i>Paracloeodes</i>	-	-	-	2	-	2	0,06
Leptohyphidae							
Leptohyphidae ssp,	-	-	-	1	-	1	0,03
<i>Traverhyphes</i>	-	-	-	62	31	93	2,98
Leptophlebiidae							
<i>Farrodes</i>	-	-	-	3	-	3	0,10
<i>Miroculis</i>	-	-	-	4	1	5	0,16
TOTAL	2	4	4	180	47	237	7,60

Tabela X. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Ephemeroptera nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.

	M1	M2	M3	M4	M5	TOTAL	%
Ephemeroptera ssp.	-	-	13	-	-	13	0,96
Baetidae							
Baetidae ssp.	-	-	-	1	-	1	0,07
<i>Americabaetis</i>	-	1	-	1	-	2	0,15
<i>Cryptonympha</i>	-	1	-	3	-	4	0,30
Caenidae							
<i>Caenis</i>	-	-	-	1	-	1	0,07
Euthyplociidae							
<i>Campylocia</i>	-	3	4	-	-	7	0,52
Leptohyphidae							
<i>Tricorythopsis</i>	-	2	-	-	-	2	0,15
Leptophlebiidae							
Leptophlebiidae ssp.	-	-	-	1	4	5	0,37
<i>Askola</i>	-	-	9	5	2	16	1,18
<i>Farrodes</i>	2	-	3	6	-	11	0,81
<i>Hylister</i>	-	1	-	3	-	4	0,30
<i>Leptohyphes</i>	-	-	-	-	1	1	0,07
<i>Miroculis</i>	7	-	16	26	-	49	3,62
<i>Thraulodes</i>	-	4	-	-	-	4	0,30
TOTAL	9	12	45	47	7	120	8,86

Tabela XI. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Trichoptera nos córregos de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.

	B1	B2	B3	B4	B5	TOTAL	%
Hydrobiosidae							
<i>Atopsyche</i>	-	1	-	-	1	2	0,06
Hydropsychidae							
<i>Blepharopus</i>	-	-	-	3	-	3	0,10
<i>Leptonema</i>	41	2	13	64	21	141	4,52
<i>Leptonema</i> aff.	-	-	-	-	2	2	0,06
Hydroptilidae							
Hydroptilidae ssp.	1	-	-	-	-	1	0,03
Hydroptilidae (Leucotrichini)	-	-	1	-	-	1	0,03
<i>Metrichia</i>	44	6	2	5	-	57	1,83
<i>Ochrotrichia</i>	-	-	1	1	-	2	0,06
<i>Oxyethira</i>	-	-	-	4	-	4	0,13
Glossosomatidae							
Glossosomatidae (Protoptilinae)	1	-	-	-	-	1	0,03
<i>Protoptila</i>	-	-	-	-	2	2	0,06
Leptoceridae							
<i>Atanatolica</i>	1	-	-	-	-	1	0,03
<i>Nectopsyche</i>	1	-	-	-	-	1	0,03
Philopotamidae							
<i>Chimarra</i>	1	1	-	-	-	2	0,06
Xiphocentronidae							
<i>Xiphocentron</i>	1	-	-	-	-	1	0,03
TOTAL	91	1-	17	77	26	221	7,08

Tabela XII. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Trichoptera nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.

	M1	M2	M3	M4	M5	TOTAL	%
Calamoceratidae							
<i>Phylloicus</i>	2	5	-	1	1	9	0,66
Ecnomidae							
<i>Austrotinodes</i>	-	-	-	1	-	1	0,07
Hydropsychidae							
Hydropsychidae ssp.	-	1	-	-	1	2	0,15
<i>Blepharopus</i>	-	2	2	3	-	7	0,52
<i>Blepharopus</i> aff.	-	-	-	7	8	15	1,11
<i>Leptonema</i>	1	4	11	4	-	20	1,48
<i>Leptonema</i> aff.	-	-	1	-	1	2	0,15
<i>Macronema</i>	-	-	3	7	-	10	0,74
Hydroptilidae							
Hydroptilidae ssp.	-	-	1	-	1	2	0,15
<i>Metrichia</i>	-	-	1	2	-	3	0,22
<i>Ochrotrichia</i>	-	-	1	-	-	1	0,07
Leptoceridae							
<i>Atanatolica</i>	1	-	1	2	-	4	0,30
<i>Nectopsyche</i>	-	54	4	8	-	66	4,87
<i>Triplectides</i>	1	5	2	2	3	13	0,96
Odontoceridae							
Odontoceridae ssp.	-	2	-	-	-	2	0,15
<i>Barypenthus</i>	-	5	-	-	2	7	0,52
<i>Marilia</i>	-	1	-	-	-	1	0,07
<i>Marilia</i> aff.	-	-	1	-	-	1	0,07
Philopotamidae							
<i>Chimarra</i>	1	-	1	-	-	2	0,15
Polycentropodidae							
<i>Cernotina</i>	-	-	8	-	-	8	0,59
<i>Polyplectropus</i>	-	-	2	-	-	2	0,15
Helicopsychidae							
<i>Helicopsyche</i>	1	5	13	2	3	24	1,77
Hydrobiosidae							
<i>Atopsyche</i>	-	-	1	1	-	2	0,15
TOTAL	7	84	53	40	20	204	15,07

Tabela XIII. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Oligochaeta nos córregos de bananicultura da região sudeste do Estado de São Paulo.

	B1	B2	B3	B4	B5	TOTAL	%
Enchytraeidae							
Enchytraeidae	-	1	3	1	-	5	0,16
Megadrilos	7	11	51	17	6	92	2,95
Naididae							
Naididae ssp,	-	-	-	47	-	47	1,51
<i>Allonais paraguayensis</i>	2	-	-	-	-	2	0,06
<i>Dero</i> (<i>Dero</i>)	-	-	-	-	2	2	0,06
<i>Nais communis</i>	4	2	1	48	12	67	2,15
<i>Slavina</i>	-	1	-	-	-	1	0,03
Tubificidae							
Tubificidae sp, 1	-	-	2	4	-	6	0,19
<i>Bothrioneurum</i>	-	-	1	-	-	1	0,03
TOTAL	13	15	58	117	20	223	7,15

Tabela XIV. Número de indivíduos e participação relativa dos táxons de Oligochaeta nos córregos florestados da região sudeste do Estado de São Paulo.

	M1	M2	M3	M4	M5	TOTAL	%
Oligochaeta ssp.	1	1	-	-	-	2	0,15
Megadrilos	-	-	3	7	2	12	0,89
Naididae							
<i>Nais communis</i>	3	-	-	-	9	12	0,89
<i>Paranais</i>	-	-	-	1	-	1	0,07
<i>Pristinella</i>	-	-	-	1	1	2	0,15
Tubificidae							
Tubificidae sp, 1	-	-	2	2	-	4	0,30
Tubificidae sp, 2	-	2	-	-	-	2	0,15
<i>Bothrioneurum</i>	-	-	12	1	22	35	2,58
TOTAL	4	3	17	12	34	70	5,17