

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PREFERÊNCIA ALIMENTAR POR INSETOS
AQUÁTICOS EM ESPÉCIES DE PEIXES DE
UM RIACHO TROPICAL

Tamara Leite Ferreira Pinto

Orientadora: Prof^a Dr^a Virgínia Sanches Uieda

BOTUCATU

Estado de São Paulo

2009

Universidade Estadual Paulista – UNESP

Instituto de Biociências

Pós-Graduação em Ciências Biológicas

Área de Concentração: Zoologia

**PREFERÊNCIA ALIMENTAR POR INSETOS AQUÁTICOS
EM ESPÉCIES DE PEIXES DE UM RIACHO TROPICAL**

Tamara Leite Ferreira Pinto

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Virgínia Sanches Uieda

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu, SP, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas – Área de concentração: Zoologia.

Botucatu – SP

2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: Selma Maria de Jesus

Pinto, Tamara Leite Ferreira.

Preferência alimentar por insetos aquáticos em espécies de peixes de um riacho tropical / Tamara Leite Ferreira Pinto. – Botucatu : [s.n.], 2009.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Botucatu, 2009.

Orientadora: Virgínia Sanches Uieda

Assunto CAPES: 20400004

1. Peixe - Alimentação 2. Ictiofauna 3. Ictiologia 4. Peixe - Comportamento

CDD 597

Palavras-chave: Ictiofauna; Macroinvertebrados aquáticos; Seletividade; Variação espacial; Variação sazonal.

Dedico essa dissertação a minha querida mãe, Ilza, e ao meu querido pai, Sidnei, pelo amor imensurável, imenso apoio e admirável exemplo.

A minha irmã, Cássia, por todo companheirismo, cumplicidade e respeito.

“Como é grande o meu amor por vocês...”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, nosso criador, pela força, coragem, proteção e confiança a mim concedida e por não me deixar fraquejar nunca, principalmente perante os momentos de dificuldades e tristezas que fazem parte de nossas vidas. A minha abençoada família, principalmente a minha maravilhosa mãe, exemplo de mulher, que sempre me apoiou e deu a mim e a minha irmã todo amor do mundo e proteção. Ao meu querido pai, exemplo de homem, força, sabedoria e coragem, te agradeço por todos os ensinamentos, apoio e preocupação em fazer de suas filhas pessoas dignas e de caráter. A minha irmã querida, amiga e companheira; que a nossa união permaneça sempre, pois somos frutos do grande amor de nossos pais. À Virgínia Sanches Uieda, pela qual tenho grande admiração, pois você é um exemplo de pesquisadora e professora; te agradeço pelo carinho, amizade, ensinamentos, orientação, por todo apoio que me deu e pela confiança em meu trabalho nesses cinco anos de convivência. À grande amiga Cláudia Yoshida por toda a ajuda prestada na preparação dessa dissertação, como leitura crítica dos capítulos, análises estatísticas, troca de idéias que contribuíram muito para o crescimento do trabalho. Além de uma grande amiga, te admiro muito como pessoa e profissional. Foi um grande prazer te conhecer! Ao CNPq pela bolsa concedida. A Dra Alaíde Gessner pela gentileza com a qual me recebeu em seu laboratório, assim como Mateus Pepinelli e Melissa Ottoboni Segura pela identificação dos simulídeos e coleópteros. Ao professor Hebert por ter me recebido em seu laboratório. Aos professores doutores Francisco Langeani Neto e Júlio Garavelo pela determinação das espécies de peixes coletadas durante o mestrado. Aos colegas de laboratório Cláudia, Domingos, Patrícia e César pela agradável convivência e troca de conhecimentos. As minhas grandes amigas e irmãs de coração Jacqueline (Dolly), Negin, Juliana (Ju), Bianca (Lambu), Kátia (Gardy), Joana pela adorável convivência na

república, por compartilharem comigo tantos momentos de muita alegria e diversão, mas também tristezas, angústias e saudades. Agradeço todo o carinho e atenção a mim concedidos. Agradeço a Deus por ter colocado vocês todas em meu caminho. Como é dito na música: “Amigo é coisa para se guardar debaixo de sete chaves, dentro do coração...”. Ao querido Guilherme, anjinho enviado por Deus, te agradeço pela ajuda dada na finalização desse trabalho e por todo amor, carinho, companheirismo e dedicação para comigo. Conhecer você me fez continuar a acreditar que a sinceridade, respeito e amor entre duas pessoas ainda existem. Ao Hamilton Antônio Rodrigues por nos conduzir até o campo e nos ajudar nas coletas. A todos os funcionários do Departamento de Zoologia, em especial a Juliana, exemplo de funcionária, sempre disposta e atenciosa. Muito obrigada por toda a sua ajuda! Aos funcionários da pós-graduação, Serginho, Luciane, Maria Helena e Herivaldo pela amizade e por todo o serviço prestado.

SUMÁRIO

Resumo	1
Introdução Geral.....	2

Capítulo I – Influência de fatores espaço-temporais na comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho tropical.

Resumo.....	9
Introdução.....	10
Material e Métodos.....	11
Resultados.....	13
Discussão.....	15
Agradecimentos.....	20
Referências Bibliográficas.....	20
Tabelas.....	19
Figuras.....	23

Capítulo II – How do spatial and seasonal factors influence the trophic structure of a tropical fish community?.

Resumo.....	27
Introdução.....	28
Material e Métodos.....	29
Resultados.....	30
Discussão.....	32
Agradecimentos.....	35
Referências Bibliográficas.....	36
Tabelas.....	39
Figuras.....	41

Capítulo III – Seletividade alimentar da ictiofauna de um riacho tropical: variações espaço-temporais na plasticidade trófica.

Resumo.....	55
Introdução.....	56
Área de estudo.....	56
Material e Métodos.....	57
Resultados.....	58
Discussão.....	60
Agradecimentos.....	63
Referências Bibliográficas.....	63
Tabelas.....	65
Figuras.....	69
 Conclusões Gerais.....	 80

RESUMO

A composição da fauna de um riacho pode variar tanto em função de alterações sazonais em sua estrutura, como em função da presença ou ausência da mata ciliar, acarretando alterações na oferta de nichos e modificando a composição de espécies. Uma questão que tem sido pouco considerada em estudos de partilha de recursos no Brasil, são mudanças no hábito alimentar, em função da disponibilidade de alimento e mudanças na escolha do alimento, em função de sua qualidade. Assim, a determinação da existência ou não de uma preferência alimentar pela ictiofauna de riachos permitiria uma análise das relações tróficas entre os membros da comunidade, levando em conta os recursos disponíveis no ambiente e a seletividade alimentar das espécies. No presente trabalho, as comunidades de macroinvertebrados aquáticos e de peixes de um riacho de 3ª ordem situado no município de Itatinga (SP) foram estudadas com objetivo de verificar possíveis mudanças na estrutura destas comunidades e na seletividade alimentar dos peixes, em função de variações sazonais (estação seca-Junho/2006 e chuvosa-Dezembro/2006) e espaciais (presença ou ausência de mata ciliar). A partir de uma análise quantitativa da fauna bentônica em corredeiras e da dieta da ictiofauna, a preferência alimentar foi avaliada através da aplicação de índices de eletividade. Para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi observado um predomínio do filo Arthropoda, com destaque para a classe Insecta. Uma variação espacial e temporal foi verificada para os grandes grupos de macroinvertebrados bentônicos amostrados, com maiores valores de abundância, riqueza e elevada dominância de Insecta registrados para área aberta, durante a estação seca, e maiores valores de diversidade durante a estação chuvosa, nas duas áreas. A estrutura trófica da ictiofauna também variou espacial e sazonalmente, com maior complexidade na área sem mata ciliar durante a estação chuvosa, quando os valores de diversidade da ictiofauna e de macroinvertebrados aquáticos foram maiores. A análise da seletividade alimentar nos mostrou que apesar da insetivoria ter predominado em todas as situações analisadas (áreas e estações), os grupos de insetos preferidos variaram sazonal e espacialmente. Assim, os resultados do presente estudo constituirão uma importante fonte de informações para o entendimento da estrutura e organização trófica desse ecossistema, além de salientar a grande flexibilidade ou capacidade de ajuste das comunidades aquáticas frente a alterações nas condições abióticas e nas interações bióticas a que as espécies estão expostas.

Palavras-chave: Ictiofauna, Macroinvertebrados aquáticos, Seletividade, Variação espacial, Variação sazonal.

Preferência alimentar por insetos aquáticos em espécies de peixes
em um riacho tropical

Introdução Geral

INTRODUÇÃO GERAL

Introdução e Justificativa

O estudo da utilização do alimento, além de propiciar um campo interessante para a discussão de aspectos teóricos, como a substituição das espécies através dos componentes espacial, temporal e trófico do nicho (Schoener, 1974), atende a outros propósitos como o conhecimento básico da biologia das espécies e compreensão da organização trófica do ecossistema (Esteves & Aranha, 1999).

Peixes de riachos neotropicais convivem com uma considerável variação temporal e espacial na oferta de alimento (Power, 1983), decorrente de alterações nas características físicas do ambiente. Para um riacho de serra na região de Botucatu, Henry et al. (1994) e Uieda & Kikuchi (1995) mostraram que a quantidade de material alóctone (detritos vegetais e insetos terrestres) importado para o curso de água variava em função da estação do ano e da presença ou ausência de mata ciliar. Esta variação na oferta de alimento poderia estar relacionada com a estrutura e organização trófica das comunidades animais, principalmente dos insetos e peixes deste riacho (Henry et al., 1994; Uieda et al., 1997).

Diversos estudos realizados no Brasil têm verificado diferenças na alimentação de peixes em diferentes escalas espaciais e temporais, como em gradientes longitudinais (nascente-foz), diferentes trechos (corredeira-poção; áreas com e sem mata), diferentes microhabitats, em perfis verticais e em estações do ano (v. Esteves & Aranha, 1999). A maior parte destes trabalhos tem mostrado uma predominância do hábito insetívoro e uma tendência das espécies reduzirem a sobreposição alimentar através de diferenças espaciais, temporais e tróficas.

Um fator que pode influenciar na oferta alimentar, e consequentemente na estrutura trófica, é a presença ou ausência de mata ciliar. As matas ciliares podem exercer uma forte influência na estrutura do riacho e na composição da fauna aquática de diversas maneiras

(Lima & Zakia, 2001; Barrella et al., 2001): a) regulando o fluxo e a vazão da água e, assim, contendo o escoamento superficial excessivo durante a estação chuvosa e mantendo o fluxo e volume de água durante a estação seca; b) oferecendo sombreamento e mantendo estável a temperatura ao longo do ano; c) mantendo a qualidade da água através da redução do escoamento de herbicidas e de assoreamento, ou seja, funcionando como um filtro na área do ecótono terra-água; d) sendo a fonte de material orgânico (detritos vegetais) que constitui uma importante base da cadeia trófica do ecossistema aquático, apesar de reduzir a produtividade primária (menor incidência de luz); e) suas raízes marginais servindo de áreas de proteção (abrigo) para uma grande diversidade de invertebrados e peixes, além de um importante local de alimentação para toda a fauna (retenção de matéria orgânica e de perifiton).

Assim, a preservação da mata ciliar possibilita a manutenção da diversidade das comunidades do riacho, aumentando e garantindo a disponibilidade de alimento para os peixes e, conseqüentemente, sua sobrevivência. Por outro lado, trechos desprovidos de mata ciliar apresentam um aumento de incidência luminosa que pode favorecer a proliferação de macrófitas (Bojsen & Barriga 2002; Henry et al., 1994), as quais são colonizadas por uma entomofauna rica e abundante. Essas macrófitas podem servir não somente como abrigo, mas também como local de forrageamento para várias espécies de peixes, principalmente as de hábito insetívoro.

Sazonalmente, a fauna de insetos aquáticos, que constitui o principal item alimentar de peixes de riachos, pode sofrer alterações na sua composição e abundância (Oliveira et al., 1997). Durante a estação chuvosa, o aumento na pluviosidade, vazão e correnteza podem provocar uma remoção desses organismos, diminuindo a disponibilidade deste recurso alimentar para os peixes (Kikuchi & Uieda, 1998).

Uma questão que tem sido pouco considerada em estudos de partilha de recursos são mudanças no hábito alimentar, em função da disponibilidade de alimento, e mudanças na escolha do alimento, em função de sua qualidade (Esteves & Aranha, 1999). Segundo Zavala-Camin (1996), a presença de determinado tipo de alimento no conteúdo digestivo dos peixes não significa necessariamente que se trata do alimento preferido, tendo em vista que possa ter sido ingerido somente por estar mais disponível, enquanto o alimento preferido estiver ausente, pouco freqüente ou difícil de capturar.

Assim, a determinação da existência ou não de preferência alimentar pela ictiofauna de riachos permite uma análise das relações tróficas entre os membros da comunidade, levando em conta os recursos disponíveis no ambiente e a dieta das espécies.

Área de estudo

O trabalho foi realizado no Ribeirão da Quinta, localizado no município de Itatinga, Estado de São Paulo, em um trecho a 743 m de altitude (23°06'47"S, 48°29'46"W). Este riacho de serra nasce nas escarpas da borda leste da Cuesta de Botucatu, dirigindo-se para oeste e desaguando no Ribeirão da Posse, o qual deságua no rio Santo Inácio, afluente do Alto Paranapanema. Duas áreas consecutivas do Ribeirão da Quinta foram utilizadas para o estudo (Figura 1): uma área cercada por mata ciliar (área fechada, a montante) e uma área com as margens desprovidas de vegetação arbórea (área aberta, a jusante).

Nas duas áreas foi possível observar uma alternância de poções e corredeiras. No presente trabalho, em função da metodologia empregada para amostragem dos insetos aquáticos (coleta com rede Surber), foi estudada somente a fauna das corredeiras, as quais apresentam fundo rochoso, pouca profundidade (10-15 cm) e grande velocidade da correnteza (0,14-0,19 m/s). Apesar das duas áreas apresentarem substrato semelhante quanto à composição e granulometria (seixos com aproximadamente 3 cm de diâmetro,

associados a grande quantidade de detritos vegetais), elas se diferenciam quanto à presença de macrófitas, totalmente ausentes na área fechada e cobrindo as margens e leito em grande quantidade na área aberta (principalmente Cyperaceae).



Figura 1: Locais de estudo no Ribeirão da Quinta (Itatinga-SP): área fechada (foto à esquerda), sombreada por mata ciliar, e área aberta (foto à direita), margeada por vegetação arbustiva.

Objetivos

A comunidade de peixes do Ribeirão da Quinta foi estudada com o objetivo de verificar possíveis mudanças na seletividade alimentar em função de mudanças sazonais (estação seca e chuvosa) e diferenças espaciais (presença ou ausência de mata ciliar), condições estas que podem influenciar na oferta de alimento.

As seguintes questões foram abordadas:

Quanto à composição da macrofauna:

1. Quais grupos compõem a macrofauna desse riacho?
2. Existem variações sazonais na composição da macrofauna?
3. A presença ou ausência de mata ciliar é um fator espacial que pode causar alteração na composição da macrofauna?

Quanto à dieta e seletividade da ictiofauna:

1. Quais os principais itens da dieta das espécies de peixes desta comunidade?
2. Existem diferenças espaciais e sazonais na dieta das espécies de peixes em função de diferenças na disponibilidade de alimento?
3. Existe seletividade na escolha de alimento pela ictiofauna?

Apresentação da Dissertação

Para facilitar a leitura da dissertação e a posterior publicação dos resultados após a incorporação das sugestões feitas pela banca, a dissertação será aqui apresentada em três capítulos. Ainda com o objetivo de facilitar a submissão posterior dos manuscritos e, principalmente, de propiciar o treinamento em redação de manuscritos para publicação em revista internacional, dois capítulos (I e III) já estão sendo apresentados nas normas da revista *Hydrobiologia* e um (Capítulo II) nas normas da revista *Marine and Freshwater Research*, além de já traduzido para o inglês. A produção bibliográfica (resumos em congressos) gerada com os resultados dessa dissertação foi citada no rodapé da página inicial de cada capítulo.

Capítulo I- “Influência de fatores espaço-temporais na comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho tropical”.

A composição dos macroinvertebrados bentônicos e perifíticos foi analisada para verificar a existência de variações frente a alterações sazonais (estações seca e chuvosa) e/ou alterações espaciais na estrutura do habitat, em função da presença ou ausência da mata ciliar (área aberta e fechada).

Capítulo II - “How do spatial and seasonal factors influence the trophic structure of a tropical fish community?”

A estrutura trófica da ictiofauna foi estudada com o objetivo de verificar a existência de diferenças na dieta em função de alterações sazonais e/ou alterações na estrutura do habitat, em decorrência da presença ou ausência de mata ciliar.

Capítulo III - “Seletividade alimentar da ictiofauna de um riacho tropical: variações espaço-temporais na plasticidade trófica”.

A comunidade de peixes foi estudada com o objetivo de verificar possíveis mudanças na seletividade alimentar em função de mudanças sazonais (estação seca e chuvosa) e diferenças espaciais (presença ou ausência de mata ciliar), condições estas que podem influenciar na oferta de alimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRELLA, W.; PETRERE JÚNIOR, M.; SMITH, W.S.; MONTAG, L.F.A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp e Fapesp, 2001. p.187-207.
- BOJSEN, B.H.; R. BARRIGA. Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. **Freshwater Biology**, v.47, p. 2246-2260, 2002.
- ESTEVES, K.E.; ARANHA, J.M.R. Ecologia trófica de peixes de riachos. In: CARAMASCHI, E.P.; MAZZONI, R.; PERES-NETO, P.R. (Eds.). **Ecologia de peixes de riachos**. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1999. p.157-182. (série oecologia brasiliensis, v.6).
- HENRY, R.; UIEDA, V.S.; AFONSO, A.A.O.; KIKUCHI, R.M. Input of allochthonous matter and structure of fauna in a Brazilian headstream. **Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fur Limnologie**, v.25, p.1866-70, 1994.

- KIKUCHI, R.M.; UIEDA, V.S. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A. L. (Eds). **Ecologia de insetos aquáticos**. Rio de Janeiro, 1998. p.157-173.
- LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrobiologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R., LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp e Fapesp, 2001. p.33-44.
- OLIVEIRA, L.G.; BISPO, P.C.; SÁ, N.C. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do parque ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.14, p. 867-876, 1997.
- POWER, M.E. Grazing responses of tropical freshwater fishes to different scales of variation in their food. **Environmental Biology of Fishes**, v.9, n.2, p.103-115, 1983.
- SCHOENER, T.W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, v.185, p.27-39, 1974.
- UIEDA, V.S.; KIKUCHI, M.R. Entrada de material alóctone (detritos vegetais e invertebrados terrestres) num pequeno curso de água corrente na Cuesta de Botucatu, São Paulo. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.7, p.105-14, 1995.
- UIEDA, V.S.; BUZZATO, P.; KIKUCHI, M.R. Partilha de recursos alimentares em peixes em um riacho da serra do Sudeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.69, n.2, p.243-252, 1997.
- ZAVALA-CAMIN, L.A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural de peixes**. Maringá: EDUEM, 1996. 129p.

Capítulo I

Estrutura da comunidade de macroinvertebrados ao longo de gradientes espacial e temporal de um riacho tropical

Produção bibliográfica relacionada ao conteúdo deste capítulo:

Pinto, T. I. F. & Uieda, V.S. Macroinvertebrados bentônicos em um riacho de serra: há influência de fatores espaço temporais na estrutura dessa comunidade? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, XXII, 2008, Uberlândia. CD-ROM.

Estrutura da comunidade de macroinvertebrados ao longo de gradientes espacial e temporal de um riacho tropical.

RESUMO

A composição e a distribuição dos macroinvertebrados bentônicos foram analisadas em duas áreas de um riacho tropical, uma cercada por mata ciliar (área fechada) e outra somente com vegetação arbustiva marginal (área aberta), durante duas estações do ano (seca e chuvosa). Na área aberta, onde macrófitas aquáticas eram abundantes no leito e nas margens, a macrofauna perifítica também foi coletada durante as duas estações. Maiores valores de abundância, riqueza e elevada dominância de Insecta foram registrados para a área aberta, durante a estação seca. A composição da macrofauna perifítica não apresentou diferenças sazonais, com baixos valores de riqueza e elevada dominância de Arthropoda-Insecta nas duas estações. Por outro lado, a comunidade bentônica amostrada nas duas áreas mostrou similaridade espacial durante a estação chuvosa, sendo nesta estação das duas áreas encontrados maiores valores de diversidade e dominância de Arthropoda-Insecta e de Protozoa-Rhizopoda. Quando analisados os insetos amostrados ao nível de família, foi mais nítida uma diferença espacial do que sazonal, com maiores valores de abundância, diversidade e equitabilidade na área aberta. Uma maior estabilidade física do riacho durante a estação seca e a presença de macrófitas aquáticas na área aberta foram provavelmente fatores importantes na definição das diferenças sazonais e espaciais na composição da macrofauna estudada.

Palavras-chave: Bentos, Diversidade, Perifiton, Similaridade.

INTRODUÇÃO

Os macroinvertebrados compõem um grupo de grande importância ecológica em riachos, participando das cadeias alimentares e fazendo a ligação entre os recursos basais (detritos e algas) e os peixes (Uieda & Motta, 2007).

A distribuição desta macrofauna em ambientes lóticos pode ser determinada por muitos fatores relacionados à geomorfologia, hidrologia, qualidade da água, disponibilidade de recursos, tipo de substrato, temperatura e oxigênio dissolvido (Vannote et al., 1980; Richards et al., 1993; Zamora- Muñoz, 1996; Bispo et al., 2006). Essas características, variando no tempo e espaço, promovem modificações na estrutura da fauna em ambientes aquáticos (Bispo & Oliveira, 2007). Esta fauna é representada principalmente por organismos altamente móveis, seja numa escala local ou regional, com a diversidade fortemente influenciada por perturbações naturais, como aumento na vazão, que afetam a comunidade tanto pela remoção direta dos animais como pela remoção de seus recursos alimentares (Death & Zimmermann, 2005). Segundo Allan (1995), a velocidade da corrente influencia o tamanho das partículas do substrato, afetando a distribuição do alimento e levando à remoção de nutrientes.

Dentre as mudanças espaciais, a presença da vegetação ripária em riachos pode ser considerada como um fator espacial relevante para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, pois consiste em fonte de entrada de material alóctone para o curso d'água, que é utilizado como alimento pela fauna aquática (Uieda & Motta, 2007). Por outro lado, trechos desprovidos de mata ciliar apresentam um aumento na incidência luminosa que pode favorecer a proliferação de macrófitas, as quais são colonizadas por uma entomofauna rica e abundante (Henry et al., 1994; Bojsen & Barriga 2002).

Na tentativa de explicar os padrões de diversidade de invertebrados em riachos, Death & Zimmermann (2005) testaram a validade do modelo de perturbação na produtividade (“the productivity disturbance model”) em riachos da Nova Zelândia com e sem cobertura vegetal. Segundo o modelo, comprovado pelos autores acima, em riachos sem cobertura, onde o perifiton forma a base da cadeia trófica, a riqueza de invertebrados é mais afetada por perturbações sazonais que reduzem esta produtividade, como chuvas. Por outro lado, em riachos florestados, onde a produtividade é naturalmente limitada pela baixa incidência luminosa, não parece haver uma ligação tão forte entre perturbação do substrato e riqueza de espécies.

No presente trabalho, as macrofaunas bentônica e perifítica de um riacho tropical foram analisadas com o objetivo de estudar a composição e possíveis variações sazonais na sua estrutura. Além disso, foi verificado se a presença ou ausência de mata ciliar seria um fator espacial que poderia causar alterações na composição da macrofauna bentônica.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente trabalho foi realizado no Ribeirão da Quinta, um riacho de 3ª ordem localizado no Sudeste do Brasil, Estado de São Paulo (23°06'47''S, 48°29'46''W), em um trecho próximo à nascente nas escarpas da borda leste da Cuesta de Botucatu, a 743 metros de altitude. Duas áreas consecutivas do Ribeirão da Quinta foram utilizadas para o estudo: uma cercada por mata ciliar (área fechada, a montante) e outra com as margens desprovidas de vegetação arbórea (área aberta, 300 metros a jusante).

Capítulo I

Os invertebrados bentônicos foram coletados somente nos trechos de corredeira, caracterizados por apresentar fundo rochoso, pouca profundidade (10-15 cm) e grande velocidade da correnteza (0,14-0,19 m/s). Apesar das duas áreas apresentarem substrato semelhante quanto à composição e granulometria (seixos com aproximadamente 3 cm de diâmetro, associados à grande quantidade de detritos vegetais), estas se diferenciaram quanto à presença de macrófitas, totalmente ausentes na área fechada e cobrindo as margens e leito em grande quantidade na área aberta (principalmente Cyperaceae *Pycneus decumbens* T. Koyama).

Coleta e Análise dos dados

Os macroinvertebrados bentônicos foram coletados nas duas áreas (aberta e fechada) em Junho e Dezembro de 2006, com rede Surber (900 cm²; malha 0,250 mm) em um total de 10 réplicas por área e por mês. Para a área aberta, onde macrófitas aquáticas eram abundantes no leito, a macrofauna perifítica também foi amostrada (coleta manual), durante os dois meses (10 réplicas por mês). A coleta do mês de Junho foi definida como estação seca, com baixos valores mensais de temperatura e precipitação (15,4 mm no mês, não sendo menor somente em relação à precipitação do mês de maio) e a coleta de Dezembro, como estação chuvosa, com valores de temperatura e precipitação mais elevados (125,6 mm; Figura 1).

No laboratório, os insetos aquáticos amostrados foram triados sob estereomicroscópio, contados e identificados ao menor nível taxonômico possível com o uso de chaves (Lopretto & Tell, 1995; Trivino-Strixino & Strixino, 1995; Merrit & Cummins, 1996; Fernández & Dominguez, 2001; Olifiers et al., 2004; Salles et al., 2004; Passos et al., 2007) e, sempre que possível, com apoio de especialistas.

Os dados de abundância e riqueza de macroinvertebrados por área e por estação foram utilizados para o cálculo da Diversidade de Shannon-Wiener e da Equitabilidade de Simpson (Krebs, 1989). Os mesmos dados também foram utilizados para o cálculo do Coeficiente de Similaridade pela medida de Bray-Curtis, variando de 0 a 1 (Krebs, 1989).

Padrões de variação espacial (área aberta, fechada e perifiton) e sazonal (estação seca e chuvosa) da abundância ($\log_{10}(x+1)$) dos grandes grupos de macroinvertebrados e das famílias de insetos aquáticos foram explorados através da análise de agrupamento tipo cluster, utilizando o modelo UPGMA e a distância Euclidiana como medida de similaridade (StatSoft, 2001).

Em função da ausência de normalidade (Shapiro-Wilks; $\alpha = 0.05$) e homocedasticidade (Levene; $\alpha = 0.05$) dos dados de abundância, a análise de Kruskal-Wallis foi utilizada para testar se a abundância dos grandes grupos de macroinvertebrados e das famílias de insetos aquáticos diferia espacial (área aberta, fechada e perifiton) e sazonalmente (estação seca e chuvosa), considerando $\alpha = 5\%$ como nível de significância (StatSoft, 2001).

RESULTADOS

Um total de 21.288 macroinvertebrados foi coletado, correspondendo a 8 filos, mas com predomínio do Filo Arthropoda, com destaque para a classe Insecta representada por 10 ordens e 34 famílias (Apêndice). É importante ressaltar que alguns grupos de macroinvertebrados amostrados (Heteroptera e Coleoptera-Gyrinidae) são insetos que se deslocam na superfície, no filme d'água, não fazendo parte da macrofauna bentônica.

Capítulo I

Porém, como foram capturados com o surber, provavelmente em locais rasos e marginais, também foram listados e quantificados no presente estudo.

Uma variação espacial e temporal foi verificada para os dados de abundância dos grandes grupos de macroinvertebrados bentônicos amostrados (Tabela I), com maiores valores de abundância, riqueza e elevada dominância de Insecta registrados para área aberta, durante a estação seca, e maiores valores de diversidade durante a estação chuvosa, nas duas áreas. Mesmo tendo sido coletado um elevado porcentual de Arthropoda-Insecta em todas as situações analisadas, uma diferença espacial ficou bem evidente pelos resultados da análise de variância, com maior número de diferenças significativas para a comparação entre a abundância das duas áreas (variação espacial), com predomínio da maioria dos grupos de macroinvertebrados na área aberta (Tabela II). Por sua vez, verificou-se variação sazonal apenas para quatro grupos, dois mais abundantes na estação chuvosa (Protozoa-Rhizopoda e Arthropoda-Outros) e dois na estação seca (Annelida e Arthropoda-Insecta).

Uma grande semelhança entre o perifiton das duas estações foi salientada pelo dendrograma de similaridade montado com os dados de abundância dos grandes grupos (Figura 2) e pela análise de distância de Bray-Curtis (Tabela III), duas situações com baixos valores de riqueza e elevada dominância de Arthropoda-Insecta (Tabela I). Por outro lado, a comunidade bentônica amostrada durante a estação chuvosa nas duas áreas mostrou maior similaridade (Figura 2, Tabela III), em função da maior diversidade e dominância de Arthropoda-Insecta e de Protozoa nestas duas situações (Tabela I).

Para as análises realizadas ao nível das famílias de insetos aquáticos amostrados (Tabela IV), maiores valores de abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade foram registrados para a área aberta. Em geral, elevada abundância de Diptera-Chironomidae ocorreu na maioria das situações analisadas. A diferença espacial, com maior abundância

Capítulo I

na área aberta, também foi confirmada pela análise de Kruskal-Wallis, com 13 das 17 famílias apresentando diferenças espaciais significativas (Tabela V). Quando analisada a variação sazonal na abundância, somente sete famílias de insetos aquáticos apresentaram diferenças significativas, cinco mais abundantes na estação chuvosa.

Pelo dendrograma de similaridade montado com os dados de abundância das famílias de insetos (Figura 3) e pela análise de distância de Bray-Curtis (Tabela VI), foi verificada somente variação espacial, com uma grande semelhança sazonal nas três situações analisadas (área aberta, área fechada e perifiton). Na área fechada, com maior valor de similaridade sazonal, as duas estações foram muito semelhantes quanto à ocorrência e abundância relativa dos grupos, com duas famílias de Ephemeroptera (Leptohyphidae e Leptophlebiidae) se sobressaindo.

DISCUSSÃO

Os insetos aquáticos compõem a maior parte da fauna de águas correntes, predominando em diversidade e abundância (Hynes, 1970), fato este também constatado no presente estudo. Esta entomofauna pode sofrer alterações na composição e abundância em função de mudanças sazonais (Oliveira et al., 1997). Maior abundância e riqueza de insetos aquáticos na estação seca, como encontrado no Ribeirão da Quinta, também foram assinaladas para outros riachos tropicais (Flecker & Feifarek, 1994; Uieda & Gajardo, 1996; Kikuchi & Uieda, 1998; Baptista et al., 2001; Buss et al., 2004; Ribeiro & Uieda, 2005). Alguns autores (Oliveira et al., 1997; Kikuchi & Uieda, 1998; Huamantico & Nessimian, 1999) relacionaram o aumento de juvenis de insetos aquáticos durante a seca com a maior estabilidade física nessa estação.

Apesar do aumento na precipitação, fluxo e vazão durante a estação chuvosa poder exercer um forte efeito negativo sobre a entomofauna de riachos, causando seu arraste, outras características do ambiente podem tamponar este efeito, como encontrado por Pinto & Uieda (2007), trabalhando também no Ribeirão da Quinta, mas em Novembro de 2005. Estes autores encontraram maior abundância de insetos aquáticos durante a estação chuvosa e na área aberta, quando todo o leito e margens estavam cobertos por um grande volume de macrófitas, e relacionaram estes resultados com a maior disponibilidade de abrigo para a entomofauna, utilizado para evitar o arraste durante as fortes chuvas, compensando assim a maior instabilidade da estação chuvosa. Porém, consultando os dados de pluviosidade referentes ao período da amostragem realizada por Pinto & Uieda (2007), verifica-se que apesar do mês de Novembro/2004 ter apresentado elevada pluviosidade (183 mm), caracterizando bem a estação chuvosa, foi precedido por cinco meses com poucas chuvas (média de 40 mm, máxima de 87 mm em outubro e mínima de 0,0 mm em agosto). Esta baixa pluviosidade antecedendo a coleta poderia explicar a maior abundância de insetos aquáticos encontrada por estes autores na estação chuvosa. No presente trabalho, o mês de coleta da estação chuvosa foi precedido de dois meses com valores de pluviosidade próximos a 100 mm, levando possivelmente a um maior arraste da entomofauna durante esta estação. Mesmo assim, a importante função das macrófitas tamponando variações ambientais ficou bem nítida pela semelhança sazonal das amostras da comunidade perifítica, tanto ao nível de grandes grupos, como para as famílias de insetos.

Porém, valores mais elevados de diversidade de macroinvertebrados foram encontrados para as duas áreas durante a estação chuvosa, quando Protozoa-Rhizopoda (tecamebas) se sobressaíram em abundância, juntamente com Arthropoda-Insecta. Segundo Begon et al.(2007) e Melo (2008), elevados índices de diversidade podem ser atribuídos à

Capítulo I

maior homogeneidade da distribuição das abundâncias dos grupos analisados, com comunidades mais equitativas refletindo maiores valores de diversidade.

As tecamebas estão presentes em uma grande variedade de ambientes úmidos e de água doce (Lansac-Tôha et al., 2004), com aproximadamente 80% das espécies ocupando biótipos aquáticos associados a vegetação marginal e ao sedimento do fundo dos corpos de água (Bonnet, 1974). As tecamebas também são consideradas não somente freqüentes, mas sim abundantes em amostras de plâncton de lagos e rios (Green, 1994; Velho et al., 2003; Lansac-Tôha et al., 2004). No Brasil, as tecamebas são pouco conhecidas e trabalhos sobre sua ocorrência, distribuição e diversidade de espécies ainda são escassos (Lansac-Tôha et al., 2007).

Além de mudanças sazonais, alterações na fauna de invertebrados aquáticos em função de alterações espaciais na cobertura vegetal também foram salientadas por vários autores, tanto em riachos de regiões temperadas (Hawkins et al., 1983; Wallace et al., 1988) como tropicais (Angermeier & Karr, 1984; Kikuchi & Uieda, 1998; Death & Zimmermann, 2005). Apesar da vegetação ripária ser importante para a manutenção da estrutura física de um riacho (Whiting, 2002), alguns autores tem encontrado uma maior abundância de macrofauna em trechos desprovidos desta vegetação (Kikuchi & Uieda, 1998; Death & Zimmermann, 2005). Este aumento na abundância ou biomassa de invertebrados em trechos de riachos sem vegetação ciliar, como também observado no Ribeirão da Quinta, pode ser atribuído ao aumento na disponibilidade de alimento, devido a altos níveis de produção primária pelas algas (Hawkins et al., 1983; Angermeier & Karr, 1984; Wallace et al., 1988; Death & Zimmermann, 2005), à grande quantidade de detritos vegetais carregados do trecho a montante e que podem servir de alimento, substrato e abrigo para os invertebrados (Kikuchi & Uieda, 1998), ou ao desenvolvimento de macrófitas,

utilizadas como abrigo e local de alimentação por uma fauna diversificada (Pinto & Uieda, 2007).

A comparação ao nível das famílias de insetos amostradas reforçou uma maior semelhança sazonal do que espacial através de duas situações: (1) comunidades mais equitativas refletindo maiores valores de diversidade na área aberta, provavelmente em função da maior estabilidade ambiental favorecida pelas macrófitas, (2) comunidades mais similares na área fechada, com dominância de poucos grupos. Porém, como todas as famílias que foram mais abundantes na área fechada também o foram na área aberta e no perifiton, não parece haver uma correspondência entre estes grupos de insetos dominantes e as características destes três locais amostrados.

Dentre os insetos aquáticos, Chironomidae constitui um grupo importante sob o ponto de vista ecológico (Aburaya & Callil, 2007), apresentando ampla distribuição na maioria dos ecossistemas aquáticos, além de ocorrer em alta densidade, riqueza (Hirabayashi & Wooton, 1998) e abundância (Takeda et al., 2004; Corbi & Trivinho-Strixino, 2006), como também encontrado no presente trabalho. Esta família de Diptera quase sempre se apresentou como dominante, tanto em ambientes lóticos como lênticos devido a sua tolerância a situações extremas como hipóxia e grande capacidade competitiva (Nessimian, 1995; Marques et al., 1999; Callisto et al., 2001).

Áreas de riachos protegidas por mata ciliar mostram um elevado gradiente e abundância de EPT (Roque et al., 2003; Corbi & Trivinho-Strixino, 2006), fato também constatado no presente estudo através da similaridade nas famílias ocorrentes na área fechada nas duas estações do ano, com destaque para Ephemeroptera (Leptophlebiidae e Leptohyphidae) e Trichoptera (Hydropsychidae), apesar de Plecoptera ter sido mais abundante na área aberta. A ordem Ephemeroptera ocorre em uma grande variedade de habitats (Edmunds & Waltz, 1996), sendo a sua maior diversidade encontrada em rios de

Capítulo I

segunda e terceira ordem, com fundo rochoso (Mariano et al., 2007). Trichoptera compreende a maior ordem de insetos estritamente aquáticos (Neboiss, 1991), com uma fauna mundial de cerca de 13.000 espécies descritas para os ecossistemas dulcícolas (Calor, 2007). Por sua vez, juvenis de Plecoptera estão associados a águas correntes e limpas, sendo que as larvas parecem ter requerimentos específicos para a temperatura da água, tipo de substrato e tamanho do riacho, que são refletidos na distribuição e sucesso desse grupo ao longo do curso de rios e riachos (Stewart & Harper, 1996).

Os dados aqui obtidos de certo modo também podem ser aplicados ao modelo de perturbação na produtividade (Death, 2002), apesar de não ter sido mensurada a produtividade nas áreas trabalhadas. Assim, a nítida variação sazonal na área sem mata pode ser relacionada com o forte efeito das perturbações durante a estação chuvosa, levando à redução na abundância de invertebrados. Por outro lado, na área florestada onde a produtividade é naturalmente limitada pela baixa incidência luminosa, houve maior similaridade sazonal na comunidade. Resultados semelhantes também foram obtidos por Death & Zimmermann (2005), trabalhando em riachos da Nova Zelândia com e sem cobertura vegetal.

Assim, de toda a comunidade bentônica amostrada, insetos aquáticos destacaram-se em termos de abundância e riqueza, sendo sua distribuição relacionada às características do ambiente, disponibilidade de recursos alimentares e biologia da espécie (Resh & Rosenberg, 1984; Boltovskoy et al., 1995; Merrit & Cummins, 1996). Uma variação espaço-temporal na ocorrência da macrofauna e de algumas famílias de insetos aquáticos foi bastante evidente, com destaque para a estação chuvosa e área sem mata ciliar.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos a Hamilton Antônio Rodrigues pelo auxílio nas atividades de campo; a identificação de alguns grupos de invertebrados foi realizada com auxílio de Mateus Pepinelli (Simuliidae) e Melissa Ottoboni (Coleoptera-Elmidae). O primeiro autor recebeu bolsa de estudos do CNPq para desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aburaya, F. H. & C. T. Callil, 2007. Variação temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) no Alto Rio Paraguai (Cáceres, Mato Grosso, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia* 24: 565-572.
- Allan, J. D., 1995. *Stream ecology: structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London.
- Angermeier, P. L. & J. R. Karr, 1984. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. In Zaret, T. M. (ed), *Evolutionary Ecology of neotropical freshwater fishes*. The Hague, Dr. W. Junk Publ.: 39-57.
- Baptista, D. F., D. F. Buss, L. F. M. Dorvillé & J. L. Nessimian, 2001. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé River Basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 61: 249-258.
- Begon, M., C. R. Townsend & J. L. Harper, 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Arned, Porto Alegre.
- Bispo, P. C., L. G. Oliveira, L. M. Bini & K. G. Sousa, 2006. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera for riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immature. *Brazilian Journal of Biology* 66 (2B): 611-622.
- Bispo, P. C. & L. G. Oliveira, 2007. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24: 283-293.

Capítulo I

- Bojsen, B. H. & R. Barriga, 2002. Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biology* 47: 2246-2260.
- Boltovskoy, D., G. Tell & R. Dadon, 1995. Afinidad entre comunidades bentónicas de un ambiente lótico. In Lopretto, E. C. & G. Tell (eds), *Ecosistemas de aguas continentales: metodologías para su estudio*. Ed. Sur, Argentina, Tomo I: 203-214.
- Bonnet, L. 1974. Les Thecamoebiens. In: Puytorac, P. de (ed.), *Quelques aspects de la faune des mousses*, Annales du Centre Régional de Documentation Pédagogique (C.R.D.P.) de l'Académie de Clermont-Ferrand: 21-30.
- Buss, D. F., D. F. Baptista, J. L. Nessimian & M. Egler, 2004. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in a neotropical streams. *Hydrobiologia* 518: 179-188.
- Callisto, M., M. Moretti & M. Goulart, 2001. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 6: 71-82.
- Calor, A. R., 2007. Ordem Trichoptera Kirby 1813 (Arthropoda: Insecta). In: *Guia on-line de identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo*. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico (acesso em março 2009).
- Corbi, J. J. & S. Trivinho-Strixino, 2006. Influence of taxonomic resolution of stream macroinvertebrate communities on the evaluation of different land uses. *Acta Limnologica Brasiliensia* 18: 469-475.
- Death, R. G., 2002. Predicting invertebrate diversity from disturbance regimes in forest streams. *Oikos* 97: 18-30.
- Death, R. G., E. M. Zimmermann, 2005. Interaction between disturbance and primary productivity in determining stream invertebrate diversity. *Oikos* 111: 392-402.
- Edmunds, Jr., G. F. & R. D. Waltz, 1996. Ephemeroptera. In: Merritt, R. W. & K. W. Cummins (eds), *An introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America: 126-163.
- Fernández, H. R. & E. Dominguez, 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán.
- Flecker, A. S. & B. Faifarek, 1994. Disturbance and the temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams. *Freshwater Biology* 31: 131-142.
- Green, J., 1994. The temperate tropical gradient of planktonic Protozoa and Rotifera. *Hydrobiologia* 272: 13-26.

Capítulo I

- Hawkins, C. P., M. L. Murphy, N. H. Anderson & M. A. Wilzbach, 1983. Density of fish and salamanders in relation to riparian canopy and physical habitat in streams of the northwestern United States. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 1173-1185.
- Henry, R., V. S. Uieda, A. A. de O. Afonso & R. M. Kikuchi, 1994. Input of allochthonous matter and structure of fauna in a Brazilian headstream. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fur Limnologie* 25: 1867-1869.
- Hirabayashi, K. & Wotton, R. S. 1998. Organic matter processing by chironomid larvae (Diptera: Chironomidae). *Hydrobiologia* 382: 151-159.
- Huamantínco, A. A. & J. L. Nessimian, 1999. Estrutura e distribuição espacial da comunidade de larvas de Trichoptera (Insecta) em um tributário de primeira ordem do Rio Paquequer, Teresópolis, RJ. *Acta Limnologica Brasiliensia* 11: 1-16.
- Hynes, H. B., 1970. The ecology of running waters. University of Toronto Press, Canada.
- Kikuchi, R. M. & V. S. Uieda, 1998. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In Nessimian, J. L. & A. L. Carvalho (eds), *Ecologia de insetos aquáticos. Série Oecologia Brasiliensis*, vol.V. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro: 157-173.
- Krebs, C. J., 1989. Ecological methodology. Harper & Row, New York.
- Lansac-Tôha, F. A., C. C. Bonecker & L. F. M. Velho, 2004. Composition, species richness and abundance of the zooplankton community. In: S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds), *The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys, Leiden, Holanda: 145-190.
- Lansac-Tôha, F.A., M. C. Zimmermann-Callegari, G. M. Alves, L. F. M. Velho & L. J. Fulone, 2007. Species richness and geographic distribution of testate amoebae (Rhizopoda) in Brazilian freshwater environments. *Acta Sci. Biol. Sci.* 29: 185-195.
- Lopretto, E. C. & G. Tell, 1995. *Ecosistemas de aguas continentals: metodologias para su Studio*. Tomo III, Ed. Sur, Argentina.
- Mariano, R.. & Froehlich, C.G. 2007. Ephemeroptera. In: *Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo*. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>
- Marques, M. G. S. M., R. L. Ferreira & F. A. R. Barbosa, 1999. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das Lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. *Revista Brasileira de Biologia* 59: 203-210.

Capítulo I

- Melo, A. S., 2008. O que ganhamos “confundindo” riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade?. *Biota Neotropica* 8: 21-27.
- Merritt, R. W. & K. W. Cummins, 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt, Dubuque.
- Neboiss, A., 1991. Trichoptera. In: Nauman, D., P. B. Carne, J. F. Laurence, E. S. Nielsen, J. P. Spradbury (eds), *The Insects of Australia: A Textbook for Students and Researchs Workers*. Ithaca, Cornell Univ. Press, New York: 787-816.
- Nessimian, J. L., 1995. Abundância e biomassa de macroinvertebrados de um brejo de dunas no litoral do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Biologia* 55: 661-683.
- Olifiers, M. H., L. M. Dorvillé, J. L. Nessimian & N. Hamada, 2004. A key to Brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. *Zootaxa* 651: 1-15.
- Oliveira, L. G., P. C. Bispo & N. C. Sá, 1997. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do parque ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 14: 867-876.
- Passos M. I. S., J. L. Nessimian & N. F. Junior, 2007. Chaves para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleoptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 51: 42-53.
- Pinto, T. L. F. & V. S. Uieda, 2007. Aquatic insects selected as food for fishes of a tropical stream: Are there spatial and seasonal differences in their selectivity?. *Acta Limnologica Brasiliensia* 19: 64-78.
- Resh, V. H. & D. M. Rosenberg, 1984. *The ecology of aquatic insects*. Praeger Publishers, New York.
- Ribeiro, L. O. & V. S. Uieda, 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22: 613-618.
- Richards, C., G. E. Host & J. W. Arthur, 1993. Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchment. *Freshwater Biology* 29: 285-294.
- Roque, F. O., S. Trivinho-Strixino, G. Strixino, R. C. Agostinho & J. C. Fogo, 2003. Benthic macroinvertebrates in streams of the Jaragua State Park (Southeast of Bazil) considering multiple spatial scales. *Journal of Insect Conservation* 7: 63-72.

- Salles, F. F., E. R. Da-Silva, J. E. Serrão & C. N. Francischetti, 2004. Baetidae (Ephemeroptera) na Região Sudeste do Brasil: novos registros e chaves para os gêneros no estágio ninfal. *Neotropical Entomology* 33: 725-735.
- Statsoft, 2001. Computer Program Manual, OK 74104, USA.
- Stewart, K.W. & P. P. Harper, 1996. Plecoptera. In: Merritt, R.W. & Cummins, K.W. (eds), *An introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa: 217-266.
- Takeda, A. M., J. T. Kobayashi, D. L. M. C. Resende, D. S. Fujita, G. S. A. Santos, R. H. Fujita, C. B. Pavan & C. M. M. Butakka, 2004. Influence of Decreased Water Level on the Chironomidae Community of the Upper Paraná River Alluvial Plain. In: Agostinho, A. A., L. Rodrigues, L. C. Gomes, S. M. Thomaz & L. E. Miranda (eds), *Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain*. EDUEM, Maringá: 3-275.
- Trivinho-Strixino, S. & G. Strixino, 1995. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo. Guia de identificação e diagnose dos gêneros. PPG-ERN/UFSCAR, São Carlos.
- Uieda, V. S. & I. C. S. M. Gajardo, 1996. Macroinvertebrados perifíticos encontrados em poções e corredeiras de um riacho. *Naturalia* 21: 31-47.
- Uieda, V. S. & Motta, R. L., 2007. Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. *Acta Limnologica Brasiliensia* 19: 15-30.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, & C. E. Cushing, , 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Velho, L. F. M., F. A. Lansac-Tôha & L. M. Bini, 2003. Influence of environmental heterogeneity on the structure of testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) assemblages in the plankton of the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *International Review of Hydrobiology* 88: 154-166.
- Wallace, J. B., M. E. Gurtz & F. Smith-Cuffney, 1988. Long-term comparisons of insect abundance in disturbed and undisturbed Appalachian headwaters streams. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 23: 1224-1231.
- Whiting, P. J., 2002. Streamflow necessary for environmental maintenance. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 30: 181-206.

Capítulo I

Zamora-Muñoz, C. & J. Alba-Tercedor, 1996. Bioassessment of organically polluted Spanish Rivers, using a biotic index and multivariate methods. *Journal of North American Benthological Society* 15: 332-352.

Capítulo I

Apêndice: Macroinvertebrados coletados no Ribeirão da Quinta durante as estações seca (S - Junho/2006) e chuvosa (C - Dezembro/2006), nas áreas aberta (AA), fechada (AF) e no perifiton (P). Insetos com identificação não determinada além do nível indicado = ausência das características necessárias para identificação precisa por serem estágios juvenis em estágios iniciais ou exemplares danificados.

TAXA	AA-S	AA-C	AF-S	AF-C	P-S	P-C
PROTOZOA-Rhizopoda	X	X	X	X		
CNIDARIA-Hydrozoa	X					
PLATYHELMINTHES						
Turbellaria-Tricladida	X	X	X	X	X	X
Turbellaria-Temnocephalida	X	X		X		X
NEMERTEA	X	X	X	X		
NEMATODA	X	X		X		
MOLLUSCA						
Gastropoda	X	X		X	X	X
Bivalvia	X	X		X		
ANNELIDA						
Oligochaeta	X	X	X	X	X	X
Hirudinea		X				
ARTHROPODA-ARACHNIDA-Acarina	X	X	X	X	X	
ARTHROPODA-CRUSTACEA						
Aeglidae (<i>Aegla castro</i> Schmidt, 1942)	X	X				
Ostracoda		X	X	X		X
ARTHROPODA-ENTOGNATHA						
Collembola-Isotomidae	X					
Collembola-Sminthuridae				X		
ARTHROPODA-INSECTA						
Ephemeroptera						
Baetidae (não determinado)	X					
<i>Americabaetis</i> Kluge, 1992	X	X	X	X	X	X
<i>Baetodes</i> Needham & Murphy, 1924	X	X	X	X	X	X
<i>Camelobaetidius</i> Demouling, 1966	X	X	X	X	X	
<i>Cloeodes</i> Traver, 1938	X	X	X	X		
Caenidae – <i>Caenis</i> Stephens, 1835	X	X		X		X
Leptophlebiidae (não determinado)	X	X	X	X		X
<i>Farrodes</i> Peters, 1971	X	X	X	X	X	
<i>Thraulodes</i> Peters & Edmunds, 1972	X	X	X	X	X	X
Leptophyphidae (não determinado)	X	X	X	X		
<i>Leptohyphodes</i> Ulmer, 1920		X				
<i>Traverhyphes</i> Molineri, 2001	X	X	X	X	X	X
<i>Tricorythodes</i> Ulmer, 1920		X				
<i>Tricorythopsis</i> Traver, 1958	X	X	X	X	X	X

Apêndice: Continuação

TAXA	AA-S	AA-C	AF-S	AF-C	P-S	P-C
Odonata						
Aeshnidae				X		
Calopterygidae	X	X	X		X	
Coenagrionidae – <i>Argia</i> Rambur, 1842	X	X	X	X	X	
Corduliidae – <i>Navicordulia</i> Machado & Costa, 1995			X			
Orthoptera – Gryllidae	X					
Plecoptera						
Gripopterygidae – <i>Paragripopteryx</i> Enderlein, 1909				X	X	X
Perlidae – <i>Anacroneuria</i> Klapálek, 1909	X	X	X	X	X	X
Heteroptera						
Pleidae – <i>Neoplea</i> Esaki & China, 1928	X	X	X	X		X
Veliidae – <i>Rhagovelia</i> Drake & Harris, 1927	X	X	X	X		X
Coleoptera						
Dytiscidae		X				
Elmidae (não determinado)					X	X
<i>Heterelmis</i> Sharp, 1882	X	X	X	X	X	X
<i>Macrelmis</i> Motschulsky, 1859	X	X	X	X	X	X
<i>Neoelmis</i> Musgrave, 1935	X	X		X	X	X
<i>Hexacylloepus</i> Hinton, 1940	X	X	X	X	X	X
<i>Xenelmis</i> Hinton, 1936		X				
Gyrinidae – <i>Gyretes</i> Brulle, 1835		X				
Hydrophilidae					X	
Psephenidae – <i>Psephenus</i> Haldeman, 1853	X	X	X	X		
Megaloptera						
Corydalidae – <i>Corydalis</i> Latreille, 1802	X	X	X	X		
Trichoptera (não determinado)	X	X	X	X	X	X
Calamoceratidae – <i>Phylloicus</i> Müller, 1880		X				X
Glossosomatidae						
<i>Mexitrichia</i> Mosely, 1937	X	X	X	X		
<i>Protoptila</i> Banks, 1904	X	X	X	X		
Hydropsychidae						
<i>Leptonema</i> Guérin, 1843	X					
<i>Smicidia</i> McLachlan, 1871	X	X	X	X	X	X
Hydroptilidae						
<i>Hydroptila</i> Dalman, 1819		X		X	X	X
<i>Neotrichia</i> Morton, 1905	X	X	X	X	X	X
<i>Ochrotrichia</i> Mosely, 1934	X	X	X	X	X	X
Leptoceridae		X		X	X	X
Philopotamidae						
<i>Chimarra</i> Stephens, 1829	X	X	X	X		
<i>Wormaldia</i> McLachlan, 1865	X	X	X	X		
Polycentropodidae (não determinado)						X
<i>Cernotina</i> Ross, 1938		X				

Apêndice: Continuação

TAXA	AA-S	AA-C	AF-S	AF-C	P-S	P-C
Lepidoptera						
Pyalidae – <i>Parargyractis</i> Lange, 1956	X	X				X
Diptera						
Ceratopogonidae						
<i>Atrichopogon</i> Kieffer, 1906			X	X		X
<i>Bezzia</i> Kieffer, 1899		X	X	X		
Chironomidae (não determinado)	X	X	X	X	X	X
Chironominae	X	X	X	X	X	X
Orthoclaadiinae	X	X	X	X	X	X
Tanypodinae	X	X	X	X	X	X
Dixidae	X	X				
Empididae	X	X	X	X	X	X
Psychodidae	X		X	X		
Simuliidae						
<i>Simulium dinelli</i> (Joan, 1912)	X	X	X	X	X	X
<i>Simulium incrustatum</i> Lutz, 1910	X	X		X	X	X
<i>Simulium pertinax</i> Kollar, 1832	X				X	
<i>Simulium</i> sp. Latreille, 1802	X				X	
Tabanidae		X				

Tabela I: Abundância absoluta (n) e relativa (%) dos grandes grupos de macroinvertebrados bentônicos coletados no Ribeirão da Quinta durante as estações seca (ES-Junho/2006) e chuvosa (EC-Dezembro/2006), nas áreas aberta (AA), fechada (AF) e no perífiton (P).

Grandes Grupos	AA-ES		AA-EC		AF-ES		AF-EC		P-ES		P-EC	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%
Protozoa	48	0,6	1626	27,2	89	6,7	221	16,4	-	-	-	-
Cnidaria	1	<0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Platyhelminthes	417	4,8	215	3,6	15	1,1	43	3,2	13	0,5	5	0,4
Nemertea	8	0,1	19	0,3	1	0,1	4	0,3	-	-	-	-
Nematoda	3	<0,0	3	0,1	-	-	1	0,1	-	-	-	-
Mollusca	730	8,4	28	0,5	-	-	18	1,3	139	5,4	40	3,0
Annelida	137	1,6	70	1,2	15	1,1	33	2,4	178	6,9	15	1,1
Arthropoda-Insecta	7347	84,5	3958	66,2	1188	89,7	991	73,4	2265	87,2	1280	95,5
Arthropoda-Outros	7	0,1	58	1,0	16	1,2	39	2,9	3	0,1	1	0,1
Abundância	8698		5977		1324		1350		2598		1341	
Riqueza	9		8		6		8		5		5	
Diversidade (H')	0,875		1,285		0,633		1,307		0,713		0,326	
Equitabilidade (E 1/D)	0,154		0,243		0,206		0,220		0,261		0,219	

Tabela II: Resultados da análise não paramétrica de Kruskal-Wallis (* valor significativo para $p \leq 0.05$) utilizada para verificar a existência de diferenças sazonais (ES-estação seca, EC-estação chuvosa) e espaciais (AA- área aberta, AF-área fechada, P-perifiton) na abundância dos grandes grupos de macroinvertebrados.

Grandes Grupos	Variação sazonal	Variação espacial
Protozoa	0.0479 (EC)*	0.0000 (AA)*
Cnidaria	0.3173	0.3679
Platyhelminthes	0.5751	0.0000 (AA)*
Nemertea	0.1944	0.0007 (AA)*
Nematoda	0.3298	0.1504
Mollusca	0.3660	0.0020 (AA/P)*
Annelida	0.0142 (ES)*	0.0008 (AA)*
Arthropoda-Insecta	0.0326 (ES)*	0.0000 (AA)*
Arthropoda-Outros	0.0085 (EC)*	0.0001 (AA/AF)*

Tabela III: Coeficiente de distância calculado pela medida de Bray- Curtis, a partir dos dados de abundância $\{\log_{10}(x+1)\}$ dos grandes grupos de macroinvertebrados bentônicos coletados durante as estações seca (ES) e chuvosa (EC), nas áreas aberta (AA), fechada (AF) e no perifiton (P).

Grandes Grupos					
AA-EC	0,84				
AF-ES	0,67	0,71			
AF-EC	0,78	0,87	0,83		
P-ES	0,74	0,66	0,65	0,69	
P-EC	0,61	0,59	0,67	0,68	0,85
	AA-ES	AA-EC	AF-ES	AF-EC	P-ES

Tabela IV: Abundância absoluta (n) e relativa (%) das famílias de insetos coletadas no Ribeirão da Quinta durante as estações seca (ES-Junho/2006) e chuvosa (EC-Dezembro/2006), nas áreas aberta (AA), fechada (AF) e no perífiton (P). Col-Coleoptera, Dip-Diptera, Eph-Ephemeroptera, Hem-Hemiptera, Lep-Lepidoptera, Meg-Megaloptera.

Famílias de insetos	AA-ES		AA-EC		AF-ES		AF-EC		P-ES		P-EC	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%
Col-Dytiscidae	-	-	1	<0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Col-Elmidae	1108	13,8	628	14,8	84	7,0	86	8,7	89	3,5	114	9,0
Col-Gyrinidae	-	-	1	<0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Col-Hydrophilidae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0	-	-
Col-Psephenidae	111	1,4	366	8,6	48	4,0	66	6,7	-	-	-	-
Dip-Ceratopogonidae	2	<0,0	4	0,1	14	1,2	3	0,3	-	-	1	0,1
Dip-Chironomidae	1089	13,5	857	20,2	143	11,9	136	13,7	1650	64,8	386	30,4
Dip-Dixidae	2	<0,0	1	<0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Dip-Empididae	8	0,1	23	0,5	1	0,1	5	0,5	9	0,4	12	0,9
Dip-Psychodidae	1	<0,0	-	-	3	0,2	4	0,4	-	-	-	-
Dip-Simuliidae	699	8,7	25	0,6	15	1,2	2	0,2	496	19,5	391	30,8
Dip-Tabanidae	-	-	1	<0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Eph-Baetidae	1439	17,9	257	6,0	118	9,8	30	3,0	141	5,5	66	5,2
Eph-Caenidae	1	<0,0	45	1,1	-	-	2	0,2	-	-	12	0,9
Eph-Leptohyphidae	408	5,1	683	16,1	185	15,4	214	21,6	67	2,6	62	4,9
Eph-Leptophlebiidae	1982	24,6	662	15,6	343	28,5	178	18,0	10	0,4	10	0,8
Hem-Pleidae	3	<0,0	37	0,9	1	0,1	7	0,7	-	-	8	0,6
Hem-Veliidae	1	<0,0	4	0,1	11	0,9	31	3,1	-	-	1	0,1
Lep-Pyralidae	8	0,1	9	0,2	-	-	-	-	-	-	1	0,1
Meg-Corydalidae	15	0,2	2	<0,0	1	0,1	1	0,1	-	-	-	-

Tabela IV: Continuação. Odo-Odonata, Ple-Plecoptera, Tri-Trichoptera.

Famílias de insetos	AA-ES		AA-EC		AF-ES		AF-EC		P-ES		P-EC	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%
Odo-Calopterygidae	4	<0,0	5	0,1	1	0,1	-	-	1	0,0	-	-
Odo-Aeshnidae	-	-	-	-	-	-	1	0,1	-	-	-	-
Odo-Coenagrionidae	4	<<0,0	4	0,1	42	3,5	6	0,6	1	<<0,0	-	-
Odo-Corduliidae	-	-	-	-	1	0,1	-	-	-	-	-	-
Ple-Perlidae	158	2,0	91	2,1	15	1,2	22	1,2	3	0,1	2	0,2
Ple-Gripopterygidae	-	-	-	-	-	-	1	0,1	2	0,1	2	0,2
Tri-Calamoceratidae	-	-	7	0,2	-	-	-	-	-	-	2	0,2
Tri-Glossosomatidae	67	0,8	18	0,4	43	6,3	19	1,9	-	-	-	-
Tri-Hydropsychidae	849	10,5	344	8,1	107	8,9	81	8,2	63	2,5	117	9,2
Tri-Hydroptilidae	10	0,1	99	2,3	21	1,7	50	5,0	12	0,5	80	6,3
Tri-Leptoceridae	-	-	2	<0,0	-	-	1	0,1	1	<0,0	2	0,2
Tri-Philopotamidae	87	1,1	72	1,7	8	0,7	45	4,5	-	-	-	-
Tri-Polycentropodidae	-	-	1	<0,0	-	-	-	-	-	-	1	0,1
Abundância	8056		4249		1205		991		2546		1270	
Riqueza	23		28		21		23		15		19	
Diversidade (H')	2,991		3,310		2,552		2,459		1,670		2,680	
Equitabilidade (E 1/D)	0,287		0,284		0,165		0,131		0,144		0,257	

Tabela V: Resultados da análise não paramétrica de Kruskal-Wallis (* valor significativo para $p \leq 0.05$) utilizada para verificar a existência de diferenças sazonais (ES-estação seca, EC-estação chuvosa) e espaciais (AA- área aberta, AF-área fechada, P-perifiton) na abundância das famílias de insetos aquáticos. Col-Coleoptera, Dip-Diptera, Eph-Ephemeroptera, Hem-Hemiptera, Lep-Lepidoptera, Meg-Megaloptera, Odo-Odonata, Ple-Plecoptera, Tri-Trichoptera.

Famílias de insetos	Variação sazonal	Variação espacial
Col-Dytiscidae	0,3173	0,3679
Col-Elmidae	0,5053	0,0000 (AA)*
Col-Gyrinidae	0,3173	0,3679
Col-Hydrophilidae	0,3173	0,3679
Col-Psephenidae	0,2789	0,0000 (AA)*
Dip-Ceratopogonidae	0,9323	0,0571
Dip-Chironomidae	0,0904	0,0000 (AA/P)*
Dip-Dixidae	0,0981	0,1308
Dip-Empididae	0,0203 (EC)*	0,0053 (AA)*
Dip-Psychodidae	1,0000	0,1463
Dip-Simuliidae	0,0027 (ES)*	0,0006 (AA/P)*
Dip-Tabanidae	0,3173	0,3679
Eph-Baetidae	0,0064 (ES)*	0,0000 (AA)*
Eph-Caenidae	0,0005 (EC)*	0,0363 (AA)*
Eph-Leptohyphidae	0,2969	0,0000 (AA)*
Eph-Leptophlebiidae	0,2408	0,0000 (AA)*
Hem-Pleidae	0,0025 (EC)*	0,1618
Hem-Veliidae	0,0887	0,0002 (AF)*
Lep-Pyralidae	1,000	0,0020 (AA)*
Meg-Corydalidae	0,0655	0,0004 (AA)*
Odo-Calopterygidae	0,4181	0,1746
Odo-Aeshnidae	0,3173	0,3679
Odo-Coenagrionidae	0,0587	0,0003 (AF)*
Odo-Corduliidae	0,3173	0,3679
Ple-Perlidae	0,7001	0,0000 (AA)*
Ple-Gripopterygidae	0,9727	0,1543
Tri-Calamoceratidae	0,0207 (EC)*	0,2134
Tri-Glossosomatidae	0,0680	0,0000 (AA)*
Tri-Hydropsychidae	0,5885	0,0001 (AA)*
Tri-Hydroptilidae	0,0000 (EC)*	0,4209
Tri-Leptoceridae	0,0878	0,5791
Tri-Philopotamidae	0,7841	0,0001 (AA)*
Tri-Polycentropodidae	0,1538	0,6013

Tabela VI: Coeficiente de distância calculado pela medida de Bray- Curtis, a partir dos dados de abundância das famílias de insetos aquáticos coletados durante as estações seca (ES) e chuvosa (EC), nas áreas aberta (AA), fechada (AF) e no perifiton (P).

Famílias de insetos					
AA-EC	0,57				
AF-ES	0,24	0,41			
AF-EC	0,20	0,36	0,76		
P-ES	0,37	0,38	0,28	0,24	
P-EC	0,25	0,33	0,42	0,42	0,57
	AA-ES	AA-EC	AF-ES	AF-EC	P-ES

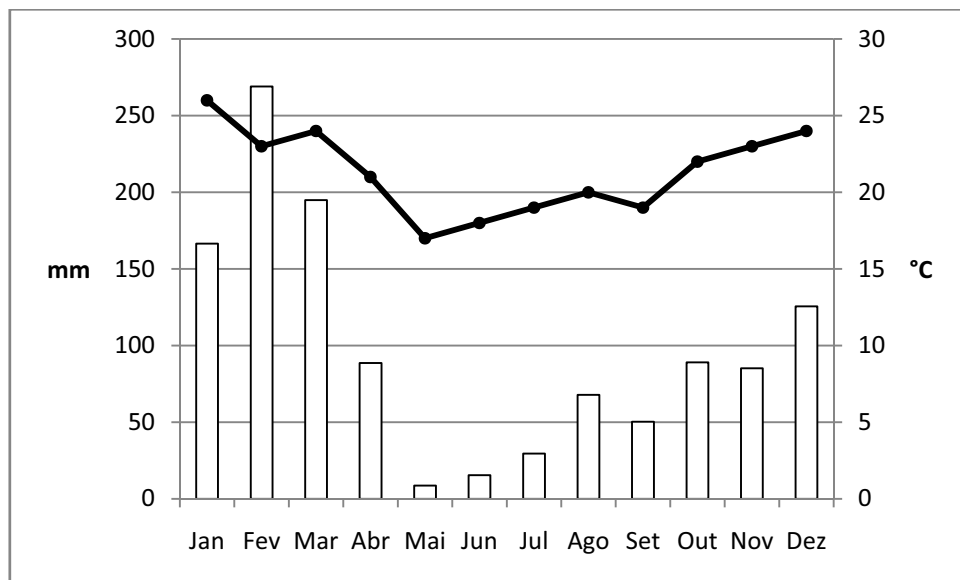


Figura 1: Pluviosidade total (barras; mm) e temperatura média (°C) mensais referentes ao ano de 2006. Fonte: CIIAGRO (www.ciiagro.sp.gov.br; estação de Botucatu, distante 50 Km do Ribeirão da Quinta).

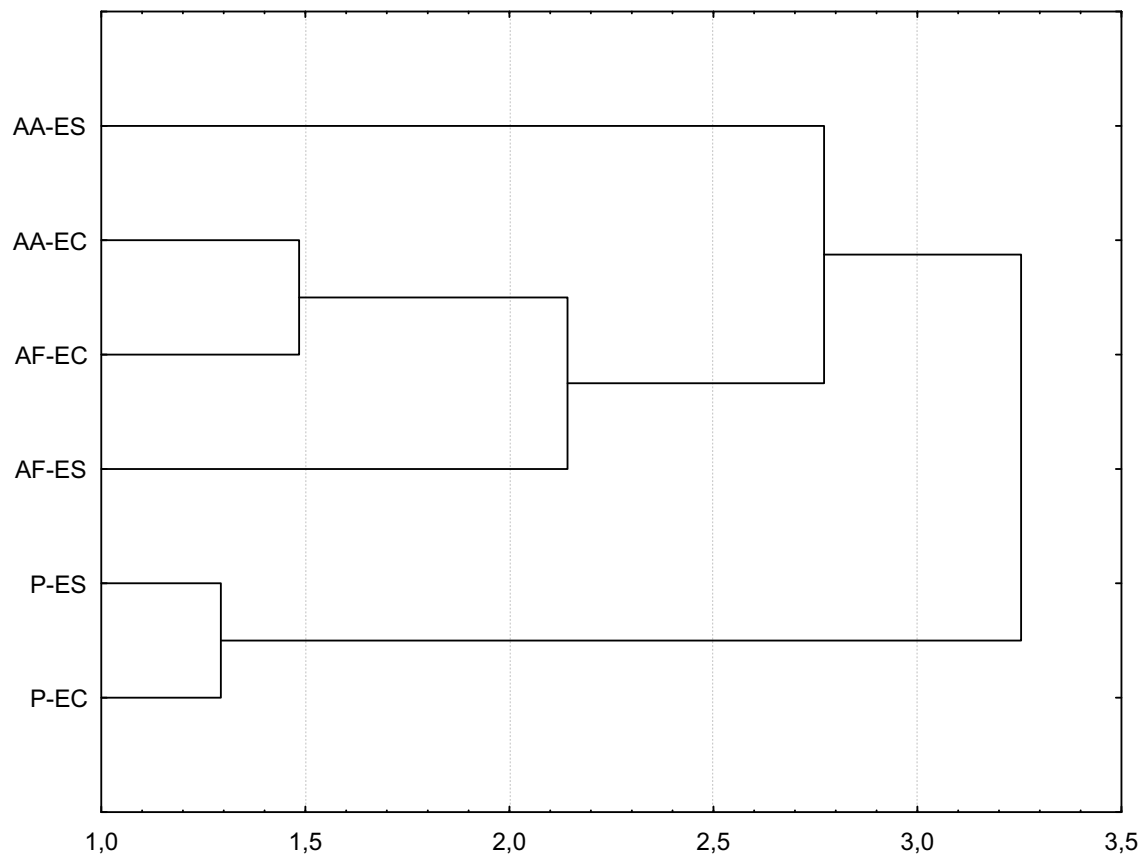


Figura 2: Dendrograma de similaridade (UPGMA/ Distância Euclidiana) construído a partir dos dados de abundância ($\log_{10}(x+1)$) dos grandes grupos de macroinvertebrados bentônicos coletados no Ribeirão da Quinta durante as estações seca (ES) e chuvosa (EC), nas áreas aberta (AA), fechada (AF) e no perifiton (P). Ver tabela I com a lista dos grupos analisados.

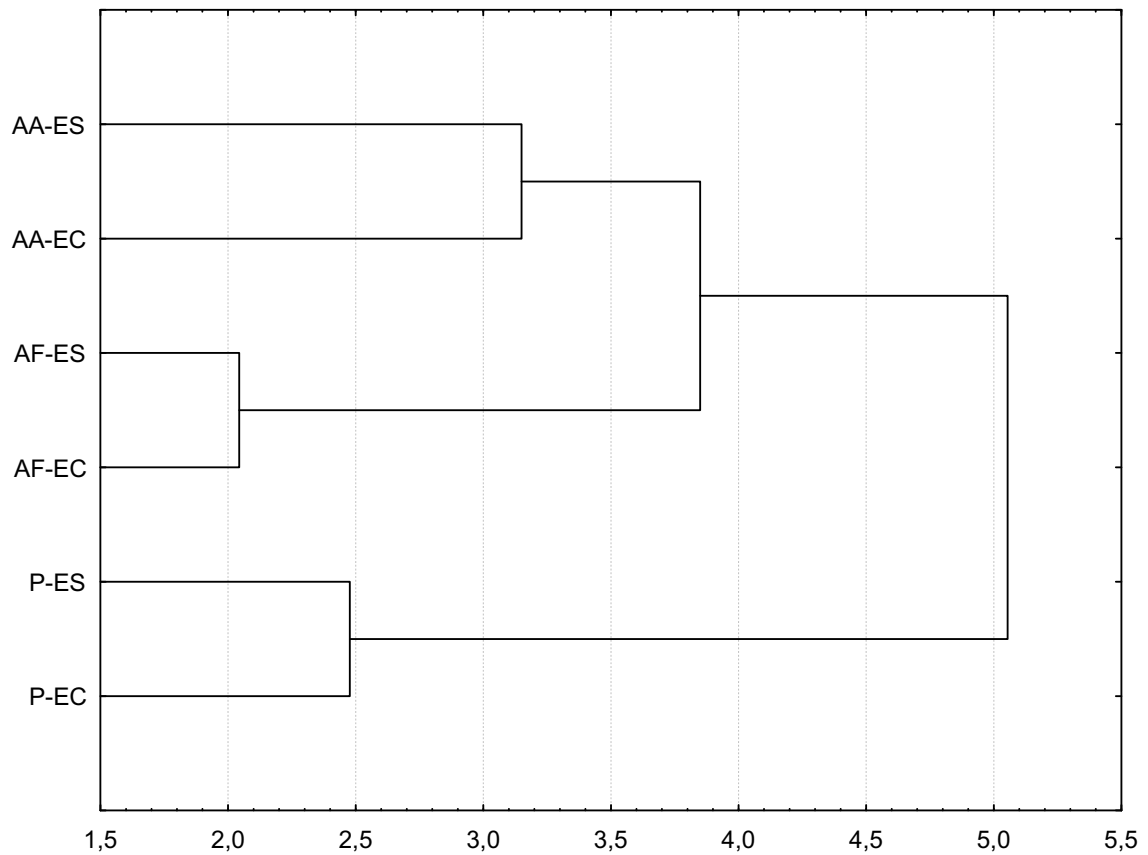


Figura 3: Dendrograma de similaridade (UPGMA/ Distância Euclidiana) construído a partir dos dados de abundância ($\log_{10}(x+1)$) das famílias de insetos aquáticos coletadas no Ribeirão da Quinta durante as estações seca (ES) e chuvosa (EC), nas áreas aberta (AA), fechada (AF) e perifiton (P). Ver tabela IV com a lista de famílias analisadas.

Capítulo II

*How do spatial and seasonal factors influence
the trophic structure of a tropical fish
community?*

Produção bibliográfica relacionada ao conteúdo deste capítulo:

Pinto, T. I. F. & Uieda, V.S. Variação sazonal e espacial da dieta da ictiofauna de um riacho de serra (Itatinga-SP) ?In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, XXVII, 2009, Curitiba.CD-ROM.

How do spatial and seasonal factors influence the trophic structure of a tropical fish community?

ABSTRACT

The aim of this research was to describe the spatial and seasonal variations in the trophic structure of a stream fish community. The fishes were sampled on June 2006 (dry season) and December 2006 (rainy season), at an area shaded by a well-preserved riparian gallery forest (closed area) and at other area with herbaceous vegetation at the margin (open area). Macrophytes were abundant in the open area, covering the river bank and the bed. The diet analysis of the fish species sampled in the two areas showed a predominance of insectivores, mainly during the rainy season. Although aquatic insects were eaten by many species, leading to a high diet overlap between many pairs of species, differences related to the type (order/family) of insect consumed reduced this overlap. A more complex trophic structure was found in the open area during the rainy season, probably because of the great number of fish species and the high food resources availability. In the open area, the macrophytes were used as substrate by a diversified fauna. They also form an important barrier that traps the organic matter imported to the system from the upstream forested area. Seasonal and spatial variations of the fish diets emphasize the adaptability, great flexibility and plasticity of their feeding habits and can be related to changes in the environmental complexity.

Additional-keywords: Diet overlap, Food habit, Insectivory, Tropical stream.

Running head: Trophic structure of a tropical fish community

INTRODUCTION

To understand the trophic organization of an ecosystem, it is necessary to acquire knowledge on the availability of food resources, on the diet, and on the interaction mechanism of the species during the use of these resources (Uieda and Motta 2007). Even though there are some studies that focus on the ichthyofauna trophic structure, most studies do not consider temporal-spatial variations (Pimm *et al.* 1991). Information like this is of extreme importance because they provide us with relevant knowledge on the relationship between the species and the stream ecosystem dynamics. In addition, data on the feeding strategies and on the spatial and temporal distribution of food may help us interpret the relationship between the species (Uieda and Motta 2007).

The resources supply depends on the characteristics of the surroundings as well as on those of the aquatic system. The conceptual model created by Pusey and Arthington (2008) for Australian systems describes the importance of the riparian forest for the regulation of energy and matter transference to the aquatic ecosystems. Any change in this vegetal cover can affect the ichthyofauna's composition through changes in the habitat quality (Bojsen and Barriga 2002; Pusey and Arthington 2008). Also, some studies developed in tropical areas (Angermeier and Karr 1983; Castro and Casatti 1997; Kamdem Toham and Teugels 1998; Casatti 2004) have emphasized the effects of deforestation on fish communities.

Another spatial characteristic of great importance in the ichthyofauna's structuring is the presence of macrophytes, which can be used as shelter against predators such as was verified in lentic (Dielh and Eklov 1995; Sánchez-Botero *et al.* 2003) and lotic (Motta and Uieda 2005) environments. For streams located in Southeastern Brazil, it has been reported a greater richness of species and trophic complexity in the ichthyofauna associated to this

vegetation, which provides a more stable and structurally more complex substrate (Motta and Uieda 2005).

As to the influence of time over the ichthyofauna's trophic organization, it should be considered that tropical regions present stronger precipitation, which leads to seasonal patterns of discharges in the rivers (Winemiller and Jepsen 1998). This seasonality can strongly affect the availability of food, which can determine a variation in the fishes' diets and consequently in the range of their feeding niche (Motta and Uieda 2004).

Henceforth, in this study, the spatial-temporal pattern of the ichthyofauna's trophic structure of a stream located in Southeastern Brazil was analyzed based on the information on the diet of the ichthyofauna collected in two consecutive sections of the stream in two periods of the year. Two questions have been raised: 1) is there any influence of the removal of the vegetal cover on the ichthyofauna's trophic organization caused by the increase in luminosity and in the amount of macrophytes in the area without riparian vegetation?; 2) is there any influence of the seasonality on the ichthyofauna's trophic organization caused by the increase in water flow, current, introduction of organic matter and greater volume of macrophytes during the rainy season?

MATERIAL AND METHODS

Study area

This study was carried out at Ribeirão da Quinta, a 3rd order stream located in the municipality of Itatinga, São Paulo State, Southeastern Brazil (23°06'47''S, 48°29'46''W, 743m a.s.l.), a tributary of the Paranapanema River Basin. The study site is composed by a succession of pools and riffles and the work was developed in two riffles. One is located

Capítulo II

upstream and shaded by a well-preserved gallery forest (called “closed area”) and the other is located about 300m downstream and is surrounded only by herbaceous vegetation (called “open area”). The riffles were shallow (10-15 cm), with strong flow ($0.14\text{--}0.19\text{ ms}^{-1}$) and rocky substrate. Despite the fact that the two areas showed similar substrate (pebbles around 3 cm of diameter and a great amount of plant detritus), they differ by the presence of macrophytes only in the open area, covering the river bank and the river bed in a great quantity (mainly *Pycnus decumbens* T. Koyama, an herbaceous plant of the Cyperaceae family).

Sampling and Diet analysis

The fishes were collected in the two areas (open and closed) during one day of June 2006 (dry season) and one of December 2006 (rainy season). They were sampled with a gill net (mesh of 2mm) that was settled transversally to the river, forming a fence from one bank to the other. The substrate near the fence was revolved manually to dislodge the fishes, which were then carried into the net by the flow. This procedure was done repeatedly while moving upstream, covering all extension of the riffle (about 30m). The capture effort was 4 collectors and 2 hours per area and season.

The fish taxonomic identification was checked by Dr. Francisco Langeani and the vouchers are deposited in the fish collection of the Department of Zoology, State University of São Paulo – UNESP, São José do Rio Preto, Brazil (DZSJRP010101 to DZSJRP010117)(<http://splink.cria.org.br/manager/detail?resource=DZSJRP-Pisces&setlang=pt>). The values of fish abundance were used to determine the Shannon-Winner diversity (H') and Simpson's equitability ($E_{1/D}$) for a comparative analysis for season and area (Krebs 1989).

The standard length (SL) was determined for each specimen and the gut was removed for diet analysis. The fish diet was determined through the analysis of stomach contents under stereomicroscopy and the animals consumed were identified using specific keys for freshwater invertebrates (Pennak 1978) and aquatic insects (Lopretto and Tell 1995; Merritt and Cummins 1996; Fernández and Dominguez 2001). The diet was analyzed using the methods of frequency of occurrence (Hyslop 1980) and biovolume (adapted from Esteves and Galetti 1995). The frequency of occurrence indicates the presence or absence of each food item in the diet and is calculated from the number of fish in which the item occurred, relatively to the total occurrences of all items. The biovolume represents the occupied area (area determined with the aid of a millimeter grid) of a specific item calculated relatively to the total area occupied by all items. The frequency of occurrence (F) and the biovolume (V) data was used to calculate the Feeding Index (FI) with the formula (Kawakami and Vazzoler 1980): $FI = (F \times V) / \sum (F \times V)$. Food items with FI values equal or higher than 15% were used in the determination of fish feeding habit.

Food overlap was calculated using the Horn's index (Krebs 1989) applied to FI% data, analyzing separately each areas (open and closed) and each seasons (dry and rainy). This index varies from 0, when no food category is shared by species, to 1, when the diet of two species is identical. Overlap values ≥ 0.7 were considered significant.

Dendrograms of similarity, using the UPGMA measure of similarity (Systat 1997), were elaborated with the Feeding Index values (FI%) of all food items consumed by the fish species sampled in the both areas and seasons. Diagrams representing the trophic interactions between the fish species and their preys were also constructed in a way to allow the visualization of the trophic organization of the ichthyofauna.

RESULTS

During the study period, ten fish species that belong to three orders and five families were collected (Table 1). The Siluriformes order presented the greatest species richness (seven species), of which five belonged to the Heptapteridae family. As to the spatial and temporal variations in the ichthyofauna composition, it was observed greater abundance, richness and diversity in the open area during the rainy season (Table 2). However, we found a large abundance of *Phalloceros harpagos* in all analyzed situations.

Through the general diet analysis of the ichthyofauna sampled in the open area during the dry season, we verified the existence of three insectivorous, three omnivorous and one periphyton-feeder species (Table 3). On the other hand, in the rainy season, we could observe that a high percentage of aquatic insects were consumed by most species (six out of nine), specially five catfishes and one characid (Table 4). One of the other three species collected at this same area and season had consumed only periphyton and was classified as periphyton-feeder, and the other two presented a more diverse diet and were classified as omnivores. Three of the six species found during both seasons presented a seasonal variation of diet: *Astyanax bockmanni*; *Bryconamericus iheringi*; *Hisonotus depressicauda*.

In the closed area during the rainy season, most of the species collected (four out of seven) consumed mainly aquatic insects (Table 5). Of the other three species found in this same area and season, one is periphyton-feeder, one is detritivorous and one is omnivorous. However, during the dry season, only the species *P. harpagos* was collected and only two of the three individuals collected had stomach content and presented the omnivorous habit. In this area, the only species common to both seasons was *P. harpagos*, which presented omnivorous habit at all seasons (Table 5).

When analyzing the percentage of the ichthyofauna feeding habits, we found differences especially in the temporal scale (Fig.1): we found a predominance of the insectivory in both the open and the closed area during the rainy season. We can stress that the species *P. harpagos*, of omnivorous habit, was the only species collected in the closed area during the dry season.

As to the food overlap, less than 50% of the analyzed cases corresponded to values of high overlapping (Table 6): 33% in the open area – dry season; 36% in the open area – rainy season and 24% in the closed area – rainy season. These results can be visualized in the similarity dendograms (Fig. 2 and 3), where the pairs of species that presented the highest overlapping values (Table 6) form groups of greater diet similarity.

For the species sampled in the open area during the dry season (Fig. 2A) it is possible to define two groups. The first group (I) gathered one species of characid and two catfishes that consumed aquatic insects in a higher percentage. The second group (II) was formed by two species of Loricariidae that fed mainly on periphyton. Although *A. bockmanni* (Aboc) had also consumed a high percentage of exoskeletons and aquatic insect fragments, it was isolated from Group I because it consumed a high percentage of vegetal fragments as well. *P. harpagos* (Phar) was also isolated because it consumed periphyton in similar amount as it did aquatic insects.

In the open area during the rainy season, the grouping analysis showed as well the presence of two groups (Fig. 2B). The first group was composed of three species that presented a more diverse diet, in spite of the elevated consumption of aquatic insects. The second group gathered five species of catfishes that consumed aquatic insects in a high percentage (>80%). The only species that did not go into either of the two groups was *H. depressicauda* because its diet was based exclusively on periphyton (Fig.2B).

As to the species collected in the closed area during the rainy season (Fig. 3), the grouping analysis showed the composition of a group with four fish species for whom aquatic insects predominated in the diet. Of the other three species that remained outside of this group, one (Phar) consumed aquatic insects and periphyton in similar percentages and the other two presented a diet specialized in periphyton and in organic matter respectively.

Even though most cases of food overlap correspond to species that presented aquatic insects in their diet in a high percentage, when we analyze the type of insects they consumed (Table 7), we can notice a difference among species as to the type of insect consumed in a higher percentage.

The trophic structure of the fish community in the studied stream was elaborated in the form of diagrams separated by area and season (Figs. 4 and 5). In the diagram of the open area (Fig. 4) we can observe the following characteristics: a) a greater number of trophic linkages in the rainy season (represented by 30 arrows in the rainy season and 20 arrows in the dry season); b) a greater number of food resources was consumed in the rainy season (represented by 10 ellipsis in the rainy season and 8 ellipsis in the dry season); c) a greater number of species that consumed aquatic insects during the rainy season; d) a greater number of species that consumed allochthonous material (vegetal matter and terrestrial insects) in the rainy season. The diagram of the closed area during the rainy season (Fig. 5) is similar to the one for the open area in the dry season as to the number of fish species (7), food resources (8) and trophic linkages (17).

DISCUSSION

Among the fish collected at Ribeirão da Quinta stream, Siluriformes predominated. This order along with Characiformes was indicated as the dominants in diversity and biomass in South American freshwaters (Castro 1999). Oyakawa *et al.* (2006), when studying Atlantic Forest streams, had evidenced that Siluriformes represented a little more than half (58%) of all the species found. This group is predominant in headwater environments of most hydrographic basins in South America. The predominance of Siluriformes and Characiformes in streams of the River Parapanema Basin was also referred by other authors (Uieda *et al.* 1997; Casatti *et al.* 2001; Castro *et al.* 2003).

In the studied stream, the greatest values of abundance, richness and diversity of fish found in the area without gallery forest and during the rainy season can be related to the presence of macrophytes. Sections without gallery forest present an increase in light incidence which can help the proliferation of macrophytes (Henry *et al.* 1994; Bojsen and Barriga 2002). Besides, with the rise in the current's speed during the rainy season, macrophytes can help the ichthyofauna by reducing the turbulence and by offering a place for sheltering and feeding.

Also, the increase in the water volume raises the volume of submerse macrophytes. The macrophytes colonized by a rich and abundant entomofauna can serve not only as shelter, but also as a place of foraging for many fish species (Buck and Sazima 1995; Uieda *et al.* 1997; Motta and Uieda 2004; 2005). This fact was confirmed here by the larger number of insectivorous fish species in the open area during the rainy season. Studies in lakes of temperate zones (Diehl and Eklöv 1995) indicate that the macrophytes contribute to an increase in structural complexity, thus forming an important place of shelter for the fishes, which diminishes the pressure for preying on small fishes. Some

researches that took place in neotropical regions (Power 1984; Bojsen and Barriga 2002; Esteves *et al.* 2008) had also demonstrated that the density of periphyton scraper fishes (Loricariidae) increases when the gallery forest is removed and macrophytes proliferate. However, this situation did not occur in the studied stream.

The entomofauna present in the water macrophytes and in the benthonic substrate constitutes an important food resource for the fish species of Ribeirão da Quinta stream. The composition and the abundance of this fauna can go through changes according to the seasonal environmental variations (Oliveira *et al.* 1997). During the rainy season, the increase in precipitation, in volume and in water discharge can remove part of the aquatic macroinvertebrates and lead to a decrease in this food source availability (Kikuchi and Uieda 1998; Ribeiro and Uieda 2005). However, the great environmental stability during the dry season can enhance the number of aquatic insect larvae (Huamantico and Nessimian 1999). Similar results were found when we analyzed the benthonic and periphytic macrofauna of Ribeirão da Quinta stream. We found a greater abundance of aquatic insects in the samples taken during the dry season, both in the benthos of the two areas and in the periphyton of the open area (manuscript in preparation). Henceforth, the predominance of insectivory during the rainy season in the present study cannot be directly related to an increase in the availability of this resource. Notwithstanding, we need to highlight that, in spite of the aquatic insects have being sampled with a greater abundance during the dry season, they have corresponded in both seasons and both areas to more than 80% of the total abundance of the benthic and periphytic macrofauna sampled in this stream (manuscript in preparation).

In this case, the seasonal variations in the ichthyofauna composition, with the great addition of small catfishes during the rainy season of both areas, can be the answer to the increase in insectivory during this season. In streams, small catfishes usually explore the

benthonic entomofauna through the tactic of substrate speculation (e.g. Casatti *et al.* 2001). They can also exercise a strong preying effect leading to the reduction in the density of some preys (Motta and Uieda 2008). In the closed area, the addition of species during the rainy season was really remarkable and, in the open area, almost all species (except *H. nigromaculatus*) occurred during this season. These species might have moved to the closed area upstream during the rainy season, due to the increase in the water flow and in the availability of vacant niches.

In spite of a seasonal variation in ichthyofauna composition and in the proportion of trophic guilds being evident, this seasonality did not have a very strong influence in the fish diet because only three species that occurred in both seasons presented a seasonal variation in their diet. Both characid species, *A. bockmanni* and *B. iheringi*, sustained a high overlap in their diet during both seasons due the high consumption of insects. However, this overlap was not so evident when the type of insects was analyzed in a lower taxonomic resolution. Despite their greater diversification in the diet, possibly due to the increase in the availability of different resources, both species demonstrated a seasonal inversion in the trophic guild. *A. bockmanni* complemented its insectivorous diet with vegetal material during the dry season and *B. iheringi* complemented its diet with organic matter during the rainy season. These seasonal differences in the use of food resources indicate that the species adjust their diets according to changes in the habitat structure, which is important to their coexistence.

The co-occurrence of pairs of species with high overlap values does not necessarily indicate the existence of competition (Uieda *et al.* 1997; Esteves *et al.* 2008), specially when there is a high availability of food resources. In the present study, aquatic insects in general are available with a great richness and abundance, but the groups of insects that were consumed could be present in the environment either in a high or in a low percentage

Capítulo II

(manuscript in preparation). The small insectivorous catfishes have perfectly demonstrated how to share, dividing or partitioning the same resources, and to adjust, changing the consumed items slightly, can work together to allow co-existence. In the open area during the dry season, the two catfishes with high overlap (*I. borodini* and *T. brasiliensis*) shared Ephemeroptera-Baetidae juveniles and also adjusted their diet with *I. borodini* consuming also a high percentage of juveniles of Trichoptera-Hydropsychidae. In the open area during the rainy season, four small catfishes (*I. borodini*, *I. mirini*, *T. brasiliensis* and *P. tenebrosa*) mainly shared Ephemeroptera-Leptophlebiidae juveniles, but also adjusted their diet by consuming other insects as primary or secondary items, and one species (*C. iheringi*) showed different preferences, consuming more Diptera-Simuliidae and Plecoptera-Perlidae. In the closed area during the rainy season, *I. borodini* consumed juveniles of Coleoptera and Trichoptera-Hydroptilidae, while *T. brasiliensis* and *C. iheringi* shared juveniles of Diptera-Chironomidae.

Thus, many factors can promote the co-existence, such as spatial heterogeneity and habitat complexity combined with temporal, behavioral, population and environmental stochastic events (May 1986). This is probably the reason for the great controversy about the patterns of trophic relationships found by different authors. According to Deus and Petrere-Junior (2003), feeding mechanisms that lead to specialization or generalization in the diet have not been properly defined yet. There should be considered the morphological and physiological specializations besides the real resource availability in the environment.

In spite of being less complex than a food web, the representation of the trophic relationships of the Ribeirão da Quinta stream's fish community and its changes according to space and time can supply us with important information. It allows us to visualize the interactions between the species and the resources available in the environment. A food web can be defined as a network of interactions between groups of organisms, populations

or aggregations of trophic units (Lopretto and Tell 1995; Polis and Winemiller 1996) and it is an important aspect to understand the dynamics of a stream system (Uieda and Motta 2007). Food webs that are experimentally handled have been able to answer important questions on the effect of competition and preying over the trophic relationships in systems of tropical streams (Motta and Uieda 2005; Motta and Uieda 2008).

The growth in complexity of food webs due to the large resource availability can be affected by seasonality, which has been already demonstrated for tropical streams (Uieda and Motta 2007), with a visible addition to the number of trophic levels, species and trophic linkages during the rainy season. In the present study, we have adverted that higher values of link density (relationships between the number of trophic linkage and the number of species) were found in the open area during the rainy season, while the values of resource density (relationships between the number of resources consumed and number of species) were similar for both seasons. This numerical similarity in the values of resource density was probably maintained by the presence of a greater number of fish species and of resources available during the rainy season. The expansion of a river in area and in volume during the rainy season probably increases the environmental heterogeneity and promotes the entrance of allochthonous material and invertebrates, enhancing the resource availability (Uieda and Motta 2007).

From the results of this study we can conclude that: 1) the importance of the entrance of allochthonous material in the stream reinforces the linkage between the terrestrial and the aquatic environments; 2) aquatic insects constitute an important food resource for most of the fish species of this stream; 3) seasonal and spatial variations of the fish diets emphasize the adaptability, great flexibility and plasticity of their feeding habits; 4) spatial-temporal variations in the trophic structure of the ichthyofauna studied here can be related to changes in the environmental complexity.

Pusey *et al.* (1995) stressed that the number and the relative importance of trophic guilds in a fish community are limited by the diversity and availability of food resources, by the species richness and the ichthyofauna morphological diversity and by the degree of taxonomic resolution applied by the researcher. At Ribeirão da Quinta stream, all these limiting factors played an important role in the ichthyofauna trophic organization.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Cláudia Yoshida and César Fujihara for critical comments on the manuscript; to Hamilton Antônio Rodrigues for the help in the field; to Francisco Langeani for fish identification. The first author received a scholarship from CNPq during the current study.

REFERENCES

- Angermeier, P. L., and Karr, J. R. (1983). Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environmental Biology of Fishes* **9**, 117-135.
- Bojsen, B. H., and Barriga, R. (2002). Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biology* **47**, 2246-2260.
- Buck, S., and Sazima, I. (1995). An assemblage of mailed catfish (Loricariidae) in southeaster Brazil: distribution, activity and feeding. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* **6**, 325-332.
- Casatti, L. (2004). Ichthyofauna of two streams (silted and reference) in the upper Paraná River basin, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **64**, 757-765.
- Casatti, L., Langeani, F., and Castro, R. M. (2001). Peixes de riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, bacia do Alto Rio Paraná, SP. *Biota Neotropica* **1**, 1-15.

Capítulo II

Castro, R. M. C. (1999). Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: Padrões gerais e possíveis processo causais. In 'Ecologia de peixes de riachos'. (Eds E.P. Caramaschi, R. Mazzoni and P.R. Peres-Neto.) pp. 139-155. (PPGE-UFRJ: Rio de Janeiro.)

Castro, R. M. C., and Casatti, L. (1997). The fish fauna from a small forest stream of the upper Paraná River basin, southeastern Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwater* **7**, 337-352.

Castro, R. M. C., Casatti, L., Santos, K. M., Ferreira, Gibran, F. Z., and Lima, F. C. T. (2003). Estrutura e composição da ictiofauna de riachos do Rio Paranapanema, sudeste e sul do Brasil. *Biota Neotropica* **3**, 1-31.

Deus, C. P., and Petrere-Junior, M. (2003). Seasonal diet shifts of seven fish species in an Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **63**, 579-588.

Diehl, S., and Eklöv, P. (1995). Effects of piscivore-mediated habitat use on resources, diet, and growth of perch. *Ecology* **76**, 1712-1726.

Esteves, K. E., and Galetti, P. M. (1995). Food partitioning among some characids of a small Brazilian floodplain lake from the Paraná River basin *Environmental Biology of Fishes* **42**, 375-389.

Esteves, K. E., Lobo, A. V. P., and Faria, M. D. R. (2008). Trophic structure of a fish community along environmental gradients of a subtropical river (Paraitinga River, Upper Tietê River Basin, Brazil. *Hydrobiologia* **598**, 373-387.

Fernández, H. R., and Dominguez, E. (2001). 'Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos.' (Universidad Nacional de Tucumán: Tucumán.)

Henry, R., Uieda, V. S., Afonso, A. A. de O., and Kikuchi, R. M. (1994). Input of allochthonous matter and structure of fauna in a Brazilian headstream. *Verhandlungen der Internacionalen Vereinigung fur Limnologie*, **25**, 1867-1869.

Huamantico, A. A., and Nessimian, J. L. (1999). Estrutura e distribuição espacial da comunidade de larvas de Trichoptera (Insecta) em um tributário de primeira ordem do Rio Paquequer, Teresópolis, RJ. *Acta Limnologica Brasiliensia* **11**, 1-16.

Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* **17**, 411-429.

Kamdem Toham, A., and Teugels, G. G. (1998). Diversity patterns of fish assemblage in the Lower Ntem River Basin (Cameroon), with notes on potencial effects of deforestation. *Archiv Fuer Hydrobiologie* **141**, 421-446.

Kawakami, E., and Vazzoler, G. (1980). Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico* **29**, 205-207.

Kikuchi, R. M., and Uieda, V. S. (1998). Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In 'Ecologia de insetos

Capítulo II

aquáticos'. (Eds J. L. Nessimian and A. L. Carvalho.) pp. 157-173. (PPGE- UFRJ: Rio de Janeiro.)

Krebs, C. J. (1989). 'Ecological methodology.' (Harper & Row: New York.)

Lopretto, E. C., and Tell, G. (1995). 'Ecosistemas de aguas continentals: metodologias para su estudio ' (Sur: Argentina.)

Lowe-McConnel, R. H. (1999). 'Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.' (EDUSP: São Paulo.)

May, R. (1986). The search for patterns in the balance of nature: advances and retreats. *Ecology* **67**, 1115-1126.

Merritt, R. W., and Cummins, K. W. (1996). 'An introduction to de the aquatic insects of North America ' (Kendall/Hunt: Dubuque.)

Motta, R. L., and Uieda, V.S. (2004). Diet and trophic groups of an aquatic insect community in a tropical stream. *Brazilian Journal of Biology* **64**, 809-817.

Motta, R. L., and Uieda, V. S. (2005). Food web structure in a tropical stream ecosystem. *Austral Ecology* **30**, 58-73.

Motta, R. L., and Uieda, V. S. (2008). Independent and interactive effects of a top and an intermediate fish species on the food web structure of a tropical stream. *Community Ecology* **9**, 73-82.

Oliveira, L. G., Bispo, P. C., and Sá, N. C. (1997). Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do parque ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **14**, 867-876.

Oyakawa, O. T., Akama, A., Mautari, K. C., and Nolasco, J. C. (2006). 'Peixes de riachos da Mata Atlântica.' (Neotrópica: São Paulo.)

Pennak, R. W. (1978). 'Fresh-water invertebrates of the United States.' (John Wiley & Sons: New York.)

Pimm, S. L., Lawton, J. H., and Cohen, J. E. (1991). Food web patterns and their consequences. *Nature* **350**, 669-674.

Pinto, T. L. F., and Uieda, V. S. (2007). Aquatic insects selected as food for fishes of a tropical stream: Are there spatial and seasonal differences in their selectivity. *Acta Limnologica Brasiliensia* **19**, 67-78.

Polis, G. A., and Winwmiller, K. O. (1996). 'Food webs: integration of patterns & dynamics.' (Chapman & Hall: New York.)

Power, M. E. (1984). Habitat quality and the distribution of algae-grazing catfish in a Panamanian stream. *Journal of Animal Ecology* **53**, 357-374.

Capítulo II

Pusey, B. J., and Arthington, A. H. (2008). Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: A review. *Marine and Freshwater Research* **54**, 1-16.

Ribeiro, L. O., and Uieda, V. S. (2005). Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **22**, 613-618.

Sánchez-Botero, J. I., Farias, M. L. d., Piedade, M. T., and Garcez, D. S. (2003). Ictiofauna associada às macrófitas aquáticas *Eichhornia azurea* (SW.) Kunth. e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. no lago Camaleão, Amazônia Central, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* **25**, 369-375.

Systat (1997). Statistics. In 'SPSS'. (Chicago)

Uieda, V. S., Buzzato, P., and Kikuchi, R. M. (1997). Partilha de recursos alimentares em peixes em um riacho de serra do Sudeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **69**, 243-252.

Uieda, V. S., and Motta, R. L. (2007). Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. *Acta Limnologica Brasiliensia* **19**, 15-30.

Winemiller, K. O., and Jepsen, D. B. (1998). Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology* **53**, 267-296.

Zavala-Camim, L. A. (1996). Introdução aos estudos sobre alimentação natural de peixes (EDUEM: Maringá.)

Table 1. Fish species sampled at Ribeirão da Quinta stream during the dry (June/ 2006) and rainy (December/2006) seasons. The species acronyms will be used in the figures and tables that follow.

Order/Family/Species	Acronym
CHARACIFORMES	
Characidae	
<i>Astyanax bockmanni</i> (Vari & Castro, 2007)	Aboc
<i>Bryconamericus iheringi</i> (Boulenger, 1887)	Bihe
SILURIFORMES	
Heptapteridae	
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i> (Schubart & Gomes, 1959)	Cihe
<i>Imparfinis borodini</i> (Mees & Cala, 1989)	Ibor
<i>Imparfinis mirini</i> (Haseman, 1911)	Imir
<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i> (Schubart, 1964)	Pten
Trichomycteridae	
<i>Trichomycterus brasiliensis</i> (Lutken, 1874)	Tbra
Loricariidae	
<i>Hisonotus depressicauda</i> (Miranda Ribeiro, 1918)	Hdep
<i>Hypostomus nigromaculatus</i> (Schubart, 1964))	Hnig
CYPRINIFORMES	
Poeciliidae	
<i>Phalloceros harpagos</i> (Lucinda, 2008)	Phar

Capítulo II

Table 2. Absolute (N) and relative (%) abundance of fish species sampled in the open and closed areas of Ribeirão da Quinta stream, during the dry (June/2006) and rainy (December/2006) seasons.

Species	Open-dry		Closed-dry		Open-rainy		Closed-rainy	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>A. bockmani</i>	5	15.2	-	-	12	19.7	-	-
<i>B. iheringi</i>	2	6.1	-	-	12	19.7	7	23.3
<i>C. iheringi</i>	-	-	-	-	1	1.6	1	3.3
<i>I. borodini</i>	3	9.1	-	-	4	6.6	3	10.0
<i>I. mirini</i>	-	-	-	-	1	1.6	-	-
<i>P. tenebrosa</i>	-	-	-	-	1	1.6	-	-
<i>T. brasiliensis</i>	7	21.2	-	-	4	6.6	3	10.0
<i>H. depressicauda</i>	4	12.1	-	-	8	13.1	1	3.3
<i>H. nigromaculatus</i>	1	3.0	-	-	-	-	1	3.3
<i>P. harpagos</i>	11	33.3	3	100.0	18	29.5	14	46.7
Abundance	33		3		61		30	
Species richness	7		1		9		7	
Diversity (H')	2.497		-		2.634		2.158	
Equitability (E _{1/D})	0.691		-		0.581		0.483	

Capítulo II

Table 3. Feeding index (FI%) of all food items consumed by the fish species sampled in the open area of Ribeirão da Quinta stream, during the dry season (June/2006). Acronym for fish species as in Table I. N= number of fish with stomach contents, SL = minimum and maximum standard length. Feeding habits = I- insectivore, O- omnivore, P- periphyton-feeder. Values >15% (in bold letters) were used for feeding habit definition.

Dry season	Aboc	Bihe	Ibor	Tbra	Hdep	Hnig	Phar
N	5	2	3	7	4	1	11
SL (mm)	42-56	51-54	47-56	21-75	21-33	31	16-30
Organic matter	-	-	-	-	-	-	3.1
Periphyton	-	-	-	-	75.0	99.9	41.2
Nematodes	<0.0	-	-	-	-	-	-
Microcrustaceans	-	-	-	-	-	-	0.1
Aquatic insects	13.6	63.5	73.3	99.9	-	0.1	47.4
Terrestrial insects	0,1	-	-	-	-	-	-
Exoskeleton fragments	69.7	36.5	26.7	-	25.0	-	8.2
Plant fragments	16.5	-	-	0.1	-	-	-
Feeding habit	O	I	I	I	O	P	O

Table 4. Feeding index (FI%) of all food items consumed by the fish species sampled in the open area of Ribeirão da Quinta stream, during the rainy season (December/2006). Acronym for fish species as in Table I. N= number of fish with stomach contents, SL = minimum and maximum standard length. Feeding habits = I- insectivore, O- omnivore, P- periphyton-feeder. Values >15% (in bold letters) were used for feeding habit definition.

[illegible]

Capítulo II

Table 5. Feeding index (FI%) of all food items consumed by fish species sampled in the closed area of Ribeirão da Quinta stream, during the dry (June 2006; only one species = Phar) and rainy (December 2006) seasons. Acronym for fish species as in Table I. N= number of fish with stomach contents, SL = minimum and maximum standard length. Feeding habits = D= detritivore, I= insectivore, O= omnivore, P- periphyton-feeder. Values >15% (in bold) were used for feeding habit definition

	Rainy						Dry	
	Bihe	Cihe	Ibor	Tbra	Hdep	Hnig	Phar	Phar
N	7	1	3	3	1	1	14	2
SL (mm)	29-50	44	67-143	23-41	32	135	12-33	17-28
Organic matter	-	-	-	-	100.0	-	-	24,1
Periphyton	-	-	-	-	-	100.0	41.8	32,1
Testate amebas	<0.0	-	-	-	-	-	-	-
Annelids	0.3	-	-	-	-	-	-	-
Microcrustaceans	-	-	-	-	-	-	-	2,0
Aquatic insects	24.9	0.7	66.6	89.0	-	-	53.0	41,8
Terrestrial insects	6.7	-	-	-	-	-	-	-
Exoskeleton fragments	65.4	99.3	33.4	11.0	-	-	5.2	-
Plant fragments	2.7	-	-	-	-	-	-	-
Feeding habit	I	I	I	I	D	P	O	O

Capítulo II

Table 6. Food overlap matrices (Horn's index) for fish species sampled in the open and closed areas, during the dry (June 2006) and rainy (December 2006) seasons. Values ≥ 0.7 were considered as significant overlaps. Acronyms for fish species as in Table I.

Open – Dry						
	Aboc	Bihe	Hnig	Hdep	Phar	Ibor
Bihe	0.752					
Hnig	0.004	0.005				
Hdep	0.394	0.300	0.862			
Phar	0.423	0.700	0.620	0.679		
Ibor	0.683	0.992	0.005	0.258	0.721	
Tbra	0.305	0.788	0.006	0	0.668	0.851

Open – Rainy								
	Aboc	Bihe	Cihe	Hdep	Phar	Ibor	Tbra	Imir
Bihe	0.871							
Cihe	0.621	0.524						
Hdep	0.027	0	0					
Phar	0.490	0.732	0.443	0.436				
Ibor	0.807	0.693	0.936	0	0.471			
Tbra	0.671	0.572	0.991	0	0.461	0.966		
Imir	0.621	0.524	1.000	0	0.443	0.936	0.991	
Pten	0.621	0.524	1.000	0	0.443	0.936	0.991	1.000

Closed – Rainy						
	Bihe	Cihe	Hdep	Hnig	Ibor	Phar
Cihe	0.821					
Hdep	0	0				
Hnig	0	0	0			
Ibor	0.842	0.568	0	0		
Phar	0.486	0.176	0	0.620	0.702	
Tbra	0.659	0.288	0	0	0.946	0.750

Capítulo II

Table 7. Groups of aquatic insects consumed by the fish species that presented significant food overlap values (showed on Table 6), sampled in the open and closed areas, during the dry (June 2006) and rainy (December 2006) seasons. Fish species that consumed the group of insect in percentages higher than 15% (primary items of the diet) were represented in bold letters; the ones that consumed 10-15% (secondary items) were represented in regular letters. Acronyms for fish species as in Table I. Insect orders = C- Coleoptera, D- Diptera, E- Ephemeroptera, L- Lepidoptera, P- Plecoptera, T- Trichoptera.

Order-Family	Open-dry	Open-rainy	Closed-rainy
C-Elmidae	-	-	Ibor
C-Psephenidae	-	Bihe	Ibor
D-Chironomidae	Aboc	Aboc	Tbra
	Tbra	Bihe	Cihe
	Phar		Phar
D-Simuliidae	-	Cihe	-
E-Baetidae	Ibor	Aboc	-
	Tbra	Imir	
	Aboc		
E-Leptohyphidae	-	Bihe	-
		Ibor	
E-Leptophlebiidae	Bihe	Aboc	Phar
	Aboc	Tbra	Tbra
		Ibor	
		Imir	
		Pten	
L-Pyralidae	-	-	Bihe
P-Plecoptera	-	Cihe	Bihe
T-Hydroptilidae	-	Pten	Ibor
T-Hydropsychidae	Ibor	-	-
T-Philopotamidae	-	Pten	-

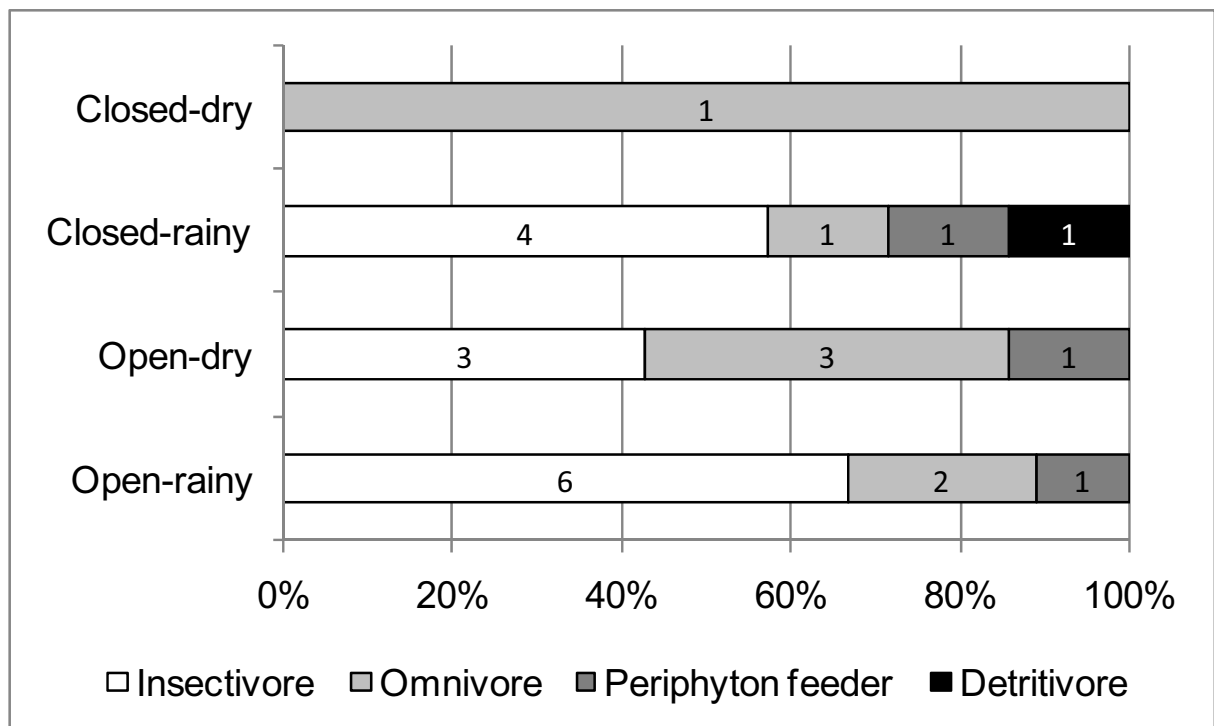


Figure 1. Percentage of each feeding habit determined for the fish species sampled in the two areas (open and closed) of the Ribeirão da Quinta stream during the dry and the rainy season. The number of species is inside the bars.

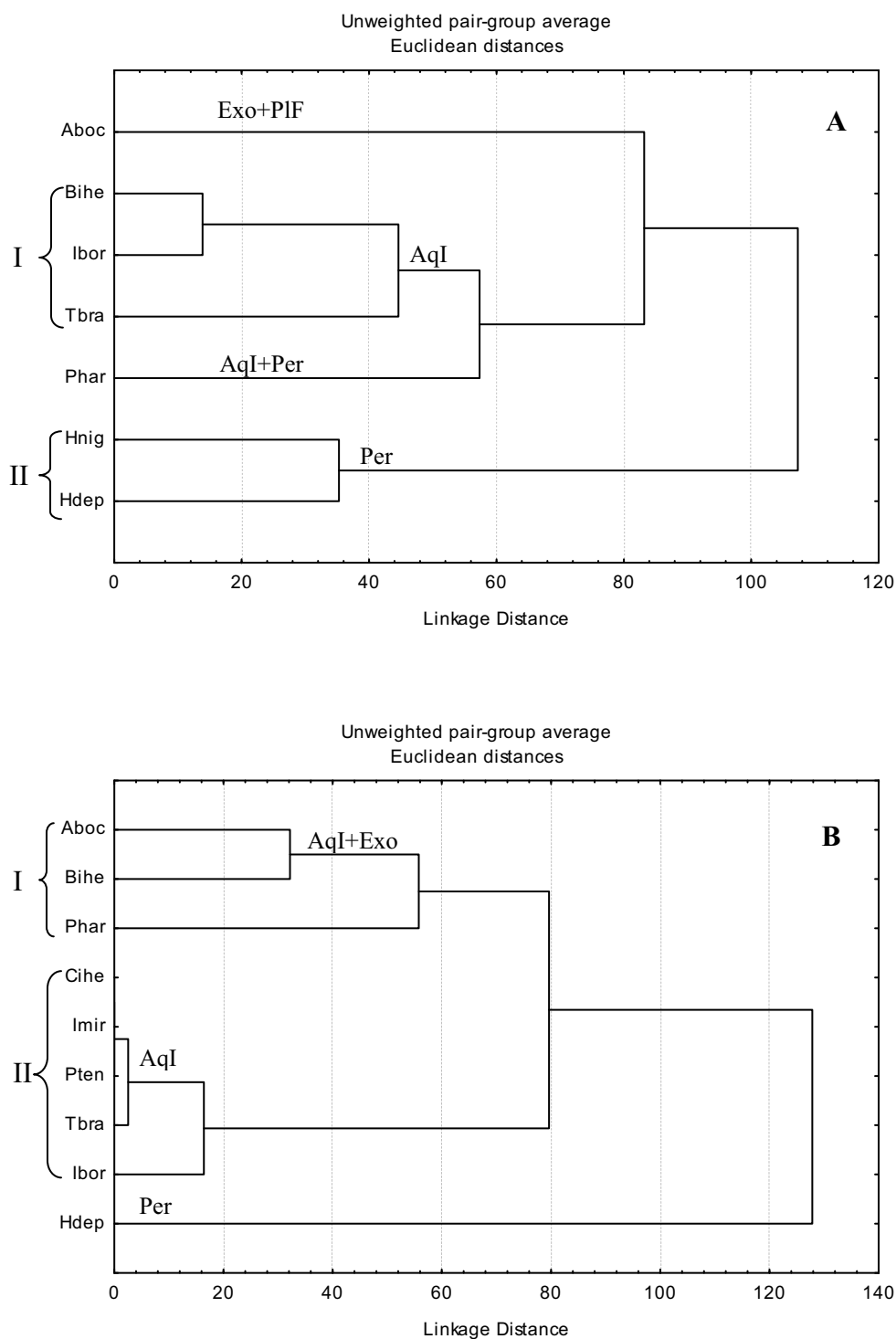


Figure 2. Dendrogram of similarity (UPGMA) elaborated with the Feeding Index values (FI%) of all food items consumed by the fish species sampled in the open area of Ribeirão da Quinta stream, during the dry (A) and rainy (B) seasons. Acronyms for fish species as in Table I. See text for an explanation of the groups (Roman numerals). AqI-aquatic insects, Exo-esoskeleton fragments, Per-periphyton, PIF-plant fragments.

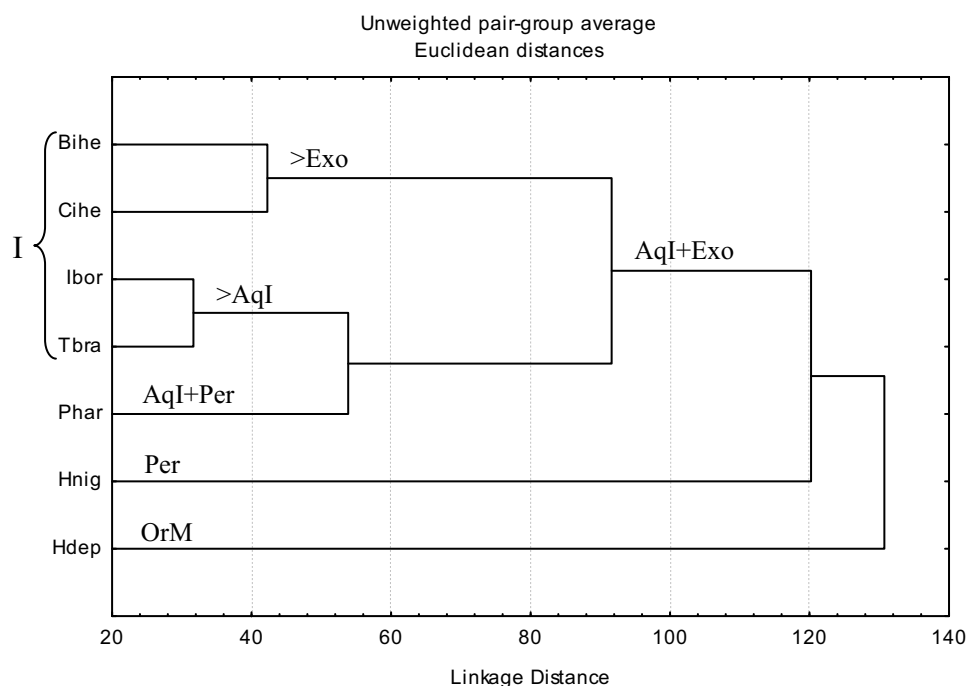


Figure 3. Dendrogram of similarity (UPGMA) elaborated with the Feeding Index values (FI%) of all food items consumed by the fish species sampled in the closed area of Ribeirão da Quinta stream during the rainy season. Acronyms for fish species as in Table I. See text for an explanation of the groups (Roman numerals). AqI-aquatic insects, Exo- exoskeleton fragments, OrM-organic matter, Per-periphyton.

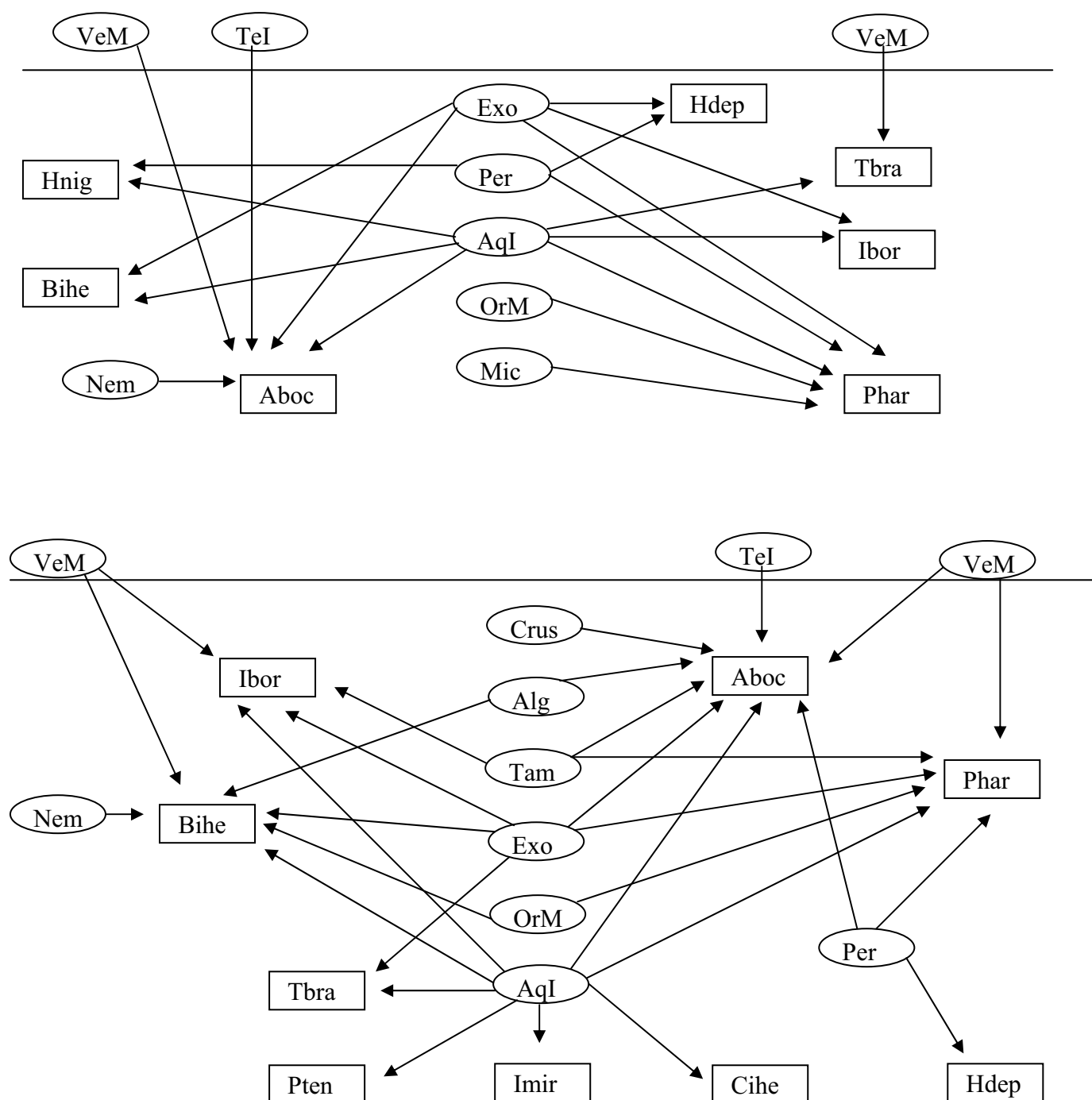


Figure 4: Schematic drawing that shows the trophic interaction between the fish species (rectangle) sampled in the open area during the dry (above) and rainy (below) seasons and the food resources (ellipsis) consumed by them. Alg-algae, AqI-aquatic insects, Cru-Crustaceans, Exo-exoeskeleton fragments, Mic-microcrustaceans, Nem-Nematoda, OrM-organic matter, Per-periphyton, Tam- Testate amebas, TeI-terrestrial insects, VeM-vegetal matter. Acronyms of the fish species as in Table I.

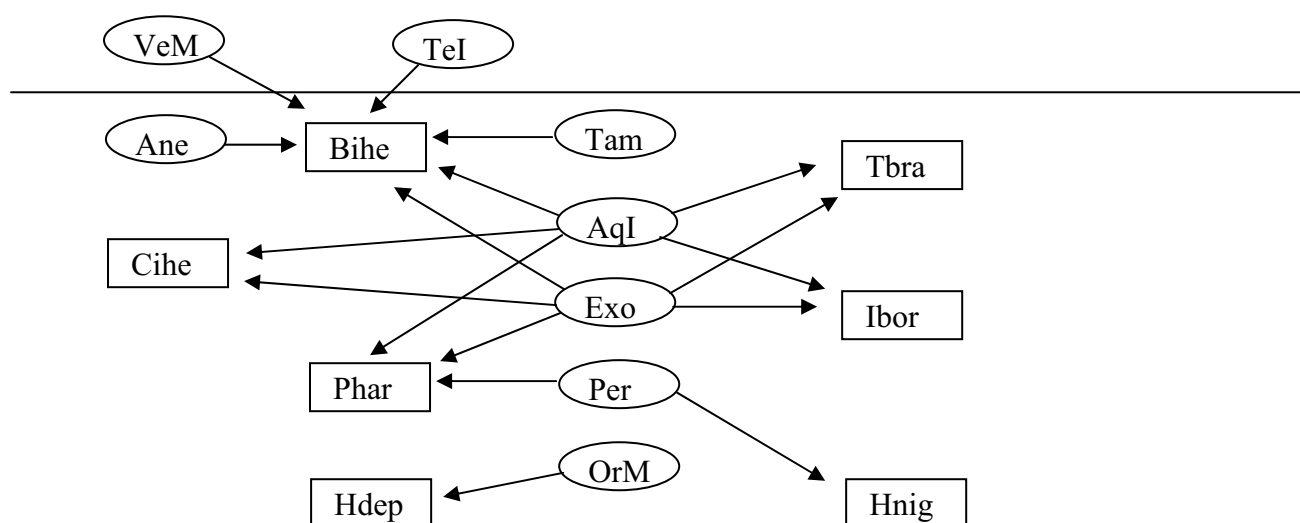


Figure 5. Schematic drawing that shows the trophic interaction between the fish species (rectangle) sampled in the closed area during the rainy season and the food resources (ellipsis) consumed by them. Ane-anelids, AqI-aquatic insects, Exo-exoeskeleton fragments, OrM-organic matter, Per-periphyton, Tam- Testate amebas, TeI-terrestrial insects, VeM-vegetal matter. Acronyms of the fish species as in Table I.

Capítulo III

Seletividade alimentar da ictiofauna de um riacho tropical: variações espaço-temporais na plasticidade trófica

Produção bibliográfica relacionada ao conteúdo deste capítulo:

Pinto, T. I. F. & Uieda, V.S. Existem diferenças espaço-temporal na preferência alimentar de espécies de peixes de um riacho tropical? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, XVIII, 2009, Cuiabá. CD-ROM.

**Seletividade alimentar da ictiofauna de um riacho tropical: variações
espaço-temporais na plasticidade trófica.**

RESUMO

Em estudos de partilha de recursos uma questão que tem sido pouco considerada são mudanças no hábito alimentar em função da disponibilidade de alimento no ambiente, aspecto aqui abordado para a ictiofauna de um riacho tropical. A preferência alimentar de oito espécies de peixes que consumiram insetos aquáticos em elevado percentual foi analisada a partir da coleta de peixes e invertebrados na estação seca (Junho/2006) e chuvosa (Dezembro/2006) e em dois trechos do riacho, um sombreado por mata ciliar (“área fechada”) e outro margeado somente por vegetação arbustiva (“área aberta”). A partir de uma análise quantitativa da composição da fauna bentônica e da dieta da ictiofauna foi calculado o índice de eletividade para avaliar possíveis alterações na preferência alimentar em função de modificações sazonais e espaciais na estrutura do habitat e na oferta de alimento. A análise da abundância de insetos aquáticos no ambiente mostrou uma predominância da ordem Ephemeroptera nas áreas e estações amostradas, sendo esse grupo o item alimentar consumido preferencialmente pela maioria dos peixes. No entanto, variações espaço-temporais foram observadas na seleção de presas pela ictiofauna. A análise da oferta, consumo e preferência mostrou situações bem variáveis para a maioria das espécies, com elevada ou baixa seletividade para itens consumidos em baixo ou em elevado percentual, variando espacial e sazonalmente o item preferido. A única exceção foi a espécie *Phalloceros harpagos*, seletiva para Diptera-Chironomidae em todas as situações analisadas.

Palavras chave: Eletividade, Fauna bentônica, Partilha de recursos, Recursos alimentares.

INTRODUÇÃO

Uma questão que tem sido pouco considerada em estudos de partilha de recursos são as mudanças no hábito alimentar, em função da disponibilidade de alimento, e mudanças na escolha do alimento, em função de sua qualidade (Esteves & Aranha, 1999). Segundo Zavala-Camin (1996), a seletividade ou escolha do alimento não pode ser determinada somente por sua presença no conteúdo digestivo do peixe, pois pode ter sido ingerido não por ser preferido, mas por estar mais disponível. Por outro lado, um alimento pode ser selecionado por ser mais palatável, por ser maior ou por apresentar melhor qualidade nutricional, podendo esta seleção qualitativa do alimento variar ontogeneticamente, mas tende a ser uniforme entre indivíduos da mesma espécie e tamanho (Zavala-Camin, 1996).

Também é importante considerar que a seleção de recursos alimentares na natureza pode estar relacionada com a disponibilidade destes no ambiente ou com a escolha ativa de determinados itens alimentares pelos predadores, de acordo com suas necessidades (Zavala-Camin, 1996). Por sua vez, fatores espaço-temporais podem influenciar a oferta de alimento em função das modificações físicas no ambiente e, conseqüentemente, podem alterar a preferência alimentar.

Em ambientes lóticos, a grande disponibilidade de juvenis de insetos aquáticos faz desse recurso uma fonte de alimento importante para a ictiofauna. Sazonalmente, a fauna de insetos aquáticos pode sofrer alterações na composição e abundância em função de alterações na estabilidade física do ambiente. Assim, a maior estabilidade ambiental na estação seca pode garantir uma maior oferta de insetos aquáticos no inverno (Oliveira et al., 1997; Kikuchi & Uieda, 1998; Huamantínco & Nessimian, 1999), enquanto um aumento de vazão no verão pode remover diretamente a fauna ou seus recursos alimentares

(Death & Zimmermann, 2005). Espacialmente, a presença de mata ciliar pode afetar a estrutura física do riacho, a oferta de recursos (Barrela et al., 2001; Lima & Zarkia, 2001;) e, conseqüentemente, a organização trófica das comunidades (Uieda & Motta, 2007).

Assim, informações acerca da utilização do alimento são de extrema importância, pois além de propiciar um campo interessante para a discussão de aspectos teóricos, como a substituição das espécies através dos componentes espacial, temporal e trófico do nicho (Schoener, 1974), atende a outros propósitos como o conhecimento básico da biologia das espécies e compreensão da organização trófica do ecossistema (Esteves & Aranha, 1999).

No presente trabalho, a comunidade de peixes de um riacho tropical foi estudada com o objetivo de verificar possíveis alterações na seletividade alimentar em função de dois gradientes, sazonal (estação seca e chuvosa) e espacial (presença ou ausência de mata ciliar). A influência destes gradientes foi analisada tanto em relação à dieta da ictiofauna quanto em relação à oferta de alimento. Como os insetos aquáticos constituem o principal componente da macrofauna bentônica deste riacho (Pinto & Uieda, 2007; Capítulo I), servindo como fonte de recurso para a maioria das espécies de peixes aí presentes (Capítulo II), a preferência alimentar foi analisada para as espécies que consumiram em elevado percentual esta importante fonte de recurso.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O trabalho foi realizado no Ribeirão da Quinta, um riacho de 3ª ordem localizado no sudeste do Brasil, a 743 m de altitude (23°06'47"S, 48°29'46"W). Este riacho pertence à Bacia do Rio Paranapanema e se localiza em fazendas de criação de gado, distante de áreas

urbanas. Duas áreas consecutivas do Ribeirão da Quinta foram utilizadas para o estudo: uma cercada por mata de galeria (área fechada, a montante) e outra com as margens desprovidas de vegetação arbórea (área aberta, a jusante). Descrição detalhada do tipo de vegetação aí presente pode ser encontrada em Carvalho & Uieda (no prelo).

Nas duas áreas é possível observar uma alternância de corredeiras e poções, com maior extensão das primeiras. Apesar das duas áreas apresentarem substrato semelhante quanto à composição e granulometria (seixos com aproximadamente 3 cm de diâmetro, associados a grande quantidade de detritos vegetais), estas se diferenciaram quanto à presença de macrófitas, totalmente ausentes na área fechada e cobrindo as margens e leito em grande quantidade na área aberta (principalmente Cyperaceae). A extensão trabalhada na área fechada (24 e 17 metros, respectivamente nas coletas de junho e dezembro) também se diferenciou da área aberta (extensão de 20 e 16 metros, respectivamente por coleta) quanto aos valores médios de velocidade da correnteza (0,24 e 0,33 m.seg⁻¹, respectivamente nas áreas fechada e aberta), profundidade (0,13 e 0,22 m) e largura (3,2 e 1,1 m).

Coleta

As coletas de insetos aquáticos e de peixes foram realizadas em trechos de corredeira, nas duas áreas (fechada e aberta) e em duas estações do ano (Junho de 2006 - estação seca e Dezembro de 2006 - estação chuvosa). Os macroinvertebrados bentônicos foram amostrados com rede Surber (900 cm²; malha 0,250 mm) em um total de 10 réplicas por área e por estação. Para a amostragem da ictiofauna foi padronizado o esforço de captura (4 coletores, 2 horas por área) e o petrecho de coleta (rede de cerco, malha plástica de 2 mm). A rede era disposta transversalmente ao rio, cercando de margem a margem, com o substrato a sua frente sendo revolido com os pés e mãos para desalojar os peixes, os quais

eram carregados pela correnteza para dentro da rede. A coleta com rede foi realizada a cada 2 metros, seguindo-se rio acima e cobrindo toda a extensão do trecho trabalhado, nas duas áreas.

Análise dos dados

No laboratório, os insetos aquáticos amostrados foram triados sob estereomicroscópio e identificados, utilizando principalmente as chaves gerais de Lopretto & Tell (1995), Merritt & Cummins (1996) e Fernández & Domínguez (2001), mas também chaves específicas para alguns grupos. Os peixes foram identificados através de comparação com o material da coleção de referência de peixes de riachos da região (coleção do Laboratório de Ecologia de Riachos, Departamento de Zoologia, UNESP - Botucatu) e através de consulta a especialistas.

A determinação da dieta dos peixes foi realizada através da análise do conteúdo estomacal. Para as espécies que consumiram insetos aquáticos (detalhes da dieta das espécies no Capítulo II), foi calculado o Índice Relativo de Importância (IRI), utilizando a fórmula apresentada por Pinkas et al. (1971): $IRI = (N + B) \times F$, onde N = porcentagem do número de indivíduos de cada grupo de inseto presente no conteúdo estomacal calculada em relação ao número total de indivíduos de todos os grupos (método numérico, segundo Hyslop, 1980), B = relação entre a área ocupada por determinado item e a área total ocupada por todos os itens, sendo a área determinada com a utilização de uma placa milimetrada (método do biovolume, adaptado de Esteves & Galetti Jr., 1995), F = presença ou a ausência do item, calculada através do número de peixes em que o item ocorreu em relação ao total de ocorrências de todos os itens (método da frequência de ocorrência, segundo Hyslop (1980).

Para permitir a comparação da dieta entre as diferentes espécies de peixes, ou para a mesma espécie em diferentes áreas e estações do ano, os valores de IRI foram transformados em valores relativos (%).

A seletividade de presas para cada espécie de peixe foi calculada pelo índice de eletividade (Ivlev, 1961): $E = (r_i - P_i) / (r_i + P_i)$, sendo E = índice de eletividade, r_i = porcentagem de cada item no conteúdo estomacal (IRI%), P_i = porcentagem de cada item no meio ambiente (abundância relativa). Os valores do índice variam de -1 a +1, sendo que valores iguais a zero indicam seletividade nula, resultados <0 indicam uma baixa seleção pelo item e os >0 denotam uma seleção positiva (Zavala-Camin, 1996; Harrisson et al., 2005). No presente trabalho, valor de seletividade maior ou igual a 0.5 foi considerado elevado.

RESULTADOS

Um total de oito espécies de peixes coletadas no Ribeirão da Quinta (Tabela I) consumiu insetos aquáticos, sendo este o item ingerido em maior percentual pela maioria. Destas espécies, cinco correspondem a pequenos bagres, quatro pertencentes à família Heptapteridae - *Cetopsorhamdia iheringi* Vari & Castro, 2007; *Imparfinis borodini* Mees & Cala, 1989; *Imparfinis mirini* Haseman, 1911; *Phenacorhamdia tenebrosa* (Schubart, 1964) - e um Trichomycteridae - *Trichomycterus brasiliensis* Lutken, 1874. A espécie de Poeciliidae - *Phalloceros harpagos* Lucinda, 2008 - foi a única espécie amostrada na área fechada durante a estação seca (Tabela I). As outras duas espécies pertencem à família Characidae - *Astyanax bockmani* Vari & Castro, 2007 e *Bryconamericus iheringi* (Boulenger, 1887).

A análise da abundância de insetos aquáticos no ambiente mostrou uma predominância de Ephemeroptera em todas as situações analisadas (Tabela I), com as poucas diferenças encontradas entre áreas e estações estando relacionadas ao segundo e/ou terceiro grupos mais abundantes, porém neste caso sempre variando entre Diptera, Trichoptera e Coleoptera, com percentuais próximos entre si. Apesar desta semelhança nos recursos existentes, foi possível verificar diferenças espaciais e temporais quanto ao consumo e seletividade alimentar pela ictiofauna (Figuras 1 a 8).

Na área aberta-estação seca, a espécie *A. bockmanni* apresentou um maior consumo e seletividade média positiva para Diptera e Trichoptera (Figura 1A), com elevado valor do índice de eletividade para Diptera-Chironomidae, consumido em elevado percentual, e para duas famílias de Trichoptera (Hydroptilidae e Leptoceridae), consumidas em baixo percentual (Tabela II). Para os demais grupos de insetos *A. bockmanni* apresentou valores de seletividade média negativa. Porém, analisando a dieta desta espécie na estação chuvosa, verificou-se um maior consumo e seletividade positiva elevada para Ephemeroptera (Figura 1B), principalmente Baetidae (Tabela II). Ainda na estação chuvosa, apesar de *A. bockmanni* ter apresentado seletividade negativa para as demais ordens de insetos, quando analisadas as famílias sobressaíram-se uma de Diptera (Ceratopogonidae) e duas de Trichoptera (Leptoceridae e Polycentropodidae) com seletividade elevada, apesar de pouco consumidas.

Para *B. iheringi* foi possível verificar diferenças sazonais e espaciais na dieta (Figura 2). Na área aberta-estação seca esta espécie consumiu em maior percentual e apresentou seletividade média positiva para Ephemeroptera-Leptophlebiidae e Lepidoptera-Pyralidae (Figura 2A, Tabela II). Apesar dos valores negativos de seletividade para as demais ordens, foi encontrada seletividade positiva alta para uma família de Coleoptera (Psephenidae) consumida em baixo percentual. Por outro lado, ainda nesta

área, porém na estação chuvosa (Figura 2B), essa espécie apresentou valores médios negativos de eletividade para todas as ordens de insetos consumidos, apesar de valores de eletividade positivos e elevados para Coleoptera-Psephenidae, consumido em elevado percentual, e para outras cinco famílias, dentre as ordens Lepidoptera, Odonata e Trichoptera, com baixo consumo (Tabela II). Para a área fechada essa espécie ocorreu somente na estação chuvosa, quando consumiu um maior percentual e apresentou seletividade média positiva para Lepidoptera e Trichoptera (Figura 2C). Porém, quando analisado ao nível das famílias, destacaram-se os maiores valores de seletividade para Coleoptera-Curculionidae e Plecoptera-Perlidae (Tabela III).

Com ocorrência somente na estação chuvosa nas duas áreas, *C. iheringi* aparentemente apresentou uma variação espacial na dieta, na área aberta consumindo em elevado percentual e com seletividade positiva e alta para Plecoptera-Perlidae e Diptera-Simuliidae (Figura 3A, Tabela II), enquanto na área fechada consumiu elevado percentual e apresentou elevado valor de seletividade para Diptera-Chironomidae (Figura 3B, Tabela III).

Para *I. borodini* também foi possível verificar diferenças sazonais e espaciais na dieta (Figura 4). Apesar desta espécie de bagre ter consumido elevado percentual de Ephemeroptera nas duas estações da área aberta, apresentou seletividade média positiva e elevada para esta ordem somente na estação chuvosa (Figuras 4 A e B). Além disso, quando analisado ao nível de família (Tabela II), na estação seca foi altamente seletiva para Ephemeroptera-Baetidae e para duas famílias de Trichoptera (Glossosomatidae e Hydropsychidae), a segunda consumida em percentual semelhante ao de Baetidae, enquanto na estação chuvosa apresentou seletividade positiva elevada para Ephemeroptera-Leptophlebiidae, Lepidoptera-Pyralidae e D-Simuliidae, somente a primeira com elevado percentual de consumo (Tabela II). Na área fechada-estação chuvosa, *I. borodini*

apresentou elevado consumo de Coleoptera e Trichoptera, mas seletividade média positiva somente para o primeiro (Figura 4C). No entanto, quando analisadas as famílias observaram-se altos valores de seletividade positiva tanto para famílias de Coleoptera (Dryopidae, Elmidae e Psephenidae) quanto para Trichoptera-Hydroptilidae, consumido em porcentual semelhante ao das duas últimas famílias de Coleoptera (Tabela III).

Para as outras duas espécies de Heptapteridae, apesar de ter sido analisado somente um exemplar de cada, foi possível visualizar a tendência de uma dieta mais especializada para *I. mirini*, com elevado consumo e seletividade positiva alta para Ephemeroptera-Baetidae (Figura 5, Tabela II). Por outro lado, *P. tenebrosa* consumiu em elevado porcentual e apresentou seletividade positiva para Ephemeroptera-Leptophlebiidae e Trichoptera-Hydroptilidae e Philopotamidae (Figura 6, Tabela II).

Para *T. brasiliensis* também foram observadas diferenças sazonais e espaciais na dieta (Figura 7). Nas duas estações da área aberta esta espécie consumiu elevado porcentual e apresentou seletividade média positiva e alta para Ephemeroptera, porém com valores mais elevados de IRI e E para Baetidae na estação seca e para Leptophlebiidae na chuvosa (Tabela II). Os exemplares de *T. brasiliensis* coletados na área fechada-estação chuvosa consumiram em maior porcentual e apresentaram seletividade média positiva e alta para Diptera e Trichoptera (Figura 7C). Porém, ao nível de família, só foi confirmada a elevada seletividade positiva para D-Chironomidae (Tabela III). Neste caso, o elevado consumo de Trichoptera refere-se a indivíduos juvenis que não puderam ser identificados ao nível de família.

Para *P. harpagos*, além do maior número de exemplares analisados, foi a única espécie que permitiu comparar tanto áreas quanto estações por ter sido coletada em todas as situações analisadas. Esta espécie apresentou uma dieta bastante uniforme espacial e temporalmente, consumindo em maior porcentual e com seletividade média positiva e alta

para Diptera-Chironomidae (Figura 8, Tabelas II e III). Somente na estação chuvosa da área aberta *P. harpagos* também apresentou elevada seletividade média para Diptera-Ceratopogonidae, apesar do baixo consumo (Tabela II).

DISCUSSÃO

Comunidades de peixes de riachos neotropicais apresentam uma grande diversidade de hábitos e táticas alimentares, a qual reflete a incrível variedade de organismos aquáticos disponíveis como presas potenciais (Keenleyside, 1979). Para as famílias das espécies de peixes coletadas no Ribeirão da Quinta, diferentes estratégias alimentares são conhecidas (Casatti et al., 2001): a família Characidae reúne espécies de peixes de meia-água que coletam itens alimentares arrastados pela correnteza; as espécies de Poeciliidae vivem preferencialmente em remansos e praticam a cata de itens na superfície; por sua vez, pequenos bagres (Heptapteridae e Trichomycteridae) são espécies predominantemente bentônicas que capturam invertebrados através da especulação do substrato.

A técnica de captura está associada ao tipo de alimento, não sendo necessária nenhuma técnica especial para a captura de materiais vegetais, os quais necessitam apenas de estruturas morfológicas apropriadas (Keenleyside, 1979). Por outro lado, para a captura de organismos móveis, adaptações comportamentais e estruturais relacionadas à interação predador-presa são necessárias (Keenleyside, 1979).

A grande oferta desses organismos móveis, representados no riacho por juvenis de insetos aquáticos, faz deste recurso um item importante na dieta dos peixes. Segundo Wallace & Anderson (1996), o grande sucesso dos insetos aquáticos no ambiente continental pode ser demonstrado por sua diversidade, abundância, ampla distribuição e

habilidade em explorar diversos tipos de habitats. No presente estudo, alguns grupos se destacaram pela sua elevada abundância, como a ordem Ephemeroptera, conhecida como de ampla distribuição em diversos mesohabitats, tais como remansos, pedras, corredeiras, pacotes de folhas, e com grande diversidade em ambientes lóticos e riachos de segunda e terceira ordens, com fundo rochoso e água oligotrófica a mesotrófica (Silva, 2007).

Além de juvenis de Ephemeroptera, outros três grupos foram também abundantes no presente estudo, como Diptera, Trichoptera e Coleoptera. Os dípteros estão distribuídos em todos os continentes, colonizando com sucesso qualquer tipo de ambiente, sobretudo o aquático no qual ocorre o estágio larval (Pinho, 2008). Dentre a ordem Diptera destaca-se a Família Chironomidae, grupo de inseto aquático dominante tanto em ambientes lóticos como lênticos, com elevada tolerância a situações ambientais extremas, como hipóxia, e grande capacidade competitiva. O grupo Trichoptera compreende a maior ordem de insetos estritamente aquáticos (Neboiss, 1991), com uma fauna mundial de cerca de 13.000 espécies descritas para os ecossistemas dulcícolas (Calor, 2007). Por sua vez, Coleoptera compreende um grupo de insetos amplamente distribuídos em ecossistemas de água doce, ocupando diversos níveis tróficos (Merritt & Cummins, 1996; Costa & Ide, 2006).

Essa elevada variedade e abundância de alimento representada pelos insetos aquáticos, juntamente com o uso de diferentes táticas alimentares pela ictiofauna estudada, auxiliam na seleção ou preferência alimentar, a qual pode ser definida como um comportamento que determina a escolha do alimento mais apropriado às necessidades do peixe (Zavala-Camin, 1996). Para calcular essa preferência existe na literatura diferentes índices de eletividade que relacionam o item alimentar disponível no ambiente e o item ingerido pelo peixe, podendo ser destacados os índices de Shorigin (1939), Ivlev (1961), Murdoch (1969), Jacob (1974), Vanderploeg & Scavia (1979) e Chesson (1983). Por outro lado, o índice de eletividade de Lawlor (1980) e o grau de preferência alimentar de Braga

(1999) não consideram a oferta do alimento, levando em consideração somente a quantidade dos itens ingeridos pelas espécies de peixes. Segundo Braga (1999), o grau de preferência alimentar apresentado em seu trabalho não constitui mais um índice, mas sim deve ser considerado como uma alternativa quando outros métodos não puderem ser empregados. Para análise da preferência ou seletividade alimentar é importante a amostragem dos recursos disponíveis no ambiente em estudo, pois a presença de determinado tipo de alimento no conteúdo digestivo dos peixes não significa necessariamente que se trata do alimento preferido, tendo em vista que possa ter sido ingerido somente por estar mais disponível, enquanto o alimento preferido estiver ausente, pouco freqüente ou difícil de capturar (Zavala-Camin, 1996). Pinto & Uieda (2007) também reforçam a importância de uma amostragem da oferta de alimento e não somente análise da dieta para a determinação de seletividade ou preferência alimentar pelas espécies de peixes em um estudo realizado no mesmo riacho no ano de 2005, quando os casos de seletividade encontrados envolveram insetos ingeridos tanto em grande quanto em baixa quantidade.

Dentre os diversos índices de seletividade disponíveis na literatura, o índice de Ivlev (1961) foi utilizado no presente estudo em função de ser mais freqüentemente utilizado e por considerar tanto a dieta dos peixes quanto a disponibilidade da presa no ambiente, a qual é resultante do número relativo de presas, sua visibilidade e acessibilidade (Atmar & Stewart, 1972).

Dentre os recursos alimentares utilizados pela ictiofauna do Ribeirão da Quinta, destacaram-se os juvenis de Ephemeroptera, um recurso abundante no ambiente e selecionado positivamente pela maioria das espécies amostradas, apesar da maioria ter apresentado variação espacial e sazonal nesta preferência, com exceção de *P. harpagos* que apresentou uma dieta bem especializada sazonal e espacialmente em Diptera-

Chironomidae. Pinto & Uieda (2007), em estudo realizado no mesmo riacho, também confirmaram a seleção positiva de Ephemeroptera por grande parte das espécies amostradas.

Em várias situações foram encontrados índices de eletividade médios negativos para os insetos analisados ao nível de ordem, enquanto índices positivos para a mesma ordem foram obtidos quando analisadas as famílias. Por exemplo, na área aberta-estação seca os dois exemplares de *B. iheringi* analisados não apresentaram seletividade positiva quando analisados os insetos ao nível de ordem, mas foram seletivos para várias famílias de insetos. Estes resultados ocorreram em função do alto valor de desvio padrão, resultante de uma variação individual na dieta e/ou do pequeno número de exemplares analisados. Principalmente para o grupo dos pequenos bagres, a análise de seletividade foi prejudicada devido ao baixo número de exemplares capturados. Mesmo assim foi possível observar uma tendência na preferência alimentar por determinados grupos de insetos aquáticos, mas salientando que estes dados devem ser vistos com certa ressalva, sendo interessante o desenvolvimento de pesquisas futuras com este grupo de importantes predadores da fauna bentônica.

Segundo Mittelbach & Persson (1998), a maioria das espécies de peixes é seletiva e apresenta preferência por presas específicas. No presente estudo, três situações de seletividade positiva elevada por insetos aquáticos foram verificadas (Tabela IV): a) preferência por item muito abundante no ambiente e consumido em elevado percentual, situação encontrada para todas as espécies analisadas e predominante quando considerados os insetos ao nível de ordem; b) preferência por item pouco disponível no ambiente, mas consumido em elevado percentual; c) preferência por item pouco abundante no ambiente e consumido em percentual baixo.

Esta variação na preferência alimentar também pode ser observada quando analisados os resultados obtidos por outros autores. Três referências são aqui apresentadas exemplificando cada uma das três situações de seletividade apontadas acima. Guma'A (1978), trabalhando com *Perca fluviatilis* em um lago localizado em Windermere, também encontrou seleção positiva para uma espécie de Cladocera, item muito abundante e consumido em grande quantidade. Moreno & Zamorano (1980), trabalhando no Chile com uma espécie de peixe litorânea (*Calliclinus geniguttatus*), apontaram seletividade positiva para um item bentônico (*Taliepus dentatus*) pouco disponível no ambiente e consumido em elevado porcentual. Pinto & Uieda (2007), trabalhando com a ictiofauna de um riacho no sudeste do Brasil, observaram casos de seletividade por presas pouco abundantes no ambiente e consumidas em baixo porcentual para três espécies de caracídeos (*Astyanax bockmani*, *Bryconamericus iheringi*, *Characidium zebra*) e um bagre (*Imparfinis borodini*).

Além das situações de seletividade positiva descritas acima, casos em que o item alimentar foi bastante abundante no ambiente e consumido em elevado porcentual, porém com seletividade negativa também foram verificados nesse trabalho para a maioria das espécies de peixes, apesar de numa frequência muito menor do que a observada por Pinto & Uieda (2007). O fato da espécie ter ingerido em grande quantidade, mas com baixa seletividade, o grupo de inseto mais abundante mostra oportunismo, com consumo de um recurso mais abundante, mas não necessariamente o preferido (Pinto & Uieda, 2007). Rezende & Mazzoni (2006) também mostraram o oportunismo de *Bryconamericus microcephalus* por Hymenoptera, item alóctone muito abundante no ambiente, consumido em elevado porcentual por jovens e adultos e com seletividade negativa. Além do oportunismo, a ictiofauna estudada foi caracterizada por uma grande plasticidade trófica, evidenciada pela variação espacial e/ou sazonal na preferência alimentar, com exceção de

dois bagres, que somente foram capturados em uma área e estação, e de *P. harpagos*, com dieta bem especializada (Tabela IV).

Através deste estudo sobre preferência alimentar pelas espécies de peixes insetívoras ficou evidente a existência de seleção por insetos aquáticos. Porém, os resultados também salientaram que na ausência do item preferido ou na sua baixa disponibilidade a ictiofauna pode apresentar uma alta flexibilidade alimentar e capacidade de ajuste frente a alterações nas condições abióticas e nas interações bióticas a que essas espécies foram expostas. Mais uma vez ressalta-se a importância de uma amostragem da oferta de alimento, e não somente de análise da dieta, para a determinação de seletividade ou preferência alimentar pelas espécies de peixes. Além disso, o estudo de seletividade alimentar abre novas perspectivas de trabalhos, como a utilização de observações diretas e trabalhos experimentais, colocando à disposição do peixe duas ou mais presas em situações iguais de serem escolhidas, como proposto por Zavala-Camin (1996).

AGRADECIMENTOS

Somos gratas a Cláudia Yoshida pelos comentários feitos ao manuscrito e ao CNPq pela bolsa de estudos concedida para a primeira autora durante o período do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atmar, G. L. & K. W. Stewart, 1972. Food, feeding selectivity and ecological efficiencies of *Fundulus notatus* (Cyprinodontidae). The American Midland Naturalist 88: 76-89.
- Barrella, W. M. Petrere Júnior, W. S. Smith & L. F. A. Montag, 2001. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: Rodrigues, R. R. & H. F. Leitão Filho (eds), Matas ciliares: conservação e recuperação. EDUSP e FAPESP, São Paulo: 187-207.
- Braga, F. M. S., 1999. O grau de preferência alimentar: um método qualitativo e quantitativo para o estudo do conteúdo estomacal de peixes. Acta Scientiarum 21: 291-295.
- Calor, A. R. 2007. Ordem Trichoptera Kirby 1813 (Arthropoda: Insecta). In: Guia on-line de identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico (acesso em março 2009).
- Carvalho, E. M. & V. S. Uieda, (no prelo). Input of litter in deforested and forested areas of a tropical headstream. Brazilian Journal of Biology.
- Casatti, L., F. Langeani & R. M. C. Castro, 2001. Peixes de riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, Bacia do Alto Rio Paraná. Biota Neotropica 1: 1-15.
- Chesson, J. 1983. The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models. Ecology 64: 1297-1304.
- Costa, C. & S. Ide, 2006. Coleoptera. In: Costa, C., S. Ide & C. E. Simonka (eds), Insetos imaturos: metamorfose e identificação. Holos, Ribeirão Preto: 107-145.
- Death, R. G. & E. M. Zimmermann, 2005. Interaction between disturbance and primary productivity in determining stream invertebrate diversity. Oikos 111: 392-402.

- Esteves, K. E. & J. M. R. Aranha, 1999. Ecologia trófica de peixes de riachos. In: Caramaschi, E. P., R. Mazzoni, P. R. Peres-Neto (eds), Ecologia de Peixes de Riacho. Série Oecologia Brasiliensis. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro: 157-182.
- Esteves, K. E. & P. M. Galetti Jr., 1995. Food partitioning among some characids of a small brazilian foodplain lake from the Paraná River Basin. *Environmental Biology of Fish* 42: 375-389.
- Fernández, H. R. & E. Dominguez, 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán.
- Guma'A, S. A., 1978. The food and feeding habitats of young perch, *Perca fluviatilis*, in Windermere. *Freshwater Biology* 8: 177-187.
- Harrison, S. S. C., D. C. Bradley & I. T. Harris, 2005. Uncoupling strong predator-prey interactions in streams: the role of marginal macrophytes. *Oikos* 108: 443-448.
- Huamantínco, A. A. & J. L. Nessimian, 1999. Estrutura e distribuição espacial da comunidade de larvas de Trichoptera (Insecta) em um tributário de primeira ordem do Rio Paquequer, Teresópolis, RJ. *Acta Limnologica Brasiliensia* 11: 1-16.
- Hyslop, E. J., 1980. Stomach contents analysis – A review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 25: 1866-1870.
- Ivlev, V. S., 1961. Experimental ecology of the feeding of fishes. New Haven, Yale University Press.
- Jacob, J., 1974. Quantitative measurements of food selection. *Oecologia* 14: 413-417.
- Keenleyside, M. H. A., 1979. Diversity and adaptation in fish behaviour. Springer-Verlag, Berlin.
- Kikuchi, R. M. & V. S. Uieda, 1998. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: Nessimian, J. L. & A. L.

- Carvalho (eds), Ecologia de insetos aquáticos. Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro: 157-173.
- Lawlor, L. R., 1980. Similarity and competition coefficients. Ecology, 61: 245-251.
- Lima, W. P. & M. J. B. Zakia, 2001. Hidrobiologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R.R. & Leitão-Filho, H. F. (eds), Matas ciliares: conservação e recuperação. Edusp e Fapesp, São Paulo: 33-44.
- Lopretto, E. C. & G. Tell, 1995. Ecosistemas de aguas continentales: metodologias para su studio. Tomo III, Ed. Sur, Argentina.
- Merritt, R. W. & K. W. Cummins, 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque.
- Mittelbach, G. G. & L. Persson, 1998. The ontogeny of piscivory and its ecological consequences. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55: 1454-1465.
- Moreno, C. A. & J. H. Zamorano, 1980. Selectividad del alimento em dos peces bentofagos (*Mugiloides chilensis* y *Calliclinus geniguttatus*). Boletim do Instituto de oceanografia 29: 245-249.
- Murdoch, W. W., 1969. Switching in general predators: experiments on predator specificity and stability of prey populations. Ecological Monographs 39: 335-354.
- Neboiss, A., 1991. Trichoptera. In: Nauman, D., P. B. Carne, J. F. Laurence, E. S. Nielsen, J. P. Spradbury (eds), The Insects of Australia: A Textbook for Students and Researchs Workers. Ithaca, Cornell Univ. Press, New York: 787-816.
- Oliveira, L. G., P. C. Bispo & N. C. Sá, 1997. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do parque ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 14: 867-876.

- Pinho, L. C. 2008. Ordem Diptera (Arthropoda: Insecta). In: Guia on-line de identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico (acesso em março 2009).
- Pinkas, L., M. S. Oliphant & I. L. K. Iverson, 1971. Food habits of Albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Fishery Bulletin 152: 1-105.
- Pinto, T. L. F. & V. S. Uieda, 2007. Aquatic insects selected as food for fishes of a tropical stream: Are there spatial and seasonal differences in their selectivity?. Acta Limnologica Brasiliensia 19: 67-78.
- Rezende, C. F. & R. Mazzoni, 2006. Disponibilidade e uso de recursos alóctones por *Bryconamericus microcephalus* (Miranda-Ribeiro) (Actinopterygii, Characidae), no córrego Andorinha, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 23: 218-222.
- Schoener, T.W., 1974. Resource partitioning in ecological communities. Science 185: 27-39.
- Shorigin, A. A., 1939. Food and food preference of some Gobiidae of the Caspian Sea. Zoolicheskii Zhurnal 18: 27-53.
- Silva, M. L. da, 2007. Ordem Ephemeroptera (Arthropoda: Insecta). In: Guia on-line de identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico (acesso em março 2009).
- Uieda, V.S. & R. L. Motta, 2007. Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. Acta Limnologica Brasiliensia 19: 15-30.
- Vanderploeg, H. A. & D. Scavia, 1979. Two electivity indices for feeding with special reference to zooplankton grazing. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 36: 362-365.

- Wallace, J. B. & N. H. Anderson, 1996. Habitat, life history, and behavioral adaptations of aquatic insects. In: Merritt, R.W. & K.W. Cummins (eds), An introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America: 41-73.
- Zavala-Camin, L. A., 1996. Introdução aos estudos sobre alimentação natural de peixes. EDUEM, Maringá.

Tabela I: Espécies de peixes coletadas no Ribeirão da Quinta, com o número (n) e tamanho (CP - comprimento padrão mínimo e máximo em mm) dos exemplares que apresentaram insetos aquáticos no conteúdo digestivo, e abundância absoluta (N) e relativa (%) das ordens de insetos aquáticos amostradas nas mesmas áreas e estações. AA - área aberta, AF - área fechada, ES - estação seca, EC - estação chuvosa.

Espécies de peixes	Siglas	AA-ES		AA-EC		AF-ES		AF-EC	
		n	CP	n	CP	n	CP	n	CP
<i>Astyanax bockmanni</i>	Aboc	5	42-56	12	11-52	-	-	-	-
<i>Bryconamericus iheringi</i>	Bihe	2	51-54	12	43-61	-	-	7	29-50
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	Cihe	-	-	1	55	-	-	1	44
<i>Imparfinis borodini</i>	Ibor	2	47-55	4	21-136	-	-	3	67-143
<i>Imparfinis mirini</i>	Imir	-	-	1	77	-	-	-	-
<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i>	Pten	-	-	1	57	-	-	-	-
<i>Trichomycterus brasiliensis</i>	Tbra	7	21-75	3	41-44	-	-	3	23-41
<i>Phalloceros harpagos</i>	Phar	11	16-30	18	10-28	2	17-28	14	12-33
Ordens de insetos aquáticos		N	%	N	%	N	%	N	%
Coleoptera	C	1219	15,1	996	23,5	132	11,1	152	15,4
Diptera	D	1799	22,3	907	21,4	162	13,6	147	14,9
Ephemeroptera	E	3830	47,6	1647	38,8	646	54,2	424	42,9
Heteroptera	H	4	<0,0	41	1,0	12	1,0	38	3,8
Lepidoptera	L	8	0,1	9	0,2	-	-	-	-
Megaloptera	M	15	0,2	2	<0,0	1	0,1	1	0,1
Odonata	O	8	0,1	9	0,2	44	3,7	7	0,7
Plecoptera	P	158	2,0	91	2,1	15	1,3	23	2,3
Trichoptera	T	1013	12,6	543	12,8	179	15,0	196	19,8

Tabela II: Famílias dos insetos aquáticos consumidos pelas espécies de peixes coletadas na área aberta do Ribeirão da Quinta durante as estações secas e chuvosa, sendo apresentada a abundância relativa dos insetos amostrados no ambiente (%), o índice relativo de importância do inseto na dieta das espécies de peixes (IRI%) e o índice de eletividade calculado (E). Siglas das espécies de peixes e ordens de insetos na Tabela I.

Estação seca (Ordem-Família)	%	Aboc		Bihe		Ibor		Tbra		Phar	
		IRI%	E	IRI%	E	IRI%	E	IRI%	E	IRI%	E
C-Elmidae	13.8	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
C-Psephenidae	1.4	-	-1.0	5.2	0.6	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
D-Ceratopogonidae	<0.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
D-Chironomidae	13.5	53.5	0.6	6.2	-0.4	4.9	-0.5	26.2	0.3	95.7	0.8
D-Dixidae	<0.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
D-Empididae	0.1	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
D-Psychodidae	<0.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
D-Simuliidae	8.7	7.0	-0.1	-	-1.0	-	-1.0	0.7	-0.9	0.3	-0.9
E-Baetidae	17.9	12.0	-0.2	3.5	-0.7	47.7	0.5	63.0	0.6	2.9	-0.7
E-Caenidae	<0.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
E-Leptophlebiae	5.1	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	1.4	-0.6	-	-1.0
H-Pleidae	24.6	11.0	-0.4	76.1	0.5	-	-1.0	8.7	-0.5	0.3	-1.0
H-Velidae	<0.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
L-Pyralidae	0.1	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
M-Corydalidae	0.2	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
O-Calopterygidae	<0.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
O-Coenagrionidae	<0.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
P-Perlidae	2.0	3.5	0.3	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
T-Glossosomatidae	0.8	0.5	-0.2	-	-1.0	7.0	0.8	-	-1.0	0.6	-0.2
T-Hydropsychidae	10.5	3.3	-0.5	9.0	-0.1	40.4	0.6	-	-1.0	-	-1.0
T-Hydroptilidae	0.1	1.8	0.9	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
T-Leptoceridae	-	7.3	1.0	-	-	-	-	-	-	0.3	-1.0
T-Philopotamidae	1.1	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0

Tabela III: Famílias dos insetos aquáticos consumidos pelas espécies de peixes coletadas na área fechada do Ribeirão da Quinta durante as estações secas e chuvosa, sendo apresentada a abundância relativa dos insetos amostrados no ambiente (%), o índice relativo de importância do inseto na dieta dos peixes (IRI%) e o índice de eletividade calculado (E). Siglas das espécies de peixes e das ordens de insetos na Tabela I.

Estação seca (Ordem-Família)	%	IRI%	Phar E
C-Elmidae	7.0	-	-1.0
C-Psephenidae	4.0	-	-1.0
D-Ceratopogonidae	1.2	-	-1.0
D-Chironomidae	11.9	100.0	0.8
D-Empididae	0.1	-	-1.0
D-Psychodidae	0.2	-	-1.0
D-Simuliidae	1.2	-	-1.0
E-Baetidae	9.8	-	-1.0
E-Leptohyphidae	15.4	-	-1.0
E-Leptophlebiidae	28.5	-	-1.0
H-Pleidae	0.1	-	-1.0
H-Veliidae	0.9	-	-1.0
M-Corydalidae	0.1	-	-1.0
O-Calopterygidae	0.1	-	-1.0
O-Coenagrionidae	3.5	-	-1.0
O-Corduliidae	0.1	-	-1.0
P-Perlidae	1.2	-	-1.0
T-Glossosomatidae	3.6	-	-1.0
T-Hydropsychidae	8.9	-	-1.0
T-Hydroptilidae	1.7	-	-1.0
T-Philopotamidae	0.7	-	-1.0

Tabela III: Continuação

Estação chuvosa (Ordem-Família)	%	Bihe		Cihe		Ibor		Tbra		Phar	
		IRI%	E	IRI%	E	IRI%	E	IRI%	E	IRI%	E
C-Curculionidae	-	5.6	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
C-Dryopidae	-	-	-	-	-	7.0	1.0	-	-	-	-
C-Elmidae	8.7	1.5	-0.7	-	-1.0	36.1	0.6	-	-1.0	-	-1.0
C-Psephenidae	6.7	-	-1.0	-	-1.0	28.6	0.6	-	-1.0	-	-1.0
D-Ceratopogonidae	0.3	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
D-Chironomidae	13.7	8.3	-0.2	100.0	0.8	-	-1.0	72.6	0.7	69.7	0.7
D-Empididae	0.5	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
D-Psychodidae	0.4	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
D-Simuliidae	0.2	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
E-Baetidae	3.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	2.9	0.0	1.1	-0.5
E-Caenidae	0.2	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
E-Leptohyphidae	21.6	1.9	-0.8	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
E-Leptophlebiidae	18.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	10.3	-0.3	25.0	0.2
H-Pleidae	0.7	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
H-Veliidae	3.1	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
L-Pyralidae	-	47.3	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
M-Corydalidae	0.1	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
O-Aeshnidae	0.1	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
O-Coenagrionidae	0.6	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
P-Perlidae	2.2	14.6	0.7	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
P-Gripopterygidae	0.1	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
T-Glossosomatidae	1.9	3.2	0.3	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
T-Hydropsychidae	8.2	8.9	-	-	-1.0	-	-1.0	4.2	-0.3	1.5	-0.7
T-Hydroptilidae	5.0	7.3	0.2	-	-1.0	28.2	0.7	4.2	-0.1	-	-1.0
T-Leptoceridae	0.1	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0	-	-1.0
T-Philopotamidae	4.5	1.4	-0.5	-	-1.0	-	-1.0	5.7	0.1	2.8	-0.2

Tabela IV: Situação (quantidade no ambiente e percentual de consumo) dos casos de seletividade média positiva e elevada ($>0,5$) para os insetos identificados ao nível de ordem e família, observados para as espécies de peixes estudadas no Ribeirão da Quinta, e existência de variação sazonal (estações) e espacial (áreas) nos itens preferidos. Ocorrência: área aberta (AA), área fechada (AF), estação seca (ES), estação chuvosa (EC). Percentual no ambiente elevado (A) ou baixo (a); percentual de consumo elevado (C) ou baixo (c).

Espécies de peixes	Seletividade (Ordem)	Seletividade (Família)	Varição
<i>A. bockmanni</i>	A/C	A/C, a/C, a/c	sazonal
<i>B. iheringi</i>	A/C	A/C, a/C, a/c	sazonal/espacial
<i>C. iheringi</i>	A/C, a/C	A/C, a/C, a/c	espacial
<i>I. borodini</i>	A/C	A/C, a/C, a/c	sazonal/espacial
<i>I. mirini</i>	A/C	a/C	-
<i>P. tenebrosa</i>	A/C	A/C, a/C	-
<i>T. brasiliensis</i>	A/C	A/C	sazonal/espacial
<i>P. harpagos</i>	A/C	A/C, a/c	sem variação

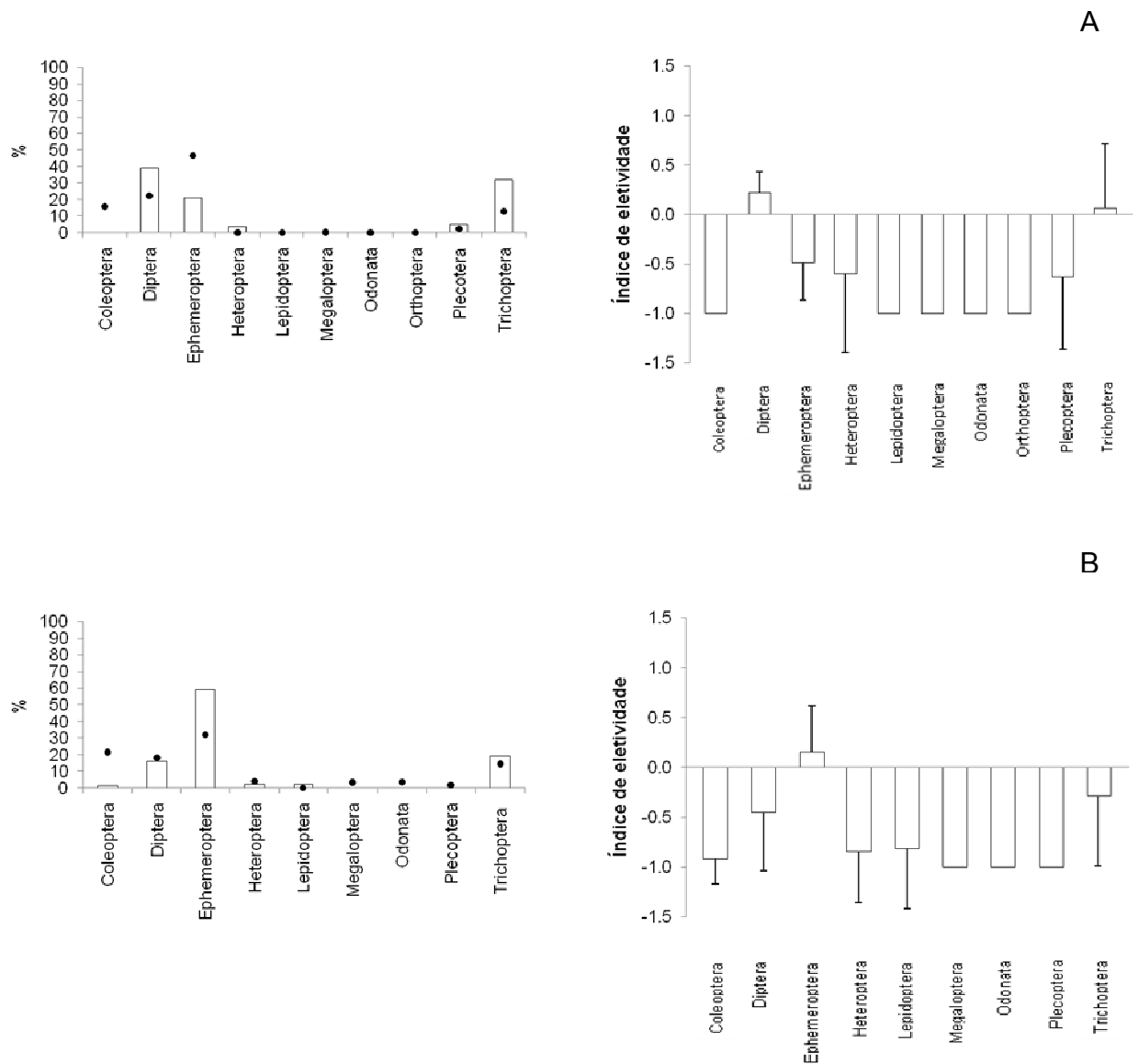


Figura 1: Ordens de insetos aquáticos consumidos e selecionados por exemplares de *Astyanax bockmanni* amostrados na área aberta durante as estações seca (A) e chuvosa (B). Nos gráficos da esquerda estão representados a abundância relativa dos insetos amostrados no ambiente (círculos pretos) e o valor do Índice Relativo de Importância do grupo de inseto na dieta (barras). Nos gráficos da direita é apresentado o índice de eletividade calculado para cada ordem de inseto consumido (média e desvio padrão).

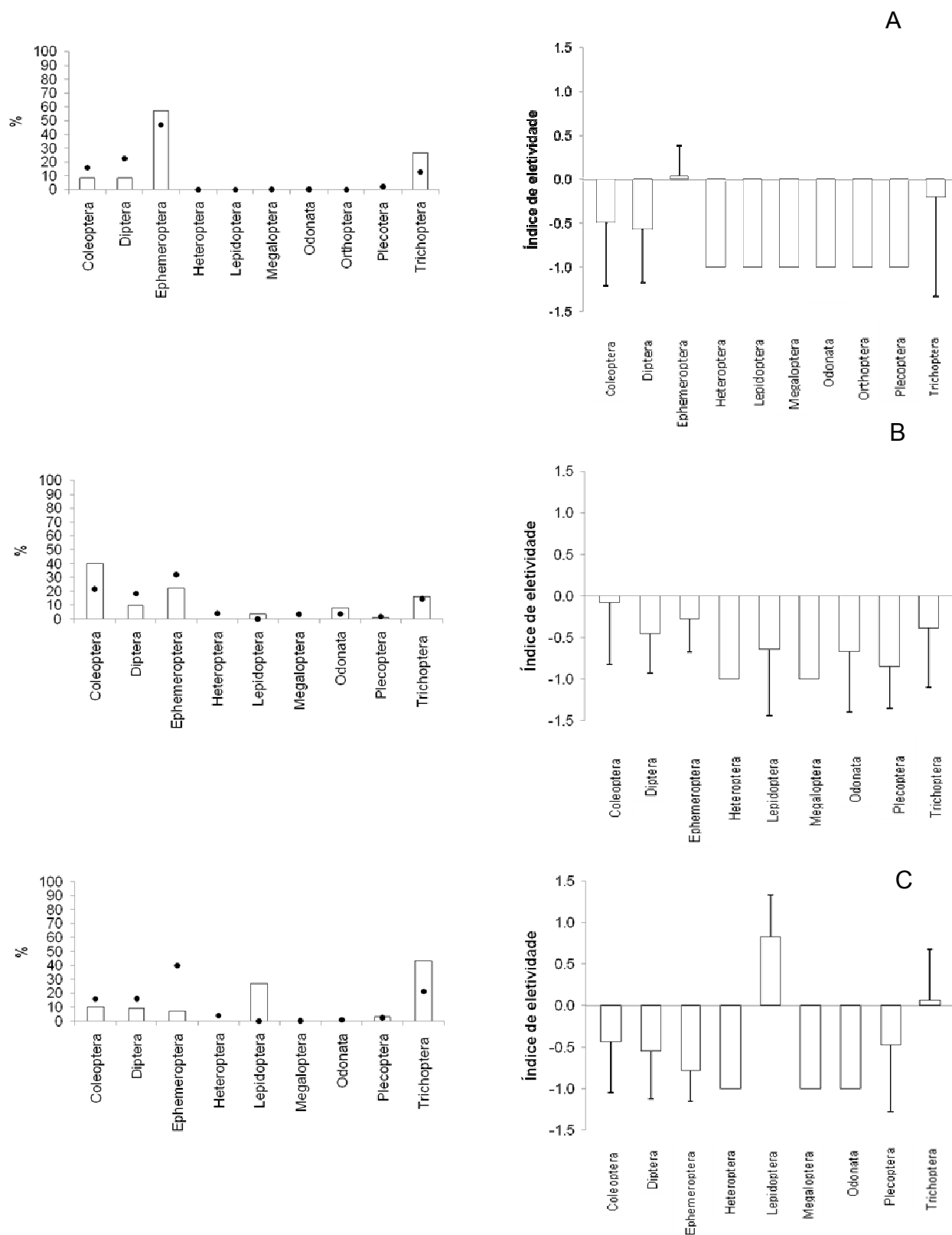
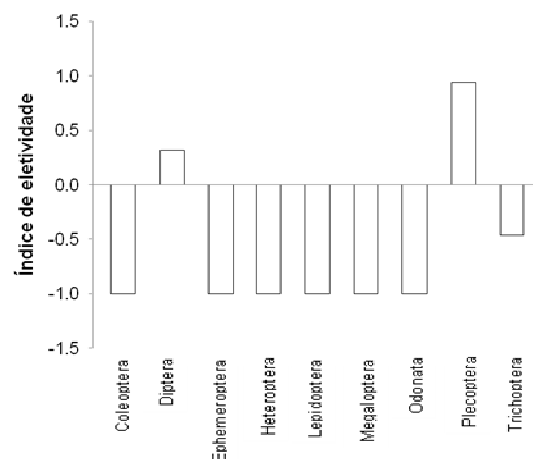
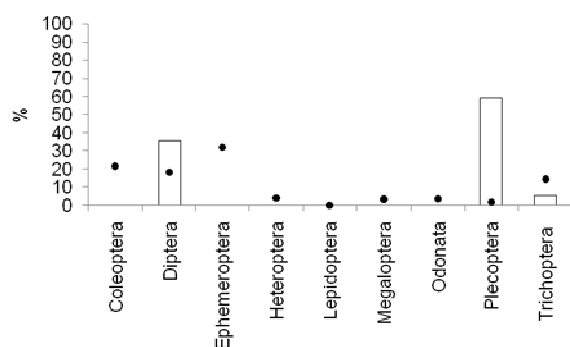


Figura 2: Ordens de insetos aquáticos consumidos e selecionados por exemplares de *Bryconamericus iheringi* amostrados na área aberta, durante as estações seca (A) e chuvosa (B), e na área fechada, durante a estação chuvosa (C). Nos gráficos da esquerda estão representados a abundância relativa dos insetos amostrados no ambiente (círculos pretos) e o valor do Índice Relativo de Importância do grupo de inseto na dieta (barras). Nos gráficos da direita é apresentado o índice de eletividade calculado para cada ordem de inseto consumido (média e desvio padrão).

A



B

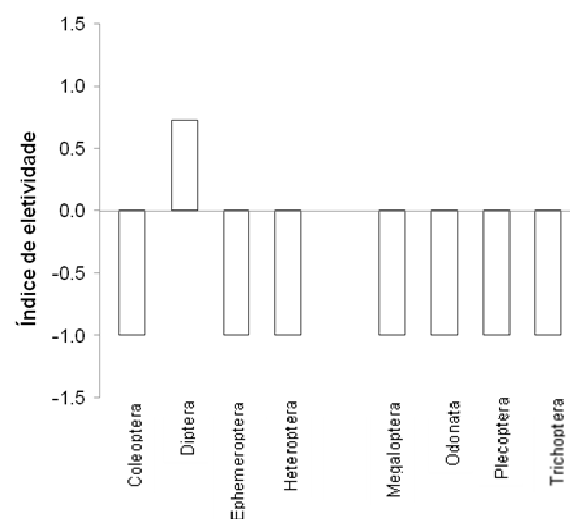
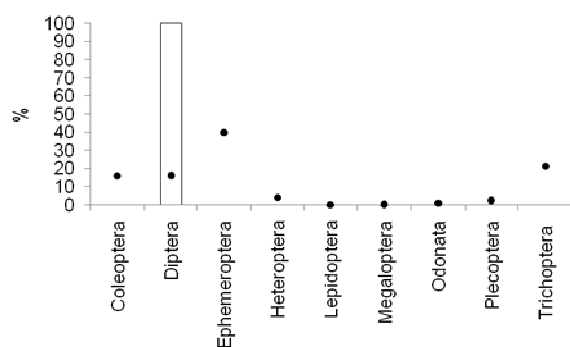
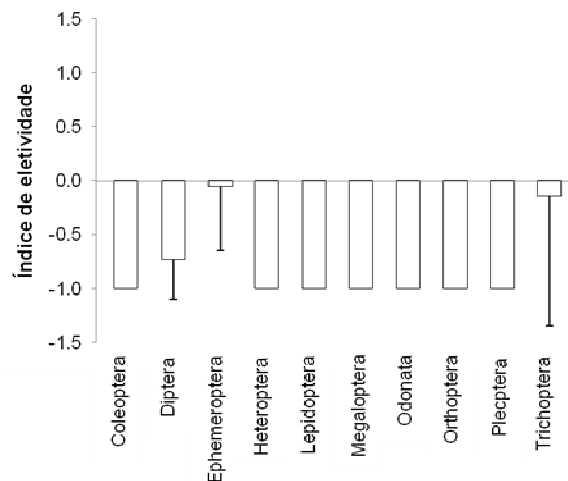
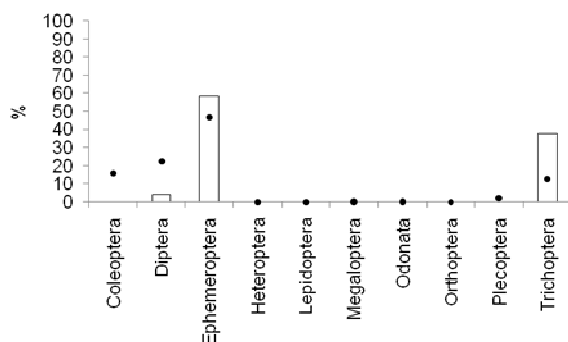
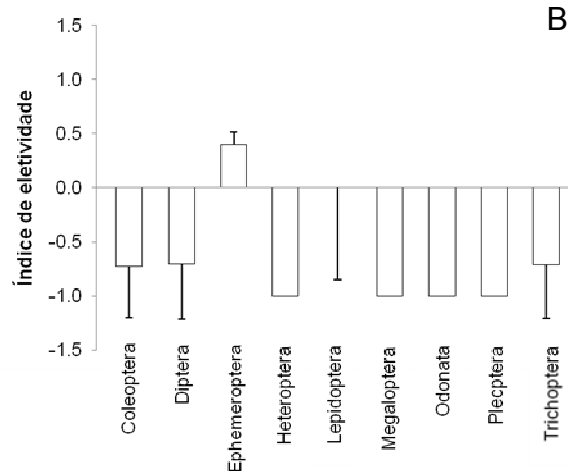
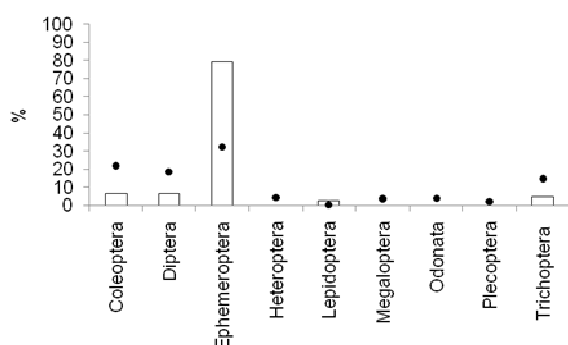


Figura 3: Ordens de insetos aquáticos consumidos e selecionados por exemplares de *Cetopsorhamdia iheringi* amostrados durante a estação chuvosa das áreas aberta (A) e área fechada (B). Nos gráficos da esquerda estão representados a abundância relativa dos insetos amostrados no ambiente (círculos pretos) e o valor do Índice Relativo de Importância do grupo de inseto na dieta (barras). Nos gráficos da direita é apresentada o índice de eletividade calculado para cada ordem de inseto consumido (média e desvio padrão).



B



C

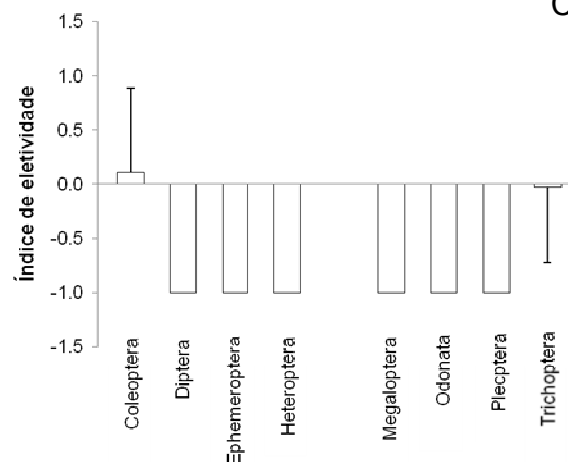
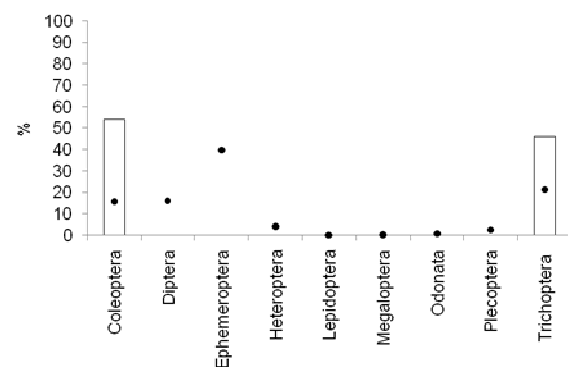


Figura 4: Ordens de insetos aquáticos consumidos e selecionados por exemplares de *Imparfinis borodini* amostrados na área aberta, durante as estações seca (A) e chuvosa (B), e na área fechada, durante a estação chuvosa (C). Nos gráficos da esquerda estão representados a abundância relativa dos insetos amostrados no ambiente (círculos pretos) e o valor do Índice Relativo de Importância do grupo de inseto na dieta (barras). Nos gráficos da direita é apresentado o índice de eletividade calculado para cada ordem de inseto consumido (média e desvio padrão).

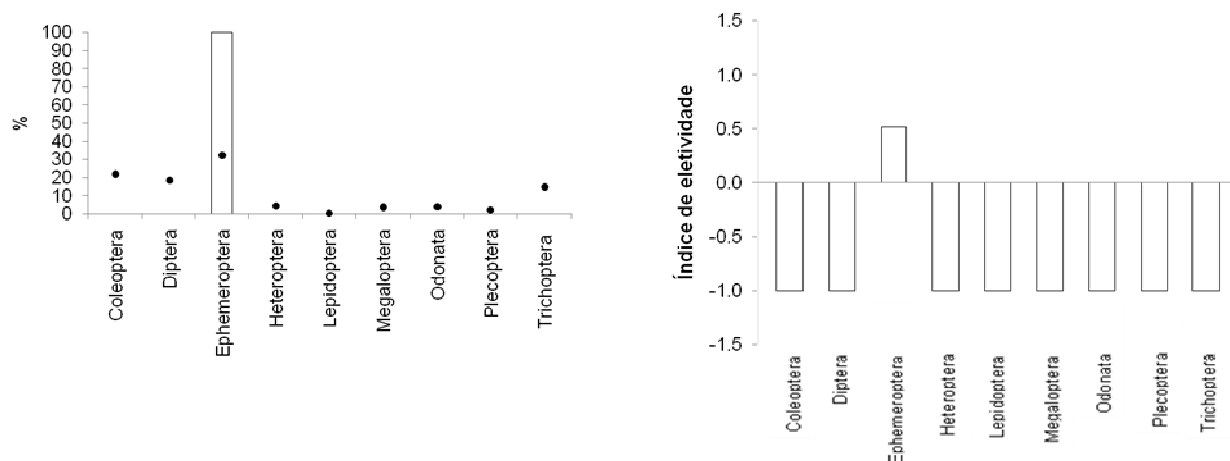


Figura 5: Ordens de insetos aquáticos consumidos e selecionados por exemplares de *Imparfinis mirini* amostrados na área aberta durante a estação chuvosa. Nos gráficos da esquerda estão representados a abundância relativa dos insetos amostrados no ambiente (círculos pretos) e o valor do Índice Relativo de Importância do grupo de inseto na dieta (barras). Nos gráficos da direita é apresentado o índice de eletividade calculado para cada ordem de inseto consumido (média e desvio padrão).

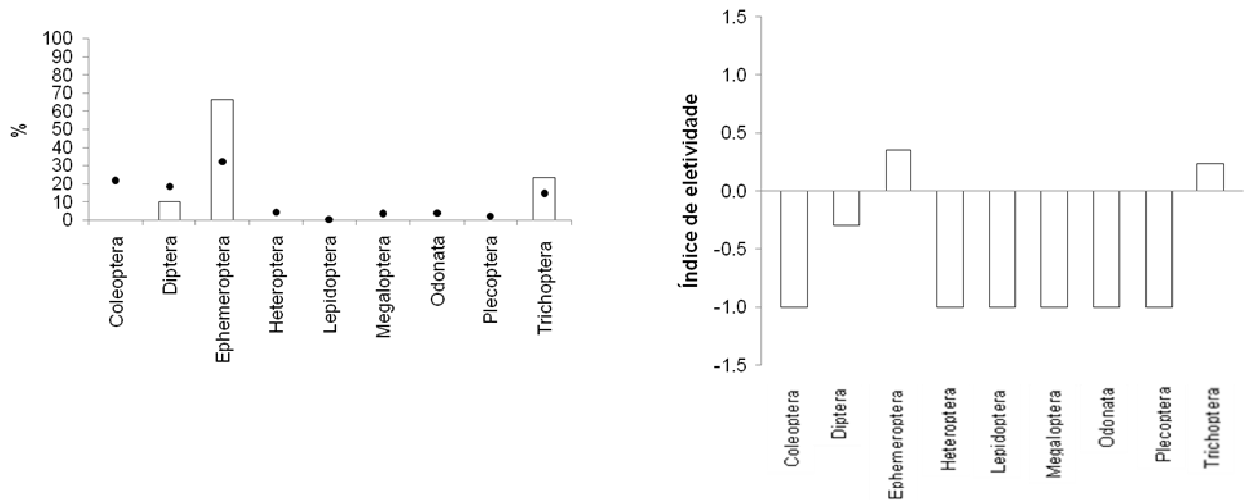


Figura 6: Ordens de insetos aquáticos consumidos e selecionados por exemplares de *Phenacorhamdia tenebrosa* amostrados na área aberta durante a estação chuvosa. Nos gráficos da esquerda estão representados a abundância relativa dos insetos amostrados no ambiente (círculos pretos) e o valor do Índice Relativo de Importância do grupo de inseto na dieta (barras). Nos gráficos da direita é apresentado o índice de eletividade calculado para cada ordem de inseto consumido (média e desvio padrão).

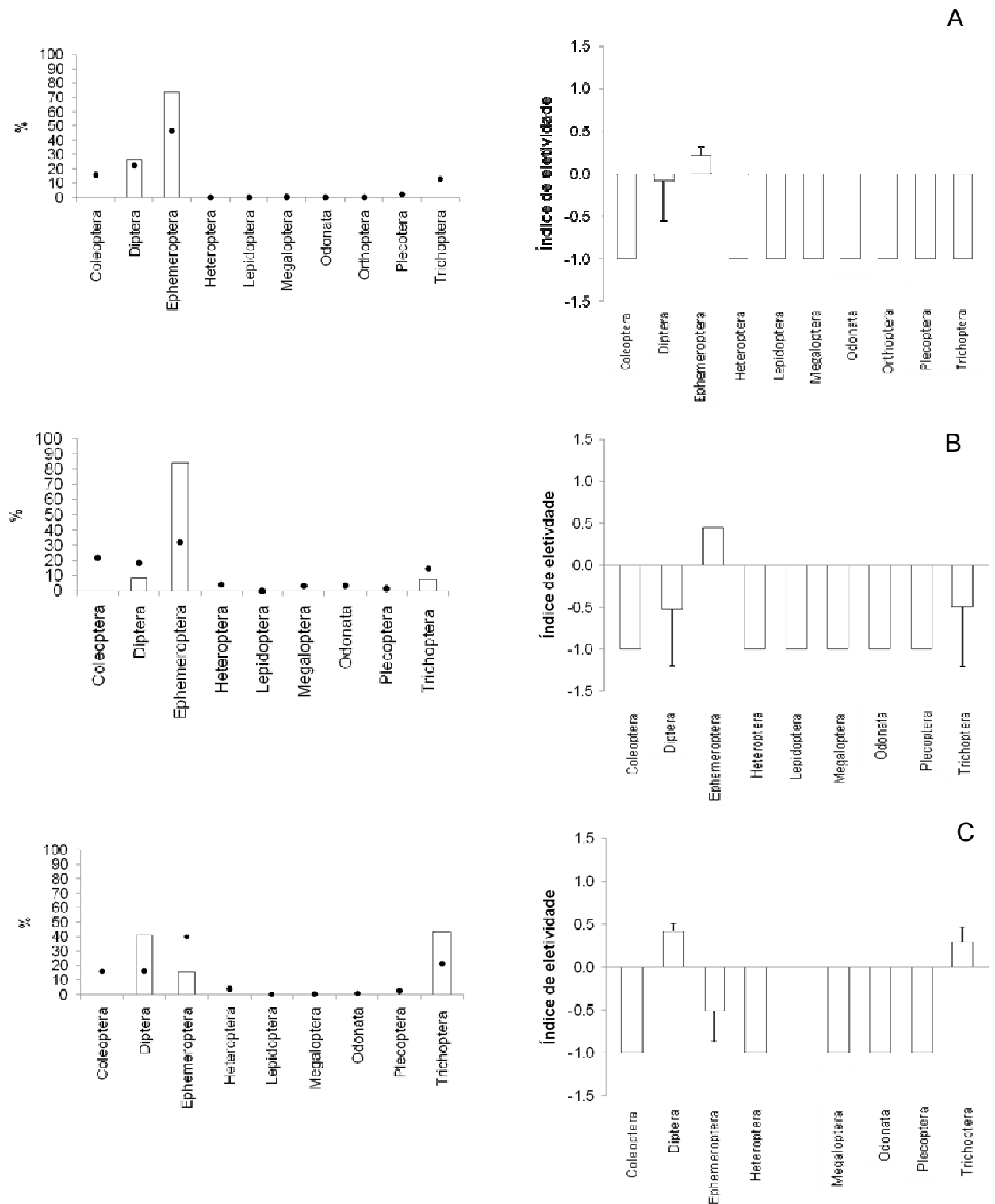
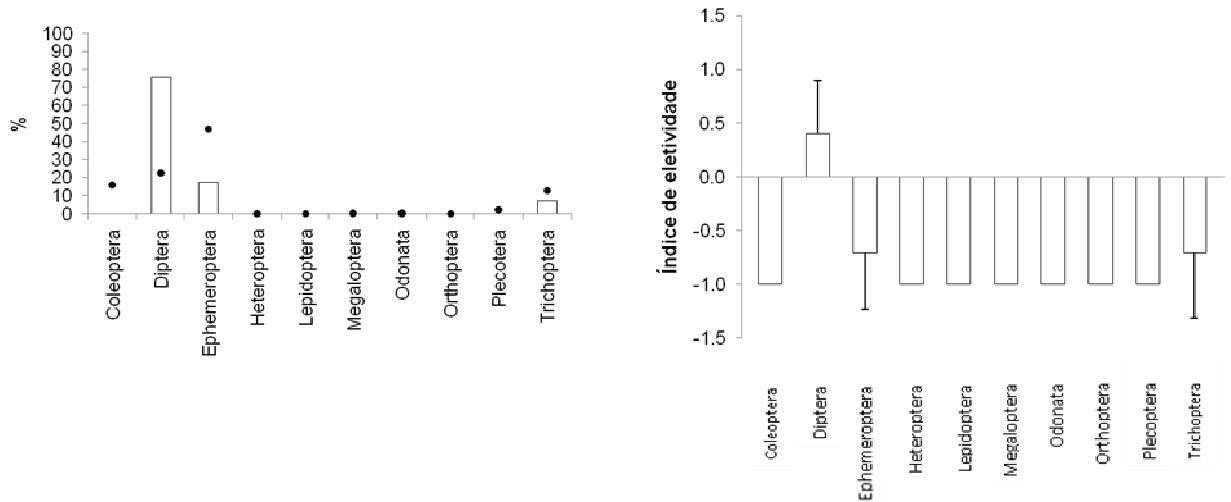


Figura 7: Ordens de insetos aquáticos consumidos e selecionados por exemplares de *Trichomycterus brasiliensis* amostrados na área aberta, durante as estações seca (A) e chuvosa (B), e na área fechada, durante a estação chuvosa (C). Nos gráficos da esquerda estão representados a abundância relativa dos insetos amostrados no ambiente (círculos pretos) e o valor do Índice Relativo de Importância do grupo de inseto na dieta (barras). Nos gráficos da direita é apresentado o índice de eletividade calculado para cada ordem de inseto consumido (média e desvio padrão).

A



B

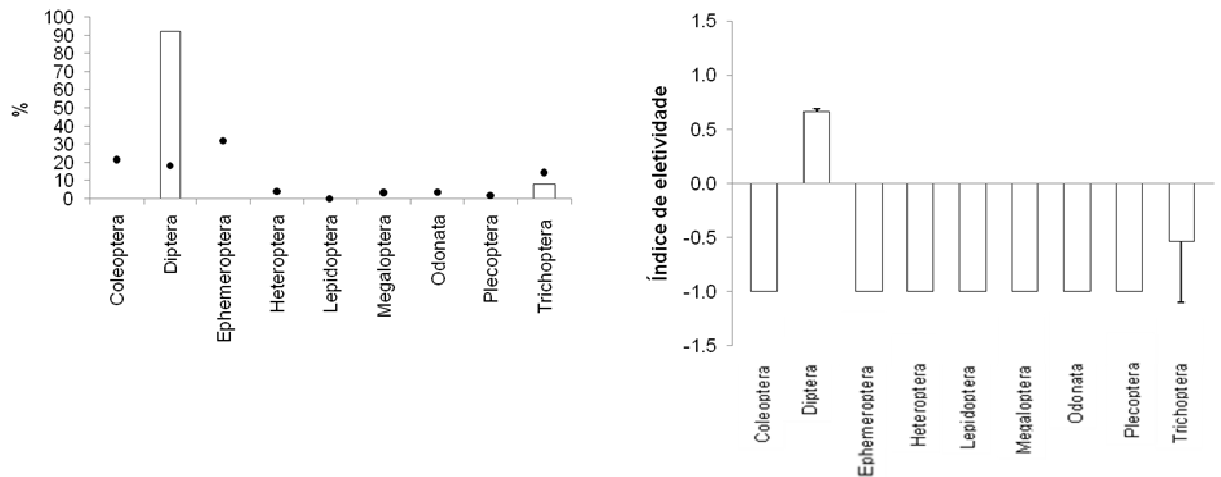


Figura 8: Ordens de insetos aquáticos consumidos e selecionados por exemplares de *Phalloceros harpagos* amostrados na área aberta, durante as estações seca (A) e chuvosa (B). Nos gráficos da esquerda estão representados a abundância relativa dos insetos amostrados no ambiente (círculos pretos) e o valor do Índice Relativo de Importância do grupo de inseto na dieta (barras). Nos gráficos da direita é apresentado o índice de eletividade calculado para cada ordem de inseto consumido (média e desvio padrão).

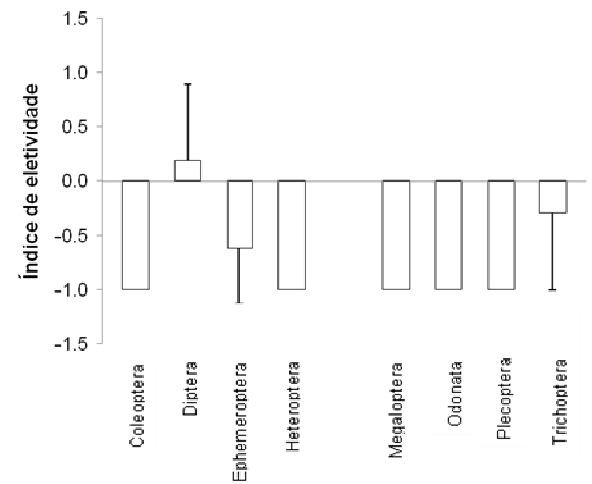
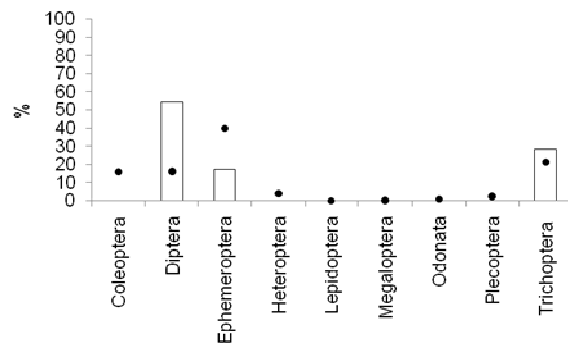
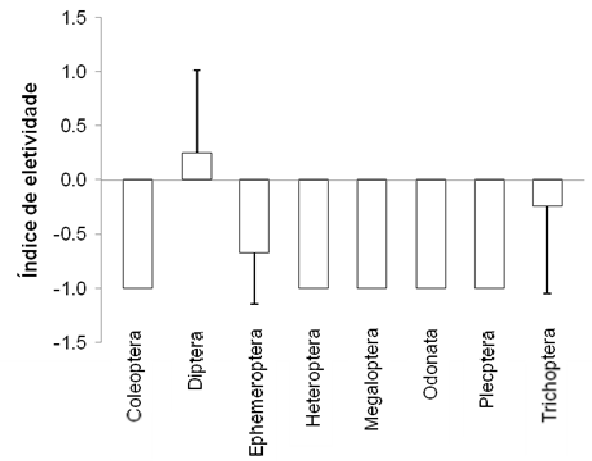
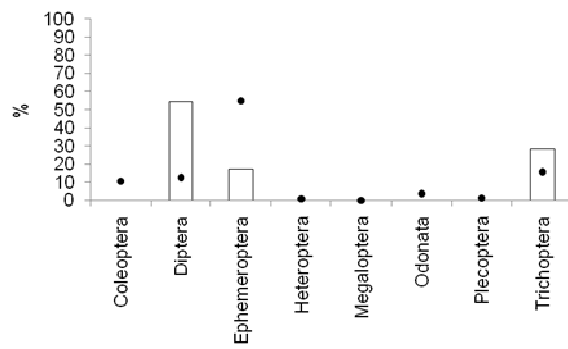


Figura 8: continuação: exemplares de *Phalloceros harpagos* amostrados na área fechada, durante as estações seca (C) e chuvosa (D).

Preferência alimentar por insetos aquáticos em espécies de peixes
de um riacho tropical

Considerações finais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Poucos são os estudos de alimentação que consideram mudanças no hábito alimentar em função da disponibilidade de alimento no ambiente e mudanças na escolha do item alimentar em função da sua qualidade. No Brasil, trabalhos sobre seletividade ou preferência alimentar são escassos, além de poucos associarem a seleção de presas com amostragem da oferta de alimentos do ambiente e análise do conteúdo estomacal.

A presente dissertação reuniu dados sobre a variação espaço-temporal da preferência alimentar de espécies de peixes insetívoros de um riacho afluente do Alto Paranapanema, enfatizando a grande importância de pesquisas básicas sobre a biologia das espécies e compreensão da organização trófica de peixes de riachos tropicais. Para a obtenção das informações sobre a seletividade alimentar das espécies de peixes (Capítulo III), foram amostrados os macroinvertebrados como recurso alimentar potencial neste ambiente (Capítulo I) e analisada a dieta das espécies de peixes coletadas (Capítulo II).

Determinar a existência ou não de preferência alimentar das espécies de peixes insetívoros do Ribeirão da Quinta e sua variação espaço-temporal foi um desafio que se iniciou no ano de 2005, com dados coletados para a monografia de bacharelado e já publicados no ano de 2007 na *Acta Limnologica Brasiliensia*. Assim, a partir da experiência adquirida ao longo desses anos de estudo, foi possível vislumbrar novas perspectivas de trabalho nesta linha de pesquisa, com o uso de observações subaquáticas e experimentos laboratoriais como técnicas importantes e complementares para o estudo envolvendo a seleção qualitativa e quantitativa de presas pela ictiofauna de riachos tropicais.