

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

RENATA GUGLIELMETTI DA SILVA

**Peixes bentófagos de riachos: dieta dos predadores
e disponibilidade das presas**

Maringá
2016

RENATA GUGLIELMETTI DA SILVA

**Peixes bentófagos de riachos: dieta dos predadores
e disponibilidade das presas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.
Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientadora: Dr.^a Rosemara Fugi

Maringá
2016

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

S586p

Silva, Renata Guglielmetti da, 1988-

Peixes bentófagos de riachos : dieta dos predadores e disponibilidade das presas /
Renata Guglielmetti da Silva. -- Maringá, 2016.
34 f. : il. color.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2016.
Orientadora: Dr.^a Rosemara Fugi.

1. Peixes bentófagos de água doce - Relação presa-predador - Dieta alimentar -
Riachos - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Macroinvertebrados bentônicos -
Relação presa-predador - Riachos - Planície de inundação - Alto rio Paraná. I.
Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-
Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -597.4815309816
NBR/CIP - 12899 AACR/2

RENATA GUGLIELMETTI DA SILVA

**Peixes bentófagos de riachos: dieta dos predadores
e disponibilidade das presas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Dr.^a Rosemara Fugi
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Rômulo Diego de Lima Behrend
Centro Universitário de Maringá (Unicesumar)

Prof.^a Dr.^a Norma Segatti Hahn
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovada em: 23 de março de 2016.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedicatória

*Aos amores da minha vida, meus pais.
Que me apoiam de todas as formas que se pode apoiar alguém.*

AGRADECIMENTOS

Agradecer é admitir em que houve um momento em que se precisou de alguém; é admitir que o homem jamais poderá lograr para si o dom de ser auto-suficiente. Ninguém e nada cresce sozinho. Sempre é preciso um olhar de apoio, uma palavra de incentivo, um gesto de compreensão, uma atitude de amor.

Primeiramente a minha família.

Ao meu pai e minha mãe, “Seu Lau” e “Dona Cida” pelo amor incondicional, pelo apoio em todas as minhas escolhas, mesmo elas sendo malucas, pela paciência, pelos bons exemplos, por serem incríveis e por acreditarem em mim quando nem eu mesmo acreditei.

Às minhas irmãs, Vânia e Geli pelas conversas, por estarem ao meu lado, me aconselhando, me ajudando e me fazendo sempre buscar o melhor. Queria eu ter toda a dedicação, amor e carinho incondicional por todos e o coração enorme encontrado na Vania, e ser a boa profissional e com uma enorme dedicação familiar como a Geli. Mesmo sendo pessoas bastante diferentes, sem dúvidas são dois exemplos a serem seguidos.

Aos meus cunhados, Tatu e Jean, que me conhecem desde criança e estiveram presente em toda a minha trajetória de vida, pelas brincadeiras e por sempre querer o meu bem.

E aos meus sobrinhos, Caio Felipe e Lud por me mostrarem a doçura e delicadeza da vida.

À minha orientadora Rosemara Fugi (Rô), um exemplo de orientadora. Não só por ter aceitado me orientar, mas por ter feito isso com muita paciência e dedicação. Incentivando-me a buscar sempre o melhor neste trabalho, inquestionavelmente, uma “mamis” dentro desta vida acadêmica. Obrigada por confiar em mim.

À minha amiga Tássia, amiga desde os primeiros dias da graduação aos últimos do mestrado, obrigada pelas conversas, festas, viagens, bebedeiras e por dividir comigo nessa reta final os medos, angústias e incertezas da vida.

Ao Herick e ao Matheus, pela ajuda estatística, a disponibilidade para ajudar e a paciência ao explicar.

Aos amigos da turma de mestrado, pelas risadas, churrascos inesquecíveis, com aquele pen drive maravilhoso, ao som de Kelly Key, Latino, Wesley Safadão e aquelas músicas maravilhosas que com certeza me proporcionaram momentos únicos, mas em especial; Fran, Matheus, Rafa Rosa, Ragna e Tássia por todas as quintas no Afonso, rendendo grandes risadas e momentos únicos.

Ao pessoal do laboratório Bárbara, Maju, Marlene e Nati, por me aguentarem, ouvirem as minhas besteiras e me ajudarem, em especial a Marlene, por ceder os dados para que esse trabalho fosse realizado.

Aos meus amigos do laboratório de Zoobentos; Alice Takeda por ser a minha primeira referência acadêmica. E aos amigos; Camis, Dani, Flávio, Gi e Rafa. Valeu pelas gargalhadas, guerra de papel molhado, pelos pães de queijo, corrida de cadeira, coletas, conversas, almoços, jantares, churrasco, saquê de ouro, entre outros. Eu cheguei a duvidar quando a Alice disse que sentiríamos falta dos dias de triagem, mas hoje eu vejo como ela estava certa. Sem dúvidas um dos melhores laços que a vida acadêmica poderia ter me dado.

Aos meus amigos; Ju, Lu, Pati, Sheila, Samuel, Jani, Jéssica, Lary Helena, Lary Negri Lari Citelli, Morgana e Talissa por estarem por perto.

Ao pessoal que eu conheci no Nupélia/PEA, aos funcionários como Cintia, Rose, aos motoristas seu Ni e Celsão, aos pescadores e barqueiros, especialmente ao Tato. E todas as pessoas que conheci ao longo da minha jornada aqui, nos corredores, em sala de aula e em coletas (os PELDs não seriam os mesmos sem os sorvetes em que o Wlade nos levava para tomar, as brincadeiras com o Lucão) enfim ... Sem dúvidas funcionários maravilhosos e com um bom humor incrível.

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Ambientes Aquáticos Continentais, Aldenir e Jocemara, pela eficiência nas questões burocráticas requeridas durante o curso.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais por fazer parte da construção do meu conhecimento.

À Salete e João Fábio, da Biblioteca Setorial do Nupélia, pelo auxílio prestado às necessidades literárias.

À bióloga Janete Higuti por ter cedido os dados de macroinvertebrados para que esse trabalho fosse realizado.

Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais por fornecer a infraestrutura e pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais por fazer parte da construção do meu conhecimento.

Ao órgão de fomento Capes pela bolsa de mestrado.

E por fim, mas com certeza não menos importante, à Deus por ter me dado o prazer de ter todas essas pessoas na minha vida, que com certeza sem elas os resultados não seriam os mesmos. Pela a força e fé diária.

*“É preciso que eu suporte duas ou três larvas
se quiser conhecer as borboletas.”*
Antoine de Saint-Exupéry

Peixes bentófagos de riachos: dieta dos predadores e disponibilidade das presas

RESUMO

Investigou-se a dieta de sete espécies de peixes que consomem predominantemente macroinvertebrados bentônicos, e a disponibilidade desses organismos no ambiente. Foi testada a hipótese de que embora todas consumam presas bentônicas, as espécies de peixes utilizam estes recursos de forma diferente. As amostragens de peixes e macroinvertebrados foram realizadas em quatro riachos pertencentes à sub-bacia do rio Pirapó (bacia do alto Rio Paraná). A dieta dos peixes foi avaliada através do método volumétrico. Variações individuais e interespecíficas na composição da dieta foram sintetizadas por uma análise de ordenação (PCoA), e diferenças interespecíficas na composição da dieta foram testadas por uma PERMANOVA. A amplitude do nicho foi calculada pelo índice padronizado de Levins. A abundância dos macroinvertebrados foi expressa como número de indivíduos/m². Para verificar a existência de correlação entre a abundância de macroinvertebrados consumidos e disponíveis no ambiente, foi utilizada uma correlação de Spearman. As espécies analisadas consumiram essencialmente formas jovens de insetos, porém para a maioria delas foram registradas diferenças significativas na composição da dieta e apresentaram baixos valores de amplitude do nicho (<0,35). De forma geral, Chironomidae, Ephemeroptera, Trichoptera e Ostracoda foram os macroinvertebrados mais abundantes nos riachos. Para cinco, das sete espécies analisadas, não foi encontrada correlação significativa entre a abundância de macroinvertebrados no ambiente e na dieta. Os indicadores mostraram que embora todas as espécies se alimentem no fundo, elas utilizam os recursos alimentares disponíveis no ambiente de forma diferente. A falta de correlação entre a abundância de presas consumidas com as disponíveis no ambiente para a maioria das espécies indica que os macroinvertebrados mais consumidos não foram os mais abundantes no ambiente. Provavelmente os resultados foram influenciados por características morfológicas e estratégias alimentares particulares de cada predador e também, pela morfologia e hábitos das presas.

Palavras-Chave: Macroinvertebrados Bentônicos. Segregação trófica. Predador-presa.

Benthophagous fish of streams: predator diet and prey availability

ABSTRACT

This study investigated the diet of seven species of fish that consume predominantly benthic macroinvertebrates, and the availability of these organisms in the environment. It was tested the hypothesis that while all consume benthic prey, they use these resources differently. Fish and macroinvertebrate were sampled in four streams wich belong to the Pirapó River sub-basin (upper Paraná River Basin). Fish diet was evaluated by the volumetric method. Individual and interspecific variation in diet composition were synthesized by an ordination analysis (PCoA), and interspecific differences in diet composition were tested by a PERMANOVA. To estimate the trophic niche breadth it was used the standardized index of Levins. The abundance of macroinvertebrates was expressed as number of individuals /m². To verify the existence of correlation between the abundance of macroinvertebrates consumed and available in the environment, a Spearman correlation was used. The seven species analyzed essentially consumed aquatic insects, but for most of them were registered significant differences in diet composition. The values for trophic niche breadth were low for all species (<0.35). In general, Chironomidae, Ephemeroptera, Trichoptera and Ostracoda were the most abundant macroinvertebrates in streams. For five of the seven species analyzed, there was no significant correlation between the abundance of macroinvertebrates in the environment and diet. The results showed that although all species feed on the bottom, they utilize the available food resources in the environment differently. The lack of correlation between the abundance of prey consumed and available in the environment for the majority of species suggests that the most consumed preys was not the most abundant in the environment. These results are probably influenced by morphological characteristics and particular food strategies of each predator and also for the morphology and habits of prey.

Keywords: Benthic macroinvertebrates. Trophic segregation. Predator-prey.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Ecology Freshwater Fish*. Disponível em:
<[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1600-0633](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1600-0633) >

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MÉTODOS	12
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	12
2.2 AMOSTRAGEM.....	13
2.3 ANÁLISE DE DADOS.....	14
3 RESULTADOS	16
3.1 COMPOSIÇÃO DA DIETA.....	16
3.2 ESTIMATIVA DA ABUNDÂNCIA DE MACROINVERTEBRADOS NO AMBIENTE.....	22
3.3 CORRELAÇÃO ENTRE ABUNDÂNCIA DE MACROINVERTE- BRADOS NO AMBIENTE E NA DIETA.....	23
4 DISCUSSÃO	24
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A dieta ótima de um predador é considerada o balanço positivo entre a energia gasta na procura e captura da presa e a energia obtida no seu consumo (MacArthur & Pianka 1966), e esse conceito é utilizado na tentativa de explicar padrões no uso de recursos alimentares. De acordo com Schoener (1971) quatro aspectos devem ser considerados para uma estratégia alimentar ótima: dieta e área de forrageamento ótimas, período de forrageamento ótimo e tamanho ótimo de grupos de forrageadores. Porém, as predições da teoria de forrageamento ótimo não podem ser suportadas completamente, pois a maioria dos animais exibe respostas graduais e incompletas, por exemplo, preferência alimentar parcial (Pyke 1984). Mais recentemente tem sido demonstrado que o consumo de presas e a eficiência de forrageamento podem ser afetados, ainda, pela presença de competidores e pelo risco de predação durante o forrageamento (Lima & Dill 1990; Chakravarti & Cotton 2014).

A maioria dos predadores consome uma menor variedade de presas do que as potencialmente disponíveis no ambiente (Colwell & Futuyama 1971), e a composição da dieta é frequentemente associada à abundância e à qualidade nutritiva da presa (Griffiths 1975; Cantanhêde et al. 2009; Ryan & Kelly-Quinn 2015), e aos traços morfológicos e comportamentais do predador e da presa (O'Brien 1979; Worischka et al. 2015). Para peixes, a relação predador-presa, no que se refere à preferência alimentar, parece variar entre espécies com diferentes hábitos alimentares. A maioria dos estudos tem sido realizada com espécies piscívoras e planctófagas, que normalmente são orientadas pela visão, tais resultados mostram que a dieta está associada à abundância das presas e/ou ao tamanho das presas (Kahilainen & Lehtonen, 2003; Cantanhêde et al. 2009; Cazorla et al. 2011). Porém, para peixes bentófagos, particularmente de riachos, o efeito da abundância e do tamanho das presas sobre a relação predador-presa não é claro, o que pode estar associado ao fato destes peixes utilizarem o fundo, um habitat estruturalmente complexo que impede com que muitas presas possam ser usadas pelos predadores (Gillette 2012), uma vez que macroinvertebrados bentônicos ocupam microhabitats nem sempre acessíveis aos peixes (Hill & Grossman 1987).

A assembleia de peixes de riachos neotropicais é composta basicamente por espécies de pequeno porte que apresentam uma ampla variedade de estratégias alimentares (Barreto & Aranha 2006; Mazzoni et al. 2010; Bregão et al. 2013). Essas

estratégias estão associadas principalmente à heterogeneidade destes ambientes, como tipo de substrato, estruturação interna, cobertura de vegetação marginal e aporte de material alóctone (Vannote et al. 1980; Polis et al. 1997; Ferreira & Casatti 2006). De acordo com Winemiller et al. (2008) a heterogeneidade de habitats dos riachos em pequenas escalas, pode levar à segregação espacial das espécies de peixes influenciada por especializações morfológicas.

Recursos de origem terrestres são considerados fundamentais na dieta de peixes de riachos (Uieda & Kikuchi 1995; Wolff et al. 2013; Small et al. 2013). No entanto, o consumo predominante de recursos aquáticos nesses ambientes também tem sido verificado (Casatti 2002; Rolla et al. 2009; Moraes et al. 2013). Estudos recentes mostram que muitas espécies que consomem invertebrados bentônicos tem dietas definidas (Melo et al. 2004; Silva et al. 2012; Cruz et al. 2013; Rezende et al. 2013), e o uso de determinados recursos alimentares é atribuído principalmente à morfologia trófica e às estratégias alimentares dos predadores (Rolla et al. 2009; Mazzoni et al. 2010; Silva et al. 2012, Brejão et al. 2013; Neves et al. 2015).

Estratégias alimentares de peixes que consomem invertebrados bentônicos em riachos são complexas, pois além das características morfológicas e comportamentais dos predadores, as presas variam em morfologia, mobilidade e características comportamentais, o que dificulta a avaliação do custo e benefício da seleção de determinada presa (Gillette 2012). Ao contrário dos peixes que consomem recursos alimentares à deriva que normalmente são predadores visuais, pequenos peixes bentófagos geralmente se alimentam à noite e podem utilizar outras características morfológicas para capturar suas presas (Worischka et al. 2015). A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é composta por indivíduos que possuem hábitos sésseis ou móveis, vivem em substratos submersos (Uieda et al. 2007) e se encontra distribuída de acordo com as condições físicas do ambiente e a disponibilidade de alimento (Merritt & Cummins 1984). Riachos apresentam uma fauna de macroinvertebrados bem diversificada, representada por diversos filos, tais como: Arthropoda, Mollusca, Annelida, Nematoda e Platyhelminthes (Melo & Froehlich 2001; Carvalho & Uieda 2004). Entre esses grupos a classe Insecta é a que apresenta maior abundância e número de espécie (Allan 1995; Buckup et al. 2007).

Neste cenário, embora vários estudos tenham sido realizados sobre a dieta de peixes bentófagos em riachos neotropicais, informações sobre a disponibilidade de recursos no ambiente são ainda escassas, e geralmente tratam de apenas uma espécie. Neste contexto, este estudo teve o objetivo de investigar a dieta de sete espécies de peixes que consomem predominantemente macroinvertebrados bentônicos, e a disponibilidade desses organismos no ambiente. hipotetizamos que ocorre segregação trófica entre as espécies de peixes bentófagos, e testamos as seguintes predições: a) ocorre diferença significativa na composição da dieta entre as espécies b) a dieta das espécies não está correlacionada positivamente com a abundância das presas no ambiente. Estas predições foram baseadas nas premissas de que diferenças no uso de microhabitats, morfologia trófica e estratégias alimentares podem ser responsáveis pelo uso diferencial dos recursos alimentares por predadores bentófagos de riachos (Mazzoni et al. 2010; Silva et al. 2012, Brejão et al. 2013) e, predadores bentônicos consomem número de presas menor do que as potencialmente disponíveis no ambiente (Colwell & Futuyma 1971), fato associado à heterogeneidade de microhabitats ocupados pelos macroinvertebrados em riachos (Hill & Grossman 1987).

2 MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

As amostragens foram realizadas em quatro riachos rurais (Água Queçaba, Remo, Romeira e Zaúna) de baixa ordem (Strahler 1957), localizados na sub-bacia hidrográfica do rio Pirapó (bacia do alto Rio Paraná) (Fig. 1). Esta sub-bacia é delimitada pela latitude 22°30' e 23°30'S e longitude 51°15' e 52°15'W, com área de drenagem de aproximadamente 5.076 km² (Peruço 2004). Para caracterizar os riachos amostrados foram realizadas medidas de largura, profundidade, velocidade da água (utilizando um fluxômetro eletrônico) substrato dominante do leito, vegetação ripária dominante e uso do solo (Tabela 1).

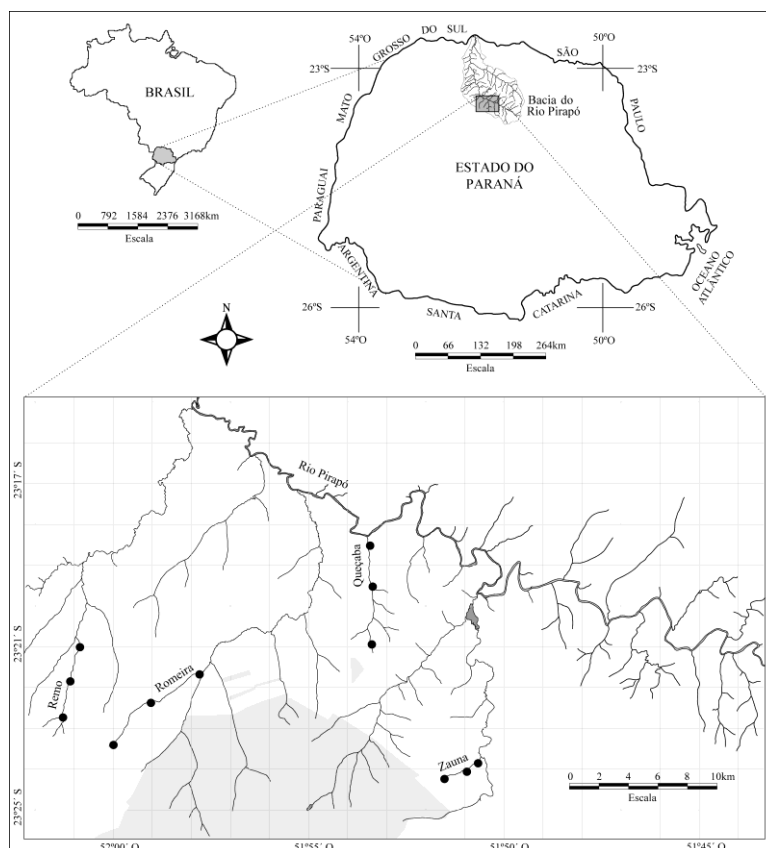


Fig. 1. Localização geográfica dos riachos da sub-bacia do rio Pirapó, bacia do alto rio Paraná, e pontos de coleta (●).

Tabela 1. Características ambientais de quatro riachos da sub-bacia do rio Pirapó (bacia do alto rio Paraná). * Vegetação arbórea e arbustiva esparsa e pouca vegetação rasteira.

	Água Queçaba	Remo	Romeira	Zaúna
Largura (m)	2,50	2,57	1,98	1,77
Profundidade (m)	0,24	0,20	0,13	0,17
Velocidade (m/s)	0,22	0,20	0,29	0,16
Substrato dominante	argila/areia	argila/areia	argila/areia	argila/areia
Vegetação dominante	arbórea*	arbórea*	arbórea*	arbórea*
Uso do solo	agricultura e pastagem	agricultura e pastagem	agricultura e pastagem	agricultura e pastagem

2.2 AMOSTRAGEM

Os peixes foram amostrados bimestralmente entre julho de 2007 e junho de 2008, em três trechos (cabeceira, meio e foz) de cada riacho, com o uso de equipamento de pesca elétrica (gerador portátil de corrente alternada, 2,5 kW, 400 V, 2A), por meio de três capturas sucessivas com unidade de esforço (tempo) constante, sobre segmentos de aproximadamente 20 vezes a largura média do leito do riacho (Lyons 1992). Os segmentos foram delimitados por redes de bloqueio com malha de 5 mm entre nós. Os

peixes capturados foram anestesiados com solução de eugenol, fixados em formalina 4% e posteriormente identificados, medidos (comprimento padrão- CP) e eviscerados. Os estômagos com alimento foram fixados em formol 4%. Exemplares testemunhos foram depositados na Coleção de Peixes do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia – Universidade Estadual de Maringá, disponível em <http://peixe.nupelia.uem.br>).

A amostragem dos macroinvertebrados bentônicos foi realizada nos mesmos trechos dos riachos onde os peixes foram coletados, nos meses de julho de 2007 e fevereiro de 2008. Foi utilizado o amostrador Surber (0,09m²) com abertura de malha 0,250mm. Nos três segmentos de cada riacho foram coletadas três amostras. As amostras foram pré-triadas em um jogo de peneiras (abertura de malhas 4 e 0,250 mm) e fixadas em formol 4% tamponado com carbonato de cálcio. Posteriormente, o material retido na menor abertura de malha foi triado.

2.3 ANÁLISE DOS DADOS

Neste estudo foi analisada a dieta de *Characidium* aff. *zebra* Eigenmann, 1909 (CP= 2,7-6,5), *Cetopsorhamdia iheringi* Schubart & Gomes, 1959 (CP= 3,8-9,0), *Gymnotus inaequilabiatus* (Valenciennes, 1836) (CP= 6,5-12,3), *Imparfinis borodini* Mees & Cala, 1989 (CP= 3,2-12,5), *Imparfinis mirini* Haseman, 1911 (CP= 2,5-7,9), *Phenacorhamdia tenebrosa* (Schubart, 1964) (CP= 3,1-7,0) e *Trichomycterus diabolus* (Bockmann, Casatti & Pinna, 2004) (CP= 1,7-6,4). Para identificar e quantificar os recursos alimentares utilizados por estas espécies foram analisados conteúdos estomacais de 315 indivíduos provenientes do riacho Água Queçaba (64), riacho Remo (40), riacho Romeira (153) e riacho Zaúna (58). Para determinação da composição da dieta, os conteúdos estomacais foram analisados sob microscópio estereoscópico e óptico, e os itens alimentares foram identificados até o menor nível taxonômico possível e quantificados por meio do método volumétrico, utilizando placa milimetrada (Hyslop 1980; Hellowel & Abel 1971).

Variações individuais e interespecíficas na composição da dieta foram sintetizadas através de uma análise de ordenação de coordenadas principais (PCoA), sobre uma matriz de dados de volume das presas (indivíduos nas linhas e presas nas colunas). Diferenças significativas na composição da dieta entre as espécies dentro de cada riacho

foram testadas por meio de uma análise multivariada permutacional (PERMANOVA), aplicada sobre a matriz de dados de itens alimentares por estômago analisado, com valores de volume. A PERMANOVA é um teste multivariado não paramétrico, robusto e eficiente, análogo à análise de variância fatorial, que tem sido utilizado para testar hipóteses (Anderson 2001). O nível de significância adotado foi $p < 0,05$. Para as análises multivariadas foi utilizada a dissimilaridade de Bray-Curtis como medida de distância com 9999 permutações aleatórias. Todas as análises estatísticas foram conduzidas no *R Programming Environment* usando o pacote Vegan (The R Project for Statistical Computing, <http://www.r-project.org/>).

A amplitude do nicho trófico foi avaliada por meio do Índice padronizado de Levins (Krebs 1998), utilizando-se a seguinte fórmula: $B_A = (B-1)/(n-1)$, onde: B_A é o índice de Levins padronizado pelo número de itens (n) e $B = 1/(\sum_{i=1}^n p_i^2)$, onde: B = amplitude do nicho trófico, p_i é a proporção da presa i na dieta, e n é o número de itens alimentares. Os valores da amplitude variam de 0, quando a espécie consumiu somente um tipo de item alimentar, a 1, quando a espécie consumiu de maneira similar todas os itens alimentares

Os macroinvertebrados foram identificados com o uso de microscópio estereoscópico e óptico, e contados. A abundância dos macroinvertebrados no ambiente foi expressa como número de indivíduos/m². A identificação e quantificação dos macroinvertebrados foram realizadas no laboratório de Zoobentos-Ostracoda/Nupélia, sob a coordenação da Dra. Janet Higuti. Como descrito acima, a amostragem dos macroinvertebrados foram realizadas apenas em dois meses, o que torna a avaliação da abundância das presas no ambiente menos precisa. Porém, os dados coletados são capazes de fornecer uma estimativa da abundância, o que é extremamente importante para a avaliação da relação entre a dieta dos peixes bentófagos e a abundância de suas presas no ambiente.

Para verificar a existência de correlação entre a abundância de macroinvertebrados consumidos e disponíveis no ambiente, foi gerado um coeficiente através de uma correlação de Spearman aplicada sobre uma matriz de dados de percentual do volume dos macroinvertebrados consumidos e percentual numérico dos macroinvertebrados no ambiente. Este é um método não paramétrico em que o

coeficiente de correlação mede o grau de associação entre duas variáveis numéricas. Este coeficiente varia de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo o valor for de 1 ou -1, mais forte é a associação e, quanto mais próximo for de zero, mais fraca é a associação entre as duas variáveis. Valor de coeficiente negativo expressa uma relação inversa entre as duas variáveis. Valores de $p < 0,05$ indicam que a correlação é estatisticamente significativa. Esta análise foi realizada no programa Statistica 7.0 (Statsoft 2005). A correlação de Spearman foi realizada por espécie e riacho. Foi utilizada a mesma resolução taxonômica para as presas disponíveis e as consumidas.

3 RESULTADOS

3.1 COMPOSIÇÃO DA DIETA

Das sete espécies analisadas, seis ocorreram no riacho Água Queçaba (*C. zebra*, *C. iheringi*, *G. inaequilabiatus*, *I. borodini*, *I. mirini* e *P. tenebrosa*), e a análise de ordenação da dieta indicou importante separação entre estas espécies (Fig. 2a). Nos eixos positivos do eixo 1 ficaram ordenados os indivíduos de *C. zebra*, *I. mirini* e *P. tenebrosa* (influenciados pelo consumo de Chironomidae e Trichoptera), e nos eixos negativos, *I. borodini*, *G. inaequilabiatus* e *C. iheringi* (influenciados pelo consumo de Odonata, Coleoptera aquático e Simuliidae) (Fig. 2a). O eixo 2 separou, ainda, as espécies *G. inaequilabiatus* e *I. borodini* nos eixos positivos (influenciados pelo consumo de Odonata, Tipulidae e Coleoptera aquático) de *C. iheringi* nos eixos negativos (elevado consumo de Simuliidae) (Fig. 2a). De acordo com a PERMANOVA dos 15 pares de espécies testados no riacho Água Queçaba, 12 apresentaram diferenças significativas na dieta (Tabela 2). Larvas de Trichoptera e de Chironomidae representaram 65,6% da dieta de *C. zebra*; *C. iheringi* consumiu quase que exclusivamente larvas de Simuliidae (94,4%); o alimento mais consumido por *I. borodini* foi Coleoptera aquático (59,2%), por *P. tenebrosa* foi Trichoptera (58,7%), e, larvas de Tipulidae e Odonata foram os itens mais consumidos por *G. inaequilabiatus*, e compuseram 65,3% da dieta; *I. mirini* se alimentou principalmente de Isopoda (32,1%) e Ephemeroptera (21,7%) (Fig. 2b). Os pares de espécies que não diferiram significativamente foram *C. zebra* e *P. tenebrosa*, *C. zebra* e *I. borodini*, e *G. inaequilabiatus* e *I. borodini* (Tabela 2). Os valores da amplitude do nicho trófico foram em geral baixos, variando de 0,006 para *C. iheringi* a 0,167 para *G. inaequilabiatus*. O

menor valor verificado para *C. iheringi* está associado à elevada dominância de um único (Tabela 3).

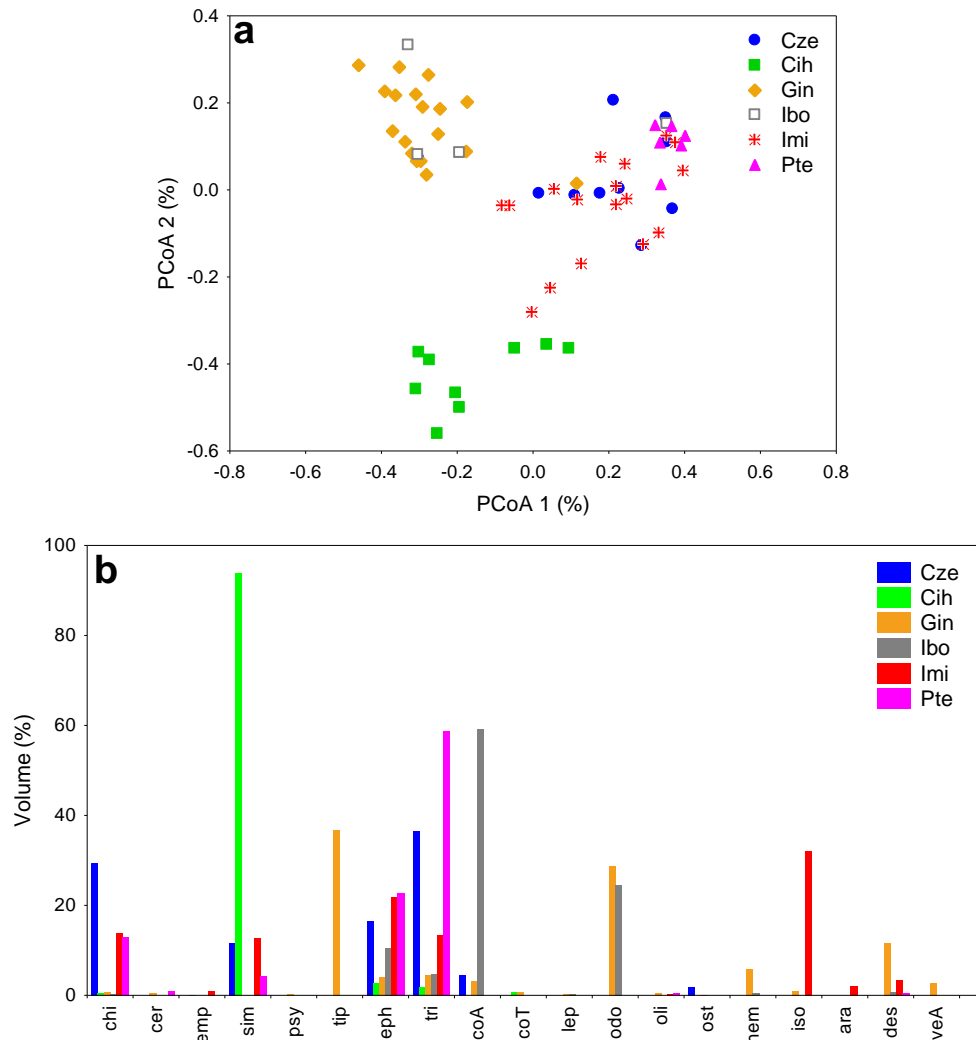


Fig. 2. Ordenação (PCoA- eixos 1 e 2 explicaram 29% da variação dos dados) das espécies baseadas nos dados de volume dos recursos alimentares (a) e composição da dieta (b) das espécies capturadas no riacho Água Queçaba (sub-bacia do rio Pirapó). Cze= *C.zebra*; Cih= *C.iheringi*; Gin= *G.inaequilabiatus*; Ibo= *I.borodini*, Imi=*I.mirini* e Pte=*P.tenebrosa*. chi= Chironomidae; cer= Ceratopogonidae; emp= Empididae; sim= Simuliidae; psy= Psychodidae; tip= Tipulidae; eph= Ephemeroptera; tri= Trichoptera; coA= Coleoptera aquático; coT= Coleptera terrestre;; lep= Lepidoptera; odo= Odonata; oli= Oligochaeta; ost= Ostracoda; hem= Hemiptera; iso = Isopoda; ara= Araneae; des= detrito/sedimento; veA= vegetal aquático.

No riacho Remo foram analisadas três espécies, *C. zebra*, *G. inaequilabiatus* e *T. diabolus*. A ordenação dos dados de dieta mostrou separação entre as espécies, sendo que no eixo 1 da PCoA os indivíduos de *C. zebra* e *T. diabolus* ficaram posicionados nos escores positivos, influenciados pelo maior consumo de Chironomidae e Ephemeroptera; nos escores negativos ficaram posicionados os indivíduos de *G.*

inaequilabiatus, influenciado pelo consumo de Odonata (Fig. 3a). A dieta de *C. zebra*, composta principalmente por Ephemeroptera (33,9%), Trichoptera (26,8%) e Chironomidae (18,9%), diferiu significativamente da dieta de *G. inaequilabiatus*, baseada em Odonata (54,1%) (Tabela 2; Fig. 3b); a dieta de *T. diabolus* foi composta por Chironomidae (41,4%) e Ephemeroptera (28,0%), e diferiu significativamente de *G. inaequilabiatus*; enquanto a dieta de *C. zebra* e *T. diabolus* não variou significativamente (Tabela 2; Fig. 3b). A amplitude de nicho trófico para as três espécies foi baixa ($BA < 0,2$) e não houve variação expressiva entre elas (Tabela 3).

Tabela 2. Resultados da PERMANOVA que compara a composição da dieta entre as espécies de peixes bentófagas dentro de cada riacho.

Riacho/espécie	Pseudo- F	P	Riacho/espécie	Pseudo- F	P
Água Queçaba	5,04	0,001	Remo	5,75	0,0002
<i>C. zebra</i> x <i>C. iheringi</i>		< 0,001	<i>C. zebra</i> x <i>G. inaequilabiatus</i>		0,002
<i>C. zebra</i> x <i>G. inaequilabiatus</i>		< 0,001	<i>C. zebra</i> x <i>T. diabolus</i>		0,824
<i>C. zebra</i> x <i>I. mirini</i>		0,04	<i>G. inaequilabiatus</i> x <i>T. diabolus</i>		0,004
<i>C. zebra</i> x <i>P. tenebrosa</i>		0,164	Romeira	8,29	0,0002
<i>C. zebra</i> x <i>I. borodini</i>		0,085	<i>C. iheringi</i> x <i>I. mirini</i>		0,002
<i>C. iheringi</i> x <i>G. inaequilabiatus</i>		< 0,001	<i>C. iheringi</i> x <i>T. tenebrosa</i>		0,016
<i>C. iheringi</i> x <i>I. mirini</i>		< 0,001	<i>I. mirini</i> x <i>T. tenebrosa</i>		0,002
<i>C. iheringi</i> x <i>P. tenebrosa</i>		< 0,001	Zaúna	6,70	0,0002
<i>C. iheringi</i> x <i>I. borodini</i>		0,002	<i>C. zebra</i> x <i>C. iheringi</i>		0,002
<i>G. inaequilabiatus</i> x <i>I. mirini</i>		< 0,001	<i>C. zebra</i> x <i>I. borodini</i>		0,002
<i>G. inaequilabiatus</i> x <i>P. tenebrosa</i>		< 0,001	<i>C. iheringi</i> x <i>I. borodini</i>		0,002
<i>G. inaequilabiatus</i> x <i>I. borodini</i>		0,44			
<i>I. mirini</i> x <i>P. tenebrosa</i>		< 0,01			
<i>I. mirini</i> x <i>I. borodini</i>		< 0,01			
<i>P. tenebrosa</i> x <i>I. borodini</i>		0,021			

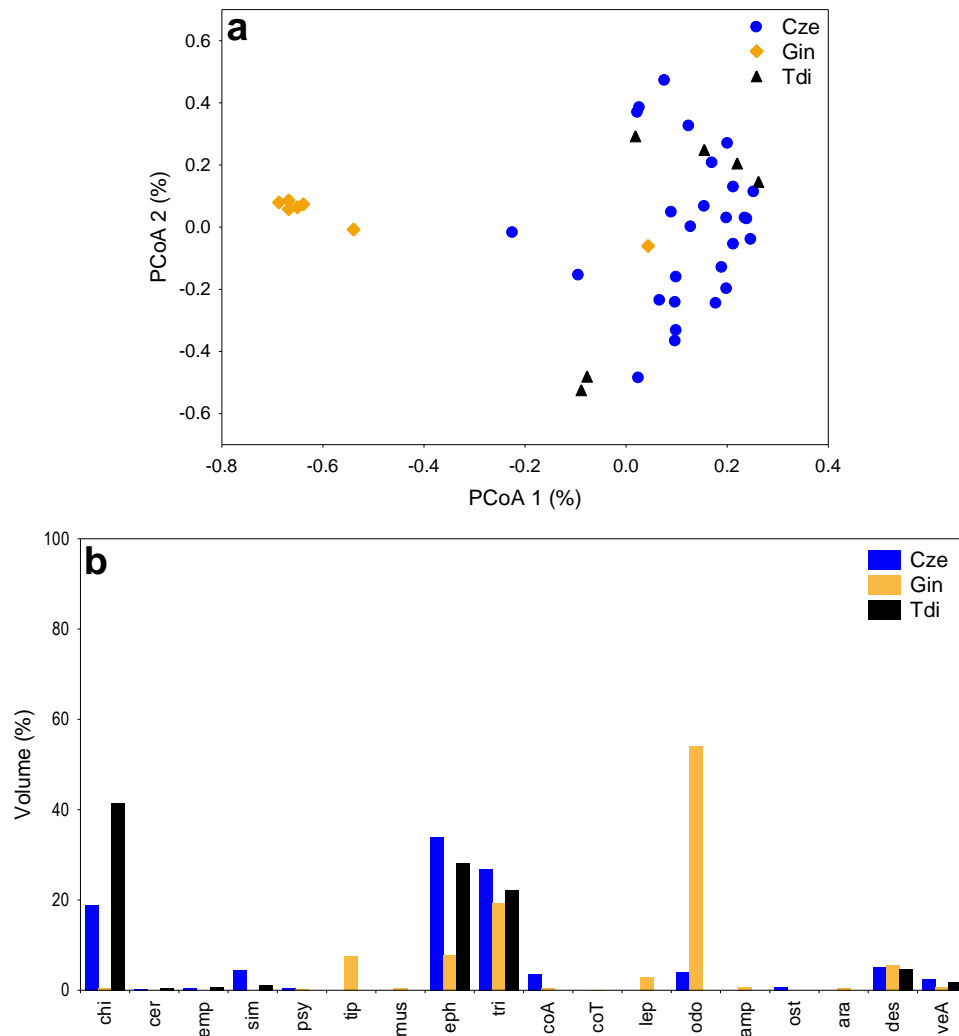


Fig. 3. Ordenação (PCoA- o eixo 1 explicou 42% da variação dos dados) das espécies baseadas nos dados de volume dos recursos alimentares (a) e composição da dieta (b) das espécies capturadas no riacho Remo (sub-bacia do rio Pirapó). Cze= *C.zebra*; Gin= *G.inaequilabiatus*. Tdi= *T.diabolus*. chi= Chironomidae; cer= Ceratopogonidae; emp= Empididae; sim= Simuliidae; psy= Psychodidae; tip= Tipulidae; mus= Muscidae; eph= Ephemeroptera; tri= Trichoptera; coA= Coleoptera aquático; coT= Coleoptera terrestre; lep= Lepidoptera; odo= Odonata; amp= Amphipoda; ost= Ostracoda; ara= Araneae; des= detrito/sedimento; veA= vegetal aquático.

Três espécies ocorreram no riacho Romeira, *C. iheringi*, *I. mirini* e *P. tenebrosa*. A análise de ordenação revelou separação entre as espécies e entre indivíduos da mesma espécie (Fig. 4a). No eixo 1, a maioria dos indivíduos de *I. mirini*, e parte dos indivíduos de *C. iheringi* e de *P. tenebrosa* ficaram ordenados nos escores positivos, influenciados pelo consumo de Chironomidae, Oligochaeta e detrito/sedimento; nos escores negativos foi ordenada a maioria dos indivíduos de *P. tenebrosa*, cujo item alimentar que mais influenciou foi Trichoptera (Fig. 4a). O eixo 2 separou *I. mirini*, cujos indivíduos ficaram em sua maioria posicionados nos escores positivos, de *C.*

iheringi e *P. tenebrosa*, localizados nos negativos (Fig. 4a). Para este eixo o item alimentar que mais influenciou a ordenação nos escores negativos foi Ephemeroptera, e nos positivos detrito/sedimento. As três espécies analisadas apresentaram dietas significativamente diferentes (Tabela 2). A dieta de *C. iheringi* foi composta principalmente por Coleoptera terrestre (31,9%), Ephemeroptera (19,5%) e Simuliidae (12,5%); *I. mirini* consumiu Trichoptera (29,7%), Oligochaeta (15,0%) e Ephemeroptera (12,3%), enquanto *P. tenebrosa* alimentou-se quase que exclusivamente de Trichoptera (55,9%) e Ephemeroptera (34,6%) (Fig. 4b). O menor valor de amplitude do nicho foi registrado para *P. tenebrosa* (0,08); para *I. mirini* e *C. iheringi* a amplitude foi mais elevada (0,32 e 0,21, respectivamente) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores da Amplitude de nicho de peixes bentófagas capturadas em quatro riachos da sub-bacia do rio Pirapó (alto rio Paraná). Ba: Índice Padronizado de Levins

Riacho	Espécies	Ba
Água Queçaba	<i>C. zebra</i>	0,148
	<i>C. iheringi</i>	0,006
	<i>G. inaequilabiatus</i>	0,167
	<i>I. borodini</i>	0,071
	<i>I. mirini</i>	0,082
	<i>P. tenebrosa</i>	0,074
Remo	<i>C. zebra</i>	0,196
	<i>G. inaequilabiatus</i>	0,111
	<i>T. diabolus</i>	0,136
Romeira	<i>C. iheringi</i>	0,213
	<i>I. mirini</i>	0,332
	<i>P. tenebrosa</i>	0,076
Zaúna	<i>C. zebra</i>	0,136
	<i>C. iheringi</i>	0,190
	<i>I. borodini</i>	0,099

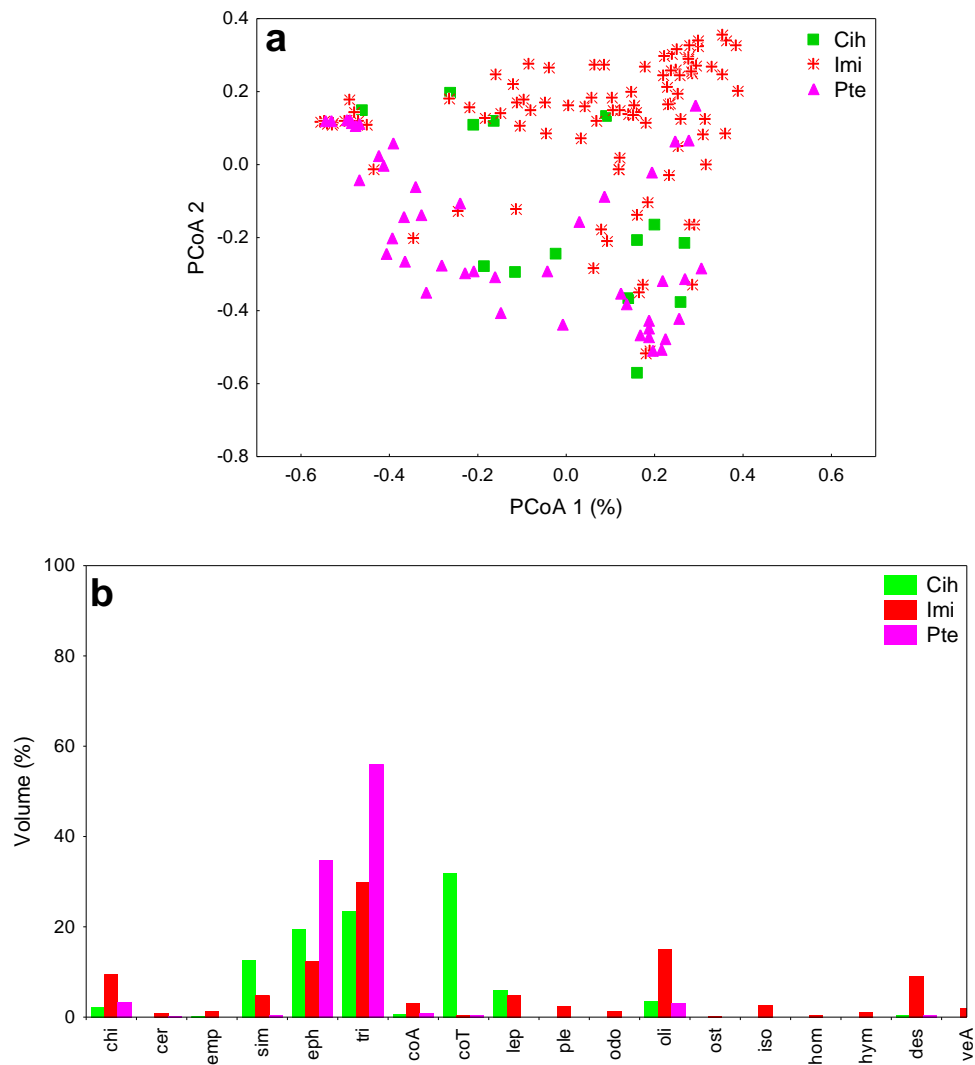


Fig. 4. Ordenação (PCoA- eixos 1 e 2 explicaram 34% da variação dos dados) das espécies baseadas nos dados de volume dos recursos alimentares (a), composição da dieta (b) e curvas rank-abundância para a dieta das espécies capturadas no riacho Romeira (sub-bacia do rio Pirapó). Cih= *C. iheringi*; Imi= *I. mirini*; Pte= *P. tenebrosa*. (chi= Chironomidae; cer= Ceratopogonidae; emp= Empedidae; sim= Simuliidae; eph= Ephemeroptera; tri= Trichoptera; coA= Coleoptera aquático; coT= Coleptera terrestre; lep= Lepidoptera; ple= Plecoptera aquático; odo= Odonata; oli= Oligochaeta; ost= Ostracoda; iso= Isopoda; hom= Homoptera; hym= Hymenoptera; des= detrito/sedimento; veA= vegetal aquático.

Três espécies foram analisadas no riacho Zaúna, *C. zebra*, *C. iheringi* e *I. borodini*. A análise de ordenação separou, nos escores positivos do eixo 1, *C. iheringi* e parte dos indivíduos de *C. zebra* (influenciados pelo consumo de Ephemeroptera e Trichoptera), de *I. borodini* e parte dos indivíduos de *C. zebra* posicionados nos escores negativos (influenciados por Amphipoda e Odonata) (Fig. 5a). O eixo 2 separou *C. iheringi* (posicionada nos escores positivos, influenciada pelo consumo de Simuliidae) de *C. zebra* (escores negativos- influenciado pelo consumo de Amphipoda). As três

espécies apresentaram diferenças significativas na dieta (Tabela 2). *Characidium zebra* teve a maior parcela da dieta composta por Amphipoda (41,8%) seguido por Trichoptera (26,6%); *C. iheringi* consumiu principalmente Simuliidae (36,0%), seguido por Ephemeroptera (18,6%) e Plecoptera (16,8%); e *I. borodini* ingeriu principalmente Odonata (51,2%) (Fig. 5b). As espécies apresentaram baixos valores de amplitude ($BA < 0,2$) existindo pouca variação entre elas (Tabela 3).

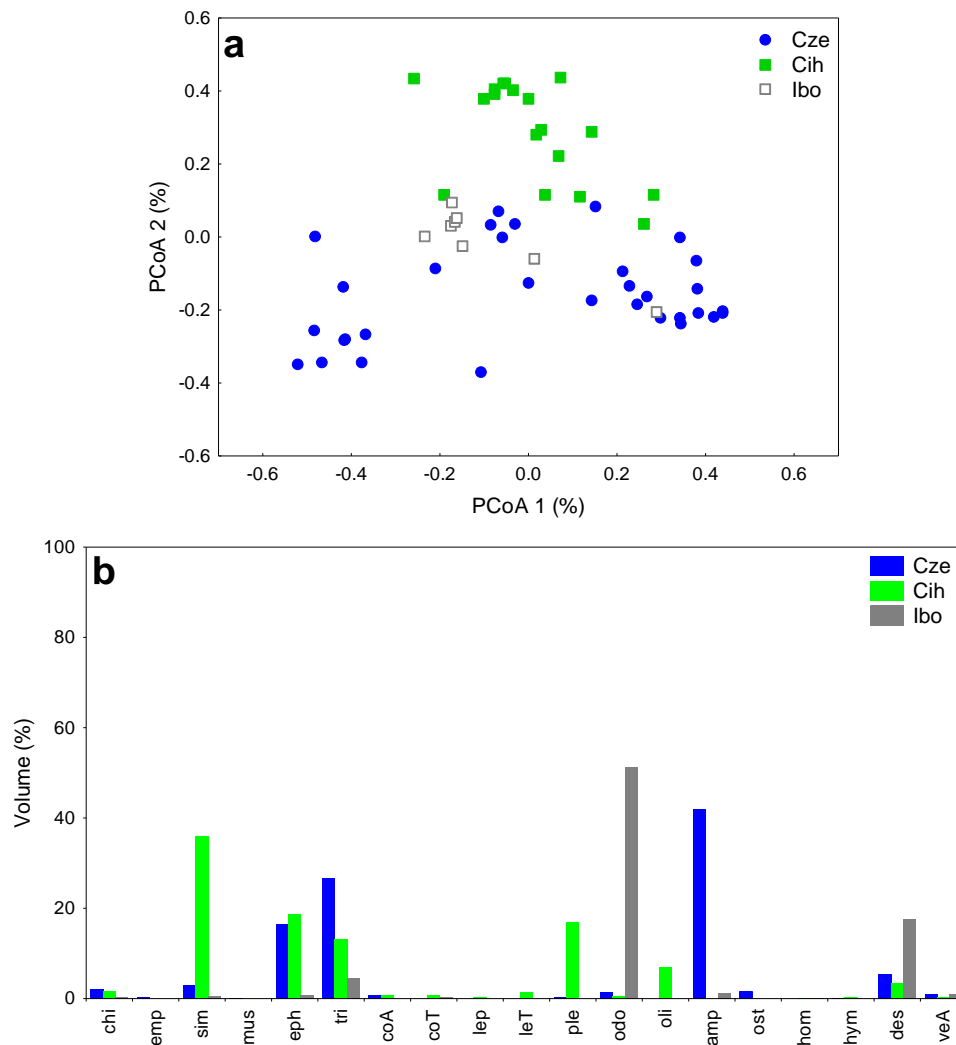


Fig. 5. Ordenação (PCoA- eixos 1 e 2 explicaram 34% da variação dos dados) das espécies baseadas nos dados de volume dos recursos alimentares (a) e composição da dieta (b) das espécies capturadas no riacho Zaúna (sub-bacia do rio Pirapó). Cze= *C.zebra*; Cih= *C.iheringi*; Ibo= *I.borodini*; (chi= Chironomidae; emp= Empedidae; sim= Simuliidae; mus= Muscidae; eph= Ephemeroptera; tri= Trichoptera; coA= Coleoptera aquático; coT= Coleptera terrestre; lep= Lepidoptera aquático; leT= Lepidoptera terrestre; ple= Plecoptera; odo= Odonata; oli= Oligochaeta; amp= Amphipoda; Ost= ostracada; hom= Homoptera; hym= Hymenoptera; des= detrito/sedimento; veA= vegetal aquático.

3.2 ESTIMATIVA DA ABUNDÂNCIA DE MACROINVERTEBRADOS NO AMBIENTE

No riacho Água Queçaba foram registrados 21 táxons, entre eles os mais abundantes foram Chironomidae, Ephemeroptera, Trichoptera, Oligochaeta e Coleoptera, que juntos representaram 82% dos indivíduos coletados (Fig. 6a). No riacho Remo, onde foram registrados 25 táxons, destacaram-se Chironomidae, Ostracoda, Coleoptera, Ephemeroptera e Oligochaeta, que somaram 80% dos indivíduos amostrados (Fig. 6b). A maior riqueza de táxons foi registrada no riacho Romeira (27), sendo que Hirudinea, Megaloptera e larvas de Tabanidae foram táxons exclusivos deste riacho, e onde as maiores abundâncias foram registradas para Trichoptera, Coleoptera, Chironomidae e Ephemeroptera, totalizando 74% dos macroinvertebrados amostrados (Fig. 6c). O menor número de táxons foi registrado no riacho Zaúna (20), onde também foi registrada a maior abundância para um único táxon, representado por Ephemeroptera, e seguido por Coleoptera, Ostracoda e Trichoptera, que juntos somaram 68% dos indivíduos amostrados (Fig. 6d).

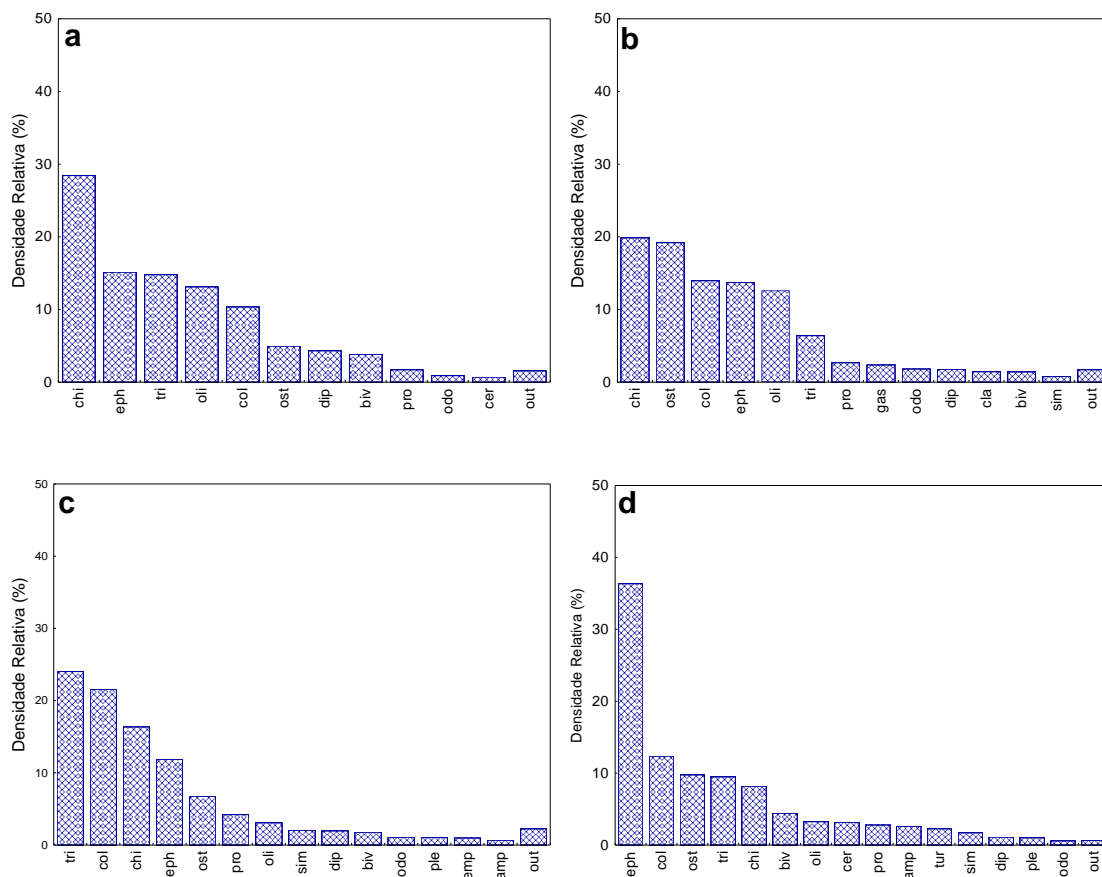


Fig. 6. Densidade Relativa (%) de macroinvertebrados aquáticos coletados em quatro riachos da sub-bacia do rio Pirapó. Água Queçaba (a), Remo, (b), Romeira (c) e Zaúna (d). (chi= Chironomidae; cer= Ceratopogonidae; emp= Empedidae; sim= Simuliidae; dip= Diptera eph= Ephemeroptera; tri= Trichoptera; col= Coleoptera; ple= Plecoptera; ; odo= Odonata; oli= Oligochaeta; ost= Ostracoda aquático; amp= Amphipoda; biv= Bivalvia; pro= Prostigmata; tur= Turbellaria; cla= Cladocera; gas= Gastropoda; out=Outros).

**Outros indivíduos com densidade relativa (%) inferior a 0,50%.

3.3 CORRELAÇÃO ENTRE ABUNDÂNCIA DE MACROINVERTEBRADOS NO AMBIENTE E NA DIETA

Correlações positivas significativas entre a abundância de macroinvertebrados no ambiente e na dieta foram encontradas apenas para *C. zebra* e *P. tenebrosa* em todos os riachos onde elas ocorreram, indicando que os recursos mais consumidos por estas espécies foram também os mais abundantes no ambiente (Tabela 4). Para *C. zebra* estes resultados estão associados à elevada abundância de Chironomidae, Trichoptera e Ephemeroptera no ambiente e na dieta; no riacho Zaúna esta espécie consumiu uma elevada quantidade de Amphipoda (Fig. 5b), invertebrado cuja abundância foi expressiva apenas neste riacho (Fig. 6d). Para *P. tenebrosa* esta associação pode ser

feita principalmente para Trichoptera, o item mais consumido por esta espécie (Figs. 2b e 4b) e um dos mais abundantes nos riachos onde a espécie ocorreu (Fig. 6). No entanto, para a maioria das espécies (*C. iheringi*, *I. borodini*, *I. mirini*, *G. inaequilabiatus* e *T. diabolos*) não foi encontrada correlação significativa entre a abundância de macroinvertebrados no ambiente e na dieta (Tabela 4), indicando que as presas mais consumidas não foram as mais abundantes no ambiente.

Tabela 4. Valores da correlação de Spearman (R) entre a abundância de presas no ambiente e na dieta de espécies de peixes bentófagas capturadas em quatro riachos da sub-bacia do rio Pirapó (alto rio Paraná). *Correlação significativa.

Riacho	Espécies	R	P
Água Queçaba	<i>C. zebra</i>	0,68	0,01*
	<i>C. iheringi</i>	0,26	0,42
	<i>G. inaequilabiatus</i>	0,09	0,73
	<i>I. borodini</i>	0,25	0,42
	<i>I. mirini</i>	0,55	0,07
	<i>P. tenebrosa</i>	0,62	0,04*
Remo	<i>C. zebra</i>	0,69	0,01*
	<i>G. inaequilabiatus</i>	0,05	0,85
	<i>T. diabolos</i>	0,38	0,19
Romeira	<i>C. iheringi</i>	0,42	0,17
	<i>I. mirini</i>	0,53	0,07
	<i>P. tenebrosa</i>	0,8	<0,01*
Zaúna	<i>C. zebra</i>	0,63	0,01*
	<i>C. iheringi</i>	0,45	0,14
	<i>I. borodini</i>	0,42	0,14

4 DISCUSSÃO

As sete espécies analisadas nos quatro riachos consumiram quase que exclusivamente invertebrados aquáticos, essencialmente formas jovens de insetos, fato associado à grande abundância e riqueza destes organismos nestes ecossistemas (Allan 1995; Kikuchi & Uieda 1998; Rezende et al, 2011), Embora todas as espécies tenham consumido insetos aquáticos, para a maioria delas foram registradas diferenças significativas na composição da dieta, indicando que exploram os recursos disponíveis de modos diferentes, De acordo com Asanka et al, (2015), o uso de vários locais para avaliar a dieta das espécies aumenta a variação dos itens alimentares disponíveis permitindo a identificação de preferências alimentares, Neste contexto, nossos resultados mostraram que, para a maioria das espécies, os itens alimentares principais foram em geral, os mesmos nos riachos onde elas ocorreram, sugerindo preferência por determinados macroinvertebrados, A falta de correlação entre a abundância de presas na

dieta e no ambiente para cinco espécies, verificada através da correlação de Spearman, reforça a hipótese de que esses predadores apresentam preferência alimentar, o que depende amplamente dos traços morfológicos e comportamentais de ambos, predador e presa (O'Brien 1979; Worischka et al, 2015),

Larvas de Odonata, que foram pouco abundantes no ambiente, foram importantes apenas para *G. inaequilabiatus* e *I. borodini*, Essa preferência provavelmente está associada ao comportamento destes predadores e de sua principal presa, Souza et al, (2015) avaliaram a influência da estruturação do habitat sobre a distribuição de Odonata em vários riachos, incluindo os aqui estudados, e observaram que a ocorrência de algumas espécies esteve associada à microhabitats com maior biomassa de folheto no substrato, ou seja, ambientes mais estruturados, utilizados como local de refúgio e desenvolvimento larval (Merrit & Cummins 1984), Este fato deve dificultar o consumo destas presas e, apenas predadores com estratégias alimentares capazes de detectar estas presas poderão obter sucesso, Este parece ser o caso de *G. inaequilabiatus*, um representante da ordem Gymnotiformes caracterizada por peixes que capturam suas presas próximo ao substrato utilizando órgãos sensoriais elétricos para detectá-las (Brejão et al, 2013), Esta associação também pode ser feita para *I. borodini*, já que espécies do gênero *Imparfinis* especulam o substrato e utilizam a função sensorial dos barbilhões cefálicos para encontrar e capturar as presas (Casatti 2002; Rezende et al, 2011),

Cetopsorhamdia iheringi consumiu principalmente larvas de Simuliidae, as quais foram importantes apenas para esta espécie, e cuja abundância no ambiente foi baixa, Larvas de Simuliidae têm estruturas no abdômen que permitem que fiquem aderidas a vários substratos principalmente rochas (McCafferty 1981; Thorp & Covich 2010), e isso pode ter sido um fator que influenciou a baixa abundância destas larvas nas amostragens dos macroinvertebrados, Porém, o fluxo da água pode remover as larvas fazendo com que elas fiquem à deriva (Elliot 2008), como ocorreu no riacho Remo, onde Gimenez et al. (2015) registraram elevada densidade dessas larvas no *drift*, Assim, o elevado consumo de Simuliidae por *C. iheringi* pode estar associado ao fato destas larvas ficarem aderidas, o que facilita a sua detecção e captura, ou serem capturadas quando fazem parte do *drift*, Para captura de itens à deriva é preciso que o predador seja capaz de fazer rápidas investidas na coluna da água (Casatti & Castro

2006), o que poderia ser reforçado pelo fato de *C. iheringi* ter consumido Coleoptera terrestre, que caem na água e ficam à deriva,

Larvas de Chironomidae, Trichoptera e Ephemeroptera foram registradas na dieta de todas as espécies em todos os riachos, porém foram importantes para quatro espécies em diferentes proporções, resultando em diferenças significativas na composição da dieta entre elas. Em geral, estes macroinvertebrados estiveram entre os mais abundantes nos riachos aqui estudados, e em outros riachos onde apresentaram elevadas abundâncias no substrato (Chará et al. 2006; Rezende et al. 2011; Bagatini et al. 2012; Ryan & Kelly-Quinn 2015), e no *drift* (Gimenez et al. 2015; Ryan & Kelly-Quinn 2015).

Para *I. mirini* além de Trichoptera e Ephemeroptera, que foram os itens mais consumidos e abundantes no ambiente, Isopoda foi um recurso bastante explorado, sendo importante somente para esta espécie. A origem terrestre deste recurso (Isopoda) sugere que essa espécie utiliza, além de macroinvertebrados bentônicos, recursos alimentares encontrado à deriva, fato também encontrado por Casatti & Castro (2006) que consideraram *I. mirini* uma espécie de hábito semi-pelágico. Oligochaeta também foi um item importante na dieta de *I. mirini*. Esses invertebrados se dispersam por rastejamento na camada superficial do substrato (Pennak 1987), o que os tornam presas facilmente capturadas, principalmente por indivíduos do gênero *Imparfinis*, considerados especuladores de substrato que utilizam os barbilhões cefálicos para encontrar e capturar as presas (Casatti 2002; Rezende et al, 2011),

Larvas de Chironomidae foram os macroinvertebrados mais consumidos por *T. diabolus*. Embora Chironomidae esteja entre os macroinvertebrados mais abundantes nos riachos estudados, assim como registrado em outros riachos (Rezende et al, 2011; Bagatini et al, 2012; Ryan & Kelly-Quinn 2015), foram predominantes apenas na dieta de *T. diabolus*. Elevado consumo dessas larvas por espécies de *Trichomycterus* tem sido registrado, e uma alta correlação entre o consumo dessas larvas e sua abundância no ambiente foi encontrada por Chará et al, (2006). Além da abundância dessas larvas, seu consumo está associado ao seu alto valor protéico e sua fácil digestão (Armitage 1995). Porém, no presente estudo não houve correlação entre a abundância das presas na dieta de *T. diabolus* e no ambiente, embora Chironomidae tenha sido a presa mais abundante no riacho Remo. A falta de correlação está associada ao consumo de Ephemeroptera e

Trichoptera, que embora menos abundantes no riacho Remo, foram importantes na dieta, Espécies de *Trichomycterus* são predadores noturnos que nadam rapidamente procurando pequenas presas próximo ao fundo, e durante o dia permanecem enterrados no substrato, geralmente lodoso ou arenoso (Chará et al, 2006; Brejão et al, 2013), Este comportamento pode ter facilitado o consumo de larvas de Chironomidae por *T. diabolus*, já que estes macroinvertebrados têm também como habitat preferencial substratos finos, como areia e lodo (Chará et al, 2006),

Ao contrário das espécies descritas acima, *C. zebra* e *P. tenebrosa* mostraram correlação positiva entre a abundância das presas na dieta e no ambiente, indicando que os recursos mais consumidos por estas espécies foram também os mais abundantes no ambiente. Para *C. zebra*, Ephemeroptera, Chironomidae e Trichoptera foram os itens alimentares mais importantes, e também abundantes nos riachos; porém, no riacho Zaúna a dieta foi composta principalmente por Amphipoda, riacho onde houve a maior abundância deste crustáceo, Amphipoda foi registrada quase que exclusivamente na dieta de *C. zebra*, resultado também evidenciado por Bastos et al, (2003), De acordo com Moya et al, (2009) e Rivera-Usme (2013) estes crustáceos estão associados à habitats com maior fluxo de água, assim como alguns Ephemeroptera e Trichoptera (Baptista et al, 2001; Kikuchi & Uieda 2005) que se fixam em rochas para se alimentar (Sther 1987), O fato de *C. zebra* possuir corpo fusiforme e nadadeiras peitorais e pélvicas alargadas e em posição ventral, permite que os indivíduos se mantenham próximo ao substrato resistindo ao fluxo da água (Aranha et al, 2000), e ataquem rapidamente as presas próximas (Brejão et al, 2013), o que pode facilitar a captura de macroinvertebrados que colonizam ambientes com maior fluxo, como Amphipoda,

Embora várias espécies tenham consumido Trichoptera, apenas a dieta de *P. tenebrosa* foi dominada por estes macroinvertebrados, que foram abundantes nos locais onde a espécie ocorreu, e são consideradas presas de fácil captura em função da baixa mobilidade (Tófoli et al, 2013). Poucas informações são disponíveis para este gênero *Phenacorhamdia*. Casatti (2002) classificou *Phenacorhamdia hohenei* como uma espécie de hábito noturno, especuladora do substrato, e que tem como habitat preferencial substratos rochosos e raízes de macrófitas, *Phenacorhamdia tenebrosa* foi estudada por Ferreira (2007) que descreveu que a espécie consome invertebrados aquáticos, e tem como habitat preferencial fundo rochoso com elevada correnteza.

Os baixos valores de amplitude do nicho apresentados por todas as espécies (<0,35) mostraram que elas têm nicho alimentar estreito, indicando que estes predadores consumiram número de presas menor do que as potencialmente disponíveis no ambiente, fato associado à diversidade de microhabitats ocupados por macroinvertebrados bentônicos (Colwell & Futuyma 1971; Hill & Grossman 1987; Casatti 2002; Gillette 2012), e as características comportamentais, como por exemplo, mobilidade e hábitos crípticos (Casatti 2002; Ferreira et al, 2007; Gillette 2012). É esperado que espécies com necessidades ecológicas similares, principalmente em termos de alimentação (Sá de Oliveira & Isaac 2013), tenham nicho alimentar reduzido para escapar da competição interespecífica, como previsto pela teoria clássica do nicho,

Nossos resultados indicaram que embora todas as espécies estudadas se alimentem no fundo, houve diferenças significativas na dieta para a maioria delas, que apresentaram itens dominantes na dieta, como por exemplo, Odonata para *G. inaequilabiatus*, Simuliidae para *C. iheringi*, Chironomidae para *T. diabolus* e Trichoptera para *P. tenebrosa*, o que permite sugerir que elas utilizam os recursos alimentares disponíveis no ambiente de forma diferente, ou seja, ocorre segregação trófica entre elas. Além disso, para cinco das sete espécies analisadas, a abundância das presas na dieta não esteve correlacionada positivamente com a abundância das presas no ambiente, sugerindo que embora a abundância das presas seja um importante fator na escolha das presas, outros fatores são igualmente importantes, como as características morfológicas e comportamentais de predadores e presas.

REFERÊNCIAS

- Allan, J.D. 1995. Stream Ecology. Structure and function of running waters. London: Chapman & Hall. 388pp.
- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.
- Aranha, J.M.R., Gomes, J.H.C. & Fogaça, N.O. (2000). Feeding of two sympatric species of *Characidium*, *C. lanei* and *C. pterostictum* (Characidiinae) in a coastal stream of Atlantic Forest (Southern Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 43: 527-531.
- Armitage, P.D., Cranston, P. S. & Pinder, L.C.V. 1995, *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. London: Chapman & Hall. 572 pp.

- Asanka, U., Jayasinghe, D., Garcia-Berthou, E., Li, Z., Li, W., Zhang, T. & Liu, J. 2015. Co-occurring bighead and silver carps show similar food preference but different isotopic niche overlap in different lakes. *Environmental Biology of Fishes* 98: 1185–1199.
- Bagatini, Y.M., Delariva, L. & Higuti, J. (2012). Benthic macroinvertebrate community structure in a stream of the north-west region of Paraná State, Brazil. *Biota Neotropica* 12: 307-317.
- Baptista, D.F., Buss, D.F., Dorvillé, L.F.M. & Nessimian, J.L. (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.
- Bastos, R., Miranda, F.S. & Garcial, A.M. (2003) Dieta e estratégia alimentar de *Characidium rachovii* (Characiformes, Crenuchidae) em riachos de planície costeira do sul do Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* 103: 335-341.
- Brejão, G.L., Gerhard, P. & Zuanon, J. 2013. Functional trophic composition of the ichthyofauna of forest streams in eastern Brazilian Amazon. *Neotropical Ichthyology* 11: 361-373.
- Buckup, L., Bueno, A.A.P., Bond-Buckup G., Casagrande, M. & Majolo F. 2007. The benthic macroinvertebrate fauna of highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure. *Revista Brasileira de Zoologia* 24: 294-301.
- Cantanhêde, G., Fugui, R. & Hahn, N.S. 2009. Variation in prey selection of a piscivorous fish after the impoundment of a Neotropical reservoir: prey size and type. *Journal of Fish Biolog.* 75: 75-86.
- Carvalho, E.M. & Uieda, V.S. 2004. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21: 287-293.
- Casatti, L. & Castro, R.M.C. 2006. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 4: 203-214.
- Casatti, L. 2002. Alimentação dos peixes em um riacho do parque estadual Morro do Diabo, bacia do alto rio Paraná, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 2(2): 1-14.
- Casatti, L., Langeani, F. & Castro, R.M.C. 2001. Peixes de riacho do parque estadual Morro do Diabo, bacia do alto rio Paraná, SP. *Biota Neotropica* 1: 1-15.
- Chacravarti, L.J. & Cotton, P.A. 2014. The effects of a competitor on the foraging behavior of the shore crab *Carcinus maenas*. *Plos one*, doi: 10.1371/journal.pone.00935.
- Chara, J.D., Baird, D.J., Telfer, T.C. & Rubio, E.A. 2006. Feeding ecology and habitat preferences of the catfish genus *Trichomycterus* in low-order streams of the Colombian Andes. *Journal of Fish Biology* 68: 1026–1040.
- Characiformes de um riacho da Floresta Atlântica, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23: 778-788.

- Colwell, R. K. & Futuyma, D. J. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology* 52: 567-576.
- Cruz, B.B., Teshimia, F.A. & Cetra, M. 2013. Trophic organization and fish assemblage structure as disturbance indicators in headwater streams of lower Sorocaba River basin, São Paulo, Brazil. *Neotropical Ichthyology* 11: 171-178.
- Elliott, J.M. 2008. Ontogenetic shifts in drift periodicity and benthic dispersal in elmids beetles. *Freshwater Biology* 53: 698-713.
- Ferreira, C.P. & Casatti, L. 2006. Influência da estrutura do hábitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma micro-bacia de pastagem, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23: 642-651.
- Ferreira, K.M. 2007. Biology and ecomorphology of stream fishes from the rio Mogi-Guaçu basin, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5: 311-326.
- Gillette, D.P. 2012. Effects of variation among riffles on prey use and feeding selectivity of the orangethroat darter. *Etheostoma spectabile*. *BioOne* 168: 184-201.
- Gimenez, B.C.G., Lansac-Tôha, F.A. & Higuti, J. 2016. Effect of land use on the composition, diversity and abundance of insects drifting in neotropical streams. *Brazilian Journal of Biology* 75: 52-59.
- Griffiths, D. 1975. Prey availability and food of predators. *Ecology* 56: 1209-1214.
- Hellawell, J.M. & Abel, R.A. 1971. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. *Journal of Fish Biology* 3: 29-37.
- Hill, J. & Grossman, G.D. 1987. Home Range Estimates for Three North American Stream Fishes. *Copeia* 2: 376-280.
- Hyslop, E.P. 1980. Stomach contents analysis, a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17: 411-429.
- Kahilainen, K. & Lehtonen, H. 2003. Piscivory and prey selection of four predator species in a whitefish dominated subarctic lake. *Journal of Fish Biology* 63: 659-672.
- Kikuchi, R.M. & Uieda, V.S. 2005. Composição distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo em um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Entomología y Vectores* 12: 193-231.
- 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. & Carvalho, A.L., ed. *Ecologia de Insetos Aquáticos*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, pp. 157-173
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological methodology*. New York: Harper & Row. 654pp.
- Lima, S.L. & Dill, L.M. 1990. Behavioural decisions made under risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology* 68: 619-640.

- Lyons, J. 1992. The length of stream to sample with a towed electrofishing unit when fish species richness is estimated. *North American Journal of Fisheries Management* 12: 198-201.
- MacArthur, R.H. & Pianka, E.R. 1966. On optimal use of a patchy environment. *The American Naturalist* 100: 603-609
- Mazzoni, R. & Rezende, C. F. 2003. Seasonal diet shift in a Tetragonopterinae (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63: 69-74.
- Mazzoni, R., Moraes, M. Rezende, C.F. & Miranda, J. 2010. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto rio Tocantins, Goiás, Brasil. *Iheringi* 100: 162-168.
- McCafferty, W.P. 1981. *Aquatic Entomology*, Sudbury: Jones & Barlett. xv + 448 pp.
- Melo, A.S. & Froehlich, C.G. 2001. Macroinvertebrates in Neotropical streams: richness patterns along a catchment and assemblage structure between 2 seasons. *Journal of the North American Benthological Society* 20: 1-16.
- Melo, C.E., Machado, F.A. & Pinto-Silva, V. 2004. Feeding habits of fish from a stream in the savanna of Central Brazil, Araguaia Basin. *Neotropical Ichthyology* 2: 37-44.
- Merritt, R.W. & Cummins, K.W. 1984. *An introduction to the aquatic insects of North America*, Dubuque: Kendall & Hunt. 722 pp.
- Moraes, M., Rezende, C.F. & Mazzoni, R. 2013. Feeding ecology of stream-dwelling Characidae (Osteichthyes: Characiformes) from the upper Tocantins River, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 30: 645-651.
- Morris, D.W. 1989. Density-dependent habitat selection: testing the theory with fitness data. *Evolutionary Ecology* 3: 80-94.
- Moya, C., Valdovinos, C., Moraga, A., Romero, F., Debels P. and Oyanedel A. (2009). Patrones de distribución espacial de ensambles de macroinvertebrados bentónicos de un sistema fluvial Andino Patagónico. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 425-442.
- Neves, M.P., Delariva, L.R. & Wolff, L.L. 2015. Diet and ecomorphological relationships of an endemic, species-poor fish assemblage in a stream in the Iguazu National Park. *Neotropical Ichthyology* 13: 245-254.
- O'Brien, W.J. 1979. Predator-prey interactions of planktivorous fish and zooplankton. *American Scientist* 67: 572-581.
- Pennak, R.W. 1978. *Freshwater invertebrates of the United States*. New York: John Wiley & Sons, 803pp.
- Peruço, J.D. 2004. Identificação das principais fontes poluidoras de afluentes da bacia do alto rio Pirapó. *Dissertação, Universidade Estadual de Maringá, Maringá*, p. 63.
- Polis, G.A., Anderson, W.B. & Holt, R.D. 1997. Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 289-316.

- Pyke, G.H. 1984. Optimal foraging theory: a critical review. *Annual Review of Ecology Systematics* 15: 523-575.
- Rezende, C.F., Lobón-Cerviá, J., Caramaschi, E.P. & Mazzoni, R. 2013. Trophic ecology of two benthivorous fishes in relation to drift and benthos composition in a pristine Serra do Mar stream (Rio de Janeiro, Brazil). *Fundamental and Applied Limnology* 183: 163-175.
- Rezende, C.F., Mazzoni, R., Caramaschi, E.P., Rodrigues, D. & Moraes, M. 2011. prey selection by two benthic fish species in the Mato Grosso stream, Saquarema-RJ, Brazil. *Revista de Biología Tropical* 59: 1697-1706.
- Rivera-Usme, J.J. 2013. Ensamblaje de Macroinvertebrados Acuáticos y su Relación com las variables física y química em el Humedal de Jaboque-Colombia. *Caldasia* 35: 389-408.
- Rolla, A.P.R., Esteves, K.E. & Ávila-da-Silva, A.O. 2009. Feeding ecology of a stream fish assemblage in an Atlantic Forest remnant (Serra do Japi, SP, Brazil). *Neotropical Ichthyology* 7: 65-76.
- Ryan, D.K. & Kelly-Quinn, M. 2015. Effects of riparian canopy cover on salmonid diet and prey selectivity in low nutrient streams. *Journal of Fish Biology* 86: 16-31.
- Sá de Oliveira, J. C. & Isaac, V. J. 2013. Diet breadth and niche overlap between *Hypostomus plecostomus* (Linnaeus, 1758) and *Hypostomus marginatus* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes) in the Coaracy Nunes hydroelectric reservoir, Ferreira Gomes, Amapá-Brazil. *Biota Amazônia* 3: 116–125.
- Schoener, T.W. 1971. Theory of feeding strategies. *Annual Review of Ecology Systematics* 2: 369-404.
- Silva, J.C., Delariva, R.L. & Bonato, K.O. 2012. Food-resource partitioning among fish species from a first-order stream in northwestern Paraná, Brazil. *Neotropical ichthyology* 10: 389-399.
- Small, G.E., Torres, P.J., Schweizer, L.M., Duff, J.H. & Pringle, C.M. 2013. Importance of terrestrial arthropods as subsidies in lowland Neotropical rain forest. *Biotropica* 45: 80-87.
- Souza, A.M., Fogaça, F.N.O., Cunico, A.M. & Higuti. 2015. Does the habitat structure control the distribution and diversity of the Odonato fauna? *Brazilian Journal of Biology* 75: 598-606.
- Stehr, F.W. 1987. *Immature Insects*. Vol.1. Kendall/Hunt Publishing Company. 754pp.
- Strahler, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions American Geophysical Union* 38: 913-920.
- Thorp, J.H. & Covich, A.P. *A ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. London: Academic Press. 1021pp.
- Tófoli, R.M., Alves, G.H.Z., Higuti, J., Cunico, A.M. & Hahn, N.S. 2013. Diet and feeding selectivity of a benthivorous fish in streams: responses to the effects of urbanization. *Journal of Fish Biology* 83: 39–51.

Uieda, V.S. & Kikuchi, R.M. 1995. Entrada de material alóctone (detritos vegetais e invertebrados terrestres) num pequeno curso de água corrente na Cuesta de Botucatu, São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensia* 17: 105-114.

Uieda, V.S. & Ramos, L.H.B.. 2007. Distribuição espacial da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um riacho tropical (Sudeste do Brasil). *Bioikos* 21: 3-9.

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

Winemiller, K. O., Agostinho, A.A. & Caramaschi, E.P. 2008. Fish ecology in tropical streams In: Dudgeon, D., ed. *Tropical stream ecology*. Amsterdam: Academic Press, pp. 107-146.

Wolff, L.L., Carniatto, N. & Hahn, N.S. 2013. Longitudinal use of feeding resources and distribution of fish trophic guilds in a coastal Atlantic stream, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 11: 375-386.

Worischka, S., Schmidt, S., Hellmann, C, & Winkelmann, C, 2015, Selective predation by benthivorous fish on stream macroinvertebrates – The role of prey traits and prey abundance, *Limnologica* 52: 41-50,