

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

PATRICIA ALMEIDA SACRAMENTO

Fontes de energia e estrutura trófica de peixes em riachos Neotropicais

Maringá
2011

PATRICIA ALMEIDA SACRAMENTO

Fontes de energia e estrutura trófica de peixes em riachos Neotropicais

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 à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Norma Segatti Hahn

Maringá
2011

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

S123f Sacramento, Patricia Almeida, 1985-
Fontes de energia e estrutura trófica de peixes em riachos Neotropicais / Patricia Almeida Sacramento. -- Maringá, 2011.
36 f. : il. (algumas color.).

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2011.
Orientador: Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito.
Coorientador: Prof.^a Dr.^a Norma Segatti Hahn.

1. Ictiofauna de riachos - Isótopos estáveis - Alimentação - Paraná (Estado). 2. Ictiofauna de riachos - Isótopos estáveis - Nível trófico - Paraná (Estado). 3. Ictiofauna - River Continuum Concept (RCC) - Riachos Neotropicais. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 22. ed. -597.176413098162
NBR/CIP - 12899 AACR/2

PATRICIA ALMEIDA SACRAMENTO

Fontes de energia e estrutura trófica de peixes em riachos Neotropicais

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

Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito

Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof.^a Dr.^a Milza Celi Fedatto Abelha

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha

Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 02 de agosto de 2011.

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

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito, pela oportunidade concedida em ingressar neste programa, pelo conhecimento transmitido ao longo de todo o mestrado, pela paciência, carinho e amizade, muito obrigada;

À minha coorientadora Prof.^a Dr.^a Norma Segatti Hahn, por ceder seu laboratório para que eu pudesse realizar parte deste trabalho, pela leitura e sugestões que enriqueceram este manuscrito;

Aos meus pais Sergio e Lizabete, pelo amor e carinho, pelo apoio sem igual, por serem tão presentes mesmo na distância e por serem os melhores pais! Essa conquista também é de vocês;

Aos meus dois irmãos, André e Marcelo, minha amiga e cunhada Gábi, tia Fátima, tio Edão, Priti, Jé, meus avós e a Cah, por toda a torcida e pelas palavras de incentivo, vocês são fundamentais;

À toda minha família, por todo amor e apoio;

Às minhas tão queridas e amadas amigas, Bru, Deb, Bel, Xuxa, Jujú, Aninha, Déia, Lari, Nina, Thamís, Me, Mah, Gábi, Sol, Biula, Di, Nah, Nati, Tássia, Nonô, Angelita e Fer, pela amizade, amor e parceria, vocês moram no coração;

Aos queridos amigos Paulão, Ricardo, Luiz Felipe, Cabelis, papai Carlos, Hugo e Daniel, pelo convívio agradável e alegrias compartilhadas;

À turma de 2009 do PEA, colegas e amigos que levarei sempre comigo, na memória e no coração, vocês são muito especiais;

Aos funcionários da Estação Ecológica do Cauiá, em especial o Terto, e do Parque Estadual de Amaporã, em nome de Robertinho, Mica e Nelson, pelo apoio durante o trabalho de campo, pela gentileza com que sempre nos trataram e pelos momentos de descontração;

Ao Celsão, tão querido e prestativo, por toda a ajuda em campo e por nos proporcionar momentos tão alegres;

Aos pescadores Gazo, Tuti e Valdecir por nos auxiliarem na pesca elétrica durante as coletas;

Ao laboratório de ecologia energética, Xuxa, Ricardo, Naiara, Mônica, Daiany, Lucas, Leandro, Maíra, Laryssa por toda a ajuda nas coletas e processamento do material amostrado, muitíssimo obrigada;

Aos amigos de laboratório, Xuxa, Jujú, Ric e Gi pelas valiosas discussões, auxílio na leitura e nas análises estatísticas, e claro, pelo clima tão agradável e divertido proporcionado por vocês, foi um grande prazer;

Ao laboratório de alimentação, especialmente as professoras Norma e Rô, e os amigos Andréia, Marlene, Raffa e Gustavo, por todo o auxílio nas análises de dieta, pelas discussões e pelos momentos de descontração, os quais, não esquecerei;

Ao Museu de Ictiologia do Nupélia, em nome de Rafaela Ota, pelo auxílio na identificação das espécies de peixes;

Ao laboratório de Mata Ciliar, especialmente à doutoranda Giovana, que fez a identificação do material vegetal, uma tarefa nada fácil. Gi, meus eternos agradecimentos;

Ao laboratório de Macrófitas aquáticas, em nome de Roger e Fernando, pela identificação das macrófitas coletadas;

Aos professores do PEA, por todo o conhecimento transmitido, muito obrigada;

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Mestrado e apoio financeiro do projeto;

Ao Nupélia e PEA pelo apoio logístico;

À Aldenir e Jocemara pela ajuda em todas as etapas deste Mestrado;

À Salete e João, pela atenção e disposição em me ajudar sempre que precisei;

Ao Jaime, pela elaboração dos mapas;

À banca examinadora, por se dispor na leitura deste trabalho e nas contribuições para a melhoria do mesmo;

E à Deus, por ser tão presente e atuar de diversas maneiras em minha vida.

“A Ciência como um todo, não é nada mais do
que um refinamento do pensar diário”

Albert Einstein

Fontes de energia e estrutura trófica de peixes em riachos Neotropicais

RESUMO

Investigou-se as fontes de energia que sustentam a cadeia trófica da ictiofauna de riachos Neotropicais, e para isso, testaram-se as hipóteses de que i) a entrada de energia na cadeia alimentar para peixes de riachos é principalmente de origem alóctone e que ii) a posição trófica determinada através da dieta (ingestão) e do isótopo de nitrogênio (assimilação) é a mesma para cada espécie de peixe analisada. Os peixes foram coletados trimestralmente entre junho/2008 e junho/2009, através de pesca elétrica. Os estômagos e porções do músculo de cada indivíduo foram retirados, para análises da dieta e isotópicas de carbono e nitrogênio, respectivamente. Os conteúdos estomacais foram avaliados pela frequência volumétrica e para a maioria das espécies, independente do riacho, os recursos autóctones foram os mais consumidos e representados principalmente por insetos aquáticos. Constatou-se assimilação semelhante no tecido dos peixes tanto para os recursos alóctones quanto para os autóctones. No entanto, para quatro espécies em pelo menos um dos períodos hidrológicos (seco e/ou chuvoso), as algas (fitoplâncton e/ou perifíton) foram as fontes mais assimiladas. As posições tróficas para os dois métodos utilizados resultaram no terceiro nível trófico para a maioria das espécies de peixes, com exceção de *A. altiparanae* e *P. harpagos* (riacho Jurema). Assim, a primeira hipótese foi rejeitada, independente dos riachos, os peixes basearam suas dietas em recursos autóctones, indicado igualmente pela maior assimilação de algas no tecido muscular de alguns consumidores. A segunda hipótese foi também, rejeitada, uma vez que, embora os dois métodos utilizados na determinação da posição trófica dos peixes tenham resultado no terceiro nível trófico, eles apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Ressalta-se que, muito embora a vegetação ripária não tenha contribuído com proporções relevantes de carbono, quando comparada às outras fontes de produtores primários, é possível inferir que este recurso tenha sido indiretamente assimilado pelos peixes através da macrobentofauna dos quais eles se alimentaram nos riachos investigados neste estudo.

Palavras-chave: Isótopos estáveis. Alimentação. Ictiofauna. Nível trófico.

Energy sources and trophic structure of fish in Neotropical streams

ABSTRACT

In order to investigate the energy sources that sustain the ichthyofauna food chain of Neotropical streams, the following hypotheses were tested: i) the energy input into the food chain for stream fishes is mainly of allochthonous origin and ii) trophic position determined by dietary (intake) and stable isotope of nitrogen (assimilation) is the same for each fish species analyzed. Fish were collected quarterly between June/2008 and June/2009 through electrofishing. The stomach and portions of muscle for each individual were removed for analysis of diet and isotopic carbon and nitrogen, respectively. The stomach contents were evaluated by frequency and volume for most species, and independent of the stream, the autochthonous resources were the most consumed and were represented mainly by aquatic insects. It was found similar assimilation in fish tissue for allochthonous and autochthonous resources. However, for four species in at least one of the sampling periods (dry and/or rain), algae (phytoplankton and/or periphyton) had a major contribution as sources. The trophic positions for both methods resulted in the third trophic level for most species, except *A. altiparanae* and *P. harpagos* (Jurema stream). Thus the first hypothesis was rejected, regardless of the streams, the fishes had their diets based on autochthonous resources, also indicated by the greater assimilation of algae in the muscle tissue of some consumers. The second hypothesis was also rejected, since, although the two methods used in determining the trophic position of fish were in third trophic level, they showed statistically significant differences. It is noteworthy that, although the riparian vegetation did not contribute with significant proportions of carbon, compared to other sources of primary producers, it could have been assimilated by the fish indirectly through macrobentofauna which they were feeding.

Keywords: Stable isotopes. Feeding. Ichthyofauna. Trophic level.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Journal of Fish Biology*.

Disponível em:

< <http://www.wiley.com/bw/submit.asp?ref=0022-1112>>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1	Área de Estudo	11
2.2	Amostragem	12
2.3	Análise dos dados	14
3	RESULTADOS	16
4	DISCUSSÃO	28
	<u>REFERÊNCIAS</u>	32

1 INTRODUÇÃO

A região Neotropical contém uma das maiores concentrações de biodiversidade, especialmente no que se refere às espécies de águas interiores (Wantzen *et al.*, 2006). No entanto, a destruição das áreas naturais em que a maioria dos riachos Neotropicais está inserida resulta em impactos sobre as comunidades aquáticas, em especial à de peixes (Esteves & Lobón-Cerviá, 2001), culminando no decréscimo da biodiversidade.

Segundo o Conceito de Continuidade Fluvial (CCF), proposto por Vannote *et al.* (1980), riachos de pequeno porte (entre primeira e terceira ordem) têm como principal fonte de energia os recursos alóctones na contribuição para a biomassa de consumidores. Entretanto, estudos realizados em riachos tropicais de terceira ordem por Mantel *et al.* (2004) e de segunda a quarta ordens por Lau *et al.* (2009), revelaram maior contribuição proveniente de energia autóctone.

As teias alimentares de rios e riachos são, tipicamente, providas por uma complexa mistura de recursos alóctones e autóctones, e esclarecer sua contribuição para níveis tróficos superiores é um desafio considerável (Allan & Castillo, 2007). Assim, estudos sobre alimentação de peixes, táticas alimentares e organização trófica são fundamentais, pois fornecem informações a respeito da composição, estrutura populacional, funcionamento e dinâmica das comunidades (Hahn *et al.*, 1997; Barreto & Aranha, 2006).

A análise de conteúdo estomacal fornece informações correspondentes à dieta das espécies, mas não relata o padrão de transferência de biomassa em longo-prazo, fornecendo somente uma medida da dieta instantânea para aquele organismo (Vander Zanden *et al.*, 1997). Em contrapartida, a análise de isótopos estáveis de carbono baseia-se na proporção de $^{13}\text{C}: ^{12}\text{C}$, sendo esta conservada em diferentes consumidores e para diferentes recursos (Moulton, 2006), fornecendo, assim, uma idéia de quais fontes de alimento foram assimiladas (Benedito-Cecílio *et al.*, 2000), enquanto os isótopos estáveis de nitrogênio indicam em que posição da cadeia trófica o organismo encontra-se (Adams & Sterner, 2000).

Dessa forma, a análise de conteúdo estomacal e de isótopos estáveis são comumente usados em estudos que visam elucidar a composição e o funcionamento das teias alimentares, mas poucos são aqueles que analisam esses dados em conjunto (Rybczynski *et al.*, 2008). Os mesmos autores ressaltam ainda, que a

utilização dessas duas técnicas conjuntamente permite não apenas uma melhor caracterização dos hábitos alimentares, como também a identificação da posição trófica ocupada por uma determinada espécie.

Assim, este trabalho se propõe a avaliar a dieta e a posição trófica dos peixes, procurando determinar as fontes de energia que sustentam a ictiofauna de três riachos de primeira ordem, inseridos na bacia do rio Paraná, Brasil. Para tanto, testou-se as hipóteses de que i) a entrada de energia na cadeia alimentar para peixes de riachos é principalmente de origem alóctone e ii) a posição trófica determinada através da dieta (ingestão) e do isótopo de nitrogênio (assimilação) é a mesma para cada espécie de peixe analisada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O presente estudo foi realizado em três riachos de primeira ordem inseridos em duas Unidades de Conservação, a Estação Ecológica do Cuiá (EEC) e o Parque Estadual de Amaporã (PEA), região Noroeste do Paraná, Brasil.

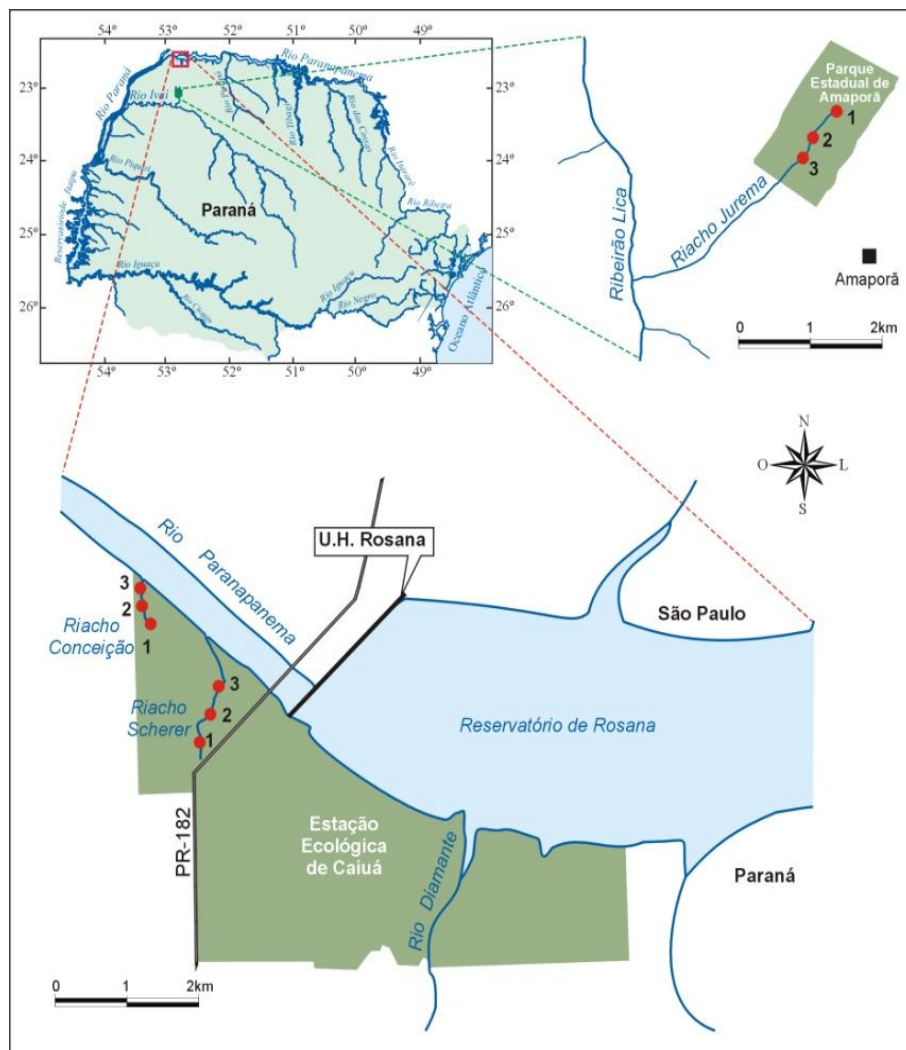
A EEC possui área de 1.426,30 ha e está situada no município de Diamante do Norte – PR (Cionek *et al.*, 2011). O riacho Conceição mede cerca de 450 m de extensão e os 100 m finais apresentam uma formação de banhado antes de desaguar no rio Paranapanema. O riacho Scherer possui cerca de 1.600 m de comprimento, nasce dentro da Estação e deságua em uma lagoa de despejo de esgoto proveniente do Colégio Agrícola da Universidade Estadual de Maringá (Diamante do Norte – PR) antes de alcançar o rio Paranapanema. (Fig. 1). O PEA possui uma área de 204 ha e está localizada no município de Amaporã (Cionek *et al.*, 2011). O riacho Jurema nasce dentro do Parque (Fig. 1), possui cerca de 1.000 m e deságua no ribeirão Lica antes de alcançar o rio Ivaí (IAP, 1996).

Os riachos Conceição e Scherer (EEC) são afluentes da sub-bacia do Paranapanema e o riacho Jurema (PEA) da sub-bacia do Ivaí. Estes corpos aquáticos pertencem à bacia do alto rio Paraná, o quarto maior rio do mundo em área de drenagem ($2,8 \times 10^6 \text{ km}^2$) (Hoeinghaus *et al.*, 2008) e que está seriamente modificado em razão dos represamentos (Pelicice & Agostinho, 2008).

Os três riachos do presente estudo, pela inserção em unidades de conservação, apresentam uma vegetação ripária densa e bem conservada. A

largura dos três riachos é bem similar, em torno de 1,2 m, com exceção do riacho Jurema que nos trechos 2 e 3 apresenta uma largura variando de 5 a 6 m. Embora esses corpos aquáticos sejam de pequeno porte e sombreados, era possível visualizar a entrada de focos de luz em toda sua extensão.

Figura 1. Localização da Estação Ecológica do Caiuá: riachos Conceição e Scherer, sub-bacia do rio Paranapanema e Parque Estadual de Amaporã: riacho Jurema, sub-bacia do rio Ivaí, estado do Paraná, Brasil. Pontos em vermelho indicam os trechos de coleta 1, 2 e 3 de cada riacho.



2.2 Amostragem

As coletas foram realizadas trimestralmente nos riachos Conceição, Scherer e Jurema de junho/08 a junho/09. Os peixes foram amostrados através de pesca elétrica, em três trechos de 40 m de comprimento (1, 2 e 3), com três esforços

consecutivos. As extremidades das áreas de amostragem foram bloqueadas com redes para evitar a entrada ou saída dos peixes.

Em campo, os exemplares coletados foram anestesiados em solução de benzocaína 10% e fixados em formol 10%. O material foi transportado ao laboratório de Ecologia Energética do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura da Universidade Estadual de Maringá.

Cada exemplar foi identificado de acordo com Graça & Pavanelli (2007), e subsequente realizada a tomada de dados biométricos, como o comprimento total (Ct), comprimento-padrão (Cp) e peso total (Pt). Os estômagos foram retirados e fixados em formol 4%. Exemplares testemunho foram depositados na Coleção de Peixes do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura da Universidade Estadual de Maringá.

Para a análise de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio, foram utilizados exemplares amostrados em dez/08, representando a estação chuvosa, e em jun/09, a estação de seca. Foram coletados sempre que possível, 10 exemplares de peixes por espécie em cada um dos três riachos, sendo estes acondicionados em gelo para posterior retirada de uma porção do músculo de cada exemplar, em laboratório.

Considerando que as plantas vasculares apresentam distintas vias fotossintéticas (C₃, C₄ e CAM), coletou-se, sempre que possível, folhas provenientes da vegetação ripária, das macrófitas aquáticas e das gramíneas. Para as folhas da vegetação ripária coletou-se aquelas que efetivamente caíam no corpo aquático e esse procedimento foi realizado com auxílio de um quadrado de PVC com área de 50 cm². Esse quadrado foi jogado quatro vezes de forma aleatória nos trechos de cada riacho e as folhas que estavam dentro desse quadrado eram coletadas. As folhas das macrófitas aquáticas e das gramíneas foram coletadas com auxílio de tesoura, em trélicas, por espécie e por trecho. O material testemunho foi depositado no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM).

O perífíton foi coletado utilizando-se como substrato a vegetação submersa presente em cada trecho. Não foi possível encontrar uma espécie de macrófita aquática que ocorresse em todos os trechos para utilização de apenas um tipo de substrato. Posteriormente, em laboratório, foram raspados com auxílio de bisturi e pincel para a retirada de algas perifíticas em uma placa de Petri. O fitoplâncton foi coletado utilizando-se rede de plâncton com malha de 15 µm e o material foi

acondicionado em potes de polietileno de 500 ml. Foram coletadas quatro amostras de perifíton e fitoplâncton por trecho de cada riacho e, em laboratório, foram, separadamente, filtradas em uma bomba a vácuo e o conteúdo filtrado acondicionado em filtros de fibra de vidro (GF/C 47 mm Whatman). Estes filtros foram anteriormente submetidos à secagem em estufa por um período de 4 horas a 470° para que qualquer matéria orgânica fosse eliminada.

Numa etapa sequente, os músculos dos peixes, os filtros (com conteúdo filtrado) e as amostras de vegetação ripária, macrófitas aquáticas e gramíneas foram submetidas à secagem em estufa por cerca de 72 h a 60° C. Cada amostra de planta seca e de músculo dos peixes foram, separadamente, macerados em moinho de esferas e em cadinho de porcelana, até a obtenção de um pó fino.

Para a determinação da razão isotópica em espectrômetro de massa foram enviadas ao UC Davis Facility Stable Isotope – Davis, USA, amostras de filtros (de perifíton e fitoplâncton) e amostras de aproximadamente 3 mg de plantas vasculares (de vegetação ripária, macrófitas aquáticas e de gramíneas) e de amostras de músculo dos peixes (de cada espécie). Os valores das razões isotópicas foram expressos com a notação delta (δ) e em partes por mil (‰), relativos ao padrão internacional *PeeDee Belemnite* (PDB) para o $\delta^{13}\text{C}$ e nitrogênio do ar atmosférico para $\delta^{15}\text{N}$.

2.3 Análise dos dados

Os conteúdos estomacais foram analisados em microscópio estereoscópico e os itens identificados até o menor nível taxonômico possível. Nestas análises utilizou-se o método de frequência volumétrica ($V_i = \% \text{ de cada item em relação ao volume total do conteúdo de cada estômago}$) (Hyslop, 1980). O volume foi obtido através de placa milimetrada, em mm^3 e posteriormente convertido em ml (Hellawel & Abel, 1971).

Os itens encontrados na dieta foram separados em três grandes grupos, com relação à sua origem: recursos alóctones (insetos terrestres, outros invertebrados terrestres, material vegetal), autóctones (insetos aquáticos, outros invertebrados aquáticos, algas e material vegetal) e indeterminados (detrito/sedimento). Com o intuito de verificar possíveis diferenças da contribuição entre os recursos alóctones e autóctones, registrados através da dieta para cada riacho, realizou-se uma análise

de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis, pois os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram alcançados para realização dos testes paramétricos. A mesma análise foi realizada também, para verificar possíveis diferenças no uso destes recursos pela ictiofauna entre os dois períodos de amostragem, seco (jun/08, set/08 e jun/09) e chuvoso (dez/08 e mar/09) para cada riacho e, novamente a mesma análise, para verificar se o uso dos recursos se alterava entre os três riachos. O nível de significância assumido em todos os testes foi de $p < 0,05$.

Para a estimativa das fontes isotópicas foi utilizado o pacote SIAR (Stable Isotopes Analysis in R) no programa computacional R. 2.11.1[®]. Este pacote utiliza dados isotópicos do consumidor, num modelo com inferência Bayesiana, baseando-se na função de verossimilhança Gaussiana e na distribuição Dirichlet como *priori* (Parnell *et al.*, 2010). O pressuposto de normalidade foi previamente testado para as fontes primárias. Os valores de fracionamento utilizados foram baseados em Post (2002).

A estimativa da posição trófica, tanto para a dieta (PT_{dieta}) quanto para o $\delta^{15}N$ ($PT_{\delta^{15}N}$), foi determinada através daquela proposta por Vander-Zanden *et al.* (1997):

$$PT_{dieta} = \sum (Vi * Ti) + 1$$

onde:

V_i , a contribuição do i ésimo item da presa ($V_i = Vol\ item / Vol\ total$);

T_i , a posição trófica do i ésimo item alimentar (Vander-Zanden *et al.*, 1997).

A constante 1 representa um nível acima dos produtores.

$$PT_{\delta^{15}N} = (\delta^{15}N_{peixe} - \delta^{15}N_{fonte}) / 3,4 + 1$$

onde:

$\delta^{15}N_{peixe}$ o valor médio do $\delta^{15}N$ de cada peixe;

$\delta^{15}N_{fonte}$ é o valor médio do $\delta^{15}N$ das fontes autóctones e alóctones;

3,4 ‰ o fracionamento por nível trófico (Vander-Zanden *et al.*, 1997; Franssen & Gido, 2006; Pilger *et al.*, 2010).

A constante 1 representa um nível acima dos produtores.

Para verificar possíveis diferenças estatísticas entre os dois métodos utilizados na determinação da posição trófica dos peixes, foi aplicado um teste *t* para amostras independentes. As análises estatísticas descritas foram realizadas no programa computacional Statística 7.0®.

3 RESULTADOS

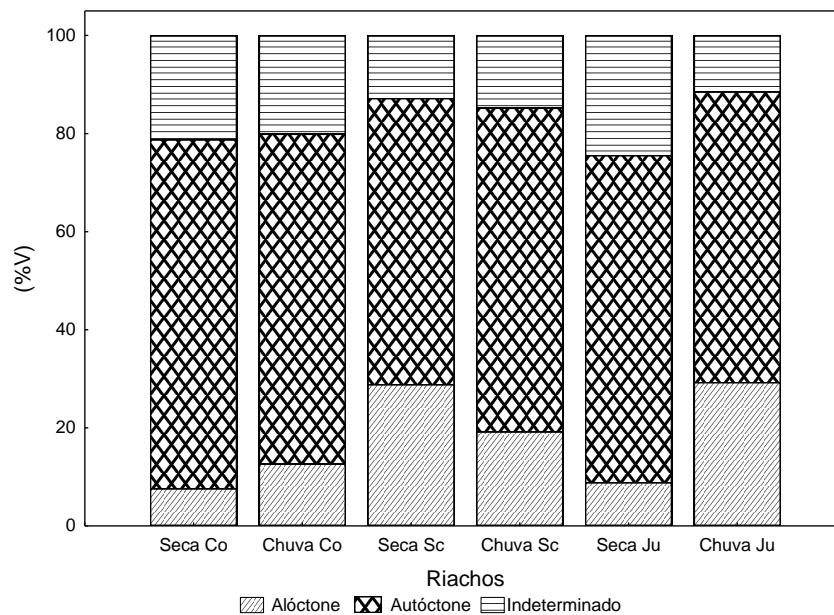
Foram capturadas 10 espécies para os três riachos, representadas na Tabela I. Foram analisados os conteúdos estomacais daquelas espécies que apresentaram um *n* capturado maior que 2, e para aquelas que foram abundantes, analisou-se um *n* próximo a 30 conteúdos estomacais para cada coleta.

Tabela I. Lista das espécies coletadas nos riachos Conceição, Scherer e Jurema, seus descritores e o *n* capturado para cada espécie.

Ordem/Espécie	Descritor	Riacho		
		Conceição	Scherer	Jurema
Characiformes				
<i>Astyanax altiparanae</i>	Garutti & Britski, 2000		161	
<i>Astyanax aff. paranae</i>	Eigenmann, 1914			354
<i>Characidium aff. zebra</i>	Eigenmann, 1909		24	
Siluriformes				
<i>Trichomycterus sp.</i>				151
<i>Callichthys callichthys</i>	(Linnaeus, 1758)			6
Cyprinodontiformes				
<i>Phalloceros harpagos</i>	Lucinda, 2008	1122		305
<i>Rivulus apiamici</i>	Costa, 1989	209		
Gymnotiformes				
<i>Gymnotus inaequilabiatus</i>	(Valenciennes, 1839)	3	164	3
Perciformes				
<i>Crenicichla britskii</i>	Kullander, 1982		10	
Synbranchiformes				
<i>Synbranchus marmoratus</i>	Bloch, 1795	3		

Foram analisados 863 conteúdos estomacais, dos quais, 275 dos peixes do riacho Conceição (*P. harpagos* e *R. apiamici*), 245 do Scherer (*A. altiparanae*, *C. zebra*, *C. britskii*, *G. inaequilabiatus*) e 343 do Jurema (*A. aff. paranae*, *P. harpagos* e *Trichomycterus* sp.). Independente do riacho, os recursos autóctones foram os mais explorados pela ictiofauna, seguidos pelos alóctones e os de origem indeterminada (Fig. 2). A análise de variância não-paramétrica Kruskal-Wallis mostrou diferenças significativas na contribuição destes recursos dentro de cada riacho: Conceição ($H= 5,33$; $p= 0,02$), Scherer ($H= 5,34$; $p= 0,02$) e Jurema ($H= 5,02$; $p= 0,02$). Porém, diferenças sazonais (seco e chuvoso) dentro dos riachos e diferenças entre os riachos não foram encontradas ($p>0,05$).

Figura 2. Freqüência volumétrica (%V) dos recursos alóctones, autóctones e indeterminados explorados pela ictiofauna, nos períodos de seco e chuvoso, em três riachos do estado do Paraná, Brasil. Co = Conceição; Sc = Scherer e Ju = Jurema.



Os conteúdos estomacais evidenciaram predomínio de insetos aquáticos, independente do período considerado, tanto para *P. harpagos* (seco= 63,12%; chuvoso= 70,67%) quanto para *R. apiamici* (seco= 76,32%; chuvoso= 58,32), sendo que para a primeira espécie detrito/sedimento foi, também, importante (seco= 32,34%; chuvoso= 21,04%). Dentre os insetos aquáticos, as larvas de Chironomidae e Trichoptera foram as mais representativas (Tabela II).

Tabela II. Frequência volumétrica (%V) da composição da dieta dos peixes, nos períodos de seco e chuvoso do riacho Conceição, sub-bacia do rio Paranapanema, estado do Paraná, Brasil. Inv.= invertebrados; Det/Sed=Detrito/Sedimento.

Espécies	<i>P. harpagos</i>		<i>R. apiamici</i>	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Recursos/períodos				
Chironomidae	35,73	42,82	18,34	18,02
Trichoptera	13,00	5,00	35,72	25,76
Ephemeroptera			1,71	3,49
Coleoptera			2,57	
Hemiptera adulto			7,29	1,41
Ceratopogonidae	0,70	0,21	0,38	
Plecoptera			3,43	
Empididae	0,80			
Simulidae	1,35			
Outros Diptera	6,06	12,96	1,11	0,56
Restos de insetos	5,46	9,67	5,68	9,05
Insetos aquáticos	63,12	70,67	76,27	58,32
Hymenoptera	0,32		2,79	3,87
Coleoptera			0,47	2,83
Diptera			2,25	
Insetos terrestres	0,32		5,51	6,70
Tecameba	2,18	5,53	0,17	
Nematoda	0,45		0,11	
Inv. Aquáticos	2,63	5,53	0,28	
Araneae	1,29	1,06	2,14	14,34
Inv. Terrestres	1,29	1,06	2,14	14,34
Alóctone	0,29	1,70	5,79	1,60
Detrito			0,04	13,68
Material vegetal	0,29	1,70	5,83	15,28
Det/sed	32,34	21,04	10,00	5,34
N. estômagos	101	63	78	33

No riacho Scherer o recurso mais consumido pelos peixes, foi, também, insetos aquáticos, com exceção de *A. altiparanae*, cuja dieta foi baseada em vegetal alóctone no período seco (54,73%) e um misto de insetos aquáticos (22,73%) e terrestres (29,57%) no período chuvoso, estes últimos representados principalmente por Hymenoptera. Para *C. zebra* e *C. britskii*, insetos aquáticos compuseram de 60% a mais de 90% da dieta, dependendo do período considerado, e foram representados principalmente por larvas de Chironomidae, Trichoptera e Ephemeroptera. Já para *G. inaequilabiatus* este recurso representou cerca de 50% da dieta, a qual foi complementada por insetos terrestres, material vegetal e detritos (Tabela III).

Tabela III. Frequência volumétrica (%V) da composição da dieta da ictiofauna, nos períodos de seco e chuvoso, do riacho Scherer, sub-bacia do rio Paranapanema, estado do Paraná, Brasil. Inv. = invertebrados; Det/Sed = Detrito/Sedimento; Chuv.= chuvoso.

Espécies	<i>A. altiparanae</i>		<i>C. zebra</i>		<i>C. britskii</i>		<i>G. inaequilabiatus</i>	
	Seco	Chuv.	Seco	Chuv.	Seco	Chuv.	Seco	Chuv.
Recursos/períodos	Seco	Chuv.	Seco	Chuv.	Seco	Chuv.	Seco	Chuv.
Chironomidae	0,61	0,48	12,65	36,15	3,50	22,22	13,50	5,81
Trichoptera	0,81	3,16	37,52	2,27	15,76	40,74	10,88	15,40
Ephemeroptera	0,42	1,71	21,98		31,52	7,40	2,85	2,53
Coleoptera	0,88	0,15		1,65			5,38	4,26
Lepidoptera	0,61		8,48				0,62	1,33
Hemiptera adulto	0,56	2,78		4,13			0,27	
Ceratopogonidae	0,08			0,83			0,22	0,97
Odonata	0,35			16,53			6,92	13,31
Plecoptera							6,46	1,46
Chaoboridae			1,41					
Simuliidae							1,74	
Outros Diptera	0,42	0,09	4,94	0,21	5,25	22,22	2,79	0,47
Restos	1,86	14,35	0,70	0,21	14,01		1,81	5,15
Insetos aquáticos	6,60	22,73	87,70	61,99	70,05	92,59	53,48	50,72
Hymenoptera	1,98	22,44						0,41
Coleoptera	2,59	0,04					2,50	2,19
Trichoptera	5,69	0,38	4,24					
Diptera	2,31	0,53					0,46	
Hemiptera	1,55						13,96	8,09
Orthoptera	11,25							
Lepidoptera	1,83							
Homoptera		0,76					0,46	
Restos	0,10	5,41						5,05
Insetos terrestres	27,31	29,57	4,24				17,38	15,75
Tecameba	0,035	0,19	0,07	11,78		3,70	0,18	0,20
Acarina			0,49	0,21			0,04	0,02
Outros	0,0002	0,007					0,006	0,23
Inv. Aquáticos	0,037	0,27	0,56	11,99		3,70	0,22	0,45
Araneae	0,17	6,55					1,13	5,00
Inv. Terrestres	0,17	6,55					1,13	5,00
Peixe	0,43						8,92	
Outros itens	0,43						8,92	
Zygnemaphyceae	0,08	10,27		1,03		3,70		0,08
Outras		0,29						
Algas	0,08	10,56		1,03		3,70		0,08
Alóctone	54,73	7,96	2,82	4,34			8,18	6,66
Autóctone	0,73						0,58	
Semente	3,43	3,01					0,15	
Detrito	1,78	3,12				4,55	0,08	11,98
Material vegetal	60,68	14,10	2,82	4,34	4,55		9,00	18,64
Det/sed	4,65	16,20	4,66	20,66	25,39		9,86	9,33
N. estômagos	72	34	11	7	3	2	74	43

No riacho Jurema, insetos aquáticos foi o recurso mais representativo para *Trichomycterus* sp., compondo mais de 85% da dieta, independente do período, sendo Ephemeroptera o grupo mais explorado. Insetos aquáticos estiveram também, entre os recursos mais importantes para *A. aff. paranae* no período seco e para *P. harpagos* no período chuvoso, compondo cerca de 50% de suas dietas. Entretanto, no período chuvoso, *A. aff. paranae* concentrou sua dieta em insetos terrestres (cerca de 50%), os quais foram representados quase exclusivamente por Hymenoptera (cerca de 40%). Embora os insetos aquáticos tenham representado

aproximadamente 40% da dieta de *P. harpagos* no período seco, detrito/sedimento foi mais explorado, compondo cerca de 50% (Tabela IV).

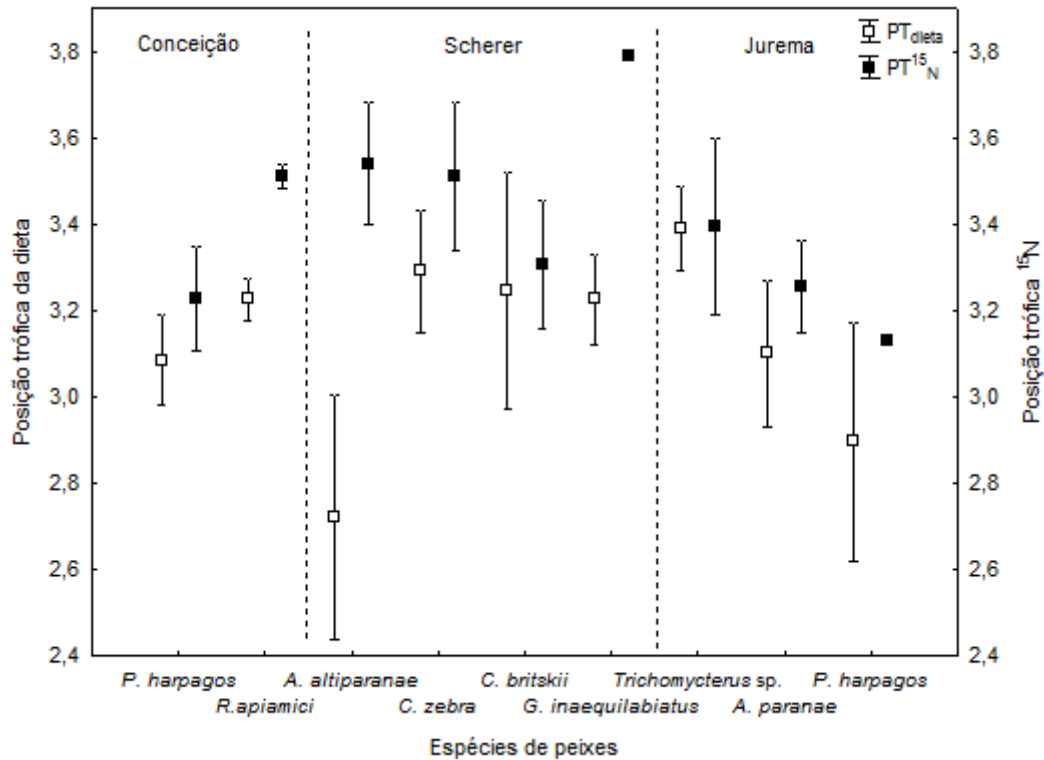
Tabela IV. Frequência volumétrica (%V) da composição da dieta da ictiofauna, nos períodos de seco e chuvoso, do riacho Jurema, sub-bacia do rio Ivaí, estado do Paraná, Brasil. Inv.= invertebrados; Det/Sed=Detrito/Sedimento; Chuv.= chuvoso.

Espécies	<i>Trichomycterus</i> sp.		<i>A. aff. paranae</i>		<i>P. harpagos</i>	
	Seco	Chuv.	Seco	Chuv.	Seco	Chuv.
Recursos/períodos						
Chironomidae	6,39	14,41	0,87	1,80	10,07	13,71
Trichoptera	10,03	16,15	8,31	4,94		10,06
Ephemeroptera	55,92	43,61	0,40	0,55	7,19	2,39
Coleoptera	0,18		2,30	0,39		
Lepidoptera	1,08	0,55	16,11	6,42	0,80	
Ceratopogonidae	0,44	0,57	0,06	0,05		0,67
Odonata	0,09	1,10	2,13	2,62		
Plecoptera			0,55	0,05		
Culicidae					3,20	
Simuliidae	1,83	0,18	0,06	0,29	1,76	6,71
Outros Diptera	4,05	1,19	6,59	1,88	6,71	12,94
Neuroptera			0,22		1,60	
Restos	14,99	8,05	11,59	1,60	8,31	9,30
Insetos aquáticos	95,00	85,83	49,23	20,63	39,65	55,80
Hymenoptera		0,09	3,34	40,03		9,60
Coleoptera			0,66	1,04		
Trichoptera	0,63		1,09			
Diptera			1,54			3,83
Hemiptera			2,63	3,16		2,87
Orthoptera				1,56		
Lepidoptera			0,99	1,94		
Isoptera				4,57		
Homoptera			0,82			
Restos		0,35	0,60	0,10		
Insetos terrestres	0,63	0,44	11,68	52,40		16,30
Tecameba			0,05	0,16	0,40	
Nematoda	1,47	0,09	2,80	0,40	2,40	
Microcrustáceos	0,18				0,52	0,67
Oligochaeta		1,47	0,11		3,15	0,19
Inv. Aquáticos	1,65	1,56	2,97	0,56	6,48	0,86
Araneae			1,48	2,96		
Inv. Terrestres			1,48	2,96		
Peixes				2,72	0,80	
Outros itens				2,72	0,80	
Bacillariophyceae			1,31	0,009		
Charophyceae			2,84	9,73	0,16	
Oedogonophyceae			0,01			
Algas			4,16	9,75	0,16	
Alóctone			8,43	4,62	4,47	11,22
Detrito		3,60	11,45	0,20		
Material vegetal		3,60	19,88	4,83	4,47	11,22
Det/sed	2,58	8,57	10,59	6,13	48,44	15,82
N. estômagos	59	51	70	69	54	40

As posições tróficas calculadas por meio da dieta e do isótopo de nitrogênio estão representadas na Figura 3. Os valores encontrados para a posição trófica ($\delta^{15}\text{N}$) de todas as espécies foram mais elevados quando comparados ao encontrados para a dieta. Os dois métodos empregados apresentaram resultados similares, porém com diferenças estatísticas significativas entre eles (teste $t = 3,58$,

$p=0,001$). Nos três riachos, o terceiro nível trófico foi predominante, com exceção de *A. altiparanae* e *P. harpagos* para a posição trófica da dieta.

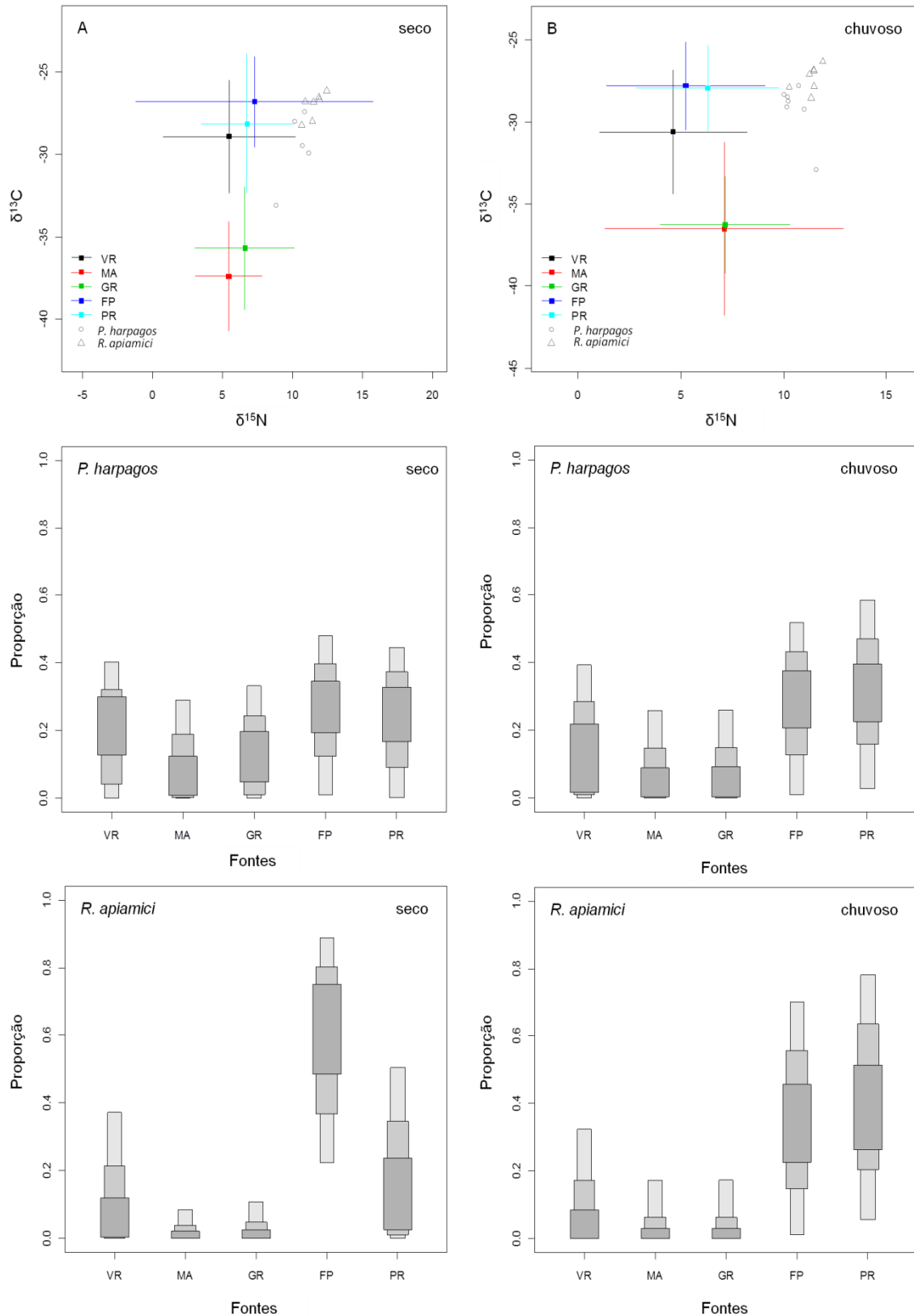
Figura 3. Valores de posição trófica obtidos da dieta e de $\delta^{15}\text{N}$ para a ictiofauna de três riachos, da bacia do rio Paraná, Brasil.



Para o riacho Conceição, independente do período hidrológico, as médias das assinaturas isotópicas de fitoplâncton e perífíton foram muito próximas. Entretanto, para macrófitas aquáticas e gramíneas estes valores foram distintos dos demais produtores primários, especialmente no período seco, quando observa-se um desvio mais pronunciado dos valores isotópicos do carbono e do nitrogênio (Fig. 4A e 4B).

Dentre todos os produtores primários investigados, as algas (fitoplâncton e perífíton) e vegetação ripária foram as mais assimiladas por *P. harpagos* no período seco, com média de probabilidade *a posteriori* maior para o fitoplâncton, de 27% (entre 1,1 e 48% para o intervalo de credibilidade de 95%). No período chuvoso, fitoplâncton e perífíton foram, também, os mais assimilados, com destaque para o perífíton, com uma contribuição média de 31,5% (intervalo: 2,9 a 59%). Para *R. apimici*, fitoplâncton e perífíton foram, também, os mais assimilados, com maior contribuição de fitoplâncton no período seco, com média de 62% (intervalo: 22 a 89%) e de perífíton no período chuvoso, 38,5% (intervalo: 5,8 a 78%) (Fig. 4).

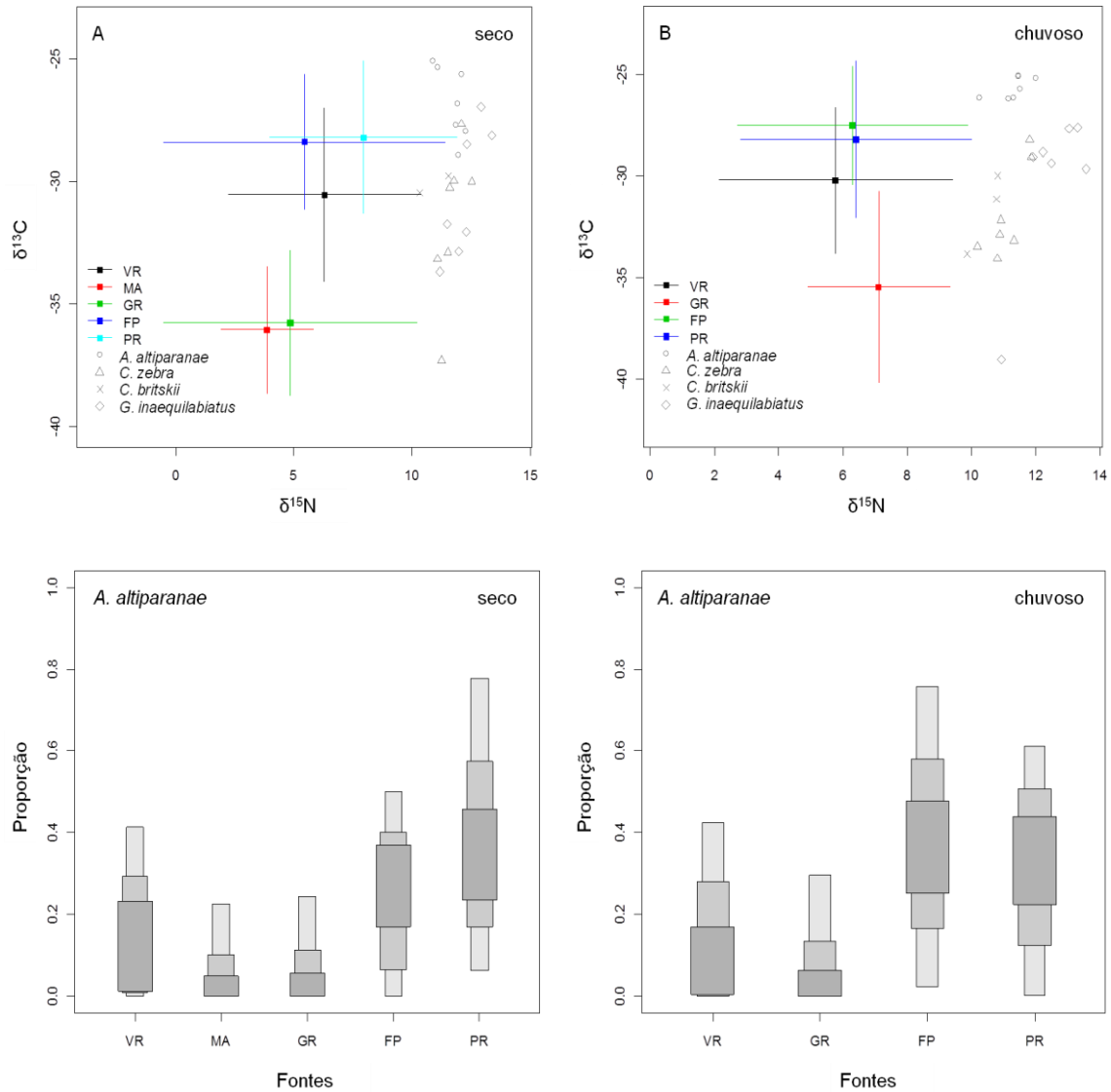
Figura 4. Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ (A, B) e proporção da contribuição das fontes autotróficas assimiladas para duas espécies de peixes e suas respectivas fontes de produtores primários. Os *boxplots* indicam o intervalo de credibilidade Bayesiano, 95% (cinza claro), 75% (cinza médio) e 50% (cinza escuro). VR: vegetação ripária, MA: macrófitas aquáticas, GR: gramíneas, FP: fitoplâncton, PR: perífiton.



Para o riacho Scherer, as médias das assinaturas isotópicas dos produtores primários apresentaram padrão similar ao encontrado no riacho Conceição. Destaca-se também, que para gramínea, os valores isotópicos de nitrogênio e carbono variaram quanto ao desvio-padrão, de um período para outro e, ainda, que no período chuvoso, as macrófitas aquáticas não constaram na análise pelo baixo número de exemplares encontrados para a análise isotópica (Fig. 5A e 5B).

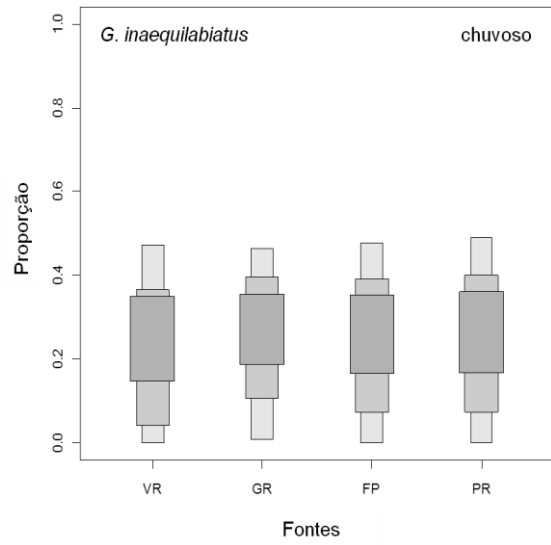
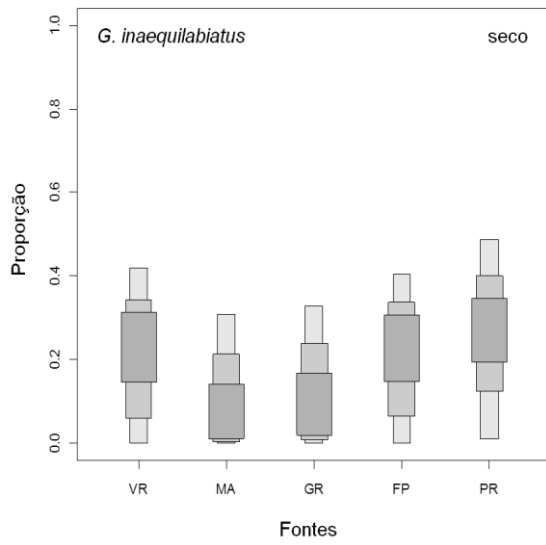
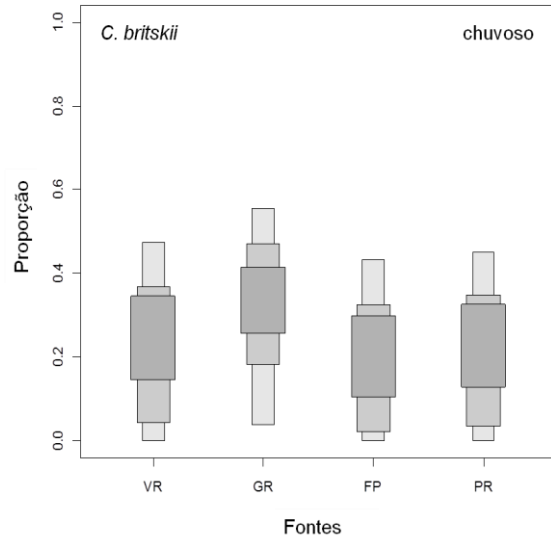
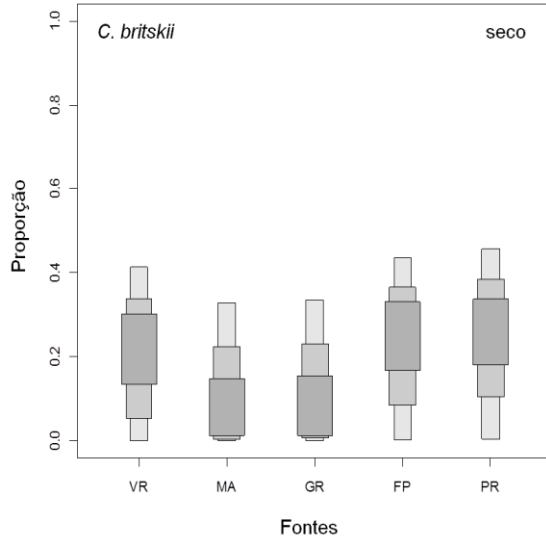
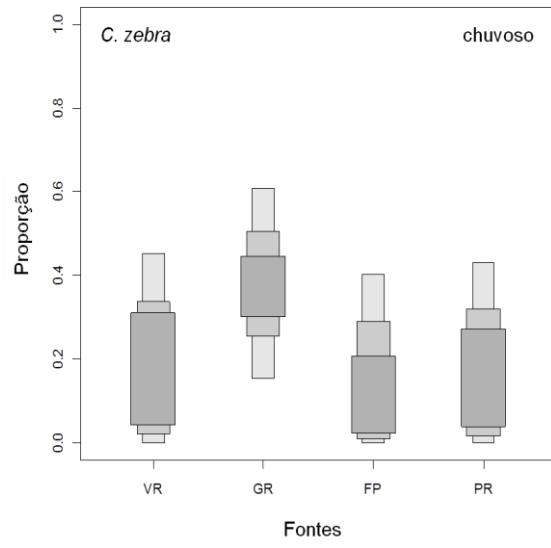
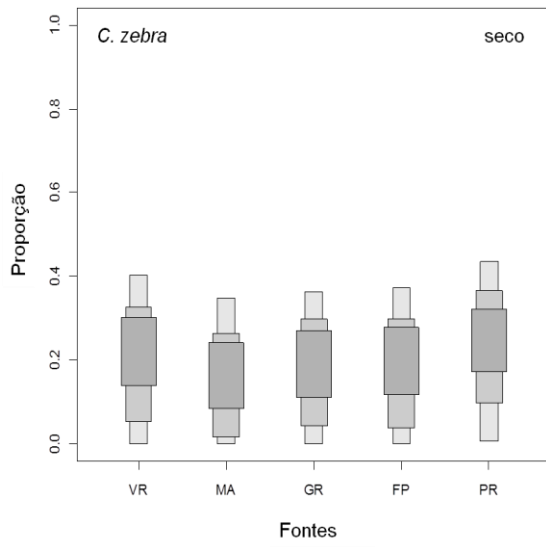
Para *A. altiparanae*, a maior média foi encontrada para perifíton, com 35% (intervalo: 6,4 a 78%) no período seco. Já para o período chuvoso, fitoplâncton foi o produtor primário mais assimilado, com contribuição média de 36,5% (intervalo: 2,4 a 76%) (Fig. 6). Para *C. zebra* e *C. britskii*, a assimilação do carbono no tecido muscular dos peixes foi semelhante para as duas espécies nos dois períodos hidrológicos. No período seco, os produtores primários foram todos incorporados quase que equitativamente, enquanto no período chuvoso, as gramíneas destacaram-se, com uma probabilidade média de 37,5% (intervalo: 15 a 61%) para *C. zebra* e de 33,5% (intervalo: 4 a 56%) para *C. britskii*. Para *G. inaequilabiatus*, a incorporação do carbono no período seco foi similar para vegetação ripária, fitoplâncton e perifíton, enquanto no chuvoso, proveniente de todos os produtores primários presentes no riacho.

Figura 5. Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ (A, B) e proporção da contribuição das fontes autotróficas assimiladas de quatro espécies de peixes e de suas respectivas fontes de produtores primários. Os *boxplots* indicam o intervalo de credibilidade Bayesiano, 95% (cinza claro), 75% (cinza médio) e 50% (cinza escuro). VR: vegetação ripária, MA: macrófitas aquáticas, GR: gramíneas, FP: fitoplâncton, PR: perífiton.



(continua)

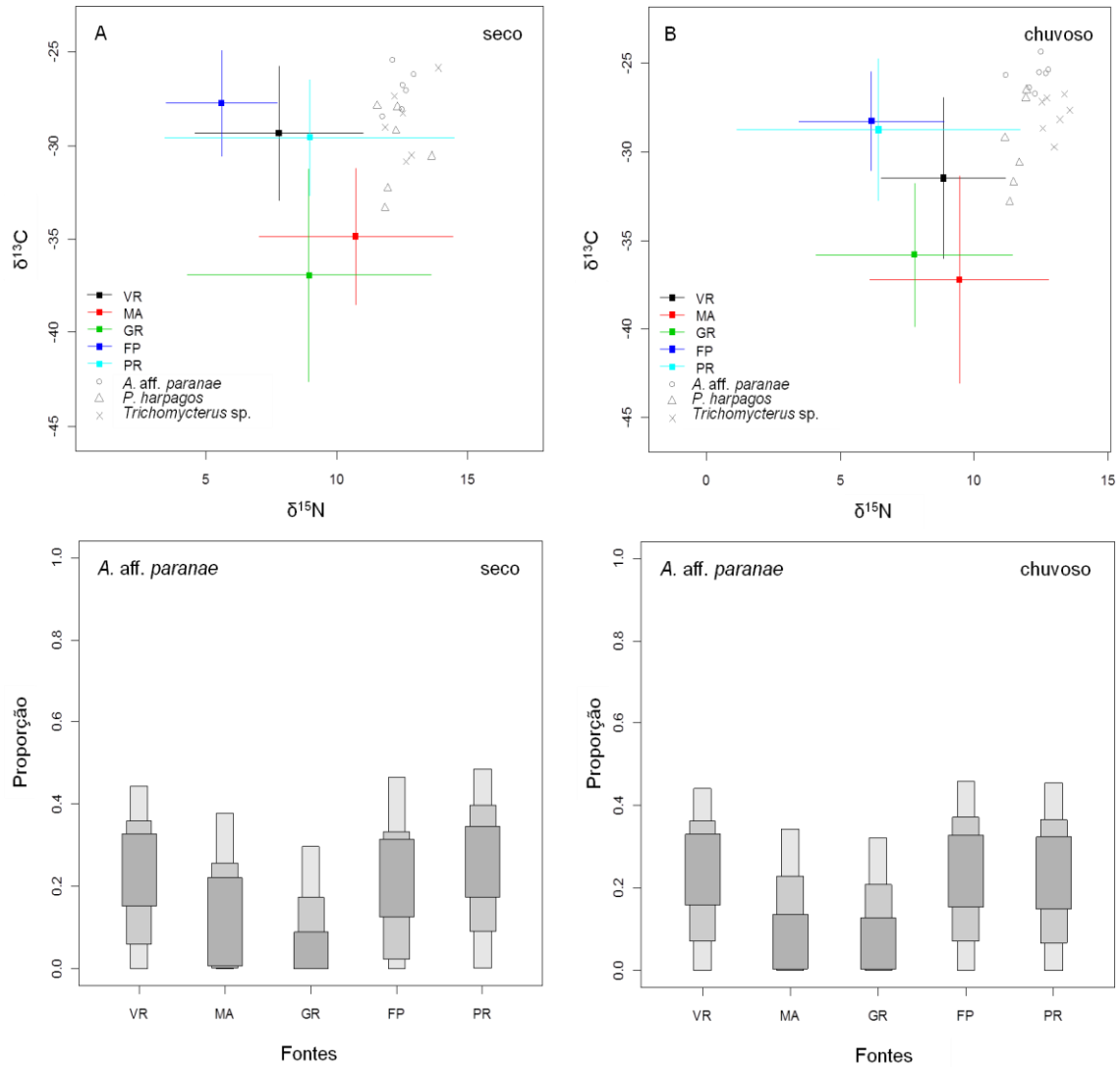
(continuação)



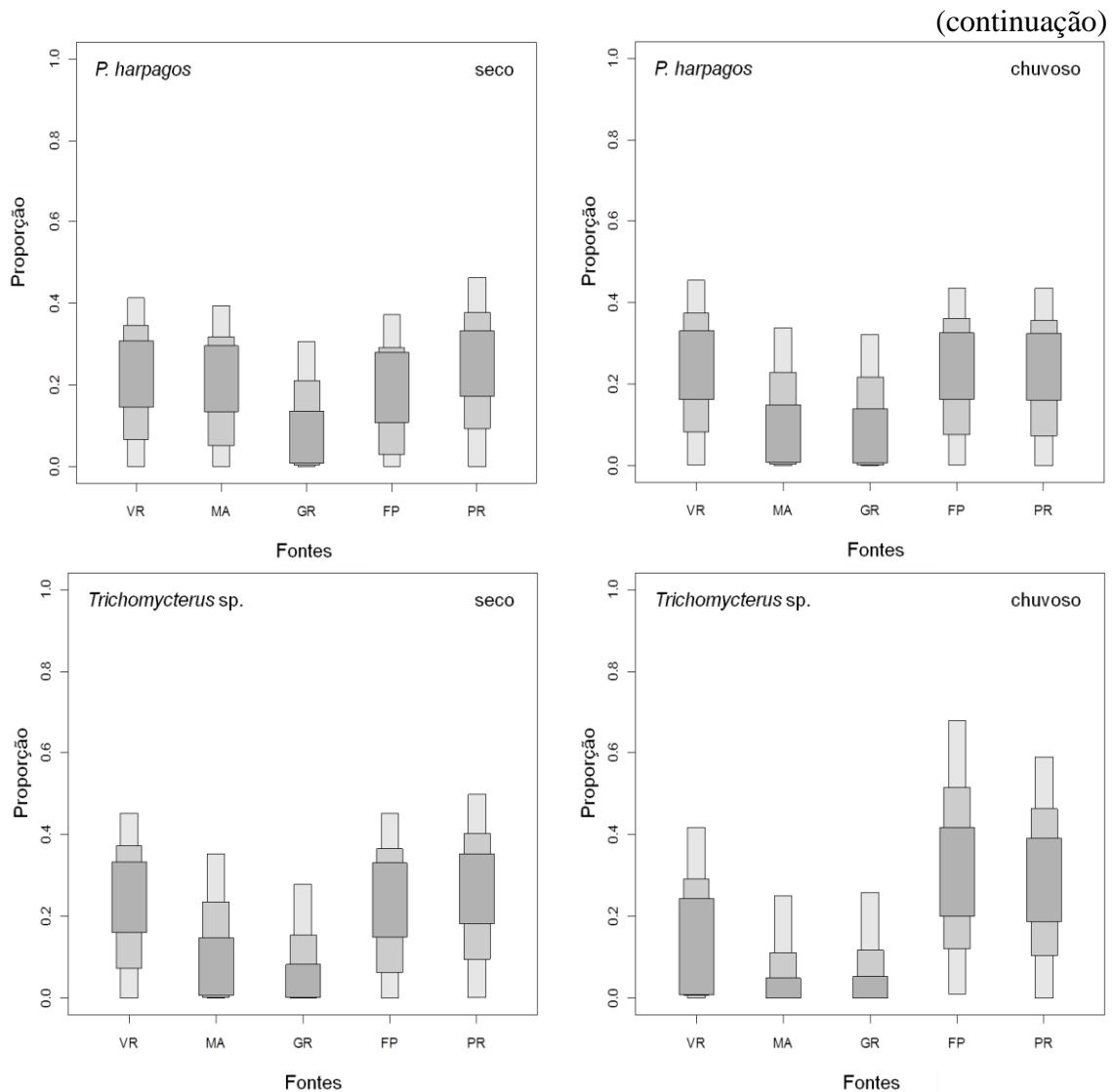
Para o riacho Jurema, as médias das assinaturas isotópicas das fontes primárias no período seco situaram-se, graficamente, muito próximas, especialmente para vegetação ripária, fitoplâncton e perifíton e entre macrófitas aquáticas e gramíneas. No período chuvoso, os valores isotópicos de carbono para vegetação ripária, perifíton e macrófitas aquáticas variaram em relação ao outro período hidrológico (Fig. 6A e 6B).

Independente do período considerado, as fontes de produtores primários foram exploradas em quantidades similares por *A. aff. paranae*, com exceção das macrófitas aquáticas e gramíneas. As maiores médias, no período seco, foram atribuídas ao perifíton (26%) e vegetação ripária (24%), enquanto no período chuvoso, para vegetação ripária (24,5%) e fitoplâncton (24%) (Fig. 7). Para *P. harpagos*, as maiores médias foram atribuídas ao perifíton (25%), vegetação ripária (23%) e macrófitas aquáticas (21,5%) no período seco e no chuvoso apresentou resultado bem similar ao encontrado para *A. aff. paranae* no mesmo período. Para *Trichomycterus* sp., as maiores contribuições referem-se ao perifíton (26,5%), vegetação ripária (24,5%) e fitoplâncton (24%). Já para o período chuvoso, pode-se prever que fitoplâncton e perifíton foram as fontes mais assimiladas pela espécie, variando de 1 a 68% e de 0 a 59%, respectivamente, para o intervalo de credibilidade de 95%.

Figura 6. Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ (A, B) e proporção da contribuição das fontes autotróficas assimiladas das três espécies de peixes e de suas respectivas fontes de produtores primários. Os *boxplots* indicam o intervalo de credibilidade Bayesiano, 95% (cinza claro), 75% (cinza médio) e 50% (cinza escuro). VR: vegetação ripária, MA: macrófitas aquáticas, GR: gramíneas, FP: fitoplâncton, PR: perífiton.



(continua)



4 DISCUSSÃO

Estudos referentes ao hábito alimentar da ictiofauna de riachos têm revelado que corpos aquáticos com cobertura florestal são importantes para o forrageamento de espécies neotropicais de pequeno porte, uma vez que as fontes mais utilizadas, insetos aquáticos e terrestres, são direta e indiretamente dependentes da vegetação ripária (Abilhoa *et al.*, 2010). Isso pôde ser evidenciado nos resultados encontrados para a dieta dos peixes, revelado pela quantidade elevada de recursos autóctones, representados principalmente pelas formas imaturas de insetos aquáticos, o que corrobora com outros estudos realizados em riachos (Esteves & Lobón-Cerviá, 2001; Casatti, 2002; Melo *et al.*, 2004; Rolla *et al.*, 2009).

A importância da vegetação ripária para ecossistemas aquáticos é notória (Naiman & Décamps, 1997), principalmente porque a produção primária terrestre é

reconhecida como a principal fonte de energia para teias alimentares ribeirinhas (Vannote *et al.*, 1980). Diversos autores sugerem que o material alóctone passa por etapas sucessivas de transformação até serem ingeridos pelos peixes (Rezende & Mazzoni, 2005; Uieda & Motta, 2007; Braga & Gomiero, 2009). Em contrapartida, Hamilton *et al.* (1992) ressaltam que as algas fornecem uma fonte de nutrição superior que é seletivamente ingerida ou assimilada por uma ampla variedade de animais aquáticos, mesmo que as plantas vasculares sejam mais abundantes no ambiente.

Constatou-se que para *C. zebra* e *C. britskii*, gramíneas (recurso alóctone) foi o item mais assimilado. Segundo Hamilton *et al.* (1992), as gramíneas C₄ não são comestíveis, no entanto, as gramíneas deste estudo pertencem à via fotossintética do tipo C₃. Ressalta-se que apenas para *P. harpagos* (riacho Conceição), *R. apiamici*, *Trichomycterus* sp. e *A. altiparanae*, os recursos autóctones, representados pelas algas (fitoplâncton e/ou perifíton), foram os mais assimilados por essas espécies. Embora seja reconhecido que em riachos sombreados a contribuição da produção autóctone é inferior à alóctone, em partes pela limitação por luz solar (Vannote *et al.*, 1980), e por serem desproporcionalmente representadas quando comparada a biomassa relativa do material alóctone (Brito *et al.*, 2006), estas são, de fato, importantes na cadeia alimentar das espécies de peixes aqui consideradas.

Dentre as formas imaturas de insetos aquáticos consumidas, destacam-se larvas de Diptera, Trichoptera e Ephemeroptera, itens frequentemente registrados na dieta de peixes (Harding *et al.*, 1998; Tófoli *et al.*, 2010; Alves *et al.*, 2011), e, segundo Cummins (1973), podem ser representantes de distintas categorias tróficas. Os “trituradores”, que trituram e decompõe o tecido de plantas vasculares, os “coletores”, que utilizam as partículas detritais e algas, os “raspadores”, que consomem algas aderidas (perifíton) e os “predadores” que se alimentam de presas vivas (Cummins, 1973). Considerando essas distintas categorias tróficas e que os insetos aquáticos compuseram pelo menos 50% do volume da dieta da maioria das espécies de peixes independente do período hidrológico, o carbono incorporado pode ser proveniente de distintas fontes autotróficas, como constatadas na maior assimilação do carbono proveniente da vegetação ripária, fitoplâncton e perifíton.

Segundo o CCF, as categorias tróficas de coletores e trituradores são as mais representativas em riachos sombreados de ambientes temperados, pelo aporte de folhas e material em decomposição (Li & Dudgeon, 2009). No entanto, foi constatado que riachos sombreados de ambiente tropical têm como principais representantes o grupo dos coletores e raspadores (Tomanova *et al.*, 2006), e que o grupo dos trituradores são pouco representativos nesses ambientes (Oliveira & Nessimian, 2010). Uma das explicações está no valor nutricional que as algas apresentam (Hamilton *et al.*, 1992). Irons *et al.* (1994) sugerem que o processo de trituração realizado pelos invertebrados trituradores pode ser menos importante em sistemas tropicais porque a decomposição das folhas tem um caminho alternativo, que pode ser o processamento microbiano, mais rápido em temperaturas elevadas, e ainda, porque (Boyero *et al.*, 2009) as folhas nos trópicos podem ser um recurso alimentar recalcitrante para os organismos trituradores, visto que têm uma elevada concentração de compostos tóxicos.

Ademais, considerando que as algas podem apresentar mecanismo de adaptação à sombra, experimentos realizados em laboratório demonstraram que o perifíton em local sombreado foi duas vezes mais eficiente na fixação do carbono em baixas intensidades de luz que o perifíton em local não sombreado, e que o perifíton adaptado à sombra atingiu taxa fotossintética máxima em condições de pouca luminosidade (Hill *et al.*, 1995).

É possível também que o baixo estoque de algas perifíticas encontrado em ambientes de riacho seja explicado pela pressão de pastagem exercida por algumas larvas de insetos. Estudos abordando interações perifíton-consumidores evidenciaram a capacidade de insetos raspadores em diminuir a biomassa algal em riachos tropicais, e estes foram representados principalmente por larvas de Chironomidae e ninfas de Ephemeroptera (Barbee, 2005). Embora não se tenha conhecimento em nível específico e nem do hábito alimentar dos insetos encontrados na dieta dos peixes, é importante salientar o elevado consumo de larvas de Chironomidae para *P. harpagos*, de larvas de Trichoptera para *R. apiamici* e de ninfas de Ephemeroptera para *Trichomycterus* sp., as quais podem ser representantes do grupo raspadores de perifíton (Cummins, 1973). Portanto, pode-se inferir que neste estudo, a maior assimilação das algas para algumas espécies de

peixes, pode ser explicada pelo consumo indireto das mesmas, através dos insetos aquáticos.

Importante ressaltar também que o item detrito/sedimento esteve presente em quantidades relativamente altas na dieta da maioria das espécies de peixes, em pelo menos um dos períodos hidrológicos (seco e/ou chuvoso). Segundo Araújo-Lima *et al.* (1986), peixes que se alimentam no sedimento, tem sua principal fonte de energia proveniente das algas. Assim, considerando que este recurso foi amplamente consumido e que as espécies aqui consideradas mostraram-se especuladores de fundo, pode-se inferir que a assimilação do carbono no tecido dos consumidores pode ter sido proveniente das algas.

A posição trófica dos peixes, determinada através dos dados de dieta e do isótopo estável de nitrogênio apresentaram a mesma tendência, sendo os valores para a dieta, inferiores aos de $\delta^{15}\text{N}$, como evidenciado também por Manetta *et al.* (2003). As espécies exibiram para ambos os métodos, a posição trófica pertencente ao terceiro nível trófico, no entanto, com diferenças estatisticamente significativas. Isso pode ter decorrido em função dos dois métodos apresentarem vias distintas na determinação da posição trófica. O método de $\delta^{15}\text{N}$ fornece uma medida em longo prazo da posição trófica do organismo, que pode variar de acordo com a alimentação, em níveis tróficos inferiores ou superiores (Vander-Zanden, *et al.*, 1997). Em contrapartida, a determinação da posição trófica através dos dados de dieta fornece uma medida instantânea do que foi ingerido pelo organismo, o que pode incluir uma fração que não é digerível ou que ainda não foi incorporada ao tecido do consumidor (Manetta *et al.*, 2003).

Para as espécies que não se enquadraram no terceiro nível trófico, foi registrado elevado consumo de material vegetal e detrito/sedimento, e levando em consideração que a fórmula utilizada na determinação da posição trófica considera o volume do item ingerido e a posição trófica conferida a este item, a essas espécies foi atribuído o segundo nível trófico. Baseando-se no proposto por Vander-Zanden *et al.* (1997), a posição trófica atribuída para itens como plantas, detrito e sedimento foi de 1. Portanto, mesmo que o volume destes itens tenha sido elevado, pode ter sido subestimado pelo valor considerado para avaliar a posição trófica destas presas.

Destaca-se também que os valores atribuídos para a posição trófica das presas foram referentes à organismos provenientes de regiões temperadas (Vander-

Zanden *et al.*, 1997) e, que, portanto, podem ter influenciado na variabilidade encontrada neste estudo. Ressalta-se ainda, que para as formas imaturas de Trichoptera, Ephemeroptera, Chironomidae, atribuiu-se a posição trófica de 2,5, conforme Vander-Zanden *et al.* (1997). Considerando que o hábito alimentar destes invertebrados é bem variável, atribuir o mesmo valor para uma ampla variedade de insetos imaturos pode ter introduzido uma fonte de erro na posição trófica dos peixes.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, conclui-se que as hipóteses formuladas foram rejeitadas. Para a primeira, independente dos riachos, os peixes basearam suas dietas em recursos autóctones, indicado igualmente pela maior assimilação de algas no tecido muscular de alguns consumidores. Para a segunda, embora os dois métodos utilizados na determinação da posição trófica dos peixes tenham resultado no terceiro nível trófico, eles apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Ressalta-se que, muito embora a vegetação ripária não tenha contribuído com proporções relevantes de carbono quando comparada as outras fontes de produtores primários, é possível inferir que este recurso tenha sido indiretamente assimilado pelos peixes através da macrobentofauna, dos quais eles se alimentaram amplamente.

REFERÊNCIAS

- Abilhoa V.; Vitule, J. R. S. & Bornatowski, H. (2010). Feeding ecology of *Rivulus luelingi* (Aplocheiloidei: Rivulidae) in a Coastal Atlantic Rainforest stream, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology* **8**, 813-818.
- Adams, T. S. & Sterner, R. W. (2000). The effect of dietary nitrogen content on trophic level ¹⁵N enrichment. *Limnology and Oceanography* **45**, 601-607.
- Allan, J. D. & Castillo, M. M. (2007). *Stream Ecology: Structure and function of running waters*, 2th. Springer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands.
- Alves, G. H. Z.; Tófoli, R. M.; Novakowski, G. C. & Hahn, N. S. (2011). Food partitioning between sympatric species of Serrapinnus (Osteichthyes, Cheirodontinae) in a tropical stream. *Acta Scientiarum Biological Sciences* **33**, 153-159.
- Araújo-Lima, C. A. R. M.; Forsberg, B. R.; Victória, R. L. & Martinelli, L. A. (1986). Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. *Science* **234**, 1256-1258.

Barbee, N. C. (2005). Grazing insects reduce algal biomass in a neotropical stream. *Hydrobiologia* **532**, 153-165.

Barreto, A. P. & Aranha, J. M. R. (2006). Alimentação de quatro espécies de Characiformes de um riacho da Floresta Atlântica, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **23**, 779-788.

Benedito-Cecílio, E.; Araújo-Lima, C. A. R. M.; Forsberg, B. R.; Bittencourt, M. M. & Martinelli, L. C. (2000). Carbon sources of Amazonian fisheries. *Fisheries Management and Ecology* **7**, 305-315.

Boyero, L.; Ramírez, A.; Dudgeon, D. & Pearson, R. G. Are tropical streams really different. *The North American Benthological Society* **28(2)**, 397-403.

Braga, F. M. S. & Gomiero, L. M. (2009). Alimentação de peixes na microbacia do Ribeirão Grande, Serra da Mantiqueira oriental, SP. *Biota Neotropica* **9**, 207-211.

Brito, E. F.; Moulton, T. P.; Souza, M. L. & Bunn, S. E. (2006). Stable isotope analysis indicates microalgae as the predominant food source of fauna in a coastal Forest stream, south-east Brazil. *Austral Ecology* **31**, 623-633.

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**, 1-14.

Cionek, V. M.; Beaumord, A. C. & Benedito, E. (2011). Protocolo de avaliação rápida do ambiente para riachos inseridos na região do Arenito-Cauiá, Noroeste do Paraná. *Coleção Fundamentum*. **72**, 1- 47.

Cummins, K. W. (1973). Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology* **18**, 183-206.

Esteves, K. E. & Lobón-Cerviá, J. (2001). Composition and trophic structure of a fish community of a clear water Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes* **62**, 429-440.

Franssen, N. R. & Gido, K. B. (2006). Use of Stable Isotopes to Test Literature-based Trophic Classifications of Small-bodied Stream Fishes. *The American Midland Naturalist* **156**, 1-10.

Graça, W. J. & Pavanelli, C. S. (2007). *Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes*. Maringá: Eduem, 241 p.

Hahn, N.S.; Fugii, R.; Almeida, V. L. L.; Russo, M. R. & Loureiro, V. E. (1997). Dieta e atividade alimentar de peixes do reservatório de Segredo. In *Reservatório de Segredo - bases ecológicas para o manejo* (Agostinho, A. A., Gomes, L. C., eds), pp. 141-162. Maringá: Eduem.

Hamilton, S. K.; Lewis, W. M. & Sippel, S. J. (1992). Energy sources for aquatic animals in the Orinoco River floodplain: evidence from stable isotopes. *Oecologia* **89**, 324-330.

Harding, J. S.; Benfield, E. F.; Bolstad, P. V.; Helfman, G. S. & Jones, E. B. D. (1998). Stream biodiversity: The ghost of land use past. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **95**, 14843-14847.

Hellawell, J. M. & Abel, R. (1971). A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. *Journal of Fish Biology* **3**, 29-37.

Hill, W. R.; Ryon, M. G. & Schilling, E. M. (1995). Light Limitation in a Stream Ecosystem: Responses by Primary Producers and Consumers. *Ecology* **76** (4), 1297-1309.

Hoeinghaus, D. J.; Winemiller, K. O. & Agostinho, A. A. (2008). Hydrogeomorphology and river impoundment affect food-chain length of diverse Neotropical food webs. *Oikos* **117**, 984-995.

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

IAP - *Plano de Manejo Reserva Florestal de Jurema* (Parque Estadual de Amaporã). (1996). Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Paranavaí, 1996.

Irons, J. G.; Oswood, M. W.; Stout, R. J. & Pringle, C. M. (1994). Latitudinal patterns in leaf litter breakdown: is temperature really important? *Freshwater Biology* **32**, 401-411.

Lau, D. C.; Leung, K. M. Y. & Dudgeon, D. (2009). What does stable isotope analysis reveal about trophic relationships and the relative importance of allochthonous and autochthonous resources in tropical streams? A synthetic study from Hong Kong. *Freshwater Biology* **54**, 127-141.

Li, A. O. Y. & Dudgeon, D. (2009). Shredders: species richness, abundance, and role in litter breakdown in tropical Hong Kong streams. *Journal of the North American Benthological Society* **28** (1), 167-180.

Manetta, G. I.; Benedito-Cecílio, E. & Martinelli, M. (2003). Carbon sources and trophic position of the main species of fishes of Baía River, Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **63**, 283-290.

Mantel, S. K.; Salas & M.; Dudgeon, D. (2004). Foodweb structure in a tropical Asian forest stream. *The North American Benthological Society* **23**, 728-755.

Melo, C. E.; Machado, F. A. & Pinto-Silva, V. (2004). Feeding habits of fish a stream in the savanna of Central Brazil, Araguaia Basin. *Neotropical Ichthyology* **2**, 37-44.

- Moulton, T. P. (2006). Why the world is green, the waters are blue and food webs in small streams in the Atlantic rainforest are predominantly driven by microalgae? *Oecologia Brasiliensis* **10**, 78-89.
- Naiman, R. J. & Décamps, H. (1997). The ecology of interfaces – riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics* **28**, 621-658.
- Oliveira, A. L. H. & Nessimian, J. L. (2010). Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* **22(4)**, 424-441.
- Parnell, A.C.; R. Inger; S. Bearhop & A.L. Jackson. (2010). Source Partitioning Using Stable Isotopes: Coping with Too Much Variation. *PLoS ONE* **5**, 1-5.
- Pelicice, F. M. & Agostinho, A. A. (2008). Fish-Passage Facilities as Ecological Traps in large neotropical rivers. *Conservation Biology* **22**, 180-188.
- Pilger, T. J.; Gido, K. B. & Propst, D. L. (2010). Diet and trophic niche overlap of native and nonnative fishes in the Gila River, USA: implications for native fish conservation. *Ecology of Freshwater Fish* **19**, 300-321.
- Post, D. M. (2002). Using Stable Isotopes to Estimate Trophic Position: Models, Methods, and Assumptions. *Ecology* **83**, 703-718.
- Rezende, C. F. & Mazzoni, R. (2005). Seasonal variation in the input of allochthonous matter in a Atlantic rain Forest stream, Ilha Grande-RJ. *Acta Limnologica Brasiliensis* **17**, 167-175.
- Rolla, A. P. P. R.; Esteves, K. E. & Silva, A. O. A. (2009). Feeding ecology of a stream fish assemblage in a Atlantic Forest remnant (Serra do Japi, SP, Brazil). *Neotropical Ichthyology*. **7**, 65-76.
- Rybczynski, S. M.; Walters, D. M.; Fritz, K. M. & Johnson, B. R. (2008) Comparing trophic position of stream fishes using stable isotope and gut content analyses. *Ecology of Freshwater Fish* **17**, 199-206.
- Tófoli, R. M.; Hahn, N. S.; Alves, G. H. Z. & Novakowski, G. C. (2010) Uso do alimento por duas espécies simpátricas de Moenkhausia (Characiformes, Characidae) em um riacho da região Centro-Oeste do Brasil. *Iheringia. Série Zoológica* **100**, 201-206.
- Tomanova, S.; Goitia, E. & Helesic, J. (2006). Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hidrobiologia* **556**, 251-264.
- Uieda, V. S. & Motta, R. L. (2007). Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. *Acta Limnologica Brasiliensis* **19**, 15-30.
- Vander- Zanden, M. J.; Cabana, G. & Rasmussen, J. B. (1997) Comparing trophic position of calculated using stable nitrogen isotope ratios ($\delta^{15}\text{N}$ and literature dietary data). *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences* **54**, 1142-1158.

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

Wantzen, K. M.; Ramírez, A. & Winemiller, K. O. (2006). New vistas in Neotropical stream ecology – preface. *Journal North American Benthological Society* **25**, 61-65.