



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

DÉBORA FERNANDES SILVA BERNARDINO

**ECOLOGIA TRÓFICA EM RIACHOS DE MONTANHA DA  
MATA ATLÂNTICA**

---

Londrina  
2017

DÉBORA FERNANDES SILVA BERNARDINO

**ECOLOGIA TRÓFICA EM RIACHOS DE MONTANHA DA  
MATA ATLÂNTICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas.

Orientadora: Dra. Sirlei Terezinha Bennemann.  
Coorientador: Dr. José Luís Olivan Birindelli.

Londrina  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Bernardino, Débora Fernandes Silva.

Ecologia trófica em riachos de montanha da mata atlântica / Débora Fernandes Silva Bernardino. - Londrina, 2017.

78 f. : il.

Orientador: Sirlei Terezinha Bennemann.

Coorientador: José Luís Olivan Birindelli.

Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Riacho íntegro - Tese. 2. Origem dos recursos - Tese. 3. Teia trófica - Tese. 4. Preferência alimentar - Tese. I. Bennemann, Sirlei Terezinha. II. Birindelli, José Luís Olivan. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

DÉBORA FERNANDES SILVA BERNARDINO

**ECOLOGIA TRÓFICA EM RIACHOS DE MONTANHA DA MATA  
ATLÂNTICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora Prof. Dr. Sirlei Terezinha Bennemann  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo de Alvarenga Júlio  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Ana Paula Vidotto Magnoni  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui  
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul -  
UEMS

---

Fernando Rogério de Carvalho  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul –  
UFMS

Londrina, 07 de novembro de 2017.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à orientadora, Dra. Sirlei Terezinha Bennemann, por todos os anos de convivência. Agradeço não só pela orientação na tese, mas também por sua amizade, confiança e incentivo.

Ao coorientador, Dr. José Luís O. Birindelli, pelas sugestões e ajuda na elaboração do trabalho.

À Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas pelo suporte.

À CAPES pela bolsa concedida e pelos recursos fornecidos.

À empresa Klabin S.A. pelo apoio à realização do trabalho.

Ao meu colega de laboratório João Fernando Marques da Silva pelas ideias e constante disponibilidade para ajudar durante a elaboração do trabalho.

Aos colegas e técnicos do Museu de Zoologia da UEL, pela colaboração nos trabalhos de campo.

Aos meus pais, Edinelson e Rosane, pela ajuda e apoio constante, especialmente nos momentos de maior necessidade.

Ao meu marido, Maikon, pela paciência, suporte, compreensão, amor e incentivo durante todo o processo de elaboração da tese.

Aos meus filhos, Heitor e Elis, que, mesmo ainda tão pequenos para entender a complexidade das coisas, tornaram-se um grande estímulo para mim na concretização desta etapa.

BERNARDINO, Débora Fernandes Silva. **Ecologia trófica em riachos de montanha da Mata Atlântica**. 2017. 78 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## RESUMO

Fazer inferências e estabelecer comparações sobre a alimentação de peixes de riachos tropicais é algo difícil, devido à lacuna de conhecimentos sobre a disponibilidade de recursos alimentares e à insuficiente caracterização dos ambientes estudados (o tipo de riacho e seu estado de conservação são raramente mencionados). Neste contexto, o presente trabalho tem como foco o estudo da ecologia trófica em riachos de montanha da Mata Atlântica. Três riachos em uma mesma região foram amostrados: riacho Varanal, o referência, e os riachos João Pinheiro e Preto, com graus de interferências antrópicas. Para conhecer quais os alimentos utilizados e sua importância relativa, os recursos alimentares consumidos foram analisados qualitativa e quantitativamente, bem como a proporção por origem dos alimentos e como as alterações ambientais influenciam na utilização destes recursos (Capítulo 1). Além disso, foram analisados os tratos digestórios de alguns organismos coletados no ambiente e consumidos pelos peixes a fim de se estabelecer uma teia trófica para o trecho médio do riacho referência (Capítulo 2). Por fim, no capítulo 3, a espécie *Trichomycterus davisi* foi selecionada, por ser única na nascente do riacho Varanal e dominante nos demais trechos, para verificar as relações entre sua dieta e a disponibilidade de alimento. Os dois capítulos iniciais fazem parte de um estudo mais amplo sobre Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica. Os resultados revelaram uma alta variedade de organismos consumida pelos peixes, mas poucos foram destacados em valores de ocorrência e dominância, acima de 10%, e os insetos aquáticos se destacaram entre os principais. Nos trechos dos riachos impactados houve diminuição do consumo de insetos e houve aumento na utilização de detrito pelos peixes, assim como aumento de alimentos de origem mista. No riacho referência o item Chironomidae, de maior abundância, foi utilizado pela metade da população, enquanto nos riachos impactados esse mesmo item foi utilizado por quase toda população. Foi constatado que no riacho íntegro os peixes aproveitam a maioria dos recursos alimentares disponíveis, maximizando a tomada de alimentos. Nestes tipos de ambiente, a vegetação ripária preservada fornece a matéria orgânica de origem alóctone, que é utilizada pelos macroinvertebrados e, de forma indireta, pelos peixes, e constitui a base da cadeia de detritos em riachos de montanha.

**Palavras-chave:** Riacho íntegro. Origem dos recursos. Teia trófica. Preferência alimentar. Disponibilidade de recursos.

BERNARDINO, Débora Fernandes Silva. **Trophic ecology in mountain streams of the Atlantic Forest**. 2017. 78 p. Thesis (Doctorate in Biological Sciences) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

## ABSTRACT

It is difficult to make inferences and comparisons about fish feeding in tropical streams, considering the lack of knowledge about the availability of food resources and the often poor characterization of the studied environments (type of stream and its state of conservation are rarely mentioned). In this context, the present study focuses on the investigation of the trophic ecology of fishes living in the mountain streams of the Atlantic Forest. Three sites were sampled in the same region: Varanal stream, the reference site, and João Pinheiro and Preto streams, with distinct degrees of anthropic interferences. In order to know what food items were used and their importance in the diet, the food resources consumed were analyzed qualitatively and quantitatively, as well as the proportion by the origin of the food and how the environmental characteristics influence the use of these resources (Chapter 1). In addition, the digestive tracts of some organisms collected in the environment and consumed by the fishes were analyzed in order to establish a trophic web for the middle section of the reference stream (Chapter 2). Finally, in Chapter 3, *Trichomycterus davisi* was selected, because it is the only species in the uppermost site of Varanal stream and it is the dominant species in the other sites, to verify the relationships between their diet and the food availability. The two initial chapters are part of a larger study on the Ecology of mountain streams in the Atlantic Forest. The results revealed a high variety of organisms consumed by the fish, but few were highlighted in values of occurrence and dominance, above 10%, and aquatic insects stood out among the main ones. In the sites of impacted streams there was a decrease in the consumption of insects and there was an increase in the use of detritus by fish, as well as an increase in food of mixed origin. In the reference stream, the most abundant item Chironomidae was used by half of the population, whereas in the impacted streams this same item was used by almost all the population. It was verified that in the pristine stream the fishes use as much food resources as available, maximizing food intake. In these types of environment, the preserved gallery forest provides organic matter of allochthonous origin, which is indirectly used by fishes and constitutes the base of the debris chain in the streams.

**Key-words:** Pristine stream. Resources origin. Trophic web. Feeding preference. Availability of resources.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Área de Estudo e Metodologia de Amostragens

- Figura 1:** Riacho Varanal (RV), locais de coleta RV-1: trecho superior, RV-2: trecho médio e RV-3: trecho inferior. Estado de conservação dos fragmentos de Mata Atlântica e localização da bacia do rio Tibagi no Estado do Paraná, Brasil ..... 16
- Figura 2:** Riacho João Pinheiro (JP), locais de coleta JP-1: trecho superior, JP-2: trecho médio e JP-3: trecho inferior. Estado de conservação dos fragmentos de Mata Atlântica e localização da bacia do rio Tibagi no Estado do Paraná, Brasil ..... 17
- Figura 3:** Riacho Preto (RP), locais de coleta RP-1: trecho superior, RP-2: trecho médio e RP-3: trecho inferior. Estado de conservação dos fragmentos de Mata Atlântica e localização da bacia do rio Tibagi no Estado do Paraná, Brasil ..... 18
- ### Capítulo 1
- Figura 1:** Representação esquemática das estratégias alimentares de peixes ..... 26
- Figura 2:** Frequência de ocorrência dos principais itens alimentares consumidos pelos peixes nos três riachos ..... 30
- Figura 3:** Porcentagem de dominância dos principais itens alimentares consumidos pelos peixes, nos três riachos ..... 31
- Figura 4:** Composição percentual dos itens alimentares, agrupados quanto à origem, encontrados no conteúdo gástrico das espécies de peixes coletadas nos três riachos ..... 32
- Figura 5:** Porcentagem de dominância dos itens alimentares, agrupados quanto à origem, encontrados no conteúdo gástrico das espécies de peixes coletadas nos três riachos ..... 32
- Figura 6:** Estratégia alimentar das populações de espécies dominantes coletadas nos riachos Varanal, João Pinheiro e Preto. Os números correspondem aos itens alimentares apresentados na tabela 1 ..... 37
- Figura 7:** Estratégia alimentar das populações de *Trichomycterus davisi* coletadas em diferentes trechos dos riachos Varanal, João Pinheiro e Preto. Os números correspondem aos itens alimentares apresentados na tabela 1 ..... 38

## Capítulo 2

- Figura 1:** Representação da organização trófica no trecho médio do riacho Varanal. Setas tracejadas representam itens consumidos por *Trichomycterus davisi*, setas em negrito os itens consumidos por *Astyanax cf. paranae* e setas onduladas os consumidos pelos outros organismos da teia trófica ..... 49

## Capítulo 3

- Figure 1.** Varanal stream (RV), sampling sites RV-1: uppermost, RV-2: middle site and RV-3: lowermost site. Conservation status of Atlantic Forest remnants and location of the Tibagi river basin in the state of Paraná, Brazil ..... 56
- Figure 2.** Feeding strategy of *T. davisi* in the Varanal stream. Every single point represents different prey types in A - food items consumed in totality; B – food items consumed in the uppermost site (RV-1); C - food items consumed in the middle site (RV-2) and D - food items consumed in the lowermost site (RV-3). Numbers correspond to food items in Table 2 ..... 59
- Figure 3.** Insects composition in the diet of *T. davisi* and in the environment. The numbers correspond to the food items in Table 2. A = Total, B = uppermost section (RV-1), C = middle section (RV-2), and D= lowermost section (RV-3) ..... 60

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

**Tabela 1:** Composição e abundância de peixes amostradas nos três trechos de cada riacho, Varanal (RV-1, RV-2 e RV-3), João Pinheiro (JP-1, JP-2, JP-3) e Preto (RP-1, RP-2, RP-3) ..... 27

**Tabela 2:** Ocorrência (O), frequência de ocorrência (%F), dominância (D) e porcentagem de dominância (%D) dos itens alimentares encontrados no conteúdo gástrico dos peixes coletados nos três riachos. Os itens estão marcados quanto ao estágio de desenvolvimento (a=adultos; i=imaturas e p=pupas) e à origem (\*=alóctone, \*\*=origem mista e não marcados=autóctone) ..... 28

### Capítulo 2

**Tabela 1:** Percentuais da frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos por Leptophlebiidae (n=15), Gomphidae (n=7), Libellulidae (n=6), Megaloptera (n=10) e *Aegla castro* (n=40) (ni = não identificados).... 46

**Tabela 2:** Frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos por *Trichomycterus davis* e *Astyanax* cf. *paranae* no trecho médio do Varanal. Os itens estão marcados quanto ao estágio de desenvolvimento (a=adultos; i=imaturas e p=pupas) e à origem (\*=alóctone, \*\*=origem mista e não marcados=autóctone) ..... 47

### Capítulo 3

**Table 1.** Mean values of physical and chemical attributes of the sampled sites, Varanal stream ..... 56

**Table 2.** Occurrence (O), dominance (D), frequency of occurrence (%FO), percentage composition (%CP), percentage abundance of prey type (%Pi) of food items consumed by *Trichomycterus davis* in Varanal stream. (a=adults, i=imature and p= pupa) ..... 58

**Table 3.** Food preferences of *T. davis* in the Varanal stream.  $E_i$  = Electivity Index; %CP = percentage composition of insects in the diet; %I = percentage of the insects in the environment. In **bold** =  $E_i$  values of preferred food items ..... 60

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	10
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	12
<b>ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA DE AMOSTRAGENS</b> .....	15
DESCRICHÃO DOS RIACHOS.....	15
RIACHO VARANAL .....	15
RIACHO JOÃO PINHEIRO .....	16
RIACHO PRETO .....	18
AMOSTRAGEM DA FAUNA AQUÁTICA .....	19
COLETA DE PEIXES .....	19
COLETA DE MACROINVERTEBRADOS .....	20
REFERÊNCIAS .....	20
<b>CAPÍTULO 1 - ORIGEM DOS RECURSOS CONSUMIDOS PELOS PEIXES E ALIMENTOS PRINCIPAIS DAS ESPÉCIES DOMINANTES</b> .....	22
INTRODUÇÃO.....	23
ANÁLISE DOS DADOS.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
REFERÊNCIAS.....	39
<b>CAPÍTULO 2 - ORGANIZAÇÃO TRÓFICA DE UM RIACHO DE MONTANHA ÍNTEGRO.....</b>	43
INTRODUÇÃO .....	44
ANÁLISE DOS DADOS .....	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
REFERÊNCIAS .....	50
<b>CAPÍTULO 3 - FEEDING SELECTIVITY IN RELATION TO FOOD AVAILABILITY OF Trichomycterus davisi (SILURIFORMES: TRICHOMYCTERIDAE) IN A PRISTINE STREAM OF THE UPPER PARANÁ RIVER (SOUTHERN BRAZIL)</b> .....	53
1 INTRODUCTION .....	55

2	MATERIAL AND METHODS .....	55
3	RESULTS .....	57
4	DISCUSSION .....	61
5	ACKNOWLEDGEMENTS .....	62
6	REFERENCES .....	63
	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>67</b>
	<b>ANEXOS . .....</b>	<b>69</b>
	ANEXO A – Normas da EDUEL .....	70
	ANEXO B – Normas da revista Biota Neotropica .....	75

## INTRODUÇÃO GERAL

Os efeitos das atividades humanas sobre os sistemas aquáticos tropicais são pouco compreendidos ainda, pois o ritmo de deterioração excede o ritmo de pesquisa científica para entender as respostas dos ecossistemas (RAMÍREZ; PRINGLE; WANTZEN, 2008). Nas últimas décadas, as interferências e distúrbios ocorridos nos corpos d'água de pequeno porte e as consequências para a ictiofauna e demais organismos aquáticos tornam urgentes os estudos para um maior entendimento acerca da ecologia destes organismos nestes ecossistemas, especialmente em condições naturais.

Quando o enfoque é dado a riachos em regiões tropicais, as informações ecológicas são ainda mais escassas, visto que estes ecossistemas respondem à degradação ambiental de forma diferente de regiões temperadas, quando se considera o conhecimento publicado e divulgado sobre ecologia de riachos (RAMÍREZ; PRINGLE; WANTZEN, 2008).

Para o entendimento da ecologia é necessário o conhecimento do funcionamento de ambientes íntegros, que possibilita a elucidação de importantes questões ecológicas envolvendo o comportamento e o papel das espécies, bem como os recursos alimentares utilizados. Riachos que ainda possuem condições de integridade biótica podem servir como referência para o diagnóstico de interferências antrópicas e gerar possíveis ações de conservação. No Brasil, os estudos de riachos focados na ecologia são incipientes e, mais raros ainda, de riachos em boas condições de integridade, o que torna o entendimento da ecologia incompleto, ou leva a uma interpretação ecológica incorreta. Nos diversos enfoques dos estudos sobre ecologia trófica de peixes de riachos no Brasil, sumarizados por Esteves e Aranha (1999), foram identificados problemas como a baixa representatividade destes tipos de trabalhos em algumas regiões e a falta de abordagens que considerem aspectos comportamentais e as interações bióticas do ecossistema. Embora tenham sido intensificados os estudos de riachos brasileiros nos últimos anos, há necessidade de expandir novas tendências, tornando-os voltados para teorias ecológicas (DIAS et al., 2016).

Os estudos de ecologia trófica em riachos têm como objetivo adquirir conhecimentos que abordam as relações entre os organismos e as condições do ambiente, e também a disponibilidade de recursos para os mesmos. São úteis para se compreender a dinâmica destes ecossistemas e são importantes ferramentas ecológicas com aplicação para conservação e manejo (LIMA et al., 2016).

As informações sobre a alimentação de peixes em riachos brasileiros são incipientes, principalmente, quando se compara à quantidade de trabalhos existentes sobre rios e represas

e à área que compreende os riachos do país (BRANDÃO-GONÇALVES; OLIVEIRA; LIMA-JUNIOR, 2010). Para a compreensão de algumas relações tróficas em ecossistemas aquáticos, o estudo da alimentação de peixes é uma das melhores ferramentas na interpretação dos recursos disponíveis no ambiente (RUSSO et al., 2002). Além do conhecimento dos recursos utilizados pelos peixes, é preciso também reconhecer e identificar o que os outros organismos consomem, a fim de se estabelecer as relações alimentares e, conseqüentemente, as possíveis teias tróficas. Segundo Bowen (1983), a cadeia de detritos é característica das bacias hidrográficas, e vários estudos têm indicado a importância dos detritos para a dieta de muitos organismos, especialmente insetos aquáticos (BAPTISTA et al., 1998; MOTTA; UIEDA, 2004; MOTTA; UIEDA, 2005).

Os peixes de riacho, por sua vez, utilizam insetos e vegetais como principais recursos alimentares em ambientes íntegros. Nos estudos publicados em riachos do Brasil é abordada a origem dos recursos que abastecem estes ambientes. Alimentos alóctones, especialmente insetos terrestres, têm sido considerados mais importantes recursos utilizados pela ictiofauna em muitos estudos, mesmo sem a caracterização quanto ao tipo de riacho estudado ou seu estado de conservação (MELO; MACHADO; PINTO-SILVA, 2004; FERREIRA; GERHARD; CYRINO, 2012; SILVA; DELARIVA; BONATO, 2012). No entanto, outros autores ressaltam a importância dos alimentos autóctones, como algas e insetos aquáticos (ARAÚJO-LIMA; AGOSTINHO; FABRÉ, 1995; UIEDA; KIKUCHI, 1995).

Neste contexto, a falta de informações sobre o estado de conservação do riacho e sua classificação quanto ao tipo em questão dificulta a interpretação e o entendimento da ecologia trófica deste ecossistema. Segundo Borba et al. (2008), a vegetação ribeirinha é a maior fonte de recursos alimentares para a ictiofauna em ecossistemas íntegros. Estes recursos podem servir de alimento diretamente para os peixes ou ter como função aumentar a quantidade de matéria orgânica particulada, importante para a alimentação de organismos invertebrados, que, por sua vez, servem de alimento aos peixes (POWER et al., 1988). A incorporação de material alóctone ao ecossistema de riacho fortalece a ligação entre ambientes aquáticos e terrestres (UIEDA; MOTTA, 2007).

Um grande problema, quando se estuda ecologia em riachos é a falta dos dados e da caracterização ambiental. Análises comparativas somente são plausíveis dentro de uma mesma região, em riachos de mesmo tipo e, principalmente, com mesmas condições de integridade. Dentro deste contexto, Silva et al. (no prelo), propuseram um guia metodológico para o estudo de atributos físicos de riachos, fazendo parte de um estudo de riachos de montanha da Mata Atlântica, em que um riacho íntegro e dois riachos impactados foram

avaliados nos atributos físicos do habitat concomitantemente com a amostragem biológica (BENNEMANN; SILVA, no prelo).

Desta forma, esta tese é uma proposta para o entendimento da ecologia trófica em riachos de montanha da Mata Atlântica, abordando a composição da dieta das espécies de peixes e macroinvertebrados, a organização trófica e a disponibilidade de recursos. Dois capítulos fazem parte de um estudo do livro: *Ecologia de Riachos de Montanha da Mata Atlântica* (BENNEMANN; SILVA, no prelo). No capítulo 1 foi realizado um estudo comparativo do riacho referencial com outros dois riachos com diferentes impactos ambientais, para análise dos alimentos consumidos pelos peixes e a origem dos mesmos, bem como a influência das alterações ambientais. No capítulo 2 foi avaliada a organização trófica em um dos trechos do riacho referência, mostrando o padrão de funcionamento da rota de ciclagem da matéria orgânica e o papel do crustáceo *Aegla castro* Schmitt, 1942 como fragmentador da matéria orgânica.

Além destes dois capítulos, o Capítulo 3 trata-se de um artigo em que foram utilizadas as amostragens realizadas nos três trechos do mesmo riacho referência. A abordagem também é ecologia trófica, pois um sistema aquático em condições naturais é o melhor cenário para entender como uma espécie de peixe usa os recursos alimentares de maneira mais eficiente. Assim, a única espécie de peixe *Trichomycterus davisi* (Haseman, 1911) presente em todos os trechos e única no trecho superior, foi avaliada com o objetivo de examinar os alimentos principais e o comportamento da espécie em relação à disponibilidade de recursos alimentares.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; AGOSTINHO, A.A.; FABRÉ, N.N. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Ed.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995, p. 105-136.
- BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; DORVILÉ, L.F.N.; NESSIMIAN, J.L. O conceito de continuidade de rios é válido para rios de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil? In: NESSIMIAN, J.L.; CARVALHO, A.L. (Ed.). *Oecologia Brasiliensis: Ecologia de Insetos Aquáticos*. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1998, v. 5, p. 209-222.
- BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M. (orgs.). *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica*. Londrina: Eduel, (no prelo).
- BORBA, C.S.; FUGI, R.; AGOSTINHO, A.A.; NOVAKOWSKI, G.C. Dieta de *Astyanax asuncionensis* (Characiformes, Characidae), em riachos da bacia do rio Cuiabá, estado do Mato Grosso. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v. 30, n. 1, p. 39-45, 2008.
- BOWEN, S.H. Detritivory in neotropical fish communities. *Environmental Biology of Fishes*, v. 9, n. 2, p. 137-144, 1983.
- BRANDÃO-GONÇALVES, L.; OLIVEIRA, S.A.; LIMA-JUNIOR, S.E. Hábitos alimentares da ictiofauna do córrego Franco, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 2, p. 21-30, 2010.
- DIAS, M.S. et al. Trends in studies of Brazilian fish assemblages. *Natureza & Conservação*, v. 14, n. 2, p. 106 -111, 2016.
- ESTEVES, K.E.; ARANHA, J.M.R. Ecologia trófica de peixes de riachos. In: CARAMASCHI, E.P.; MAZZONI, R.; PERES-NETO, P.R. (Ed.). *Oecologia Brasiliensis: Ecologia de peixes de riachos*. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1999. v. 6, p. 157-182.
- FERREIRA, A.; GERHARD, P.; CYRINO, E.P. Diet of *Astyanax paranae* (Characidae) in streams with different riparian land covers in the Passa-Cinco River basin, southeastern Brazil. *Iheringia Série Zoologia*, Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, v. 102, n. 1, p. 80-87, 2012.
- LIMA, F.P. et al. Feeding ecology of *Rhinodoras dorbignyi* (Kner, 1855) (Siluriformes: Doradidae) in the Paranapanema River, SP, Brazil. *Biotemas*, v. 29, n. 1, p. 67-73, 2016.
- MELO, C.E.; MACHADO, F. DE A.; PINTO-SILVA, V. Feeding habits of fish from a stream in the savana of Central Brazil, Araguaia Basin. *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ictiologia, v. 2, n. 1, p. 37-44, 2004.
- MOTTA, R.L.; UIEDA, V.S. Diet and trophic groups of an aquatic insect community in a tropical stream. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, v. 64, n. 4, p. 809-817, 2004.

- MOTTA, R.L.; UIEDA, V.S. Food Web structure in a tropical stream ecosystem. *Austral Ecology*, Canberra: Ecological Society of Australia, v. 30, n. 1, p. 58-73, 2005.
- POWER et al. Biotic and abiotic controls in river and stream communities. *Journal of North American Benthological Society*, v. 7, n. 4, p. 456-479, 1988.
- RAMÍREZ, A.; PRINGLE, C.M.; WANTZEN, K.M. Tropical stream conservation. In: DUDGEON, D. (Ed.). *Tropical stream ecology*. Oxford:Elsevier, 2008, 370p.
- RUSSO, M.R., FERREIRA, A.; DIAS R.M. Disponibilidade de invertebrados aquáticos para peixes bentófagos de dois riachos da bacia rio Iguaçu, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum*, v. 24, n. 2, p. 411- 417, 2002.
- SILVA, J.C.; DELARIVA, R.L.; BONATO, K.O. Food-resource partitioning fish species from a first-order stream in northwestern Paraná, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ictiologia, v. 10, n. 2, p. 389-399, 2012.
- SILVA, J.F.M.; RAIJO, C.B.; JEREP, F.C.; BENNEMANN, S.T. Guia metodológico para estudo de atributos físicos do habitat. In: BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M. (Org.). *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica*. Londrina: Eduel, (no prelo).
- UIEDA, V.S.; KIKUCHI R.M. Entrada de material alóctone (detritos vegetais e invertebrados terrestres) num pequeno curso de água corrente na costa de Botucatu, São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 7, p. 105-114, 1995.
- UIEDA, V.S.; MOTTA. R.L. Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Rio Claro: Associação Brasileira de Limnologia, v. 19, n. 1, p. 15-30, 2007.

## ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA DE AMOSTRAGENS

A bacia do rio Tibagi abrange o primeiro, o segundo e o terceiro planalto Paranaense, com 24.712 Km<sup>2</sup> de drenagem. O rio Tibagi possui 551 Km e é o terceiro em tamanho no estado do Paraná (FRANÇA, 2002). As nascentes estão localizadas na região dos Campos Gerais ao Sul, e o curso do rio atravessa o Estado do Paraná até onde desemboca ao Norte no rio Paranapanema, na divisa do Estado de São Paulo (MAACK, 1981). Conforme a climatologia, a bacia do rio Tibagi está dividida em três regiões. A região média é considerada de transição climática, entre o clima tropical, ao norte, e o clima subtropical, ao Sul (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2002).

Os três riachos selecionados neste estudo, o afluente (riacho Varanal) e os subafluentes (riachos João Pinheiro e Preto) do rio Tibagi, estão localizados na região média, na zona de transição climática (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2002). Os três riachos de montanha da Mata Atlântica, foram amostrados em três trechos ao longo de suas extensões. Um deles, o riacho Varanal, considerado referência para a região devido aos seus altos valores de integridade biótica (BENNEMANN; SHIBATTA; VIEIRA, 2008), foi comparado com outros dois riachos: João Pinheiro e Preto, que apresentam alterações antrópicas, possibilitando conhecer as influências das mesmas na organização trófica e disponibilidade dos recursos alimentares para a biota deste tipo de ambiente aquático.

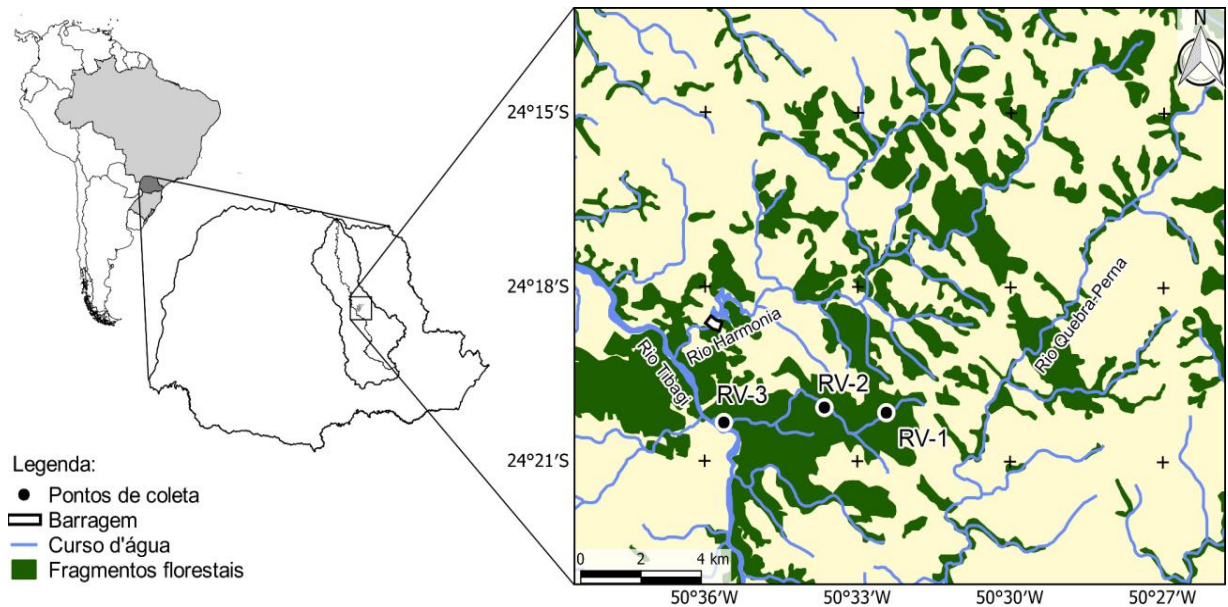
A descrição completa e detalhada das características ambientais e a classificação de integridade ambiental destes riachos constitui um capítulo do livro sobre ecologia de riachos de montanha (SILVA et al., no prelo), do qual os capítulos I e II desta tese constituem parte.

## DESCRIÇÃO DOS RIACHOS

### RIACHO VARANAL

O riacho Varanal, com 9.220 m de extensão é um afluente do rio Tibagi e está localizado no município de Telêmaco Borba, estado do Paraná, na Fazenda Monte Alegre, propriedade da Empresa Klabin S.A., com altitudes de 840 m no trecho superior, 707 m no trecho médio e 637 m no trecho inferior. O trecho superior (RV-1) é de 1<sup>a</sup> ordem e está localizado nas coordenadas 24°20'9.78"S e 50°32'25.96"O, o médio (RV-2) é de 2<sup>a</sup> ordem e

localizado nas coordenadas 24°20'4.60"S e 50°33'39.00"O e o inferior (RV-3), também de 2ª ordem, nas coordenadas 24°20'20.40"S e 50°35'37.42"O (Figura 1).



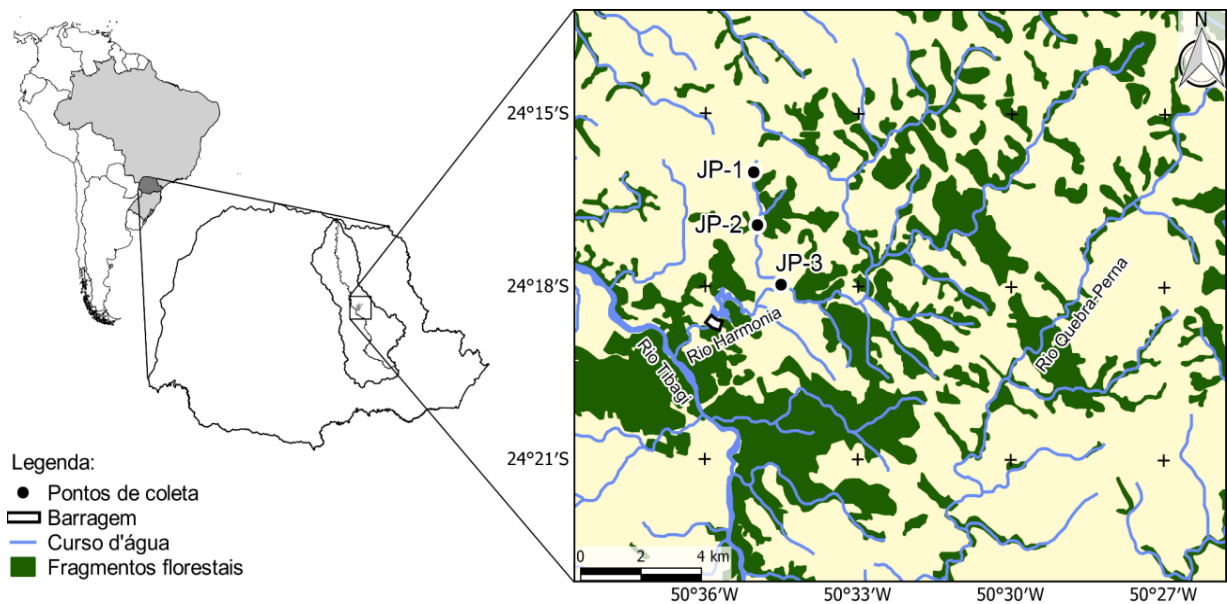
**Figura 1:** Riacho Varanal (RV), locais de coleta RV-1: trecho superior, RV-2: trecho médio e RV-3: trecho inferior. Estado de conservação dos fragmentos de Mata Atlântica e localização da bacia do rio Tibagi no Estado do Paraná, Brasil. Fonte: SILVA et al. (no prelo a).

O trecho superior do riacho Varanal é caracterizado com o leito estreito e pouco profundo, com substrato argiloso e presença de seixos. O fluxo de água é uniforme e com baixa vazão, e o meso-habitat corredor é dominante, além de pequenos poções com folhiço. No trecho médio, mais heterogêneo, o fluxo de água alterna de rápido nas corredeiras a lento nos poções. O leito é mais largo e mais profundo do que o trecho superior, com substrato composto por areia, seixos e alguns matacões. O trecho inferior apresenta a largura média semelhante a do trecho médio e possui maior vazão, pois a profundidade e a velocidade da água são maiores. A parte final deste trecho é mais encaixada, e os barrancos são formados por argila e rochas. O substrato dominante é composto por argila, pouca areia e rochas. O fluxo de água se alterna entre áreas rápidas na porção superior do trecho, áreas de corredeiras e mais calmas nas áreas mais profundas.

#### RIACHO JOÃO PINHEIRO

O riacho João Pinheiro possui 4.390 m de extensão, é um afluente do rio Harmonia e subafluente do rio Tibagi e também está localizado no município de Telêmaco Borba, PR, na

Fazenda Monte Alegre, propriedade da Empresa Klabin S.A. Possui altitudes de 812 m no trecho superior, 741 m no trecho médio e 711 m no trecho inferior. O trecho superior (JP-1) é de 1ª ordem com coordenadas geográficas 24°16'1.32"S e 50°35'3.28"O, o médio (JP-2), localizado nas coordenadas 24°16'56.32"S e 50°34'58.75"O, e o inferior (JP-3), de coordenadas 24°17'58.29"S e 50°34'30.75"O, são de 2ª ordem (Figura 2).

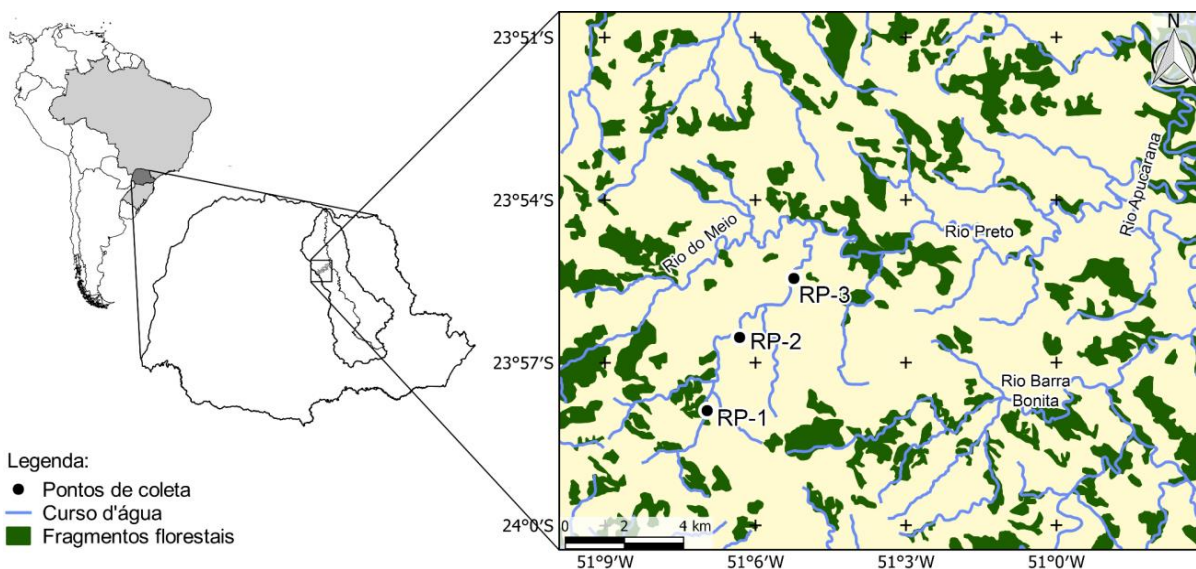


**Figura 2:** Riacho João Pinheiro (JP), locais de coleta JP-1: trecho superior, JP-2: trecho médio e JP-3: trecho inferior. Estado de conservação dos fragmentos de Mata Atlântica e localização da bacia do rio Tibagi no Estado do Paraná, Brasil. Fonte: SILVA et al. (no prelo a).

O trecho superior do riacho João Pinheiro está próximo a uma área de plantio comercial de *Eucalyptus* spp., com leito estreito raso. O substrato é formado por areia e seixos, com a presença de pequenas quedas-d'água. O fluxo de água é uniforme e com baixa vazão, o meso-habitat corredor é dominante, mas há presença de corredeiras. No trecho médio, o substrato predominante é composto de areia e há presença de uma queda-d'água. É mais largo e profundo do que o trecho superior do riacho e, em algumas partes das margens, apresenta gramíneas. O meso-habitat predominante é o corredor, mas há presença de corredeiras e poções. O trecho inferior apresenta várias alterações antrópicas. A mata ripária está alterada, e nas margens há predomínio de gramíneas. O substrato é argiloso e o meso-habitat predominante é corredor.

## RIACHO PRETO

O rio Preto é um afluente do rio Apucarana, cuja nascente se localiza no município de Mauá da Serra, PR, e possui aproximadamente 35 Km de extensão, divisa entre os municípios de Tamarana, PR e Ortigueira, PR. A porção estudada foi a área superior com 13.318 m de extensão, com a denominação de riacho Preto. O entorno é heterogêneo e caracterizado por diferentes usos do solo, com fragmentos de Mata Atlântica e regiões utilizadas para agropecuária. A área estudada apresenta altitudes de 906 m no trecho superior, 858 m no trecho médio e 821m no trecho inferior. O trecho superior (RP-1) é de 2ª ordem, com coordenadas  $23^{\circ}57'53.07''S$  e  $51^{\circ}6'57.82''O$ , o médio (RP-2) e o inferior (RP-3) são de 3ª ordem, com coordenadas geográficas de  $23^{\circ}56'32.06''S$  e  $51^{\circ}6'18.94''O$  e  $23^{\circ}55'26.84''S$  e  $51^{\circ}5'13.95''O$ , respectivamente (Figura 3).



**Figura 3:** Riacho Preto (RP), locais de coleta RP-1: trecho superior, RP-2: trecho médio e RP-3: trecho inferior. Estado de conservação dos fragmentos de Mata Atlântica e localização da bacia do rio Tibagi no Estado do Paraná, Brasil. Fonte: SILVA et al. (no prelo a).

O trecho superior do riacho Preto está localizado em um fragmento florestal. O substrato é formado por seixos e cascalho, com a presença de blocos e matacões. Possui margens com barrancos formados por argila e rochas e os meso-habitats são compostos por corredor e corredeira em proporções semelhantes. O trecho médio apresenta alterações antrópicas, principalmente extração de seixos do leito, que são utilizados para construção. O fundo é composto por depósitos de lama, com poucas áreas de corredeira. As margens são instáveis, com partes de solo exposto e presença de gramíneas. O meso-habitat predominante

é corredor. O trecho inferior está inserido em uma matriz agropastoril. As águas são rápidas, com predominância de meso-habitat corredor, alternando com trechos de corredeiras. O substrato é composto por areia e seixos.

## AMOSTRAGEM DA FAUNA AQUÁTICA

As amostras dos exemplares de peixes e macroinvertebrados utilizadas neste estudo foram as mesmas coletadas para os estudos realizados por Silva et al. (no prelo b). A metodologia de amostragem completa e suas particularidades estão detalhadas em Silva et al. (no prelo c). Em resumo, as coletas foram realizadas como a seguir.

As coletas dos peixes e macroinvertebrados foram realizadas em três trechos (superior, médio e inferior) de cada riacho, nas quatro estações do ano (primavera, verão, outono e inverno). No riacho Varanal, as coletas foram realizadas durante o ano de 2005; no riacho João Pinheiro, de julho 2008 a maio de 2009; no riacho Preto, de julho de 2010 a maio de 2011. Em cada trecho, 75 metros de comprimento foram bloqueados por rede de malha fina (2 mm). Neste segmento isolado foram realizadas as medidas dos atributos físicos e químicos da água e em seguida realizadas as coletas de peixes e macroinvertebrados (SILVA et al., no prelo b; RAIIO et al., no prelo).

## COLETA DE PEIXES

Os peixes foram coletados com peneiras (malha 2 mm) nas corredeiras e áreas de folhço e com redes de arrasto de 1,5 m e 3 m (malha 2 mm) nas áreas de corredor e nos poções. As amostragens foram realizadas durante uma hora em cada trecho, no período diurno.

Após a coleta, os peixes foram conservados em formalina 10% e transportados ao laboratório, onde foram transferidos para uma solução de etanol 70%. A identificação das espécies foi feita de acordo com a literatura científica específica (SHIBATTA et al., 2002; SHIBATTA et al., 2008), além da comparação com espécimes depositados no Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina (MZUEL), onde espécimes-testemunhos também foram depositados.

## COLETA DE MACROINVERTEBRADOS

Concomitantemente à coleta dos peixes, foi realizada a coleta dos macroinvertebrados. Para a amostragem destes organismos foram selecionados aleatoriamente cinco blocos de rocha (*ca.* 25 cm) e cinco pedaços de tronco em fase de fragmentação (*ca.* 30 cm) submersos na água. Alguns organismos visíveis foram retirados dos substratos com pinças e, após esse procedimento, os substratos foram lavados com álcool em bandejas plásticas. O líquido da lavagem contendo os organismos foi armazenado em diferentes frascos plásticos para posterior triagem no laboratório.

Além da amostragem em rochas e troncos, os macroinvertebrados foram coletados no folhicho e na areia. Para coleta na areia foi utilizada uma rede D, mantida perpendicular ao substrato voltada para a correnteza, num tempo de cinco minutos, enquanto o substrato era remexido em frente à rede. Coletaram-se ainda cinco amostras de folhicho utilizando peneira, as quais foram triadas em bandeja branca em campo. Os macroinvertebrados coletados no folhicho e na areia, junto com os resíduos finos da areia e folhicho, foram fixados em etanol (70%) e armazenados em frascos plásticos.

Após a triagem as amostras dos macroinvertebrados foram identificadas até o nível de família com base em literatura específica (COSTA; IDE; SIMONKA, 2006; PEREIRA; MELO; HAMADA, 2007; PÉREZ, 1988; PES; HAMADA; NESSIMIAN, 2005; SALLES, 2006; SEGURA; VALENTE-NETO; FONSECA-GESSNER, 2011).

## REFERÊNCIAS

- BENNEMANN, S.T.; SHIBATTA, O.A.; VIEIRA, A.O.S. (Org.). *A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná*. Londrina: Eduel, 2008.
- COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C.E. *Insetos Imaturos: Metamorfose e identificação*. 113 Ribeirão Preto: Holos, 2006.
- FRANÇA, V.D. O rio Tibagi no contexto hidrogeográfico paranaense. In: MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O.A.; PIMENTA, J.A. (Ed.). *A Bacia do rio Tibagi*. Londrina: Eduel, 2002, p. 45-61.
- MAACK, R. *Geografia Física do Estado do Paraná*. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 1981.

MENDONÇA, F.A.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O.A.; PIMENTA, J.A. (Ed.). *A Bacia do rio Tibagi*. Londrina: Eduel, 2002, p. 63-66.

PEREIRA, D.L.V.; MELO, A.L.; HAMADA, N. Chaves de identificação para famílias e gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) na Amazônia Central. *Neotropical Entomology*, Londrina: Sociedade Entomológica do Brasil, v. 36, n. 2, p. 210-228, 2007.

PÉREZ, G.R. *Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Universidad de Antioquia, 1988.

PES, A.M.O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo: Sociedade Brasileira de Entomologia, v. 49, n. 2, p. 181-204, 2005.

RAIO, C.B.; SILVA, J.F.M.; JEREP, F.C.; BENNEMANN, S.T. Análise multivariada dos parâmetros físicos e químicos. In: BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M. (Org.). *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica*. Londrina: Eduel (no prelo).

SALLES, F.F. *A ordem Ephemeroptera no Brasil (Insecta): taxonomia e diversidade*. 2006. 300f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Estadual de Viçosa, Viçosa, 2006.

SEGURA, M.O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A.A. Family level key to aquatic Coleoptera (Insecta) of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, Campinas: Programa BIOTA/FAPESP, v. 11, n. 1, p. 393-412, 2011.

SHIBATTA, O.A.; BENNEMANN, S.T.; MORI, H.; SILVA, D.F. Riqueza biológica e ecológica dos peixes do Ribeirão Varanal. In: BENNEMANN, S.T.; SHIBATTA, O.A.; VIEIRA, A.O.S. (Org.). *A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná*. Londrina: Eduel, 2008, p. 77-98.

SHIBATTA, O.A.; ORSI, M.L.; BENNEMANN, S.T.; SILVA-SOUZA, Â.T. Diversidade e distribuição de Peixes na bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O.A.; PIMENTA, J.A. (Ed.). *A Bacia do rio Tibagi*. Londrina: Eduel, 2002, p. 403-424.

SILVA, J.F.M.; RAIIO, C.B.; JEREP, F.C.; BENNEMANN, S.T. Guia metodológico para estudo de atributos físicos do habitat. In: BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M. (Org.). *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica*. Londrina: Eduel, (no prelo a).

SILVA, J.F.M.; RAIIO, C.B.; JEREP, F.C.; BENNEMANN, S.T. Metodologia de amostragem de dados ambientais e fauna aquática. In: BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M. (Org.). *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica*. Londrina: Eduel, (no prelo b).

## CAPÍTULO 1

### **ORIGEM DOS RECURSOS CONSUMIDOS PELOS PEIXES E ALIMENTOS PRINCIPAIS DAS ESPÉCIES DOMINANTES**

BERNARDINO, D.F.S.; BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M.; RAIIO, C.B. Origem dos recursos consumidos pelos peixes e alimentos principais das espécies dominantes. In: BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M. (Org.). *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica*. Londrina: Eduel, (no prelo).

## INTRODUÇÃO

Estudos sobre a utilização dos recursos alimentares consumidos pelos peixes em riachos brasileiros, além de incipientes, são diversificados tanto na abordagem, que pode ser quantitativa e/ou qualitativa, quanto na abrangência de uma espécie a toda a assembleia. Outra lacuna é a descrição e a caracterização quanto à estruturação e extensão espacial, geomorfologia, o estado de conservação, bem como o tipo de riacho. Sendo assim, tornam-se difíceis as comparações sobre a origem dos recursos alimentares utilizados pelos peixes de riachos com características distintas.

Alguns estudos, mesmo sem a caracterização quanto ao tipo de riacho, têm destacado a importância dos alimentos de origem alóctone para os peixes nesses ecossistemas (e.g., LOWE-McCONNELL, 1999; MELO; MACHADO; PINTO-SILVA, 2004; FERREIRA; GERHARD; CYRINO, 2012; SILVA; DELARIVA; BONATO, 2012). No entanto, Araújo-Lima, Agostinho e Fabr e (1995) numa revisão de estudos da estrutura trófica de peixes de riachos, já alertavam para diferenças marcantes na utiliza o de alimentos consumidos quanto   origem, revelando também que os alimentos de origem autóctone podem ocorrer em maior ou igual importância, neste tipo de ambiente. Em estudos com diferentes abordagens (COSTA, 1987; ESTEVES; LOBÓN-CERVIÁ, 2001; CASATTI, 2002; DEUS; PETRERE-JUNIOR, 2003; BRAGA; GOMIERO, 2009; BRAZIL-SOUZA; MARQUES; ALBRECHT, 2009; MAZZONI et al., 2010) foram constatadas as maiores frequências de ocorrência de alimentos de origem autóctones na composi o das dietas das espécies de peixes.

Ainda mais problemática   a lacuna de conhecimentos sobre os recursos disponíveis e a alimenta o dos peixes, em cada tipo de riacho e seu estado de conserva o, o que muito dificulta as interpreta es. Em riachos com bom estado de conserva o, os insetos aquáticos estão entre os principais organismos utilizados como alimento pelos peixes, como observado nos estudos realizados no estado de São Paulo por Casatti (2002), Deus e Petrere-Junior (2003) e Braga e Gomiero (2009), e no estado do Rio de Janeiro, por Rezende e Mazzoni (2006). Nesse sentido, uma importante contribui o   apresentada por Casatti et al. (2012) para riachos preservados, intermediários e degradados no estado de São Paulo, que tiveram diferenças na composi o de espécies e funcionalidade para cada condi o do riacho. No estado do Paraná, na Fazenda Monte Alegre, os riachos são mantidos conservados, em condi es próximas ao natural, como destacado por Bennemann, Shibatta e Vieira (2008). Nessa  rea, foi estudado o riacho de montanha Varanal, caracterizado pelos autores como cenário de referência, o que possibilita a compara o com outros riachos da mesma ordem,

região ou bacia.

Para conhecer quais os alimentos e sua importância para os peixes neste tipo de riacho, os recursos alimentares consumidos por todas as espécies de peixes foram analisados qualitativa e quantitativamente para responder: I. Quais são os alimentos de maior frequência consumidos pelos peixes; II. Qual a proporção por origem dos alimentos; III. Como a utilização dos recursos pelos peixes é influenciada pelas alterações ambientais.

## ANÁLISE DOS DADOS

Foram retiradas amostras de todas as espécies de peixes coletadas para análise da dieta. Os peixes foram abertos e os tratos digestórios retirados, separando os estômagos, e adicionalmente a porção anterior do intestino nas espécies *Phalloceros harpagos* Lucinda, 2008, *Geophagus cf. brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824), *Hypostomus ancistroides* (Ihering, 1911), *Isbrueckerichthys calvus* Jerep, Shibatta, Pereira & Oyakawa, 2006, *Hisonotus francirochai* (Ihering, 1928) e *Otothyropsis biannicus* Calegari, Lehmann A. & Reis, 2013. Com o auxílio de estereomicroscópio binocular Wild M3Z, os itens alimentares consumidos pelos peixes foram identificados até a menor categoria taxonômica possível, com auxílio de literatura especializada (HERRING; ASHLOCK, 1971; COSTA; VANIN; CASARI-CHEN, 1988, PÉREZ, 1988; PES; HAMADA; NESSIMIAN, 2005; COSTA; IDE; SIMONKA, 2006; SALLES, 2006; NALIM et al., 2008; MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, 2010; SEGURA; VALENTE-NETO; FONSECA-GESSNER, 2011).

Com a finalidade de determinar os principais itens alimentares consumidos nos riachos de maneira qualitativa e quantitativa, foram calculadas a frequência de ocorrência (HYNES, 1950) e porcentagem de dominância (BENNEMANN; CASATTI; OLIVEIRA, 2006) de cada item alimentar identificado e foram considerados principais aqueles itens que apresentaram valores superiores a 10% em pelo menos um dos riachos. As frequências de ocorrência ( $F_i$ ) e porcentagem de dominância ( $D_i$ ) foram calculadas de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\%F_i = (N_i/N) \times 100$$

$$\%D_i = (D_i/N) \times 100$$

Onde:

$N_i$  = número de ocorrência do item  $i$  (número de indivíduos com o item  $i$  no conteúdo gástrico);

$N$  = total de indivíduos com conteúdo gástrico;

$D_i$  = número de estômagos onde o item  $i$  foi dominante.

Para determinar a origem dos alimentos consumidos nos três riachos, os itens alimentares foram agrupados em categorias relacionadas com a sua origem: autóctone, alóctone e mista. Para cada categoria alimentar foram calculadas a porcentagem de dominância ( $D_i$ ) e a composição percentual ( $C_{pi}$ ) (HYNES, 1950), de acordo com a seguinte equação:

$$\%C_{pi} = (N_i / \sum N_t) \times 100$$

Onde:

$N_i$  = número de ocorrência do item  $i$  (número de indivíduos com o item  $i$  no conteúdo gástrico);

$N_t$  = total do número de ocorrência de todos os itens alimentares.

Para detectar mudanças nos alimentos consumidos pelos peixes e a sua importância foram utilizadas análises qualitativa e quantitativa conjugadas, em que foram utilizadas as espécies dominantes (em abundância) nos três trechos de cada riacho. Esta análise permitiu visualizar o comportamento alimentar das espécies e a influência dos impactos ambientais. A análise gráfica conjugada utilizada foi proposta por Amundsen, Gabler e Staldvik (1996). Além de identificar os alimentos principais, a análise gráfica utilizada também revela as estratégias generalista/especialista das espécies de peixes. A partir deste método são obtidas informações sobre a ecologia alimentar das espécies através da relação gráfica entre frequência de ocorrência ( $F_i$ ) e a abundância presa-específica ( $P_i$ ), de acordo com a seguinte equação:

$$\%P_i = (D_i / N_i) \times 100$$

Onde:

$D_i$  = número de estômagos onde o item  $i$  foi dominante;

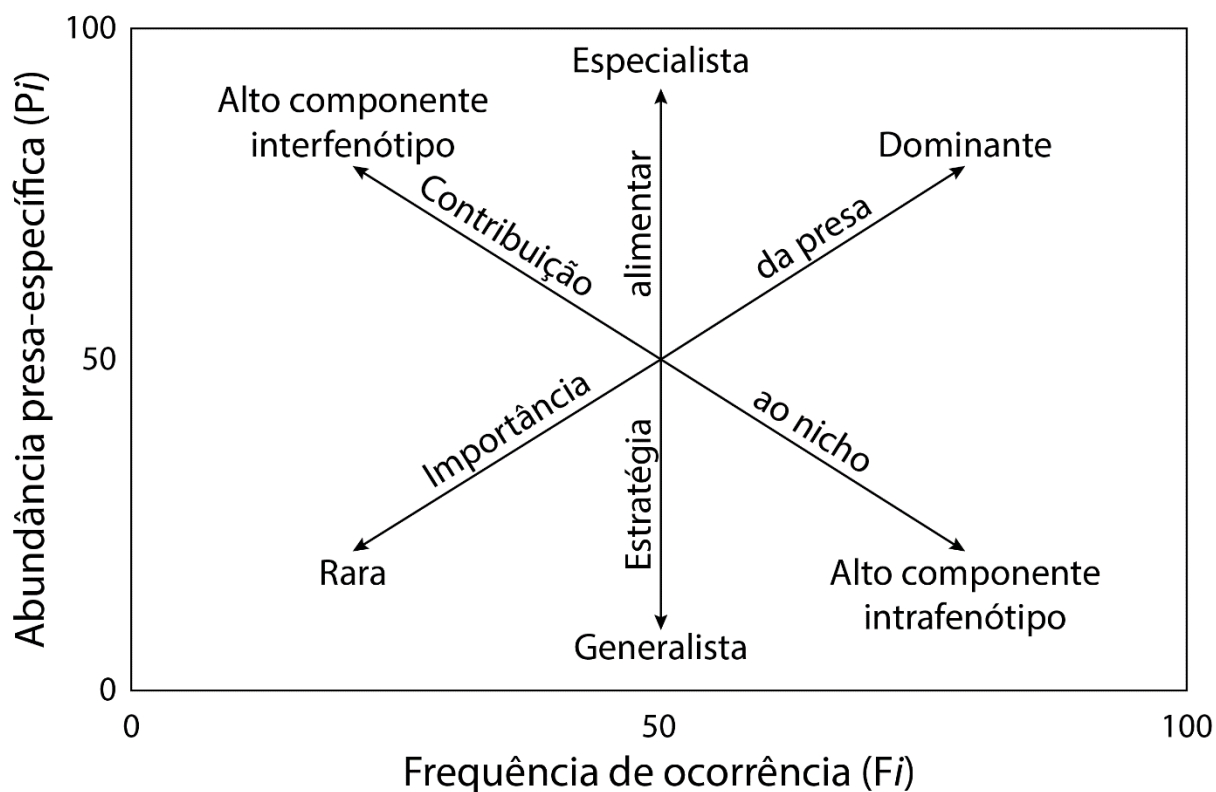
$N_i$  = número de ocorrência do item  $i$  (número de indivíduos com o item  $i$  no conteúdo gástrico).

Foi utilizado o valor de dominância dos alimentos para o cálculo de abundância presa-específica, pois como demonstrado por Bennemann, Casatti e Oliveira (2006), a dominância pode substituir o volume, peso ou número de presas em análises gráficas. Informações sobre a importância da presa e estratégia alimentar do predador são obtidas a partir da análise da distribuição dos pontos, ao longo dos eixos do gráfico (Figura 1), tornando possível entender

como os alimentos são consumidos, as estratégias alimentares e as variações entre indivíduos na utilização do nicho.

O método gráfico foi ainda utilizado para comparação da dieta de *Trichomycterus davisi* (Haseman, 1911) entre os trechos dos três riachos, em busca de relações com alterações ambientais, pois foi a única espécie de peixe comum aos nove trechos amostrados.

**Figura 1:** Representação esquemática das estratégias alimentares de peixes.



Fonte: Modificado de Amundsen, Gabler e Staldivik (1996).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, foram coletadas 21 espécies de peixes e a riqueza dos riachos Varanal e João Pinheiro foi praticamente similar (13 e 12 espécies, respectivamente), enquanto que o Preto apresentou a menor riqueza, com nove espécies. Entretanto, a abundância foi maior para o Preto em relação aos demais (Tabela 1). Isto refletiu no número de conteúdos gástricos analisados por riacho: Preto com 326, Varanal com 295 e o João Pinheiro com 227 analisados.

**Tabela 1:** Composição e abundância de peixes amostradas nos três trechos de cada riacho, Varanal (RV-1, RV-2 e RV-3), João Pinheiro (JP-1, JP-2, JP-3) e Preto (RP-1, RP-2, RP-3).

Fonte: SILVA et al. (no prelo).

Taxa	VARANAL			JOÃO PINHEIRO			PRETO		
	RV-1	RV-2	RV-3	JP-1	JP-2	JP-3	RP-1	RP-2	RP-3
<b>CHARACIFORMES</b>									
<b>Characidae</b>									
<i>Astyanax cf. paranae</i> Eigenmann, 1914	-	21	39	-	7	2	1	26	28
<i>Astyanax lacustris</i> (Lütken, 1875)	-	-	-	-	6	-	-	-	-
<i>Bryconamericus iheringii</i> (Boulenger, 1887)	-	-	-	-	-	10	-	-	-
<i>Bryconamericus stramineus</i> Eigenmann, 1908	-	-	5	-	-	-	-	-	-
<i>Hyphessobrycon boulengeri</i> (Eigenmann, 1907)	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Oligosarcus paranensis</i> Menezes & Géry, 1983	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Piabina argentea</i> Reinhardt, 1867	-	-	87	-	1	-	-	-	-
<b>Erythrinidae</b>									
<i>Hoplias cf. malabaricus</i> (Bloch, 1794)	-	-	-	-	-	5	-	-	2
<b>Parodontidae</b>									
<i>Apareiodon ibitiensis</i> Amaral Campos, 1944	-	-	2	-	-	-	-	-	1
<i>Apareiodon piracicabae</i> Eigenmann, 1907	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<b>CYPRINODONTIFORMES</b>									
<b>Poeciliidae</b>									
<i>Phalloceros harpagos</i> Lucinda, 2008	-	-	4	-	108	2	89	225	5
<b>PERCIFORMES</b>									
<b>Cichlidae</b>									
<i>Geophagus cf. brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	-	-	1	-	-	17	-	-	-
<b>SILURIFORMES</b>									
<b>Heptapteridae</b>									
<i>Rhamdia cf. quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	-	-	1	-	-	-	-	-	10
<b>Loricariidae</b>									
<i>Hisonotus francirochai</i> (Ihering, 1928)	-	-	-	-	1	1	-	-	-
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)	-	-	14	-	-	-	-	-	15
<i>Isbrueckerichthys calvus</i> Jerep, Shibatta, Pereira & Oyakawa, 2006	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Otothyropsis biannicus</i> Calegari, Lehmann A. & Reis, 2013	-	-	1	-	2	3	-	-	-
<b>Trichomycteridae</b>									
<i>Trichomycterus davisi</i> (Haseman, 1911)	24	79	39	17	17	13	25	25	3
<b>Callichthyidae</b>									
<i>Corydoras ehrhardti</i> Steindachner, 1910	-	-	-	-	8	104	-	-	-
<i>Corydoras cf. longipinnis</i> Knaack, 2007	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<b>GYMNOTIFORMES</b>									
<b>Gymnotidae</b>									
<i>Gymnotus sylvius</i> Albert & Fernandes-Matioli, 1999	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<b>TOTAL</b>	24	100	196	17	150	158	115	276	68

Nos três riachos foram encontrados poucos indivíduos sem conteúdo gástrico, o que parece ser o hábito alimentar das espécies de pequeno porte, que se alimentam continuamente, como já verificado por Casatti (2002), em peixes de riachos. Foi também verificada uma variação do número de itens identificados, mas a grande maioria foi comum aos três riachos, sendo que 40 itens foram identificados no Varanal, 38 no João Pinheiro e 59 no Preto (Tabela 2).

**Tabela 2:** Ocorrência (O), frequência de ocorrência (%F), dominância (D) e percentagem de dominância (%D) dos itens alimentares encontrados no conteúdo gástrico dos peixes coletados nos três riachos. Os itens estão marcados quanto ao estágio de desenvolvimento (a=adultos; i=imaturas e p=pupas) e à origem (\*=alóctone, \*\*=origem mista e não marcados=autóctone).

Recursos Alimentares	VARANAL				JOAO PINHEIRO				PRETO			
	O	%F	D	%D	O	%F	D	%D	O	%F	D	%D
<b>I. VEGETAIS</b>												
1 - Bryophyta					4	1,76	2	0,88				
2 - Gramíneas (sementes)*	1	0,34	0	0	6	2,64	0	0				
3 - Restos vegetais**	20	6,78	5	1,69	28	12,33	11	4,85	53	16,26	1	0,31
<b>II. INSETOS</b>												
<b>Coleoptera</b>												
4 - Elateridae (i)									2	0,61	1	0,31
5 - Elmidae (a)									1	0,31	0	0
6 - Elmidae (i)									2	0,61	0	0
7 - Psephenidae (i)	3	1,02	1	0,34	1	0,44	0	0	2	0,61	0	0
8 - Ptilodactylidae (i)	2	0,68	1	0,34								
9 - Não identificado (a)	3	1,02	1	0,34								
10 - Não identificados (a)*	4	1,36	0	0	3	1,32	0	0	4	1,23	1	0,31
11 - Não identificados (i)	2	0,68	0	0	1	0,44	0	0				
<b>Diptera</b>												
12 - Ceratopogonidae (i)	63	21,36	6	2,03	15	6,61	0	0	9	2,76	0	0
13 - Chironomidae (i)	167	56,61	39	13,22	98	43,17	49	21,59	156	47,85	42	12,88
14 - Chironomidae (p)									6	1,84	2	0,61
15 - Dixidae (i)									4	1,23	0	0
16 - Empididae (i)									12	3,68	1	0,31
17 - Muscidae (i)									5	1,53	1	0,31
18 - Psychodidae (i)					1	0,44	0	0	4	1,23	1	0,31
19 - Simuliidae (i)	39	13,22	6	2,03	36	15,86	12	5,29	35	10,74	1	0,31
20 - Stratiomyidae (i)									1	0,31	0	0
21 - Tipulidae (i)									3	0,92	2	0,61
22 - Não identificados (a)*	14	4,75	0	0	12	5,29	4	1,76	2	0,61	1	0,31
23 - Não identificados (i e p)	63	21,36	10	3,39	20	8,81	3	1,32	12	3,68	2	0,61
<b>Ephemeroptera</b>												
24 - Baetidae (i)	71	24,07	37	12,54	9	3,96	2	0,88	46	14,11	21	6,44
25 - Caenidae (i)									1	0,31	1	0,31
26 - Leptohyphidae (i)	4	1,36	2	0,68					11	3,37	5	1,53
27 - Leptophlebiidae (i)	49	16,61	26	8,81	1	0,44	1	0,44	18	5,52	9	2,76
28 - Não identificados (i)	4	1,36	2	0,68	10	4,41	3	1,32	28	8,59	5	1,53
<b>Hemiptera</b>												
29 - Gerridae (a)									1	0,31	1	0,31
30 - Pleidae (a)									2	0,61	0	0
31 - Veliidae (a)					1	0,44	0	0	1	0,31	0	0
32 - Não identificado (a)	2	0,68	2	0,68	1	0,44	0	0	2	0,61	0	0
33 - Não identificado (a)*	1	0,34	0	0								
<b>Hymenoptera</b>												
34 - Não identificados (a)*	23	7,8	2	0,68	5	2,2	0	0	5	1,53	2	0,61
<b>Lepidoptera</b>												
35 - Pyralidae (i)									2	0,61	1	0,31
36 - Não identificados (i)*	14	4,75	14	4,75	8	3,52	6	2,64	12	3,68	8	2,45
<b>Megaloptera</b>												
37 - Corydalidae (i)									2	0,61	1	0,31
<b>Neuroptera</b>												
38 - Não identificados (i)					1	0,44	0	0				
<b>Odonata</b>												

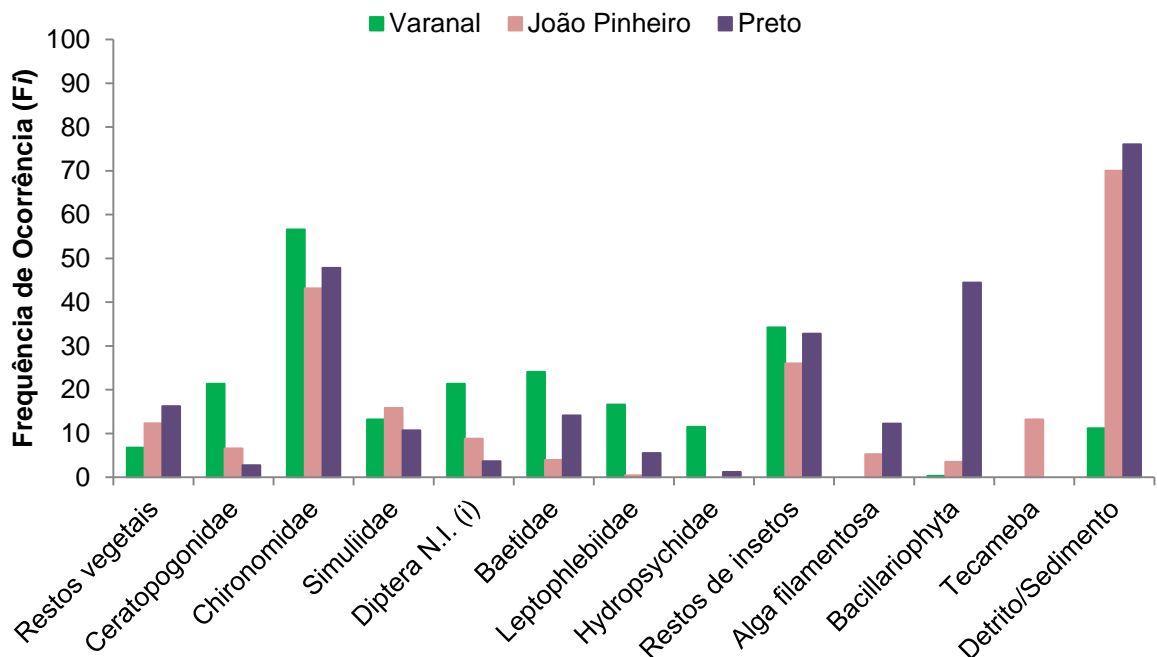
39 - Calopterygidae (i)									1	0,31	0	0
40 - Coenagrionidae (i)					2	0,88	1	0,44				
41 - Libellulidae (i)					1	0,44	0	0				
42 - Não identificados (i)	13	4,41	7	2,37	2	0,88	0	0				
<b>Plecoptera</b>												
43 - Gripopterygidae (i)									6	1,84	4	1,23
44 - Perlidae (i)	12	4,07	1	0,34	1	0,44	0	0	4	1,23	0	0
45 - Não identificados (i)									5	1,53	2	0,61
<b>Trichoptera</b>												
46 - Glossosomatidae (i)									2	0,61	0	0
47 - Helicopsychidae (i)	3	1,02	1	0,34								
48 - Hydrobiosidae (i)	2	0,68	2	0,68	2	0,88	2	0,88	2	0,61	1	0,31
49 - Hydropsychidae (i)	34	11,53	15	5,08					4	1,23	1	0,31
50 - Hydroptilidae (i)	2	0,68	0	0					3	0,92	0	0
51 - Leptoceridae (i)	3	1,02	2	0,68					3	0,92	0	0
52 - Não identificados (i)	14	4,75	4	1,36	19	8,37	4	1,76	1	0,31	1	0,31
53 - Não identificados (a)*									1	0,31	0	0
<b>Outros Insetos</b>												
54 - Restos de insetos**	101	34,24	64	21,69	59	25,99	20	8,81	107	32,82	26	7,98
<b>III. CRUSTÁCEOS</b>												
55 - <i>Aegla castro</i> Schmitt, 1942	6	2,03	4	1,36					5	1,53	3	0,92
56 - Amphipoda	7	2,37	1	0,34					1	0,31	0	0
57 - Copepoda e Ostracoda	3	1,02	1	0,34	10	4,41	0	0	24	7,36	1	0,31
<b>IV. PEIXES</b>												
58 - <i>Astyanax</i> sp.									1	0,31	1	0,31
59 - <i>Geophagus</i> cf. <i>brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)									1	0,31	1	0,31
60 - Não identificados					3	1,32	3	1,32	1	0,31	0	0
61 - Escamas					3	1,32	0	0	6	1,84	1	0,31
62 - Ovócitos					2	0,88	1	0,44				
<b>V. OUTROS GRUPOS</b>												
63 - Alga filamentosa					12	5,29	0	0	40	12,27	1	0,31
64 - Araneae*	7	2,37	3	1,02					1	0,31	0	0
65 - Bacillariophyta	1	0,34	1	0,34	8	3,52	0	0	145	44,48	0	0
66 - Bivalvia	1	0,34	0	0								
67 - Bryozoa	1	0,34	0	0	18	7,93	0	0				
68 - Collembola									4	1,23	0	0
69 - Diplopoda*									1	0,31	0	0
70 - Gastropoda	1	0,34	0	0	1	0,44	0	0	1	0,31	0	0
71 - Hydracarina	2	0,68	0	0	2	0,88	0	0	8	2,45	0	0
72 - Oligochaeta	24	8,14	10	3,39					5	1,53	3	0,92
73 - Tecameba					30	13,22	2	0,88				
<b>VI. OUTROS</b>												
74 - Detrito/Sedimento**	33	11,19	25	8,47	159	70,04	101	44,49	248	76,07	170	52,15
<b>TOTAL</b>	<b>819</b>	<b>277,63</b>	<b>295</b>	<b>100</b>	<b>595</b>	<b>262,11</b>	<b>227</b>	<b>100</b>	<b>1075</b>	<b>329,75</b>	<b>326</b>	<b>100</b>

A variedade de itens alimentares consumidos pelos peixes nos três riachos de montanha estudados não pode ser comparada com riachos analisados em outros estudos, pois na maioria destes, os itens são agrupados em categorias mais amplas. No entanto, insetos aquáticos e terrestres são conhecidamente o principal alimento de peixes de riachos (e.g., COSTA, 1987; ARAUJO-LIMA; AGOSTINHO; FABRÉ, 1995; LUIZ et al., 1998; ESTEVES; LOBÓN-CERVIÁ, 2001; FOGAÇA; ARANHA; ESPER, 2003; MELO; MACHADO; PINTO-SILVA, 2004; OLIVEIRA; BENNEMANN, 2005; REZENDE;

MAZZONI, 2006; BRAGA; GOMIERO, 2009; MAZZONI et al., 2010; FERREIRA; GERHARD; CYRINO, 2012; SILVA; DELARIVA; BONATO, 2012).

Apesar da grande variedade de itens alimentares consumidos pelos peixes, poucos tiveram altas frequências de ocorrência e dominância. Nos três riachos, 13 itens alimentares mostraram frequências de ocorrência acima de 10% e, desses, dez foram comuns aos três (Figura 2). Os itens Chironomidae e restos de insetos apresentaram alta frequência de ocorrência nos três riachos, no entanto, é possível diferenciar o Varanal dos demais pela proporção de insetos aquáticos que ocorreram na dieta das espécies deste riacho, principalmente Baetidae, Leptophlebiidae e Hydropsychidae, representantes das ordens Ephemeroptera e Trichoptera que compõem o índice de integridade biótica EPT, além de Ceratopogonidae. Os riachos João Pinheiro e Preto apresentaram alta proporção de detrito no conteúdo gástrico, reflexo da dieta de *P. harpagos* e *Corydoras ehrhardti*, espécies abundantes nos dois riachos.

**Figura 2:** Frequência de ocorrência dos principais itens alimentares consumidos pelos peixes nos três riachos.

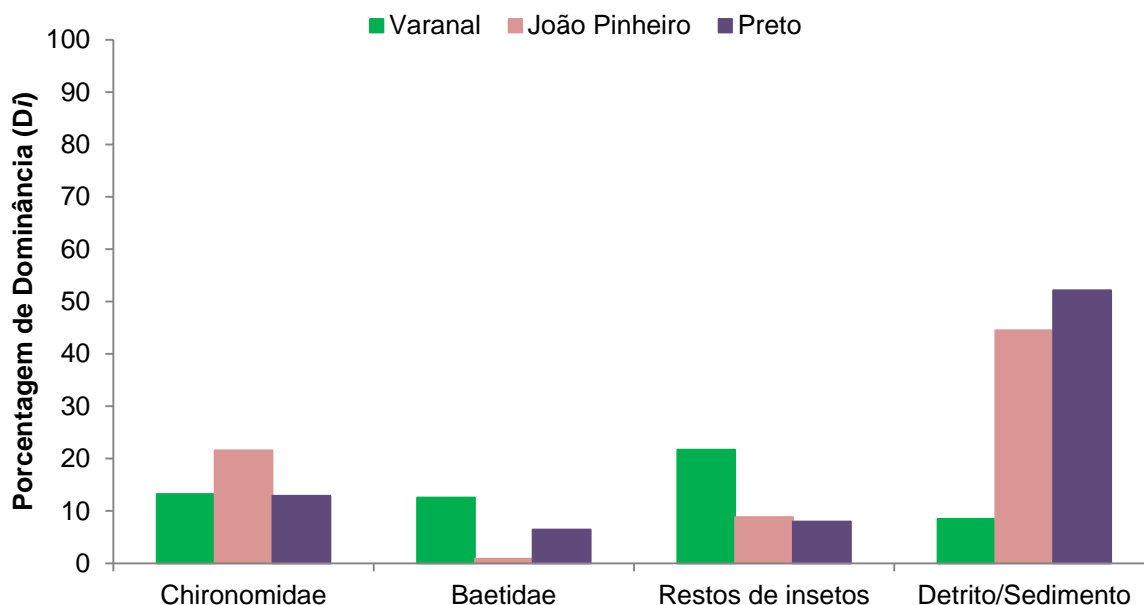


Fonte: Elaborado pelos autores.

Em importância quantitativa dos itens consumidos pelos peixes nos três riachos, verificou-se que apenas quatro itens dos principais em frequências de ocorrência foram também os principais em dominância (Figura 3). Chironomidae continua o principal nos três

riachos, enquanto que Baetidae e restos de insetos são principais apenas no Varanal, e detrito nos riachos João Pinheiro e Preto.

**Figura 3:** Porcentagem de dominância dos principais itens alimentares consumidos pelos peixes, nos três riachos.



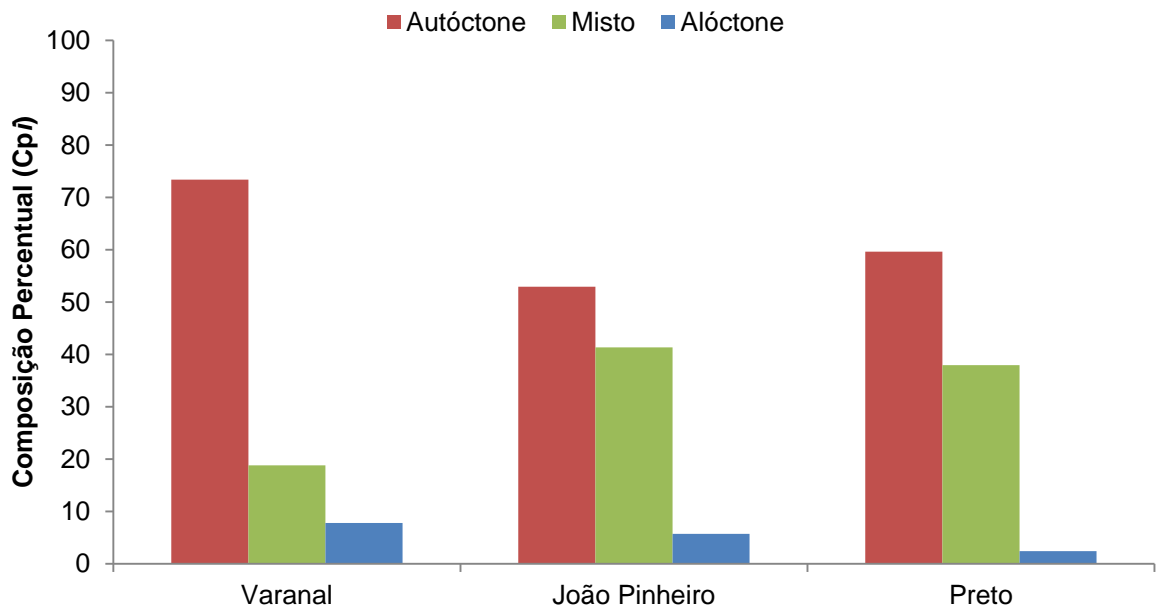
Fonte: Elaborado pelos autores.

Entre os alimentos agrupados pela origem, os autóctones apresentaram uma maior composição percentual nos três riachos. O Varanal apresentou 73,38% de itens autóctones, o João Pinheiro 52,94% e o Preto 59,63%. Os itens autóctones foram seguidos pelos de procedência mista, em todos os riachos. Cabe destacar a baixa participação dos alimentos de origem alóctone registrada nos três riachos (Figura 4).

Em percentuais de dominância, os itens de origem autóctone continuam com a mesma tendência, ou seja, com valores maiores no riacho Varanal. No entanto, nos outros dois riachos, os de origem mista foram maiores que os alimentos autóctones (Figura 5).

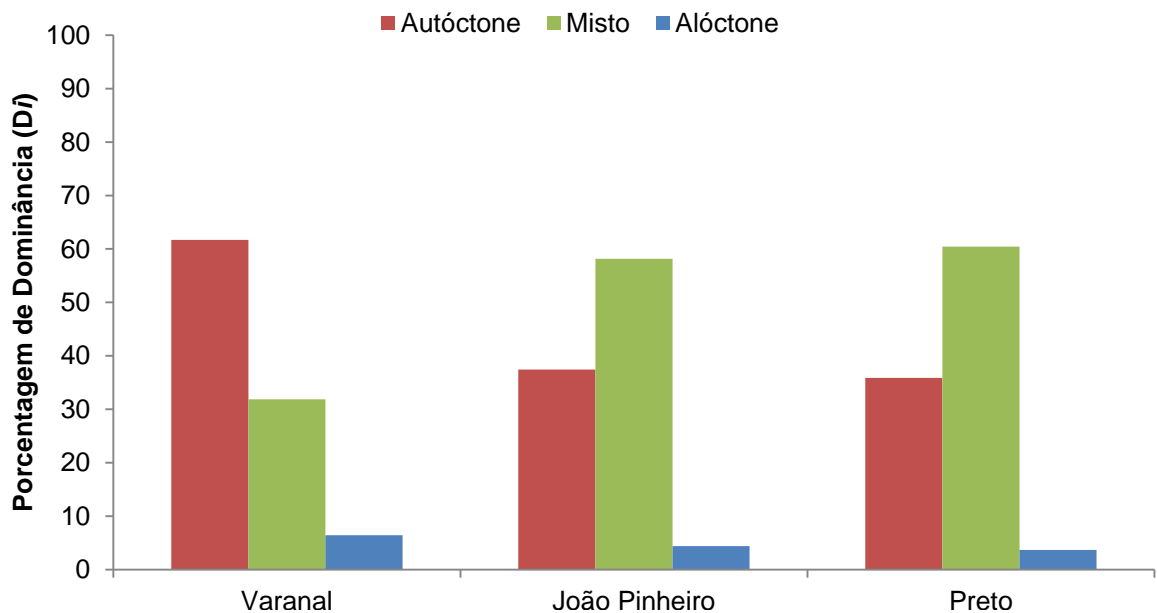
Os resultados encontrados nos três riachos diferem do que é encontrado na literatura que, de maneira geral, mostra que alimentos alóctones provenientes da mata são os de maior importância para os peixes de riachos (LOWE-McCONNELL, 1999). Estudos relatam que alimentos de origem alóctone foram mais importantes para as assembleias de peixes de um córrego no Cerrado (MELO; MACHADO; PINTO-SILVA, 2004), e em um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica (SILVA; DELARIVA; BONATO, 2012).

**Figura 4:** Composição percentual dos itens alimentares, agrupados quanto à origem, encontrados no conteúdo gástrico das espécies de peixes coletadas nos três riachos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 5:** Porcentagem de dominância dos itens alimentares, agrupados quanto à origem, encontrados no conteúdo gástrico das espécies de peixes coletadas nos três riachos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos três riachos de montanha desse trabalho, abrangendo os itens ingeridos por todas as espécies, foram verificadas diferenças nas avaliações qualitativas e quantitativas. Pela avaliação qualitativa, a composição percentual foi maior para os itens autóctones, mas quando avaliados quantitativamente, os itens autóctones mantiveram o maior valor apenas para o

riacho referência. Em um riacho do mesmo tipo dos estudados, em bom estado de conservação, Braga e Gomiero (2009) também verificaram a predominância de presas autóctones na alimentação dos peixes. O mesmo foi observado para um riacho de planície, também em bom estado de conservação com trechos de primeira ordem, onde 70% dos itens utilizados pelos peixes foram autóctones (CASATTI, 2002). O bom estado de conservação parece ser um dos principais fatores associados à maior quantidade de alimentos autóctones disponíveis e consumidos pelos peixes de riachos, independentemente do tipo de riacho.

Entre os alimentos autóctones nos riachos de montanha estudados, destacam-se principalmente os insetos aquáticos nas suas formas imaturas. Nos três riachos comparados foram registradas diferenças na composição e riqueza destes itens nos trechos em piores condições ambientais, assim como na disponibilidade destes alimentos no ambiente (SILVA et al., no prelo). Braga e Gomiero (2009) destacam a importância do material alóctone, utilizado por larvas e ninfas aquáticas, as quais são consumidas por peixes em riacho em bom estado de conservação.

Para detalhamento dos recursos alimentares consumidos em cada riacho, foram selecionadas e analisadas as espécies dominantes de cada riacho: *T. davisi*, *Piabina argentea* e *Astyanax* cf. *paranae*, que somaram 90,3% dos indivíduos coletados no riacho Varanal; as espécies *P. harpagos*, *C. ehrhardti* e *T. davisi*, que somaram 82,5% no riacho João Pinheiro, e as espécies *P. harpagos*, *A. cf. paranae* e *T. davisi* que somaram 93,0% no riacho Preto.

*Astyanax* cf. *paranae* é considerada intolerante a impactos ambientais por Casatti et al. (2012). A população proveniente do Varanal apresentou estratégia generalista (Figura 6), utilizando uma ampla gama de itens alimentares. De acordo com a distribuição dos pontos no gráfico, a espécie possui alto componente interfenotípico, pois distintos indivíduos da população utilizam diferentes itens alimentares, diminuindo a competição intraespecífica. Fica claro ainda que a espécie utiliza tanto itens autóctones na alimentação, como *Aegla castro* Schmitt, 1942 (55) (números entre parênteses correspondem aos itens listados na tabela 1), Baetidae (24), Chironomidae (13) e Hydropsychidae (49), quanto itens alóctones, como Hemiptera (33), Lepidoptera (36), Hymenoptera (34), Araneae (64) e restos vegetais (3). A especialização aparente em restos de insetos (54) pela população é reflexo da falta de identificação dos itens triturados, que provavelmente correspondem às demais famílias de insetos já identificadas.

No riacho Preto, a espécie manteve a estratégia generalista, porém com menor nível de partilha do nicho entre indivíduos, ou seja, os itens foram consumidos de maneira mais uniforme dentro da população, embora ainda presente um componente interfenotípico na

partilha do nicho. Em relação aos itens consumidos, a espécie utiliza tanto itens autóctones (Chironomidae (13), Elateridae (4), Gerridae (29), Corydalidae (37)), quanto alóctones (Lepidoptera (36), Coleoptera (10), Diptera (22) e Hymenoptera (34)). No entanto, é possível notar uma tendência de especialização desta população no consumo do item Chironomidae (13), além do consumo de Oligochaeta (72), um grupo normalmente associado com degradação ambiental em riachos.

Estudando *A. cf. paranae* em nove riachos, Ferreira, Gerhard e Cyrino (2012) encontraram os insetos terrestres como de maior importância para esta espécie em oito riachos, e os insetos aquáticos somente dominaram em um riacho com condições de degradação, sem floresta ripária. Silva, Delariva e Bonato (2012) estudaram a mesma espécie em riachos de primeira ordem e também encontraram alta proporção de plantas e insetos terrestres para esta espécie. Braga e Gomiero (2009) encontraram *Astyanax scabripinnis* (= *A. cf. paranae* nesse trabalho), a única com preferência por itens alóctones entre as 11 espécies estudadas num riacho de montanha. Em nosso estudo, a espécie se comportou como generalista nos dois riachos em que ocorreu, consumindo itens autóctones e alóctones, porém com maior importância de itens autóctones. As estratégias foram distintas entre os dois riachos, com uma maior partilha de recursos na população do Varanal e uma dieta mais uniforme no Preto.

*Piabina argentea* foi abundante apenas no trecho inferior do Varanal e é considerada por Teresa e Casatti (2010) como espécie intolerante à degradação estrutural do habitat. A espécie se apresentou como generalista (Figura 6), com a maior parte da população consumindo Chironomidae (13) como o item principal. Outros itens com valores de dominância altos foram Baetidae (24), Oligochaeta (72), restos de insetos (54), Leptoblebiidae (27) e Hidropsychidae (49). Dos 29 itens consumidos pela espécie, apenas Lepidoptera (36), Hymenoptera (34) e Diptera (22) são alóctones. Assim, a dieta da espécie é considerada essencialmente de origem autóctone.

Assim como no Varanal, *P. argentea* foi classificada por Ferreira e Casatti (2006) como generalista nectônica, consumindo principalmente insetos aquáticos num riacho do alto Paraná. No rio das Almas, no estado de São Paulo e em bom estado de conservação, Kintopp e Abilhoa (2009) registraram grande variedade de invertebrados na dieta de *P. argentea*.

*Corydoras ehrhardti* foi abundante apenas no trecho médio do riacho João Pinheiro (Figura 6). A espécie se comportou como especialista em consumir detrito (74), tendo também a contribuição de Chironomidae (13). A dominância dos itens foi complementada por alguns indivíduos que ingeriram restos vegetais (3), Simuliidae (19) e pupa de Chironomidae

(14). Tecameba (73) foi ingerido por mais da metade da população, mas com baixa dominância. Houve grande número de itens ocasionais com frequências consideráveis, como Bryozoa (67), mas nenhum com dominância. Um único indivíduo consumiu o item Lepidoptera (36). Os itens alimentares foram retirados do fundo, como é comum nas espécies do gênero *Corydoras* (CASATTI, 2002; FERREIRA; CASATTI, 2006). Em duas espécies do mesmo gênero estudadas por Aranha, Caramaschi e Caramaschi (1993), foi evidente a alta ocorrência de areia, bem como as larvas de Diptera, diatomáceas e também protozoários, indicando que estas espécies se alimentam no fundo, como *C. ehrhardti* no riacho João Pinheiro.

*Phalloceros harpagos* foi dominante nos riachos João Pinheiro e Preto. Algumas espécies de Poeciliidae são indicadoras da qualidade ambiental, pois são tolerantes às variações em ambientes impactados (CASATTI et al., 2012; DAGA et al., 2012). No riacho João Pinheiro, esta espécie se comportou como especialista consumindo detrito (74), com contribuição de poucos itens complementares como restos de insetos (54), Simuliidae (19) e Chironomidae (13). No riacho Preto, *P. harpagos* também foi especialista em detrito (74) com pequenas contribuições de outros itens, como Chironomidae (13) e outros em menores proporções. Destacou-se a grande frequência de Bacillariophyta (65), mas sem nenhum indivíduo com dominância deste item.

Nos estudos realizados com *Phalloceros caudimaculatus* (= *P. harpagos* nesse trabalho) foi verificado o mesmo resultado encontrado nos dois riachos deste estudo, em que a espécie se comportou como detritívora (ESTEVEZ; LOBÓN-CERVIÁ, 2001; DEUS; PETRERE-JUNIOR, 2003; OLIVEIRA; BENNEMANN, 2005; FERREIRA; CASATTI, 2006). Já em outros estudos foi classificada como onívora (CASATTI, 2002) ou como algívora (FOGAÇA; ARANHA; ESPER, 2003). Nestes dois últimos trabalhos, a análise do conteúdo gástrico foi apenas qualitativa.

As consequências causadas pelos impactos ambientais puderam ser constatadas pela mudança de estratégia alimentar de *T. davisii*, única espécie de peixe com ocorrência nos três riachos (SILVA et al., no prelo). Nos três riachos, a espécie se mostrou como generalista (Figura 6), consumindo ampla gama de insetos autóctones. Entre os comuns podemos citar Baetidae (24), Leptphlebiidae (27), Simuliidae (19) e Hydrobiosidae (48). A estratégia apresentada pela espécie, na forma como ela utiliza os recursos, variou do Varanal em relação aos demais riachos. No Varanal, a espécie apresentou alto componente interfenotípico, utilizando os recursos de maneira distinta entre os indivíduos da população.

Já nos riachos João Pinheiro e Preto, a estratégia apresentada pela espécie foi mista,

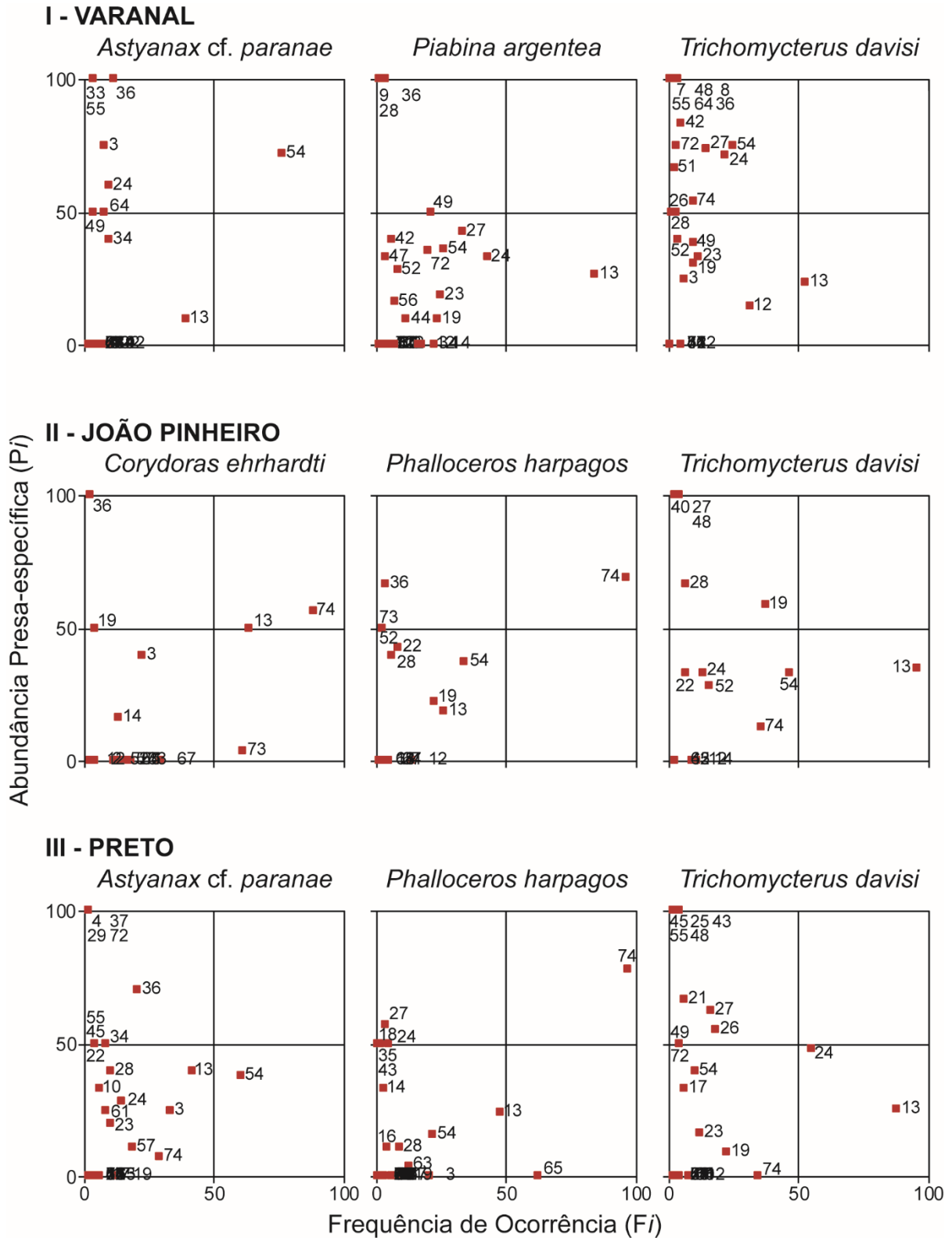
apresentando partilha de recursos, mas também com itens compartilhados entre quase todos os indivíduos, como é o caso de Chironomidae (13) e restos de insetos (54) no João Pinheiro e Chironomidae (13) e Baetidae (24) no Preto.

Em estudos realizados com espécies do gênero *Trichomycterus* (e.g., ESTEVES; LOBÓN-CERVIÁ, 2001; CASATTI, 2002; BRAGA; GOMIERO, 2009; SILVA; DELARIVA; BONATO, 2012), estas utilizaram insetos aquáticos como principais alimentos de sua dieta. No entanto, nestes estudos não foram avaliadas as estratégias utilizadas pelos peixes.

Quando verificada a estratégia alimentar de *T. davisii* por trecho de cada riacho, o Varanal se manteve com uma população com alto componente interfenotípico nos três trechos: superior, médio e inferior (Figura 7). No João Pinheiro, a estratégia mudou em cada trecho. No trecho superior a espécie foi generalista com partilha de recursos, no trecho médio apresentou estratégia mista, com itens compartilhados e especialização no item Simuliidae (19), enquanto que no trecho inferior, a espécie apresentou comportamento especialista no consumo de Chironomidae (13). No Preto, a população foi generalista nos trechos superior e médio, com alguma partilha dos recursos. No trecho inferior deste riacho, não foi possível interpretar a estratégia, pois apenas três indivíduos foram coletados e consumiram Chironomidae (13), Simuliidae (19), Baetidae (24) e Leptophlebiidae (27). As mudanças de estratégia de *T. davisii* estão associadas ao estado de conservação dos trechos, apresentando uma tendência de partilha de recursos nos trechos íntegros, dieta homogênea em trechos favoráveis e especialização nos trechos desfavoráveis.

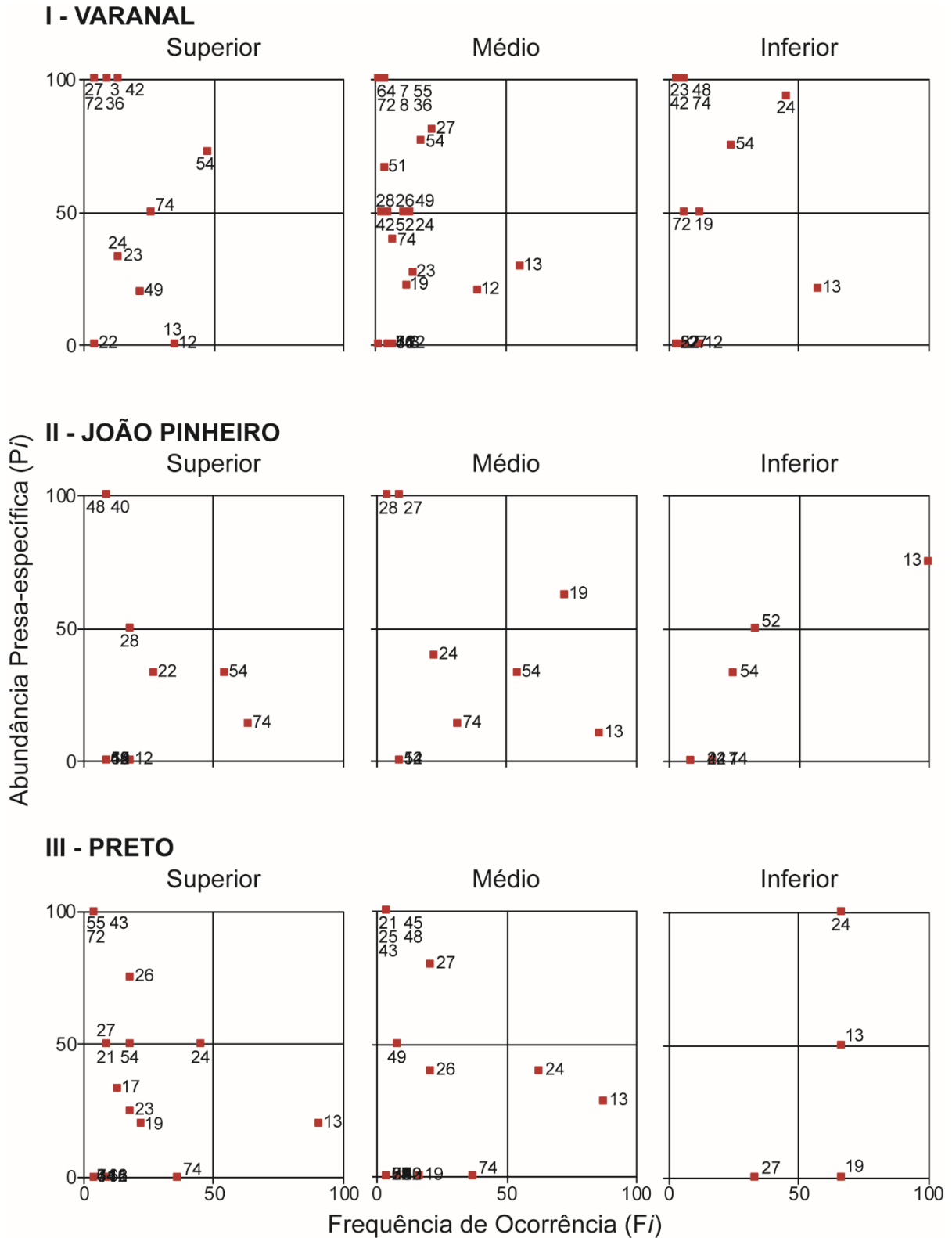
Nos três riachos aqui analisados, poucos indivíduos consumiram presas maiores, como foi o caso dos itens *A. castro*, Lepidoptera, Tipulidae e Oligochaeta, consumidos pelas espécies de peixes dominantes. Essas particularidades não são evidenciadas quando os itens alimentares são analisados por apenas um método, como no caso de avaliação por volume ou peso, em que presas maiores são supervalorizados para toda a amostra. O mesmo método utilizado neste estudo foi usado por Brasil-Sousa, Marques e Albrecht (2009), que compararam duas espécies que embora consumissem grande número de itens alimentares comuns, a proporção destes foi diferente, pois o consumo de itens de maior tamanho foi consumido por alguns indivíduos de uma das espécies.

**Figura 6:** Estratégia alimentar das populações de espécies dominantes coletadas nos riachos Varanal, João Pinheiro e Preto. Os números correspondem aos itens alimentares apresentados na tabela 1.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 7:** Estratégia alimentar das populações de *Trichomycterus davisi* coletadas em diferentes trechos dos riachos Varanal, João Pinheiro e Preto. Os números correspondem aos itens alimentares apresentados na tabela 1.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos trechos dos riachos de montanha estudados, verificou-se grande variedade de itens alimentares consumidos pelos peixes, sendo os de maior importância em ocorrência e quantidade, os itens do grupo dos insetos de origem autóctone, principalmente no riacho referência. Por outro lado, nos dois riachos com alterações ambientais foram verificados os maiores valores dos alimentos de origem mista, composto por detrito consumido por duas espécies de peixes. Neste caso, o detrito em parte constituído de material alóctone, tem sua importância aumentada. Esta situação é destacada por Esteves e Lobón-Cerviá (2001) quando consideram que os detritívoros têm como fonte alimentar parte de matéria alóctone.

A mudança de estratégia pode ser compreendida analisando *T. davisii* que ocorreu nos três riachos. No riacho Varanal, a espécie aproveita o máximo dos organismos disponíveis, consumindo itens diferentes, em proporções diferentes, pelos indivíduos da população. Esta situação corresponde ao que Vannote et al. (1980) consideraram para o ambiente natural: os indivíduos dentro de uma espécie tenderão a explorar o seu ambiente de forma tão eficiente quanto possível, para maximizar o consumo de energia.

De acordo com a base das cadeias alimentares apresentada no riacho referência (ver Capítulo 2), as espécies de peixes sensíveis utilizam a matéria orgânica de origem alóctone de maneira indireta. No entanto, pela interpretação das estratégias alimentares das espécies de peixes dominantes, verificou-se que, em trechos impactados, as espécies oportunistas e tolerantes como *P. harpagos* e *C. ehrhardti* utilizam e são especializadas em consumir detrito como alimento principal.

## REFERÊNCIAS

AMUNDSEN, P.A.; GABLER, H.M.; STALDVIK, F.L. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data - modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology*, Liverpool: The Fisheries Society of the British Isles, v. 48, n. 4, p. 607-614, 1996.

ARANHA, J.M.; CARAMASCHI, E.P.; CARAMASCHI, U. Ocupação espacial, alimentação e época reprodutiva de duas espécies de *Corydoras* Lacépède (Siluroidei, Callychthyidae) coexistentes no rio Alambari (Botucatu, São Paulo). *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, v. 10, n. 3, p. 453-466, 1993.

ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; AGOSTINHO, A.A.; FABRÉ, N.N. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Ed.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995, p. 105-136.

BENNEMANN, S.T.; CASATTI, L.; OLIVEIRA, D.C. Alimentação de peixes: proposta para análise de itens registrados em conteúdos gástricos. *Biota Neotropica*, Campinas: Programa BIOTA/FAPESP, v. 6, n. 2, p. 1-8, 2006.

BENNEMANN, S.T.; SHIBATTA, O.A.; VIEIRA, A.O.S. *A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná*. Londrina: Eduel, 2008.

BRAGA, E.M.S.; GOMIERO, L.M. Alimentação de peixes na microbacia do Ribeirão Grande, Serra da Mantiqueira oriental, SP. *Biota Neotropica*, Campinas: Programa BIOTA/FAPESP, v. 9, n. 3, p. 207-212, 2009.

BRAZIL-SOUSA, C.; MARQUES, R.M.; ALBRECHT, M.P. Segregação alimentar entre duas espécies de Heptapteridae no rio Macaé, RJ. *Biota Neotropica*, Campinas: Programa BIOTA/FAPESP, v. 9, n. 3, p. 33-37, 2009.

CASATTI, L. Alimentação dos peixes em um riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, bacia do Alto Paraná, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, Campinas: Programa BIOTA/FAPESP, v. 2, n. 2, p. 1-14, 2002.

CASATTI, L.; TERESA, F.B.; GONÇALVES-SOUZA,.; BESSA, E.; MANZOTTI, A.R.; GONÇALVES, C.S.; ZENI, J. DE O. From forests to cattail: how does the riparian zone influence stream fish? *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ictiologia, v. 10, n. 1, p. 205-214, 2012.

COSTA, W.J.E.M. Feeding habits of a fish community in a tropical coastal stream, Rio Mato Grosso, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, Abingdon: Taylor and Francis Group, v. 22, n. 3, p. 145-153, 1987.

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C.E. *Insetos imaturos: metamorfose e identificação*. Ribeirão Preto: Holos, 2006.

COSTA, C.; VANIN, S.A.; CASARI-CHEN, S.A. *Larvas de Coleoptera do Brasil*. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1988.

DAGA, V.S.; GUBIANI, E.A.; CUNICO, A.M.; BAUMGARTNER, G. Effects of abiotic variables on the distribution of fish assemblages in streams with different anthropogenic activities in southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ictiologia, v. 10, n. 3, p. 643-652, 2012.

DEUS, C.P.; PETRERE-JUNIOR, M. Seasonal diet shifts of seven fish species in an Atlantic Rainforest stream in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, v. 63, n. 4, p. 579-588, 2003.

ESTEVES, E.K.; LOBÓN-CERVIÁ, J. Composition and trophic structure of a fish community of a clear water Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, New York: Springer, v. 62, n. 4, p. 429-440, 2001.

FERREIRA, C.P.; CASATTI, L. Integridade de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. *Biota Neotropica*, Campinas: Programa BIOTA/FAPESP, v. 6, n. 3 p. 1-25, 2006.

FERREIRA, A.; GERHARD, P.; CYRINO, E.P. Diet of *Astyanax paranae* (Characidae) in streams with different riparian land covers in the Passa-Cinco River basin, southeastern Brazil. *Iheringia Série Zoologia*, Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, v. 102, n. 1, p. 80-87, 2012.

FOGAÇA, F.N.O.; ARANHA, J.M.R.; ESPER, M.L.P. Ictiofauna do Rio do Quebra (Antonina, PR, Brasil): ocupação espacial e hábito alimentar. *Interciencia*, Caracas: Associação Interciencia, v. 28, n. 3, p. 168-173, 2003.

HERRING, J.L.; ASHLOCK, P.D. A key to the nymphs of the families of Hemiptera (Heteroptera) of America North of Mexico. *Florida Entomologist*, Lutz: Florida Entomological Society, v. 54, n. 3, p. 207-212, 1971.

HYNES, H.B.N. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology*, London: British Ecological Society, v. 19, n. 1, p. 36-57, 1950.

KINTOPP, I.; ABILHOA, V. Ecologia alimentar de *Piabina argentea* Reinhardt, 1867 (Teleostei, Characidae) no Rio das Almas, São Paulo, Brasil. *Estudos de Biologia: Ambiente e Diversidade*, Curitiba: ESB/PUCPR, v. 31, n. 73/74/75, p. 117-22, 2009.

LOWE-McCONNELL, R.H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. Tradução de Anna Emília A. de M. Vazzoler, Ângelo Antônio Agostinho e Patrícia T. M. Cunningham. São Paulo: Edusp, 1999.

LUIZ, E.A.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; HAHN, N.S. Ecologia trófica de peixes em dois riachos da bacia do rio Paraná. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos: Academia Brasileira de Ciências, v. 58, n. 2, p. 273-285, 1998.

MAZZONI, R.; MORAES, M.; REZENDE, C.F.; MIRANDA, J.C. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto rio Tocantins, Goiás, Brasil. *Iheringia Série Zoologia*, Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, v. 100, n. 2, p. 162-168, 2010.

MELO, C.E.; MACHADO, F. DE A.; PINTO-SILVA, V. Feeding habits of fish from a stream in the savana of Central Brazil, Araguaia Basin. *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ictiologia, v. 2, n. 1, p. 37-44, 2004.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. *Manual de identificação de invertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

NALIM, D.M.; GALVES JR., W.; MENDES, E.C.; MARONEZE, D.M. Insetos aquáticos. In: BENNEMANN, S.T.; SHIBATTA, O.A.; VIEIRA, A.O.S. (Org.). *A flora e a fauna do Ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná*. Londrina: Eduel, 2008, p. 111-138.

OLIVEIRA, D.C.; BENNEMANN, S.T. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. *Biota Neotropica*, Campinas: Programa BIOTA/FAPESP, v. 5, n. 1, p. 1-13, 2005.

PÉREZ, G.R. *Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Universidad de Antioquia, 1988.

PES, A.M.O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo: Sociedade Brasileira de Entomologia, v. 49, n. 2, p. 181-204, 2005.

REZENDE, C.F.; MAZZONI, R. Contribuição da matéria autóctone e alóctone para a dieta de *Bryconamericus microcephalus* (Miranda-Ribeiro) (Actinopterygii, Characidae), em dois trechos de um riacho de Mata Atlântica, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, v. 23, n. 1, p. 58-63, 2006.

SALLES, F.F. *A ordem Ephemeroptera no Brasil (Insecta): taxonomia e diversidade*. 2006. 300f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Estadual de Viçosa, Viçosa, 2006.

SEGURA, M.O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A.A. Family level key to aquatic Coleoptera (Insecta) of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, Campinas: Programa BIOTA/FAPESP, v. 11, n. 1, p. 393-412, 2011.

SILVA, J.F.M.; RAIÓ, C.B.; BENNEMANN, S.T. & KASHIWAQUI, E.A.L. Riqueza de peixes e macroinvertebrados e a integridade biótica em riachos de montanha na Mata Atlântica: um modelo de estudo. In: BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M. (Org.). *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica*. Londrina: Eduel, (no prelo).

SILVA, J.C.; DELARIVA, R.L.; BONATO, K.O. Food-resource partitioning fish species from a first-order stream in northwestern Paraná, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ictiologia, v. 10, n. 2, p. 389-399, 2012.

TERESA, F.B.; CASATTI, L. Importância da vegetação riparia em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riachos. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, Rio Claro: Panamjas, v. 5, n. 3, p. 444-453, 2010.

VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R.; CUSHING, C.E. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa: NRC Research Press, v. 37, n. 1, p. 130-137, 1980.

## CAPÍTULO 2

### ORGANIZAÇÃO TRÓFICA DE UM RIACHO DE MONTANHA ÍNTEGRO

BERNARDINO, D.F.S.; BENNEMANN, S.T. Organização trófica de um riacho de montanha íntegro. In: BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M. (Org.). *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica*. Londrina: Eduel, (no prelo).

## INTRODUÇÃO

Os macroinvertebrados são os principais componentes nas cadeias tróficas de riachos, com papel fundamental na trama alimentar, sendo o elo entre os recursos basais, como detritos e algas, e os peixes (ALLAN; CASTILLO, 2007). A matéria orgânica é decomposta, em parte, pelos macroinvertebrados fragmentadores e a energia é incorporada ao sistema aquático. Este processo de decomposição é fonte de nutrientes para muitos organismos, contribuindo para a manutenção da diversidade local.

Segundo Bowen (1983), a principal rota de ciclagem de matéria orgânica nas bacias hidrográficas é a cadeia de detritos. A cadeia trófica de detritos é mantida por uma complexa mistura de restos vegetais e animais que são decompostos química e fisicamente por uma variedade de organismos (GERKING, 1994; UIEDA; MOTTA, 2007). Boulton et al. (2008) relatam que os insetos fragmentadores são essenciais na formação de detritos em riachos temperados, mas os insetos fragmentadores tropicais parecem ser menos abundantes e, conseqüentemente, menos importantes para o processamento de matéria orgânica em relação ao clima temperado. Nos riachos brasileiros, dentre os macroinvertebrados fragmentadores, não apenas os insetos ocupam essa função, mas também os caranguejos (UIEDA; MOTTA, 2007), um grupo essencialmente limitado ao clima tropical (JACOBSEN et al., 2008).

No Brasil, ainda são poucos os estudos em riachos em bom estado de integridade. Raras também são as publicações reconhecendo quais organismos são fragmentadores e quais consomem a matéria orgânica particulada. Entretanto, nos riachos deste trabalho (Varanal, João Pinheiro e Preto), destaca-se a abundância da espécie *Aegla castro* Schmitt, 1942 que tem suas espécies congêneres reconhecidas com a função fragmentadora (UIEDA; MOTTA, 2007).

Assim, neste capítulo é apresentado o padrão de funcionamento da rota de ciclagem da matéria orgânica de um riacho íntegro e o papel do crustáceo *A. castro* em riachos de montanha brasileiros. Além disso, foi elaborada uma teia trófica a partir da identificação dos organismos consumidos pelos principais predadores, evidenciando a organização trófica neste tipo de ambiente.

## ANÁLISE DOS DADOS

Os peixes predadores utilizados foram *Astyanax* cf. *paranae* Eigenmann, 1914 e *Trichomycterus davisi* (Haseman, 1911). Estas espécies foram escolhidas por serem as únicas

registradas no trecho médio do riacho referência, selecionado para a representação da teia alimentar.

Após a análise do conteúdo gástrico dos exemplares destas duas espécies, selecionaram-se macroinvertebrados para análise de seus conteúdos gástricos. Analisou-se a dieta de *A. castro* e dos insetos da ordem Ephemeroptera (família Leptophlebiidae), ordem Odonata (famílias Gomphidae e Libellulidae) e ordem Megaloptera.

O trato digestório dos exemplares de peixes e macroinvertebrados foram retirados para a análise do conteúdo gástrico. A identificação dos itens alimentares foi realizada com o auxílio de um microscópio estereoscópico, seguindo bibliografia específica (HERRING; ASHLOCK, 1971; COSTA; VANIN; CASARI-CHEN, 1988, PÉREZ, 1988; PES; HAMADA; NESSIMIAN, 2005; COSTA; IDE; SIMONKA, 2006, SALLES, 2006; NALIM et al., 2008; MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, 2010, SEGURA; VALENTE-NETO; FONSECA-GESSNER, 2011). Após a identificação dos itens alimentares dos peixes, dos insetos e do crustáceo, calcularam-se os percentuais da frequência de ocorrência (HYNES, 1950), conforme metodologia descrita (ver Capítulo 1).

Os insetos que ocorreram nos conteúdos gástricos das espécies de peixes, mas que não foram analisados e estão representados na teia, tiveram sua funcionalidade trófica retirada da literatura (HYNES, 1976; WIGGINS, 1987; MERRIT; CUMMINS, 1996; NALIM et al., 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os itens consumidos pelos macroinvertebrados analisados constam na Tabela 1. A base da teia trófica é a matéria orgânica de origem alóctone, representada na teia pelo folhicho. *Aegla castro* e insetos fragmentadores, como Leptophlebiidae e Ptilodactylidae, iniciam o processo de fragmentação. Os alimentos consumidos por Leptophlebiidae revelaram que, além de fragmentos do folhicho, alimentaram-se também de Chironomidae. Os Ptilodactylidae foram coletados na madeira submersa e na areia, sendo considerados herbívoros e detritívoros (NALIM et al., 2008).

*Aegla castro* consumiu, além de detritos e vegetais, Helicopsychidae, Chironomidae e Leptophlebiidae, evidenciando a interação destes organismos com os insetos aquáticos. As espécies de Helicopsychidae são caracterizadas como raspadoras (WIGGINS, 1987), alimentando-se do perifíton aderido ao substrato do riacho. A fragmentação das partículas de matéria orgânica grossa dá origem a partículas de matéria orgânica fina, as quais foram

utilizadas como alimento por organismos denominados coletores. No riacho Varanal, eles foram representados por Chironomidae, Simuliidae, Ceratopogonidae e Hydropsychidae, classificação baseada em Merrit e Cummins (1996).

Alguns dos insetos predadores encontrados no riacho Varanal foram Megaloptera, Odonata e Plecoptera (Perlidae). A análise do conteúdo gástrico de Megaloptera evidenciou uma dieta baseada totalmente em restos de insetos aquáticos. Em Odonata, além dos restos de insetos aquáticos não identificados, constatou-se a presença de fragmentos de Chironomidae, Ceratopogonidae, Baetidae e Ptilodactylidae. Os Perlidae são predominantemente predadores, alimentando-se de outros insetos aquáticos (HYNES, 1976).

**Tabela 1:** Percentuais da frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos por Leptophlebiidae (n=15), Gomphidae (n=7), Libellulidae (n=6), Megaloptera (n=10) e *Aegla castro* (n=40) (ni = não identificados).

Item alimentar	Leptophlebiidae	Gomphidae	Libellulidae	<i>Aegla castro</i>	Megaloptera
Detritos vegetais	100%			15%	
Detritos/sedimento	100%			85%	
Chironomidae	13,3%	57,1%	33,3%	17,5%	
Ceratopogonidae		14,3%	16,7%		
Baetidae		14,3%	50%		
Leptophlebiidae				7,5%	
Ptilodactylidae			16,7%		
Helicopsychidae				2,5%	
Restos de insetos (ni)		28,6%	16,7%		100%

Como predadores de topo da cadeia, *T. davisii* e *A. cf. paranae* consumiram Leptophlebiidae, Gomphidae, Libellulidae, Ptilodactylidae, Hydropsychidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Chironomidae e Perlidae, além de *A. castro*, restos vegetais e invertebrados terrestres (Tabela 2).

A representação da teia trófica do riacho Varanal (Figura 1) foi caracterizada tendo a base da cadeia como detritívora. No Brasil, vários estudos têm indicado a importância dos detritos para a dieta da maioria dos insetos aquáticos (BAPTISTA et al., 1998; MOTTA; UIEDA, 2004; MOTTA; UIEDA, 2005). Estes detritos são de origem alóctone – folhas, flores, frutos, sementes, galhos – que adentram o corpo d'água e são capazes de sustentar a fauna presente. Após sua entrada em riachos de pequena ordem, este material sofre abrasão física, degradação por microrganismos e fragmentação por invertebrados (ABELHO, 2001; GRAÇA, 2001). Os insetos da ordem Megaloptera, representados na teia, não foram consumidos por *T. davisii* e *A. cf. paranae* na amostra analisada do riacho Varanal. No

entanto, insetos desta ordem foram consumidos por estas espécies de peixes em outras amostras.

**Tabela 2:** Frequência de ocorrência dos itens alimentares consumidos por *Trichomycterus davisi* e *Astyanax cf. paranae* no trecho médio do Varanal. Os itens estão marcados quanto ao estágio de desenvolvimento (a=adultos; i=imaturas e p=pupas) e à origem (\*=alóctone, \*\*=origem mista e não marcados=autóctone).

Recursos alimentares	<i>Trichomycterus davisi</i>		<i>Astyanax cf. paranae</i>	
	O	%F	O	%F
<b>I. VEGETAIS</b>				
1 - Restos vegetais	5	6,8	4	20
2 - Gramíneas (sementes)*			1	5
<b>II. INSETOS</b>				
<b>Coleoptera</b>				
3 - Não identificados (a)*			2	10
4 - Psephenidae (i)	1	1,4		
5 - Ptilodactylidae (i)	1	1,4		
<b>Ephemeroptera</b>				
6 - Baetidae (i)	10	13,7	2	10
7 - Leptophlebiidae (i)	16	22		
8 - Leptohephidae (i)	4	5,5		
9 - Não identificados (i)	2	2,7		
<b>Trichoptera</b>				
10 - Hydropsychidae (i)	8	11	1	5
11 - Leptoceridae (i)	3	4,1		
12 - Não identificados (i)	4	5,5	2	10
<b>Diptera</b>				
13 - Não identificados (a)*	4	5,5	2	10
14 - Não identificados (p)	11	15,1	2	10
15 - Ceratopogonidae (i)	29	39,7		
16 - Chironomidae (i)	41	56,2	2	10
17 - Simuliidae (i)	9	12,3	1	5
18 - Outros Diptera (i)	2	2,7		
<b>Plecoptera</b>				
19 - Perlidae (i)	1	1,4	1	5
<b>Outros Insetos</b>				
20 - Hymenoptera (a)*	1	1,4	2	10
21 - Lepidoptera (i)	3	4,1	3	15
22 - Odonata (i)	2	2,7	1	5
23 - Restos de insetos**	13	17,8	12	60
<b>III. CRUSTÁCEOS</b>				
24 - Amphipoda	1	1,4		
25 - <i>Aegla castro</i> Schmitt, 1942	1	1,4	2	10
<b>IV. OUTROS GRUPOS</b>				
26 - Annelida	1	1,4		
27 - Acari	1	1,4		
28 - Araneae*	1	1,4	1	5
<b>V. OUTROS</b>				
29 - Detritos/Sedimentos**	5	6,8		

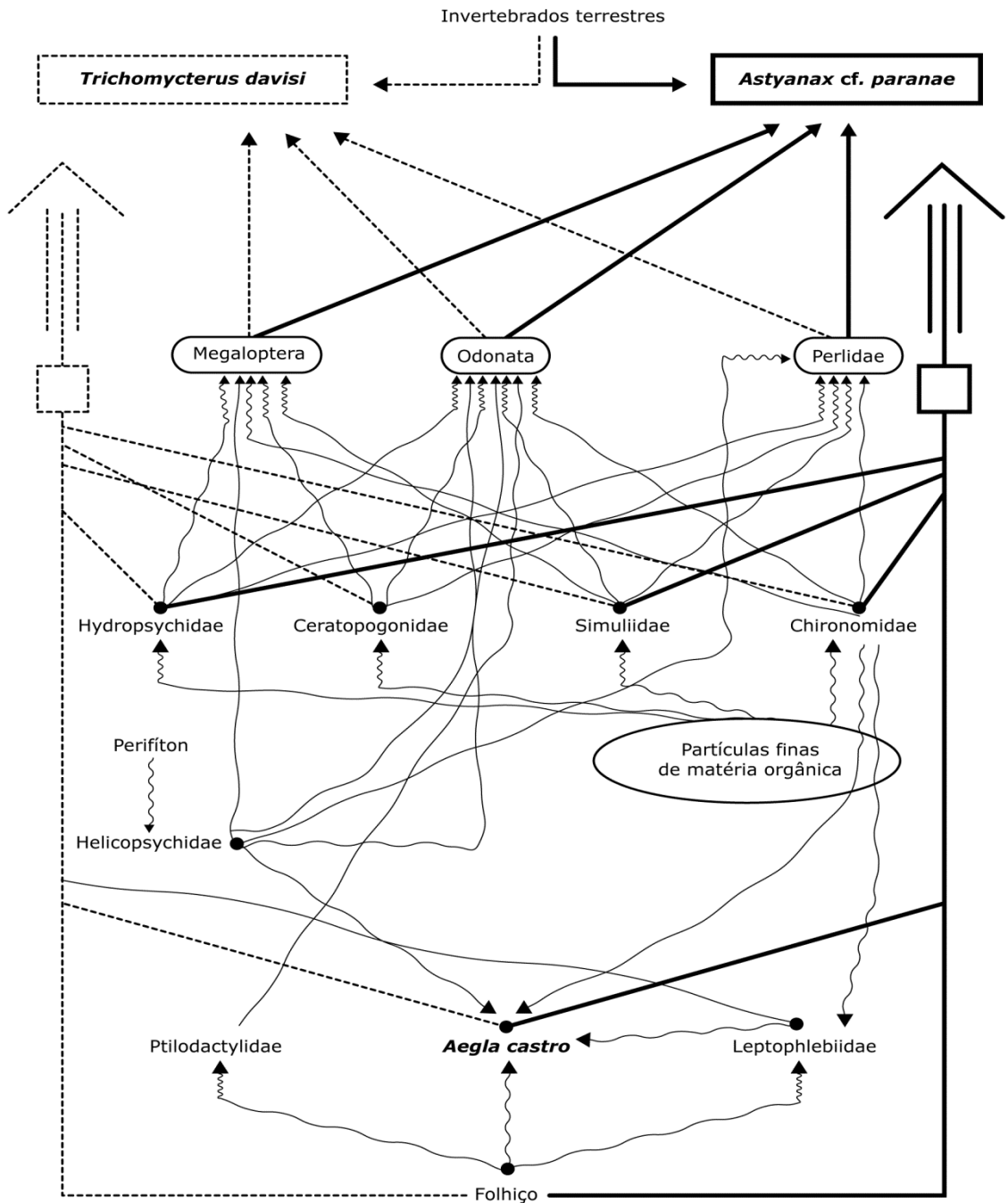
Neste processo de fragmentação existem diferenças entre riachos localizados em regiões tropicais e em regiões temperadas. Em estudo realizado nos trópicos, Dobson et al.

(2002) demonstraram a falta de insetos fragmentadores, devido a diferenças funcionais entre riachos tropicais e temperados. Em riachos tropicais, os organismos fragmentadores podem ser menos importantes porque existem padrões alternativos de decomposição para o material alóctone, como o processamento por microrganismos, devido às temperaturas serem mais elevadas (MATHURIAU; CHAUVET, 2002). Outra explicação seria em relação à questão metodológica dos estudos, pois na maioria deles o processo de fragmentação em riachos tropicais está incompleto e há desconhecimento de fragmentadores que não sejam os insetos. Esta função pode ser ocupada por outros grupos que não necessariamente os insetos, como os crustáceos (UIEDA; MOTTA, 2007).

No riacho Varanal foi registrada abundância de *A. castro* como espécie fragmentadora. Embora a representação da organização trófica tenha sido realizada apenas em um trecho do riacho referência, a espécie foi registrada em abundância nos trechos em boas condições de integridade, mas em menor número em alguns trechos dos riachos com alterações ambientais, como observado (SILVA et al., no prelo a e b).

Alterações no grau de sombreamento, devido às modificações da vegetação ripária, podem levar a alterações na cadeia trófica de um riacho. Uma maior exposição do corpo d'água à luz solar modifica suas condições de autotrofia e heterotrofia, acarretando mudanças na composição de organismos e na interação entre eles. O riacho Varanal, por tratar-se de um ambiente natural e íntegro, mantém e suporta uma comunidade de organismos de maneira balanceada e integrada, evidenciando diversas interações entre eles e com os recursos do ambiente. Além disso, caracteriza-se por apresentar organismos mais sensíveis às ações antrópicas, como *T. davisi* e macroinvertebrados como *A. castro*, intolerantes a perturbações ambientais. O processo de fragmentação do folhiço realizado no riacho Varanal é de grande importância, pois provê alimento para diversos organismos, que se alimentam de matéria orgânica fina, cujo tamanho varia entre 0,5  $\mu\text{m}$  e 1 mm. Estes organismos, por sua vez, foram consumidos por insetos, por *A. castro* e pelas duas espécies de peixes, conforme está representado na teia trófica, neste estudo. Esta representação, com a base detritívora para os macroinvertebrados, está de acordo com a análise da dieta das espécies de peixes (Capítulo 1), em que os principais alimentos ingeridos foram de origem autóctone nos trechos menos impactados, demonstrando a importância da mata ciliar em prover a base energética desses ambientes.

**Figura1:** Representação da organização trófica no trecho médio do riacho Varanal. Setas tracejadas representam itens consumidos por *Trichomycterus davisi*, setas em negrito os itens consumidos por *Astyanax cf. paranae* e setas onduladas os consumidos pelos outros organismos da teia trófica.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**REFERÊNCIAS**

ABELHO, M. From litterfall to breakdown in streams: a review. *The Scientific World Journal*, Cairo: Hindawi Publishing Corporation, v. 1, p. 656-680, 2001.

ALLAN J.D.; CASTILLO, M.M. *Stream ecology: structure and function of running waters*. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2007.

BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; DORVILÉ, L.F.N.; NESSIMIAN, J.L. O conceito de continuidade de rios é válido para rios de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil? In: NESSIMIAN, J.L.; CARVALHO, A.L. (Ed.). *Oecologia Brasiliensis: Ecologia de Insetos Aquáticos*. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1998, p. 209-222. v. 5.

BOULTON, A.J.; BOYERO, L.; COVICH, A.P.; DOBSON, M.; LAKE, S.; PEARSON, R. Are tropical streams ecologically different from temperate streams? In: DUDGEON, D. (Ed.). *Aquatic ecology: tropical stream ecology*. London: Elsevier Science, 2008, p. 257-284.

BOWEN, S.H. Detritivory in neotropical fish communities. *Environmental Biology of Fishes*, New York: Springer, v. 9, n. 2, p. 137-144, 1983.

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C.E. *Insetos imaturos: metamorfose e identificação*. Ribeirão Preto: Holos, 2006.

COSTA, C.; VANIN, S.A.; CASARI-CHEN, S.A. *Larvas de Coleoptera do Brasil*. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1988.

DOBSON, M.; MAGANA, A.; MATHOOKO, J.M.; NDEGWA, F.K. Detritivores in Kenyan highland streams: more evidence for the paucity of shredders in the tropics? *Freshwater Biology*, Malden: John Wiley and Sons, v. 47, n. 5, p. 909-919, 2002.

GERKING, S.D. *Feeding ecology of fish*. San Diego: Academic Press. 1994.

GRAÇA, M.A.S. The role of invertebrates on leaf litter decomposition in stream: a review. *International Review of Hydrobiology*, Weinheim: John Wiley and Sons, v. 86, n. 4-5, p. 383-393, 2001.

HERRING, J.L.; ASHLOCK, P.D. A key to the nymphs of the families of Hemiptera (Heteroptera) of America North of Mexico. *Florida Entomologist*, Lutz: Florida Entomological Society, v. 54, n. 3, p. 207-212, 1971.

HYNES, H.B.N. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology*, London: British Ecological Society, v. 19, n. 1, p. 36-57, 1950.

HYNES, H.B.N. Biology of Plecoptera. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto: Annual Reviews, v. 21, p. 135-153, 1976.

JACOBSEN, D.; CRESSA, C.; MATHOOKO, J.M.; DUDGEON, D. Macroinvertebrates: composition, life histories and production. In: DUDGEON, D. (Ed.). *Aquatic ecology: Tropical stream ecology*. London: Elsevier Science, 2008, p. 66-106.

MATHURIAU, C.; CHAUVET, E. Breakdown of leaf litter in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society*, Glenview: Society for Freshwater Science, v. 21, n. 3, p. 384-396, 2002.

MERRIT, R.W.; CUMMINS, K.W. Trophic relations of macroinvertebrates. In: HAUER, F.R.; LAMBERTI, G.A. (Ed.). *Methods in stream ecology*. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1996, p. 453-474.

MOTTA, R.L.; UIEDA, V.S. Diet and trophic groups of an aquatic insect community in a tropical stream. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, v. 64, n. 4, p. 809-817, 2004.

MOTTA, R.L.; UIEDA, V.S. Food Web structure in a tropical stream ecosystem. *Austral Ecology*, Canberra: Ecological Society of Australia, v. 30, n. 1, p. 58-73, 2005.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. *Manual de identificação de invertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.

NALIM, D.M.; GALVES JR., W.; MENDES, E.C.; MARONEZE, D.M. Insetos aquáticos. In: BENNEMANN, S.T.; SHIBATTA, O.A.; VIEIRA, A.O.S. (Org.). *A flora e a fauna do Ribeirão Varanai: um estudo da biodiversidade no Paraná*. Londrina: Eduel, 2008, p. 111-138.

PÉREZ, G.R. *Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Universidad de Antioquia, 1988.

PES, A.M.O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo: Sociedade Brasileira de Entomologia, v. 49, n. 2, p. 181-204, 2005.

SALLES, F.F. *A ordem Ephemeroptera no Brasil (Insecta): taxonomia e diversidade*. 2006. 300f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Estadual de Viçosa, Viçosa, 2006.

SILVA, J.F.M.; RAIIO, C.B.; JEREP, F.C.; BENNEMANN, S.T. Guia metodológico para estudo de atributos físicos do habitat. In: BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M. (Org.). *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica*. Londrina: Eduel, (no prelo a).

SILVA, J.F.M.; RAIIO, C.B.; BENNEMANN, S.T. & KASHIWAQUI, E.A.L. Riqueza de peixes e macroinvertebrados e a integridade biótica em riachos de montanha na Mata Atlântica: um modelo de estudo. In: BENNEMANN, S.T.; SILVA, J.F.M. (Org.). *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica*. Londrina: Eduel, (no prelo b).

SEGURA, M.O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A.A. Family level key to aquatic Coleoptera (Insecta) of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, Campinas: Programa BIOTA/FAPESP, v. 11, n. 1, p. 393-412, 2011.

UIEDA, V.S.; MOTTA. R.L. Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Rio Claro: Associação Brasileira de Limnologia, v. 19, n. 1, p. 15-30, 2007.

WIGGINS, G.B. Order Trichoptera. In: STHER, F.W. (Ed.). *Immature insects*. Dubuque: Kendall Hunt, 1987, p. 253-287. v. 1.

**CAPÍTULO 3****FEEDING SELECTIVITY IN RELATION TO FOOD AVAILABILITY OF  
*Trichomycterus davisii* (SILURIFORMES: TRICHOMYCTERIDAE) IN A PRISTINE  
STREAM OF THE UPPER PARANÁ RIVER (SOUTHERN BRAZIL)**

\* Artigo redigido segundo as normas da revista Biota Neotropica.

## Feeding selectivity in relation to food availability of *Trichomycterus davis* (Siluriformes: Trichomycteridae) in a Neotropical pristine stream

### Ecology of a small catfish in a pristine stream

Débora F. S. Bernardino<sup>1</sup>\*, José Luís O. Birindelli<sup>2</sup>, Javier Lobón-Cerviá<sup>3</sup> and Sirlei T. Bennemann<sup>1</sup>

Authors' address:

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia Trófica, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, 86051-980, Londrina, PR, Brasil

<sup>2</sup>Museu de Zoologia, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, 86051-980, Londrina, PR, Brasil

<sup>3</sup>Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), C/ José Gutiérrez Abascal, 2 Madrid 28006 Spain; MCNL178@mncn.csic.es

\*corresponding author: Débora Fernandes Silva Bernardino, e-mail: [debora\\_uel@hotmail.com](mailto:debora_uel@hotmail.com)

**Abstract:** This paper describes the trophic ecology of the catfish *Trichomycterus davis* in three sites in a pristine mountain stream. The diet of *T. davis* was evaluated with the analysis proposed by Amundsen et al. (1996) and its food preference assessed by the Electivity Index, following Ivlev (1961). The relative values of the main organisms found in fish gastric contents were compared with the relative values of these organisms sampled in the environment. The catfish diet was composed of 29 items including aquatic invertebrates, plants reminiscents and detritus. Overall the major food items were the same across sites and included the insects Chironomidae and Ceratopogonidae (Diptera), Baetidae and Leptophlebiidae (Ephemeroptera). Some differences were verified as some individuals consumed different and exclusive preys, such as for example Psephenidae, Ptilodactylidae, Aeglidae and Araneae in the middle site, and Hidrobiosidae in the lowermost site. Still, the analysis of food preference of this fish species compared among sites showed that *T. davis* had rare preferred exclusive preys, with higher contributions in the diet compared to the environment. Ceratopogonidae was the only preferred prey in all sites. On the other hand, although Chironomidae was the prey of greater occurrence in the diet and in the environment, it was negatively selected by the species. Our results can be explained by the characteristics of the Varanal stream: a pristine environment, inhabited by one or a few fish species, but with high abundance and diversity of insects and other macroinvertebrates, where other predators, not the fishes, are expected to take advantage of the abundance of resources available.

**Key words:** mountain stream, trophic ecology, macroinvertebrates, fishes, feeding strategies.

### Seletividade alimentar em relação à disponibilidade de alimentos para *Trichomycterus davis* (Siluriformes: Trichomycteridae) em um riacho Neotropical íntegro

**Resumo:** Este trabalho descreve a ecologia trófica do bagre *Trichomycterus davis* em três trechos de um riacho de montanha íntegro. A dieta de *T. davis* foi avaliada pela análise proposta por Amundsen et al. (1996) e a preferência alimentar pelo Índice de Eletividade de Ivlev (1961). Os valores relativos dos principais organismos encontrados no conteúdo gástrico dos peixes foram comparados com os valores relativos destes organismos amostrados no ambiente. A dieta do bagre foi composta de 29 itens incluindo invertebrados aquáticos, restos de plantas e detrito. No geral os principais itens foram os mesmos nos três trechos, incluindo os insetos Chironomidae e Ceratopogonidae (Diptera), Baetidae e Leptophlebiidae (Ephemeroptera). Algumas diferenças foram verificadas devido a alguns indivíduos terem consumido presas diferentes e exclusivas, por exemplo, Psephenidae, Ptilodactylidae, Aeglidae e Araneae no trecho médio e Hidrobiosidae no trecho inferior. Entretanto, a análise da preferência alimentar desta espécie de peixe comparada entre os trechos mostrou que *T. davis* teve presas raras exclusivas, com valores relativos superiores na dieta, comparados aos valores relativos registrados no ambiente. Ceratopogonidae foi a única presa preferida em todos os trechos e, apesar de Chironomidae ter sido a presa de maior ocorrência na dieta e no ambiente, foi negativamente selecionada pela espécie de peixe. Este fato pode ser explicado pelas características do riacho Varanal: um ambiente preservado, habitado por uma ou poucas espécies de peixe, mas com uma riqueza e abundância alta de insetos e outros macroinvertebrados, onde é esperado que outros predadores, que não os peixes, aproveitem a abundância de recursos disponíveis.

**Palavras-chave:** riacho de montanha, ecologia trófica, macroinvertebrados, peixes, estratégias alimentares.

## 1. Introduction

Highly diversified fish assemblages typify the vast Neotropical region in streams. However, the variation in the number of fish species inhabiting first-order sections near the sources is remarkable, depending on the type of stream and region: 133 species in the tributary of the Amazonas River (Mojica et al. 2009); in southern Brazil, as in lowland streams 18 species (Casatti 2002) and 10 species (Cionek et al., 2012); in mountain streams, only one species (Silva et al., 2013).

In turn, numerous studies across habitats and geographical scales have emphasized that stream fishes in the southern hemisphere are known to exploit a diversity of resources, including seeds, fruits and terrestrial insects (Sabino & Castro 1990, Uieda & Kikuchi 1995, Casatti & Castro 1998, Esteves & Lobón-Cerviá 2001, Mazzoni & Rezende 2003, Rezende & Mazzoni 2003). In streams, the addition of the allochthonous resources is important to the food web, as well as the benthic invertebrates that feed on the particulate organic matter (Power et al. 1988). In fact, one of the most important links between primary resources and stream fishes are the macroinvertebrates, and particularly aquatic insects due to their high abundance (Vannote et al. 1980, Allan 1995).

Moreover, those studies above and others have reported that several species may show exactly the same feeding patterns (Aranha et al. 1998, Casatti 2002, Melo et al. 2004, Oliveira & Bennemann 2005, Mazzoni et al. 2010, Bonato et al. 2012) or great divergences among morphologically similar and/or phylogenetically related species, what may be affected by the number of coexisting species or the preservation state of the environment. In contrast, the study of low-diversity fish assemblages composed by only one or very few species in a pristine stream offer the opportunity to provide insights into the fish feeding strategies relative to eco-morphological adaptations and constraints (Wootton 1990) and their relation to the availability of food resources (Abelha et al. 2001, Russo et al. 2002, Rezende et al. 2013).

To identify general patterns and provide insights into the structure and dynamics of the trophic webs remains challenging, but owing to the elevated cost in terms of human efforts and time consumption, such studies became scarce. In this context, an unpublished study in the same type of environment mentioned above, mountain streams of the Atlantic Forest, was done by Bennemann & Silva (in press). In this contribution, there are several studies carried out over a decade in a pristine stream and in two others streams with environmental changes, in which were evaluated: environmental conditions, fish and macroinvertebrates richness, use of food resources and trophic organization.

In the above contribution Bennemann & Silva (in press), surprising results were found on the fish assemblages composition in the streams sites studied. In the pristine stream, the fish fauna of the uppermost site was composed by only *Trichomycterus davisii*, and in the other sites *T. davisii* was dominant with few other coexisting species. On the other hand, a high insect richness and abundance was recorded (Silva et al. in press b). Thus, in continuity and deepening the trophic ecology studies in mountain streams, we had the opportunity, in this study, to evaluate on a species of *Trichomycterus* (Valenciennes 1832), one of the most species-rich genera of Siluriformes widespread in the Neotropics (de Pinna & Wosiacki 2003). With no exception, the *Trichomycterus* species are bottom dwellers and inhabit, usually as single or dominant species, sandy and rocky substratum of well-preserved mountain streams (Silva et al. 2013). Studies have shown that *Trichomycterus* species feed on benthic invertebrates, mostly larvae of aquatic insects (Chará et al. 2006, Trajano 1997, Esteves & Lobón-Cerviá 2001, Casatti 2002, 2003, Braga & Gomiero 2009, Silva et al. 2012). However, no previous study has evaluated the food preference of *Trichomycterus davisii* in relation to prey availability in a pristine stream.

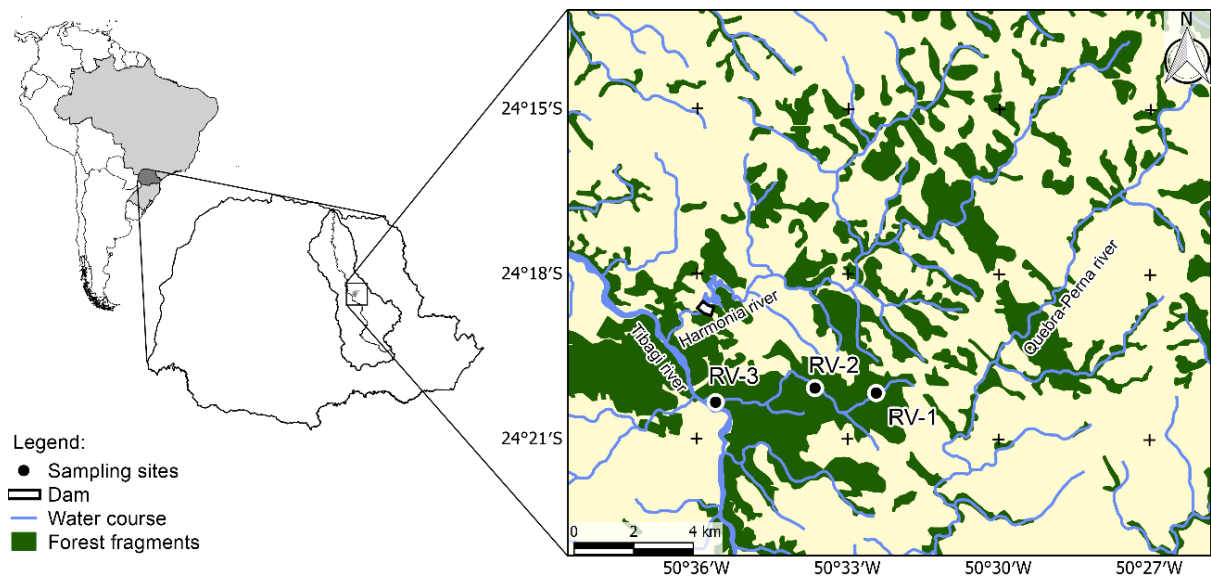
Therefore, the objective of this study was to examine the food resources used by a population of *T. davisii* in a pristine stream and investigates whether under no competitive pressure potentially induced by abundant accompanying species, *T. davisii* exhibits selective feeding strategies or rather feed non-selectively depending on the resources availability. So, in this study we intend to answer the questions:

- 1) Does *T. davisii* take advantage of the great richness of macroinvertebrates available?
- 2) Is the most abundant prey available the main prey for *T. davisii*?
- 3) Does the diet is the same when *T. davisii* is the sole species in the site and with co-occurring fish species?

## 2. Material and Methods

This study was done in Varanal stream, at Fazenda Monte Alegre, municipality of Telêmaco Borba (Paraná State, South Brazil). The three sites (uppermost site RV1, middle site RV2 and lowermost site) selected

for this study were located in the Klabin (PEK) ecological Park, a private reserve belonging to Klabin S.A. At least 7883 ha of PEK are well-preserved ombrophylous forest, inserted in Atlantic Forest Biome (Figure1).



**Figure 1.** Varanal stream (RV), sampling sites RV-1: uppermost, RV-2: middle site and RV-3: lowermost site. Conservation status of Atlantic Forest remnants and location of the Tibagi river basin in the state of Paraná, Brazil. Source: Silva et al. (in press a)

The waters of Varanal stream are crystalline and rather cold and there is a gradient of >203 m from the uppermost to lowermost site. The physical and chemical mean values were extracted from Silva et al. (in press a) and Raio et al (in press) and are represented in the Table 1.

**Table 1.** Mean values of physical and chemical attributes of the sampled sites, Varanal stream.

Sites	Uppermost ( RV-1)	Middle (RV-2)	Lowermost (RV-3)
Altitude (m)	840	700	637
Width (m)	0.9	3.64	3.34
Depth (m)	0.16	0.28	0.46
Water velocity (m.s <sup>-1</sup> )	0.21	0.25	0.37
Water temperature (°C)	17.58	14.65	15.28
pH	8.13	8.11	8.24
Dissolved oxygen (mg.L <sup>-1</sup> )	7.45	8.05	7.93
Stream hierarchy	1	2	2
Substrate	clay and rocks, sparse pools and wood remnants	sand, rocks, wood trunks and leaf litter	mostly clay sand and rocks

Source: Silva et al. (in press a); Raio et al. (in press).

The fishes and the insects were sampled in the three sites in the period of one year, in the four seasons in 2005. The fish sampling was made using a 2mm mesh seine and sieve nets operating over 75m long section that was isolated by 2mm mesh blocks nets, according to Bennemann & Galves (2008). After sampling, the fishes were preserved in 10% formalin and transported to the lab where they were transferred to ethanol 70%. Vouchers numbers MZUEL (Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina) 4771, 4772, 4773, 4777, 4778, 4779, 4780, 4781, 4782, 4783, 4784, 4785, 4786, 4798, 4799, 4907.

The benthic insects were sampled simultaneously using 2mm mesh sieve nets and a D-net of 500 µm mesh. The D-net was placed against the bottom for five minutes when the bottom in front of the net was scrambled with the hands, according to Bennemann & Galves (2008). In every sampling, five pieces of trunk and stones were randomly selected and the associated invertebrates were manually collected or washed by with an ethanol solution; this solution was preserved and transported to the laboratory. The complete data of insects collected were published in Nalim et al. (2008).

The guts of all specimens were removed and their content was identified to the lowest possible taxonomical level (Pérez 1998, Costa et al. 2006). The diet and the mainly preys consumed were defined based on the frequency of occurrence and dominance of each food item calculated according to the graphical analysis proposed by Amundsen et al. (1996). The dominance represents the percentage of the number of times in which an item occupied most of the gastric content over the total number of study individuals. The dominance value replaced the volume, weight or number of preys in the graphical analysis (Bennemann et al. 2006). The graphical method estimates the relationship between prey-specific abundance ( $P_i$ ) and its frequency of occurrence ( $F_i$ ), according to:

$$\%P_i = (\sum D_i / \sum D_{ti}) \times 100,$$

where,  $D_i$  = number of stomachs where the prey  $i$  was dominant;  $D_{ti}$  = total of stomachs where prey  $i$  occurs;

$$\%F_i = (N_i / N) \times 100,$$

where,  $N_i$  = number of individuals with the prey  $i$  in the stomach;  $N$  = total number of individuals with stomach contents.

The food availability was interpreted by the percentage composition calculated for all food items and for total insects collected and available in each stream site. The percentages compositions of the available insects were based on the number of individuals collected from Nalim et al. (2008). Only the percentage composition of insects ingested by fish was compared with those in the stream sections.

The feeding preference of the fish species was evaluated via the Electivity Index ( $E_i$ ) (Ivlev 1961). The formula is:  $E_i = (r_i - n_i) / (r_i + n_i)$ , in which  $r_i$  is the percentage composition of prey in the fish guts and  $n_i$  is the percentage of the prey in the stream.  $E_i$  considered items as preferred if values range between 0 and +1, and items as rejected if the values range between -1 and 0. Only the items (i.e., insect families) that were observed in gut content and in the stream were used in this index.

### 3. Results

#### 3.1 Diet composition

In total, we collected 142 individuals of *T. davisi* ranging from 12 to 68 mm (SL). Among these, 129 individuals showed gut contents. Overall, the diet was composed of 29 items including plant remains, detritus and aquatic invertebrates (Table 2).

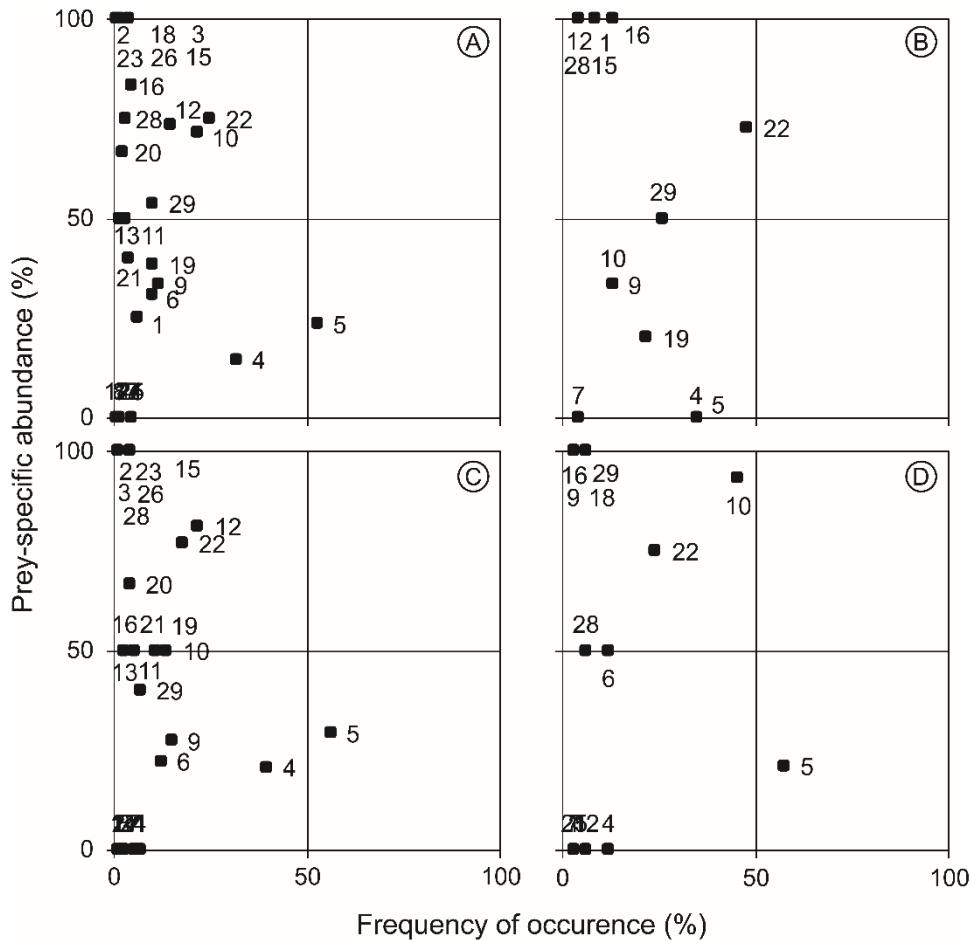
There were differences among the three study sites in the number of food items. In the uppermost and lowermost sites, we collected 23 and 33 individuals, respectively, that consumed 15 items, whereas in the middle section, we collected 73 individuals that consumed 27 items. Despite these differences in the number of items, the most important preys remained the same. In the graphical analysis shown in Figures 2A, B, C and D, the main food items are shown for the total feeding pattern and for each single site.

Overall the highest occurrence of prey included Chironomidae and Ceratopogonidae (Figure 2A). Other major items were Leptophlebiidae and Baetidae (Figure 2A). Differences among sites include the following: in the uppermost sites (RV-1) the most important food item in frequency of occurrence and dominance were insects remains, followed by Ceratopogonidae and Chironomidae only in frequency of occurrence (Figure 2B). In the middle site (RV-2), in frequency of occurrence and dominance the most important were Chironomidae and Ceratopogonidae followed by Leptophlebiidae (Figure 2C) and in the lowermost site (RV-3), were Chironomidae and Baetidae (Figure 2D). Differences among sites also include the occurrence of individuals characterized by feeding on a single prey. This is well exemplified in the uppermost site (RV-1) (Figure 2B) where individuals fed exclusively on Leptophlebiidae, Lepidoptera, Odonata and Oligochaeta. Also in the middle site (RV-2) (Figure 2C), several individuals fed exclusively on Psephenidae, Ptilodactylidae, Lepidoptera, Aeglidae, Araneae and Oligochaeta and in the lowermost site (RV-3), where they fed on Odonata and Hidrobiosidae (Figure 2D).

Thus, the feeding strategy used by the fish species became evident with the interpretation of the results plotted on the graph. The points are concentrated and divided into the upper left and lower left quadrants, indicating the feeding of few individuals on distinct preys, and that half of the population consumed the preys Chironomidae and Ceratopogonidae in smaller amounts along with others items.

**Table 2.** Occurrence (O), dominance (D), frequency of occurrence (%FO), percentage composition (%CP), percentage abundance of prey type (%Pi) of food items consumed by *Trichomycterus davisi* in Varanal stream. (a=adults, i=imature and p= pupa).

Food items	O	D	FO (%)	CP (%)	FD (%)	Pi (%)
<b>I. Vegetal</b>						
1 - Vegetal remains	8	2	6.2	2.7	1.6	25.0
<b>II. Insects</b>						
<b>Coleoptera</b>						
2 - Psephenidae (i)	1	1	0.8	0.3	0.7	100.0
3 - Ptilodactylidae (i)	1	1	0.8	0.3	0.8	100.0
<b>Diptera</b>						
4 - Ceratopogonidae (i)	41	6	31.8	13.8	4.7	14.6
5 - Chironomidae (i)	68	16	52.7	22.8	12.4	23.5
6 - Simuliidae (i)	13	4	10.1	4.4	3.1	30.8
7 - Unidentified (a)	6	0	4.7	2.0	0.0	0.0
8 - Unidentified (i)	2	0	1.6	0.7	0.0	0.0
9 - Unidentified (p)	15	5	11.6	5.0	3.9	33.3
<b>Ephemeroptera</b>						
10 - Baetidae (i)	28	20	21.7	9.4	15.5	71.4
11 - Leptohiphidae (i)	4	2	3.1	1.3	1.5	50.0
12 - Leptophlebiidae (i)	19	14	14.7	6.4	10.9	73.7
13 - Unidentified (i)	2	1	1.6	0.7	0.8	50.0
<b>Hymenoptera</b>						
14 - Unidentified (a)	1	0	0.8	0.3	0.0	0.0
<b>Lepidoptera</b>						
15 - Unidentified (i)	5	5	3.9	1.7	3.8	100.0
<b>Odonata</b>						
16 - Unidentified (i)	6	5	4.7	2.0	3.8	83.3
<b>Plecoptera</b>						
17 - Perlidae (i)	1	0	0.8	0.3	0.0	0.0
<b>Trichoptera</b>						
18 - Hydrobiosidae (i)	2	2	1.6	0.7	1.6	100.0
19 - Hydropsychidae (i)	13	5	10.1	4.4	3.8	38.5
20 - Leptoceridae (i)	3	2	2.3	1.0	1.6	66.7
21 - Unidentified (i)	5	2	3.9	1.7	1.6	40.0
<b>Other Insects</b>						
22 - Insects remains	32	24	24.8	10.7	18.6	75.0
<b>III. Crustacea</b>						
23 - Aeglidae	1	1	0.8	0.3	0.8	100.0
24 - Amphipoda	1	0	0.8	0.3	0.0	0.0
25 - Copepoda	1	0	0.8	0.3	0.0	0.0
<b>V. Others Groups</b>						
26 - Araneae	1	1	0.8	0.3	0.8	100.0
27 - Hydracarina	1	0	0.8	0.3	0.0	0.0
28 - Oligochaeta	4	3	3.1	1.3	2.3	75.0
<b>VI. Others</b>						
29 - Detritus/Sediment	13	7	10.1	4.4	5.4	53.9
<b>Total</b>	<b>298</b>	<b>129</b>	<b>231.5</b>	<b>99.8</b>	<b>100.0</b>	<b>1404.7</b>



**Figure 2.** Feeding strategy of *T. davisi* in the Varanal stream. Every single point represents different prey types in A - food items consumed in totality; B – food items consumed in the uppermost site (RV-1); C - food items consumed in the middle site (RV-2) and D - food items consumed in the lowermost site (RV-3). Numbers correspond to food items in Table 2.

### 3.2 Comparison between fish diet, composition of insects and prey selectivity

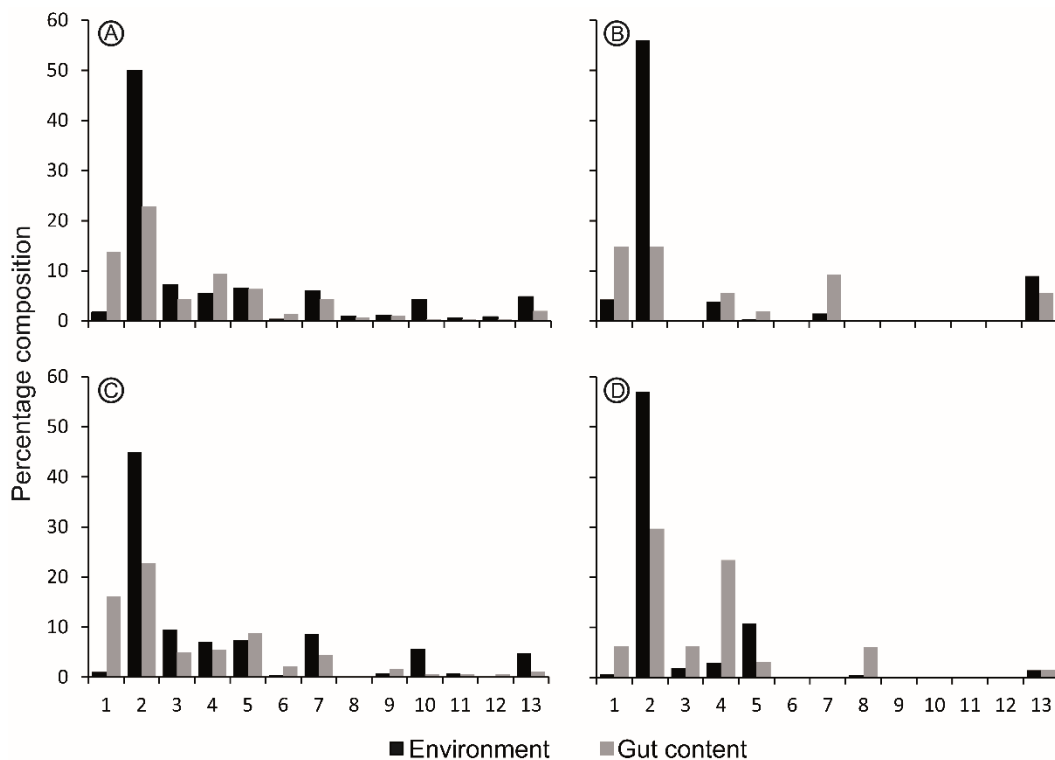
Overall, 13 taxa occurred in both the fish diet and in the benthos (Table 3). These taxa were the most important prey at the three sites and hence, in the total diet (Table 3 and Figure 3D). Ceratopogonidae, Baetidae and Leptohiphidae appear overrepresented in the diet considering the three sites together (Table 3, Figure 3A). In the uppermost site (RV-1), Baetidae, Hydropsychidae, Leptophlebiidae and Ceratopogonidae had higher values in the fish diets (Table 3 and Figure 3B); in the middle site (RV-2) the main taxa with higher values were Ceratopogonidae, Leptophlebiidae, Leptohiphidae, Leptoceridae and Ptilodactilydae (Table 3, Figure 3C) whereas in the lowermost site (RV-3) we detected a new shift towards Ceratopogonidae, Simuliidae, Baetidae, Hydrobiosidae and Odonata occurring with higher percent in the diet (Table 3 and Figure 3D).

Through the values of electivity index for all samples and sites, among the 13 insect taxa consumed by the fishes, three of them stood out as favorites: Ceratopogonidae, Baetidae and Leptohiphidae (Table 3, Figure 3A). However, the results of electivity index were distinct among the three study sites (Table 3). In the uppermost site, there were four preferred preys: Hydropsychidae and Leptophlebiidae (with highest values,  $E_i = 0.7$ ), followed by Ceratopogonidae ( $E_i = 0.6$ ) and Baetidae ( $E_i = 0.2$ ) (Table 3). In the middle site, there were five preferred preys: Ceratopogonidae was selected positively ( $E_i = 0.9$ ), with the highest value, Leptohiphidae ( $E_i = 0.7$ ), Ptilodactilydae ( $E_i = 0.5$ ) and Leptoceridae ( $E_i = 0.4$ ) (these three last families, exclusively in this site), plus Leptophlebiidae ( $E_i = 0.1$ ) (Table 3). In the lowermost site, there were five preferred preys. Ceratopogonidae, Baetidae and Hydrobiosidae presented the same and highest value ( $E_i = 0.8$ ). The last family plus Simuliidae ( $E_i = 0.5$ ) and Odonata ( $E_i = 0.1$ , the lowest value) were exclusively selected in this stream site.

**Table 3.** Food preferences of *T. davisi* in the Varanal stream. Ei = Electivity Index; %CP = percentage composition of insects in the diet; %I = percentage of the insects in the environment. In **bold** = Ei values of preferred food items.

Food items	Total			Uppermost (RV-1)			Middle (RV-2)			Lowermost (RV-3)		
	%CP	%I	Ei	%CP	%I	Ei	%CP	%I	Ei	%CP	%I	Ei
1.Ceratopogonidae	13.8	1.7	<b>0.8</b>	14.8	4.3	<b>0.6</b>	16.1	1.1	<b>0.9</b>	6.3	0.7	<b>0.8</b>
2.Chironomidae	22.8	49.9	-0.3	14.8	56.0	-0.6	22.8	45.0	-0.3	29.7	57.0	-0.3
3.Simuliidae	4.4	7.2	-0.3				5.0	9.6	-0.3	6.3	1.9	<b>0.5</b>
4.Baetidae	9.4	5.5	<b>0.3</b>	5.6	3.8	<b>0.2</b>	5.6	7.1	-0.1	23.4	2.9	<b>0.8</b>
5.Leptophlebiidae	6.4	6.5	0.0	1.9	0.4	<b>0.7</b>	8.9	7.4	<b>0.1</b>	3.1	10.8	-0.6
6.Leptoxyphidae	1.3	0.3	<b>0.6</b>				2.2	0.4	<b>0.7</b>			
7.Hydropsychidae	4.4	6.0	-0.2	9.3	1.5	<b>0.7</b>	4.4	8.7	-0.3			
8.Hydrobiosidae	0.7	0.9	-0.2							6.0	0.4	<b>0.8</b>
9.Leptoceridae	1.0	1.1	0.0				1.7	0.8	<b>0.4</b>			
10.Perlidae	0.3	4.3	-0.9				0.6	5.7	-0.1			
11.Psephenidae	0.3	0.5	-0.2				0.6	0.8	-0.2			
12.Ptilodactilydae	0.3	0.8	-0.4				0.6	0.2	<b>0.5</b>			
13.Odonata	2.0	4.8	-0.4	5.6	8.9	-0.2	1.1	4.8	-0.5	1.6	1.4	<b>0.1</b>

%I = calculations according to Nalim et al. (2008: 114-155).



**Figure 3.** Insects composition in the diet of *T. davisi* and in the environment. The numbers correspond to the food items in Table 2. A = Total, B = uppermost section (RV-1), C = middle section (RV-2), and D= lowermost section (RV-3).

Overall, among the 13 taxa of insects, ten were preferred in the fish diet in at least one of the sites. Ceratopogonidae was the only prey preferred in all sites and presented highest value in the middle (Ei = 0.9) and in the lowermost sites (Ei = 0.8) (Table 3). Chironomidae was the most abundant and common prey in both the diet and the benthos, but it was negatively selected by *T. davisi* in all three sites (according Ivlev index, values

between -1 and 0 indicate food items that are negatively selected). However, the other two insect families Psephenidae and Perlidae consumed by the fish species and that are rare in the environment, according Nalim et al. (2008), were negatively selected.

#### 4. Discussion

The analysis of *T. davisii* diet, in totality, highlighted a diversified pattern including 29 food items with numerous invertebrates. However, insects stood out as the main resource representing 21 items.

The insects in tropical streams, according Jacobsen et al. (2008), are dominated by a few orders and families, as Chironomidae, Baetidae, Leptophlebiidae, Hidropsychidae and Elmidae. This pattern was also observed in the Varanal stream (Nalim et al. 2008). Among the 46 insects taxa registered, the families cited by Jacobsen et al. (2008) accounted for 68.8% of the total. In other Neotropical pristine streams studied by Lobon-Cerviá et al. (2012), Chironomidae, Baetidae, Elmidae and Leptophlebiidae dominated with 67% in a stream of the Amazon region, and Chironomidae, Simuliidae, Baetidae and Elmidae dominated with 74% in a Serra do Mar stream (Southeast Brazil).

The diet of fish species and the accompanying diversity of insects were sampled at the same time by Rezende et al. (2013) in a pristine stream of Serra do Mar, Southeast Brazil. In the latter study, the authors verified that the fish species tend to exploit seasonally the most abundant resources namely Chironomidae, Simuliidae, Baetidae and Elmidae, found in the benthos. This pattern is consistent with other studies in pristine streams of São Paulo State, in which Casatti (2003) reported Diptera, Ephemeroptera and Trichoptera as the main food items for the diet to *Trichomycterus* species.

Several studies across broader geographical scales, including Brazil (Casatti 2002, 2003, Braga & Gomiero 2009, Barreto et al. 2013), Colombia (Chará et al. 2006), Chile (Scott et al. 2007), Argentina (Manoni et al. 2009) and Peru (Arabe et al. 2013) have shown a large diversity of feeding patterns for members of Trichomycteridae that do not necessarily coincide with those highlighted for the population herein studied. According to Assis et al. (2004), the substratum composition is a major determinant of the distribution and abundance of benthic invertebrates. In Varanal stream, abundant riparian canopy was the main source of allochthonous resources (leaves, branches, fruits, seeds) and such canopy provides abundant material to substrate, food and shelter to aquatic insects, what may explain why other *Trichomycterus* species feed on aquatic insects less intensively than *T. davisii* in our study stream. However, several insects that are preys for different *Trichomycterus* species in different regions were exactly the same insects' taxa that *T. davisii* fed upon in our study.

The high frequency of Chironomidae as a food item is common in all studies above, as herein. This may be explained by its high abundance of this insect group in the environment and by foraging behavior of *Trichomycterus*. Therefore, Chironomidae was the main item in frequency of occurrence, but not in dominance, what can be explained with the species feeding strategy analyzed. Through the graphical analysis in this study, we observed that some individuals of *T. davisii* fed upon different single preys, with high dominance, as Hidrobiosidae, Lepidoptera, Odonata, Aeglidae, Oligochaeta, and others, whereas about half of the studied individuals fed upon Chironomidae, but in low amounts and with other items. Observations of the behavior of a *Trichomycterus* species by Casatti (2003) indicated that immature insects are gathered from the pebbles by individuals of *Trichomycterus* that dig the substrate. This was observed in the Varanal stream sites that *T. davisii* were collected, because Chironomidae was the most abundant (Nalim et al. 2008), occurring in all sampled substrates (sand, leaf litter, rocks and wood).

However *T. davisii* feeding strategy represent what Gerking (1994) considered a species with a broad trophic adaptability with potential and capacity to feed upon all food resources available. Yet, Gerking (1994) described that not all individuals of the same species may adopt the same strategy, because only a few individuals can feed on the same food from a range of resources available to the group. In comparisons of aquatic pristine environments with aquatic impacted environments differences can be visualized. This has been verified by Bernardino et al. (in press) in impacted environments where there is a reduction of species and abundance of insects in the fish species diet. The authors compared the food consumed by fish assemblage from the same Varanal stream, with the food consumed by the assemblies of two same type of streams with some impacts. The results showed that in the stream impacted sites there was a decrease in insect consumption and there was an increase in use of detritus item by fish assemblage, as well as an increase in food of mixed origin. In the same study was verified that *T. davisii*, the only species present in all sites of the three streams studied, used different strategies in the pristine stream sites compared with the impacted streams sites. In the pristine stream sites the most abundant item Chironomidae was used by half population, whereas in the impacted streams sites this same item was used by almost all population of this fish species.

The results of electivity index highlighted food preferences of *T. davisii* that confirm this feeding behavior. In the total diet and in each stream site, *T. davisii* used both rare and abundant insects as preferred prey. In the total, feeding pattern showed that Baetidae, Leptohipidae and Ceratopogonidae were preferably

consumed by *T. davisii*. The species of the genus *Trichomycterus* capture preys by suction after uncovering them through revolving the substrate (Casatti 2002). Individuals of Baetidae and Leptohyphidae are often found associated to muddy bottom in pools; whereas Ceratopogonidae is found in the sand or beneath rocks or logs in fast-flowing stream sections. The presence of these three families indicated that *T. davisii* explores stream sections of fast and slow water currents.

The feeding preference in all the three sites of Varanal stream showed that Ceratopogonidae was the only preferred prey. This observation may be associated with characteristics of the meso-habitat that occupies the largest area in all stream sites, with sandy bottom, that is the optimal place of foraging for this species. Therefore, several preys may be over-represented in the fish diet (Tupinambás et al. 2007). Baetidae and Leptophlebiidae appeared as preferred by *T. davisii* in more than one stream site maybe due to the fact that these preys are easier to be captured because of its slow swimming capacity (Kikuchi & Uieda 2005). Varanal stream is characterized by clear, fast and well-oxygenated waters, as a typical high altitude, mountain stream and such conditions favor the presence of Ephemeroptera, Trichoptera and Plecoptera (Goulart & Callisto 2003). Moreover, Giller & Malmqvist (2004) argued that these taxa are indicators of good water quality and that they occur syntopically with Diptera, Chironomidae and Simuliidae. After Diptera, the families Baetidae and Leptophlebiidae were the most abundant in Varanal stream (Nalim et al. 2008) and also occurred in higher frequency in the diet of *T. davisii*.

In each stream site, *T. davisii* had exclusively preferred preys. Hidropsychidae was preferred just in the uppermost; Leptoceridae, Leptohyphidae and Ptilodactilydae just in the middle; and Simuliidae, Hidrobiosidae and Odonata just in the lowermost site. These families of invertebrates were collected in low frequencies of occurrence in each stream site. These preys, most of large size, were consumed by few individuals. In the graphical analysis, all these preys are located at upper left quadrant.

Our results show that the electivity index determined the food preferences of *T. davisii*. One of the great challenges in ecological studies is to associate the food that is available in the environment and the food that is consumed by a target species (Russo et al. 2002). Even though fishes are considered to be good “samplers” along their environments (Wootton 1990) and may consume almost everything available, they still show some preferences.

The investigation of the use of food items by *T. davisii* in a natural pristine stream allowed us to characterize the species as with high trophic plasticity. The most of the available resources were used, including the rarest (e.g., Ceratopogonidae and others) and also the most abundant (e.g., Chironomidae). This behavior also provides opportunities to this species to take advantage of any available resource, in what way was demonstrated by individuals that consumed a single prey of large size and by individuals that swallowed several preys “in one gulp”. This flexible behavior corroborates the findings of Vannote et al. (1980), in which the species tend to explore its habitat more efficiently in well-preserved environments, such as the studied Varanal stream.

Thus, we can answer the question intended in this study: Does *T. davisii* take advantage of the great richness of macroinvertebrates available? In the case of insects, both the rare and the abundant ones available in the environment were consumed. However, we raise another question: in a pristine environment such as the Varanal, inhabited by one or a few fish species, with a high abundance of insects and other macroinvertebrates, it is expected that other predators, not the fishes, will use the abundance of resources available. This was verified in the middle section of Varanal with the same sampling by Bernardino & Bennemann (in press). In the record of these authors, it was verified that some preys, represented by the families Ephemeroptera, Odonata and Aeglididae, were consumed by *T. davisii*, but they also consumed the same preys as *T. davisii*, mainly Chironomidae. This answer the second question: Is the most abundant prey available the main prey for *T. davisii*? The most common prey Chironomidae in the diet was negatively selected by *T. davisii*. The third question: Does the diet is the same when *T. davisii* is the sole species in the site and with co-occurring fish species? The behavior displayed by *T. davisii*, consuming the same main food items and using the same feeding strategies in different sites, when inhabit as a single fish species and when it is a dominant species, was detected due the pristine stream condition in all sites and because the fishes (predators) and the insects (preys) were sampling and investigated at the same time.

## 5. Acknowledgements

We thank all the members of the Museu de Zoologia (UEL) and Laboratório de Ecologia Trófica (UEL) who helped us in the fieldwork. We are especially grateful to Klabin S.A. and the Sustainability Coordinator Ivone Satsuki N. Fier for the support provided and to the employee Sérgio A. Filipaki. DFSB is supported by a scholarship from CAPES/DS. This study is part of the Doctoral Thesis of Debora Fernandes Silva Bernardino in Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, PR, Brazil.

## 6. References

- ABELHA, M.C.F., AGOSTINHO, A.A. & GOULART, E. 2001. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scient. Biol. Sci.* 23(2): 425-434.
- ALLAN, J.D. 1995. *Stream ecology: structure and function of running waters*. London, Chapman & Hall.
- AMUNDSEN, P.A., GABLER, H.M. & STALDVIK, F.F. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data - modification of the Costello (1990) method. *J. Fish Biol.* 48: 607-614.
- ARABE, A.V., PASSUNI, E.O., CÓRDOVA, L.C. & CARLOS, Z.Q. 2013. Hábitos alimentarios del bagre “life” *Trichomycterus puntulatus* (Valenciennes, 1846) (Actynopterygii, Siluriformes) en el río Pisco, Peru. *Ecol. Apl.* 12(2): 121-131.
- ARANHA, J.M.R., TAKEUTI, D.F. & YOSHIMURA, T.M. 1998. Habitat use and food partitioning of the fishes in a coastal stream of Atlantic Forest, Brazil. *Rev. Biol. Trop.* 46(4): 951-959.
- ASSIS, J.C.F., CARVALHO, A.L. & NESSIMIAN, J.L. 2004. Composição e preferência por microhabitat de imaturos de Odonata (Insecta) em um trecho de baixada do Rio Ubatiba, Maricá-RJ, Brasil. *Rev. Bras. Entomol.* 48(2): 273-282.
- BARRETO, A.P., ARMILIATO, F.C., RIBEIRO, V.M. & ABILHOA, V. 2013. On the diet of two endemic and rare species of *Trichomycterus* (Ostariophysi: Trichomycteridae) in the Jordão River, Iguaçu River basin, southern Brazil. *Estud. Biol.* 35(84): 17-23.
- BENNEMANN, S.T., CASATTI, L. & OLIVEIRA, D.C. 2006. Alimentação de peixes: proposta para análise de itens registrados em conteúdos gástricos. *Biota Neotropica* 6(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn01206022006>
- BENNEMANN, S.T. & GALVES, W. 2008. Metodologia de amostragem da fauna aquática. In *A flora e a fauna do ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná* (S.T. Bennemann, O.A. Shibatta & A.O.S. Vieira, eds.). Eduel, Londrina, p. 69-75.
- BENNEMANN, S.T. & SILVA, J.F.M. 2017. *Ecologia de riachos de montanha da mata Atlântica*. Eduel, Londrina, in press.
- BERNARDINO, D.F.S & BENNEMANN, S.T. Organização trófica de um riacho de montanha. In *Ecologia de riachos de montanha da mata Atlântica* (S.T. Bennemann & J.F.M. Silva, orgs). Eduel, Londrina, in press.
- BONATO, K.O., DELARIVA, R.L. & SILVA, J.C. 2012. Diet and trophic guilds of fish assemblage in two streams with different anthropic impacts in the northwest of Paraná, Brazil. *Zoologia* 29(1): 27-38.
- BRAGA, E.M.S. & GOMIERO, L.M. 2009. Alimentação de peixes na microbacia do Ribeirão Grande, Serra da Mantiqueira oriental, SP. *Biota Neotropica*. 9(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n3/en/abstract?article+bn04009032009>
- 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): <http://www.biotaneotropica.org.br/v2n2/pt/abstract?article+BN02502022002>
- CASATTI, L. 2003. Biology of a catfish, *Trichomycterus* sp. (Pisces, Siluriformes) in a pristine stream in the Morro do Diabo State Park, Southeastern Brasil. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 38: 1-6.
- CASATTI, L. & CASTRO, R.M.C. 1998. A fish community of the São Francisco River headwater riffles, southeastern Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshw.* 9: 229-242.
- CHARÁ, J.D., BAIRD, D.J., TELFER, T.C. & RUBIO, E.A. 2006. Feeding ecology and habitat preferences of the catfish genus *Trichomycterus* in a low-order streams of the Colombian Andes. *J. Fish Biol.* 68: 1026-1040.

- CIONEK, V.M., SACRAMENTO, P.A., ZANATTA N., OTA R.P., CORBETTA D.F. & BENEDITO E. 2012. Fishes from first order streams of lower Paranapanema and Ivaí rivers, upper Paraná River basin, Paraná, Brazil. *Check List* 8(6): 1158–1162.
- COSTA, C., IDE, S. & SIMONKA, C.E. 2006. *Insetos Imaturos - Metamorfose e Identificação*. Holos, Ribeirão Preto.
- ESTEVES, K. & LOBÓN-CERVIÁ, J. 2001. Composition and trophic structure of a fish community of a clear water Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Environ. Biol. Fish.* 62: 429-440.
- GERKING, S.D. 1994. *Feeding ecology of fish*. Academic Press, San Diego.
- GILLER, P.S. & MALMQVIST, B. 2004. *The biology of streams and rivers*. Oxford University Press, New York, Oxford.
- GOULART, M. & CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista Fapam*. 2(1): 153-164.
- IVLEV, V.S. 1961. *Experimental ecology of the feeding of fishes*. Yale University Press, New Haven.
- KIKUCHI, R.M. & UIEDA, V.S. 2005. Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Entom. Vect.* 12(2): 193-231.
- JACOBSEN, D., GRESSA, C., MATHOOKO, J.M. & DUDGEON, D. 2008. Macroinvertebrate: composition, life histories and production. In *Tropical stream ecology* (D. Dudgeon, ed.). Elsevier, San Diego, p.65-105.
- LOBÓN-CERVIÁ, J., REZENDE, C.F. & CASTELLANOS, C. 2012. High species diversity and low density typify drift and benthos composition in Neotropical streams. *Fundam. Appl. Limnol.* 181(2): 129-142.
- MANONI, R.A., GARELIS, P.A., TRIPOLI, E.S. & VALLANIA, E.A. 2009. Diet and feeding preferences of *Trichomycterus corduvensis* Weyenbergh, 1877 (Siluriformes, Trichomycteridae) in two Rivers of the Quinto River basin (San Luis, Argentina). *Acta Limnol. Bras.* 21(2): 161-167.
- MAZZONI, R. & REZENDE C.F. 2003. Seasonal diet shift in a Tetragonopterinae (Osteichthyes, Characidae) from Ubatiba river, RJ, Brazil. *Braz. J. Biol.* 63(1): 69-74.
- MAZZONI, R., MORAES, M., REZENDE, C.F. & MIRANDA, J.C. 2010. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto rio Tocantins, Goiás, Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.* 100(2): 162-168.
- MELO, C.E., MACHADO, F.A. & PINTO-SILVA, V. 2004. Feeding habits of fish from a stream in the savana of Central Brazil, Araguaia Basin. *Neotrop. Ichthyol.* 2(1): 37-44.
- MOJICA, J.I., CASTELLANOS, C. & LOBÓN-CERVIÁ, J. 2009. High temporal species turnover enhances the complexity of fish assemblage in Amazonian Terra Firme streams. *Ecol. Freshw. Fish.* 18: 520-526.
- NALIM, D.M., GALVES JR, W., MENDES, E.C. & MARONEZE, D.M. 2008. Insetos aquáticos. In *A flora e a fauna do ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná* (S.T. Bennemann, O.A. Shibatta & A.O.S.Vieira, eds.). Eduel, Londrina, p.111-138.
- OLIVEIRA, D.C. & BENNEMANN, S.T. 2005. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. *Biota Neotropica.* 5(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n1/pt/abstract?article+BN02905012005>
- PÉREZ, G.R. 1998. *Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia, Bogotá.
- PINNA, M.C.C. & WOSIACKI, W.B. 2003. Family Trichomycteridae (Pencil or parasitic catfishes). In *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. (R.E. Reis, S.O., Kullander, & C.J. Ferraris, eds.). Edipucrs, Porto Alegre, p.270-290.

- POWER, M.E., STOUT, R., CUSHING, C.E., HARPER, P.P., HAUER, F.R., MATTHEWS, W.J., MOYLE, P.B., STATZNER, B. & DE BADGEN, I.R.W. 1988. Biotic and abiotic controls in river and stream communities. *J. North Am. Benthol. Soc.* 7(4): 456-479.
- RAIO, C.B., SILVA, J.F.M., JEREP, F.C. & BENNEMANN, S.T. (no prelo). Análise multivariada dos parâmetros físicos e químicos. In *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica* (S.T. Bennemann, J.F.M. Silva, orgs.). Eduel, Londrina.
- REZENDE, C.F. & MAZZONI, R. 2003. Aspectos da alimentação de *Bryconamericus microcephalus* (Characiformes, Tetragonopterinae) no Córrego Andorinha, Ilha Grande-RJ. *Biota Neotropica* 3(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v3n1/pt/abstract?short-communication+BN01603012003>
- REZENDE, C.F., LOBÓN-CERVIÁ, J., CARAMASCHI, E.C. & 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). *Fundam. Appl. Limnol.* 183(2): 163-175.
- RUSO, M.R., FERREIRA, A. & DIAS, R.M. 2002. Disponibilidade de invertebrados aquáticos para peixes bentófagos de dois riachos da bacia rio Iguaçú, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scient. Biol. Sci.* 24(2): 411-417.
- SABINO, J. & CASTRO, R.M.C. 1990. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da Floresta Atlântica (Sudeste do Brasil). *Rev. Bras. Biol.* 50(1): 23-36.
- SCOTT, S., PARDO, R. & VILA, I. 2007. Trophic niche overlap between two Chilean endemic species of *Trichomycterus* (Teleostei: Siluriformes). *Ver. Chil. Hist. Nat.* 80: 431-437.
- SHIBATTA, O.A., BENNEMANN, S.T., MORI, H. & SILVA, D.F. 2008. Riqueza biológica e ecológica dos peixes do Ribeirão Varanal. In *A flora e a fauna do ribeirão Varanal: um estudo da biodiversidade no Paraná* (S.T. Bennemann, O.A. Shibatta & A.O.S. Vieira, eds.). Eduel, Londrina, p.77-98.
- SILVA, J.C., DELARIVA, R.L. & BONATO, K.O. 2012. Food-resource partitioning fish species from a first-order stream in northwestern Paraná, Brasil. *Neotrop. Ichthyol.* 10(2): 389-399.
- SILVA, J.F.M., RAIIO, C.B., BERNARDINO, D.F.S. & BENNEMANN, S.T. 2013. Longitudinal patterns of fish assemblages in mountain streams from tropical forest biome. *Biota Neotropica.* 13(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?article+bn01213032013>
- SILVA, J.F.M.; RAIIO, C.B.; JEREP, F.C. & BENNEMANN, S.T. Guia metodológico para estudo de atributos físicos do habitat. In *Ecologia de riachos de montanha da Mata Atlântica* (S.T. Bennemann, J.F.M. Silva, orgs.). Eduel, Londrina, (in press a).
- SILVA, J.F.M.; RAIIO, C.B.; BENNEMANN, S.T. & KASHIWAQUI, E.A.L. Riqueza de peixes e macroinvertebrados e a integridade biótica em riachos de montanha na Mata Atlântica: um modelo de estudo. In *Ecologia de riachos de montanha da mata Atlântica* (S.T. Bennemann & J.F.M. Silva, orgs.). Eduel, Londrina, (in press b).
- STRAHLER, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Union* 38: 913-920.
- TRAJANO, E. 1997. Food and reproduction of *Trichomycterus itacarambiensis*, a cave catfish from south-eastern Brazil. *J. Fish Biol.* 51: 53-63.
- TUPINAMBÁS, T.H., CALLISTO, M. & SANTOS, G.B. 2007. Benthic macroinvertebrate assemblages structure in two headwater streams, southeastern Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 24(4): 887-897.
- UIEDA, V.S. & KIKUCHI, R.M. 1995. Entrada de material alóctone (detritos vegetais e invertebrados terrestres) num pequeno curso de água corrente na costa de Botucatu, São Paulo. *Acta Limnol. Bras.* 7: 105-114.
- VANNOTE, R.L., MALLINSH, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.

WOOTTON, R.J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall, London.

## CONCLUSÕES

Os estudos apresentados nos três Capítulos desta tese: “Ecologia Trófica em riachos de montanha da Mata Atlântica” foram importantes para compreender a organização trófica em um riacho de montanha íntegro, bem como verificar os efeitos dos impactos em outros riachos de mesmo tipo. Na abordagem trófica em que foram comparados os alimentos consumidos pelos peixes, a organização trófica, as preferências e a disponibilidade de recursos do ambiente, foi possível concluir neste tipo de ambiente aquático:

- 1) Uma alta variedade de organismos foi utilizada pelos peixes, no entanto poucos foram destacados em valores de ocorrência e dominância acima de 10%. Entre estes, os insetos aquáticos Chironomidae, Ceratopogonidae, Baetidae, Leptophlebiidae e Hydropsychidae se destacaram entre os principais. Nos trechos dos riachos impactados houve diminuição do consumo de insetos, principalmente das famílias sensíveis, e houve aumento na utilização de detrito pelos peixes;
- 2) As espécies de peixes utilizaram os alimentos de origem autóctone em maior proporção, tanto em ocorrência como em dominância no riacho referência. Nos outros dois riachos, com menores graus de integridade, os alimentos de origem mista tiveram maior destaque;
- 3) As consequências das alterações ambientais puderam ser constatadas através da mudança de estratégia alimentar de *T. davisii*, que mesmo se comportando como generalista nos três riachos, utilizou os recursos de forma diferente no riacho referência. Nos riachos impactados João Pinheiro e Preto, o item Chironomidae foi compartilhado entre quase toda a população, enquanto no referência, somente metade da população consumiu Chironomidae e houve baixa competição intraespecífica devido a uma variedade de itens distintos utilizados pela outra metade da população.
- 4) O folhicho de origem alóctone constitui a base da teia trófica detritívora. Além dos insetos fragmentadores foi verificado que o crustáceo *Aegla castro*, registrado em todos os trechos dos riachos estudados, também contribui com a função de fragmentador de matéria orgânica;

- 5) Pela teia trófica elaborada no trecho médio do riacho referência, constatou-se que outros predadores, que não os peixes, também utilizam Chironomidae, o item de maior abundância no ambiente.
- 6) Na avaliação da dieta de *T. davisii*, a única espécie presente em todos os trechos do riacho referência, e sua relação com a disponibilidade dos recursos alimentares foi constatado que a espécie utiliza as presas abundantes, mas também as raras disponíveis; a presa Ceratopogonidae, rara no ambiente, foi a única preferida em todos os trechos do riacho referência, mostrando que o estudo da dieta dos peixes representa uma amostragem dos organismos disponíveis no ambiente.
- 7) Chironomidae, presa de maior ocorrência na dieta e no ambiente, foi negativamente selecionada por *T. davisii* no riacho referência.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### Normas da EDUEL

## **PREPARAÇÃO DO TEXTO ORIGINAL**

### **1 FORMATAÇÃO**

Arquivos digitalizados em Word, f

Fonte Times New Roman, tamanho 12, espaçamento 1,5 cm entrelinhas e parágrafos (exceto citações e notas de rodapé), com margens justificadas, inclusive nas referências. As páginas devem ser configuradas no formato A4, com 3 cm nas margens superior e esquerda e 2 cm nas margens inferior e direita, e todas numeradas.

NÃO inserir espaço entre os parágrafos.

Citações diretas, com recuo, deverão ser digitadas em fonte tamanho 11 e espaçamento simples.

Notas de rodapé deverão ser digitadas em fonte tamanho 10 e espaçamento simples.

### **2 INDICAÇÃO DE TÍTULO E SUBTÍTULO**

O título deve ser separado do texto que o sucede por um espaço de entrelinha 1,5 cm, e subtítulos devem ser separados do texto que os precede e do que os sucede por um espaço de entrelinha 1,5 cm. Capítulos iniciam em nova página.

#### **1 TÍTULO NÍVEL 1 DESENVOLVIMENTO (CAIXA ALTA EM NEGRITO)**

##### **1.1 TÍTULO NÍVEL 2 (FONTE EM VERSALETE, PRIMEIRAS LETRAS EM MAIÚSCULO, EM NEGRITO)**

###### **1.1.1 Título Nível 3 (Primeiras Letras em Maiúsculo, em negrito)**

###### **1.1.1.1 Título nível 4 (Somente a primeira letra da primeira palavra em maiúsculo, em negrito)**

*1.1.1.1.1 Título nível 5 (Todo em itálico - Somente a primeira letra da primeira palavra em maiúsculo)*

### **3 SUMÁRIO**

Listar somente a primeira Sessão (NÍVEL 1), não indicar itens e subitens. Se for coletânea, indicar apenas os nomes dos capítulos e os autores.

### **4 NOTAS DE RODAPÉ**

As notas devem ser reduzidas ao mínimo e apresentadas no pé da página, com fonte tamanho 10, espaçamento entrelinhas simples e parágrafo justificado.

## 5 CITAÇÕES

### 5.1 NAS CITAÇÕES FEITAS NO CORPO DO TEXTO

- Até três linhas: manter no corpo do texto entre aspas duplas (fonte 12, espaçamento 1,5 cm).
- Mais de três linhas: deve ser indicada sem aspas, com fonte 11, espaçamento simples e recuo esquerdo de 4 cm.
- NÃO UTILIZAR as indicações: idem/id., ibidem/ibid., op.cit.
- Não colocar as referências dos trechos citados no rodapé. Todos os autores citados ao longo do texto, e somente os citados, deverão OBRIGATORIAMENTE ser indicados na lista das referências finais.
- O autor deve ser citado entre parênteses pelo sobrenome, em maiúsculas, separado por vírgula da data de publicação e página (SILVA, 2000, p. 12).
- Se o nome do autor estiver citado no texto, indica-se apenas a data, entre parênteses: “Silva (2000) assinala...”.
- Nas citações diretas, é necessária a especificação da(s) página(s), que deverá(ão) seguir a data, separada por vírgula e precedida de “p.” (SILVA, 2000, p. 100).
- Citações indiretas (paráfrases): quando escrito com suas próprias palavras (sem copiar integralmente trechos do texto original), não indicar número da página, somente autor e data (SILVA, 2000).
- As citações de diversas obras de um mesmo autor, com mesmo ano de publicação, devem ser discriminadas por letras minúsculas após a data, sem espaçamento (SILVA, 2000a).
- Quando a obra tiver até três autores, todos devem ser indicados. Se estiver dentro dos parênteses, devem ser separados por ponto e vírgula: (SILVA; MARTINS; SANTOS, 2000); e se estiver no texto: “Silva, Martins e Santos (2000) afirmam...”.
- Quando houver mais de três autores, indica-se o primeiro, seguido da expressão et al. (SILVA et al., 2000) ou Silva et al. (2000).
- Quando houver a recorrência de dois autores diferentes com o mesmo sobrenome e o mesmo ano, indicar a letra inicial do nome (SILVA, M., 2010) (SILVA, J., 2010).
- Quando transcritos trechos ou conceitos de um autor, citado por um segundo autor, utiliza-se a expressão apud (COUTINHO apud FREITAS, 2010, p. 10).
- Quando houver grifos (itálico, negrito) na citação: se forem do original, manter sem nenhuma indicação; se forem destaques seus, indicar (sem grifos no original).
- Supressões são indicadas entre colchetes: [...].
- Quando houver interferências nas citações, ou seja, acréscimos seus, colocar entre colchetes: “construção artística que se observa uma multiterritorialização da poesia experimental ao longo do século XX e no primeiro decênio do século atual [de 2001 a 2010]” (FERNANDES, 2014, p. 7).
- Palavras em língua estrangeira sempre deverão estar em itálico quando no corpo do texto. Se forem citações diretas (entre aspas ou com recuo), não colocar em itálico.

- Caso opte pelo uso de siglas, colocá-las após a primeira ocorrência do nome escrito por extenso.
- Caso não conste data na obra, indicar [s.d.].
- Caso não conste data no documento eletrônico, utilizar na citação a data de acesso (ano) ao documento.
- Em referências de internet, indicar link direto da página, e não o link da página inicial, colocando a data de acesso (dia, mês e ano).

## 5.2 CITAÇÕES TRADUZIDAS

- Apresentar o trecho original no corpo do texto e a tradução em nota de rodapé, com a indicação (Tradução nossa) se for tradução feita pelo autor do texto.

## 6 FIGURAS, TABELAS, QUADROS

Títulos de ilustrações (desenho, esquemas, fluxogramas, fotografias, mapas, organogramas, plantas, quadros, tabelas etc.) devem constar na parte superior, seguido de seu número de ordem em algarismo arábico, dois pontos e o respectivo título em tamanho 12, com a fonte abaixo da ilustração, em tamanho 11.

**Figura 1:** Esquema demonstrativo da baixa produtividade como agente e resultado da erosão

Fonte: Vieira (1989).

### Observação:

- Tabela distingue-se de quadro por se tratar de dados numéricos.
- Caso a ilustração seja de autoria própria, indicar: Fonte: Elaborado(a) pelo(a) autor(a).

## 7 REFERÊNCIAS

### 7.1 INDICAR ELEMENTOS OBRIGATÓRIOS:

#### LIVRO:

AUTOR. Título da obra (em itálico): subtítulo (sem itálico). Tradutor. Edição. Cidade: Editora, ano de publicação.

Ex.: SCHAMA, Simon. *O desconforto da riqueza: a cultura holandesa na época do ouro*. Tradução de Hildegard Feist. 2. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

- Se um mesmo autor tiver mais de uma obra citada, repetir o sobrenome e o nome; NÃO COLOCAR traço.
- Edições são indicadas somente a partir da segunda (2. ed.). Caso seja uma tradução, indicar tradutor (Tradução de ...).

- Quando houver indicação de volumes, colocá-lo após o ano de publicação: número do volume = v. 1; quantidade de volumes = 2v.
- Quando não houver a cidade de publicação, colocar [s.l.].
- Quando não houver a editora, colocar [s.n.]

Ex.: SILVA, T.T. da. *O currículo como fetiche*. 3. ed. [s.l.]: Autêntica, 2001.

SILVA, T.T. da. *O currículo como fetiche*. 3. ed. Belo Horizonte: [s.n], 2001.

RÜSEN, J. *Razão Histórica*. Teoria da História: fundamentos da Ciência Histórica. Tradução de Estevan de Rezende Martins. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

MICELI, P. *O mito do herói nacional*. São Paulo: Contexto, 1988. v. 2. (significa que é o volume 2).

MICELI, P. *O mito do herói nacional*. São Paulo: Contexto, 1988. 2v. (significa que essa obra tem 2 volumes).

### **ARTIGO EM LIVRO:**

AUTOR. Título do artigo. In: (sem itálico) AUTOR. Título da obra (em itálico): subtítulo (sem itálico). Cidade: Editora, ano de publicação, página inicial-página final.

Ex.: SCOTT, J. História das Mulheres. In: BURKE, P. (Org.). *A Escrita da História: novas perspectivas*. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Unesp, 1992, p. 63-96.

### **ARTIGO EM PERIÓDICO:**

AUTOR. Título do artigo. Nome do periódico (em itálico), Cidade: Editora e/ou instituição (se houver indicação), volume, número, página inicial-página final, mês (abreviado) ano.

Ex.: ZAMBONI, E. Representações e linguagens no ensino de História. *Revista Brasileira de História*, São Paulo: ANPUH/Humanitas, v. 18, n. 36, p. 13-21, jun. 1998.

### **MONOGRAFIAS, TESES, DISSERTAÇÕES:**

AUTOR. Título da obra (em itálico): subtítulo (sem itálico). Ano de defesa. Número de folhas.

Indicar natureza da pesquisa (Tese, Dissertação, Monografia), seguida do nome do Programa (Doutorado em..., Mestrado em..., Especialização em...) – Instituição, Cidade, ano de defesa.

Ex.: D'ANDREA, Anna Cláudia Eutrópio Batista. *Movimentos e articulações: uma análise das iniciativas de formação de educadores em sexualidade na Rede Municipal de Educação de Belo Horizonte (1989-2009)*. 2014. 198f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

## **7.2 ELEMENTOS COMPLEMENTARES**

- Quando houver organizador, editor, coordenador, indicar na frente do nome os termos (Org.), (Ed.) e (Coord.), respectivamente (não colocar “s”, ex.: Orgs.).

Ex.: SCOTT, J. História das Mulheres. In: BURKE, P. (Org.). *A Escrita da História: novas perspectivas*. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Unesp, 1992.

- Padronizar nomes de autores em toda a obra e/ou artigos do livro.

Ex.: SCOTT, J. (abreviado) ou SCOTT, Joan. (por extenso)

## **OUTROS EXEMPLOS:**

### **Anais:**

LOPES, M; CARVALHO, R. C. M. Formação do Professor de Inglês: educação infantil e ensino fundamental (1ª a 4ª séries). In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO SOBRE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE LÍNGUAS – CLAFPL, 1., 2007, Florianópolis. Anais...

Florianópolis: 193 Escola do Futuro, 2007, p. 103-127.

### **Leis:**

BRASIL. Decreto n.º 981, de 8 de novembro de 1890. Aprova o regulamento da instrução primária e secundária do Distrito Federal. Diário Oficial da União, Palácio do Governo Provisório, 08 nov. 1890. Disponível em:

<<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=65346&tipoDocumento=DEC&tipoTexto=PUB>>. Acesso em: 28 jul. 2013.

### **Internet:**

SOBRENOME, Nome. Título (em itálico). ano. Disponível em: <<http://www.editora.com.br>>. Acesso em: 23 maio 2010.

Ex.: CALDAS, J. *O fim da economia*: o começo de tudo. 2006. Disponível em: <<http://www.caldasecon.com.br>>. Acesso em: 23 abr. 2010.

OLIVEIRA, J. P. M. de. *A perda da memória ou a preservação digital*. 2005. Disponível em: <<http://palazzo.pro.br/cronicas/004.htm>>. Acesso em: 26 jul. 2010.

## **8 APÊNDICE E ANEXO**

Caso haja apêndices e/ou anexos, indicar após as referências finais.

Indicar apêndices quando for elaborado pelo próprio autor do livro.

Indicar anexo quando forem dados retirados de outro autor (não pode ser alterado).



## ANEXO B

### Normas da revista Biota Neotropica

Em todos os textos deve ser utilizada, como fonte básica, Times New Roman, tamanho 10. Nos títulos e subtítulos podem ser utilizados tamanhos 11 ou 12, conforme o caso. Podem ser utilizados negritos, itálicos, sublinhados, subscritos e superscritos, quando pertinente. Evite, porém, o uso excessivo desses recursos. Em casos especiais, podem ser utilizadas as seguintes fontes: Courier New, Symbol e Wingdings. A utilização dessas fontes deverá ser feita apenas em casos especiais. (ver ítem fórmulas abaixo)

Apenas dois níveis de subtítulos serão permitidos, abaixo do título de cada seção. Apenas um nível de numeração será permitida em parágrafos, assim como, será permitido apenas um nível de itemização. Os títulos e sub-títulos deverão ser numerados em algarismos arábicos seguidos de um ponto para auxiliar na identificação de sua hierarquia quando da formatação final do trabalho. Ex. 1. Introdução; 1.1 sub-título; 1.1.1 sub-sub-título).

#### Documento principal

O corpo principal do trabalho, os títulos, resumos e palavras-chave em português ou espanhol e inglês, e referências bibliográficas, devem estar contidos em um único arquivo chamado principal.rtf ou principal.doc. Esse arquivo não deve conter tabelas ou figuras, que deverão estar em arquivos separados, conforme descrito a seguir. O manuscrito deverá seguir o seguinte formato:

1. Título e Autores
  - Título conciso e informativo;
  - Título resumido
  - nome completo dos autores; filiações e endereços completos com links eletrônicos para as instituições, indicando o autor para correspondência e respectivo email.
2. Resumos
3. Os resumos devem conter, no máximo, 1500 palavras.
  - Título em inglês
  - Resumo em inglês
  - Palavras-chave em inglês
  - Título em português ou espanhol
  - Resumo em português ou espanhol
  - Palavras-chave em português ou espanhol
4. Corpo do Trabalho
 

No caso do trabalho estar nas categorias "Artigo Científico", "Short Communications", "Inventários" e "Chaves de Identificação" deverá ter a seguinte estrutura:

  - Introdução
  - Material e Métodos
  - Resultados
  - Discussão
  - Agradecimentos
  - Referências bibliográficas.

A critério do autor, os itens Resultados e Discussão podem ser fundidos.

No caso da categoria "Inventários" a listagem de espécies, ambientes, descrições, fotos etc, devem ser enviadas separadamente para que possam ser organizadas conforme formatações específicas.

No caso da categoria "Chaves de Identificação" a chave em si deve ser enviada separadamente para que possa ser formatada adequadamente.

No caso de referência a material coletado é obrigatória a citação das coordenadas geográficas do local de coleta. A citação deve ser feita em graus, minutos e segundos. Ex. 24N 32'75". Nos casos de referências a espécies ameaçadas, deve-se especificar apenas graus e minutos.

Colocar as citações bibliográficas de acordo com o seguinte padrão: Silva (1960) ou (Silva 1960); Silva (1960, 1973); Silva (1960a, b); Silva & Pereira (1979) ou (Silva & Pereira 1979); Silva et al. (1990) ou (Silva et al. 1990); (Silva 1989, Pereira & Carvalho 1993, Araujo et al. 1996, Lima 1997). Citar referências a resultados não publicados ou trabalhos submetidos da seguinte forma: (A.E. Silva, dados não publicados). Em trabalhos taxonômicos, detalhar as citações do material examinado, conforme as regras específicas para o tipo de organismo estudado.

Citar números e unidades da seguinte forma: escrever números até nove por extenso, a menos que sejam seguidos de unidades. Utilizar, para número decimal, vírgula nos artigos em português ou espanhol (10,5 m) ou ponto nos escritos em inglês (10.5 m). Utilizar o Sistema Internacional de Unidades, separando as unidades dos valores por um espaço (exceto para porcentagens, graus, minutos e segundos); utilizar abreviações sempre que possível. Não inserir espaços para mudar de linha caso a unidade não caiba na mesma linha.

Não use notas de rodapé, inclua a informação diretamente no texto, pois torna a leitura mais fácil e reduz o número de links eletrônicos do manuscrito.

## 5. Referências

bibliográficas

Adotar o formato apresentado nos seguintes exemplos:

1. SMITH, P.M. 1976. The chemotaxonomy of plants. Edward Arnold, London.
2. SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1980. Statistical Methods. 7 ed. Iowa State University Press, Ames.
3. SUNDERLAND, N. 1973. Pollen and anther culture. In Plant tissue and cell culture (H.F. Street, ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.205-239.
4. BENTHAM, G. 1862. Leguminosae. Dalbergiae. In Flora Brasiliensis (C.F.P. Martius & A.G. Eichler, eds.). F. Fleischer, Lipsiae, v.15, pars 1, p.1-349.
5. MANTOVANI, W., ROSSI, L., ROMANIUC NETO, S., ASSAD-LUDEWIGS, I.Y., WANDERLEY, M.G.L., MELO, M.M.R.F. & TOLEDO, C.B. 1989. Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. In Simpósio sobre mata ciliar (L.M. Barbosa, coord.). Fundação Cargil, Campinas, p.235-267.
6. FERGUSON, I.B. & BOLLARD, E.G. 1976. The movement of calcium in woody stems. Ann. Bot. 40:1057-1065.
7. STRUFFALDI-DE VUONO, Y. 1985. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica de São Paulo, SP. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Abreviar títulos dos periódicos de acordo com o "World List of Scientific Periodicals".

Para citação dos trabalhos publicados na Biota Neotropica  
Exemplo: PORTELA, R.C.Q. & SANTOS, F.A. M. 2003. Alometria de plântulas e jovens de espécies arbóreas: copa x altura. Biota Neotropica 3(2):<http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?article+BN03104022004>

Todos os trabalhos publicados na Biota Neotropica têm um endereço eletrônico individual, que aparece imediatamente abaixo do(s) nome(s) do(s) autor(es) no PDF do trabalho. Este código individual é composto pelo número que o manuscrito recebe quando

submetido (005 no exemplo acima), o número do volume (03), o número do fascículo (02) e o ano (2003).

### **Tabelas**

Cada tabela deve ser enviada em arquivo separado. Cada arquivo deve ser denominado como tabelaN.EXT, onde N é o número da tabela e EXT é a extensão, de acordo com o formato utilizado, ou seja, doc para tabelas produzidas em formato MS-Word, rtf para as produzidas em Rich Text Format, ou xls, para as produzidas em MS-Excel. Esses são os três únicos formatos aceitos. Assim, o arquivo contendo a tabela 1, que esteja em formato MS-Excel, deve se chamar tabela1.xls. Evitar abreviações, exceto para unidades. Cada tabela deve ter seu título anexado em sua parte superior.

### **Figuras**

Cada figura deve ser enviada em arquivo separado. Cada arquivo deve ser denominado como figuraN.EXT, onde N é o número da figura e EXT é a extensão, de acordo com o formato da figura, ou seja, jpg para imagens em JPEG, gif para imagens em formato gif, tif para imagens em formato TIFF, bmp para imagens em formato BMP. Assim, o arquivo contendo a figura 1, cujo formato é tif, deve se chamar figura1.tif. Aconselha-se o uso de formatos JPEG e TIFF para fotografias e GIF ou BMP para gráficos. Outros formatos de imagens poderão também ser aceitos, sob consulta prévia. As imagens devem ser enviadas na melhor resolução possível. Imagens com resolução menor que 300 dpi podem comprometer a qualidade final do trabalho, quando impresso pelo usuário final. O tamanho da imagem deve, sempre que possível, ter uma proporção de 3x2 ou 2x3 entre a largura e altura. Os textos inseridos nas figuras devem utilizar fontes sans-serif, como Arial ou Helvética, para maior legibilidade. Figuras compostas por várias outras devem ser enviadas, cada parte, em arquivos separados identificados por letras. Ex. figura1a.gif, figura2a.gif etc. Utilize escala de barras para indicar tamanho. As figuras não devem conter legendas, estas deverão ser especificadas em arquivo próprio (veja abaixo). É imprescindível que o autor abra os arquivos que preparou para submissão e verifique, cuidadosamente, se as figuras, gráficos ou tabelas estão, efetivamente, no formato desejado.

### **Fórmulas**

Fórmulas que puderem ser escritas em uma única linha, mesmo que exijam a utilização de fontes especiais (Symbol, Courier New e Wingdings), poderão fazer parte do texto. Ex.  $a = pr^2$  ou  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , etc. Qualquer outro tipo de fórmula ou equação deverá ser considerada uma figura e, portanto, seguir as regras estabelecidas para figuras.

### **Legendas**

Deve ser enviado um arquivo chamado legenda.doc ou legenda.rtf, dependendo do formato utilizado, contendo as legendas de todas as figuras. Cada legenda deve estar contida em um único parágrafo e deve ser identificada, iniciando-se o parágrafo por Figura N, onde N é o número da figura. Figuras compostas podem ou não ter legendas independentes. Caso uma tabela tenha uma legenda, essa deve ser incluída nesse arquivo, contida em um único parágrafo, sendo identificada iniciando-se o parágrafo por Tabela N, onde N é o número da tabela.