

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

TESE DE DOUTORADO

RESISTÊNCIA E RESILIÊNCIA DE
MACROINVERTEBRADOS FRENTE A PERTURBAÇÕES
FÍSICAS EM RIACHO

Ludmilla Oliveira Ribeiro

Orientadora: Prof^a Dr^a Virgínia Sanches Uieda

BOTUCATU

Estado de São Paulo

2007

**RESISTÊNCIA E RESILIÊNCIA DE
MACROINVERTEBRADOS FRENTE A PERTURBAÇÕES
FÍSICAS EM RIACHO**

Ludmilla Oliveira Ribeiro

Orientadora: Virgínia Sanches Uieda

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), “Campus” de Botucatu, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR do Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Área de Zoologia.

BOTUCATU
Estado de São Paulo

2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Ribeiro, Ludmilla Oliveira.

Resistência e resiliência de macroinvertebrados frente a perturbações físicas em riacho / Ludmilla Oliveira Ribeiro. – 2007.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu 2007.

Orientador: Virgínia Sanches Uieda

Assunto CAPES: 20400004

1. Invertebrado de água doce - Ecologia - Brasil 2. Ecologia aquática
3 . Zoologia

CDD 574.92

Palavras-chave: Colonização; Macroinvertebrados aquáticos; Manipulação experimental; Perturbações hidrológicas

Dedico esta tese à vó Elmira (*in memoriam*).

A mulher mais forte que conheci.

“Quem espera que a vida
Seja feita de ilusão
Pode até ficar maluco
Ou morrer na solidão
É preciso ter cuidado
Pra mais tarde não sofrer
É preciso saber viver
Toda pedra no caminho
Você pode retirar
Numa flor que tem espinho
Você pode se arranhar
Se o bem e o mal existem
Você pode escolher
É preciso saber viver.”

(Roberto Carlos e Erasmo Carlos)

AGRADECIMENTOS

À Prof^a Dr^a Virginia Sanches Uieda, minha grande amiga durante esta jornada. Agradeço por todos estes anos de carinho e paciência durante meus deslizes pessoais e profissionais.

À CAPES pela bolsa de estudo concedida, o que permitiu a realização deste trabalho.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação – AC: Zoologia, IB, UNESP-Botucatu, Sérgio, Luciene e Maria Helena pelo carinho e eficiência.

Aos funcionários do Departamento de Zoologia, IB, UNESP-Botucatu, Juliana, Pisani, Hamilton e Flávio, pela amizade e ajuda prestada. Ju a você meu obrigada mais do que especial!

Ao funcionário Hamilton pelo grande auxílio prestado durante as atividades de campo.

À Prof^a Dr^a Isabel Pardo Gamundí (Universidade de Vigo-Espanha) por ter possibilitado a realização de um projeto muito desejado. Ainda que minha estada tenha sido curta, agradeço pela oportunidade de interagir com o “mundo científico europeu”.

Ao Prof. Dr. Frederico Falcão Salles pela gentileza de revisar a identificação dos espécimes de Ephemeroptera.

Ao Prof. Dr. Marcos Callisto pelo carinho e apoio dispensados a mim desde o mestrado. Que esta amizade cresça cada vez mais!!!

Aos colegas de pós-graduação que de alguma forma participaram deste doutorado: Luciana, Emerson, Rosiclér, Michéli, Fernando (Xilique), Tamara (Babalu), Domingos, Patrícia Fumis, Karine, Rosana, Aline, Rafael (Gabi), Rafael (Xuxa, eterno “padinho”), Gustavo (Japa), Bruno (Pessoa), Patrícia (Pitot), Adriane (Dri), Bruna, Carol, Fúlvio, Silvia, Mirian, Allysson, Daniela Ferreira, República Kissassa. Perdão se esqueci alguém!!!!

As amizades conquistadas em Botucatu, Ricardinho, Marila, Will, Dê, Renato e Fernando Marques (“por você eu iria a pé do Rio a Salvador”), muito obrigada por terem feito parte desta experiência enriquecedora chamada DOUTORADO.

Ao Sr. Leonício (proprietário do Sítio Pedra Branca) por permitir a execução deste trabalho em sua propriedade, e ao Sr. Alfredo e Dona Hylida, por possibilitarem um agradável convívio durante as coletas.

“O agradecimento é a memória do coração” (Tao Tse)

À toda minha família por ter compreendido minha ausência. Muito obrigada ao meu pai (Paulo) e a minha mãe (Norma) que mesmo não entendendo meus experimentos (né, pai!), sempre me apoiaram com muito carinho.

À minha irmã Isabelle e sua família. Obrigada pelos sobrinhos lindos que sempre iluminam nossos dias obscuros (como diz nosso velho amigo!). Irmã esta é minha oportunidade de te contar um segredo: “TE AMO”.

À Karine minha amiga de longa data! Ka, obrigada por este carinho incondicional. Ainda que eu escrevesse centenas de palavras, seria impossível descrever o que move esta amizade, então farei minhas as palavras do Frejat: “eu te desejo não parar tão cedo, pois toda idade tem prazer e medo, e com os que erram feio e bastante, que você consiga ser tolerante; eu te desejo muitos amigos, mas que em um você possa confiar; desejo que você ganhe dinheiro, pois é preciso viver também; desejo que você tenha a quem amar...”

À Carol que sempre me ofereceu uma amizade sólida e verdadeira. Obrigada por me aturar nestes últimos sete meses. Jamais esquecerei aquele bolo surpresa no meu aniversário (2004), nossas pizzas acompanhadas de um bom vinho (argentino, chileno, italiano...), os episódios intrigantes de Lost...enfim, você, Mike, Ted, “Peter, Paul e Mary” estarão sempre nas melhores recordações de Botucatu.

Ao Fúlvio meu querido amigo, que na verdade não tem idéia do quanto eu o adoro. Fu te agradeço pela amizade, paciência nas sessões de estatística, companhia nos finais de

semana quando você ainda era um pós-graduando e finalmente, por ter me aproximado de alguém tão especial como a Carol.

Ao Erminho por ter ajudado no trabalho de campo sempre com seu humor característico. Valeu por ter me mostrado que “é melhor ser alegre que ser triste, a alegria é a melhor coisa que existe”.

Á Mi (Michéli), Mel (Melissa) e Dri (Adriane) por terem sido tanto minhas ouvintes nos instantes de “aflição” quanto parceiras nos momentos de “euforia”.

Á Rô, Sil, Dani e Mi (Mirian) pela convivência prazerosa nos “velhos tempos” do antigo Condomínio Amarelo.

Ao Juju por ter me ajudado em algumas etapas deste doutorado. Ainda que hoje nossos caminhos sigam rotas diferentes, te agradeço por ter proporcionado que eu descobrisse o tamanho de minha coragem.

Ao Prof. Dr. Sandro Santos por ser um grande amigo que mantém as portas sempre abertas para esta “velha estagiária”...ainda que as vezes eu “desapareça”!

Á todos os amigos sepeenses que não me esqueceram durante esta longa “viagem”.

Aos macroinvertebrados, por manterem acesa minha curiosidade.

E finalmente, ao boxer mais lindo e companheiro que eu conheço, Darwin, por ter sido meu companheiro mais fiel nos momentos mais solitários...

SUMÁRIO

Resumo	1
Introdução Geral	2

Capítulo I – Colonization of benthic substrates by macroinvertebrates, under the effect of experimental hydrological disturbances.

Abstract.....	7
Resumo	8
Introduction.....	9
Material and Methods.....	10
Results.....	12
Discussion.....	14
Acknowledgements.....	17
References.....	17
Tables.....	21
Figures.....	24

Capítulo II – Resistência e resiliência de macroinvertebrados em um riacho tropical após uma perturbação hidrológica artificial.

Resumo.....	26
Abstract	27
Introdução.....	27
Material e Métodos.....	30
Resultados.....	33
Discussão.....	35
Agradecimentos.....	38
Referências Bibliográficas.....	38
Tabelas.....	44
Figuras.....	46

Capítulo III – Distúrbios hidrológicos naturais podem afetar as comunidades bentônicas?

Resumo.....	53
Introdução.....	53
Material e Métodos.....	55
Resultados.....	57
Discussão.....	59
Agradecimentos.....	62
Referências Bibliográficas.....	62
Figuras.....	66
Conclusões Gerais.....	71

RESUMO

Uma perturbação pode ser entendida como uma alteração no ambiente capaz de causar mudanças na comunidade ou sistema, levando à reestruturação dos mesmos. Atualmente o estudo das perturbações é reconhecido como uma importante área em trabalhos ecológicos, por que afetam a organização das comunidades e contribuem para os processos ecológicos e evolutivos. A estabilidade relativa das comunidades e ecossistemas não é determinada apenas pela sua resistência a perturbações, mas também pela sua taxa de recuperação (resiliência). O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resistência e a resiliência da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho da região sudeste do Brasil, frente a perturbações hidrológicas de diferentes intensidades. Este trabalho foi dividido em duas etapas: (1) análise do efeito de perturbações naturais, acompanhando o processo de colonização do substrato durante o período chuvoso, e (2) análise do efeito de perturbações artificiais, acompanhando a colonização após uma manipulação experimental realizada através da lavagem do substrato durante a estação seca. Com este estudo constatou-se que a comunidade de macroinvertebrados bentônicos possui alta resiliência, atingindo valores pré-perturbação entre duas horas e três dias após as perturbações. O curto período de recuperação pode estar relacionado com o uso de características morfológicas e comportamentais, bem como de refúgios, contra as alterações do fluxo.

Palavras-chave: perturbações hidrológicas, macroinvertebrados aquáticos, colonização, manipulação experimental.

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

Os insetos compõem a maior parte da fauna de invertebrados de águas correntes, sobressaindo-se em termos de diversidade e abundância (Hynes, 1970; Lake, 1990). A distribuição destes organismos está relacionada a vários fatores, como tamanho e textura do substrato, velocidade da correnteza, temperatura, dureza e acidez da água, bem como disponibilidade de recursos alimentares (Resh & Rosenberg, 1984; Merritt & Cummins, 1996; Boltovskoy et al., 1995). Estes fatores em geral estão correlacionados e podem determinar as condições ambientais favoráveis ao estabelecimento dos invertebrados em uma determinada área (colonização). A disponibilidade de alimento e espaço, por exemplo, são fatores que estão relacionadas à velocidade da correnteza em ambientes de águas correntes (Hynes, 1970; Resh & Rosenberg, 1984).

Minha participação em estudos visando ampliar os conhecimentos sobre a fauna de invertebrados de riachos no Brasil iniciou em 2001, tentando elucidar algumas questões levantadas a partir de uma série de trabalhos realizados pela Profa. Dra. Virgínia S. Uieda em um riacho de 3ª ordem, localizado na Cuesta de Botucatu. Com o intuito de avaliar o processo de colonização de macroinvertebrados e a influência de alguns parâmetros (predação, disponibilidade de recursos, sazonalidade) sobre a estrutura da comunidade, lançamos mão de manipulação experimental, desenvolvendo um experimento de exclusão pela eletricidade. Este trabalho, que correspondeu a minha dissertação de mestrado, possibilitou verificar que: 1) os macroinvertebrados colonizam rapidamente (cerca de 14 dias) o substrato, tanto no período chuvoso quanto no seco, demonstrando ocuparem rapidamente os nichos vagos; 2) apesar da estrutura experimental utilizada para analisar o efeito da predação sobre a comunidade de invertebrados ter se mostrado eficiente em excluir predadores potenciais, não foi constatado efeito direto e/ou indireto da ictiofauna

sobre a comunidade analisada; 3) o processo de colonização foi nitidamente influenciado pela sazonalidade, tempo de colonização e quantidade de recursos alimentares.

A grande importância da pluviosidade como fator de relevância sobre a comunidade de macroinvertebrados, verificada neste estudo de colonização realizado no Ribeirão da Quinta (Ribeiro, 2003), me levou a investigar o efeito de perturbações hídricas sobre os organismos.

Perturbações por enchentes constituem uma grande fonte de heterogeneidade temporal e espacial na estrutura das comunidades naturais. A estabilidade relativa das comunidades e ecossistemas não é determinada apenas pela sua resistência frente a estas perturbações, mas também pela sua resiliência, ou taxa de recuperação (Webster et al., 1983 *apud* Yount & Niemi, 1990). Este processo de recuperação envolve a recolonização de organismos provenientes de fontes externas ou refúgios internos (Yount & Niemi, 1990).

Assim, para um melhor entendimento da dinâmica da comunidade dentro de habitats sujeitos a perturbações, entendemos que era necessário o conhecimento do regime destas perturbações, bem como dos padrões de recolonização nos locais perturbados. Deste modo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a resistência e a resiliência dos macroinvertebrados frente a perturbações hidrológicas, contribuindo assim para o conhecimento dos processos ecológicos em ecossistemas de riachos tropicais.

Apresentação da Tese

A tese será apresentada na forma de três capítulos, sendo que o primeiro já se encontra nos moldes de um artigo a ser submetido à publicação na revista *Neotropical Biology and Conservation*.

CAPÍTULO I – Colonization of benthic substrates by macroinvertebrates, under the effect of experimental hydrological disturbances.

O processo de colonização de macroinvertebrados bentônicos sob efeito de perturbações hidrológicas de diferentes intensidades foi avaliado experimentalmente. A hipótese testada foi de que diferentes intensidades de perturbação levariam a distintos padrões de estruturação da comunidade.

CAPÍTULO II – Resistência e resiliência de macroinvertebrados em um riacho tropical após uma perturbação hidrológica artificial.

A resistência e a resiliência (taxa de recuperação) da comunidade de macroinvertebrados de um riacho da região sudeste do Brasil foram avaliadas após perturbações hidrológicas artificiais de diferentes intensidades.

CAPÍTULO III – Distúrbios hidrológicos naturais podem afetar as comunidades bentônicas?

O objetivo deste capítulo foi analisar como perturbações hidrológicas naturais de diferentes intensidades e frequências podem determinar diferenças na estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. O trabalho foi realizado durante dois anos consecutivos (2004 e 2005), em um riacho de serra do sudeste brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLTOVSKOY, D.; TELL, G.; DADON, R. Afinidad entre comunidades bentónicas de un ambiente lótico. In: LOPRETTO, E.C.; TELL, G. (Eds.). Ecosistemas de aguas continentales: metodologías para su estudio. Argentina: Editora Sur, 1995. p.203-14.

HYNES, H.B.N. *The ecology of running waters*. Canada: University of Toronto Press, 1970. 555 p.

LAKE, P.S. Disturbing hard and soft bottom communities: A comparison of marine and freshwater environments. *Australian Journal of Ecology*, v.15, p. 477-88. 1990.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Dubuque: Kendal/Hunt, 1996. 722 p.

RESH, V.H.; ROSENBERG, D.M. *The ecology of aquatic insects*. New York: Praeger Publishers, 1984. 625 p.

RIBEIRO, O.L. Colonização de substrato artificial por macroinvertebrados no Ribeirão da Quinta, município de Itatinga (SP). 2003. 62 p. Dissertação (Mestrado) – PPG Zoologia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

YOUNT, J.D.; NIEMI, G.J. Recovery of lotic communities and ecosystems from disturbance – a narrative review of case studies. *Environmental Management*, v. 14, n.5, p. 547-69. 1990.

WEBSTER, J.R.; GURTZ, M.E.; HAINES, J.J.; MEYER, J.L.; SWANK, W.T.; WALLACW, J. B. Stability of stream ecosystems. In: BARNES, J.R.; MINSHALL, G.W. (Eds). Stream ecology: application and testing of general ecological theory. New York: Plenum Press, 1983. p. 355-95.

CAPÍTULO I

COLONIZATION OF BENTHIC SUBSTRATES BY MACROINVERTEBRATES, UNDER THE EFFECT OF EXPERIMENTAL HYDROLOGICAL DISTURBANCES

Manuscrito a ser submetido para publicação na revista *Neotropical Biology and Conservation*.

**COLONIZATION OF BENTHIC SUBSTRATES BY MACROINVERTEBRATES,
UNDER THE EFFECT OF EXPERIMENTAL HYDROLOGICAL
DISTURBANCES**

**COLONIZAÇÃO DE SUBSTRATOS POR MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS SOB O EFEITO DE PERTURBAÇÕES HIDROLÓGICAS
EXPERIMENTAIS**

Ludmilla Oliveira Ribeiro & Virgínia Sanches Uieda

Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Caixa Postal 510, 18618-000, Botucatu, São Paulo, Brasil. Email: jbludy@gmail.com; vsuieda@ibb.unesp.br

Abstract

The effects of hydrological disturbances of two different intensities upon to the benthic macroinvertebrates colonization process was experimentally evaluated. We hypothesized that hydrological disturbances of different intensities might induce distinct patterns of community structure. The variation of abundance and richness of macroinvertebrates were analyzed after a weak and strong experimental hydrological disturbance, with samples after 2 hours and 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 days. The colonization was fast and the macroinvertebrates abundance recovered to the control level (before the disturbance) on day three after the weak disturbance and on day five after the strong. After the weak disturbance, macroinvertebrates abundance and richness did not show significant changes

($p = 0.654$ and $p = 0.089$) through the colonization process. However, after the strong disturbance, the two parameters showed significant changes ($p = 0.018$ and $p = 0.036$). This effect of the strong disturbance was also evident for Chironomidae and Leptothyphidae, the first reaching the control values two hours after the disturbance, and the second after three days. The results support the hypothesis that the colonization process of new areas is affected by the disturbance intensity, but also depends on the animal characteristics. The macroinvertebrate community recovery in the studied stream was fast, supporting the view that stream communities are highly resilient.

Key words: stream ecology, experimental manipulation, tropical stream, aquatic insects.

Resumo

O efeito de perturbações hidrológicas de duas intensidades diferentes sobre o processo de colonização de macroinvertebrados foi experimentalmente avaliado. A hipótese é de que perturbações hidrológicas de diferentes intensidades podem levar a distintos padrões de estruturação da comunidade. As variações na abundância e riqueza dos macroinvertebrados foram acompanhadas após a indução experimental de uma perturbação hidrológica fraca e uma forte, com amostras após 2 horas e 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 dias. A colonização foi rápida e a abundância de macroinvertebrados atingiu o nível do controle (antes da perturbação) em três dias após a perturbação fraca e cinco dias após a forte. Após a perturbação fraca, não houve mudanças significativas na abundância e riqueza de macroinvertebrados ($p = 0,654$ e $p = 0,089$, respectivamente) ao longo do processo de colonização. No entanto, após a perturbação forte, estes dois parâmetros mostraram mudanças significativas ($p = 0,018$ e $p = 0,036$). Este efeito da perturbação forte também

foi verificado para Chironomidae e Leptohyphidae, o primeiro atingindo os valores do controle após duas horas e o segundo, após três dias da perturbação. Os resultados suportam a hipótese da influência da intensidade da perturbação sobre o processo de colonização de novas áreas, mas também reforça que este efeito varia nos diferentes grupos animais. A recuperação da comunidade de macroinvertebrados no riacho estudado foi rápida, corroborando a idéia de que comunidades de riachos são altamente resilientes.

Palavras chave: ecologia de riachos, manipulação experimental, rios tropicais, insetos aquáticos.

Introduction

Colonization is defined as a process by which the organisms move to and become established in new areas or habitats or in disturbed habitats in which they were previously present (Sheldon, 1984; Smock, 1996).

In lotic habitat several abiotic and biotic factors interact with each other and determine the distribution of the organisms. The water flow velocity affects the food and space availability, and those three factors interact and define the organism distribution (Hynes, 1970; Resh and Rosenberg, 1984).

The environmental changes that may stimulate shifts in the community organization are defined as “disturbances”. According to Lake (1990), most of the natural disturbances are physical, and floods are the most harmful factor affecting streams. The floods damage can be measured by substrate alterations, such as excoriation, removal and agitation, by sediment removal and deposition, and by organism removal (Lake, 1990).

In this study we intended to evaluate the effects of hydrological disturbances of different intensities on the benthic macroinvertebrates colonization process. Our hypothesis is that the process of colonization of a new area is related to the intensity of disturbance, and, in this way, hydrological disturbances of different intensities might induce distinct patterns of community structure. The process of colonization of a stream benthic community was followed after its exposure to a strong and a weak hydrological disturbance, caused experimentally.

Material and Methods

Study area

This study was carried on a stream located in the municipality of Itatinga, São Paulo state, southeastern Brazil. The study site (23°06'47''S, 48°29'46''W; 743 m of height) is located in a 3rd order stream, in a stretch 20 m long and 1.5 m wide, composed by a succession of pools, runs and riffles. The experiment was developed in two run areas, located at both ends of the studied stretch (called here as upstream and downstream areas), and with characteristics intermediate between pools and riffles, what makes easy the utilization of artificial substrates and allows high homogeneity of samples and replicates (Carvalho and Uieda, 2004). The runs have 10 to 20 cm of depth, moderate flow (0.24m/s) and rocky-sandy bottom.

Experimental design

The experimental manipulation was carried on July and August 2003, during the dry season, in order to avoid the rain effect, and allows continuous colonization and control over the artificial hydrological disturbance. The disturbance was applied by washing the streambed using a hose attached to a suction pump that took water upstream the

experimental area. The artificial substrate used to sample the macroinvertebrates was made with cement (40%), sand (40%) and gravel (20%), in a rectangle shape (8 x 6 x 2.5 cm) with total superficial area of 210 cm² (for more details see Carvalho & Uieda, 2004).

In each selected area, 50 artificial substrates were installed for colonization during 21 days. After this period, a low intensity washing (0.92 l/sec) was applied on the substrates located at the upstream area and a high intensity washing (1.78 l/sec) was applied at the downstream area. The low intensity washing, considered a weak disturbance, partially removed the organic matter and the vegetal debris deposited on the artificial substrates. The high intensity washing, considered a strong disturbance, carried a large amount of organic matter and debris, causing intense turbidity on the water, even revolving some artificial substrates. For both disturbances, the washing time was five minutes in each area. Three replicates of the artificial substrate were removed before the disturbance (control) and 2 hours, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 and 15 days after the washing. This material was fixed on 70% alcohol.

The substrates were brushed and washed through a series of three nested sieves (smallest mesh size: 0.25 mm), that were checked under a stereomicroscope for sorting the macroinvertebrates. The taxonomic identification was made until family level for most groups, using identification keys for macroinvertebrates (Lopretto and Tell, 1995), and for aquatic insects (Merritt and Cummins, 1996; Fernández and Domínguez, 2001). All taxonomic groups sampled had their abundance (number of individuals) determined.

Data analysis

Colonization curves were built using the abundance and richness values (average of 3 replications).

The disturbance intensity effect (strong and weak) on the abundance and richness [data $\log_{10}(x+1)$ transformed] of macroinvertebrates during the colonization process was tested by a one-way analysis of variance (Systat 7.0, 1997). When significant difference ($p < 0.05$) was observed, the Dunnett's test was performed to compare each sampling (2h, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 and 15 days) to the control. This analysis was also performed for the five most abundant insect groups. Although the total abundance of Simuliidae was high, it was not possible to test the effect of disturbance on this group because of the high variation in its abundance by treatment and replicate (high abundance only on the weak disturbance experiment and on one of the three replicates).

Results

The artificial substrates were colonized by macroinvertebrates belonging to six phyla, with Arthropoda being the most abundant one (Table 1) and represented mainly by insects, with predominance in abundance of the families Chironomidae, Baetidae, Glossosomatidae, Simuliidae, and Leptohyphidae (Table 2).

The analysis of the abundance variation during the colonization process shows that the weak intensity disturbance caused initially (2 hours after) an increase in the number of individuals, when compared to the control, followed by a decrease in abundance on day 1 (Figure 1). The abundance recovers to the control level on day 3, and the abundance values were higher than those observed on the control at the end of the experiment. Otherwise, two hours after the strong intensity disturbance, the macroinvertebrates abundance was low, followed by a pronounced increase on day 1, and oscillations of abundance until the end of the experiment, reaching the control values around day 5 (Figure 1).

The changes on richness when used the weak disturbance were not pronounced, reaching the control level after one day of disturbance (Figure 1). However, the strong disturbance caused more variation on the number of groups, stabilizing on the control level only at the end of the experiment (Figure 1).

The colonization process after the experimental disturbances showed particular patterns for the five most abundant groups (Figure 2). The Chironomidae (Diptera) colonization curve of abundance kept stable after the weak disturbance, showing abundance values similar to the control group, only with a decrease on day 1 and 13. After the strong intensity disturbance, there was a pronounced decrease in abundance of this group, and a recovery to the control level only on day 5.

Although the Glossosomatidae (Trichoptera) abundance reached fast the control values, after 2 hours for the weak and on day 1 for the strong disturbance, a constant fluctuation was observed on the abundance values during whole colonization process (Figure 2).

Baetidae and Leptohiphidae, two Ephemeroptera families, showed distinct behavior after facing the weak disturbance. The abundance of Leptohiphidae and Baetidae 2 hours after the disturbance was higher than the value observed on the control sample, but for the first group the abundance stays in this way until the end, without fluctuations, and for the second group it fluctuates all the time (Figure 2). Whereas, the strong disturbance caused for both groups a decrease in the abundance 2 hours after the disturbance (strongest for Leptohiphidae), and an increase until the end of the experiment, with fluctuations after reach the control value (day 7 for Leptohiphidae and day 5 for Baetidae).

Total macroinvertebrate abundance and richness after the weak intensity disturbance did not show significant changes through the colonization process (Table 3). However, after the strong intensity disturbance, the two parameters showed significant changes. Comparing each sample (2 hours, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, and 15 days) to the control, we

noticed that the abundance differed from control only 2 hours after disturbance and the richness did not differ from control at any time (Table 3).

Two insect groups also answered significantly to the strong disturbance, with the abundance values different from the control until two hours after the disturbance for Chironomidae, and three days for Leptohyphidae (Table 3).

Discussion

The use of artificial substrates to evaluate the process of colonization by macroinvertebrates in streams allows the analysis of specific conditions that they are subjected, like the spatial (microhabitat) and temporal (daily and seasonal) variations of flow (Rodríguez *et al.*, 1998). Moreover, artificial substrates allow a great data precision in function of the standardization of the sampling area and of the colonization time (Lamberti and Resh, 1985).

An analysis of the efficiency of the artificial substrate used in this work was performed by Carvalho and Uieda (2004) in the same stream. The authors compared the process of colonization by benthic macroinvertebrates on this artificial substrate and on the natural rocky substrate. The artificial substrate was considered efficient in relation to its easy installation, to allow the standardization of the sampling area, and to result in a process of succession similar to the one found in the natural substrate (Carvalho and Uieda 2004).

Experiments conducted in temperate streams, with substrates smaller than 1m², found a period of 10 to 30 days to the artificial substrate reaches a density and richness similar to the one found in the natural substrate (Mackay, 1992). Moreover, the process of colonization of artificial substrates in the Amazonian “igarapés” (flood forest) took only 3 to 12 days (Freitas, 1998). The determination of the time of previous colonization of the

artificial substrate (21 days) and the interval between the samplings (1 day) used in the present experimental work was based on data of previous studies developed in same stream (Ribeiro, 2003; Carvalho and Uieda, 2004).

The insect predominance on the artificial substrates, mainly Chironomidae, shows the dispersion ability of these potential colonizers. Several authors have demonstrated the Chironomidae dominance in tropical streams (Uieda and Gajardo, 1996; Ribeiro and Uieda, 2005), and the Chironomidae family success as a colonizer, showing high abundance, high dispersion and short life cycle (Freitas, 1998; Matthaei *et al.*, 2000).

In the colonization experiment carried on the Ribeirão da Quinta, the period of recovery of macroinvertebrates abundance (between three and five days after the disturbance) was lower than those found in the literature. Tikkanen *et al.* (1994) observed that the benthos of a stream subjected to an extensive rehabilitation program (north of Finland) took ten days for recolonization. Melo and Froehlich (2004) studied the pattern of colonization in three streams experimentally disturbed and verified that eight days were necessary to the macroinvertebrates abundance recover the previous values.

In general, it has been shown that hydrological disturbances in streams induce a decrease on invertebrate abundance and richness, either by natural substrates manipulation (Reice, 1985; Doeg *et al.*, 1989) or by artificial substrates (Robinson and Minshall, 1986). Otherwise, the rate of recovery is dependent on several factors, such as the severity and extension of the disturbance, the availability of potential colonists and of shelter (Sousa, 1984). In this study, we verified that the abundance decrease was dependent on the disturbance intensity, since it occurred only after a strong perturbation. This type of disturbance has dragged the organisms, even from their shelters, and the recolonization may have required the invertebrates to move from distant areas, delaying the time for colonization of the vacant space.

Recolonization after small spates may represent a redistribution rather than true colonization from distant sources, if the event does not disturb the streambed (Townsend and Hildrew, 1976). Thus, the fast recolonization and the increase in abundance after the weak intensity disturbance, showed in this study, suggest only a redistribution of the fauna. The low drag level of the disturbance and the invertebrate possibility to hide inside closer shelters may explain the fast recolonization. The increase in abundance may have happened due to the presence of opportunistic groups. During the first colonization stage, opportunistic taxa can occupy the vacant space, increasing in abundance (Carvalho and Uieda, 2004).

The Chironomidae recolonization pattern was similar to the one of the entire community. Doeg *et al.* (1989), studying the colonization process of macroinvertebrates after experimental disturbance, showed that the slow colonization rate of Chironomidae (71 days) affected the entire community recolonization process. At Ribeirão da Quinta, there was a strong influence of this group on the community, although the recovery was faster (5 days).

The effects of the weak and strong disturbance on Glossosomatidae abundance were difficult to analyze due to the wide variation of the values of replications. This variation may be related to a gregarious distribution of this group in the environment. Moreover, the cases of Glossosomatidae larvae are constructed of sand, and are well stuck on the stones, which might confer them high resistance to floods, explaining the absence of significant variations in abundance after perturbations.

The Leptohyphidae and Baetidae families show different response to perturbations. The high mobility (Richards and Minshall, 1988) and the use of four routes (downstream, upstream, hyporheic, and aerial) for the colonization of new areas (Carvalho and Uieda, 2004) can be used to define Baetidae juveniles as efficient colonizers. Otherwise,

Leptohyphidae is characterized as a latter colonizer group (Carvalho and Uieda, 2004), which might explain its low resistance and slow recolonization time when a strong hydrologic perturbation was used.

This study supports the hypothesis that the colonization process of new areas is related to the disturbance intensity, but also depends on the animal characteristics. In the studied stream, the macroinvertebrates community recovery was fast, supporting the view that stream communities are highly resilient.

Acknowledgements

We are grateful to Hamilton A. Rodrigues and Emerson Machado de Carvalho for assistance in the field, and to CAPES for the grants to the first author.

References

- CARVALHO, E. M. and UIEDA, V. S. 2004. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21 (2): 287-293.
- DOEG, T. J.; LAKE, P. S. and MARCHANT, R. 1989. Colonization of experimentally disturbed patches by stream macroinvertebrates in the Acheron River, Victoria. *Australian Journal of Ecology*, 14: 207-220.
- FERNÁNDEZ H. R. and DOMINGUEZ, E. 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Argentina, Universidad Nacional de Tucumán, 282 p.

- FREITAS, C. E. C. 1998. A colonização de substratos artificiais por macroinvertebrados bênticos em áreas de cachoeira da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 58 (1): 115-120.
- HYNES, H. B. N., 1970. *The ecology of running waters*. Canada, University of Toronto Press, p. 555.
- LAMBERTI, G. A. and RESH, V. H. 1985. Comparability of introduced tiles and natural substrates for sampling lotic bacteria, algal and macroinvertebrates. *Freshwater Biology*, 15: 21-30.
- LAKE, P. S. 1990. Disturbing hard and soft bottom communities: A comparison of marine and freshwater environments. *Australian Journal of Ecology*, 15: 477-488.
- LOPRETTO, E. C. and TELL, G. 1995. *Ecosistemas de aguas continentales: metodologias para su estudio*. Argentina: Ed. Sur., Tomo III, 897-1397.
- MACKAY, R. J. 1992. Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of processes and patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49: 617-628.
- MATTHAEI, C. D.; ARBUCKLE, C. J. and TOWNSEND, C. R. 2000. Stable surface stones as refugia for invertebrates during disturbance in a New Zealand stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 19 (1): 82-93.
- MELO, A. S. and FROEHLICH, C. G. 2004. Colonization by macroinvertebrates of experimentally disturbed stones in three tropical streams differing in size. *International Review Hydrobiology*, 89 (3): 317-325.
- MERRITT, R. W. and CUMMINS, K. W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Dubuque: Kendal/Hunt, 722p.
- REICE, S. R. 1985. Experimental disturbance and the maintenance of species diversity in a stream community. *Oecologia*, 67: 90-97.

- RESH, V.H. and ROSENBERG, D. M. 1984. *The ecology of aquatic insects*. New York, Praeger Publishers, 625p.
- RIBEIRO, L. O. 2003. *Colonização de substrato artificial por macroinvertebrados no Ribeirão da Quinta, município de Itatinga (SP)*. Dissertação de Mestrado, PPG-Zoologia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 62 p.
- RIBEIRO, L. O. and UIEDA, V. S. 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22 (3): 613-618.
- RICHARDS, C. R. and MINSHALL, G. W. 1988. The influence of periphyton abundance on *Baetis bicaudatus* distribution and colonization in a small stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 7: 77-86.
- ROBINSON, C. T. and MINSHALL, G. W. 1986. Effects of disturbance frequency on stream benthic community structure in relation to canopy cover and season. *Journal of the North American Benthological Society*, 5: 237-248.
- RODRÍGUEZ, S. E.; BÉCARES, E.; SOTO, F. and PACHO, R. 1998. Colonization of aquatic macroinvertebrates in a high mountain stream using artificial substrates. *Verhandlungen Internationale Vereinigen Limnologie*, 26: 1120-1124.
- SHELDON, A. L., 1984. Colonization dynamics of aquatic insects. In: RESH, V. H. and ROSENBERG, D. M. (eds), *The ecology of aquatic insect*. New York, Praeger Publishers, p. 401-429.
- SMOCK, L. A., 1996. Macroinvertebrate movements: drift, colonization, and emergence. In: HAUER, F. R. and LAMBERTI, G. A. (eds), *Methods in stream ecology*. San Diego, Academic Press, p. 371-390.
- SOUSA, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review Ecology Systems*, 15: 353-391.

SYSTAT 7.0 for Windows. 1997. Chicago: SPSS. 726p

TIKKANEN, P.; LAASONEN, P.; MUOTKA, T.; HUHTA, A. and KUUSELA, K. 1994.

Short-term recovery of benthos following disturbance from stream habitat rehabilitation. *Hydrobiologia*, 273: 121-130.

TOWNSEND, C. R. and HILDREW, A. G. 1976. Field experiments on the drifting,

colonization and continuous redistribution of stream benthos. *Journal of Animal Ecology*, 43: 759-772.

UIEDA V. S. and GAJARDO, I. C. S. M. 1996. Macroinvertebrados perifíticos

encontrados em poções e corredeiras de um riacho. *Naturalia*, 21: 31-47.

Table 1. Macroinvertebrates sampled in the Ribeirão da Quinta, through a colonization experiment, with the absolute (N) and relative (%) values of total abundance of the Phyla sampled.

CNIDARIA (N=66; 0.71%)	Ordem Odonata
Classe Hydrozoa	Família Coenagrionidae
PLATYHELMINTHES (N=5; 0.05%)	Ordem Trichoptera
Classe Turbellaria	Família Hydropsychidae
NEMATODA (N=2; 0.02%)	Hydroptilidae
MOLLUSCA (N=53; 0.57%)	Leptoceridae
Classe Gastropoda	Glossosomatidae
Família Ancyliidae	Calamoceratidae
Lymnaeidae	Philopotamidae
ANNELIDA (N=98; 1.05%)	Ordem Lepidoptera
Classe Oligochaeta	Família Pyralidae
ARTHROPODA (N=9100; 97.60%)	Ordem Coleoptera
Classe Arachnida	Família Elmidae
Ordem Acarina	Psephenidae
Classe Insecta	Ordem Diptera
Ordem Plecoptera	Família Chironomidae
Família Perlidae	Empididae
Ordem Ephemeroptera	Psychodidae
Família Leptohyphidae	Simuliidae
Leptophlebiidae	
Baetidae	

Table 2. Absolute (N) and relative (%) abundance of the arthropods sampled in the Ribeirão da Quinta, through a colonization experiment. A- Arachnida, P- Plecoptera, E- Ephemeroptera, O- Odonata, T- Trichoptera, L- Lepidoptera, C- Coleoptera, D- Diptera.

Most abundant groups in bold.

Arthropod Groups	N	%
A-Acarina	9	0.12
P-Perlidae	10	0.13
E-Leptohyphidae	301	3.91
E-Leptophlebiidae	108	1.40
E-Baetidae	882	11.47
O-Coenagrionidae	8	0.10
T-Hydropsychidae	87	1.13
T-Hydroptilidae	47	0.61
T-Leptoceridae	2	0.03
T-Glossosomatidae	407	5.29
T-Calamoceratidae	1	0.01
T-Philopotamidae	1	0.01
L-Pyralidae	1	0.01
C-Elmidae	70	0.91
C-Psephenidae	5	0.07
D-Chironomidae	5411	70.37
D-Empididae	8	0.10
D-Psychodidae	4	0.05
D-Simuliidae	327	4.25

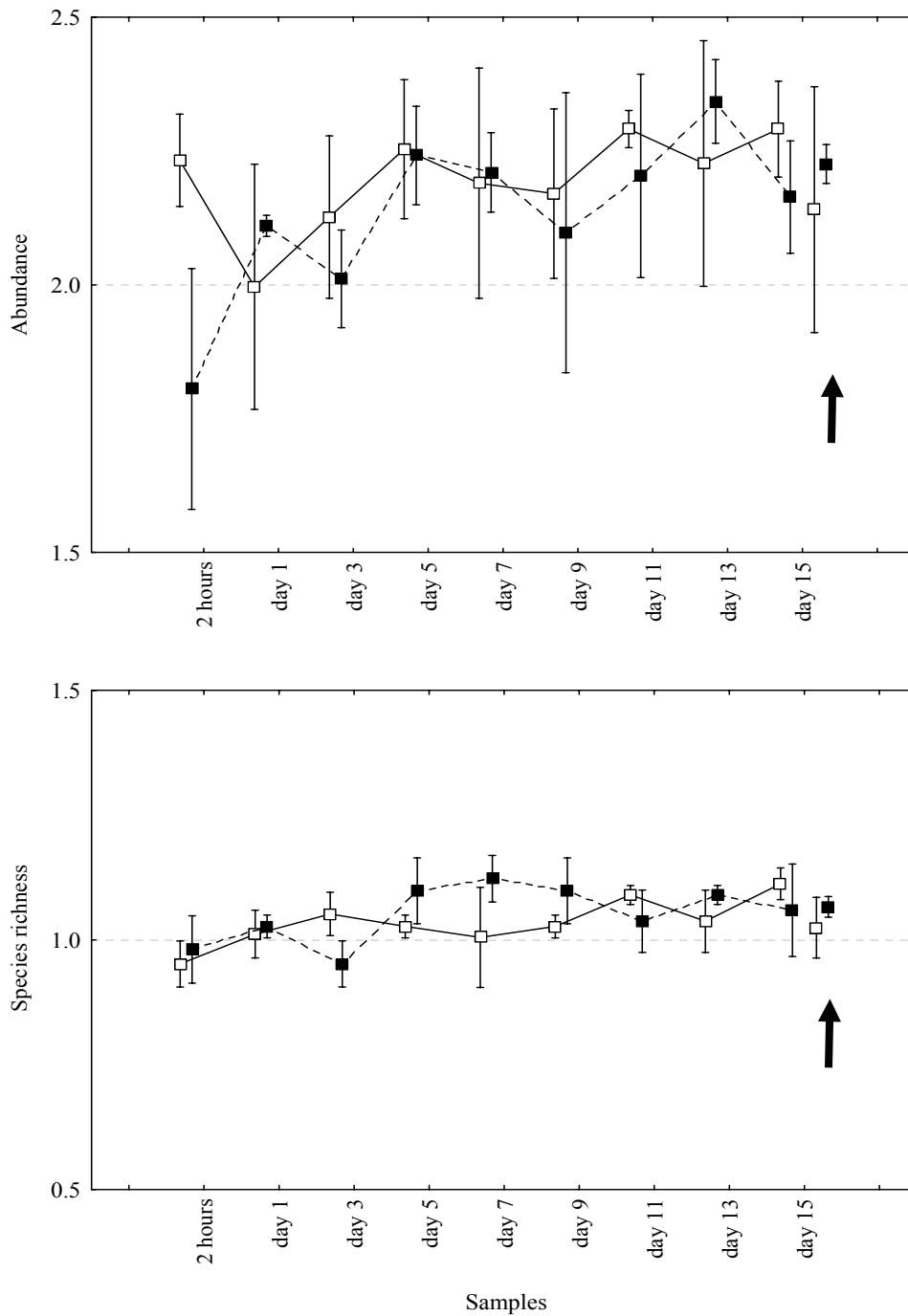


Figure 1. Colonization curves representing the abundance (number of individuals) and richness (number of groups) of macroinvertebrates sampled after a weak (□) and a strong (■) hydrological disturbance. Data were log transformed and represent the mean and standard deviation of three replicates. Symbols at right side not connected by lines (indicated by the arrow) represent control samples.

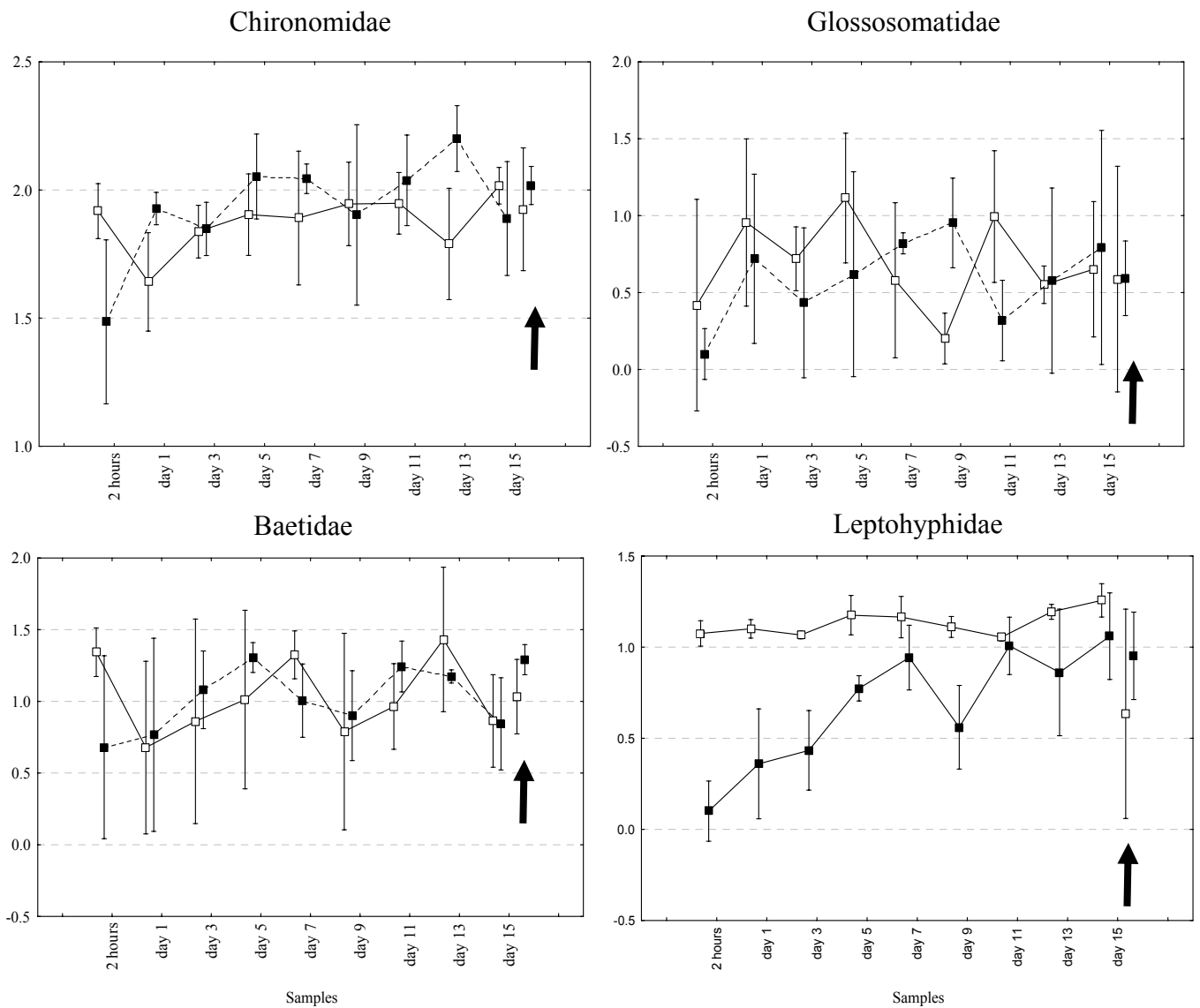


Figure 2. Colonization curves representing the abundance (number of individuals) of the five predominant groups sampled after a weak (□) and a strong (■) hydrological disturbance. Data were log transformed and represent the mean and standard deviation of three replicates. Symbols at right side not connected by lines (indicated by the arrow) represent control samples.

CAPÍTULO II

RESISTÊNCIA E RESILIÊNCIA DE MACROINVERTEBRADOS EM UM RIACHO TROPICAL APÓS UMA PERTURBAÇÃO HIDROLÓGICA ARTIFICIAL

RESISTÊNCIA E RESILIÊNCIA DE MACROINVERTEBRADOS EM UM RIACHO TROPICAL APÓS UMA PERTURBAÇÃO HIDROLÓGICA ARTIFICIAL

RESUMO

Perturbações hidrológicas de intensidade fraca e forte foram experimentalmente aplicadas sobre uma comunidade de macroinvertebrados bentônicos para avaliar sua resistência e taxa de recuperação (resiliência). A recolonização após as perturbações foi acompanhada por um período de 15 dias, sendo os substratos artificiais colonizados retirados antes das perturbações (controle) e 2 horas, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 e 15 dias depois das mesmas. Duas horas após a perturbação fraca foi verificado um pequeno aumento na abundância absoluta da comunidade e dos grupos de Ephemeroptera amostrados. Por outro lado, após a perturbação forte foi registrada uma redução de aproximadamente 40% na abundância da comunidade e da maioria dos grupos. Esta redução pode estar relacionada ao maior stress hídrico provocado pela maior intensidade da perturbação, a qual não somente revolveu os substratos como também lavou áreas adjacentes a estes. No presente trabalho a comunidade mostrou-se altamente resiliente, atingindo a abundância inicial (controle) entre duas horas e três dias após as perturbações. Este curto período de recuperação pode estar relacionado com o uso de características morfológicas e comportamentais, bem como de refúgios, contra as alterações do fluxo.

Palavras-chave: recolonização, macroinvertebrados bentônicos, manipulação experimental, riacho tropical.

ABSTRACT

Hydrological disturbances of weak and strong intensity were experimentally applied on a benthic community of macroinvertebrates to evaluate its resistance and resilience (recovery). After the disturbance the recolonization was followed by a period of 15 days, with the colonized artificial substrate being removed before the disturbances (control) and 2 hours, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, and 15 days after the same. Two hours after the weak disturbance there was a small increase in the absolute abundance of the community and in the groups of Ephemeroptera. Otherwise, after a strong disturbance it was registered a reduction of approximately 40% for the community total abundance and for most insect groups abundance. This reduction can be related to the high hydrological stress artificially applied, which not only dugs the substrate but also washed adjacent areas. In the present work the community showed to be highly resilient, reaching the initial abundance (control) between two hours and three days after disturbances. This short period of recovery can be related to the use of morphological and behavioral characteristics, as well as the use of shelters against flow alterations.

Key-words: recolonization, benthic macroinvertebrates, experimental manipulation, tropical stream.

INTRODUÇÃO

A definição de perturbação, como um evento discreto baseado em seus atributos de frequência, intensidade, duração e previsibilidade (Pickett & White, 1985), têm sido amplamente explorada por ecólogos de riacho ao longo das últimas décadas. Sousa (1984)

definiu perturbação como uma mortalidade discreta e pontual, deslocamento ou dano de um ou mais indivíduos, que direta ou indiretamente criam uma oportunidade para novos indivíduos se estabelecerem. Para Townsend *et al.* (1997), o termo perturbação foi definido como sendo um evento relativamente discreto que remove organismos e cria novos espaços e/ou recursos que podem ser usados pelos indivíduos de uma mesma ou diferente espécie. Wallace (1990) definiu perturbação como um evento que resulta em uma mudança significativa, positiva ou negativa, na estrutura da comunidade de macroinvertebrados (riqueza, abundância, biomassa ou produção), além do esperado para o ciclo anual dentro de um habitat particular. Assim, uma perturbação pode ser entendida como uma alteração no ambiente capaz de causar mudanças na comunidade ou sistema, levando à reestruturação dos mesmos.

Atualmente o estudo das perturbações é reconhecido como uma importante área em trabalhos ecológicos, porque afetam a organização das comunidades e contribuem para os processos ecológicos e evolutivos (Gerritsen & Patten, 1985). Lake (1990), em uma análise dos efeitos da perturbação comparando ambientes marinhos e de água doce, salientou que estas forças externas podem afetar populações através da remoção de indivíduos, comunidades através da redução da diversidade e ecossistemas através da interrupção de processos, como circulação de nutrientes.

A estabilidade relativa das comunidades e ecossistemas não é determinada apenas pela sua resistência a perturbações, mas também pela sua taxa de recuperação, ou resiliência (Webster *et al.*, 1975; 1983 *apud* Yount & Niemi, 1990). A recuperação pode ser entendida como o processo no qual o sistema retorna para a condição existente anteriormente à perturbação. Este processo envolve a recolonização por organismos de fontes externas ou refúgios internos (Yount & Niemi, 1990). As perturbações em riachos normalmente reduzem a riqueza de espécies (Lake, 1990; Matthaei *et al.* 1996, 1997),

embora geralmente ocorra uma rápida recolonização e uma recuperação da diversidade (Townsend & Hildrew, 1976; Boulton *et al.*, 1988).

Embora nas últimas décadas tenha aumentado o interesse dos ecólogos de riacho em avaliar aspectos do regime de perturbação, como intensidade e frequência da cheia (Scarsbrook & Townsend, 1993; Death, 1996), pouco é conhecido sobre os efeitos da variabilidade do fluxo d'água nas comunidades aquáticas de regiões tropicais. Além disso, dos trabalhos citados acima nenhum foi desenvolvido no Brasil, onde a comunidade de macroinvertebrados apresenta uma grande diversidade (Baptista *et al.*, 1998; Callisto & Esteves, 1998 Kikuchi & Uieda, 1998 Galdean *et al.*, 2001; Roque & Trivinho-Strixino, 2001), com um grande potencial para o desenvolvimento de estudos sobre o efeito de perturbações sobre a diversidade e composição da biota (Maltchik & Florín, 2002).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a resistência e a resiliência da comunidade de macroinvertebrados frente a perturbações hidrológicas artificiais de diferentes intensidades, em um riacho da região sudeste do Brasil. A intensidade é uma característica do regime de perturbação, isto é, uma medida de sua “força” (Sousa, 1984), tendo um importante papel na determinação da abundância e riqueza de espécies de uma comunidade (Sousa, 1984; Resh *et al.*, 1988; Townsend *et al.*, 1997). A hipótese de trabalho é de que as características morfológicas e comportamentais exerceriam maior influência sobre a resistência e interações bióticas, sobre a resiliência dos macroinvertebrados.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi realizado no Ribeirão da Quinta, Município de Itatinga, Estado de São Paulo. Este riacho de 3ª ordem localiza-se no Sítio Pedra Branca (23° 06'47"S, 48° 29'46" W), a 743 m de altitude, fazendo parte da Bacia do Rio Paranapanema, uma importante rede hidrográfica que drena a porção sul do Estado de São Paulo.

O local trabalhado tem aproximadamente 20 m de extensão, ao longo da qual foram selecionados dois trechos de rápido com fundo arenoso-rochoso, largura média de 1,5 m, profundidade média de 15 cm e velocidade média da correnteza de 0,30 m/s.

Desenho experimental

O trabalho experimental foi realizado no período seco (julho a agosto de 2004), para tentar evitar o efeito das chuvas, permitindo assim a colonização contínua dos substratos e o controle sobre as perturbações hidrológicas experimentais. Estas perturbações foram realizadas por meio de uma mangueira acoplada a uma bomba de sucção à gasolina, com a qual foi captada água do trecho acima do experimento para lavagem dos substratos artificiais.

Em dois trechos de rápido (distantes cerca de 18m) foi instalado um total de 100 substratos artificiais, fixados no leito por meio de estacas e barbante e dispostos ao longo de um fio guia no centro do riacho, onde permaneceram expostos à colonização sem nenhuma perturbação por um período de 21 dias (tempo de colonização previamente definido por Ribeiro, 2003 e Carvalho, 2003, na mesma área de trabalho). O substrato artificial utilizado para amostrar os macroinvertebrados foi confeccionado com cimento (40%), areia fina (40%) e cascalho do riacho (20%), consistindo em um retângulo (8,0 x

6,0 x 2,5 cm) com área total de superfície de 210 cm² (para maiores detalhes ver Carvalho & Uieda, 2004).

Para verificar o efeito da intensidade da perturbação, foi aplicada uma lavagem fraca (0,92 l/seg) nos substratos instalados na área de rápido localizada a montante e uma lavagem forte (1,78 l/seg) nos substratos da área a jusante. Foi considerada de intensidade fraca a perturbação que somente lavou a superfície do substrato artificial e de intensidade forte aquela que também revolveu o substrato e causou grande suspensão de matéria orgânica turvando toda a água. Para as duas perturbações o tempo de duração da lavagem foi de cinco minutos sobre cada trecho.

O processo de recolonização foi acompanhado por um período de 15 dias, sendo amostradas cinco réplicas de cada tratamento (perturbação fraca e forte) em cada data de amostragem. Os substratos colonizados foram retirados antes da lavagem (1^a coleta após os 21 dias de colonização) e 2 horas, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 e 15 dias depois da lavagem. As amostras coletadas antes da perturbação foram consideradas controles, enquanto as amostras tomadas 2 horas após, e nos demais dias, foram utilizadas para avaliar a resistência e a resiliência, respectivamente (Melo *et al.*, 2003).

Os substratos foram cuidadosamente colocados em uma peneira de malha fina, para evitar a perda dos indivíduos, e suspensos manualmente, sendo armazenados em frascos plásticos com álcool 70%. No laboratório, o material foi corado com Rosa de Bengala em uma concentração de 12 mg/l, para facilitar a visualização dos invertebrados durante a triagem (Mason & Yevich, 1967). Após 24 horas no corante, o substrato foi escovado e lavado no líquido fixador, o qual foi despejado em um conjunto de três peneiras com malhas de 1; 0,50 e 0,25 mm. Estas peneiras foram vistoriadas individualmente sob estereomicroscópio e os macroinvertebrados retidos nas malhas foram identificados e contados. A identificação dos macroinvertebrados foi realizada até o menor nível

taxonômico possível, com auxílio das chaves de identificação de Lopretto & Tell (1995), Merritt & Cummins (1996) e Fernández & Dominguez (2001).

Análise dos dados

O índice de resistência foi calculado pela abundância de macroinvertebrados duas horas após a perturbação dividida pela abundância anterior a esta (controle). Os índices de resiliência (recuperação ao longo do período amostrado) foram calculados dividindo a abundância em cada um dos dias de amostragem (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 e 15) pela abundância registrada no controle (Melo *et al.*, 2003).

A influência da intensidade da perturbação (fraca e forte) sobre a resistência e a resiliência dos macroinvertebrados foi testada por meio do teste de Friedman para medidas repetidas. Para esta análise foram utilizados os valores dos índices de resistência e resiliência calculados para o total de macroinvertebrados (comunidade) e para os grupos que se sobressaíram em abundância. Para os casos em que foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) foi realizado o teste de Student-Newman-Keuls. Além da análise do efeito da intensidade de cada perturbação ao longo do tempo, também foi realizada a comparação entre as perturbações fraca e forte em cada data de amostragem através do Teste de Mann-Whitney. Os testes não-paramétricos de Friedman e Mann-Whitney foram utilizados para analisar os dados devido à não normalidade e/ou heterogeneidade dos dados.

RESULTADOS

Um total de 17.109 macroinvertebrados foram amostrados, representados por cinco filos, sendo que 98% dos indivíduos correspondeu ao Filo Arthropoda, a maioria representada por 15 famílias de insetos aquáticos (Tabela 1).

A abundância absoluta do total de macroinvertebrados (comunidade) e dos grupos de insetos que se sobressaíram ao longo do processo de colonização, antes e após as perturbações, estão representadas na Tabela 2. Duas horas após a perturbação fraca, verificou-se um pequeno aumento na abundância absoluta da comunidade e dos grupos de Ephemeroptera amostrados. Por outro lado, logo após a perturbação forte registrou-se uma redução de aproximadamente 40% na abundância da comunidade e da maioria dos grupos, com exceção de Ephemeroptera, que mostrou um leve aumento no número de indivíduos (Tabela 2).

Os valores de resistência e resiliência da comunidade sujeita à perturbação fraca mostraram diferença significativa ao longo dos 15 dias de amostragem ($\chi^2 = 29,973$; $p = 0,001$). Tal diferença se deu a partir do dia 9, com os maiores valores registrados no final do período de amostragem (Figura 1). Por outro lado, o efeito significativo ($\chi^2 = 23,812$; $p = 0,002$) da perturbação forte sobre a resistência e a resiliência da comunidade foi detectado somente no dia 15, quando foram obtidos os maiores valores de abundância. O padrão de resistência e resiliência apresentado por Chironomidae (Figura 2), grupo amostrado em maior abundância (Tabela 2), foi semelhante ao observado para o total da comunidade. As perturbações fraca e forte acarretaram diferenças significativas na resistência e resiliência de Chironomidae ao longo do tempo de colonização ($\chi^2 = 31,559$; $p = 0,001$, e $\chi^2 = 26,400$; $p = 0,001$, respectivamente). No entanto, para a perturbação forte

a diferença significativa na resiliência deste grupo foi detectada a partir do dia 3, com um aumento progressivo na abundância.

Para Orthocladiinae, os índices de resistência e resiliência diferiram significativamente ao longo do tempo de colonização para a perturbação fraca a partir do dia 3 ($\chi^2 = 33,1$; $p = 0,000$) e para a forte a partir do dia 1 ($\chi^2 = 25,7$; $p = 0,001$).

Quanto a Ephemeroptera (Figura 4) não foram detectadas diferenças significativas para os valores de resistência e resiliência frente às perturbações fraca ($\chi^2 = 11,631$; $p = 0,168$) e forte ($\chi^2 = 7,204$; $p = 0,515$).

A família Baetidae apresentou um padrão semelhante ao observado para o total da ordem Ephemeroptera, com uma taxa de resiliência praticamente uniforme após a perturbação forte (Figura 5), não sendo detectadas diferenças significativas ao longo do período de amostragem ($\chi^2 = 10,6$; $p = 0,224$ e $\chi^2 = 6,83$; $p = 0,555$, para as perturbações fraca e forte, respectivamente). Por outro lado, a família Leptohiphidae (Figura 6) apresentou uma maior variação nos índices de resiliência após as perturbações, ainda que não tenham sido registradas diferenças significativas ao longo do tempo de colonização para as perturbações fraca ($\chi^2 = 8,510$; $p = 0,385$) e forte ($\chi^2 = 5,683$; $p = 0,683$).

Para Trichoptera (Figura 7) também não foi detectada diferença significativa ao longo da amostragem frente às perturbações fraca ($\chi^2 = 11,365$; $p = 0,251$) e forte ($\chi^2 = 5,868$; $p = 0,662$).

Quando comparados os índices de resistência e resiliência entre as perturbações fraca e forte, em cada data de amostragem, diferenças significativas foram obtidas somente para a comunidade toda no dia 13 ($t = 40,0$; $p = 0,008$), Ephemeroptera no dia 9 ($t = 38,0$; $p = 0,032$) e Trichoptera nos dias 1 e 15 ($t = 39,0$; $p = 0,016$ e $t = 38,0$; $p = 0,032$, respectivamente).

DISCUSSÃO

A composição da comunidade de macroinvertebrados observada no Ribeirão da Quinta é consistente com vários estudos que têm registrado o predomínio de insetos aquáticos, principalmente Diptera-Chironomidae, em riachos tropicais (Uieda & Gajardo, 1996; Freitas, 1998; Ribeiro & Uieda, 2005; Kleine & Strixino, 2005).

Perturbações hidrológicas, como cheias e inundações, são consideradas um fator regulador da diversidade e composição faunística (Holomuzki & Biggs, 2000), podendo também reduzir drasticamente a abundância de invertebrados bentônicos (Hildrew & Giller, 1994 *apud* Matthaei *et al.*, 2000).

O pequeno aumento na abundância de macroinvertebrados, especialmente Ephemeroptera, após a perturbação fraca pode ter representado mais uma redistribuição dos macroinvertebrados do que uma colonização de fontes distantes, considerando-se que o evento de menor intensidade não perturbou todo o leito do riacho.

Matthaei *et al.* (2000), avaliando o papel de rochas estáveis como refúgio para invertebrados durante perturbações hidrológicas em um riacho da Nova Zelândia, constataram que as densidades dos taxa mais comuns foram maiores do que os níveis pré-distúrbio dezoito dias após o pico de fluxo da cheia. De acordo com estes autores, tal observação sugere que os invertebrados dispersaram sobre o leito do riacho, suportando a hipótese de Townsend & Hildrew (1976) de que eventos moderados de aumento do fluxo causam somente uma redistribuição da fauna.

Por outro lado, a perturbação forte acarretou uma diminuição na abundância, especialmente de Chironomidae. A redução da abundância de macroinvertebrados após a manipulação experimental é um fato consistente com vários trabalhos experimentais em riachos (Matthaei *et al.*, 1996; 1997; McCabe & Gotelli, 2000). Esta redução pode estar

relacionada ao maior stress hídrico provocado pela maior intensidade da perturbação, a qual não somente revolveu os substratos como também lavou áreas adjacentes a estes.

A intensidade é um dos fatores mais importantes do regime de perturbação, podendo determinar a abundância e a riqueza de espécies de uma comunidade (Sousa, 1984; Resh *et al.*, 1988; Townsend *et al.*, 1997). Um aumento na intensidade do distúrbio pode levar à remoção de muitos indivíduos, espécies e recursos alimentares necessários para a recolonização (McCabe & Gotelli, 2000).

Alterações na estrutura da comunidade ao longo de um gradiente de frequência e intensidade de perturbação são decorrentes do “trade-off” entre o conjunto de características morfológicas e fisiológicas que resultam em assembléias de espécies com diferentes tolerâncias a flutuações do fluxo (Holomuzki & Biggs, 2000). No geral, espécies com corpo hidrodinâmico ou flexível, rápida taxa de imigração, ciclo de vida multivoltino e/ou alta vagilidade são hábeis em residir em riachos com cheias freqüentes e intensas, enquanto que espécies com maior tamanho do corpo, lenta taxa de imigração e ciclo de vida univoltino tendem a habitar riachos com cheias infreqüentes e de baixa magnitude (Scarsbrook & Townsend, 1993; Townsend & Hildrew, 1994; Townsend *et al.*, 1997).

Quase todos os grupos analisados demonstraram uma rápida recuperação, ou até mesmo uma alta resistência (Ephemeroptera), após as perturbações. No entanto, os diferentes padrões registrados para Chironomidae e Ephemeroptera podem estar relacionados à capacidade de persistência de cada grupo ao stress hídrico. O corpo hidrodinâmico e/ou a alta vagilidade são características presentes em Ephemeroptera, sendo Baetidae a família mais abundante no Ribeirão da Quinta, com destaque para os gêneros *Americabaetis* e *Baetodes*. Ferreira & Froehlich (1992), estudando corredeiras de um riacho no Estado de São Paulo, encontraram sete gêneros de Ephemeroptera,

salientando a predominância de *Baetodes* e sua ocorrência em uma grande variedade de habitats.

Chironomidae foi representado em grande parte pela subfamília Orthocladiinae, a qual tem sido registrada como dominante em habitats de água corrente (Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Silveira *et al.*, 2006). Embora esta taxa ocorra em locais de maior correnteza, possivelmente é menos resistente a perturbações de maior intensidade do que efemerópteros, que além da alta vagilidade e formato do corpo hidrodinâmico, possuem unhas tarsais que auxiliam na fixação destes animais ao substrato.

As comunidades de macroinvertebrados são em geral altamente resilientes (Townsend *et al.*, 1997) e normalmente recuperam suas densidades a níveis pré-perturbação dentro de poucas semanas ou meses (Mackay, 1992; Matthaei *et al.*, 1997). No presente trabalho a comunidade mostrou-se altamente resiliente, atingindo a abundância inicial (controle) entre duas horas e três dias após a perturbação. Este curto período de recuperação pode estar relacionado com o uso de características morfológicas e comportamentais, bem como de refúgios, contra as alterações do fluxo (Palmer *et al.*, 1995; Lancaster, 2000). Sousa (1984) salienta que a taxa de recuperação pode ser dependente da severidade e duração da perturbação, heterogeneidade da área perturbada, da disponibilidade e características dos colonizadores potenciais.

O experimento realizado mostrou que um aumento na intensidade da perturbação acarreta, no geral, uma diminuição da abundância de macroinvertebrados, embora a abundância de alguns taxa tenha aumentado após a perturbação. Nossos resultados são consistentes com vários estudos experimentais de perturbação que demonstraram a influência dos distúrbios na redução do número total de invertebrados (Reice, 1985; Robinson & Minshall 1986; Lake *et al.*, 1989).

O tempo de recuperação dos macroinvertebrados no sistema estudado foi rápido, corroborando a alta resiliência da fauna bentônica de riachos. No entanto, o processo de recolonização é parte integrante da dinâmica de estruturação da comunidade, sendo a resiliência dependente das características (intensidade, severidade e frequência) do distúrbio.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela bolsa concedida ao primeiro autor e à Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAPTISTA, D.F.; DORVILLÉ, L.F.M.; BUSS, D.F.; NESSIMIAN, J.L.; SOARES, L.H.J. Distribuição de comunidades de insetos aquáticos no gradiente longitudinal de uma bacia fluvial do sudeste brasileiro. *Oecologia Brasiliensis*, v.5, p.191-208. 1998.
- BOULTON, A.J.; SPANGARO, G.M.; LAKE, P.S. Macroinvertebrate distribution and recolonization on Stones subject to varying degrees of disturbance: an experimental approach. *Archiv für Hydrobiologie*, v.113, n.4, p.551-76. 1988.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F.A Caracterização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma

- mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). *Oecologia Brasiliensis*, v.5, p.223-34. 1998.
- CARVALHO, E.M. Movimentos de dispersão de macroinvertebrados durante o processo de colonização do substrato bentônico no Ribeirão da Quinta, município de Itatinga, SP. 2003. 115p. Dissertação (Mestrado) - PPG-Ciências Biológicas, AC: Zoologia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CARVALHO, E.M.; UIEDA, V.S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.21, n.2, p.287-93. 2004.
- DEATH, R.G. The effect of patch disturbance on stream invertebrate community structure: the influence of disturbance history. *Oecologia*, v.108, p. 567-76. 1996.
- FERNÁNDEZ H.R.; DOMINGUEZ, E. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán, 2001.
- FERREIRA, M.J.N.; FROEHLICH, C.G. Estudo da fauna de Ephemeroptera (Insecta) do Córrego do Pedregulho (Pedregulho, SP, Brasil) com aspectos da biologia de *Thraulodes schlingeri* Traver & Edmunds, 1967). *Revista Brasileira de Entomologia*, v.36, p.451-58. 1992.
- FREITAS, C.E.C. A colonização de substratos artificiais por macroinvertebrados bênticos em áreas de cachoeira da Amazônia Central, Brasil. *Brazilian Journal Biology*, v.58, n.1, p.115-20. 1998.
- GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal lotic ecosystems of serra do cipo (MG, Brazil). *Revista Brasileira de Biologia*, v.61, n.2, p.239-48. 2001.
- GERRITSEN, J.; PATTEN, B. C. System theory formulation of ecological disturbance. *Ecological Modeling*, v.29, p.383-97. 1985.

- HOLOMUZKI, J.R.; BIGGS, B.J.F. Taxon-specific responses to high flow disturbance: implications for population persistence. *Journal of the North American Benthological Society*, v.19, p.670-79. 2000.
- KIKUCHI, R.M.; UIEDA, V.S. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. *Oecologia Brasiliensis*, v.5, p.157-74. 1998.
- KLEINE, P.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream: community response after habitat fragmentation. *Acta Limnologica Brasilienses*, v.17, n.1, p.81-90. 2005.
- LAKE, P.S. Disturbing hard and soft bottom communities: a comparison of marine and freshwater environments. *Australian Journal of Ecology*, v.15, p.477-88. 1990.
- LAKE, P.S.; DOEG, T.J.; MARCHANT, R. Effects of multiple disturbance on macroinvertebrate communities in the Acheron River, Victoria. *Australian Journal of Ecology*, v.14, p.507-14. 1989.
- LANCASTER, J. Geometric scaling of microhabitat patches and their efficacy as refugia during disturbance. *Journal Animal Ecology*, v.69, p.442-57. 2000.
- LOPRETTO, E.C.; TELL, G. *Ecosistemas de aguas continentals: metodologias para su estudio*. Argentina: Ed. Sur., Tomo III, 1995. p.897-1397.
- MACKAY, R.J. Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of process and patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. P.617-28. 1992.
- MALTCHIK, L.; FLORÍN, M. Perspectives of hydrological disturbance as the driving force of Brazilian semiarid stream ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensis*, v.14, n.3, p.35-41. 2002.

- MASON Jr, W.T.; YEVICH, P.P. The use of Phloxine B and Rose Bengal stains to facilitate sorting benthic samples. *Transactions of the American Microscopical Society*, v.86, p.221-23. 1967.
- MATTHAEI, C.D.; ARBUCKLE, C.J.; TOWNSEND, C.R. Stable surface stones as refugia for invertebrates during disturbance in a New Zealand stream. *Journal of North American Benthology Society*, v.19, n.1, p.82-93. 2000.
- MATTHAEI, C.D.; UEHLINGER, U.; FRUTIGER, A. Response of benthic invertebrates to natural versus experimental disturbance in a Swiss prealpine river. *Freshwater Biology*, v.37, p.61-77. 1997.
- MATTHAEI, C.D.; UEHLINGER, U.; MEYER, E.I.A.; FRUTIGER, A. Recolonization by benthic invertebrates after experimental disturbance in a Swiss prealpine river. *Freshwater Biology*, v.35, p.233-48. 1996.
- McCABE, D.J.; GOTELLI, N.J. Effects of disturbance frequency, intensity, and area on assemblage of stream macroinvertebrates. *Oecologia*, v.124, p.270-79. 2000.
- MELO, A.S.; NIYOGI, D.K.; MATTHAEI, C.D.; TOWNSEND, C.R. Resistance, resilience, and patchiness of invertebrate assemblages in native tussock and pasture streams in New Zealand after a hydrological disturbance. *Canadian Journal Aquatic Science*, v.60, p.731-39. 2003.
- MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3^a ed. Dubuque: Kendal/Hunt, 1996. 722p.
- PALMER, M.A.; ARENSBURGER, P.; BOTTS, P.S.; HAKENKAMP, C.C.; REID, J.W. Disturbance and the community structure of stream invertebrates: patch-specific effects and the role of refugia. *Freshwater Biology*, v.34, p.343-56. 1995.
- PICKETT, S.T.A.; WHITE, P.S. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. New York: Academic Press, 1985.

- REICE, S.R. Experimental disturbance and the maintenance of species diversity in a stream community. *Oecologia*, v.67, p.90-97. 1985.
- RESH, V.H.; BROWN, A.V.; COVICH, A.P.; GURTZ, M.E.; LI, H.W.; MINSHALL, G.W.; REICE, S.R.; SHELDON, A.L.; WALLACE, J.B.; WISSMAR, R.C. The role of disturbance theory in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, v.7, p.433-55. 1988.
- RIBEIRO, L.O. Colonização de substrato artificial por macroinvertebrados no Ribeirão da Quinta, município de Itatinga (SP). 2003. 62p. Dissertação (Mestrado) – PPG-Ciências Biológicas, AC: Zoologia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- RIBEIRO, O.L.; UIEDA, V.S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.22, n.3, p.613-18. 2005.
- ROBINSON, C.T.; MINSHALL, G.W. Effects of disturbance frequency on stream benthic community structure in relation to canopy cover and season. *Journal of the North American Benthological Society*, v.7, p.77-86. 1986.
- ROQUE, F.O.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Benthic macroinvertebrates in mesohabitats of different spatial dimensions in a first order stream (São Carlos-SP). *Acta Limnologica Brasiliensis*, v.13, n.2, p.69-77. 2001.
- SCARSBROOK, M.R.; TOWNSEND, C.R. Stream community structure in relation to spatial and temporal variation: a habitat templet study of two contrasting New Zealand streams. *Freshwater Biology*, v.29, p.395-410. 1993.
- SILVEIRA, M.P.; BUSS, D.F.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. *Brazilian Journal Biology*, v.66, n.2B, p.623-32. 2006.

- SOUSA, W.P. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematic*, v.15, p.353-91. 1984.
- TOWNSEND, C.R.; HILDREW, A.G. Field experiments on the drifting, colonization and continuous redistribution of stream benthos. *Journal of Animal Ecology*, v.43, p.759-72. 1976.
- TOWNSEND, C.R.; HILDREW, A.G. Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology*, v.31, p.265-75. 1994.
- TOWNSEND, C.R.; SCARSBROOK, M.R.; DOLEDEC, S. The intermediate disturbance hypothesis, refugia and biodiversity in streams. *Limnology Oceanography*, v.42, p.938-49. 1997.
- TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: guia para identificação e diagnose dos gêneros. PPG-ERN/UFSCar, São Carlos, 1995. 229p.
- UIEDA V.S.; GAJARDO, I.C.S.M. Macroinvertebrados perifíticos encontrados em poções e corredeiras de um riacho. *Naturalia*, v.21, p.31-47. 1996.
- WALLACE, J.B. Recovery of lotic macroinvertebrate communities from disturbance. *Environmental Management*, v.14, n.5, p. 605-20. 1990.
- YOUNT, J.D.; NIEMI, G.J. Recovery of lotic communities and ecosystems from disturbance: a narrative review of case studies. *Environmental Management*, v.14, n.5, p.547-69. 1990.

Tabela 1: Abundância absoluta (N) e abundância relativa (%) calculada para os Filos e para as famílias de insetos, amostrados no Ribeirão da Quinta através de um experimento de manipulação (* ínstars iniciais, sendo 702 juvenis de Ephemeroptera e 176 de Trichoptera).

Grupo taxonômico (N; %)	
FILO PLATYHELMINTHES (24; 0,14%)	Ordem Trichoptera
Classe Turbellaria	Não determinados *
FILO NEMATODA (4; 0,02%)	Família Hydropsychidae (159; 1,01%)
FILO MOLLUSCA (5; 0,03%)	<i>Smicridea</i>
Classe Gastropoda	Família Hydroptilidae (62; 0,39%)
Família Ancyliidae	<i>Neotrichia</i>
Lymnaeidae	<i>Ochrotrichia</i>
FILO ANNELIDA (380; 2,22%)	Família Glossosomatidae (103; 0,65%)
Classe Oligochaeta	<i>Protoptila</i>
FILO ARTHROPODA (16,696; 97,6%)	<i>Mexitrichia</i>
Classe Arachnida	Família Leptoceridae (1; 0,01%)
Ordem Acarina	Ordem Lepidoptera
Classe Insecta	Família Pyralidae (1; 0,01%)
Ordem Plecoptera	Ordem Coleoptera
Família Perlidae (12; 0,08%)	Família Elmidae (56; 0,35%)
<i>Anacroneuria</i>	<i>Heterelmis</i>
Família Grypopterygidae (7; 0,04%)	Ordem Diptera
<i>Tupiperla</i>	Família Chironomidae (13,299; 84,15%)
Ordem Ephemeroptera	Orthoclaadiinae
Não determinados *	Chironominae
Família Baetidae (1.708; 10,81%)	Tanypodinae
<i>Baetodes</i>	Família Empididae (28; 0,18%)
<i>Americabaetis</i>	Família Psychodidae (1; 0,01%)
<i>Camelobaetidius</i>	Família Simuliidae (32; 0,20%)
<i>Cloeodes</i>	
Família Leptohiphidae (234; 1,48%)	
<i>Traverhyphes</i>	
<i>Tricorythopsis</i>	
Família Leptophlebiidae (101; 0,64%)	
<i>Farrodes</i>	
<i>Thraulodes</i>	

Tabela 2: Abundância absoluta (média das 5 réplicas) da comunidade toda e dos grupos de macroinvertebrados que se sobressaíram em abundância ao longo do período de amostragem, antes e após as perturbações fraca (fr) e forte (fo).

		Antes	2	1	3	5	7	9	11	13	15
			horas	dia	dias	dias	dias	dias	dias	dias	dias
Comunidade	Fr	122,6	126,4	117,6	133,0	145,8	148,4	283,2	248,2	295,0	420,2
	Fo	105,6	76,2	84,8	113,6	106,0	130,0	138,0	169,0	198,0	260,4
Chironomidae	Fr	92,0	87,2	87,2	96,4	116,0	114,2	210,2	188,2	242,6	368,8
	Fo	72,8	45,6	63,0	88,4	82,0	99,2	112,6	135,6	169,0	188,8
Orthoclaadiinae	Fr	85,6	66,4	78,6	86,2	106,8	108,6	196,0	174,2	229,8	348,4
	Fo	64,0	42,6	54,0	79,4	72,0	92,6	100,4	125,8	152,2	175,2
Ephemeroptera	Fr	26,0	32,2	23,2	33,0	23,8	28,4	64,2	44,2	46,0	38,4
	Fo	22,4	24,8	16,0	15,8	17,4	19,8	15,8	24,4	20,4	16,0
Baetidae	Fr	20,6	25,2	12,6	25,0	16,4	17,8	41,2	22,2	29,2	17,6
	Fo	14,6	19,6	8,6	9,4	8,2	10,4	8,8	11,4	10,8	10,6
Leptohyphidae	Fr	2,4	4,8	3,2	3,6	4,4	4,8	13,2	5,2	5,0	7,6
	Fo	1,8	1,4	1,2	1,0	0,8	1,6	1,8	2,0	2,4	11,6
Trichoptera	Fr	3,4	3,8	5,6	3,0	4,8	3,6	5,2	11,0	5,0	10,0
	Fo	7,4	4,2	4,2	5,0	5,6	4,4	5,2	8,6	5,0	6,4

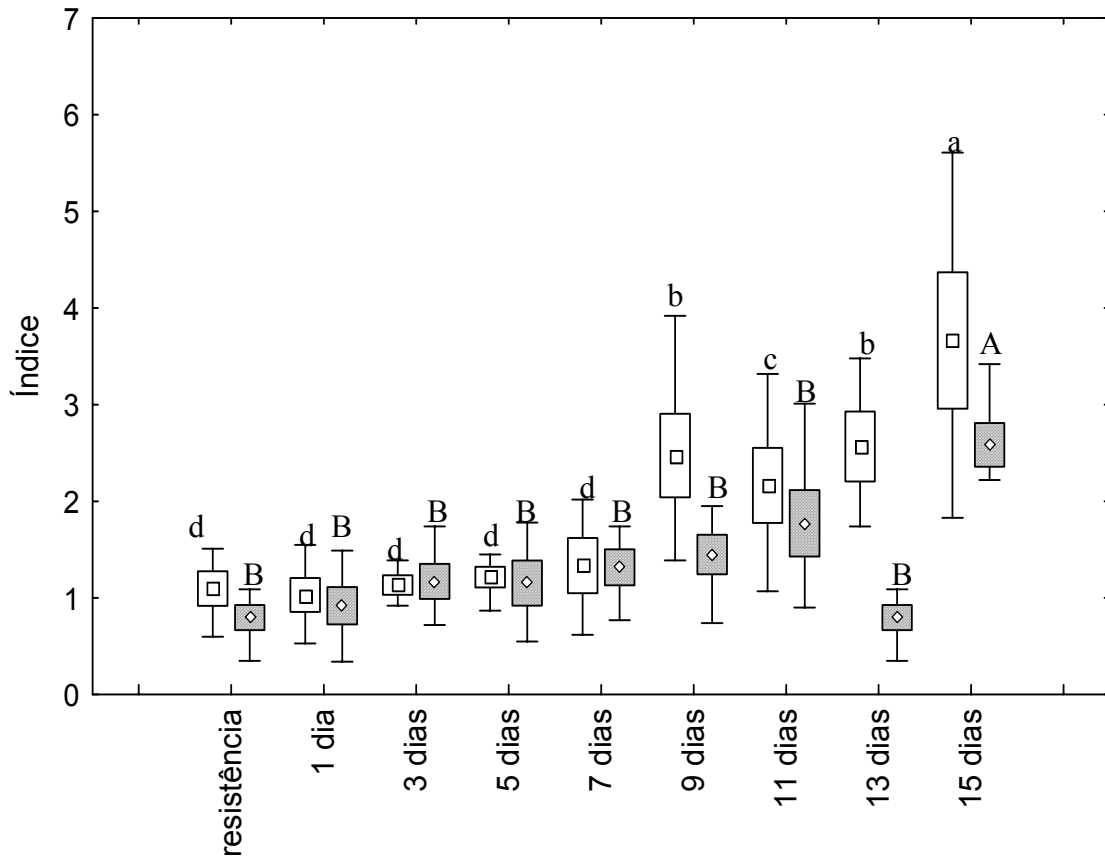


Figura 1: Índice de resistência e resiliência (média e erro padrão) da comunidade frente a perturbações hidrológicas de intensidade fraca (box branco) e forte (box listrado). As letras indicam o resultado do teste de Student (minúsculas para a perturbação fraca e maiúsculas para a forte), com letras diferentes indicando diferenças significativas entre as datas.

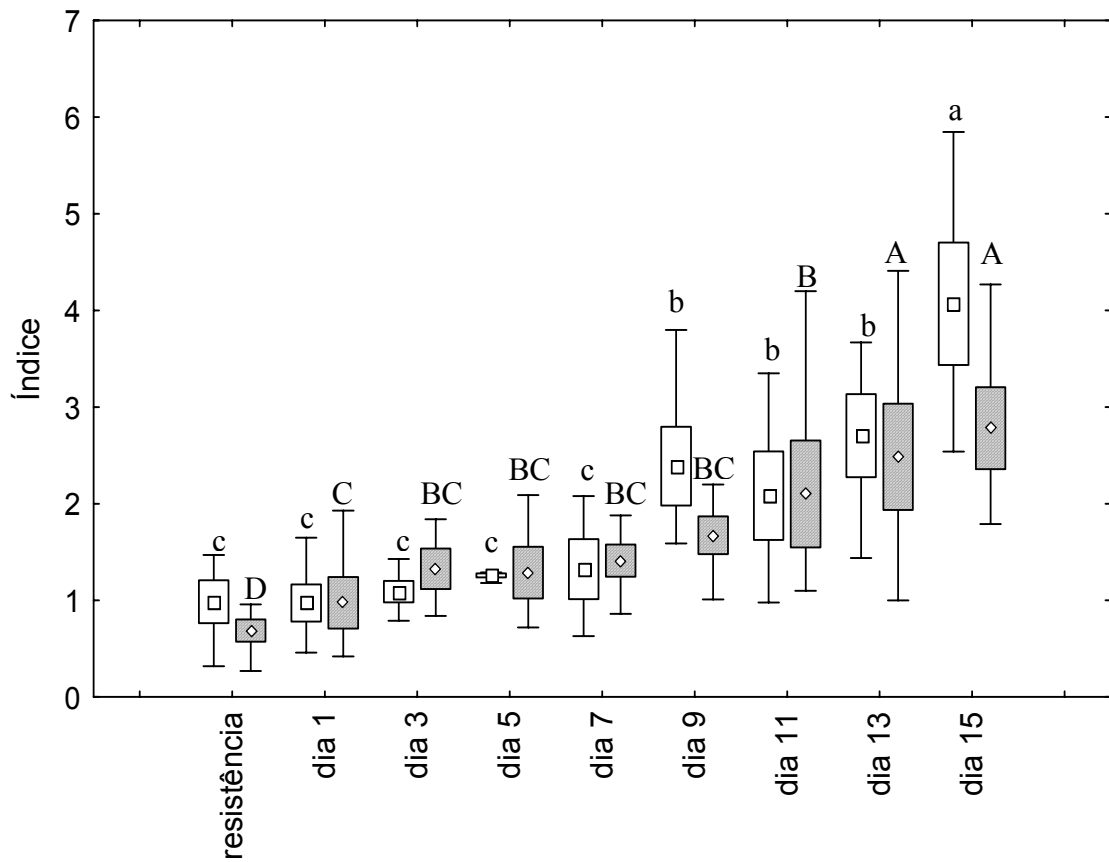


Figura 2: Índice de resistência e resiliência (média e erro padrão) de Chironomidae frente a perturbações hidrológicas de intensidade fraca (box branco) e forte (box listrado). As letras indicam o resultado do teste de Student (minúsculas para a perturbação fraca e maiúsculas para a forte), com letras diferentes indicando diferenças significativas entre as datas.

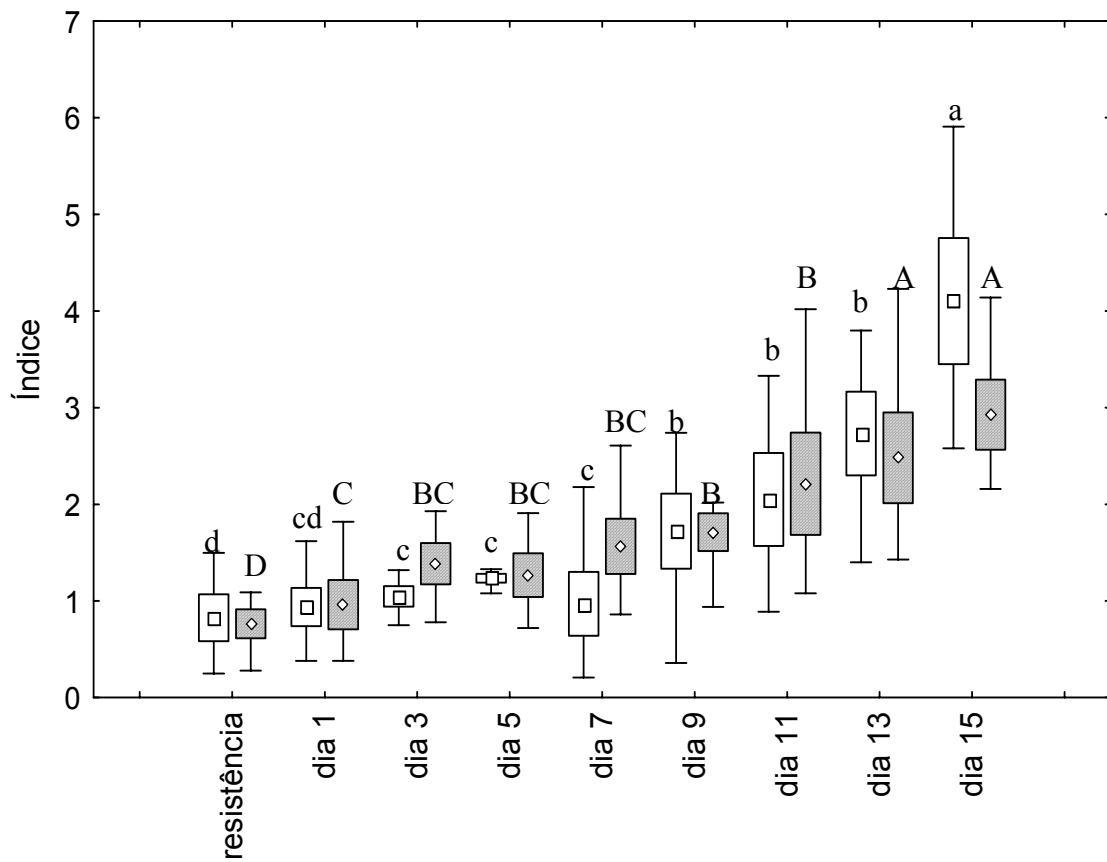


Figura 3: Índice de resistência e resiliência (média e erro padrão) de Orthoclaadiinae frente a perturbações hidrológicas de intensidade fraca (box branco) e forte (box listrado). As letras indicam o resultado do teste de Student (minúsculas para a perturbação fraca e maiúsculas para a forte), com letras diferentes indicando diferenças significativas entre as datas.

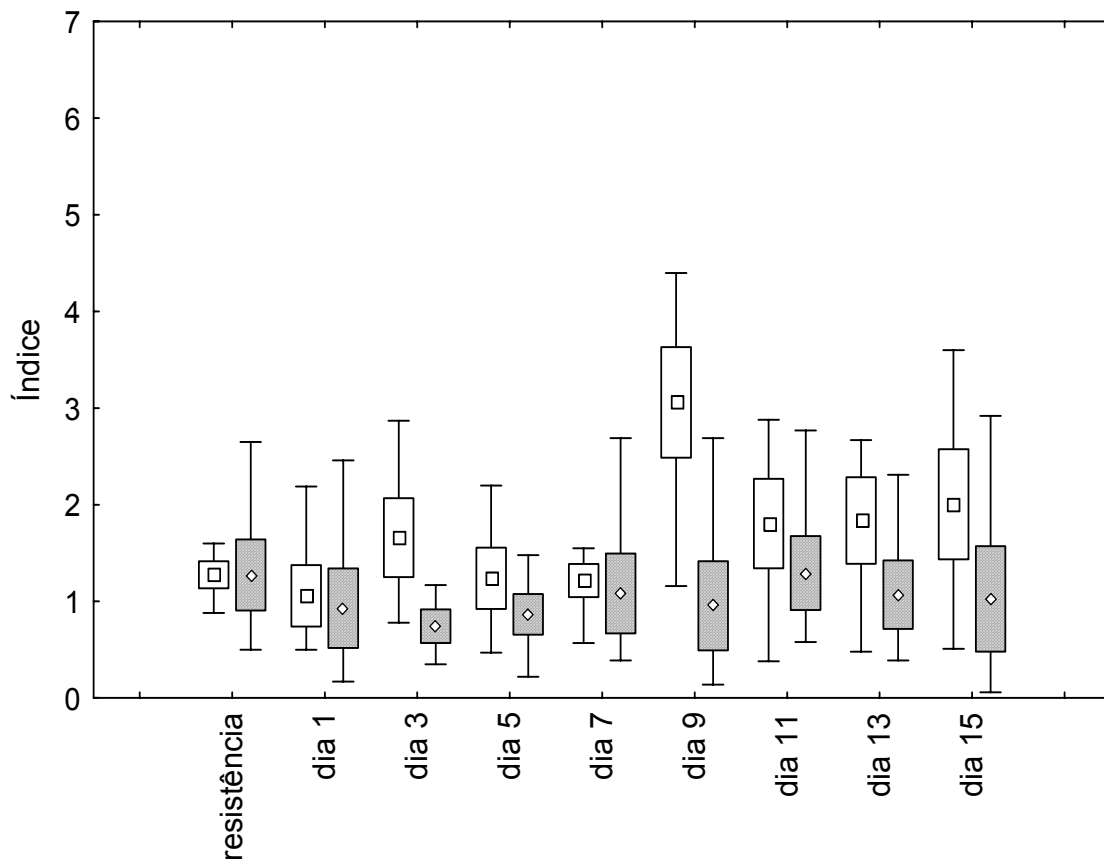


Figura 4: Índice de resistência e resiliência (média e erro padrão) de Ephemeroptera frente a perturbações hidrológicas de intensidade fraca (box branco) e forte (box listrado). As letras indicam o resultado do teste de Student (minúsculas para a perturbação fraca e maiúsculas para a forte), com letras diferentes indicando diferenças significativas entre as datas.

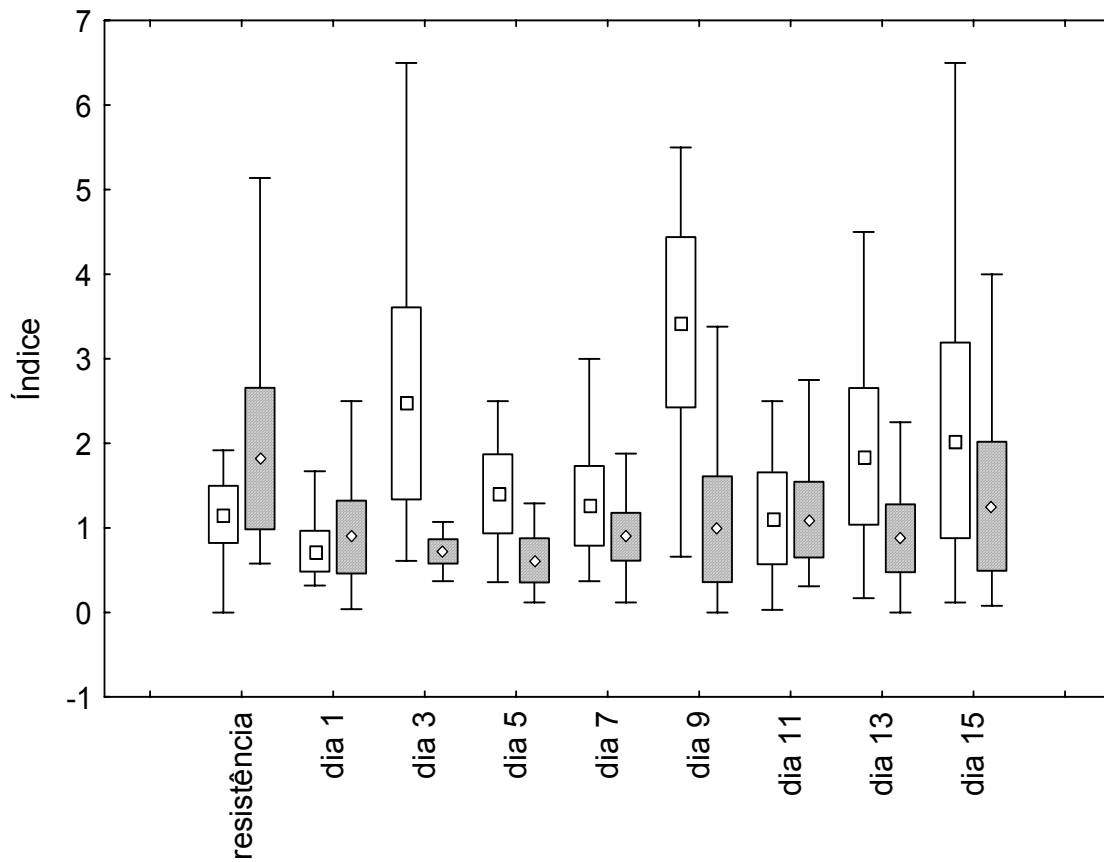


Figura 5: Índice de resistência e resiliência (média e erro padrão) de Baetidae frente a perturbações hidrológicas de intensidade fraca (box branco) e forte (box listrado). As letras indicam o resultado do teste de Student (minúsculas para a perturbação fraca e maiúsculas para a forte), com letras diferentes indicando diferenças significativas entre as datas.

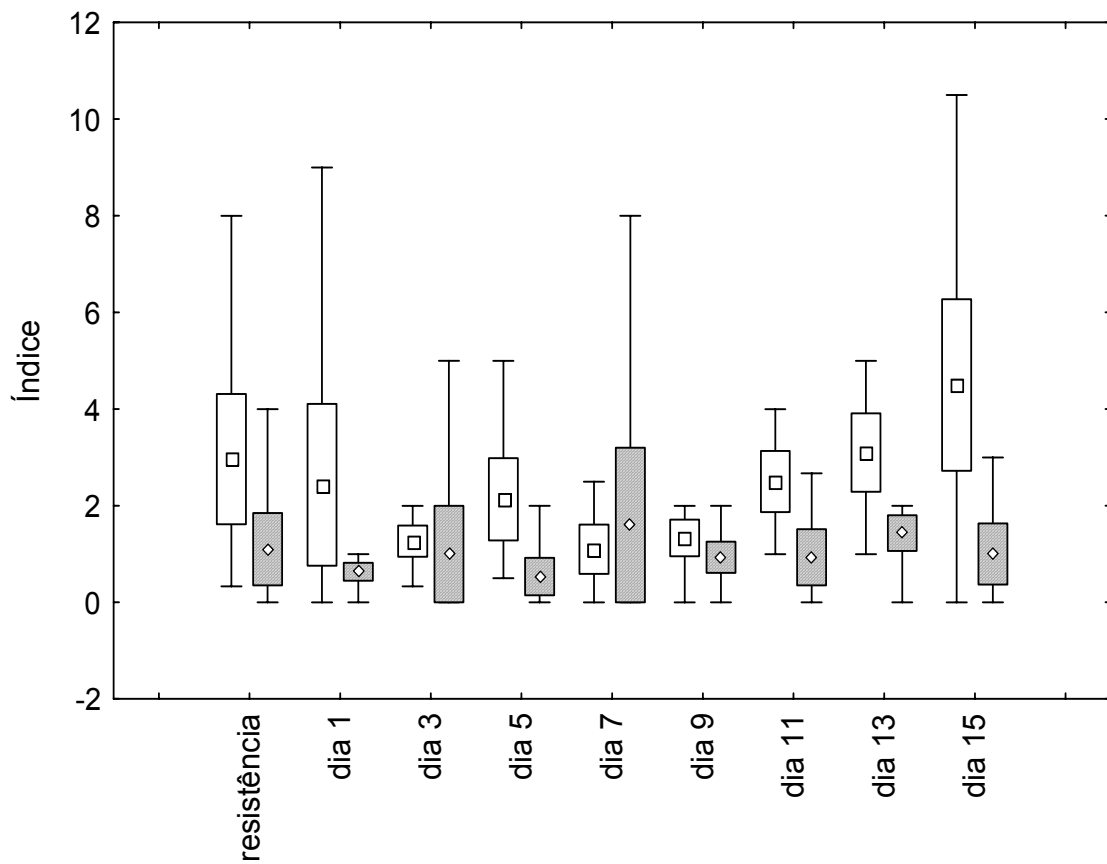


Figura 6: Índice de resistência e resiliência (média e erro padrão) de *Leptohyphidae* frente a perturbações hidrológicas de intensidade fraca (box branco) e forte (box listrado). As letras indicam o resultado do teste de Student (minúsculas para a perturbação fraca e maiúsculas para a forte), com letras diferentes indicando diferenças significativas entre as datas.

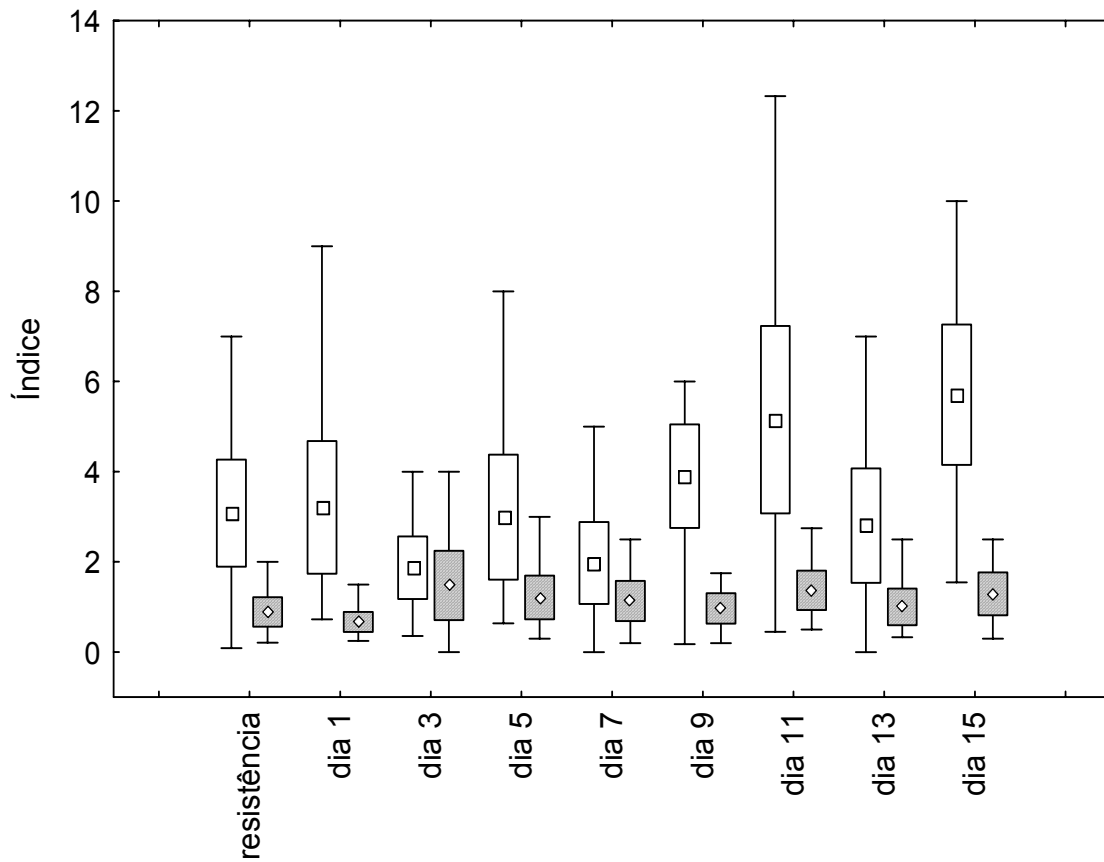


Figura 7: Índice de resistência e resiliência (média e erro padrão) de Trichoptera frente a perturbações hidrológicas de intensidade fraca (box branco) e forte (box listrado). As letras indicam o resultado do teste de Student (minúsculas para a perturbação fraca e maiúsculas para a forte), com letras diferentes indicando diferenças significativas entre as datas.

CAPÍTULO III

**DISTÚRBIOS HIDROLÓGICOS NATURAIS PODEM
AFETAR AS COMUNIDADES BENTÔNICAS?**

DISTÚRBIOS HIDROLÓGICOS NATURAIS PODEM AFETAR AS COMUNIDADES BENTÔNICAS?

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito de perturbações hidrológicas naturais de diferentes intensidades e frequências sobre a comunidade de macroinvertebrados, a colonização de substratos artificiais foi acompanhada por cerca de 23 dias, durante o período chuvoso, em dois anos consecutivos. Embora a relação entre a pluviosidade total diária registrada durante o período de estudo e a abundância de macroinvertebrados não tenha sido significativa para os anos de 2004 ($r = 0,0582$, $p = 0,7868$) e 2005 ($r = 0,5744$, $p = 0,0507$), foi possível detectar distintos padrões de colonização entre os anos estudados. A frequência parece ter sido um fator de forte influência principalmente sobre a abundância total. Por outro lado, a influência da intensidade sobre determinados grupos parece ter sido determinada por aspectos morfológicos e comportamentais dos mesmos. Organismos sujeitos a perturbações frequentes parecem sofrer menor influência das alterações do fluxo, enquanto eventos imprevisíveis podem causar uma maior desestabilização na comunidade.

Palavras chave: riachos, macroinvertebrados, colonização, perturbações hidrológicas.

INTRODUÇÃO

Os distúrbios tem sido vistos como eventos físicos ou biológicos incomuns e irregulares que causam mudanças estruturais bruscas nas comunidades naturais (Sousa,

1984). Distúrbios físicos em sistemas aquáticos surgem de variações naturais no fluxo (enchentes ou secas) e têm uma grande importância em estudos de ecologia aquática (Doeg & Marchant, 1989).

O entendimento da dinâmica de populações dentro de habitats sujeitos a distúrbios requer o conhecimento do regime do distúrbio e do padrão de recolonização e sucessão de áreas perturbadas (Sousa, 1984). Tais padrões são um produto de características do distúrbio (magnitude e frequência) e da história de vida das espécies disponíveis a recolonizarem o local perturbado, sendo a magnitude do distúrbio um parâmetro constituído pela intensidade e severidade da perturbação (Sousa, 1984).

Informações a respeito das alterações produzidas pelas mudanças do fluxo sobre os organismos aquáticos têm aumentado nas últimas décadas, especialmente em regiões temperadas (Robinson & Minshall, 1986; Boulton *et al.*, 1987; Palmer *et al.*, 1995; Matthaei *et al.*, 1996; Doisy & Rabeni, 2001). No Brasil, pouco se conhece sobre os efeitos de distúrbios hidrológicos naturais no funcionamento dos sistemas lóticos. Porém, merecem destaque os trabalhos recentes de Bispo *et al.* (2001) em córregos do Planalto Central, Maltchik & Florín (2002) em riachos do semiárido brasileiro e Teixeira *et al.* (2006) em um arroio no sul do Brasil.

Visando avaliar o efeito de perturbações hidrológicas naturais sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, a seguinte questão foi formulada: Perturbações hidrológicas naturais de diferentes intensidades e frequências podem determinar diferenças na estrutura da comunidade de macroinvertebrados? A hipótese testada foi de que este tipo de perturbação influencia na estrutura da comunidade, porém de maneira distinta: a resistência dos organismos à perturbação seria mais dependente da intensidade do distúrbio e a recuperação (resiliência), dependente da frequência e intensidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de Estudo

O trabalho foi realizado em um riacho de 3^a ordem (Ribeirão da Quinta), localizado no município de Itatinga, Estado de São Paulo. O trecho do Ribeirão da Quinta (23°06'47" S, 48°29'46" W) selecionado para o estudo corresponde a uma área de rápido, com profundidade variando entre 10 e 20 cm, correnteza média de 0,24m/s e fundo arenoso-rochoso (para descrição detalhada da área ver Ribeiro & Uieda, 2005).

Desenho experimental

O estudo foi realizado durante o período chuvoso, em dois anos consecutivos (fevereiro de 2004 e 2005), para a análise do efeito de perturbações hidrológicas naturais sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

Para a amostragem dos organismos foi utilizado substrato artificial (retângulo de 8 x 6 x 2,5 cm e área total de superfície de 210 cm²) confeccionado com cimento e pedregulhos do próprio riacho estudado (para detalhes ver Carvalho & Uieda, 2004). Um total de 90 substratos artificiais foram instalados junto ao substrato, sendo fixados ao fundo do riacho com auxílio de ganchos e barbante. Tais substratos foram dispostos em cinco conjuntos (réplicas), contendo 18 substratos cada. Após a instalação, os substratos permaneceram no riacho para colonização por macroinvertebrados durante um período de 21 dias (tempo estipulado a partir dos dados de Ribeiro, 2003 e Carvalho, 2003). Logo após o período de colonização, os substratos começaram a ser amostrados (5 réplicas/dia) a cada 48 horas.

O tempo de duração do estudo (35 dias) e o intervalo de amostragem (48 horas) foram planejados com o intuito de tentar registrar o maior número possível de eventos de

chuva dentro do período. Porém, o tempo inicialmente previsto de 35 dias foi reduzido para 23, em função da perda de alguns substratos após eventos de chuva de grande magnitude, que carrearam grande quantidade de sedimento, soterrando vários substratos que tiveram de ser descartados da amostragem.

Os substratos eram suspensos manualmente, acomodados sobre uma peneira fina para evitar a perda dos organismos, e colocados em frascos com álcool 70%. No laboratório o material fixado foi corado com Rosa de Bengala (12 mg/l) para facilitar a visualização dos invertebrados durante a triagem (Mason & Yevich, 1967). Após 24 horas no corante, este material foi despejado em um conjunto de peneiras (malhas de 1; 0,50 e 0,25 mm) e vistoriadas sob estereomicroscópio para a retirada dos macroinvertebrados.

A identificação dos taxa foi feita ao nível de família para a maioria dos grupos, com exceção de Chironomidae, até subfamília, Trichoptera e Ephemeroptera, até gênero, utilizando as chaves taxonômicas de Lopretto & Tell (1995), Merritt & Cummins (1996) e Fernández & Dominguez (2001). Porém, como a maioria dos gêneros não ocorreu de forma homogênea entre as réplicas e as datas de coleta, a análise estatística foi realizada com os macroinvertebrados discriminados ao nível de família. Para todos os grupos taxonômicos foi registrado o número de indivíduos (abundância) em cada data de coleta.

Análise dos dados

Os valores de pluviosidade diária (obtidos em uma fazenda distante ca. 1 Km do riacho estudado) correspondentes ao período estudado, bem como as variações na abundância da fauna de invertebrados foram representados graficamente. A existência de correlação entre a abundância de macroinvertebrados e a precipitação pluviométrica do dia de amostragem foi verificada através do índice de correlação de Spearman. Este teste não-paramétrico foi utilizado devido à não-normalidade dos dados.

RESULTADOS

Na área de estudo foram registrados dez eventos de chuva em fevereiro de 2004 e cinco em fevereiro de 2005 (Figura 1), com uma pluviosidade total para o período de 28 dias maior em 2004 (175 mm) do que em 2005 (74 mm). Embora o número de perturbações hidrológicas (chuvas) e a pluviosidade total do mês de fevereiro tenha sido maior em 2004, a pluviosidade total diária registrada para os maiores picos foi semelhante entre os dois anos (28 mm em 2004 e 25 mm em 2005).

Quando analisada a abundância de macroinvertebrados também foram observadas diferenças entre os dois anos de amostragem (Figura 2), seja quanto ao total amostrado (6.607 indivíduos em 2004 e 14.573 em 2005) ou por data de amostragem. Em 2004, a abundância média aumentou continuamente até o final do período estudado. Por outro lado, em 2005 ocorreu em aumento até o 17º dia, seguido por uma queda brusca na abundância, a qual manteve-se estabilizada até o término das coletas (Figura 2).

Porém, quando analisada a correlação entre a abundância de macroinvertebrados e a precipitação pluviométrica do dia de amostragem não foram encontrados valores significativos de correlação de Spearman para os anos de 2004 ($r = 0,0582$, $p = 0,7868$) e 2005 ($r = 0,5744$, $p = 0,0507$).

Analisando os grupos de invertebrados amostrados, a maioria correspondeu ao grupo dos insetos (94% em 2004 e 86% em 2005), e, entre estes, principalmente as ordens Diptera (família Chironomidae), Ephemeroptera (Baetidae, Leptohiphidae e Leptophlebiidae) e Trichoptera (Hydropsychidae, Glossosomatidae e Hydroptilidae), nos dois anos de estudo. Quando estes grupos de insetos foram examinados individualmente, foi observado que o padrão de distribuição da abundância ao longo do período de estudo

apresentado por Chironomidae (Figura 3) assemelha-se àquele do total de macroinvertebrados, tanto em 2004 como em 2005.

Para as famílias Baetidae, Leptohyphidae e Leptophlebiidae foram detectados distintos padrões de colonização (Figura 4). Em 2004, a abundância média de Baetidae aumentou até o 13º dia de amostragem, seguida de uma queda no 15º dia, retornando no 23º dia ao valor máximo observado. Para a família Leptohyphidae foi observada grande flutuação nos valores da abundância, enquanto para Leptophlebiidae foram encontrados os menores valores de abundância quando comparado às demais famílias de Ephemeroptera, inclusive não estando presente em todas as datas de amostragem. Em 2005 foram observadas para alguns grupos algumas diferenças no padrão descrito acima (Figura 4). Para Baetidae os maiores valores de abundância foram registrados no 21º e 23º dia de amostragem; Leptohyphidae apresentou a maior abundância, concentrada principalmente no meio do período de amostragem. Somente Leptophlebiidae continuou com os menores valores de abundância até o final da amostragem, apesar de neste ano a abundância ter aumentado no 23º dia (Figura 4).

Quanto à ordem Trichoptera, em 2004 (Figura 5) a família Hydropsychidae apresentou maior ocorrência e abundância, com valores de abundância altos em todo o período de amostragem, apesar de pequenas quedas em alguns dias. Por outro lado, Glossosomatidae e Hydroptilidae apresentaram grandes flutuações nos valores de abundância, a primeira mais abundante principalmente na primeira metade do período de amostragem e a segunda, na segunda metade. Em 2005 (Figura 5), Hydropsychidae novamente se sobressaiu em abundância, enquanto Glossosomatidae manteve abundância reduzida ao longo de todo o período e Hydroptilidae foi abundante entre o 7º e 17º dias de amostragem (Figura 5).

DISCUSSÃO

A pluviosidade e subsequente inundação das áreas marginais ao corpo d'água são fatores que atuam fortemente na abundância de invertebrados bentônicos (Boon, *et al.*, 1986). No presente estudo, os distúrbios hídricos (eventos de chuva) registrados durante a estação chuvosa, em dois anos consecutivos, parecem não ter sido de intensidade suficiente para acarretar mudanças significativas na abundância da comunidade de macroinvertebrados.

Apesar dos valores máximos de chuva terem sido semelhantes em 2004 e 2005, estes dois anos se diferenciaram no volume mensal de chuva e na frequência de distúrbios. Estes parâmetros parecem ter influenciado mais diretamente as tendências observadas na comunidade, com uma menor abundância em 2004, quando houve maior número de eventos de chuva, o que pode ter levado a um maior arraste de macroinvertebrados. A influência da sazonalidade sobre a estrutura e composição das comunidades (Jacobsen & Encalada, 1998) e o efeito dos extremos hidrológicos sobre a densidade de invertebrados (Flecker & Feifarek, 1994; Teixeira *et al.*, 2006) também foi salientada por outros autores. Death (1996), avaliando o efeito do distúrbio na estrutura das comunidades de quatro riachos diferentes em estabilidade, verificou que o número total de invertebrados e o número de taxa diminuíram com o aumento na frequência do distúrbio.

Porém, apesar da maior frequência de distúrbios em 2004 ter aparentemente levado a uma redução na abundância total, a maior uniformidade da abundância ao longo do mês poderia ser interpretada como uma reação de “previsibilidade” pela comunidade. Eventos de perturbação frequentes poderiam induzir os organismos a estarem sempre “preparados”, procurando rapidamente refúgio para evitar serem arrastados pela maior correnteza. Por outro lado, os dois eventos de chuva mais fortes no final de fevereiro de 2005,

aparentemente tiveram um forte efeito sobre a fauna bentônica, levando à desestabilização da comunidade. Este “efeito imprevisível”, em função do longo período precedente de estiagem (cerca de 15 dias), aparentemente foi de grande importância na estruturação da comunidade.

Resh *et al.* (1988) sugerem que os organismos são adaptados a eventos previsivelmente periódicos e fortemente influenciados por aqueles imprevisíveis. Bispo *et al.* (2001) mencionam que em sistemas tropicais normalmente há uma diminuição da abundância de insetos aquáticos na estação chuvosa. Isto provavelmente se deve à desestabilização do riacho pelo aumento da velocidade da água e vazão, levando à diminuição da densidade de invertebrados por carreamento.

Embora a maioria dos invertebrados apresente adaptações anatômicas e comportamentais para evitar o arraste pela correnteza (Allan, 1995), chuvas fortes e não previsíveis podem exercer grande influência sobre a estrutura das comunidades.

As flutuações no número de indivíduos das duas famílias de Ephemeroptera mais abundantes na área de estudo, Baetidae e Leptohyphidae, observadas em 2004 aparentemente não estão relacionadas com os eventos de chuva, com exceção da forte redução na abundância de Baetidae no 15º dia, quando ocorreu o evento de chuva mais forte deste período. Estas duas famílias também se mostraram bastante resistentes a distúrbios “imprevisíveis” como os ocorridos em 2005. O aumento na abundância de Baetidae nos dias 21 e 23 deste ano, apesar da concentração de chuvas nestes dias, pode estar relacionado com seu comportamento de se lançar no drift para colonizar novas áreas.

A menor estabilidade ambiental no verão foi apontada como a causa de um menor número de larvas de Trichoptera nesta estação (Huamantico & Nessimian, 1999; Bispo *et al.*, 2001), provavelmente em função do corpo pouco hidrodinâmico e baixa mobilidade da maioria dos representantes desta ordem (Bispo *et al.*, 2001). O hábito de construir casas e

carregá-las durante seu deslocamento, confere a Trichoptera uma menor agilidade quando comparada a Ephemeroptera e Plecoptera. Assim, insetos com maior mobilidade são considerados bons colonizadores (Borchant, 1993), enquanto insetos menos móveis, como Trichoptera, são considerados maus colonizadores (Bispo *et al*, 2001), o que poderia explicar a menor ocorrência e grandes flutuações na abundância durante o período de estudo das duas famílias desta ordem, Glososomatidae e Hydroptilidae, que constroem casas.

A hipótese inicial de que perturbações naturais de diferentes intensidades e frequência poderiam determinar distintos padrões na estruturação da comunidade pode ser aqui comprovada não somente pela análise da comunidade toda, mas também observando separadamente os grupos de invertebrados. A frequência parece ter sido um fator de forte influência principalmente sobre a abundância total. Por outro lado, a influência da intensidade sobre determinados grupos parece ter sido determinada por aspectos morfológicos e comportamentais dos mesmos. Organismos sujeitos a perturbações frequentes parecem sofrer menor influência das alterações do fluxo, enquanto eventos imprevisíveis podem causar uma maior desestabilização na comunidade. Ainda que haja um consenso de que as comunidades de riachos são altamente resilientes, ou seja, recuperam-se rapidamente após perturbações (Reice, 1985; Doeg & Marchant, 1989; Lake, 1990), mudanças no regime de chuvas em diferentes escalas temporais (mensalmente ou anualmente) podem levar a uma reestruturação na organização destas comunidades.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela bolsa concedida ao primeiro autor e à Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J. D. *Stream ecology: structure and function of running waters*. London: Chapman & Hall, 1995.
- BISPO, P.C.; OLIVEIRA, L.G.; CRISCI, V.L.; SILVA, M.M. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do Planalto Central do Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensis*, v.13, n.2, p.1-9. 2001.
- BOON, P.J.; JUPP, B.P.; LEE, D.G. The benthic ecology of rivers in the Blue Mountains (Jamaica) prior to construction of a water regulation scheme. *Archiv fuer Hydrobiologie Supplementband*, v.74, p.315-55. 1986.
- BORCHARDT, D. Effects of flow and refugia on drift loss of benthic macroinvertebrates: implications for habitat restoration in lowland streams. *Freshwater Biology*, v.29, p.221-27. 1993.
- BOULTON, A.J.; SPANGARO, G.M.; LAKE, P.S. Macroinvertebrate distribution and recolonization on stones subject to varying degrees of disturbance: an experimental approach. *Archiv fuer Hydrobiologie*, v.113, n.4, p.551-76. 1988.

- CARVALHO, E.M. Movimentos de dispersão de macroinvertebrados durante o processo de colonização do substrato bentônico no Ribeirão da Quinta, município de Itatinga, SP. 2003. 115p. Dissertação (Mestrado) - PPG-Ciências Biológicas, AC: Zoologia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CARVALHO, E.M.; UIEDA, V.S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.21, n.2, p.287-93. 2004.
- DEATH, R.G. The effect of patch disturbance on stream invertebrate community structure: the influence of disturbance history. *Oecologia*, v.108, p. 567-76. 1996.
- DOEG, T.J.; MARCHANT, R. Colonization of experimentally disturbed patches by stream macroinvertebrates in the Acheron River, Victoria. *Australian Journal of Ecology*, v.14, p.207-20. 1989.
- DOISY, K.E.; RABENI, C.F. Flow conditions, benthic food resources, and invertebrate community composition in a low-gradient stream in Missouri. *Journal of the North American Benthological Society*, v.20, n.1, p.17-32. 2001.
- FERNÁNDEZ H.R.; DOMINGUEZ, E. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán, 2001.
- FLECKER, A.S.; FEIFAREK, B. Disturbance and the temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams. *Freshwater Biology*, v.31, p.131-42. 1994.
- HUAMANTINCO, A.A.; NESSIMIAN, J.L. Estrutura e distribuição da comunidade de larvas de Trichoptera (Insecta) em um tributário de primeira ordem do rio Paquequer, Teresópolis, RJ. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.11, n.2, p.1-16. 1999.
- JACOBSEN, D.; ENCALADA, A. The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian high-land streams in wet and dry season. *Archiv für Hydrobiologie*, v.142, p.53-70. 1998.

- LAKE, P.S. Disturbing hard and soft bottom communities: a comparison of marine and freshwater environments. *Australian Journal of Ecology*, v.15, p.477-88. 1990.
- LOPRETTO, E.C.; TELL, G. *Ecosistemas de aguas continentales: metodologías para su estudio*. Argentina: Ed. Sur., Tomo III, 1995. p.897-1397.
- MALTCHIK, L.; FLORÍN, M. Perspectives of hydrological disturbance as the driving force of Brazilian semiarid stream ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.14, n.3, p.35-41. 2002.
- MASON Jr, W.T.; YEVICH, P.P. The use of Phloxine B and Rose Bengal stains to facilitate sorting benthic samples. *Transactions of the American Microscopical Society*, v.86, p.221-23. 1967.
- MATTHAEI, C.D.; UEHLINGER, U.; MEYER, E.I.A.; FRUTIGER, A. Recolonization by benthic invertebrates after experimental disturbance in a Swiss prealpine river. *Freshwater Biology*, v.35, p.233-48. 1996.
- MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3^a ed. Dubuque: Kendal/Hunt, 1996. 722p.
- PALMER, M.A.; ARENSBURGER, P.; BOTTS, P.S.; HAKENKAMP, C.C.; REID, J.W. Disturbance and the community structure of stream invertebrates: patch-specific effects and the role of refugia. *Freshwater Biology*, v.34, p.343-56. 1995.
- REICE, S.R. Experimental disturbance and the maintenance of species diversity in a stream community. *Oecologia*, v.67, p.90-97. 1985.
- RESH, V.H.; BROWN, A.V.; COVICH, A.P.; GURTZ, M.E.; LI, H.W.; MINSHALL, G.W.; REICE, S.R.; SHELDON, A.L.; WALLACE, J.B.; WISSMAR, R.C. The role of disturbance theory in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, v.7, p.433-55. 1988.

- RIBEIRO, L.O. Colonização de substrato artificial por macroinvertebrados no Ribeirão da Quinta, município de Itatinga (SP). 2003. 62p. Dissertação (Mestrado) – PPG-Ciências Biológicas, AC: Zoologia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- RIBEIRO, O.L.; UIEDA, V.S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.22, n.3, p.613-18. 2005.
- ROBINSON, C.T.; MINSHALL, G.W. Effects of disturbance frequency on stream benthic community structure in relation to canopy cover and season. *Journal of the North American Benthological Society*, v.7, p.77-86. 1986.
- SOUSA, W.P. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematic*, v.15, p.353-91. 1984.
- TEIXEIRA, R.R.; MALTCHIK, L.; STERNET, C. Do floods of brief duration affect the aquatic macroinvertebrate community in a floodplain oxbow lake in the South of Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, v.1, n.1, p.29-34. 2006.

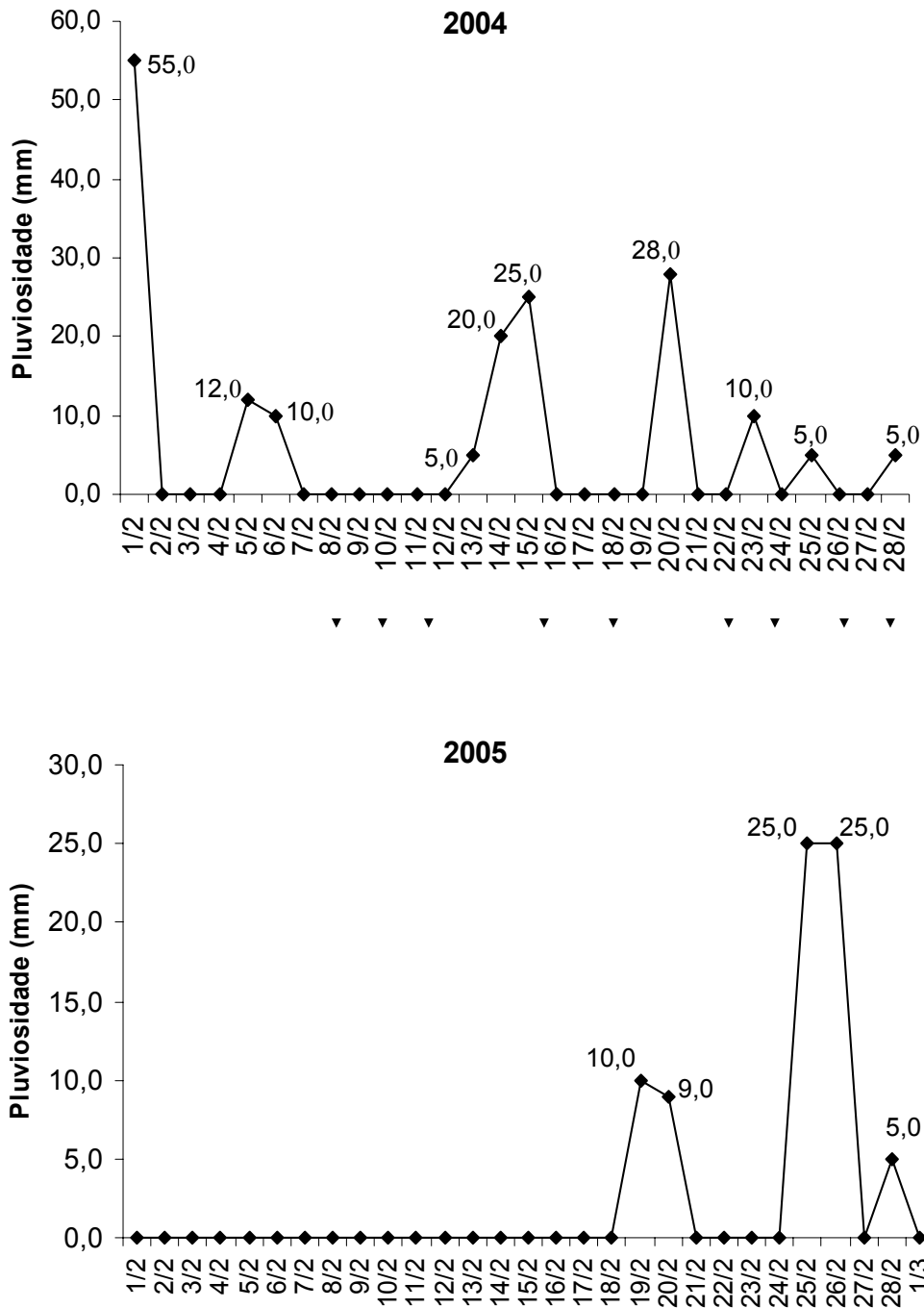


Figura 1. Pluviosidade total diária durante o mês de fevereiro em dois anos consecutivos de amostragem. Em 2004 as amostragens começaram no dia 06/02 e em 2005, no dia 07/02.

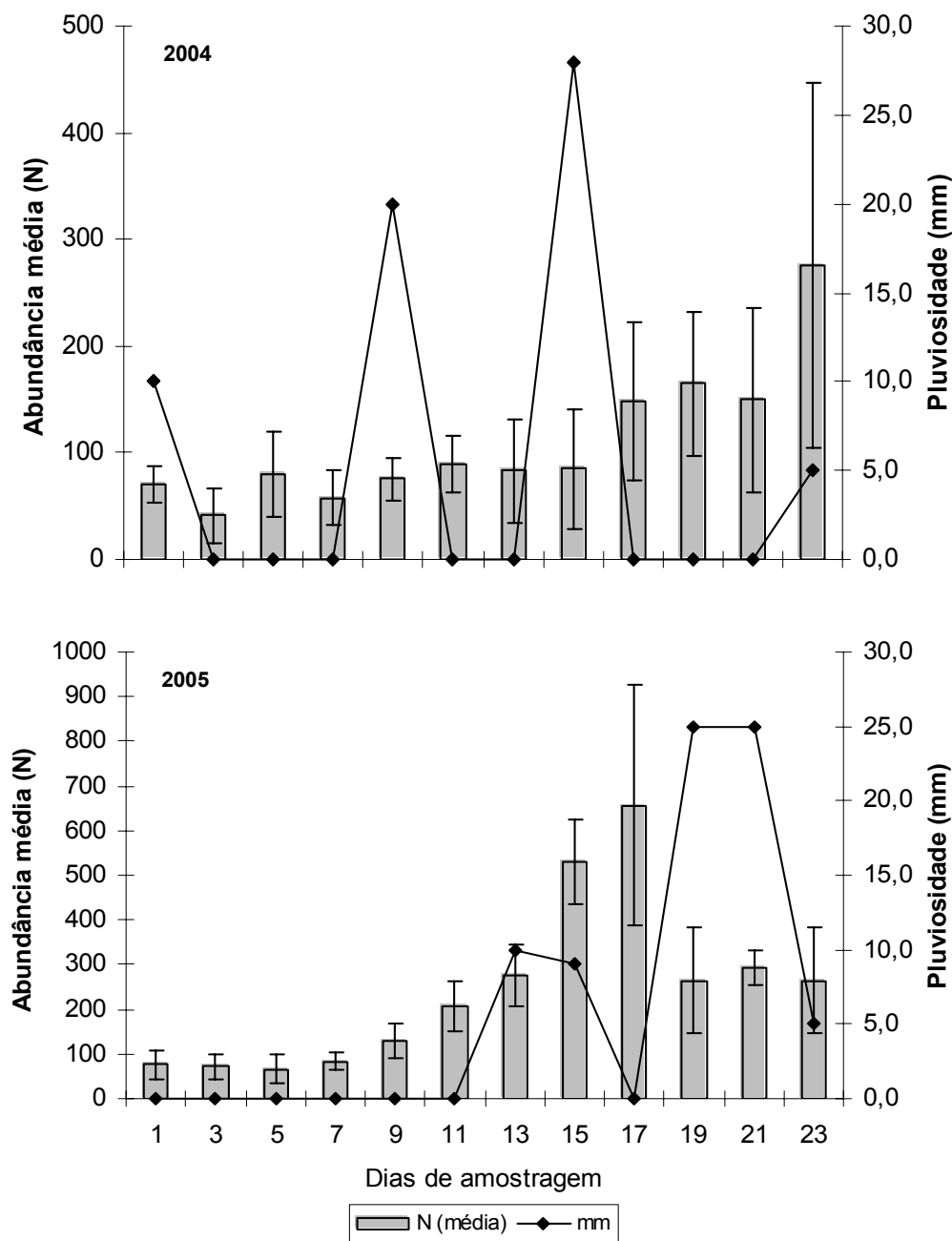


Figura 2. Abundância de macroinvertebrados amostrados no Ribeirão da Quinta durante o período de coleta nos anos de 2004 e 2005. As barras representam as médias e desvio padrão da abundância por data de amostragem e a linha contínua representa a pluviosidade nos dias de amostragem.

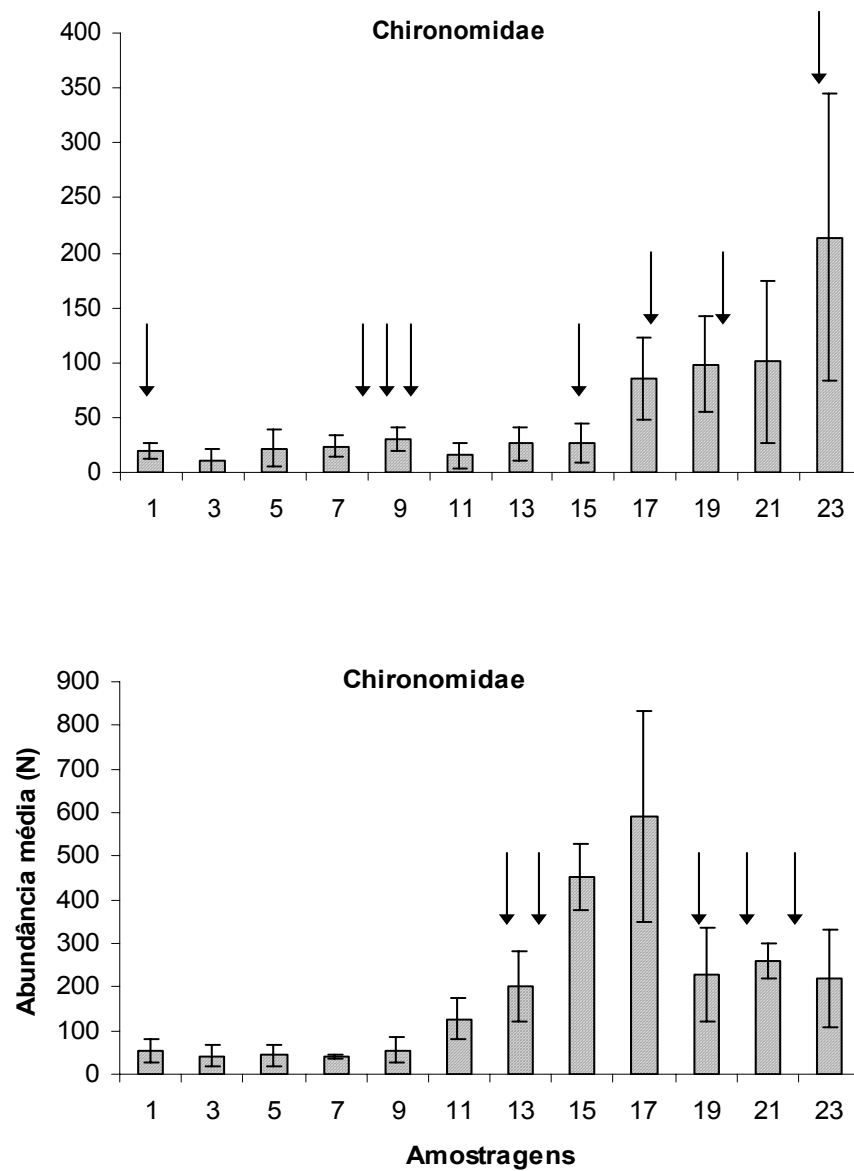


Figura 3. Abundância de Chironomidae coletados no Ribeirão da Quinta durante o período de amostragem em 2004 (acima) e 2005 (abaixo). As barras representam as médias e desvio padrão da abundância por data de amostragem. As setas indicam os eventos de chuva ocorridos durante o período de amostragem.

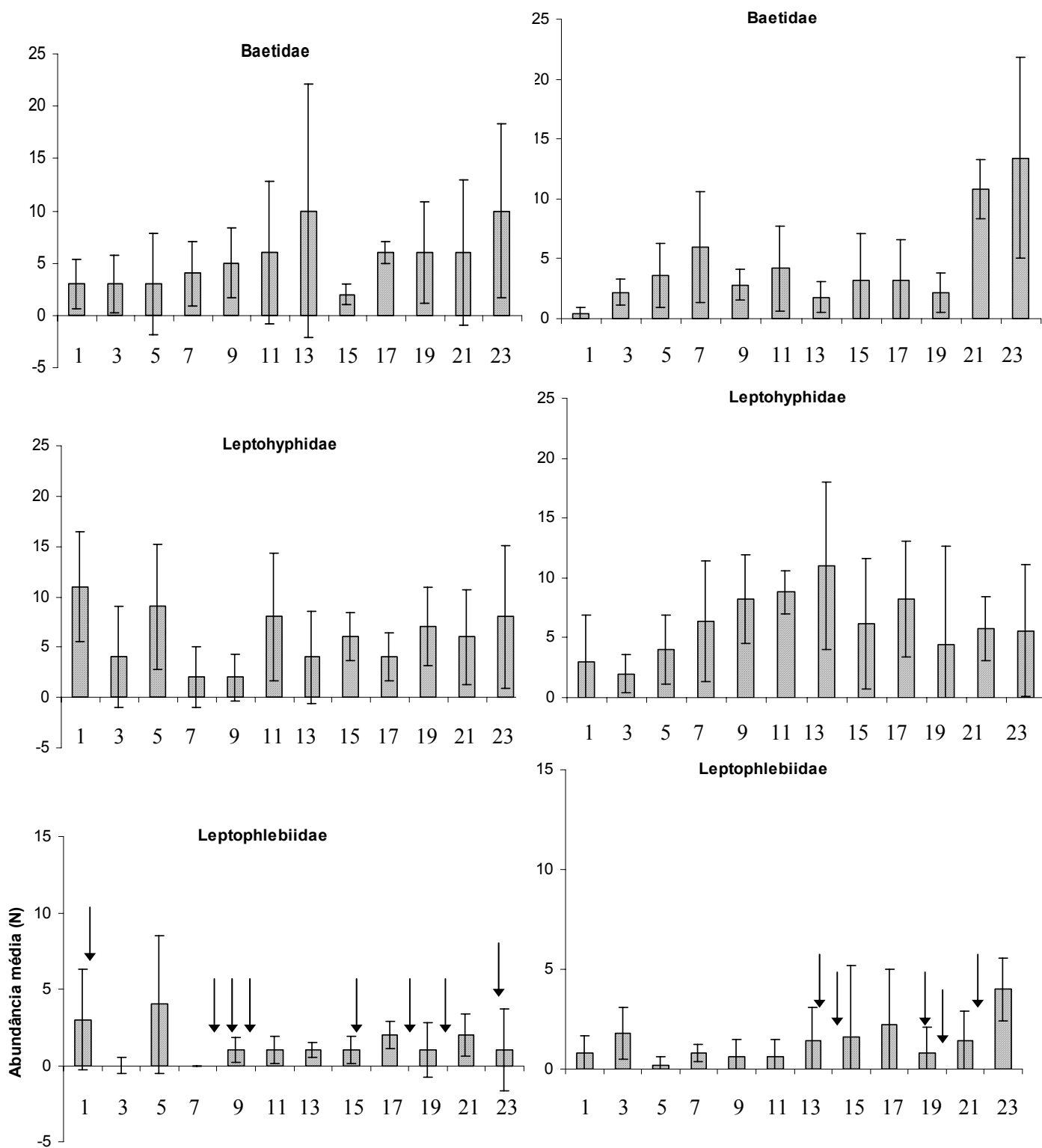


Figura 4. Abundância de 3 famílias de Ephemeroptera coletados no Ribeirão da Quinta durante o período de amostragem em 2004 (a esquerda) e 2005 (a direita). As barras representam as médias e desvio padrão da abundância por data de amostragem. As setas indicam os eventos de chuva ocorridos durante o período de amostragem.

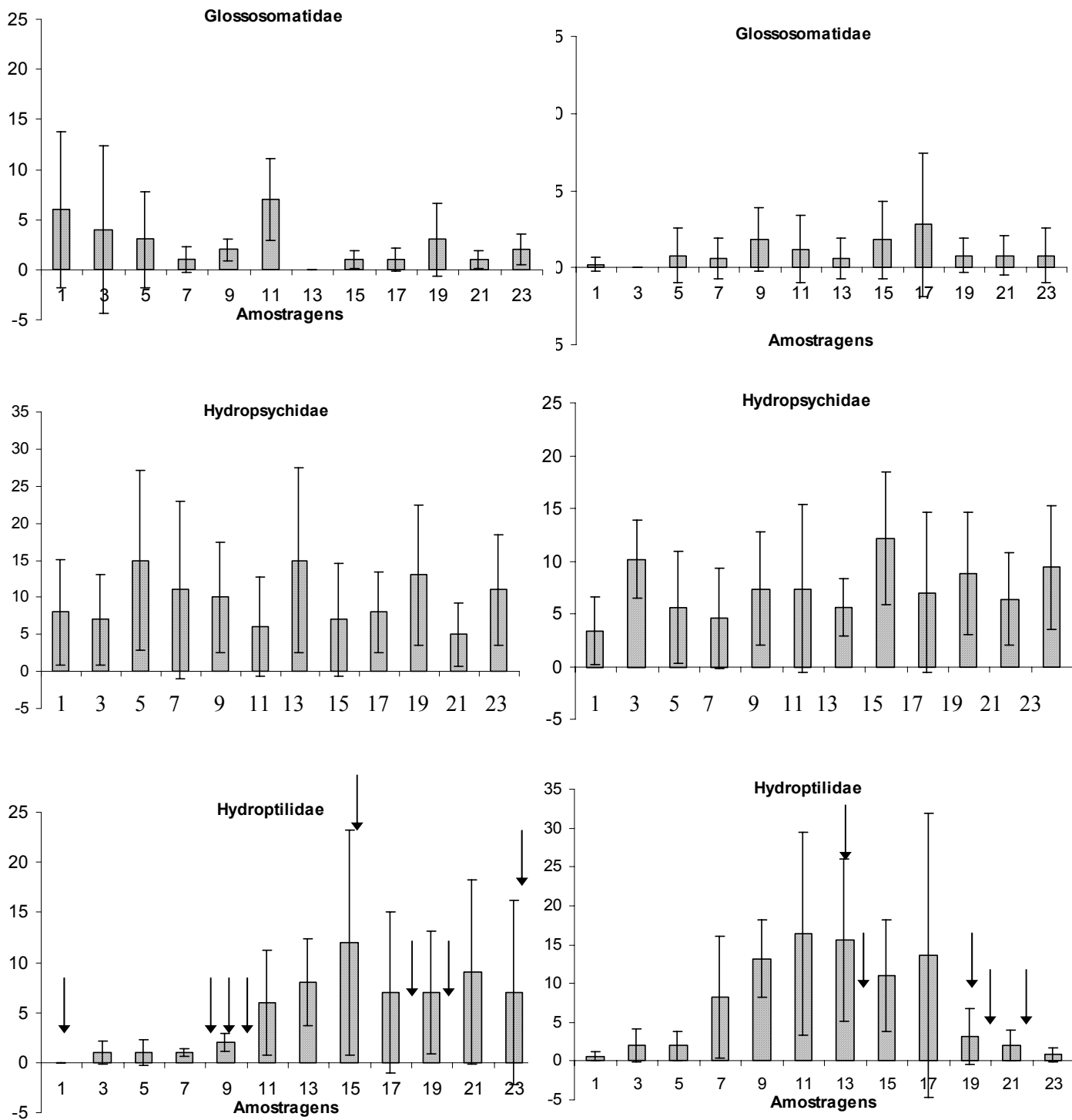


Figura 5. Abundância de 3 famílias de Trichoptera coletados no Ribeirão da Quinta durante o período de amostragem em 2004 (a esquerda) e 2005 (a direita). As barras representam as médias e desvio padrão da abundância por data de amostragem. As setas indicam os eventos de chuva ocorridos durante o período de amostragem.

CONCLUSÕES GERAIS

CONCLUSÕES GERAIS

Alterações no fluxo da correnteza em ambientes lóticos parecem afetar a estruturação dos organismos. Neste trabalho foi possível corroborar dados da literatura que mencionam que a resposta dos organismos a distúrbios hidrológicos provavelmente está associada às características das perturbações e dos organismos disponíveis para recolonização. Esta resposta às alterações em função das características morfológicas pode ser verificada pela análise dos grupos de Ephemeroptera e Trichoptera. O segundo grupo considerado na literatura como um recolonizador lento, por ser menos ágil, parece ser mais afetado pelas mudanças no fluxo, tendo oscilado notavelmente em abundância durante o período chuvoso.

De uma maneira geral, os macroinvertebrados no riacho estudado demonstraram uma rápida recuperação (cerca de 2 horas a 3 dias) frente a perturbações hidrológicas, corroborando a idéia de que as comunidades de riacho possuem em geral, uma baixa resistência e uma rápida resiliência. Porém, a resistência e resiliência estão dependentes dos atributos da perturbação (intensidade e frequência) e das características da biota.