



## O regime hidrológico do rio Ivinhema (Estado do Mato Grosso do Sul) e sua influência na assembléia zoobentônica

José Antonio Arenas-Ibarra<sup>1\*</sup>, Alice Michiyo Takeda<sup>2</sup> e Daniele Sayuri Fujita<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Biología Marina, Universidad Científica del Sur, Panamericana Sur, km 19, Lima, Peru. <sup>2</sup>Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. <sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Amajari, Roraima, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: josearenas@yahoo.com

**RESUMO.** O estudo foi realizado em diferentes ambientes da várzea do rio Ivinhema com o intuito de analisar a variação espacial e temporal da assembléia de invertebrados bentônicos, bem como sua relação com as variáveis físicas e químicas e o nível hidrométrico. Foram estudados quatro ambientes, o canal principal do rio, o canal Ipoitã, a lagoa Ventura (sem comunicação) e a lagoa dos Patos (com comunicação). As coletas foram realizadas trimestralmente de fevereiro a novembro de 2002. O sistema rio Ivinhema foi caracterizado por um regime de potamofase bimodal com intensidades moderadas e grandes amplitudes, permanecendo em potamofase 184 dias em 2001 e 67 dias em 2002. Foram observadas as variações espacial e temporal, quanto às variáveis físicas e químicas, sumarizadas em uma PCA. Dos 37 táxons registrados, Nematoda, Corbiculidae, Oligochaeta, Acari, Ostracoda e Chironomidae foram os mais abundantes, sendo as larvas de Chironomidae o táxon predominante no canal Ipoitã e na lagoa Ventura. Entretanto, a análise da estrutura da assembléia (CA) demonstrou que a assembléia bentônica do rio Ivinhema é dissimilar a das lagoas. A relação entre PCA e CA não foi significativa, indicando que no sistema Ivinhema há uma estrutura complexa e que a uniformidade espacial da densidade e temporal da assembléia bentônica deve-se à maior conectividade entre os ambientes.

**Palavras-chave:** assembléia zoobentônica, planície de inundação, pulso hidrossedimentológico, sistema Ivinhema.

### Hydrologic regime of the Ivinhema river (Mato Grosso do Sul, State) and its influence on zoobenthic assemblage

**ABSTRACT.** This study was developed in different environments of the Ivinhema river floodplain in order to analyze the spatial and temporal variation of benthic assemblages and their relationship with physical and chemical variables and water level. Samples were taken quarterly between February and November 2002 in four environments: Ivinhema main channel, Ipoitã channel, Patos lake (with direct connectivity) and Ventura lake (without connectivity). The system was characterized by a bimodal potamophase cycle with moderate intensities and large amplitudes, remaining in potamophase for 184 days in 2001 and 67 days in 2002. Physical and chemical parameters, summarized in a PCA, showed spatial and temporal variation. Moderate intensity and great width pulses were recorded. Physicochemical variables changed spatially and temporally. Nematoda, Corbiculidae, Oligochaeta, Acari, Ostracoda and Chironomidae were the most abundant taxa registered and the larvae of Chironomidae were the most predominant in the Ivinhema main channel, Ipoitã channel and Ventura lake. Total density changed between months, but the analysis of the structure of the assembly (CA) showed that the benthic assembly of the Ivinhema main channel is dissimilar to the ponds. The relationship between PCA and CA was not significant, indicating that the Ivinhema system had a complex structure and that the spatial uniformity of density and temporal uniformity of benthic assemblage is due to the greater connectivity between the sites.

**Keywords:** zoobenthic assemblage, floodplain, hydrosedimentological pulse, Ivinhema system.

### Introdução

Planícies de inundação são macrossistemas fluviais (NEIFF, 1990) de grande complexidade funcional e estrutural e elevada diversidade (NEIFF, 2001; WARD et al., 2002), sendo consideradas ecossistemas altamente produtivos (THOMAZ et al., 2003).

O funcionamento das planícies de inundação é governado pelo pulso hidrossedimentológico

(JUNK et al., 1989; NEIFF, 1990). O gradiente dos atributos do pulso hidrossedimentológico, *f* FITRAS (frequência, intensidade, tensão, recorrência, amplitude e tensão) (NEIFF, 1990, 2001), é considerado a principal função de força que regula a estrutura das assembléias biológicas nestes macrossistemas (JUNK et al., 1989; NEIFF, 1990, 2001). Nesse sentido, os pulsos influenciam as mudanças espaciais e temporais dos fatores físicos e

químicos das águas dos rios, lagoas e canais (THOMAZ et al., 2004), afetando a estrutura das assembléias biológicas residentes, entre elas a assembléia bentônica (BECHARA, 1996). Em grande parte, o efeito dos pulsos e sua intensidade estão em função da conectividade de cada ambiente (WARD et al., 2002). Assim, é possível observar zonação transversal dos fatores abióticos e na assembléia zoobêntica, com a presença gradual do aumento da sua complexidade (densidade, riqueza e nichos tróficos) desde o canal principal do rio para os canais secundários a lagoas (MARCHESE et al., 2002). O referido gradiente espacial é determinado, principalmente, pelo tipo de substrato, vazão do rio, alimento disponível, estado de modificação do ambiente terrestre e o pulso hidrossedimentológico (TAKEDA; FUJITA, 2004).

O presente trabalho teve como objetivos caracterizar o regime hidrológico do rio Ivinhema e analisar as variações espaciais e temporais das variáveis limnológicas e da assembléia zoobentônica (densidade total de organismos e estrutura da assembléia), em diferentes ambientes da várzea do rio Ivinhema, relacionando-as entre si e com o regime hidrológico, visando contribuir para melhor entendimento das planícies de inundação.

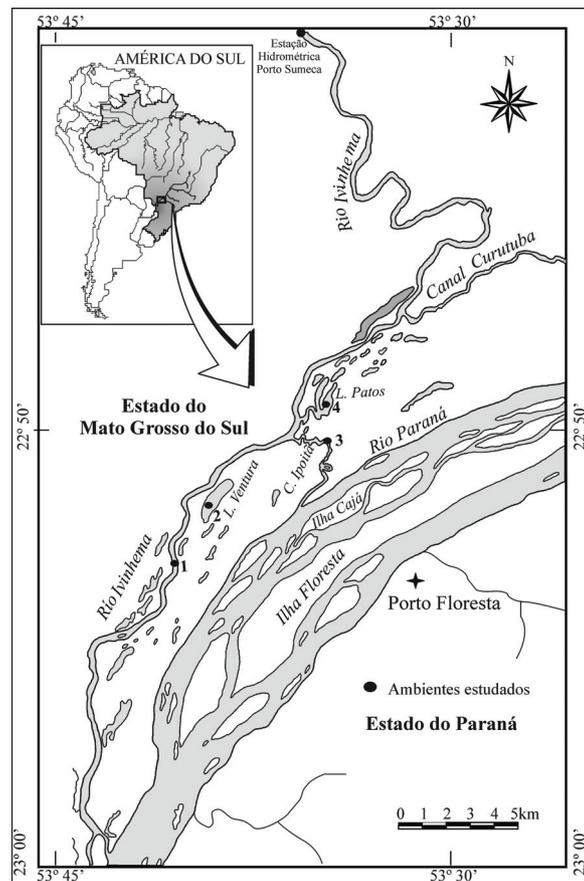
## Material e métodos

### Descrição da área de estudo.

O rio Ivinhema situa-se na região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, percorrendo-o no sentido Noroeste-sudeste. No trecho estudado, denominado de baixo Ivinhema, o rio sofre inflexão de 90°C ao atingir os depósitos da planície de inundação do rio Paraná, passando a correr paralelamente a sua calha fluvial, em sentido preferencial Nordeste – Sul – Oeste. Neste tramo, o rio Ivinhema inunda tanto as lagoas e planície de sua margem esquerda (unidade rio Paraná), como as da margem direita constituída por depósitos de planície e terraço baixo (unidades rio Paraná e Fazenda Boa vista) (SOUZA-FILHO; STEVAUX, 2004). O rio Ivinhema liga-se ao rio Paraná por três canais (Ipoitã, Ivinheminha e Boca do Ivinhema) e ao rio Baía, outro afluente do Paraná, através do canal Curutuba. Esta região está incluída no Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema e da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e várzeas do rio Paraná, sendo ademais considerada no Sítio 6 do Programa Nacional de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD-6).

### Locais de amostragem

Para o presente estudo, foram selecionados (Figura 1): 1) o canal principal do rio (22°47'59,64"S; 53°32' 21,3"W) com profundidade média de 3,9 m, que apresenta vegetação diferenciada em suas margens que vai desde vegetação herbácea até a formação de extensas áreas com mata ripária em diferentes estágios de regeneração; 2) o canal Ipoitã (22°50' 7,56"S; 53°33' 43,5"W), que liga o rio Ivinhema ao rio Paraná, de curso sinuoso e com profundidade média de 3,2 m, suas margens são compostas de vegetação arbustiva-arbórea, destacando-se a embaúva (*Cecropia pachystachya*); 3) a lagoa dos Patos (22°49'33,66"S; 53°33'9,9"W), localizada à margem esquerda do rio Ivinhema, mantém conexão direta com este através de um canal sinuoso de 8 m de largura. Apresenta uma forma de “luva”, com entradas que constituem pequenas baías e com profundidade média de 3,50 m. Sua área é de aproximadamente 113,8 ha, com comprimento de 2.065,6 m e perímetro de 14.783,8 m.



**Figura 1.** Estações de amostragem no sistema rio Ivinhema: 1-rio Ivinhema. 2-lagoa Ventura. 3-canal Ipoitã. 4-lagoa dos Patos.

Distancia-se do rio Ivinhema por 10 m, com um dique com apenas 0,5 m de altura. A totalidade da margem é composta por *Polygonum*. Morfogeneticamente é uma lagoa concatenada ou de anexação à 4) lagoa Ventura (22°51' 23,7"S; 53°36' 1,02"W), de forma alongada com profundidade média de 2,16 m, comprimento de 2.084,82 m, perímetro de 4.697,30 m e área de 89,8 ha e não tem conexão direta com o rio Ivinhema, do qual dista aproximadamente 200 m, e é separada por um dique marginal de 3 m de altura. A margem é composta por mata em uma das margens (5%) e gramíneas (95%), na outra. Morfogeneticamente é uma lagoa originada dos paleocanais que faz parte da bacia de inundação da planície do rio Paraná.

### Hidrologia e conectividade

O rio Ivinhema apresenta um regime hidrológico de caráter geralmente bimodal, com cheias nos meses de dezembro/março e agosto/setembro. Não obstante, este último período de cheia pode estar ausente ou não atingir os níveis do primeiro (SOUZA-FILHO et al., 2004a). Acima do nível de 2,0 m no hidrômetro de Porto Sumeca, o rio Ivinhema começa a influenciar as águas dos ambientes com comunicação (lagoas abertas) e com 2,5-2,75 m inunda as lagoas sem comunicação. Quando o nível atinge 4,0 m, a várzea alaga-se totalmente, ocorrendo trocas de materiais entre a várzea e os canais do sistema. As cheias na região do baixo curso do rio Ivinhema também recebem influência do regime hidrológico do rio Paraná. Assim, quando as águas deste rio atingem o nível de 4,6 m no hidrômetro de Porto São José, inicia-se o afogamento do rio Ivinhema e das lagoas de várzea com maior conectividade a este. A 6,1 m, inicia-se o alagamento da planície e a 7,0 m se alcança o nível de margens plenas naturais, observando-se fluxos ativos sobre a planície, barrando o rio Ivinhema na confluência do canal Curutuba (SOUZA-FILHO et al., 2004a). Este fato acontecia com a periodicidade de 5,6 anos (SOUZA-FILHO et al., 2004a), mas após o fechamento da barragem de Porto Primavera no rio Paraná, este evento é cada vez mais raro (SOUZA-FILHO et al., 2004b).

Desta forma, as cheias nos ambientes de várzea da margem esquerda do rio Ivinhema podem acontecer tanto pela ação individual do rio Paraná ou rio Ivinhema (40 e 28% dos casos, respectivamente), como pela ação combinada de ambos os rios (30% dos casos) (SOUZA-FILHO et al., 2004). Por este motivo, a análise do regime de potamofase e limnofase deve considerar a informação hidrológica tanto do rio Ivinhema como do rio Paraná.

### Método de coleta

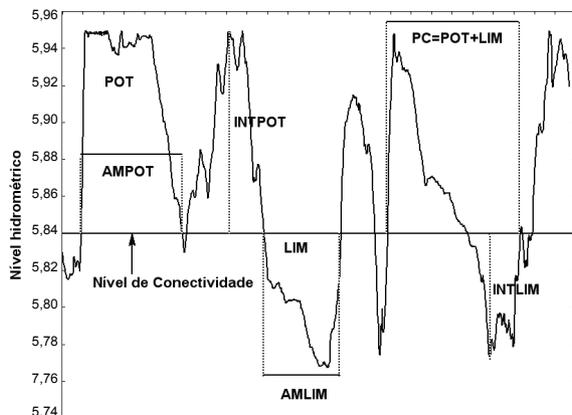
As coletas foram realizadas, trimestralmente, de fevereiro a novembro de 2002 em quatro ambientes, utilizando-se um pegador tipo Petersen modificado (0,0189 m<sup>2</sup> de área). Em cada ponto de amostragem (centro, margens direita e esquerda), foram coletadas três amostras para o estudo biológico e uma para a análise sedimentológica. O material (sedimento com animais) foi lavado em uma série de peneiras de malhas: 2,0; 1,0 e 0,2 mm. Os organismos retidos nas duas primeiras peneiras foram retirados imediatamente e fixados em álcool a 70%. O sedimento retido na última peneira foi também fixado em álcool 70%, levado para o laboratório e triado sob microscópio estereoscópico. Os espécimes encontrados foram identificados até diferentes níveis taxonômicos (Anexo 1). Para a análise granulométrica e teor de matéria orgânica, as amostras foram armazenadas a - 18°C em freezer e, posteriormente, secas em estufa à temperatura de 80°C. A composição granulométrica foi determinada de acordo com a escala de Wentworth (1922). A partir de uma amostra de 10 g de sedimento, determinou-se teor de matéria orgânica por meio de incineração em mufla a 560°C, por aproximadamente 4h. Os dados físico-químicos da água (temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, transparência e condutividade) foram fornecidos pela equipe do Laboratório de Limnologia do Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aquicultura - Nupélia da Universidade Estadual de Maringá. Os dados hidrométricos da estação de Porto Sumeca (rio Ivinhema) e Porto São José (rio Paraná) foram disponibilizados por Itaipu Binacional.

### Análise de dados

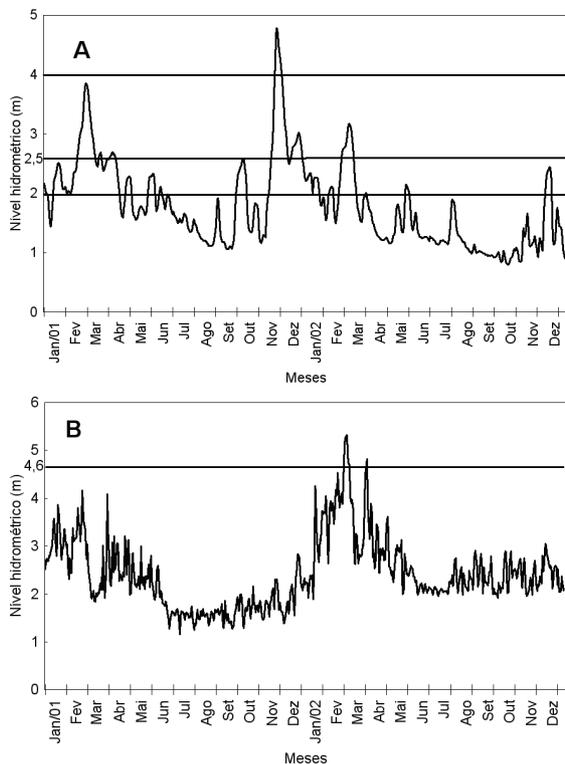
Considerando que a ação do regime hidrológico sobre as assembléias biológicas é sequencial acumulativa, foram analisados os dados hidrométricos dos anos hidrológicos 2001-2002 (novembro-outubro 2000-2001 e 2001-2002, respectivamente) mediante os atributos da *f* FITRAS (NEIFF, 1990) (Figura 2), obtidos com o programa PULSO (NEIFF; NEIFF, 2003).

O índice de elasticidade proposto por Neiff (2001) foi modificado para obter a componente vertical da elasticidade (intensidade potamofase/intensidade de limnofase) que mede o quanto a "lâmina de água" da planície oscilou verticalmente. Também foi considerado o índice de conectividade fluvial (Amplitude potamofase/Amplitude limnofase) (NEIFF; POI DE NEIFF, 2003) que mede o quanto foi intensa a conectividade no período considerado. Adicionalmente, foi calculado o coeficiente de variabilidade anual (C.V.) das médias de cota e a média

anual dos C.V. dos registros diários (7, 12, 19 e 24h). Foi considerado, como nível limite entre potamofase e limnofase, a cota de 2,0 m no rio Ivinhema (SOUZA-FILHO et al., 2004a); no entanto os níveis de 2,5 e 4,0 m. são apresentados graficamente (Figura 3). No caso do rio Paraná, avaliou-se a ocorrência do nível de 4,6 m, o qual influencia os ambientes em estudo.



**Figura 2.** Atributos do pulso hidrossedimentológico (f FITRAS) considerados. POT: Potamofase, LIM: Limnofase, PC: Pulso completo, AMPOT: Amplitude de potamofase, AMLIM: Amplitude de limnofase, INT POT: Intensidade de potamofase, INT LIM: Intensidade de limnofase.



**Figura 3.** A - Nível hidrométrico do rio Ivinhema e níveis de conectividade, na estação hidrométrica de Porto Sumeca nos anos 2001-2002, B - Nível hidrométrico do rio Paraná e nível de conectividade de 4,6 m na estação hidrométrica de Porto São José nos anos 2001-2002.

Os dados físicos, químicos, granulométricos e o teor de matéria orgânica foram analisados com Análise de Componentes Principais (PCA). Como os escores dos eixos significativos, selecionados, segundo o critério de Broken-Stick (JACKSON, 1995), não atingiram o pressuposto de homocedasticidade, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) unifatorial não-paramétrica de modelos nulos, considerando estações e meses como fatores de variabilidade. O programa Multivminor 2.6 (PILLAR, 2006) transformou os valores dos escores obtidos para cada grupo de unidades amostrais por meio de uma medida de distância (distância Euclidiana). Sobre essa matriz, foi aplicada a análise de variância de modelos nulos (5.000 randomizações). Para determinar as estações e os meses significativamente diferentes para cada sistema estudado foi considerado o teste de Scheffé de comparações múltiplas. A densidade total de organismos e a estrutura da assembléia, representada pelos eixos significativos ( $\lambda > 0,20$ ; JOHNSON, 1998) de uma análise de correspondências (CA) também foram analisadas. Na CA, foram selecionados os táxons com mais de uma ocorrência sendo confeccionada uma matriz de presença-ausência. Escolheu-se este procedimento porque, diferente de outras técnicas de ordenação, não é afetada por dados de não-ocorrência (zero) (GAUCH, 1982). Diferenças significativas na densidade total de organismos ( $\text{Log}_{10+1}$ ) foram testadas com análise de variância (ANOVA) fatorial, considerando os ambientes e os meses de coleta como fatores. Posteriormente, foi realizado o teste de Tukey de comparações múltiplas, visando identificar os ambientes e meses de coleta significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). No caso dos eixos significativos da CA, foi realizado o mesmo procedimento utilizado para os dados limnológicos, por não atender aos pressupostos de homocedasticidade. Para avaliar a relação entre as variáveis ambientais e a assembléia de invertebrados bentônicos, foi realizada uma análise Procrust de randomização com os escores dos eixos significativos da PCA e CA (Protest, JACKSON, 1995). O teste compara as matrizes usando um algoritmo rotacional de ajuste que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos entre as duas matrizes. Os resíduos entre os valores originais e a melhor solução encontrada são calculados para cada observação, identificando os pontos discordantes. O resultante  $m^2$  descreve o grau de concordância entre as duas matrizes. Para testar a significância de  $m^2$  foi realizado um teste não-paramétrico com 10.000 randomizações.

## Resultados

O sistema rio Ivinhema foi caracterizado por um regime de potamofases bimodal com intensidades

moderadas e grandes amplitudes. Assim, em 2001, registrou-se um longo período de potamofases de janeiro-abril com intensidade e amplitude máximas de 3,85 m e 68 dias e pequenos eventos de potamofase em junho (média de 2,22 m e sete dias) e setembro (2,59 m e 15 dias), para retomar as suas maiores intensidades e amplitudes em novembro-janeiro de 2002 (62 dias e 4,78 m) (Figura 3A). O ano hidrológico de 2002 começou com ampla potamofase iniciada em 11/11/2001, estendendo até o mês de março, com intensidades e amplitudes máximas em fevereiro-março (3,18 m e 25 dias).

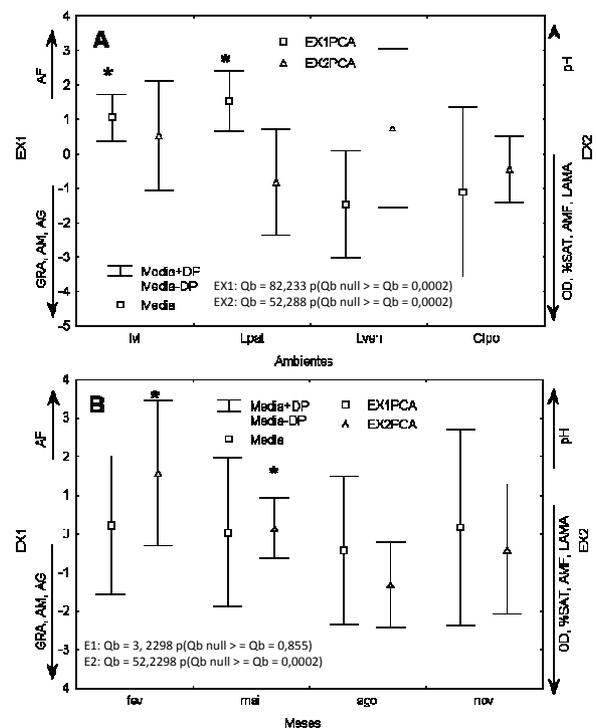
Em 2002, semelhante com o que foi observado em 2001, houve bimodalidade com pequenos pulsos entre a última quinzena de maio e junho (Figura 3A). As maiores intensidades e amplitudes (Tabela 1) foram observadas em março-abril (3,85 m e 68 dias) e fevereiro-março (5,32 m e 27 dias), respectivamente para 2001 e 2002. No total, o sistema permaneceu em potamofase 184 dias (janeiro-junho e novembro-dezembro) em 2001 e 67 dias (janeiro-março, maio-junho e dezembro), em 2002, enquanto que as limnofases tiveram amplitude de 181 dias e 298 dias, respectivamente. As intensidades máximas de potamofase foram 4,83 e 3,18 m e as de limnofase 1,06 e 0,92 m para cada um dos anos considerados.

**Tabela 1.** Atributos da *f* FITRAS medidos no rio Ivinhema (Porto Sumeca – rio Ivinhema) nos anos 2001-2002.

	2001	2002
Amplitude total de potamofase	184	67
Amplitude total de limnofase	181	298
Índice de conectividade fluvial	1,01	0,22
Amplitude média de potamofase	20,3	11,0
Amplitude média de limnofase	22,65	49,66
Intensidade de potamofase	4,78	3,18
Intensidade de limnofase	1,06	0,92
Índice de elasticidade	4,50	3,45
Número de pulsos completos	8	6
Coefficiente de variabilidade das médias diárias	35,4%	31,8%
Coefficiente de variabilidade dos registros diários	0,7%	0,7%

No referente ao número de pulsos completos (potamofase + limnofase), foram observados oito em 2001 e seis em 2002. A amplitude média de potamofases foi de 20,3 dias em 2001 e 11 dias em 2002; no caso das limnofases, a amplitude média foi de 22,65 e 49,66 dias, respectivamente. O índice de elasticidade variou entre 4,5 em 2001 e 3,18 em 2002 e o índice de conectividade fluvial entre 1,01 e 0,22. O C.V. das médias de cota foi 35,4 (2001) e 31,8% (2002) tanto que a média do C.V. dos registros diários foi 0,7% para ambos os anos (Tabela 1). O nível de conectividade entre os rios Paraná e Ivinhema (4,6 m) foi atingido por somente nove dias em fevereiro de 2002, tempo considerado insuficiente para modificar o padrão imposto pelo rio Ivinhema (Figura 3B).

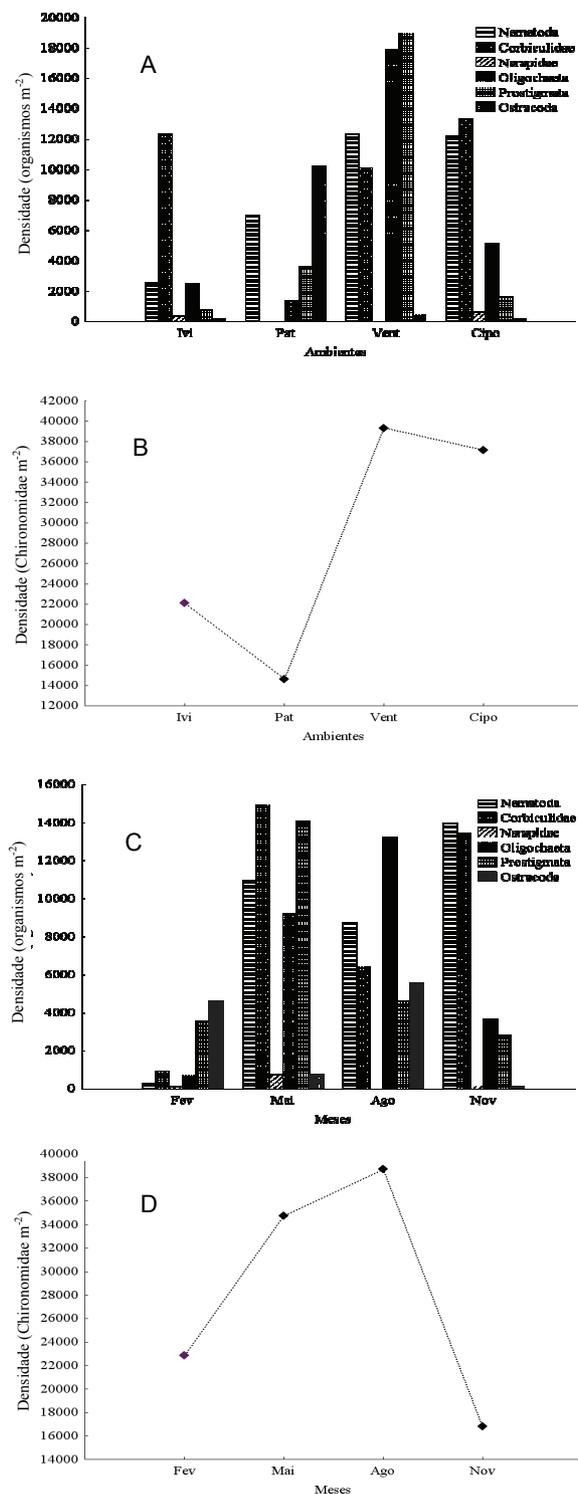
A respeito da análise dos fatores limnológicos, os dois primeiros eixos da PCA foram significativos, acumulando 46,1% da variabilidade total. As variáveis que apresentaram maior correlação com o eixo 1 foram grânulos, areia média, areia grossa e areia fina. No eixo 2, as variáveis que mais contribuíram para variabilidade foram pH, oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação, areia muito fina e lama. Independência entre os ambientes foi observada em relação às variáveis retidas no eixo 1 ( $Q_b = 82,233$ ,  $p(Q_b \text{ null} \geq Q_b) = 0,0002$ , Scheffé,  $p < 0,05$ ) e similares no eixo 2 (Figura 4A). Quanto ao fator meses, somente o eixo 2 foi significativo ( $Q_b = 52,288$ ,  $p(Q_b \text{ null} \geq Q_b) = 0,0002$ ), apresentando diferenças entre fevereiro (potamofase) e os outros meses considerados (Scheffé,  $p < 0,05$ ) (Figura 4B).



**Figura 4.** Análise de componentes principais das variáveis físicas e químicas no sistema Ivinhema (A) por ambientes (B) por meses. \*Médias significativamente diferentes. Ivi (rio Ivinhema), Lpat (lagoa dos Patos), Lven (lagoa Ventura), Cipo (canal Ipoitã). fev (fevereiro), mai (maio), ago (agosto), nov (novembro). GRA. (grânulos), AM (areia média), AG (areia grossa), AF (areia fina), O.D. (oxigênio dissolvido), % SAT (porcentagem de saturação), AMF (areia muito fina).

Foram encontrados 5.338 indivíduos pertencentes a 37 táxons (Anexo 1), com maiores densidades registrados para Nematoda, Corbiculidae, Oligochaeta, Prostigmata, Ostracoda e Chironomidae (Figuras 5A e B), sendo este último o grupo dominante. As larvas de Chironomidae foram mais abundantes na lagoa Ventura e no canal Ipoitã (Figura 5B). Nos outros ambientes, a representatividade de cada táxon seguiu um padrão

diferenciado para cada um deles (Figura 5A). De modo geral, as densidades de todos os organismos aumentaram depois do período de potamofase, diminuindo em novembro (Figuras 5C e D).



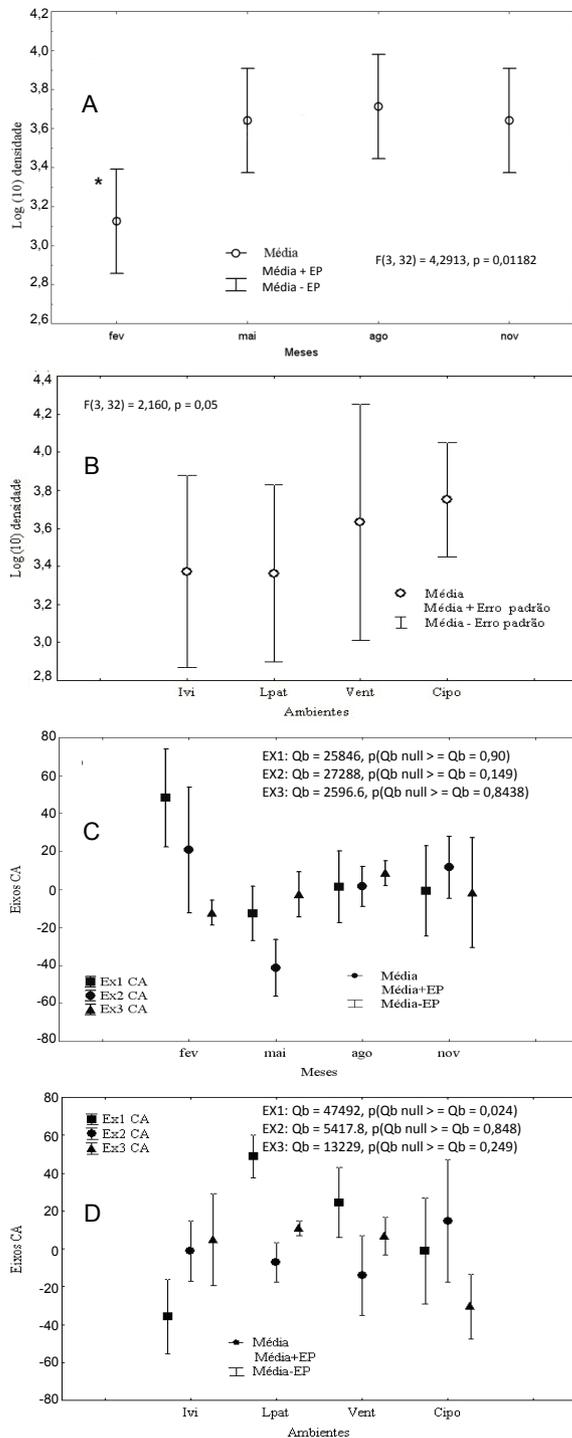
**Figura 5.** Variação dos táxons mais abundantes no sistema Ivinhema em relação aos ambientes (A e B) e aos meses de coleta (C e D). Ivi (Ivinhema), Lpat (Lagoa dos Patos), Lven (lagoa Ventura), Cipo (canal Ipoitã).

A densidade total de organismos teve as menores densidades ( $F(3,30) = 16,976$   $p < 0,01$ , Tukey,  $p < 0,01$  em todos os casos) em fevereiro (potamofase) (Figura 6A) mas não evidenciou variação estatisticamente significativa entre os ambientes ( $p > 0,05$ ) (Figura 6B). Na CA, os eixos 1, 2 e 3 foram significativos ( $\lambda > 0,20$ ), e o fator meses não teve diferenças entre seus níveis (Figura 6C) e somente o eixo 1 evidenciou diferenças estatísticas entre os ambientes ( $Q_b = 47492$ ,  $p(Q_b \text{ null} \geq Q_b) = 0,024$ ), sendo o rio Ivinhema o grupo divergente (Sheffé,  $p < 0,05$ ) (Figura 6D). A correlação escore das variáveis físicas e químicas e da estrutura da comunidade selecionados nos dois primeiros eixos de PCA e CA não foi significativa ( $SQR = 1,680$ ;  $m^2 = 0,9616$ ;  $p = 0,2986$ ).

## Discussão

Em macrossistemas fluviais, os pulsos hidrossedimentológicos agem como fator de distúrbio, removendo os organismos e disponibilizando novos espaços e recursos (HILDREW; GILLER, 1994; MALMQVIST, 2002; LEPORI; HJERDT, 2006). A intensidade do distúrbio está em função da frequência, intensidade, tensão, regularidade, amplitude e sazonalidade dos “pulsos” ( $f$  FITRAS) (NEIFF, 2001), da conectividade (PRINGLE, 2003) e, em geral, da dinâmica fluvial (WARD et al., 2002). A interação destes atributos, bem como a alternância entre potamofase e limnofase, determina diversos efeitos sobre a estrutura da assembléia de invertebrados bentônicos (POFF; WARD, 1989; NEIFF, 2001; EZCURRA et al., 2007) e sobre os ecossistemas da planície de inundação, conferindo-lhes alta diversidade espacial e temporal (AMOROS; BORNETTE, 2002).

No caso do sistema do rio Ivinhema, a análise do regime hidrológico revelou características marcadamente particulares. Neste caso, deve-se considerar que este sistema possui grande número de lagoas com comunicação em sua várzea. Deste modo, o “*umbral de estimulación*” (NEIFF, 1990) dos organismos destes ambientes, ou seja, a sua resposta à potamofase inicia-se com o fluxo na direção rio-lagoa a 2,0 m no hidrômetro de Porto Sumeca (SOUZA-FILHO et al., 2004a), sendo característico deste sistema que a várzea comece o seu alagamento com o incremento da área das lagoas com comunicação e não por transbordamento de dique marginal. Este alagamento é facilitado pelo fato da maioria das lagoas da margem esquerda ser anexada, ou concatenada, e a existência de numerosos paleocanais de ligação.



**Figura 6.** Análise de variância no sistema Ivinhema. A: Variação da densidade de organismos com os meses. B: Variação da densidade de organismos nos ambientes. C: Variação dos escores da CA nos ambientes; \*: ambientes e meses significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) segundo teste de Tukey e Schefé, respectivamente. Ivi (Ivinhema), Lpat (Lagoa dos Patos), Lven (lagoa Ventura), Clpo (canal Ipoitã).

As lagoas da margem direita têm dinâmica mais complexa ligada a tributários, mas não será abordada por não serem consideradas no presente estudo.

Assim, grandes intensidades e amplitude de potamofases foram observadas no ano de 2001 (maiores de 4,0 m), no entanto, em 2002, as amplitudes, as intensidades e o número de pulsos completos foram menores. Os índices de conectividade fluvial e de elasticidade refletiram bem as diferenças entre os dois anos, mostrando-se úteis e complementares.

As altas amplitudes e intensidades de potamofases observadas parecem conferir ao sistema rio Ivinhema grande homogeneidade espacial nas suas características limnológicas. Deste modo, ainda que sejam observadas diferenças nas características físicas e químicas dos ambientes, estas são mais relacionadas às características do sedimento, que é um indicador menos efêmero, do que as variáveis relacionadas à qualidade de água e que respondem fundamentalmente à condição de fluxo, conectividade e a processos locais de formação e evolução de cada ambiente (PAIRA; DRAGO, 2006). O incremento dos valores de pH e a diminuição de oxigênio no período mais intenso da potamofase (fevereiro-março) foi provavelmente, consequência da entrada das águas do rio Ivinhema, aumento da área das lagoas e modificação dos limites da chamada ATTZ (área de transição aquático-terrestre, JUNK et al., 1989), com conseqüente e posterior processo de decomposição de matéria orgânica. Sobre este evento, em particular, Thomaz et al. (2003) mencionam a liberação de N-amoniacoal e queda dos valores de oxigênio dissolvido como um padrão generalizado em rios de planícies da América do Sul.

Especialmente, a assembléia zoobêntica também esteve distribuída homogeneamente. Assim, a densidade total de organismos não apresentou diferenças significativas entre os ambientes. Este padrão é diferente ao observado no rio Paraná (TAKEDA et al., 1997) e em outros rios da América do Sul onde são observados grandes diferenças na densidade entre os diferentes ambientes da planície (DRAGO et al., 2003; EZCURRA et al., 2004). As larvas de Chironomidae formaram o grupo mais abundante, porém sua importância relativa na densidade total foi menor do que é, geralmente, observada no rio Paraná (HIGUTI, 2004). As densidades deste grupo foram maiores em ambientes lênticos ou de fluxo moderado, como na lagoa Ventura e no canal Ipoitã como reportado por Rosin e Takeda (2007) e Rosin et al. (2010). Este padrão é diferente ao observado no sistema Paraná onde as maiores densidades deste táxon estão na calha principal (HIGUTI, 2004; TAKEDA; FUJITA, 2004). No caso da estrutura da assembléia (CA), esta mostrou que a fauna bentônica do rio

Ivinhema é dissimilar a das lagoas. Isto se deve, provavelmente, pela presença conspícua de macrófitas aquáticas nas lagoas, que incrementa a contribuição de Cladocera e Ostracoda (LANSAC-TÔHA et al., 2003), para contribuir decididamente à densidade total de organismos e à riqueza destes ambientes. Esta homogeneidade espacial pode estar relacionada, como no caso das variáveis físicas e químicas, a grande conectividade entre os ambientes como consequência dos altos valores da *f*FITRAS nos anos 2001-2002.

A respeito da variação temporal, as maiores diferenças foram observadas na densidade, cujos menores valores foram registrados em fevereiro (potamofase). Pelo regime hidrológico do rio Ivinhema ser bimodal, observou-se nova diminuição da densidade, no mês de novembro de 2002, como resposta à potamofase deste mês. Chironomidae teve alta influência sobre o padrão de variação da densidade total de organismos, observando-se certa dinâmica diferente deste grupo com Nematoda e Corbiculidae, os quais embora também tenham densidades baixas na potamofase (fevereiro), aumentam suas densidades progressivamente atingindo seu máximo em novembro (segundo período de potamofase), no entanto Chironomidae diminuiu sua densidade neste mês. A baixa correlação entre os fatores abióticos e bióticos indica uma estrutura complexa e que a uniformidade temporal do sistema Ivinhema, foi pela alta conectividade entre seus ambientes, embora cada um deles possa ser considerado único em relação à assembléia bêntica.

As principais variações no componente biótico e abiótico estiveram relacionadas à alternância de potamofases, de grandes amplitudes e intensidades e limnofases, observando-se grande conectividade e elasticidade. Estas condições promovem a homogeneização em macrossistemas fluviais incrementando a similaridade nas comunidades e variáveis limnológicas (THOMAZ et al., 2007). Este padrão geral observou-se em certa medida no sistema Ivinhema. No entanto, aspectos derivados da geomorfologia (tipo de ambiente, granulometria, presença de macrófitas) conferem singularidade à comunidade bentônica e variáveis físicas e químicas. Assim o efeito do regime de pulsos manifestou-se principalmente no tempo (fases) e em menor medida no espaço (ambientes).

### Conclusão

A análise da estrutura da assembléia (CA) demonstrou que a assembléia bentônica do rio Ivinhema é dissimilar a das lagoas. A relação entre

PCA e CA não foi significativa, indicando que no sistema Ivinhema há uma estrutura complexa e que a uniformidade espacial da densidade e temporal da assembléia bentônica deve-se à maior conectividade entre os ambientes

### Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos ao Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD/CNPq Site 6), pelo apoio logístico nas pesquisas e à Secretaria de Medio Ambiente do Estado de Mato Grosso do Sul (SEMA-MS) e ao pessoal do Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema, pela permissão para a coleta do material biológico. As pesquisas descritas neste artigo foram desenvolvidas como parte do Mestrado em Ciências Ambientais do PEA-UEM (Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná), por José Antonio Arenas Ibarra, cuja bolsa de estudos foi fornecida pelo convênio PEC-PG/DCE-MRE-CNPq-Capes.

### Referências

- AMOROS, C.; BORNETTE, G. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. **Freshwater Biology**, v. 47, n. 4, p. 761-776, 2002.
- BECHARA, J. The relative importance of water quality, sediment composition and floating vegetation in explaining the macrobenthic community structure of floodplain lakes (Paraná river, Argentina). **Hydrobiologia**, v. 333, n. 2, p. 95-109, 1996.
- DRAGO, E.; EZCURRA, D. I.; OLIVEIROS, O. B.; PAIRA, A. R. Aquatic habitats, fish and invertebrate assemblages of the middle Paraná river. **Amazoniana**, v.17, n. 3-4, p. 291-341, 2003.
- EZCURRA, D. I.; MARCHESI, M.; WANTZEN, K. M. Spatial patterns in benthic invertebrate community structure along the Lower Paraguay Floodplain System. **Archiv fur Hydrobiologie**, v. 160, n. 3, p. 347-374, 2004.
- EZCURRA, D. I.; MARCHESI, M.; MONTALTO, L. Benthic invertebrates. In: IRIONDO, M. H.; PAGGI, J. C.; PARMA, M. J. (Ed.): **The middle Paraná river. limnology of a subtropical wetland**. Berlin: Springer, 2007. p. 251-276.
- GAUCH, H. G. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- HIGUTI, J. Composition, abundance and habitats of benthic chironomid larvae. In: THOMAZ, S. M.; HAHN, N. S.; AGOSTINHO, A. A. (Ed.). **The upper Paraná river floodplain physical aspects, ecology and conservation**. Netherlands: Backhuys publishers, 2004. p. 209-221.
- HILDREW, A. G.; GILLER, P. S. Patchiness, species interaction and disturbance in the stream benthos. In: GILLER, P. S.; HILDREW, A. G.; RAFFAELLI, D. G. (Ed.). **Aquatic ecology scale and processes**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1994. p. 21-62.

- JACKSON, D. Protest: A Procrustean randomization test of community environment concordance. **Ecoscience**, v. 2, n. 3, p. 297-303, 1995.
- JHONSON, E. **Applied multivariate methods for data analyses**. Kansas: Duxbury press, 1998.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. The flood pulse concept in river flood plain systems. In: DODGE, D. P. (Ed.). **Proceedings of the International Large river Symposium (LARS)**. Honey Harbour: Department of Fisheries and Ocean, 1989. p. 110-127. (Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science, v. 106).
- LANSAC-TÔHA, F. A.; MACHADO, V. L. P.; BONECKER, C. C. Influência de macrófitas aquáticas sobre a estrutura da comunidade zooplânctônica. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Eduem, 2003. p. 231-243.
- LEPORI, F.; HJERDT, N. Disturbance and aquatic biodiversity: reconciling contrasting views. **BioScience**, v. 56, n. 10, p. 809-818, 2006.
- MALMQVIST, B. Aquatic invertebrates in riverine landscapes. **Freshwater Biology**, v. 47, n. 4, p. 679-694, 2002.
- MARCHESE, M.; EZCURRA, D. I.; DRAGO, E. Benthic macroinvertebrate and physical habitat relationships in the Paraná river-floodplain system. In: MCCLAIN, M. (Ed.). **The ecohydrology of South American rivers and wetlands**. Miami: Special Publication, 2002, p. 111-131. (International Association of Hydrological Sciences, n. 6).
- NEIFF, J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. **Interciencia**, v. 15, n. 16, p. 424-441, 1990.
- NEIFF, J. J. Biodiversity in some tropical wetlands systems of South America. In: GOPAL, B.; JUNK, W. J.; DAVIS, J. A. (Ed.). **Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation**. The Netherlands: Backhuys publishers, 2001. p. 119-139.
- NEIFF, J. J.; NEIFF, M. **Pulso Software para análisis de fenómenos recurrentes**. Version 1.1.1. Buenos Aires: Dirección Nacional de Derecho de autor n. 236164, 2003. Disponível em: <<http://www.neiff.com.ar>>. Acesso em: 3 fev. 2008.
- NEIFF, J. J.; POI DE NEIFF, A. Connectivity processes as a basis for management of aquatic plants. In: THOMAZ, S. M.; BINI, M. (Ed.). **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: Eduem, 2003. p. 39-58.
- PAIRA, A.; DRAGO, E. Genetical, morphological and evolutionary relationships of the floodplain lakes in the middle Paraná river hydrosystem. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 145, suppl., p. 207-228, 2006.
- PILLAR, V. D. P. **Multiminor multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling version 2.4 for Macintosh and Windows**. Porto Alegre: UFRGS, 2006.
- PRINGLE, C. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important? **Hydrological Process**, v. 17, n. 13, p. 2685-2689, 2003.
- POFF, N. L.; WARD, J. V. Implications of stream flow variability and predictability for lotic community structure: a regional analysis of stream flow patterns. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 46, n. 10, p. 1805-1817, 1989.
- ROSIN, G. C.; TAKEDA, A. M. Larvas de Chironomidae (Diptera) da planície de inundação do alto rio Paraná: distribuição e composição em diferentes períodos hidrológicos. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 57-63, 2007.
- ROSIN, G. C.; OLIVEIRA-MANGAROTTI, D. P.; TAKEDA, A. M. Chironomidae (Diptera) community structure in two subsystems with different states of conservation in a floodplain of southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 3, p. 276-286, 2010.
- SOUZA-FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. Geology and geomorphology of the Baía-Curutuba-Ivinhema river complex In: THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **The upper Paraná river floodplain physical aspects, ecology and conservation**. The Netherlands: Backhuys publishers, 2004. p. 1-29.
- SOUZA-FILHO, E. E.; COMUNELLO, E.; ROCHA, P. C. Flood Extension in the Baía-Curutuba-Ivinhema Complex of the Parana river floodplain. In: AGOSTINHO, A. A.; RODRIGUES, L.; GOMES, L. C.; THOMAZ, S. M.; MIRANDA, L. E. (Org.). **Structure and functioning of the Paraná river and its floodplain**. Maringá: Eduem, 2004a. p. 19-24.
- SOUZA-FILHO, E. E.; ROCHA, P. C.; COMUNELLO, E.; STEVAUX, J. C. Effects of the Porto Primavera Dam on physical environment of the downstream floodplain. In: THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **The Upper Paraná river floodplain physical aspects, ecology and conservation**. The Netherlands: Backhuys publishers, 2004b. p. 55-74.
- TAKEDA, A. M.; FUJITA, D. S. Benthic invertebrates In: THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **The upper Paraná river floodplain physical aspects, ecology and conservation**. The Netherlands: Backhuys publishers, 2004. p. 191-208.
- TAKEDA, A. M.; SHIMIZU, G.; HIGUTI, J. Variações espaço-temporais da comunidade zoobêntica In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, químicos, biológicos e sócio-econômicos**. Maringá: Eduem, 1997. p. 157-177.
- THOMAZ, S. M.; PAGIORO, T.; PADIAL, A.; CARVALHO, P. Decomposição das macrófitas aquáticas e sua relação com o pulso de inundação In: HENRY, R. (Ed.). **Ecotonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Paulo: USP/Botucatu, 2003. p. 195-211.
- THOMAZ, S. M.; PAGIORO, T. A.; BINI, L. M.; ROBERTO, M. C.; ROCHA, R. R. A. Limnological characterization of the aquatic environments and the influence of hydrometric levels. In: THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **The upper**

**Paraná river floodplain physical aspects, ecology and conservation.** The Netherlands: Backhuys publishers, 2004. p. 75-102.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; BOZELLI, R. L. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems **Hydrobiologia**, v. 579, n. 1, p. 1-13, 2007.

WARD, J. V.; TOCKNER, K.; ARSCOTT, B.; CLARET, C. Riverine landscape diversity. **Freshwater Biology**, v. 47, n. 4, p. 517-539, 2002.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, n. 5, p. 377-392, 1922.

*Received on March 4, 2009.*

*Accepted on February 9, 2010.*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## ANEXO

Invertebrados bênticos coletados na planície de inundação do alto rio Paraná, sistema Ivinhema no ano 2002. (+) presente e (-) ausente. IVI: rio Ivinhema. CIPO: canal Ipoitã. LPAT: lagoa dos Patos. LVEN: lagoa Ventura.

	IVI	CIPO	LPAT	LVEN
Nematoda	+	+	+	+
Oligochaeta	+	+	+	+
<i>Narapa bonettoi</i>	+	+	+	-
Hirudinea	-	+	-	+
Thiaridae	-	+	-	+
Corbiculidae	+	+	-	+
Mytilidae	-	+	-	-
Hydracarina	+	+	+	+
Cladocera	+	+	+	+
Ostracoda	+	+	+	+
Calanoida	+	+	+	+
Cyclopoida	+	+	+	+
Entomobryidae	+	+	+	+
Sminthuridae	-	-	-	+
Polymitarcyidae	+	+	+	+
Leptohyphidae	+	+	-	+
Baetidae	-	+	-	+
Gomphidae	+	+	-	+
Coenagrionidae	-	+	-	-
Hydropsychidae	+	+	-	-
Polycentropodidae	+	+	-	-
Hydroptilidae	-	+	-	-
Dytiscidae	+	-	-	+
Hydrophilidae	+	-	-	-
Elmidae	+	+	-	+
Ceratopogonidae	+	+	+	+
Chaoboridae	-	-	+	-
Chironomidae	+	+	+	+
Culicidae	+	-	-	-