

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

ELIEZER DE OLIVEIRA DA CONCEIÇÃO

**Pulsos de inundação controlam a variabilidade e persistência da comunidade de Ostracoda (Crustacea)? Estudo de longa duração em um ambiente lântico de planície tropical**

Maringá  
2017

ELIEZER DE OLIVEIRA DA CONCEIÇÃO

**Pulsos de inundação controlam a variabilidade e persistência da comunidade de Ostracoda (Crustacea)? Estudo de longa duração em um ambiente lântico de planície tropical**

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

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Janet Higuti

Maringá  
2017

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

C744p Conceição, Eliezer de Oliveira da, 1991-  
Pulsos de inundação controlam a variabilidade e persistência da comunidade de Ostracoda (Crustacea)? Estudo de longa duração em um ambiente lântico de planície tropical / Eliezer de Oliveira da Conceição. -- Maringá, 2017.  
37 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2017.  
Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Janet Híguti.

1. Ostracoda (Crustacea) - Comunidades, Ecologia de - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Ostracoda (Crustacea) - Influência do "El Niño" - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 3. Microcrustáceos de água doce - Variação temporal - Planície de inundação - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -595.33178209816  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

ELIEZER DE OLIVEIRA DA CONCEIÇÃO

**Pulsos de inundação controlam a variabilidade e persistência da comunidade de Ostracoda (Crustacea)? Estudo de longa duração em um ambiente lântico de planície tropical**

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

COMISSÃO JULGADORA

Dr.<sup>a</sup> Janet Higuti (Presidente)  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof. Dr. Ricardo Lourenço Pinto  
Universidade de Brasília (UnB)

Dr. Luiz Felipe Machado Velho  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovado em: 28 de março de 2017.

Local de defesa: Anfiteatro do bloco H90, Nupélia, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico esta dissertação,  
com muito amor, a todos  
os professores que me  
serviram de inspiração  
para seguir nesse caminho.

## AGRADECIMENTOS

À minha família, base de tudo, pela luta e dedicação em me criar e educar. Principalmente, à minha mãe Luzia que sempre me apoio a continuar lutando por aquilo que eu almejava.

Ao meu pai Elilton, meu irmão Elielton e minha cunhada Raphaela pelos momentos importantes da vida e ao amor que me dão.

Às minhas preciosas sobrinhas Maria Eduarda e Ana Luiza que me enchem de alegria e garra para lutar por um mundo melhor para se viver.

Ao Anderson por compartilhar essa caminhada comigo, pela paciência, dando conselhos, sugestões e broncas, sou muito grato.

Às amigadas construídas na graduação e que permanecerão pelo resto da vida, Adelive, Mariana, Tânia, Graciela, Tayenne e Joyce, não sei o que eu faria sem os momentos diários de descontração com vocês, amo todas.

À minha orientadora Janet Higuti que aceitou esse “desafio” de me orientar. Com toda certeza sua orientação deixou esse trabalho mais primoroso.

Aos atuais companheiros de laboratório Márian e Ramiro que permaneceram firme e forte durante as coletas, triagens, contagens e escrita dos trabalhos. Formamos uma bela equipe. Márian em especial pelos sorrisos que só nos entendemos.

Aos antigos integrantes do laboratório, Bárbara, Juliana, Letícia e Gabriel que me ensinaram muitas coisas durante suas permanências.

Aos amigos que o mestrado me deu, principalmente a Lívia, Lorena e Tatiane e Andrew, tenho muita sorte em ter vocês em minha vida.

Aos membros da banca examinadora, pela dedicação a leitura e contribuição com esta dissertação.

Aos professores Roger Paulo Mormul e Luiz Carlos Gomes pela assistência estatística, sou imensamente grato.

Aos professores, técnicos e funcionários do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA-UEM) e do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) por serem solícitos a todos meus pedidos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Processo nº 520026/1998-5 e nº 558118/2009-7), pela bolsa concedida e a Fundação Araucária/CNPq (Convênio nº 232/10) pelo apoio financeiro no desenvolvimento do projeto.

Por vezes sentimos que  
aquilo que fazemos não é  
senão uma gota de água no  
mar. Mas o mar seria menor  
se lhe faltasse uma gota.  
(MADRE TERESA DE CALCUTA)



# **Pulsos de inundação controlam a variabilidade e persistência da comunidade de Ostracoda (Crustacea)? Estudo de longa duração em um ambiente lântico de planície tropical**

## **RESUMO**

Grandes rios em regiões tropicais têm marcante variação dos fatores abióticos devido a ocorrência dos pulsos de inundação. Barramentos e eventos naturais controlam a intensidade e duração desses pulsos. A hipótese testada foi que a comunidade de Ostracoda é persistente a pulsos regulares e mais variável em extrema cheia. Assim, os ostrácodes foram monitorados em um ambiente lântico da planície de inundação do alto rio Paraná durante 83 meses (sete ciclos hidrológicos). A alteração do nível da água influenciou diretamente as variáveis abióticas e estas foram correlacionadas com a composição e abundância de ostrácodes (PCoA). A variabilidade da composição de espécies foi observada entre diversos períodos dos ciclos hidrológicos, sendo que apenas a extrema cheia diferenciou de seu ciclo antecedente. A ausência de diferenças significativas na variabilidade da comunidade entre períodos que se sucedem denota persistência a pulsos naturais ou de curtas durações, provavelmente porque esta comunidade desenvolveu adaptações que minimizam seus efeitos, permitindo a manutenção das populações. A longa duração e oscilação da cheia extrema atuou na variação das condições ambientais refletindo na maior variabilidade da composição de ostrácodes neste período hidrológico.

**Palavras-chave:** Microcrustáceos. Diversidade beta. *El Niño*. Variabilidade interanual.

# **Do flood pulses control the variability and persistence of the Ostracoda (Crustacea) community? Long-term study in environmental lentic of tropical floodplain**

## ***ABSTRACT***

Large rivers in tropical regions have strong variation of abiotic factors due to occurrence of flood pulses. Dams and natural events control the intensity and duration of these pulses. The hypothesis tested was that the Ostracoda community is persistent at regular pulses and more variable at extreme flood. Thus, the ostracods were monitored in a lentic environment of the upper Paraná River floodplain during 83 months (seven hydrologic cycles). The alteration of the water level directly influenced the abiotic variables, and these were correlated with the composition and abundance of ostracods (PCoA). The variability of the species composition was observed among several hydrological cycles, and only the extreme flood distinguished from its previous cycle. The absence of significant differences in community variability between succeeding periods indicates its persistence to natural pulses or short durations, probably because this community has developed adaptations that minimize its effects. The long duration and oscillation of the extreme flood influenced the variation of the environmental conditions reflecting the greater variability of the composition of ostracods in this hydrological period.

***Keywords:*** Microcrustaceans. Beta diversity. *El Niño*. Interannual variability.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Hydrobiologia*. Disponível em: <[http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10750?detailsPage=pltc\\_911058](http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10750?detailsPage=pltc_911058)>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	13
2.1 <i>ÁREA DE ESTUDO</i> .....	13
2.2 <i>AMOSTRAGEM, TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO DOS OSTRÁCODES</i> .....	14
2.3 <i>CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS</i> .....	15
2.4 <i>ANÁLISE DE DADOS</i> .....	16
<b>3 RESULTADOS</b> .....	18
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	26
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	29
APÊNDICE 1 - Valores médios e desvio padrão das variáveis limnológicas durante os ciclos hidrológicos entre março de 2004 a janeiro de 2005 e fevereiro de 2007 a fevereiro de 2013, no ressaco do Manezinho, na planície de inundação do alto rio Paraná.....	35
APÊNDICE 2 - Densidade média e desvio padrão de ostrácodes durante os ciclos hidrológicos de março de 2004 a janeiro de 2005 e fevereiro de 2007 a fevereiro de 2013, no ressaco do Manezinho, na planície de inundação do alto rio Paraná .....	36

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das propriedades básicas para a compreensão da dinâmica das comunidades biológicas é como estas variam em relação ao tempo. Este atributo pode ser testado por meio da estabilidade e persistência (Holling, 1973), o qual tem sido amplamente debatido durante as últimas décadas (Connell & Sousa, 1983; Rahel, 1990; Tilman, 1999; Ives & Carpenter, 2007; Mazancourt et al., 2013). Diferentes métodos são usados para medir a estabilidade, dentre elas a variabilidade, ou inversamente, a persistência (Pimm, 1984). Espécies são persistentes quando sua abundância, riqueza ou presença e ausência não alteram significativamente ao longo do tempo (Rahel, 1990).

Assim as comunidades não são estáticas no tempo e a variabilidade da composição depende de fatores físicos, químicos, espacial e temporal (Bengtsson et al., 1997). Desta forma, a variação ambiental, com estressores abióticos e bióticos, que interagem para produzir um efeito sinérgico, constituem um processo natural que molda as comunidades ecológicas (Landres et al., 1999).

Os pulsos hidrológicos em sistemas de várzeas é um importante fator das variações ambientais. Segundo Neiff (1990) as dinâmicas de troca dos pulsos, fase de inundação e seca, são caracterizadas pela potamofase descrita como fluxos horizontais de organismos vivos, detritos e sedimentos do leito do rio em direção às laterais, e limnofase em que os elementos são carregados em direção ao leito principal. Tais períodos bem definidos promovem respostas naturais nas alterações dos padrões de distribuição e abundância de espécies (Junk & Sparks, 1989; Thomaz et al., 2007), sendo planícies de inundação ambientes propícios para investigar a variabilidade da estrutura das comunidades. Além de pulsos regulares e moderados, maiores pulsos de inundações também ocorrem, em geral, uma vez ao ano na planície de inundação do alto rio Paraná (Thomaz et al., 2004). Tais inundações extremas podem aumentar a similaridade de *habitats* devido a diminuição da variação dos fatores limnológicos (Thomaz et al., 2007). Durante o período de águas baixas a paisagem torna-se mais heterogênea e os *habitats* são influenciados, principalmente, por forças idiossincráticas, resultando em um aumento da diversidade beta, ou seja, maior variabilidade da composição de espécies (Bozelli et al., 2015). Ao longo do tempo, ambientes mais variáveis possuem maior *turnover* na composição de espécies, visto que espécies com afinidades mais amplas são favorecidas quando as condições mudam (Chesson & Huntly, 1997).

A dinâmica dos pulsos em planícies de inundação tem sido ameaçada pela presença de barragens, as quais controlam o fluxo e determinam a ocorrência de cheias irregulares à jusante de reservatórios (Souza Filho, 2009). Outro fator que rege as flutuações sazonais no nível fluviométrico é a variação da precipitação ocasionado pelo fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Os episódios de El Niño e La Niña são variações atípicas opostas, causados pelo aquecimento e resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico Equatorial central e leste podendo, ainda, ser intensificado ou enfraquecido pelo Índice de Oscilação Sul (SO), uma diferença de pressão atmosférica entre o Pacífico Central e Oeste (Cera & Ferraz, 2015). Ocorrências mais frequentes de El Niño e maior amplitude deste evento pode causar impactos negativos resultando em alterações no funcionamento de ecossistemas (Holmgren et al., 2001) e extremas inundações ao redor do mundo (Ward et al., 2014). No Brasil, este fenômeno causa acentuada seca no norte e precipitação no sul durante o verão (Cera & Ferraz, 2015).

A variabilidade e persistência, sob eventos de presença e ausência de inundação, tem sido abordada principalmente em comunidades bentônicas (Scarsbrook, 2002; Collier, 2008), pelágicas (Lourenço et al., 2012) e planctônicas (Simões et al., 2013). Por outro lado, as comunidades do plêuston tem sido raramente investigada. Higuti et al. (2007) postularam que a presença do plêuston (e sua comunidade associada, por exemplo os ostrácodes) parece ter uma adaptação para tamponar os efeitos limitantes do pulso de inundação.

Ostracoda são organismos que habitam diversos substratos, dentre eles, macrófitas aquáticas flutuantes livres (Matsuda et al., 2015), que oferecem em seu sistema de raízes um local propício para a colonização e adaptação a vida no plêuston (Higuti & Martens, 2016). Espécies com ciclos de vida curtos, como os ostrácodes (Delorme, 2001), os quais habitam ambientes que ocorrem eventos de distúrbios, são oportunos para serem usadas no enfoque da variabilidade e persistência da sua composição, principalmente, para o monitoramento de comunidades.

Este estudo teve como objetivo investigar a persistência e, inversamente, a variabilidade da composição de Ostracoda com base na variação do nível hidrológico ao longo do tempo. A hipótese testada é de que a comunidade de Ostracoda é persistente a pulsos regulares e mais variável em extrema cheia. É esperado que i) a variação dos fatores abióticos ocorre em função da oscilação dos pulsos de inundação e influenciam a estrutura da comunidade de ostrácodes, ii) a variabilidade da composição de ostrácodes aumenta com o

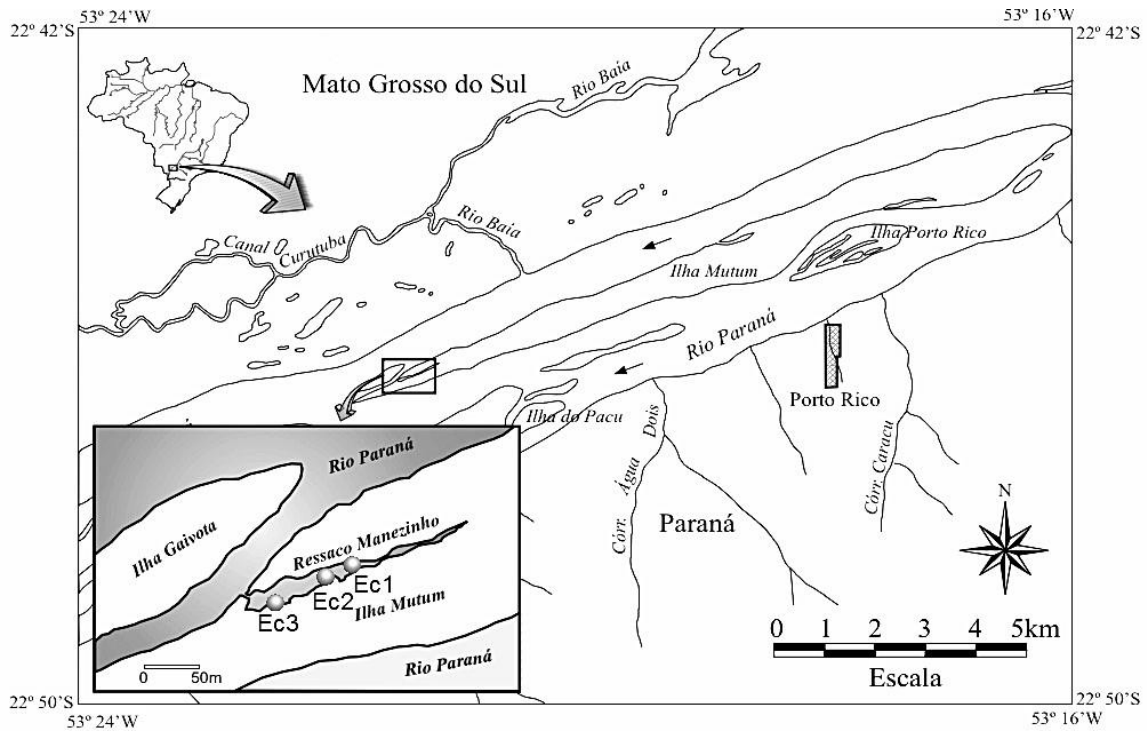
tempo e que iii) espécies persistentes ocorre em períodos de potamofase, quando comparado aos períodos de limnofase.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná (PIARP) possui um ecossistema do tipo “rio-planície de inundação” caracterizada por períodos sazonais do regime hidrológico constituindo os chamados “pulsos” que permitem a formação de vários tipos de ambientes (Junk & Sparks, 1989), incluindo áreas de várzeas fundamentais para a manutenção da biodiversidade (Ward et al., 1999). A PIARP é reconhecida por ser o último trecho livre de barragens no rio Paraná, dos quais 25 reservatórios localizados em sua bacia afetam 70% dos seus rios (Agostinho et al., 2000). A intensidade de eventos extremos de precipitação no sudeste da América do Sul como os episódios de El Niño, principalmente durante o período de primavera e final do verão, tem causado impactos significativos sobre a vazão do rio Paraná (Grimm & Tedeschi, 2009).

Um ambiente lântico, denominado Ressaco do Manezinho, foi monitorado na planície de inundação do alto rio Paraná ao longo de sete anos (março de 2004 a janeiro de 2005 e fevereiro de 2007 a fevereiro de 2013). Este ambiente está conectado ao rio Paraná por um estreito canal de um metro de comprimento e três metros de largura. Localiza-se a margem direita da ilha Mutum e possui comprimento de aproximadamente 100 metros, área de 0,1 hectare, perímetro de 2329,7 metros e profundidade média de 2,1 metros (Edvard et al., 2000). As amostras foram coletadas em três bancos de macrófita *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, consideradas como réplicas neste estudo, ao longo do ressaco (Ec1, Ec2 e Ec3) (Fig. 1).



**Fig. 1** Localização das estações de amostragem no ressaco Manezinho.

## 2.2 AMOSTRAGEM, TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO DOS OSTRÁCODES

As coletas foram realizadas mensalmente, a partir de março de 2004 a janeiro de 2005 e fevereiro de 2007 a fevereiro de 2013 no ressaco Manezinho, totalizando 83 meses de amostragem. A coleta consistiu na retirada de três plantas de *E. crassipes* em cada ponto de amostragem (Ec1, Ec2 e Ec3), manualmente, a qual foi imediatamente transferida para um balde plástico (Campos et al., 2017).

Para a remoção dos ostrácodes perifíticos, o sistema radicular de *E. crassipes* foi separado e lavado em balde, e a parte aérea descartada. As raízes foram acondicionadas em sacos plásticos para posterior obtenção do peso seco. O material resultante da lavagem foi filtrado em rede de malha com abertura de 160  $\mu\text{m}$  e a amostra foi armazenada em álcool 70° com tetraborato de sódio.

As variáveis físicas e químicas da água foram mensuradas *in situ* anteriormente à coleta de ostrácodes. A temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foram medidos pelo oxímetro-YSI 550A, e o pH e a condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) utilizando o aparelho YSI Model 63. Dados do nível fluviométrico foram obtidos pelo projeto PELD



(Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – sítio 6 - [http://www.peld.uem.br/peld-nivel\\_fluviometrico.htm](http://www.peld.uem.br/peld-nivel_fluviometrico.htm)) do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura.

No laboratório, as amostras foram fracionadas utilizando o fracionador tipo Folsom, sendo  $\frac{1}{4}$  da amostra utilizada para quantificação dos ostrácodes e  $\frac{3}{4}$  usado para quantificar as espécies ausentes da primeira subamostra. Para obtenção do peso das raízes de *E. crassipes*, foi utilizado uma balança semi-analítica Gehaka BK 3000. Os ostrácodes foram triados utilizando-se microscópio estereoscópico e identificados a nível específico, usando literatura especializada (ver Martens & Behen, 1994 e artigos incluídos; Rossetti & Martens, 1998; Pinto et al., 2004, Higuti & Martens, 2012a, 2012b, 2014; Higuti et al., 2013).

A densidade de ostrácodes foi calculada e estimada por grama de massa seca da raiz (ind g<sup>-1</sup> DW).

### 2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS

Os dados do nível fluviométrico foram classificados de acordo com os ciclos hidrológicos, períodos de limnofase (seca) e potamofase (cheia). Para a seleção dos períodos foram considerados seu mês de início até o mês que marcou seu fim (Tabela 1). O nível de referência de 350 cm foi utilizado para classificar o limite entre os dois períodos hidrológicos quando as águas inundam os corpos lênticos conectados ao rio Paraná (Souza Filho, 2009).

**Tabela 1** Atributos da amostragem de ostrácodes durante os ciclos hidrológicos entre março de 2004 a janeiro de 2005 e fevereiro de 2007 a fevereiro de 2013, no ressaco do Manezinho, na planície de inundação do alto rio Paraná.

Ciclos hidrológicos	Potamofase			Limnofase		
	N de meses	Duração	N de amostras	N de meses	Duração	N de amostras
1	1	Janeiro de 2005	3	10	Março a dezembro de 2004	30
2	2	Fevereiro e março de 2007	6	12	Abril de 2007 a março de 2008	36
3	2	Abril a maio de 2008	6	9	Junho de 2008 a fevereiro de 2009	27
4	2	Março a abril de 2009	6	7	Maió a novembro de 2009	21
5	5	Dezembro de 2009 a abril de 2010	15	9	Maió de 2010 a janeiro de 2011	27
6	4	Fevereiro a maio de 2011	12	8	Junho de 2011 a janeiro de 2012	24
7	1	Fevereiro de 2012	3	12	Março de 2012 a fevereiro de 2013	36

#### 2.4 ANÁLISE DE DADOS

A amplitude de limnofase (número de dias representados pelo nível de água abaixo do nível de referência de 350 cm) e potamofase (número de dias representados pelo nível de água acima do nível de referência de 350 cm) foi calculada através do software PULSO (Neiff & Neiff, 2003). Os valores de nível da água foram obtidos com as médias de 6 dias anteriores a coleta. Segundo Thomaz et al. (2004) a covariação entre as variáveis limnológicas e nível

hidrométrico é maior quando se considera a média temporal que procede a amostragem. Assim, uma correlação de Spearman foi realizada para verificar a influência do nível fluviométrico sobre as variáveis limnológicas, tais como temperatura da água (TA), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH) e oxigênio dissolvido (OD).

A (dis)similaridade na composição de espécies foi analisada entre os períodos hidrológicos. Os dois primeiros eixos da PCoA foram retidos, segundo o critério de Broken-Stick, e submetidos a ANOVA. Os gráficos foram representados de acordo com cada ciclo hidrológico para os períodos de cheia (potamofase) e seca (limnofase). As diferenças significativas entre os períodos foram analisadas através do teste *post hoc* de Tukey. Os dois primeiros eixos da PCoA foram utilizados para testar a influência dos fatores limnológicos sobre a estrutura da comunidade de ostrácodes por meio da correlação de Spearman.

A variabilidade, ou inversamente a persistência, da composição da comunidade de Ostracoda em cada período hidrológico (limnofase e potamofase) foi avaliada através do teste de homogeneidade de dispersão - PERMDISP (Anderson et al., 2006), utilizando a densidade de ostrácodes. O teste se baseia nas distâncias entre as unidades amostrais para o centroide do grupo, utilizando uma medida de dissimilaridade, dentro de um espaço dimensional calculado por meio de uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA). A análise foi baseada em uma matriz de dissimilaridade obtida usando o índice de Bray-Curtis. Assim, quanto maior as médias das distâncias de Bray-Curtis sugere maior variabilidade na composição de espécies de Ostracoda. O nível de significância entre os períodos de limnofase e potamofase foi analisado usando um teste com 999 permutações e análise de variância (ANOVA). As diferenças significativas foram distinguidas usando o teste de Tukey. Foi utilizada a correlação de Spearman para verificar a relação entre os valores do PERMDISP de cada período com o aumento do tempo.

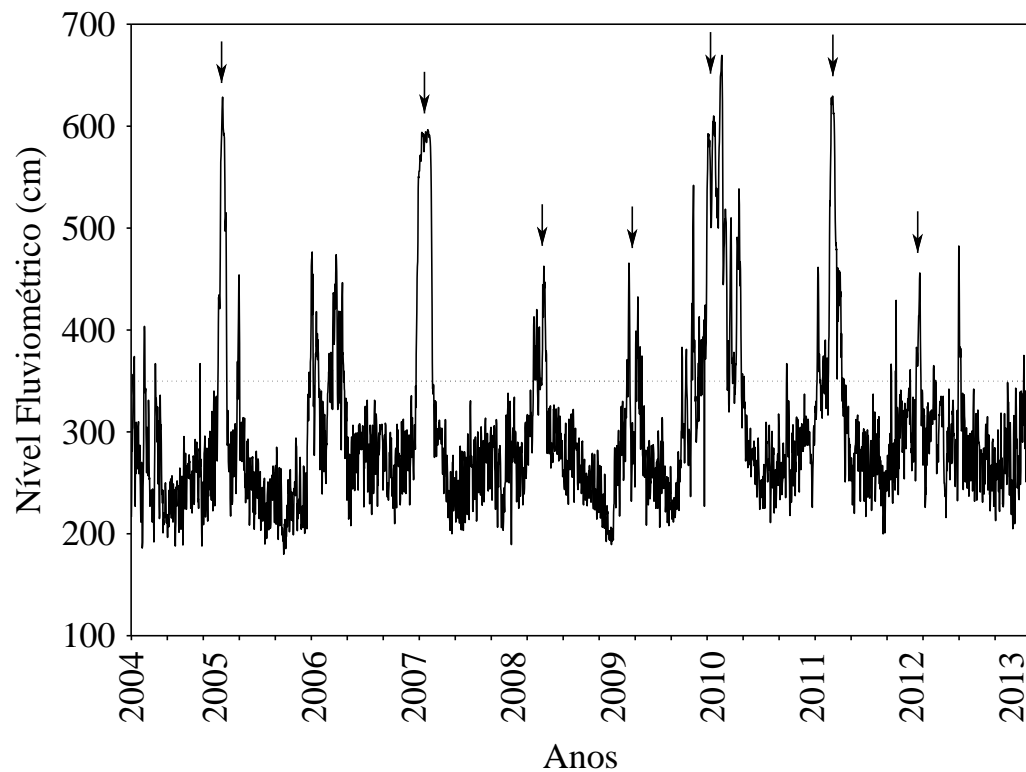
A análise de Valor Indicador (IndVal, Dufrêne & Legendre, 1997) foi realizada com a finalidade de testar o potencial das espécies de ostrácodes persistentes no período potamofase (cheia) e limnofase (seca). Foi utilizado uma matriz de dados de densidade das espécies de ostrácodes e a respectiva categoria estabelecida previamente (períodos hidrológicos) em cada mês amostrado. Este método consiste na identificação de um índice para cada espécie  $i$  no grupo  $j$  (IndVal $_{ij}$ ) calculado através da expressão:  $IndVal_i = A_{ij} \times B_{ij} \times 100$ ;  $A_{ij} = N_{indivíduos_{ij}}/N_{indivíduos_i}$ .  $B_{ij} = N_{período_{ij}}/N_{período.j}$ ;  $A_{ij}$  representa uma medida de

especificidade e os elementos da fórmula são constituídos por  $N_{\text{indivíduos}_{ij}}$  (número médio de densidade da espécie  $i$  nas amostras do grupo  $j$  (períodos));  $N_{\text{indivíduos}_i}$  (soma dos valores médios de densidade da espécie  $i$  ao longo de todos os grupos dos períodos);  $A_{ij}$  é máximo quando a espécie  $i$  é encontrada somente no agrupamento  $j$ ;  $B_{ij}$  é a medida de fidelidade e os elementos da fórmula são  $N_{\text{período}_{ij}}$  (número de amostras do agrupamento  $j$  onde a espécie  $i$  está presente);  $N_{\text{período}_j}$  (número total de amostras no agrupamento  $j$ );  $B_{ij}$  é máximo quando a espécie  $i$  é encontrada em todas amostras do agrupamento  $j$ . As quantidades  $A$  e  $B$  são combinadas por multiplicação, pois representam informações independentes sobre as distribuições das espécies (resultados são expressos em porcentagem). O teste de Monte Carlo foi utilizado para testar a significância dos valores indicadores das espécies.

As análises foram realizadas no software R 3.3.1 (R Development Core Team, 2016) através dos pacotes *vegan* (Oksanen et al., 2016), *permut* (Simpson, 2016) e *lattice* (Sarkar, 2008). O teste de indicador de espécies foi realizado no software PC-Ord 6.0 (McCune & Mefford, 1999). As análises de variância e correlação foram realizadas no programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc., 2005).

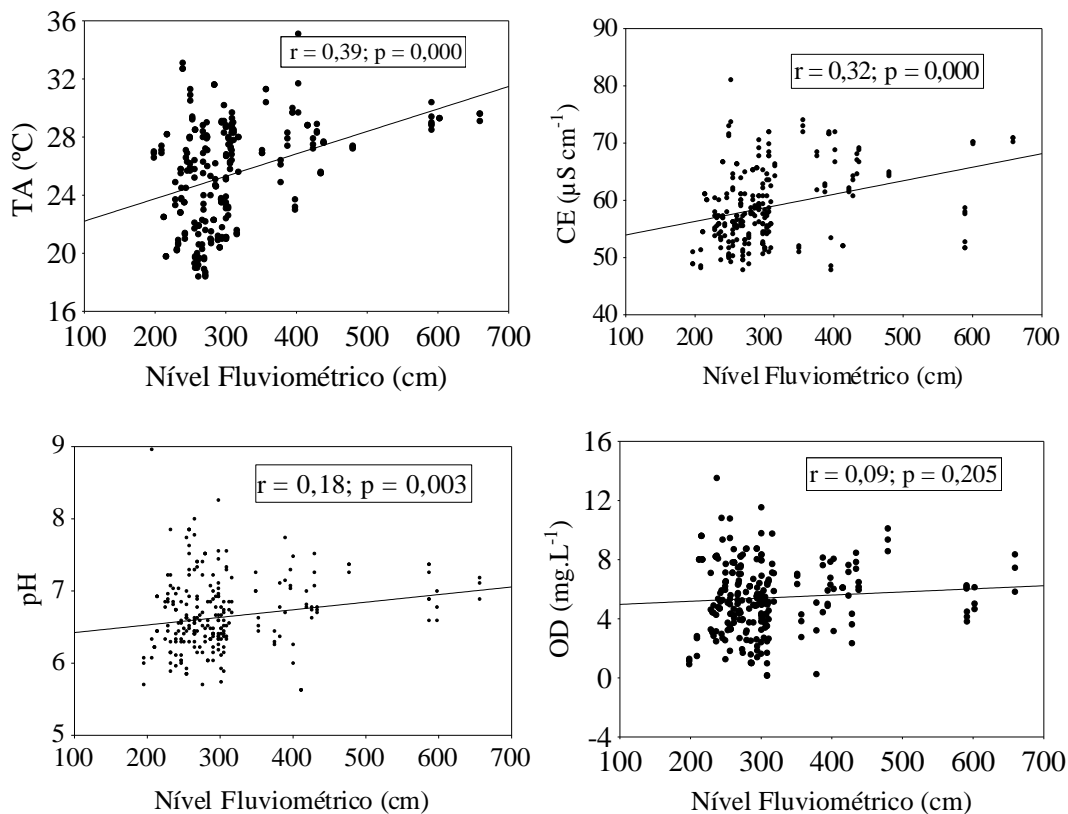
### 3 RESULTADOS

A figura 2 mostra a variação do nível fluviométrico para toda série de dados. Durante o período de estudo foram classificados sete ciclos hidrológicos em períodos de limnofase e potamofase (Tabela 1). A seca mais intensa ocorreu no primeiro ciclo (2004, 250,26 cm  $\pm$  19,51), a maior variação desta fase foi no ciclo 3 (2008/2009, 259,84 cm  $\pm$  37,56). O maior valor médio para a cheia foi no ciclo 2 (2007, 591 cm  $\pm$  0,08) e a maior variação de águas altas foi no quinto ciclo (2009/2010, 514,72 cm  $\pm$  100,07).



**Fig. 2** Variação média diária do nível das águas do rio Paraná entre março de 2004 a fevereiro de 2013. A linha pontilhada representa o limiar entre os períodos hidrológicos de potamofase e limnofase, as setas representam os períodos de cheias considerados para a análise dos dados. No período de fevereiro de 2005 a janeiro de 2007 não foram realizadas coletas de ostrácodes no ressaco Manezinho.

Os resultados das correlações entre o nível fluviométrico e as variáveis limnológicas mostraram uma relação positiva e significativa para temperatura da água ( $r = 0,385$ ,  $p = 0,000$ ), condutividade elétrica ( $r = 0,214$ ,  $p = 0,001$ ) e pH ( $r = 0,170$ ,  $p = 0,001$ ), evidenciando um incremento dessas variáveis quando do incremento do nível fluviométrico. O oxigênio dissolvido também mostrou uma tendência positiva com o nível fluviométrico, entretanto não foi significativo ( $r = 0,080$ ,  $p = 0,205$ ) (Figura 3). Os valores médios e desvio padrão das variáveis limnológicas são mostrados no apêndice 1, durante o período de março de 2004 a fevereiro de 2005 e fevereiro de 2007 a fevereiro de 2013.



**Fig. 3** Correlações entre o nível fluviométrico e temperatura da água (TA), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH) e oxigênio dissolvido (OD).

A potamofase do primeiro ciclo ocorreu depois de uma extensa seca (2004), enquanto que a limnofase do quinto ciclo (2010/2011) ocorreu após uma extrema cheia, e com longa duração (5 meses). No quinto ciclo, devido a esta extrema cheia, os valores de oxigênio dissolvido se elevaram sendo a maior média de todo o restante da série de dados (Apêndice 1).

Em relação a comunidade de ostrácodes, foram registradas 34 espécies distribuídas em quatro famílias, sendo Cyprididae a mais numerosa com 21 espécies, seguida de Candonidae, Darwinulidae e Limnocytheridae. *Diaphanocypris meridana* (Furtos, 1936), *Strandesia lansactohai* Higuti & Martens, 2013 (em Higuti et al., 2013), *Bradleystrandesia trispinosa* (Pinto & Purper, 1965), *Cypricercus centrura* (Klie, 1940), *Chlamydotheca deformis* (Farkas, 1958), *Cypretta costata* (G. W. Müller, 1898), *Cabelodopsis hispida* (Sars, 1901), *Cytheridella ilosvayi* (Daday, 1905), *Alicenula serricaudata* (Klie, 1935), *Vestalenula pagliolii* (Pinto & Kotzian, 1961) e *Penthesilenula brasiliensis* (Pinto & Kotzian, 1961) foram registrados em todos os períodos hidrológicos, enquanto que *Strandesia variegata* (Sars, 1901) ocorreu exclusivamente na limnofase do quinto ciclo (2010/2011), *Strandesia* sp. 7 na

limnofase do quarto ciclo (2009) e *Physocypria* sp. 2 unicamente na limnofase do sexto ciclo (2011/2012) (Apêndice 2).

Os dois primeiros eixos retidos da PCoA mostraram diferenças significativas em relação a composição de espécies entre os períodos (eixo 1:  $F = 21.011$ ;  $p = 0,000$  e eixo 2:  $F = 2,697$ ;  $p = 0,001$ ). No eixo 1, a limnofase do primeiro ciclo (2004) diferenciou das limnofases dos ciclos 3 (2008/2009) e 5 (2010/2011); a seca do ciclo 6 (2011/2012) diferenciou de todos os outros períodos hidrológicos; a potamofase do ciclo 7 (2012) diferenciou de todos os períodos do ciclo 1 e 4, além da cheia do ciclo 2 (2008); os períodos do ciclo 4 se diferenciaram da limnofase do ciclo 5 (2010/2011) e a seca do ciclo 7 (2012/2013) diferenciou de todos os períodos com exceção da limnofase do ciclo 6 (2011/2012) e dos períodos do ciclo 7. No eixo 2, a potamofase do ciclo 1 (2005) diferenciou da limnofase do ciclo 2 (2007/2008), e a limnofase do ciclo 2 diferenciou da potamofase do ciclo 4 (2009) e limnofase do ciclo 7 (2012/2013) (Tabela 2).

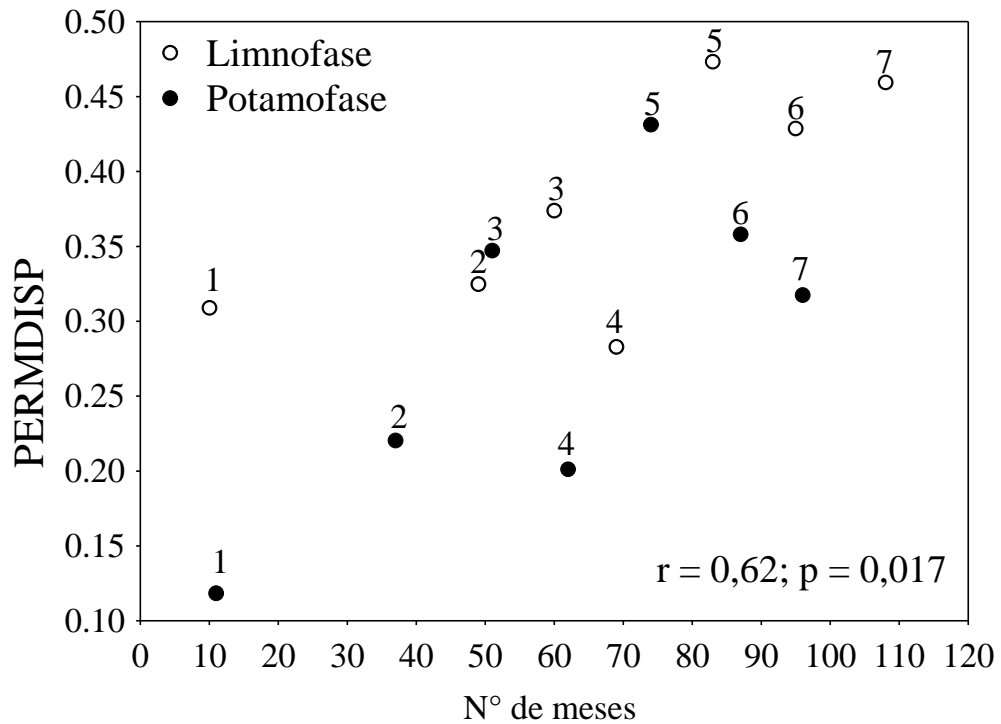
A correlação de Spearman realizada entre o eixo 1 da PCoA e as variáveis abióticas evidenciou uma correlação negativa da condutividade elétrica ( $r = -0,23$ ;  $p = 0,000$ ) e temperatura da água ( $r = -0,27$ ;  $p = 0,000$ ) com a estrutura da comunidade. O eixo 2 foi correlacionado negativamente com a temperatura ( $r = -0,24$ ;  $p = 0,000$ ) e o nível fluviométrico ( $r = -0,13$ ;  $p = 0,040$ ), ao passo que o pH ( $r = 0,15$ ;  $p = 0,013$ ) positivamente.

O teste de homogeneidade de dispersão (PERMDISP), usado para verificar a variabilidade, ou inversamente, a persistência da comunidade, mostrou diferenças significativas entre os períodos ( $F = 8,47$ ,  $p = 0,00$ ). A maior distância média das unidades amostrais para o centroide do grupo foi a limnofase do ciclo 5 (2010/2011, 0,47), seguido por limnofase do ciclo 7 (2012/2013, 0,46) e potamofase do ciclo 5 (2009/2010, 0,43), enquanto que a menor distância média foi da potamofase do primeiro ciclo (2005, 0,11) seguido por potamofase do ciclo 4 (2009, 0,20) e potamofase do ciclo 2 (2004, 0,22) (Fig. 4). Na figura 4, observou-se que os valores da medida de dispersão aumentaram significativamente ao longo do tempo, conforme evidenciado pela correlação de Spearman. A maior variabilidade da composição de espécies foi observada nos períodos de limnofase (Fig. 5 F, J, L, N), exceto na potamofase do ciclo 5 (2009/2010) (Fig. 5 I). O resultado do teste de Tukey mostrou diferença significativa ( $p = 0,038$ ) entre os períodos de limnofase do ciclo 4 (2009) e potamofase do ciclo 5 (2009/2010), as limnofases do ciclo 5 (2010/2011) e 7 (2012/2013) foram os períodos que mais se diferenciaram dos restantes (Tabela 2).

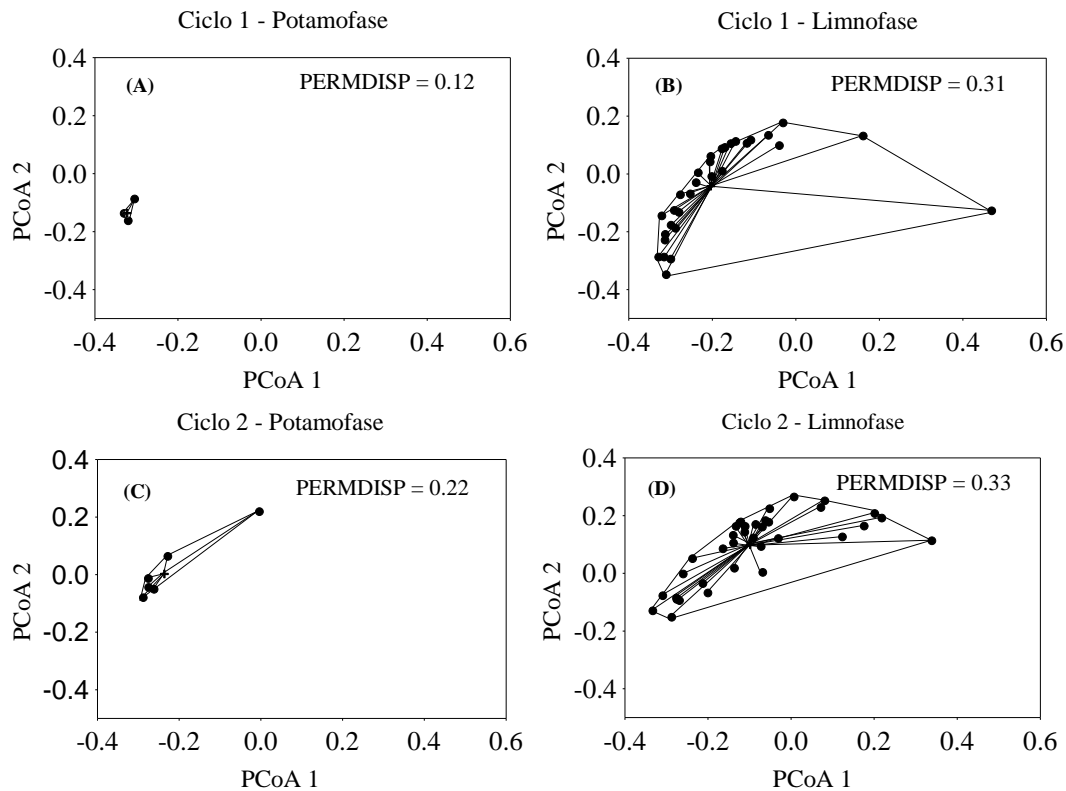
**Tabela 2** Resultado do teste de Tukey entre os ciclos hidrológicos de março de 2004 a janeiro de 2005 e fevereiro de 2007 a fevereiro de 2013. Os valores de *p* dos eixos da PCoA estão dispostos acima da linha diagonal e da PERMIDISP abaixo desta linha. Os valores em negrito representam diferenças significativas para o eixo 1 e não negrito para o eixo 2 da PCoA. P = Potamofase, L = Limnofase.

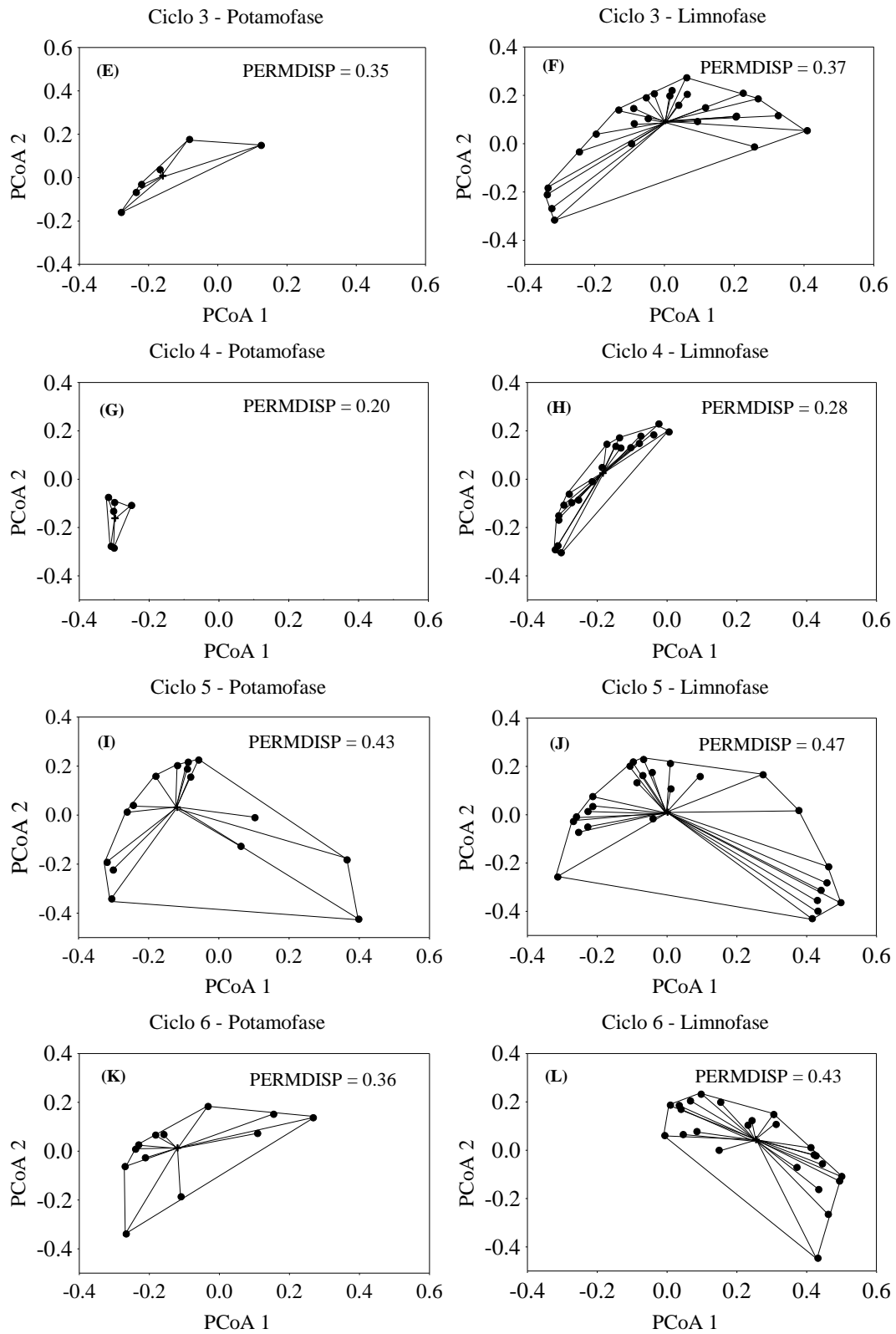
Ciclos hidrológicos		Composição de espécies (PCoA)															
		1		2		3		4		5		6		7			
		P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L		
Variabilidade da composição (PERMIDISP)	1	P												<b>0,000</b>	<b>0,007</b>	<b>0,000</b>	
		L			0,035		<b>0,011</b>				<b>0,000</b>			<b>0,000</b>	<b>0,004</b>	<b>0,000</b>	
	2	P												<b>0,000</b>	<b>0,012</b>	<b>0,000</b>	
		L							0,028					<b>0,000</b>		<b>0,000</b>	
	3	P												<b>0,000</b>		<b>0,000</b>	
		L												<b>0,000</b>		<b>0,000</b>	
	4	P												<b>0,002</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>
		L												<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,004</b>	<b>0,000</b>
	5	P	0,008		0,040				0,014	0,038					<b>0,000</b>		<b>0,000</b>
		L	0,000	0,000	0,001	0,000			0,000	0,000					<b>0,006</b>		<b>0,000</b>
	6	P													<b>0,000</b>		<b>0,000</b>
		L	0,006	0,039	0,024				0,007	0,010							
	7	P															
		L	0,001	0,000	0,002	0,001			0,000	0,000							

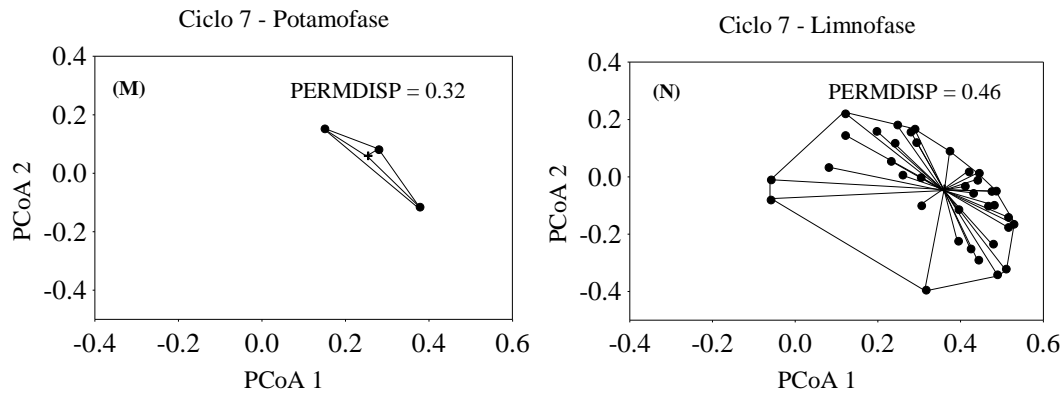




**Fig. 4** Distância média das unidades amostrais para o centroide (PERMDISP) em cada ciclo hidrológico. O eixo X mostra o número de meses em relação ao fim da primeira limnofase (2004). Os números (1 a 7) representam os ciclos hidrológicos, suas durações estão descritas na Tabela 1.







**Fig. 5** Diagrama de análise de permutação multivariada mostrando a variação na composição de espécies de ostrácodes. As linhas indicam a dispersão máxima das unidades amostrais para cada período hidrológico. O centro de onde as linhas se irradiam representa o respectivo grupo centroide.

Os resultados do teste de indicador de espécies (IndVal) mostraram que *Diaphanocypris meridana*, *Strandesia mutica*, *Cypricercus centrura*, *Chlamydotheca iheringi*, *Cypridopsis*. cf. *vidua* sp. 2, “*Cypridopsis*” n. gen. 1 n.sp., “*Cypridopsis*” n. gen. 2 n.sp., *Cabelodopsis hispida*, *Cytheridella ilosvayi*, *Alicenula serricaudata*, *Vestalenula pagliolii* e *Penthesilenula brasiliensis* foram indicadoras de potamofase, ou seja, maior persistência nestes períodos, enquanto que não foram registradas espécies indicadoras para os períodos de limnofase (Tab. 3).

**Tabela 3** Resultados do teste IndVal para ostrácodes durante todos os períodos de potamofase. Não houve espécies indicadoras para o período de limnofase.

Espécies	Abundância (%)	Frequência (%)	IndVal	Valor de p
<i>Diaphanocypris meridana</i>	70	94	65	0,001
<i>Strandesia mutica</i>	92	10	9	0,008
<i>Cypricercus centrura</i>	61	100	61	0,003
<i>Chlamydotheca iheringi</i>	92	14	13	0,043
<i>Cypridopsis</i> . cf. <i>vidua</i> sp. 2	76	10	7	0,040
“ <i>Cypridopsis</i> ” n. gen. 1 n.sp.	87	24	20	0,001
“ <i>Cypridopsis</i> ” n. gen. 2 n.sp.	70	73	51	0.001
<i>Cabelodopsis hispida</i>	69	98	68	0.001
<i>Cytheridella ilosvayi</i>	61	98	60	0.025
<i>Alicenula serricaudata</i>	66	88	59	0.005
<i>Vestalenula pagliolii</i>	59	96	56	0.041
<i>Penthesilenula brasiliensis</i>	60	88	53	0.043

#### 4 DISCUSSÃO

Pulsos são essenciais para a manutenção da biodiversidade aquática em planícies de inundação (Ward et al., 1999). Pulsos de inundação naturais, com intervalos e frequências bem marcados, permite a biota desenvolver adaptações morfológicas, fisiológicas e fenológicas que constituem comunidades peculiares a esses tipos de ambientes reduzindo seus efeitos (Junk & Wantzen, 2007), mesmo quando os eventos de inundação são regulados por barragens por um longo tempo (Robinson & Uehlinger, 2006). Além disso, inundações aumentam a similaridade entre *habitats* minimizando a variação dos recursos (Thomaz et al., 2007), e como resposta diminuindo a variabilidade da estrutura das comunidade em condições ambientais relativamente constantes (Bengtsson et al., 1997). Desta forma, a persistência pode estar associada a resistência e a baixa intensidade do distúrbio que não interfere significativamente na estrutura da comunidade de ostrácodes.

Alterações na composição de espécies foram observadas entre os períodos dos ciclos hidrológicos, correntemente a potamofase possibilita o acréscimo de novos indivíduos por imigração por meio das conexões aquáticas formadas pela inundação, como proposto por Thomaz et al. (2007), bem como a criação de novas oportunidades de nichos temporais (Chesson & Huntly, 1997) que permitiram algumas espécies se diferenciarem. Como exemplo, pode-se citar as espécies que foram abundantes durante os períodos de potamofase, conforme evidenciado pelo teste de indicador de espécies, as quais algumas pertencentes a Cyprididae e Limnocytheridae (ver Apêndice 2 e Tabela 2). Essas famílias tem potencial para produzir ovos resistentes a seca (Havel et al., 2000; Karanovic, 2012) e além disso, os ovos podem eclodir de forma irregular sobrepondo várias gerações (Delorme, 2001). Desta forma, a cheia pode ter contribuído para a eclosão dos ovos das espécies que desovam neste período. *Alicenula serricaudata*, *Vestalenula pagliolii* e *Penthesilenula brasiliensis* (família Darwinulidae) não produzem ovos de resistência mas podem se beneficiar da abundância de recursos para colonização. Além disso, o aumento de temperatura (o qual coincide com o período de potamofase) pode elevar a taxa metabólica resultando em reproduções em tempo mais curto, conforme proposto para Darwinulidae por Higuti e colaboradores (2009).

Na planície de inundação do alto rio Paraná, o nível hidrológico, durante o período de limnofase, pode mudar de poucos dias a vários meses ao longo do ano, como ocorreu em 2004 e 2012/2013 (ciclos 1 e 7, respectivamente), assim como no período de potamofase, como registrado em 2009/2010 (ciclo 5). A ocorrência de várias oscilações dos pulsos, pode estar associada a operação de barragens que regulam e alteram o regime hidrométrico natural do rio Paraná (Thomaz et al., 2004; Souza Filho, 2009), além de variações na precipitação causadas por eventos de El Niño. Desta forma, a dinâmica das variáveis abióticas está intimamente ligada as variações dos pulsos de inundações, como comprovado pela correlação de Spearman, e conseqüentemente alterando a composição e densidade de ostrácodes. Por exemplo, o pH é um fator determinante na estrutura da comunidade de ostrácodes na formação e preservação de suas carapaças e a temperatura acelera o ciclo de vida destes organismos (Delorme, 2001).

A variabilidade temporal da composição da comunidade de ostrácodes diferiu entre períodos de limnofase e potamofase em relação a amplitude e duração do nível hidrométrico. Alguns períodos dos ciclos hidrológicos foram discretos, com curta duração ou pouca variação, como nas cheias de 2009 e 2012 (ciclos 4 e 7, respectivamente). Higuti e colaboradores (2007) defendem que macrófitas flutuantes livres acompanham o nível da água e

este não se torna um fator limitante na mudança de densidade desta comunidade. Estes períodos, com eventos discretos, denotam que houve a manutenção das abundâncias das populações (maior persistência). Outros estudos evidenciaram a persistência de diversas comunidades aquáticas como de macroinvertebrados (Scarsbrook, 2002; Collier, 2008), fitoplâncton (Schneck et al., 2011) e peixes ciclídeos (Lourenço et al., 2012) que demonstraram ser resistentes a perturbações naturais de curtas durações.

Frequentemente, extremas cheias na América do Sul, principalmente no sul do Brasil, tem ligação ao fenômeno El Niño que promove pulsos de inundação irregulares em sistemas de rio-planícies de inundação (Grimm & Tedeschi, 2009; Ward et al., 2010, 2014; Räsänen & Kumm, 2013; Death et al., 2015). Em 2009/2010 (ciclo 5) foi verificado a passagem deste fenômeno que elevou o nível fluviométrico no rio Paraná. Este pertence a uma série de acentuados eventos de El Niño que tem ocorrido desde o início do século XXI (Yu & Kim, 2013) e quebrou recordes de temperaturas e provocou anomalias climáticas extremas ao redor do mundo (Lee et al., 2010; Seager et al., 2010; Kim et al., 2011; Ratnam et al., 2012). Ainda, houve a liberação de águas de represas a montante da planície de inundação do alto rio Paraná, a qual conjuntamente contribuiu para a maior amplitude da excepcional cheia (CPTEC 2016). Isso explica a maior variação ciclo hidrológico 5 (2009/2010) durante a potamofase (Apêndice 1). Neste caso, a duração desta fase, com picos oscilatórios dos pulsos, atuou na variação das condições ambientais, que refletiu na maior variabilidade da composição de ostrácodes resultando em diferença significativa em comparação ao período anterior.

As diferenças na variabilidade da composição de ostrácodes entre períodos bem distintos, como potamofase do ciclo 1 (2005) com a limnofase do ciclo 5 (2010/2011) (Tabela 2), se devem a diversos fatores, entre eles o fator tempo. Durante as inundações, a conectividade desempenha um importante papel ecológico no sentido de aumentar a riqueza de espécies, abundância e imigração (Fernandes et al., 2014), assim é esperado que sucessivas inundações promovam diferenças na estrutura da comunidade quando comparadas em períodos discrepantes.

O aumento da variabilidade da composição de ostrácodes, ao longo do tempo, corroborou com estudos de outras comunidades aquáticas (Oberdorff et al., 2001; Brown et al., 2006; Bêche & Resh, 2007; Simões et al., 2013). Em rios, a variabilidade temporal diminui quando as condições ambientais são constantes (Scarsbrook, 2002; Brown et al., 2006), o contrário também é verdadeiro. Alinhado a isso, em 2008 foi observada o início da

colonização de macrófitas submersas nativas no ressaco do Manezinho que gradativamente foi se estabelecendo no ambiente até que, em meados de 2013, poucos indivíduos de *E. crassipes* permaneceram neste ambiente. A competição entre as macrófitas e/ou a preferência de *habitats* de alguns ostrácodes (Mormul et al., 2010) pode ter contribuído para o aumento da variabilidade da composição ao longo do tempo. Além disso, as raízes de macrófitas flutuantes livres, principalmente de *E. crassipes*, oferecem um substrato de alta complexidade que permite a ocorrência de várias espécies, bem como suas abundâncias (Higuti et al., 2007; Matsuda et al., 2015), permitindo que indivíduos imigrantes coabitem com os demais.

Assim, nossa hipótese foi corroborada visto que em pulsos regulares a comunidade de ostrácodes foi persistente, ao passo que na cheia extrema e de longa duração foi mais variável. Esses resultados são relevantes para a compreensão da dinâmica da comunidade de ostrácodes, representando o plêuston, frente as variações ambientais temporais e como essa comunidade é resiliente com tais mudanças. Tais proveitos servem como ferramenta para tomada de decisão de gestores de ecossistemas pois mudanças ambientais de grande escala estão previstas e, conseqüentemente, é esperado alterações significativas na estrutura de comunidades.

## REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A., S. M. Thomaz, C. V. Minte-Veral, & K. O. Winemiller, 2000. Biodiversity in the High Parana River Floodplain In Gopal, B., W. J. Junk, & J. A. Davis (eds), Biodiversity in wetlands: assessment, junction and conservation. Backhuys Publishers, Leiden: 89–118.
- Anderson, M. J., K. E. Ellingsen, & B. H. McArdle, 2006. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters* 9: 683–693.
- Bêche, L. A., & V. H. Resh, 2007. Short-term climatic trends affect the temporal variability of macroinvertebrates in California “Mediterranean” streams. *Freshwater Biology* 52: 2317–2339.
- Bengtsson, J., S. R. Baillie, & J. Lawton, 1997. Community Variability Increases with Time. *Oikos* 78: 249–256.
- Bozelli, R. L., S. M. Thomaz, A. A. Padial, P. M. Lopes, & L. M. Bini, 2015. Floods decrease zooplankton beta diversity and environmental heterogeneity in an Amazonian floodplain system. *Hydrobiologia* 753: 233–241.

- Brown, L. E., A. M. Milner, & D. M. Hannah, 2006. Stability and persistence of alpine stream macroinvertebrate communities and the role of physicochemical habitat variables. *Hydrobiologia* 560: 159–173.
- Campos, R., E. O. Conceição, M. B. O. Pinto, A. P. S. Bertocin, J. Higuti, & K. Martens, 2017. Evaluation of quantitative sampling methods in pleuston: an example from ostracod communities. *Limnologia* 63: 36–41.
- Cera, J. C., & S. E. T. Ferraz, 2015. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. *Revista Brasileira de Meteorologia* 30: 81–88.
- Chesson, P., & N. Huntly, 1997. The Roles of Harsh and Fluctuating Conditions in the Dynamics of Ecological Communities. *The American Naturalist* 150: 519–553.
- Collier, K. J., 2008. Temporal patterns in the stability, persistence and condition of stream macroinvertebrate communities: Relationships with catchment land-use and regional climate. *Freshwater Biology* 53: 603–616.
- Connell, J. H., & W. P. Sousa, 1983. On the Evidence Needed to Judge Ecological Stability or Persistence. *The American Naturalist* 121: 789.
- Death, R. G., I. C. Fuller, & M. G. Macklin, 2015. Resetting the river template: The potential for climate-related extreme floods to transform river geomorphology and ecology. *Freshwater Biology* 60: 2477–2496.
- Delorme, L. D., 2001. Ostracoda In Thorp, J. H., & A. P. Covich (eds), *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, San Diego: 811–848.
- Dufrene, M., & P. Legendre, 1997. Species Assemblages and Indicator Species -The Need for a Flexible Asymmetric Approach.pdf. *Ecological Monographs* 67: 345–366.
- Edvard, E. C., A. C. Petry, M. R. Russo, A. M. Santos, R. R. A. Rocha, & R. A. Leimig, 2000. A planície de inundação do alto rio Paraná: Site 6 PELD/CNPq - Relatório anual 2000. Descrição dos Locais de Amostragem. , [http://www.peld.uem.br/Relat2000/2\\_2\\_CompBioticoDesLocAmostragem.PDF](http://www.peld.uem.br/Relat2000/2_2_CompBioticoDesLocAmostragem.PDF).
- Fernandes, I. M., R. Henriques-Silva, J. Penha, J. Zuanon, & P. R. Peres-Neto, 2014. Spatiotemporal dynamics in a seasonal metacommunity structure is predictable: The case of floodplain-fish communities. *Ecography* 37: 464–475.
- Grimm, A. M., & R. G. Tedeschi, 2009. ENSO and extreme rainfall events in South America. *Journal of Climate* 22: 1589–1609.
- Havel, J. E., E. M. Eisenbacher, & A. A. Black, 2000. Diversity of crustacean zooplankton in



- riparian wetlands: Colonization and egg banks. *Aquatic Ecology* 34: 63–76.
- Higuti, J., L. F. M. Velho, F. A. Lansac-Tôha & K. Martens. 2007. Pleuston communities are buffered from regional flood pulses: the example of ostracods in the Paraná River floodplain, Brazil. *Freshwater Biology* 52: 1930–1943.
- Higuti, J., F. A. Lansac-Tôha, L. F. M. Velho, R. L. Pinto, L. C. G. Vieira, & K. Martens, 2009. Composition and distribution of Darwinulidae (Crustacea , Ostracoda) in the alluvial valley of the upper Paraná River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 69: 253–262.
- Higuti, J., & K. Martens, 2012a. On a new cypridopsine genus (Crustacea, Ostracoda, Cyprididae) from the Upper Paraná River Floodplain (Brazil). *Zootaxa* 38: 23–38.
- Higuti, J., & K. Martens, 2012b. Description of a new genus and species of Candonopsini (Crustacea , Ostracoda , Candoninae) from the alluvial valley of the Upper Paraná River (Brazil , South America). *European Journal of Taxonomy* 33: 1–31.
- Higuti, J., & K. Martens, 2014. Five new species of Candoninae (Crustacea, Ostracoda) from the alluvial valley of the Upper Paraná River (Brazil, South America). *European Journal of Taxonomy* 106: 1–36.
- Higuti, J., & K. Martens, 2016. Invasive South American floating plants are a successful substrate for native Central African pleuston. *Biological Invasions* 18: 1191–1201.
- Higuti, J., I. Schön, L. Audenaert, & K. Martens, 2013. On the *Strandesia obtusata/elliptica* lineage (Ostracoda, Cyprididae) in the alluvial valley of the upper Paraná River (Brazil), with the description of three new species. *Crustaceana* 86: 182–211.
- Higuti, J., L. F. M. Velho, F. A. Lansac-Tôha, & K. Martens, 2007. Pleuston communities are buffered from regional flood River pulses : the example of ostracods in the Paraná River floodplain, Brazil. *Freshwater Biology* 52: 1930–1943.
- Holling, C. S., 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1–23.
- Holmgren, M., M. Scheffer, E. Ezcurra, J. R. Gutiérrez, & G. M. J. Mohren, 2001. El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution* 16: 89–94.
- Ives, A. R., & S. R. Carpenter, 2007. Stability and diversity of ecosystems. *Science* 317: 58–62.
- Junk, W. J., & R. E. Sparks, 1989. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110–127.

- Junk, W. J., & K. M. Wantzen, 2007. Flood Pulsing and the Development and Maintenance of Biodiversity in Floodplains In Batzer, D. (ed), *Ecology of Freshwater and Estuarine Wetlands*. University of California Press, California: 407–435, <http://gcf.ucpress.edu/cgi/doi/10.1525/gfc.2008.8.4.24>.
- Karanovic, I., 2012. Recent freshwater ostracods of the world: Crustacea, Ostracoda, Podocopida. *Recent Freshwater Ostracods of the World: Crustacea, Ostracoda, Podocopida*. .
- Kim, W., S. W. Yeh, J. H. Kim, J. S. Kug, & M. Kwon, 2011. The unique 2009-2010 El Niño event: A fast phase transition of warm pool El Niño to la Niña. *Geophysical Research Letters* 38: 1–5.
- Landres, P. B., P. Morgan, & F. J. Swanson, 1999. Overview of the Use of Natural Variability Concepts in Managing Ecological Systems. *Ecological Applications* 9: 1179–1188.
- Lee, T., W. R. Hobbs, J. K. Willis, D. Halkides, I. Fukumori, E. M. Armstrong, A. K. Hayashi, W. T. Liu, W. Patzert, & O. Wang, 2010. Record warming in the South Pacific and western Antarctica associated with the strong central-Pacific El Niño in 2009-10. *Geophysical Research Letters* 37: 1–6.
- Lourenço, L. S., I. M. Fernandes, J. Penha, & L. A. F. Mateus, 2012. Persistence and stability of cichlid assemblages in neotropical floodplain lagoons. *Environmental Biology of Fishes* 93: 427–437.
- Martens, K., & F. Behen, 1994. A checklist of the non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from the inland waters of South America and adjacent islands. *Travaux Scientifiques du Musée National d’Histoire Naturelle de Luxembourg*, Luxembourg.
- Matsuda, J. T., F. A. Lansac-Tôha, K. Martens, L. F. M. Velho, R. P. Mormul, & J. Higuti, 2015. Association of body size and behavior of freshwater ostracods (Crustacea, Ostracoda) with aquatic macrophytes. *Aquatic Ecology* 49: 321–331.
- Mazancourt, C., F. Isbell, A. Larocque, F. Berendse, E. De Luca, J. B. Grace, B. Haegeman, H. Wayne Polley, C. Roscher, B. Schmid, D. Tilman, J. van Ruijven, A. Weigelt, B. J. Wilsey, & M. Loreau, 2013. Predicting ecosystem stability from community composition and biodiversity. *Ecology Letters* 16: 617–625.
- McCune, B. & M. J. Mefford, 1999. *PC-ORD for Windows – Multivariate Analysis of Ecological Data*. MjM Software, Gleneden Beach, OR.
- Mormul, R. P., S. M. Thomaz, J. Higuti, & K. Martens, 2010. Ostracod (Crustacea) colonization of a native and a non-native macrophyte species of Hydrocharitaceae in

- the Upper Paraná floodplain (Brazil): An experimental evaluation. *Hydrobiologia* 644: 185–193.
- Neiff, J. J., & M. Neiff, 2003. PULSO: software para análisis de fenómenos recurrentes. , <http://www.neiff.com.ar>.
- Oberdorff, T., B. Hugueny, & T. Vigneron, 2001. Is assemblage variability related to environmental variability? An answer for riverine fish. *Oikos* 93: 419–428.
- Oksanen, J., F. G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlenn, P. R. Minchin, R. B. O’Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, E. Szoecs, & H. Wagner, 2016. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-1, <https://cran.r-project.org/package=vegan>.
- Pimm, S. L., 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307: 321–326.
- Pinto, R. L., C. E. F. Rocha, & K. Martens, 2004. On the genus *Penthesilenula* Rossetti and Martens, 1998 (Crustacea, Ostracoda, Darwinulidae) from (semi-) terrestrial habitats in São Paulo State (Brazil), with the description of a new species. *Journal of Natural History* 38: 2567–2589.
- R Development Core Team, 2016. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, <http://www.r-project.org/>.
- Rahel, F. J., 1990. The Hierarchical Nature of Community Persistence: A Problem of Scale. *The American Naturalist* 136: 328.
- Räsänen, T. A., & M. Kummu, 2013. Spatiotemporal influences of ENSO on precipitation and flood pulse in the Mekong River Basin. *Journal of Hydrology* 476: 154–168.
- Ratnam, J. V., S. K. Behera, Y. Masumoto, K. Takahashi, & T. Yamagata, 2012. Anomalous climatic conditions associated with the El Niño Modoki during boreal winter of 2009. *Climate Dynamics* 39: 227–238.
- Robinson, C. T., & U. Uehlinger, 2006. Experimental Floods Cause Ecosystem Regime Shift. *Ecological Applications* 18: 511–526.
- Rossetti, G. & K. Martens. 1998. Taxonomic revision of the Recent and Holocene representatives of the family Darwinulidae (Crustacea, Ostracoda), with a description of three new genera. *Bull l’Institut R des Sci Nat Belgique, Sci la Terre* 68:55–110.
- Sarkar, D., 2008. *Lattice: Multivariate Data Visualization with R*. Springer, New York.
- Scarsbrook, M. R., 2002. Persistence and stability of lotic invertebrate communities in New Zealand. *Freshwater Biology* 47: 417–431.

- Schneck, F., A. Schwarzbald, S. C. Rodrigues, & A. S. Melo, 2011. Environmental variability drives phytoplankton assemblage persistence in a subtropical reservoir. *Austral Ecology* 36: 839–848.
- Seager, R., Y. Kushnir, J. Nakamura, M. Ting, & N. Naik, 2010. Northern Hemisphere winter snow anomalies: ENSO, NAO and the winter of 2009/10. *Geophysical Research Letters* 37: 1–6.
- Simões, N. R., F. A. Lansac-Tôha, & C. C. Bonecker, 2013. Drought disturbances increase temporal variability of zooplankton community structure in floodplains. *International Review of Hydrobiology* 98: 24–33.
- Simpson, G. L., 2016. *permute: Functions for Generating Restricted Permutations of Data*. R package version 0.9-4., <https://cran.r-project.org/package=permute>.
- Souza Filho, E. E., 2009. Evaluation of the Upper Paraná River discharge controlled by reservoirs. *Brazilian journal of biology* 69: 707–716.
- StatSoft Inc., 2005. *STATISTICA (data analysis software system)*, version 7.1. .
- Thomaz, S. M., L. M. Bini, & R. L. Bozelli, 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* 579: 1–13.
- Thomaz, S. M., T. A. Pagioro, L. M. Bini, M. C. Roberto, & R. R. A. Rocha, 2004. Limnological characterization of the aquatic environments and the influence of hydrometric levels. In Thomaz, S. M., A. A. Agostinho, & N. S. Hahn (eds), *The Upper Paraná River and its Floodplain: Physical Aspects, Ecology and Conservation*. Backhuys Publishers, Leiden: 75–102.
- Tilman, D., 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles. *Ecology* 80: 1455–1474.
- Ward, P. J., W. Beets, L. M. Bouwer, J. C. J. H. Aerts, & H. Renssen, 2010. Sensitivity of river discharge to ENSO. *Geophysical Research Letters* 37: 1–6.
- Ward, P. J., B. Jongman, M. Kummu, M. D. Dettinger, F. C. Spera Weiland, & H. C. Winsemius, 2014. Strong influence of El Niño Southern Oscillation on flood risk around the world. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111: 15659–15664.
- Ward, J. V., K. Tockner, & F. Schiemer, 1999. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research & Management* 15: 125–139.
- Yu, J. Y., & S. T. Kim, 2013. Identifying the types of major El Niño events since 1870. *International Journal of Climatology* 33: 2105–2112.

APÊNDICE 1 - Valores médios e desvio padrão das variáveis limnológicas durante os ciclos hidrológicos entre março de 2004 a janeiro de 2005 e fevereiro de 2007 a fevereiro de 2013, no ressaco do Manezinho, na planície de inundação do alto rio Paraná. P = Potamofase, L = Limnofase, TA = temperatura da água, pH = potencial hidrogeniônico, CE = condutividade elétrica, OD = oxigênio dissolvido.

<b>Ciclo Hidrológico</b>	<b>Período</b>	<b>TA (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>CE (µs.cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>OD (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Nível (cm)</b>	<b>Amplitude (N dias)</b>
1	P	28,80±0,00	5,60±0,00	51,8±0,00	6,10±0,00	415±0,00	10
	L	24,38±3,65	6,58±0,62	60,96±4,46	6,17±2,53	250,26±28,84	296
2	P	29,17±0,61	7,03±0,28	54,97±3,00	5,15±1,02	591,00±0,08	38
	L	25,88±3,76	6,63±0,41	60,10±6,21	4,87±1,86	268,81±22,58	275
3	P	24,55±1,35	6,70±0,42	57,82±8,45	4,91±2,54	388,13±10,13	24
	L	24,80±2,84	6,70±0,71	55,80±4,96	4,36±2,30	259,84±37,56	267
4	P	30,02±2,68	6,63±0,52	65,60±3,83	6,24±1,90	394,92±7,775	19
	L	24,57±2,68	6,34±0,79	56,61±6,54	4,48±3,34	264,48±25,55	176
5	P	28,69±1,03	6,98±0,31	68,93±2,59	6,65±1,66	514,72±100,07	130
	L	23,51±3,00	6,52±0,36	56,91±2,87	4,75±1,86	285,07±21,46	263
6	P	27,76±2,03	6,91±0,31	63,12±7,93	6,27±1,70	391,58±37,75	65
	L	23,00±3,51	6,86±0,48	56,83±11,44	5,99±2,11	279,70±19,68	226
7	P	28,53±0,26	6,67±0,05	62,73±1,53	3,44±0,82	428,67±0,00	17
	L	25,91±3,55	6,50±0,41	52,19±16,96	6,06±2,21	283,52±30,12	374

APÊNDICE 2 - Densidade média e desvio padrão de ostrácodos durante os ciclos hidrológicos de março de 2004 a janeiro de 2005 e fevereiro de 2007 a fevereiro de 2013, no ressaco do Manezinho, na planície de inundação do alto rio Paraná. P = Potamofase, L = Limnofase.

	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3		Ciclo 4		Ciclo 5		Ciclo 6		Ciclo 7	
	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
<b>Família Cyprididae (Baird, 1845)</b>														
<i>Diaphanocypris meridana</i> (Furtos, 1936)	6,10 ±1,30	24,15 ±0,98	22,50 ±3,04	32,64 ±1,14	22,83 ±3,75	38,60 ±1,52	13,87 ±1,20	22,77 ±1,05	12,80 ±0,95	30,55 ±1,74	28,95 ±2,20	11,23 ±0,96	1,35 ±0,24	19,88 ±1,25
<i>Stenocypris major</i> (Braid, 1859)	1,58 ±0,53	4,16 ±0,14	0,25 ±0,09	0,11 ±0,01	1,91 ±0,68	2,54 ±0,24	0,51 ±0,19	0,40 ±0,04			0,25 ±0,04	0,43 ±0,08		3,90 ±0,44
<i>S. malayica</i> (Victor & Fernando, 1981)	0,36 ±0,15	0,50 ±0,03	0,24 ±0,09	0,44 ±0,07	1,15 ±0,43	0,67 ±0,07	0,08 ±0,03	0,04 ±0,01	0,31 ±0,08			0,16 ±0,03		2,41 ±0,16
<i>Strandesia psittacea</i> (Sars, 1901)	0,07 ±0,02	0,19 ±0,02	0,11 ±0,04											
<i>S. lansactohai</i> Higuti & Martens, 2013 (em Higuti et al., 2013)	0,68 ±0,11	6,27 ±0,43	1,68 ±0,29	12,91 ±0,81	4,27 ±1,00	12,55 ±0,76	1,60 ±0,25	1,20 ±0,17	0,58 ±0,05	8,68 ±0,70	1,95 ±0,15	1,72 ±0,15	0,50 ±0,16	2,10 ±0,12
<i>S. mutica</i> (Sars, 1901)									0,07 ±0,01	0,23 ±0,03	0,93 ±0,17			0,10 ±0,02
<i>S. nupelia</i> Higuti & Martens, 2013 (em Higuti et al., 2013)		0,06 ±0,01	0,04 ±0,02	0,10 ±0,01		0,27 ±0,03		0,13 ±0,03	0,57 ±0,05	17,28 ±1,21	7,96 ±0,49	22,18 ±1,08	1,01 ±0,46	2,73 ±0,29
<i>S. variegata</i> (Sars, 1901)										0,06 ±0,01				
<i>S. velhoi</i> Higuti & Martens, 2013 (em Higuti et al., 2013)		0,09 ±0,01				0,01 ±0,00		0,16 ±0,02	0,03 ±0,01	0,08 ±0,01	0,38 ±0,06			0,02 ±0,00
<i>Strandesia</i> . sp. 7								0,26 ±0,06						
<i>Bradleystrandesia trispinosa</i> (Pinto & Purper, 1965)	0,39 ±0,12	6,68 ±0,22	0,03 ±0,01	15,92 ±0,59	1,44 ±0,22	5,07 ±0,20	1,26 ±0,12	24,41 ±1,18	13,69 ±2,06	27,81 ±1,17	2,13 ±0,18	6,95 ±0,64	0,11 ±0,03	5,66 ±0,14
<i>Bradleytriebella lineata</i> (Victor & Fernando, 1981)	0,01 ±0,01	0,43 ±0,02		0,10 ±0,02	1,68 ±0,51	1,91 ±0,27	0,64 ±0,14	1,33 ±0,09	0,15 ±0,02	0,00 ±0,00	2,17 ±0,56			1,25 ±0,12
<i>Cypricercus centrura</i> (Klie, 1940)	7,17 ±0,21	41,30 ±0,83	20,95 ±1,44	84,15 ±2,06	35,66 ±5,30	80,83 ±2,32	20,86 ±1,80	54,53 ±1,37	20,18 ±1,88	14,85 ±0,88	22,13 ±1,98	29,61 ±1,30	5,41 ±1,27	32,99 ±1,29
<i>Chlamydotheca deformis</i> Farkas, 1958	5,90 ±1,34	16,77 ±0,65		0,71 ±0,07	0,96 ±0,28	12,02 ±0,98	1,65 ±0,28	1,90 ±0,23						11,39 ±1,87
<i>C. iheringi</i> (Sars, 1901)	0,08 ±0,01	0,07 ±0,01		0,51 ±0,07	3,19 ±1,19	0,22 ±0,02		0,25 ±0,03	0,23 ±0,03			0,05 ±0,01		0,08 ±0,01
<i>Cypretta costata</i> (G. W. Müller, 1898)	8,01 ±0,63	50,81 ±1,07	12,44 ±0,48	111,51 ±1,73	19,38 ±1,61	41,71 ±1,36	11,42 ±0,46	53,90 ±2,55	42,74 ±1,72	60,14 ±2,50	7,38 ±0,76	24,01 ±1,68	3,95 ±0,29	47,17 ±1,86

<i>Cyprretta</i> n.sp. 2	1,06 ±0,06	1,21 ±0,05							0,08 ±0,02					
<i>Cypridopsis vidua</i> (O.F. Müller, 1776)	0,08 ±0,04	1,27 ±0,12	0,16 ±0,06	0,09 ±0,02		0,06 ±0,01	0,01 ±0,01	0,02 ±0,00	0,02 ±0,01	0,38 ±0,07			0,11 ±0,05	0,41 ±0,04
<i>C. cf. vidua</i> sp. 2 (O.F. Müller, 1776)								0,11 ±0,01	0,37 ±0,04	0,71 ±0,10				0,36 ±0,06
“ <i>Cypridopsis</i> ” n. gen. 1 n.sp.	0,08 ±0,04	0,06 ±0,01		0,12 ±0,02	0,09 ±0,03	0,90 ±0,07	0,79 ±0,19	0,80 ±0,07	0,64 ±0,08	0,04 ±0,01	3,42 ±0,62	0,53 ±0,07		
“ <i>Cypridopsis</i> ” n. gen. 2 n.sp.			4,89 ±0,70	6,15 ±0,22	2,12 ±0,28	1,37 ±0,09	0,95 ±0,11	3,51 ±0,23	2,93 ±0,25	8,27 ±0,38	6,72 ±0,41	5,42 ±0,35	0,03 ±0,01	5,39 ±0,26
<i>Cabelodopsis hispida</i> (Sars, 1901)	12,98 ±1,14	138,83 ±3,69	11,68 ±0,46	146,42 ±5,40	39,03 ±5,13	84,54 ±3,62	27,60 ±2,27	46,00 ±2,41	57,07 ±6,58	53,48 ±3,09	123,90 ±15,07	12,16 ±0,88	3,82 ±0,90	16,10 ±0,93
<b>Família Candonidae (Kaufmann, 1900)</b>														
<i>Candobrasilopsis brasiliensis</i> (Sars, 1901)	0,05 ±0,02	2,02 ±0,29						0,06 ±0,01		25,24 ±1,57	13,09 ±0,69	11,31 ±0,64		0,24 ±0,03
<i>C. rochai</i> Higuti & Martens, 2012				0,06 ±0,01	0,44 ±0,16	0,11 ±0,02								0,07 ±0,01
<i>C. elongata</i> Higuti & Martens, 2014								0,08 ±0,01	0,10 ±0,02			0,03 ±0,01		
<i>Pseudocandona agostinhoi</i> Higuti & Martens, 2014		0,05 ±0,01						0,08 ±0,03	0,26 ±0,05					
<i>P. cillisi</i> Higuti & Martens, 2014							0,40 ±0,04		0,43 ±0,09	0,09 ±0,02				0,10 ±0,02
<i>Physocypria schubarti</i> (Farkas, 1958)		0,08 ±0,01		0,06 ±0,01										
<i>Physocypria</i> sp. 2		2,02 ±0,29											0,17 ±0,03	
<b>Família Limnocytheridae (Klie, 1938)</b>														
<i>Cytheridella ilosvayi</i> (Daday, 1905)	53,60 ±3,73	429,72 ±9,20	75,23 ±4,12	294,54 ±5,31	38,06 ±2,54	192,33 ±8,74	169,87 ±12,86	379,55 ±13,57	159,35 ±11,40	151,82 ±5,60	84,54 ±5,59	31,49 ±1,05	1,60 ±0,59	33,82 ±0,80
<i>Limnocythere</i> sp. 1							0,06 ±0,02	0,06 ±0,01						
<b>Família Darwinulidae (Brady &amp; Norman, 1889)</b>														
<i>Alicenula serricaudata</i> (Klie, 1935)	6,83 ±0,87	4,97 ±0,22	17,40 ±2,30	48,14 ±1,12	31,47 ±4,81	41,08 ±2,38	12,25 ±0,72	41,08 ±1,43	28,58 ±2,11	39,61 ±1,87	17,20 ±1,78	17,86 ±1,00	1,13 ±0,25	32,88 ±4,24
<i>Vestalenula pagliolii</i> (Pinto & Kotzian, 1961)	31,80 ±1,66	171,32 ±5,68	17,16 ±2,34	41,97 ±0,89	29,88 ±4,47	48,59 ±1,41	10,38 ±1,35	46,28 ±1,66	27,87 ±1,39	60,24 ±2,62	40,40 ±1,25	35,57 ±1,60	1,56 ±0,45	19,56 ±0,95
<i>Penthesilenula brasiliensis</i> (Pinto & Kotzian, 1961)	2,61 ±0,26	43,39 ±1,88	4,36 ±1,23	8,98 ±0,28	2,31 ±0,35	10,43 ±0,43	1,41 ±0,16	8,74 ±0,42	17,52 ±2,32	14,98 ±0,75	10,77 ±0,37	10,90 ±0,52	0,60 ±0,15	5,96 ±0,26
<b>DENSIDADE MÉDIA TOTAL</b>	139,44	944,39	189,12	805,62	235,86	576,46	275,29	688,47	416,44	513,74	374,28	221,79	21,20	244,57