



Serviço Público Federal
Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Altamira

PPGBC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Dianini Campos da Mota

**RESPOSTA DO ZOOPLÂNCTON AOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS
(ElNiño e LaNiña) E AO AUMENTO DE TEMPERATURA EM UMA PLANÍCIE DE
INUNDAÇÃO NEOTROPICAL**

Orientador: Prof. Dr. Nadson Ressayé Simões

Coorientadora: Dra. Claudia Costa Bonecker

ALTAMIRA - PA

JULHO – 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

CAMPUS ALTAMIRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Dianini Campos da Mota

**RESPOSTA DO ZOOPLÂNCTON AOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS
(ElNiño e LaNiña) E AO AUMENTO DE TEMPERATURA EM UMA PLANÍCIE DE
INUNDAÇÃO NEOTROPICAL**

Orientador: Prof. Dr. Nadson Ressayé Simões

Coorientadora: Dra. Claudia Costa Bonecker

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Pará-Campus Universitário de Altamira para obtenção do grau de Mestre.

ALTAMIRA - PA

JULHO-2018

Agradecimentos

A Deus, por ter me sustentado durante este período de estudo.

Ao programa PPGBC e Universidade Federal do Pará, pela oportunidade do mestrado.

Ao laboratório Nupelia, na pessoa da coordenadora Claudia Bonecker, pelo fornecimento dos dados do Projeto de Pesquisa de Longa Duração (PELD) e pelas contribuições de ideias ao trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao professor Dr. Nadson R. Simões, pela orientação, paciência e toda dedicação.

À minha família e amigos pelo apoio emocional durante o intenso período de estudos.

E a todos que direto ou indiretamente contribuíram direta ou indiretamente para elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

Resumo Geral.....	1
Introdução Geral.....	2
Referências.....	3
Objetivo Geral.....	3
Resposta do zooplâncton aos eventos climáticos extremos (ElNiño e LaNiña) e ao aumento da temperatura em uma planície de inundação neotropical.....	5

Resumo Geral

As mudanças climáticas representam uma ameaça à biodiversidade em sistemas de água doce e deverão afetar desde a escala de indivíduos até ao nível de ecossistema. Em ecossistemas tropicais os efeitos das mudanças climáticas sobre as comunidades aquáticas ainda são pouco compreendidos. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos das mudanças climáticas na comunidade zooplancônica do Alto rio Paraná, uma Planície de inundação fortemente influenciada pelos eventos extremos (ElNiño e LaNiña) e que sofreu aumento na temperatura da água nos últimos 15 anos. Os impactos das futuras mudanças climáticas sobre a Biodiversidade ainda são incertos, porém este estudo mostra que maiores mudanças afetarão os diversos aspectos da diversidade zooplancônica em sistemas aquáticos tropicais.

Palavras chave: Biodiversidade, sistemas tropicais, comunidades aquáticas e aquecimento global

Abstract

Climate change is a threat to biodiversity in freshwater systems and should affect from scale of individuals until the ecosystem level. In tropical ecosystems the effects of climate change on aquatic communities are still poorly understood. The objective of this study was to evaluate the effects of climatic changes on the zooplankton community of the Upper Paraná River, a floodplain strongly influenced by extreme events (ElNiño and LaNiña) and which has increased water temperature in the last 15 years. The impacts of future climate change on Biodiversity are still uncertain, but this study shows that further changes will affect the many aspects of zooplankton diversity in tropical aquatic systems.

Key words: Biodiversity, tropical systems, aquatic communities and global warming

Introdução Geral

A preocupação com a perda de Biodiversidade nos últimos 20 anos foi devido a um maior entendimento de que a perda da diversidade biológica alterará o funcionamento dos ecossistemas e sua capacidade de fornecer bens e serviços à sociedade (Cardinale et al. 2012). Entre outros fatores, as mudanças climáticas representam sérias ameaças a Biodiversidade e deverão afetar desde a escala de indivíduos até ao nível de ecossistema (Montoya & Raffaelli, 2010; Woodward et al. 2010; Meerhoff et al. 2012).

Os eventos de El Niño/Oscilação Sul (ENOS) são padrões naturais de mudanças climáticas responsáveis pela variação do clima em diversas regiões, ocasionando secas severas e inundações extremas em diversas regiões do mundo (Organização Mundial de Meteorologia-OMM, 2014). O aquecimento global, além de afetar diretamente as comunidades aquáticas pelo aumento da temperatura, poderá intensificar a frequências dos eventos climáticos extremos, ElNiño e LaNiña, causando instabilidade nas comunidades aquáticas (Huntley & Lopez, 1992; Gillooly et al. 2002; Cai et al. 2014; Cai et al. 2015).

A planície de Inundação Alto rio Paraná, abriga uma elevada biodiversidade de organismos aquáticos como por exemplo a comunidade zooplanctônica, responsável por 541 espécies, incluindo rotíferos, microcrustáceos e protozoários (Lansac-Tôha et al. 2009). Porém, os impactos das mudanças climáticas sobre a comunidade zooplanctônica ainda são pouco compreendidas nessa região. Apenas alguns estudos avaliaram os impactos da seca (ocasionada por eventos climáticos) nessa comunidade (Simões et al. 2013a), porém a abordagem foi realizada em tempo relativamente curto abrangendo um período único dos eventos climáticos. Além disso, faltam estudos que avalie a resposta do zooplankton ao aumento de temperatura nessa região.

Objetivo Geral

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos das mudanças climáticas extremas (ElNiño e LaNiña) e do aumento da temperatura sobre os componentes da diversidade zooplanctônica (riqueza de espécie, abundância de indivíduos, diversidade shannon e equitabilidade de Pielou) na Planície de inundação Alto rio Paraná.

Referências

- Cai, W., M. Lengaigne, A. Timmermann, A. Santoso, M. J. McPhaden, L. Wu, F. F. Jin, A. Timmermann, M. Collins, G. Vecchi, M. Lengaigne, M. H. England, D. Dommenges, K. Tacahashi, G. Wang & E, 2015. Guilyardi. Increased frequency of extreme La Niña events under greenhouse warming. online publication disponível em www.nature.com/natureclimatechange.
- Cai, W., S. Borlace, M. Lengaigne, P. Rensch, M. Collins, G. Vecchi, A. Timmermann, A. Santoso, M. J. McPhaden, L. Wu, M. H. England, G. Wang, E. Guilyardi & F. F. Jin, 2014. Nature Climate Change 4: 111-116.
- Cardinale, B. J., J. E. Duffy, D. U. A. Gonzalez, Hooper, C. Perrings, P. Venail & A. P. Kinzig, 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. Nature 486: 59-67.
- Gillooly, J. F., E. F. Charnov, G. B. West, V. M. Savage, & J. H. Brown, 2002. Effects of size and temperature on developmental time. Nature. 417: 70-73.
- Huntley, M. E & M. D. Lopez, 1992. Temperature-dependent production of marine copepods: a global synthesis. The American Naturalist. 140: 201-242.
- Meerhoff, M., F. Teixeira-de Mello, C. Kruk, C. Alonso, I. Gonzalez-Bergonzoni, J. P. Pacheco & G. Goyenola, 2012. Environmental warming in shallow lakes: a review of potential changes in community structure as evidenced from space-for-time substitution approaches. Ecological research 46: 259-349.
- Montoya, J. M. & D. Raffaelli, 2010. Climate change, biotic interactions and ecosystem services. Philosophical Transaction of the Royal Society 365: 2013-2018
- Simões N. R., F. A. Lansac-Tôha & CC Bonecker, 2013. Drought disturbances increase temporal variability of zooplankton community structure in floodplains. International Review of Hydrobiology 98: 24-33.
- Woodward, G., D. M. Perkins, L. E. & Brown, L, 2010. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365: 2093-2106.

Este artigo está formatado nas normas da revista Hydrobiologia, disponível em:
https://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10750?detailsPage=pltc_i_911058

**RESPOSTA DO ZOOPLÂNCTON AOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS
(ElNiño e LaNiña) E AO AUMENTO DE TEMPERATURA EM UMA PLANÍCIE DE
INUNDAÇÃO NEOTROPICAL**

Dianini Campos da Mota¹, Claudia Costa Bonecker² & Nadson R. Simões³

¹ Universidade Federal do Pará-UFPA, Faculdade de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação-PPGBC. Rua Agrário Cavalcante, 217, Centro, Altamira/PA, Brasil. e-mail: dianinacampos@gmail.com

² Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Núcleo de Pesquisas Em Limnologia Ictiologia e Aquicultura (NUPELIA). Av. Colombo, 5790 - Centro - Maringá, PR - Brasil

³Universidade Federal do Sul da Bahia, Centro de Ciências Ambientais. Rodovia Porto Seguro –Porto Seguro, BA - Brasil

Mota, D. C., C. C. Bonecker & Simões N. R. Hydrobiologia

Resposta do Zooplâncton aos eventos climáticos extremos (ElNiño e LaNiña) e ao aumento da temperatura em uma planície de inundação neotropical

Resumo: Segundo as projeções, os trópicos experimentarão os efeitos das mudanças climáticas em larga e podendo ocasionar sérios impactos nas comunidades aquáticas. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos das mudanças climáticas extremas (ElNiño e LaNiña) e do aumento da temperatura sobre a comunidade zooplancônica em uma planície de inundação neotropical. Para isso, foi utilizado dados de zooplâncton e temperatura coletados no Alto rio Paraná entre os anos 2000 e 2014 e dados globais de ElNiño/Oscilação (ENOS) Sul referente a esses anos. Mudanças no regime hidrológico da planície de inundação Alto rio Paraná são coerentes com os eventos climáticos ocorrendo inundações em períodos de ElNiño e estiagem em períodos de LaNiña. Além disso, houve uma tendência no aumento da temperatura desde 2000 a 2014. Os resultados deste estudo sugerem que em cenários de aquecimento global a diversidade de rotíferos responderá positivamente e a equitabilidade de copépodes negativamente a temperatura, embora não tenha tido correlação desses grupos com o aumento de temperatura em todos os locais. Com relação ao ENOS, tanto LaNiña como ElNiño afetam a riqueza e diversidade do Zooplâncton na planície de inundação Alto rio Paraná. As mudanças climáticas previstas para os próximos anos provavelmente causarão maior desequilíbrio na dinâmica da comunidade zooplancônica em planícies de inundação tropicais.

Palavras-chave: planície de inundação, mudanças climáticas, seca, inundações extremas.

Introdução

A temática sobre mudanças climáticas vem despertando o interesse da comunidade científica, devido aos diversos impactos ambientais que estas podem causar nos ecossistemas (Jeppesen et al. 2010; Petitgas et al. 2012; Lefort et al. 2015).

Os eventos de El Niño/Oscilação Sul (ENOS) são padrões naturais de mudanças climáticas que ocorrem de dois a sete anos e duração de até dezoito meses (Organização Mundial de Meteorologia-OMM, 2014). Esse fenômeno refere-se à interação das temperaturas oceânicas e mudanças atmosféricas que ocorrem no oceano Pacífico, sendo considerado como a principal causa da variabilidade climática em diversas regiões do mundo (Philander, 1989 OMM, 2014). O ENOS é comumente classificado em duas fases extremas: ElNiño e LaNiña marcadas pelo aquecimento e esfriamento das águas oceânicas e as fases neutras são controladas por outros fatores climáticos (OMM, 2014).

Os impactos desse fenômeno variam nas diversas regiões do mundo (OMM, 2014). No sul do Brasil os impactos de ElNiño são característicos principalmente por provocar anomalias positivas na precipitação, causando fortes inundações, enquanto que LaNiña provocam anomalias negativas de precipitação ocasionando estiagem em toda região (Grimm, 2003; Grimm, 2004).

Nas planícies de inundação, a flutuação do nível hidrológico é considerada uma perturbação natural na qual os impactos são absorvidos pelo próprio ecossistema (Junk et al. 2000). No entanto, as mudanças climáticas associadas a outros estressores hídricos alteram o regime hidrológico natural desses sistemas, prolongando ou diminuindo os períodos de inundação e estiagem (Tundisi & Matsumura-Tundisi 2008; Palmer et al. 2008). Essas alterações reduzem a capacidade natural dos rios de se adaptarem e absorverem essas perturbações, podendo causar desequilíbrio nas comunidades aquáticas e levando a perda da biodiversidade (Tundisi & Matsumura Tundisi 2008; Simões et al. 2013).

Além da frequência de eventos extremos, resultantes das mudanças climáticas globais, o aquecimento global é um fato que vem sendo detectado por inúmeros estudos (IPCC, 2007, IPCC, 2014) e pode afetar a biodiversidade aquática tanto de forma indireta, alterando os ciclos hidrológicos e biogeoquímicos, (Meerhoff et al. 2012; Montoya & Raffaelli, 2010; Adrian et al. 2009) quanto de forma direta afetando a fenologia e fisiologia dos organismos (Huntley & Lopez, 1992; Gillooly et al. 2002).

A interação entre aquecimento global com os eventos extremos pode promover impactos no regime hidrológico ainda maiores, pois o aumento da temperatura deverá acelerar os ciclos

hidrológicos aumentando a intensidade e frequência de inundações e secas nas bacias hidrográficas de todo o mundo, o que pode afetar drasticamente a biota aquática (Arora & Boer 2001; Palmer et al. 2008; Beyene et al. 2010). Dessa forma, entender as respostas das comunidades aquáticas a mudanças climáticas é fundamental, haja visto que em um mundo cada vez mais quente os impactos dessas mudanças podem ser cada vez mais frequentes (Yeh et al. 2009; Cai et al. 2014; Cai et al. 2015) e unidirecionais.

Neste sentido, o zooplâncton, por ser um grupo de organismos que respondem rapidamente as mudanças ambientais, pode ser um excelente objeto de estudo para avaliação dos efeitos primários das mudanças climáticas nos ecossistemas aquáticos (Richardson, 2008; Jeppesen et al. 2011; Serranito et al. 2016). Zooplâncton é um grupo de organismos microscópicos que tem como característica comum à coluna d'água como habitat e envolve uma diversidade de grupos tais como os protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodes estes últimos também chamados de microcrustáceos (Tundisi & Matsumura- Tundisi, 2008; Hutchinson, 1976). A dieta desses organismos varia de herbívoros, detritívoros e algumas espécies canibais (Esteves, 2011). Portanto, esses organismos constituem uma importante fração da produção secundária e são essenciais na transferência de energia e ciclagem de nutrientes dentro de cadeias tróficas nos ecossistemas aquáticos (Melão, 1999; Esteves, 2011).

O impacto dos eventos extremos (ElNiño e LaNiña) em ecossistemas de água doce é observado em outros organismos aquáticos como peixes e invertebrados (Ríos-Pulgarín et al. 2016; Ropke et al. 2017; Possami et al. 2018; Fonseca et al, 2018), porém os estudos avaliando os efeitos desses eventos em organismos zooplânctônicos ainda são escassos. Por outro lado, a preocupação com o aquecimento global previsto para este século (IPCC, 2007; IPCC, 2014) têm levado muitos estudos a avaliar os efeitos diretos do aumento da temperatura na comunidade zooplânctônica em diversos ecossistemas (Brucet et al. 2010; Havens & Bever, 2011; Iglesias et al. 2011; Shurim et al. 2012; Sorf et al. 2015), porém ainda existem controvérsias a respeito dos efeitos diretos da temperatura sobre essa comunidade sendo necessário a realização de mais estudos para se obter respostas mais conclusivas (Daufresne et al. 2009; Iglesias et al. 2011; Sorf et al. 2015).

Além disso, os efeitos de aquecimento são pouco compreendidos em ecossistemas de água doce, principalmente naqueles de clima tropical, de tal forma que avaliações de riscos do aquecimento global sobre as respostas ecossistêmicas são pouco fundamentadas, porque faltam informações pertinentes (Rusak et al. 2008; Roland et al. 2012).

Para se ter uma compreensão mais fidedigna dos efeitos das mudanças climáticas nas comunidades aquáticas é necessário a utilização de dados reais em escala local ao longo dos

anos e das respectivas respostas das comunidades. Os estudos de longo prazo são fundamentais para buscar resultados mais naturais e diminuir as incertezas dos efeitos das variáveis nos processos ecológicos (Müller et al. 2010). Além disso, são essenciais para avaliar a mudança dessas variáveis ao longo dos anos e das respectivas respostas ecológicas associadas a essas mudanças (Lindenmayer et al. 2010; Lindenmayer et al. 2012).

Modificações na comunidade zooplanctônica poderão alterar as interações na cadeia alimentar de cima para baixo (top down) e de baixo para cima (bottom up) (Jeppesen et al. 1997; Ware & Thomson, 2005; Frederiksen et al. 2006). Dessa forma, entender as respostas do zooplâncton às mudanças climáticas é crucial para abordar outras questões-chaves desses impactos sobre os ecossistemas aquáticos, como a perda da biodiversidade, alterações na dinâmica trófica e a produtividade desses ecossistemas.

Neste estudo, duas hipóteses foram testadas: H1, os períodos de ElNiño e LaNiña afetam negativamente os atributos da comunidade zooplanctônica. Isso ocorre porque estes eventos promovem mudanças extremas no ciclo sazonal de inundação que podem afetar a dinâmica dessa comunidade; H2, há um padrão na resposta da comunidade zooplanctônica relacionado ao aumento da temperatura. Logo espera-se que os atributos (riqueza, diversidade e equitabilidade) tenha uma correlação (positiva ou negativa) com a temperatura em todos os locais estudados.

Os dados analisados neste trabalho forneceram informações sobre o efeito das mudanças climáticas na estrutura da comunidade zooplanctônica em uma planície de inundação tropical fortemente influenciada pelos eventos de ElNiño/Oscilação Sul e que vem sofrendo aumento na temperatura da água desde o ano 2000. Nossos resultados mostram que a resposta da comunidade zooplanctônica é fortemente influenciada pelas mudanças climáticas extremas e podem ser um indicador precoce do impacto dessas mudanças em níveis tróficos superiores.

Material e métodos

Área de estudo

As amostragens de zooplâncton e os dados de temperatura foram coletadas em ambientes na planície de inundação do Alto Rio Paraná: rios, lagoas conectadas a rios e lagoas sem conexão constante com os rios (Fig. 1). A Planície de inundação do Alto Rio Paraná, inclui aproximadamente um terço da bacia do rio Paraná e está completamente incluída em territórios brasileiros, ocupando cerca de 10,5% em território, com uma área de 891.000 km² (Agostinho

et. 2004). Esta planície drena áreas tropicais/subtropicais e apresenta temperaturas médias mensais acima de 15 °C e precipitações acima de 1500 mm.ano-1 (IBGE, 1990).

O Alto rio Paraná pode ser dividido em três subsistemas (Paraná, Baía e Ivinhema), incluindo rios, canais secundários, áreas de remanso, lagoas conectadas e lagoas isoladas (Agostinho et al. 2004; Roberto et al. 2009; Souza Filho, 2009). O subsistema paraná está diretamente associado as águas do rio Paraná, que está fortemente relacionado com a operação de um reservatório localizada a 40 km a montante (a Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Reservatório de Motta) (Rodrigues et al. 2015). O rio Baía, que segue um curso paralelo rio Paraná, também é influenciado pela operação deste reservatório a montante, mas o rio Baía preserva um sistema preservado. A área do Ivinhema está localizada em uma região livre de reservatórios, onde está o Parque Estadual do rio Ivinhema. Portanto, este último subsistema não é afetado por represas a montante (Rodrigues et al. 2015).

A construção das represas no canal principal do Alto rio Paraná é considerada a maior causa de impactos ambientais nessa planície (Agostinho 2004). Apesar disso, os pulsos de inundação ainda têm uma dinâmica sazonal sendo considerado a principal força modeladora nesse sistema (Simões et al. 2013a). Em períodos de inundação, a água do rio Paraná flui para as áreas laterais e se conectam aos corpos lânticos quando o nível do rio chega 3,5 m. Quando o nível do rio ultrapassa 4,6 m as áreas do mais altas são também inundadas (Rocha, 2002 e Thomaz et al. 2004). Os períodos de cheias começam em dezembro e vão até maio, com pico nos meses de janeiro e fevereiro. Os períodos de estiagem começam no mês de junho e duram até novembro (Meurer. 2004). No entanto, quando acontecem os eventos climáticos LaNiña e ElNiño, ocorrem variações atípicas no pulso de inundação ocasionando longos períodos de seca e intensas inundações, respectivamente (Simões et al. 2013a).

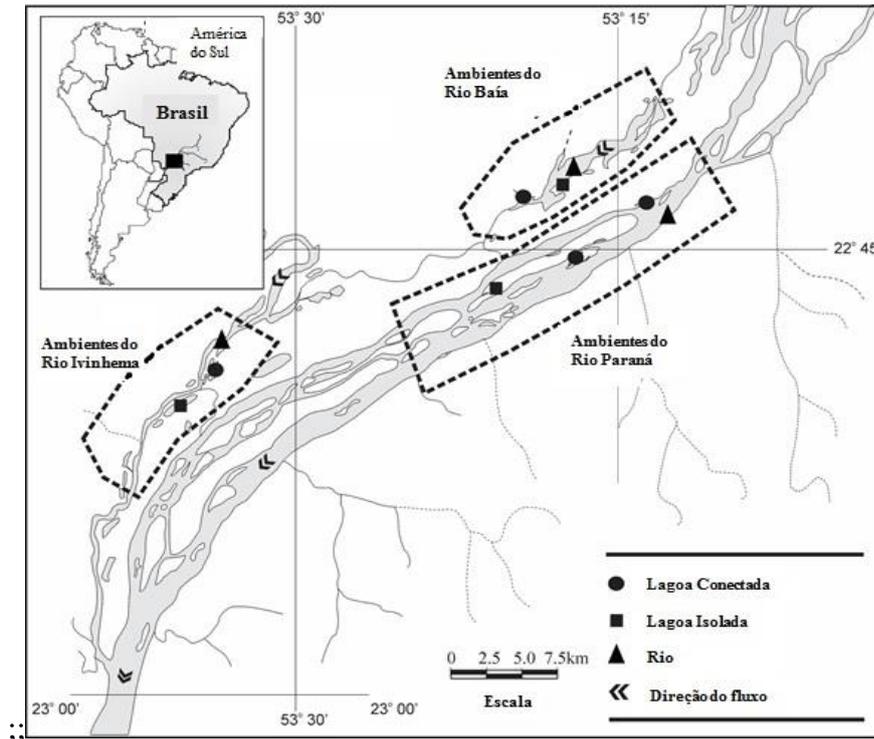


Fig1. Mapa do rio Paraná e sua planície de inundação. Linhas tracejadas indicam os ambientes associados aos rios Paraná, Baía e Ivinhema (Roberto et. al. 2009)

Procedimento de coletas

ElNiño/Oscilação Sul (ENOS)

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é caracterizado por anomalias, positivas, de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico equatorial. A caracterização do ENOS é feita através de índices, como os índices nomeados Niño (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4), que nada mais são do que as anomalias de TSM médias em diferentes regiões do Pacífico equatorial (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos- CTPEC).

O índice de Niño oceânico (ONI- Niño 3.4) é uma medida principal para avaliar e prever a ocorrência de ElNiño e LaNiña. O El Niño é caracterizado por um ONI positivo maior ou igual a $+0,5^{\circ}\text{C}$ e LaNiña é caracterizado por um ONI negativo menor ou igual a $-0,5^{\circ}\text{C}$. Os índices de $-0,4^{\circ}\text{C}$ a $+0,4^{\circ}\text{C}$ são considerados neutros. (Centro de previsão climática/Administração Nacional Oceânica e Atmosférica -CPC/NOAA, 2018). Para ser classificado como um episódio de El Niño ou LaNiña, esses limites devem permanecer por um período de, pelo menos, cinco meses consecutivos (CPC/NOAA, 2018).

Para avaliar a ocorrência de ElNiño e LaNiña entre 2000 e 2014 utilizamos os índices ONI obtidos no site da CPC/NOAA classificando como ElNiño os índices ≥ 5 e LaNiña os índices $\leq -0,4$ e neutros os demais valores.

Variáveis ambientais

A variação hidrométrica foi utilizada para fazer análises comparativas descritivas da ocorrência de cheia e estiagem, associadas com os eventos de ElNiño e LaNiña na planície de inundação do Alto rio Paraná.

Variáveis limnológicas como temperatura, oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade total, turbidez, condutividade elétrica, material em suspensão orgânico e inorgânico, nutrientes dissolvidos (fosfato, amônia e nitrato), nitrogênio total e fósforo total (cedidas pelo laboratório de limnologia do Nupelia) também foram utilizadas neste estudo, afim de verificar a influência dos eventos extremos (ElNiño e LaNiña) sobre heterogeneidade ambiental. Mais detalhes sobre o procedimento de coletas dessas variáveis podem ser encontrados em Roberto et al. (2009).

A heterogeneidade ambiental das condições físicas, químicas e biológicas da água na planície de inundação do alto Rio Paraná foi medida utilizando a distância média, no espaço multivariado, de cada local amostrado em relação ao centroide de uma determinada campanha de amostragem, ou seja, foi mensurado a heterogeneidade ambiental da planície de inundação em cada campanha. Para isso, foi utilizado o método proposto por Anderson et al. (2006) para estimar a dispersão no espaço multivariado. As variáveis físicas, químicas e biológicas foram padronizadas e, posteriormente, calculada uma matriz de dissimilaridade baseada na distância euclidiana, antes de proceder com a Análise de Coordenadas Principais e calcular das distâncias médias dos centroides.

Zooplâncton

As amostragens de zooplâncton foram feitas com auxílio de uma bomba motorizada e uma rede de plâncton (68 μm) por onde foram filtrados 1000 L de água por amostra, a cada três meses durante 15 anos (2000 a 2014) em dez ambientes da planície de inundação do Alto rio Paraná (incluindo rio, lagoas conectadas e lagoas sem conexão a rios). O material foi preservado em solução de formaldeído tamponado a 4% com carbonato de cálcio.

As identificações das espécies foram feitas em lâminas de laboratório sob um microscópio óptico. Para cada amostra, foram identificadas as espécies até que a curva de acumulação de espécies tornou-se estável. Os indivíduos foram identificados utilizando

literatura taxonômica especializada (Koste, 1978; Reid, 1985; Matsumura-Tundisi, 1986; Segers, 1995; Elmoor-Loureiro, 1997; Lansac-Toha et al. 2002).

A abundância foi determinada utilizando uma câmara de contagem Sedgewick-rafter sob um microscópio óptico. Pelo menos 80 indivíduos foram contados (Bottrel et al. 1976) em cada uma das três amostras sequenciais, que foram obtidos com uma pipeta de Hensen-Stempel (2,5 mL).

Análise de dados

Neste estudo, as análises foram feitas sobre os três grupos da comunidade zooplanctônica (Rotifera, Cladocera e Copepoda). Os atributos comunitários considerados nas análises foram: riqueza de espécies, abundância de indivíduos, índice de diversidade Shannon e índice de equitabilidade de Pielou.

Para testar a influência das categorias do ENOS sobre os índices comunitários de zooplankton utilizamos Análise de variância de dois fatores (ANOVA multifatorial). Nessa análise, foi avaliado a diferença significativa da riqueza, da abundância, da diversidade e da equitabilidade de cada grupo entre as três categorias do ENOS (ElNiño, LaNiña e Neutro) nos três subsistemas da planície de inundação rio Paraná (rio Baía, rio Ivinhema e rio Paraná).

Para verificar o efeito dos eventos climáticos sobre a heterogeneidade ambiental, foi utilizado uma ANOVA, onde a distância média do centroide foi utilizada como variável dependente e a ocorrência das categorias de eventos climáticos foi utilizada como variável independente.

Para avaliar a resposta da comunidade zooplanctônica ao aumento de temperatura, primeiramente foi realizada uma análise exploratória prévia dos dados de temperatura. Para isso, as seguintes hipóteses exploratórias foram testadas: (i) há uma tendência no aumento da temperatura nos ambientes da planície de inundação rio Paraná desde o ano 2000; (ii) há uma tendência no aumento da temperatura em cada período hidrológico (vazante, seco, enchente e cheio) em todos ambientes estudados. Para testar estas hipóteses foi realizado teste de Kendall ($p < 0,05$), uma análise de série temporal não paramétrica que testa se as observações de uma série possuem tendências monotônicas ao longo do tempo (Kendall, 1975). Para testar a hipótese de que há um padrão nos índices comunitários de zooplankton com aumento da temperatura foi realizado testes de correlação de Pearson para cada atributo nos dez locais estudados adotando o valor de significância $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas no programa R versão 3.3.3 (Team, 2017).

Resultados

ElNiño/Oscilação Sul (ENOS)

Foram registrados seis períodos de LaNiña e quatro períodos de ElNiño entre 2000 e 2014. Os períodos de LaNiña ocorreram entre 2000 e o início de 2001, final de 2005 ao início de 2006, entre 2007 e 2008, final de 2008 ao início de 2009, entre 2010 e 2011 e entre 2011 ao início de 2012. Os períodos de ElNiño ocorreram entre 2002 e início de 2003, de 2004 ao início de 2005, final de 2006 ao início de 2007 e entre 2009 e início de 2010 (Quadro 1).

Quadro 1: Índices mensais de Niño oceânico do ano 2000 a 2014. Períodos de LaNiña (cor azul) e períodos de ElNiño (cor vermelha)

Ano	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ag	Set	Out	Nov	Dez
2000	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
2001	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3
2002	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	0,0	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,8
2006	-0,8	-0,7	-0,5	-0,3	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,9
2007	0,7	0,3	0,0	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,8	-1,1	-1,4	-1,5	-1,6
2008	-1,6	-1,4	-1,2	-0,9	-0,8	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,6	-0,7
2009	-0,8	-0,7	-0,5	-0,2	0,1	0,4	0,5	0,5	0,7	1	1,3	1,6
2010	1,5	1,3	0,9	0,4	-0,1	-0,6	-1,0	-1,4	-1,6	-1,7	-1,7	-1,6
2011	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5	-0,7	-0,9	-1,1	-1,1	-1,0
2012	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,2
2013	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3
2014	-0,4	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2	0,4	0,6	0,7

Fonte: ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions (CPC/NOOA, 2018)

Variação do Nível Hidrométrico

Entre 2000 e 2001, houve seca severa no rio Paraná, onde o nível do rio permaneceu abaixo do nível de referência (3.5 m, nível de referência segundo Thomaz et al. 1997). Entre Janeiro fevereiro de 2006, houve 32 dias de águas baixas com níveis abaixo de 3,5 m. Em 2008, o nível hidrométrico permaneceu abaixo de 3,5 durante todo mês de janeiro e fevereiro e durante 13 dias do mês de março. No ano de 2009, houve estiagem nos primeiros 19 dias do mês de fevereiro. Todos esses períodos de estiagem são coerentes com a ocorrência de LaNiña (figura do material suplementar).

Durante o período de estudo, também ocorreram três períodos de inundações acima de 4.6 m. Entre 2005 e 2006, o nível hidrométrico do rio Paraná permaneceu 23 dias acima do nível 4.6 m. Entre 2007 e 2008, o nível do rio ficou 20 dias acima de 4.6 m. Entre 2009 e 2010, ocorreu o mais longo período de inundação (74 dias) acima do nível 4.6 m. Todos esses períodos coincidem com a ocorrência de ElNiño (figura do material suplementar).

Variação da temperatura da água ao longo de 15 anos na Planície de inundação do Alto Rio Paraná

A temperatura da água variou de 16 °C na lagoa Osmar a 32,9°C no rio Baía. Foi observado uma tendência no aumento da temperatura na série temporal ao longo dos 15 anos ($\tau=0.056$; $p<0.05$) (Figura 2).

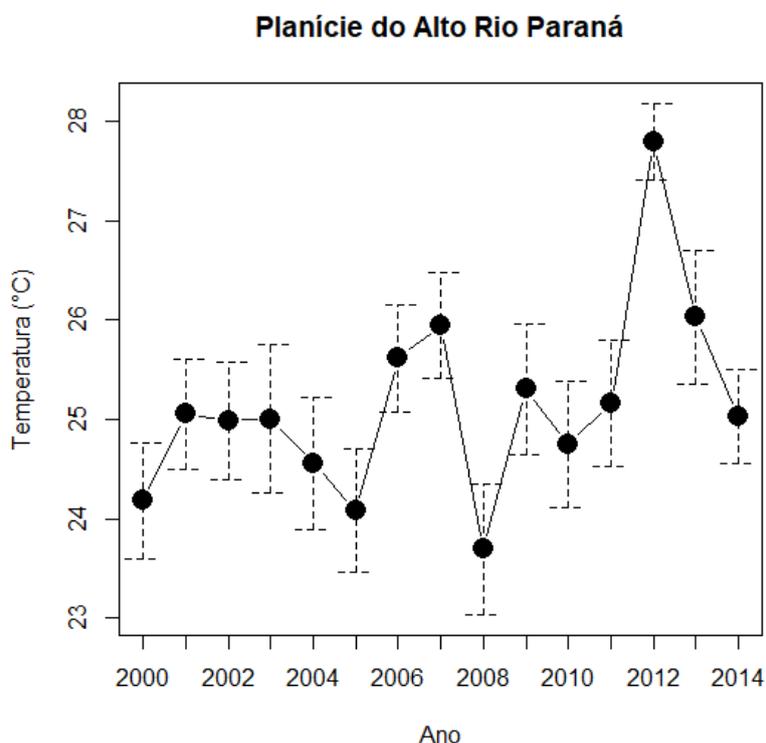


Fig.2 Temperatura média da água na Planície de inundação do Alto Rio Paraná entre os anos 2000 e 2014.

No período de Cheia, a temperatura da água variou de 24,6 a 32,9 °C, sendo a mínima registrada no rio Paraná e a máxima no Baía. Nesse período, foi observado uma elevação da temperatura média apenas em 2003 (30 °C) e uma pequena elevação em 2013 para 31,5 °C. Na vazante, a temperatura mínima foi de 16,2 °C, encontrada na lagoa Osmar, e a máxima 28,8 °C encontrada no rio Ivinhema. Neste período, os maiores aumentos da temperatura da água

média foram observados no ano de 2003 (24,5 °C) e 2011 (27 °C). Não houve tendência no aumento da temperatura água para os períodos cheia e vazante ($\tau = -0,01$; $p > 0,05$).

No período de seca, a temperatura mínima da água foi registrada na lagoa Osmar com 16 °C e a máxima na lagoa das Garças com 27,6 °C. Neste período, foi observado uma tendência na elevação da temperatura ao longo dos anos ($\tau = 0,14$, $p < 0,05$) (Fig. 3a).

Na enchente, a menor temperatura foi registrada na lagoa Guaraná e maior na lagoa das Garças, sendo a mínima de 25,4 °C e a máxima 32,8 °C. Neste período, a temperatura se elevou para 29 °C em 2007, para 29,5 °C em 2009 e para 31,2 °C em 2012. Houve tendência no aumento da temperatura no período de enchente ($\tau = 0,26$, $p < 0,05$) (Fig. 3b).

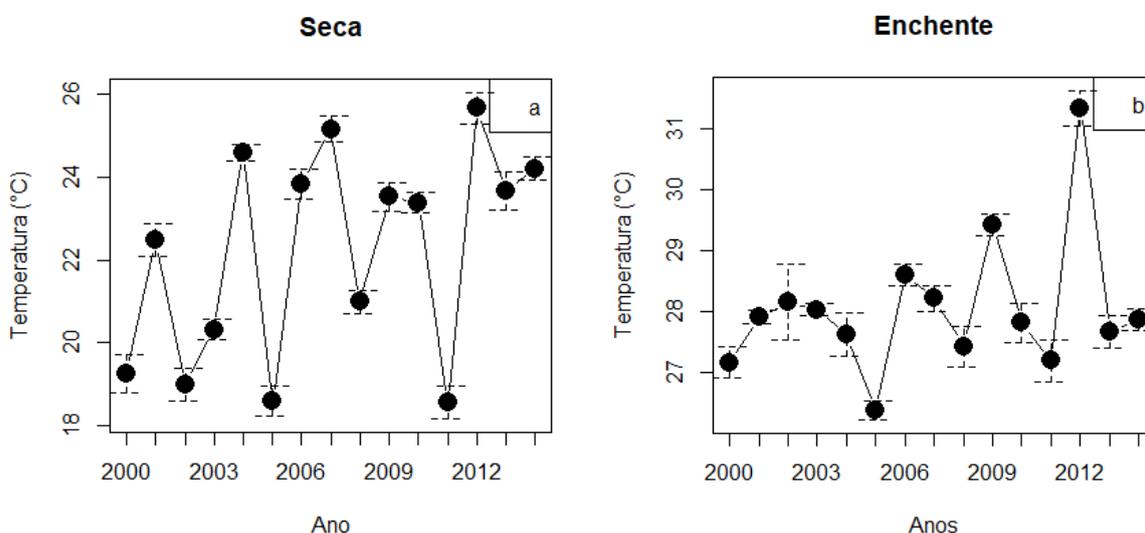


Fig. 3 Temperatura média da água no período de seca (a) e enchente (b) na Planície de inundação do Alto Rio Paraná entre os anos 2000 e 2014.

Heterogeneidade ambiental

A heterogeneidade ambiental (variabilidade das condições ambientais entre os locais amostrados) foi maior nos períodos de ElNiño e menor nos períodos neutros (Teste de Tukey; p -valor $< 0,05$). A heterogeneidade ambiental durante os eventos de LaNiña não diferiu significativamente dos períodos neutros nem dos períodos com ElNiño (Teste de Tukey; p -valor $> 0,05$) (Fig. 4).

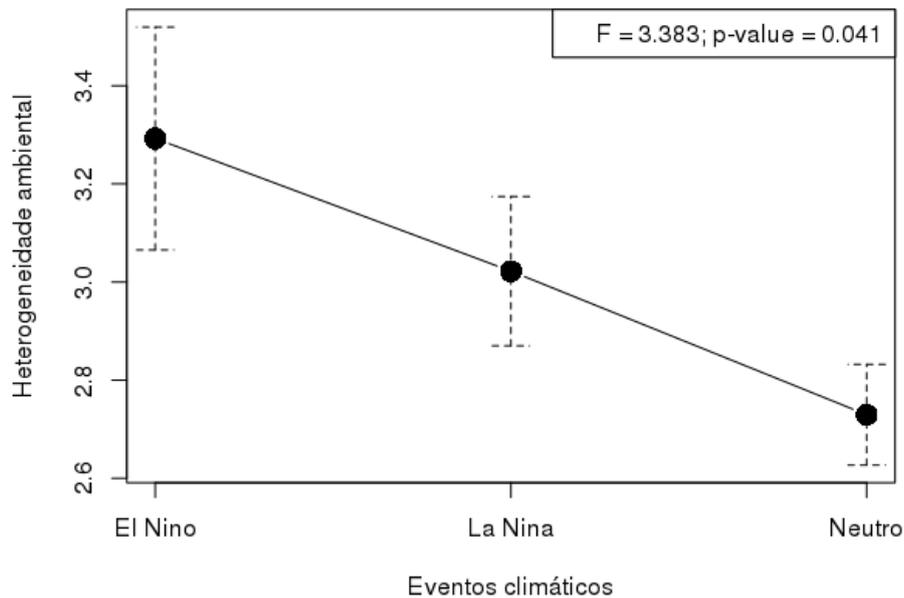


Fig. 4 Variabilidade ambiental na Planície de inundação Alto rio Paraná durante os períodos de ElNiño, LaNiña e Neutro.

Comunidade Zooplancônica

A riqueza de espécies de rotíferos variou de 0 (na lagoa da Garças e rio Ivinhema) a 91 espécies registradas na lagoa do Pau-Véio. Os maiores valores para a abundância e diversidade de rotíferos foram encontrados no rio Paraná (6.0618.76 ind.m⁻³ e 3,21 bits.ind⁻¹) e para equitabilidade no rio Ivinhema (0,99) (Tabela do Material Suplementar).

A riqueza de espécies de cladóceros variou de 0 (registrada nos rios Paraná, Ivinhema e Baía) e a maior foi 33 espécies registradas na lagoa Guaraná. A maior abundância e a maior diversidade de cladóceros (1.512.386 ind.m⁻³; 2,4 bits.ind⁻¹, respectivamente) foi na lagoa Osmar, e a maior equitabilidade (0,98) na lagoa das Garças (Tabela do Material Suplementar).

No grupo Copepoda, a riqueza variou de 0 nos rios Paraná, Ivinhema e Baía a 15 espécies na lagoa do Pau-Véio. A maior abundância (118.222 ind.m³) foi na lagoa Ventura, maior diversidade (1,8 bits.ind⁻¹) no rio Paraná e maior equitabilidade (0,99) na lagoa Fechada (Tabela do Material Suplementar).

Relação do Enos com a comunidade Zooplancônica

Houve diferença na riqueza de espécies entre as categorias de ENOS nos três sistemas estudados ($F=12$; $p<0,05$) sendo as maiores riquezas encontradas no período Neutro e menores no período de ElNiño e /ou LaNiña (Fig. 5).

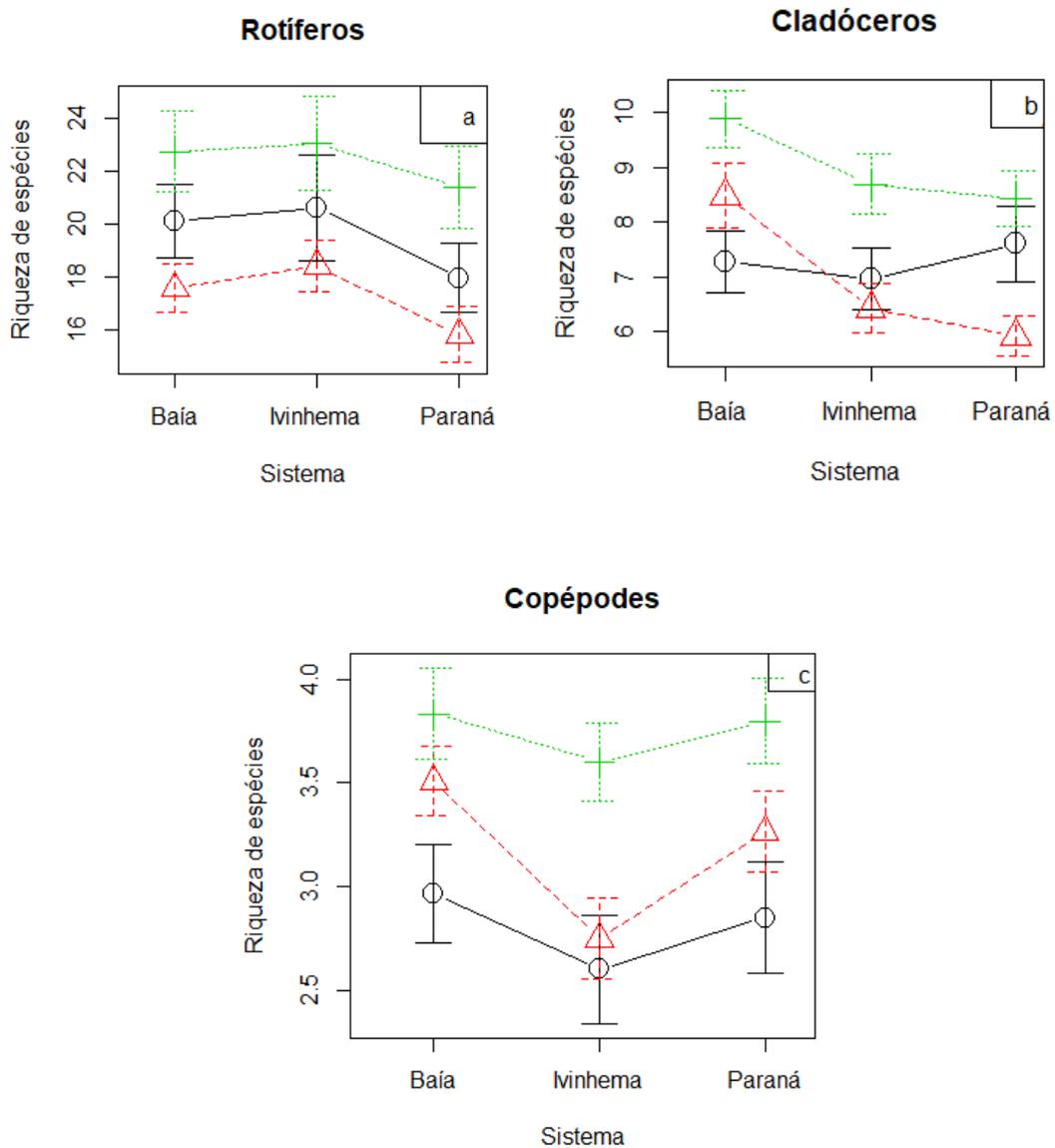


Fig. 5 Diferença na riqueza de rotíferos (a), cladóceros (b) e copépodes (c) entre as categorias ElNiño (linha preta) LaNiña (linha vermelha) e neutro (linha verde) na em subsistemas da Planície de inundação Alto rio Paraná.

Não houve diferença entre as categorias para o atributo abundância de indivíduos em nenhum grupo. Com relação a diversidade de Shannon, a comunidade de rotíferos não apresentou nenhuma diferença entre as categorias de ENOS, porém a diversidade de cladóceros

e de copépodes diferiram entre as categorias nos três sistemas estudados ($F=12$; $p<0,05$) sendo as maiores no período Neutro e menores no período de ElNiño e /ou LaNiña (Fig. 6).

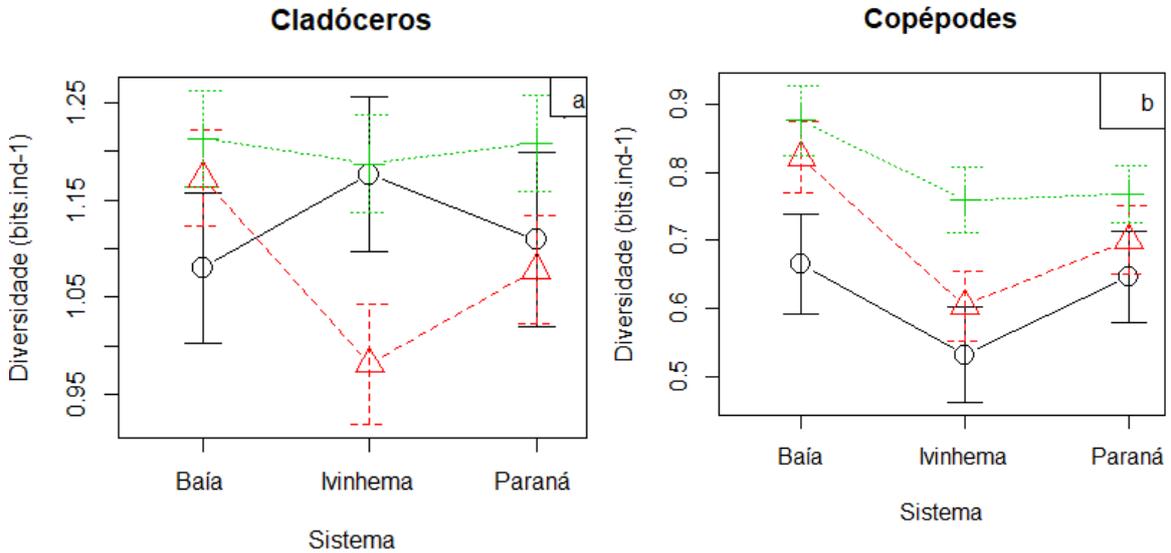


Fig. 6 Diferença na diversidade de cladóceros (a) e copépodes (b) entre as categorias ElNiño (linha preta) LaNiña (linha vermelha) e neutro (linha verde) em subsistemas da Planície de inundação Alto rio Paraná.

Com relação a equitabilidade, apenas os cladóceros apresentaram diferença significativa entre as categorias. Para esse grupo observou-se uma menor dominância das espécies em períodos de ElNiño dentro do sistema Ivinhema (Fig. 7).

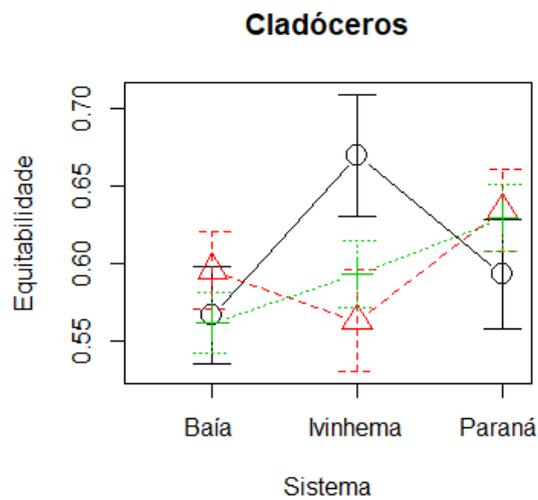


Fig. 7 Diferença na diversidade de cladóceros entre as categorias ElNiño (linha preta) LaNiña (linha vermelha) e neutro (linha verde) em subsistemas da Planície de inundação Alto rio Paraná.

Relação da Temperatura da água com atributos da comunidade Zooplancônica

De modo geral, não houve correlação dos atributos da comunidade de cladóceros com o aumento da temperatura, exceto no rio Paraná, onde houve correlação positiva, marginalmente significativa, para a diversidade e equitabilidade ($p < 0.10$). Quanto a comunidade de rotíferos, houve correlação (positiva) apenas da diversidade e equitabilidade com a temperatura observadas nos seguintes locais: lagoa Guaraná, lagoa Osmar e lagoa Ventura ($p < 0,05$) (Fig. 8 e 9).

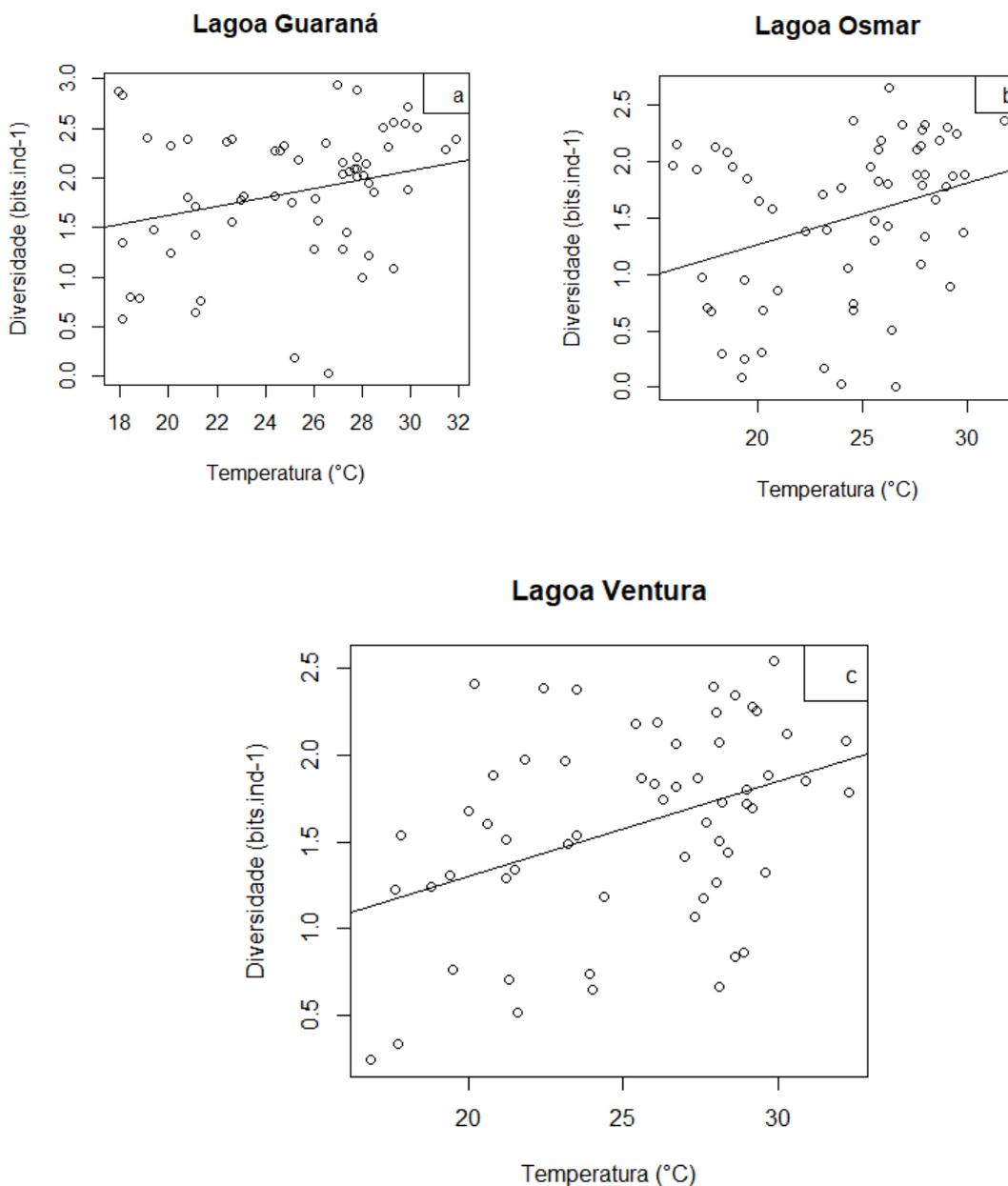


Fig. 8 Correlação da diversidade de rotíferos com o aumento da temperatura na lagoa Guaraná (a), lagoa Osmar (b) e lagoa Ventura (c).

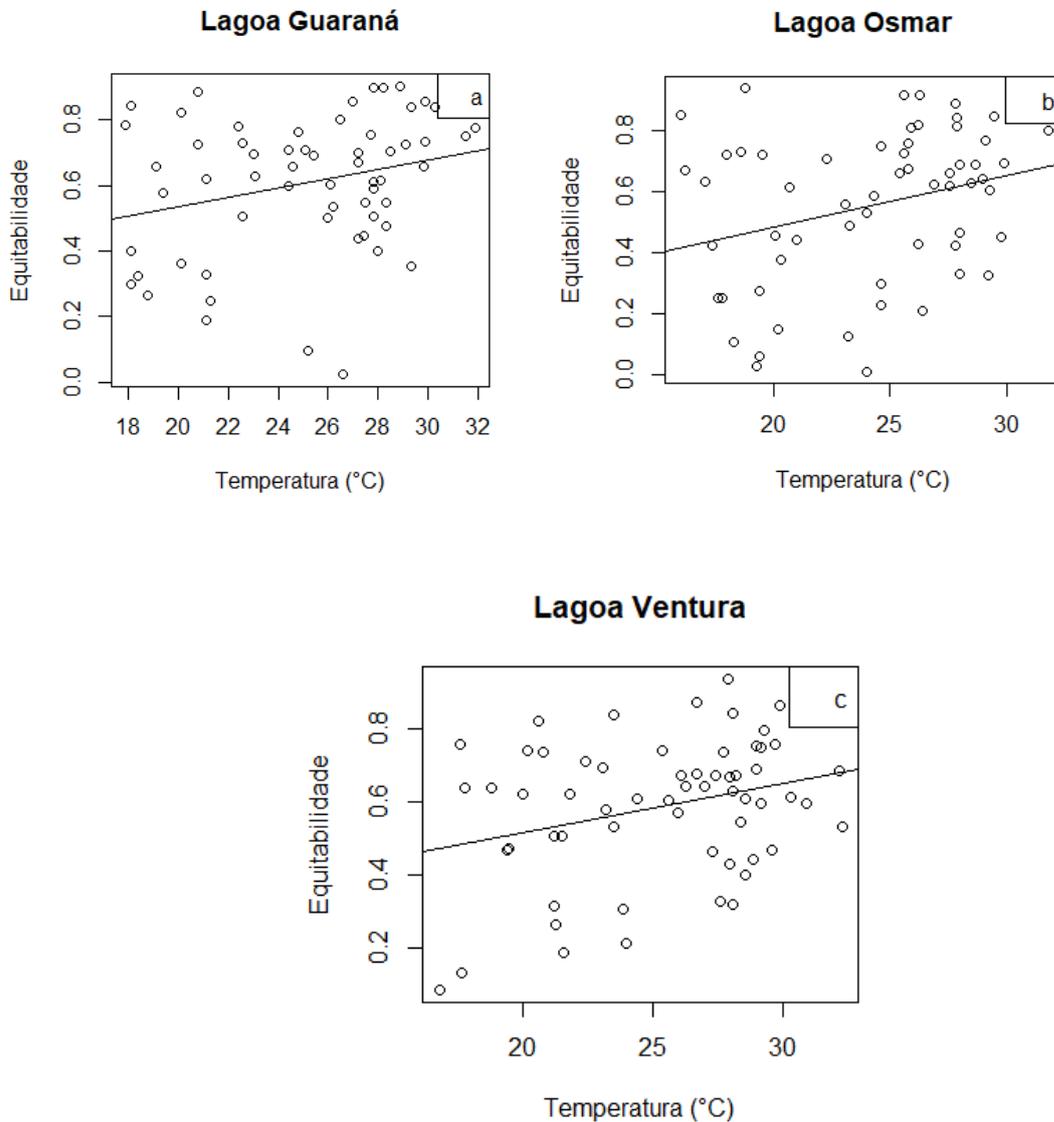


Fig. 9 Correlação da Equitabilidade de rotíferos com o aumento da temperatura na lagoa Guaraná (a), lagoa Osmar (b) e lagoa Ventura (c)

Para a comunidade de copépodes, a maioria dos atributos não apresentou correlação com a temperatura, exceto, a equitabilidade que ao contrário de rotíferos esteve correlacionada negativamente com a temperatura em três ambientes: rio Paraná, rio Ivinhema e lagoa Ventura ($p < 0,05$) (Fig. 10).

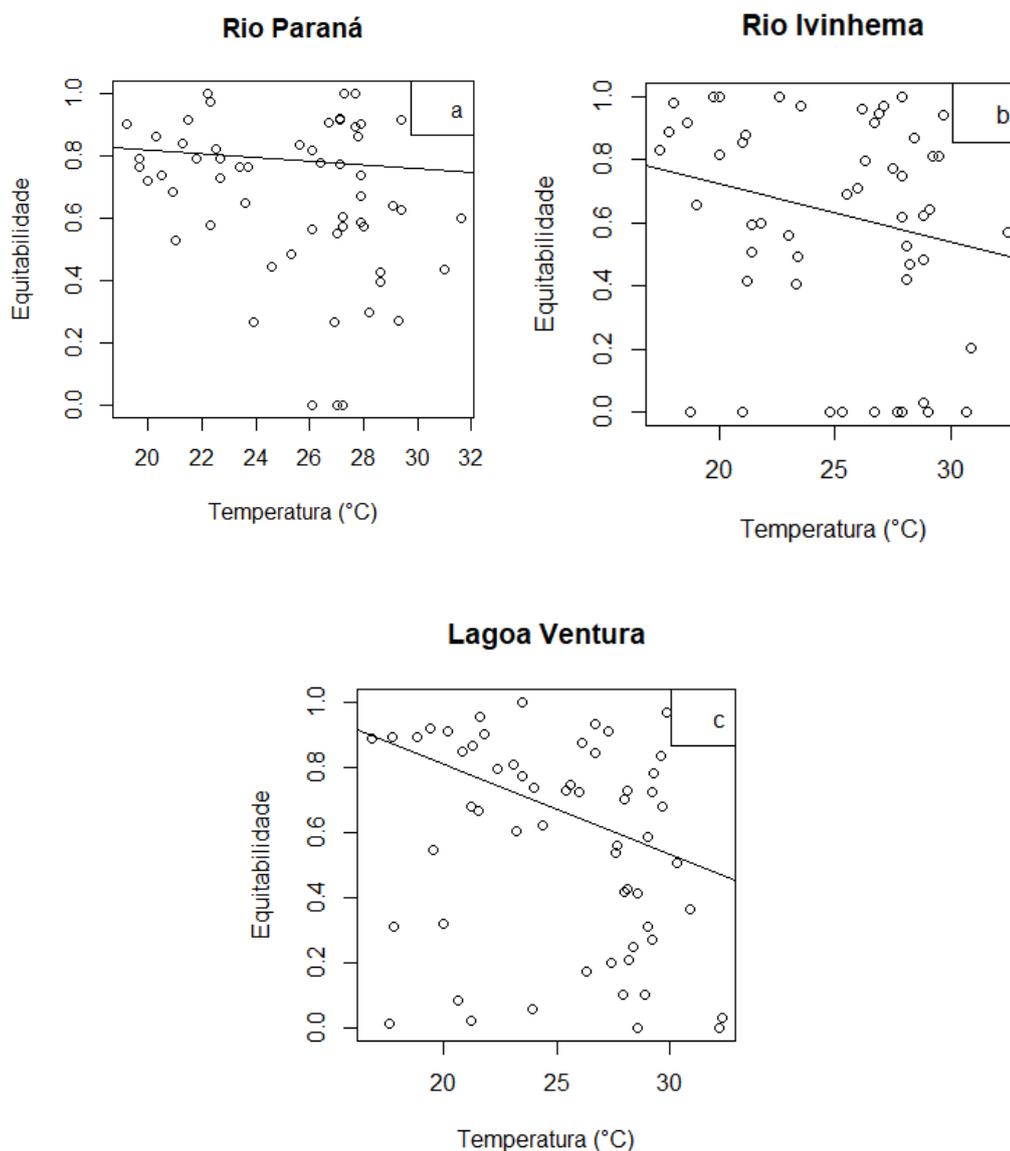


Fig. 10 Correlação da Equitabilidade de copépodes com o aumento da temperatura na lagoa no rio Paraná (a), rio Ivinhema (b) e lagoa Ventura (c).

Discussão

Os resultados desse estudo mostraram diferenças significativas da riqueza e diversidade de zooplâncton entre as três categorias do ENOS (ElNiño, LaNiña e Neutro) sugerindo que as anomalias climáticas ElNiño e LaNiña tem um impacto negativo nesses atributos, principalmente o ElNiño. A resposta negativa da comunidade zooplancônica pode estar associada a pelo menos dois fatores principais combinados a essas variações climáticas: as alterações no pulso sazonal de inundação e a variabilidade ambiental. Em nossas análises identificamos que as variações climáticas globais de ElNiño e LaNiña são coerentes com as

alterações locais no pulso de inundação da planície de inundação Alto rio Paraná, que é a principal força motriz em planícies de inundação (Junk et al. 1989; Junk & Wantson, 2007). Durante o ElNiño ocorrem cheias extremas e durante LaNiña ocorrem períodos estiagem. Além disso, a variabilidade ambiental teve forte interação com as variações climáticas apresentando maior heterogeneidade entre habitats em períodos de ElNiño.

O pulso sazonal de inundação é um fator chave para a manutenção da biodiversidade zooplanctônica em planícies de inundação (Lansac-Tôha et al 2009; Simões et al 2013a; Dias et al. 2016). Isto porque o processo de inundação facilita a troca de matéria orgânica, renova os estoques de nutrientes, e aumenta capacidade de dispersão das espécies, beneficiando toda a biodiversidade regional (Junk & Wantson, 2007; Thomaz et al. 2007). Por outro lado, extensos períodos de estiagem evitam a inundação sazonal de áreas úmidas da várzea e aumentam o tempo em que as os ambientes laterais ficam desconectados (Junk et al. 1989; Agostinho et al. 2004; Fernandes et al. 2009).

A falta de conectividade em períodos de seca leva a condições ambientais limitantes como a redução de oxigênio, redução do pH, e aumento na concentração de nutrientes (Triska et al. 2005; Bond et al. 2008; Simões et al. 2013b). Essas condições ambientais representam uma situação de estresse e causam uma alta instabilidade na comunidade zooplanctônica principalmente em lagoas abertas que normalmente estão conectadas com o rio durante todo ano (Roberto et al. 2009; Simões et al. 2013b). Assim, a diminuição do pulso e a falta de conectividade dos habitats laterais com a planície é principal fator para redução da riqueza e diversidade zooplanctônica na planície de inundação Alto rio Paraná em períodos de LaNiña (estiagem).

Os efeitos das secas ocasionadas pelo ENOS já foram observados em outros sistemas aquáticos neotropicais, bem como sistemas fluviais em outras regiões do mundo, embora tenha sido registrado para grupos taxonômicos diferentes (Freitas et al. 2013; Röpke et al. 2017). Na planície do rio Amazonas, uma intensa seca ocasionada por eventos de ElNiño provocou acentuadas mudanças na composição a abundância relativa das espécies de peixes em sete lagos de várzea, reduzindo a abundância de espécies mais especialistas e beneficiando espécies mais generalistas (Freitas et al. 2013; Ropke et al. 2017). Mudanças na composição e abundância relativa de invertebrados e peixes de riachos também vem sendo amplamente associadas as secas causadas pelo ENOS (Arrington et al. 2006; Bêche et al. 2009; Ríos-Pulgarín et al. 2016; Possami et al. 2018).

Em períodos de ElNiño, a alta variabilidade ambiental também pode ter reduzido a riqueza e diversidade regional de zooplâncton porque as flutuações das variáveis ambientais

impedem o estabelecimento e a permanência das espécies causando uma instabilidade em toda comunidade (Adler & Drake, 2008; Shurin et al. 2010; Bonecker et al. 2013; Simões et al 2013b).

Em período seco, ocorre elevada heterogeneidade ambiental entre os habitats das planícies de inundação devido à ausência de conectividade (Tomaz et al. 2007; Bozelli et al. 2015). Ao contrário, em períodos normais de inundação a conectividade promove maior similaridade entre os ambientes diminuindo a variabilidade ambiental da planície (Tomaz et al. 2007; Bozelli et al. 2015). Por outro lado, os resultados deste estudo indicaram ainda uma maior heterogeneidade ambiental em períodos de inundações extremas (ElNiño). Isso significa que a intensidade da inundação produz efeitos diferenciados nas características físicas e químicas da água dos diferentes tipos de habitat ocasionando maior dissimilaridade entre eles. É importante ressaltar que a inundação promove a homogeneização das condições ambientais (Thomaz et al. 2007) no intervalo de tempo durante sua ocorrência, enquanto que neste estudo, os eventos ENOS estudados ultrapassam o intervalo de tempo uma amostragem, compreendendo um período, de pelo menos, cinco meses consecutivos dos índices mensais de Niño oceânico extrapolando os limites de referência. Assim, uma inundação de alta intensidade deve homogeneizar as condições ambientais no momento que ela ocorre. E quando comparada com um tempo anterior ou posterior, as condições ambientais são mais dissimilares.

Apesar de não avaliar as variáveis ambientais diretamente e nem quais tipos de ambientes foram afetados pela inundação, é muito provável que as cheias extremas (ElNiño) tenha impactado, principalmente, as lagoas sem conexão com o rio porque são ambientes normalmente desconectados aos rios principais da planície durante os períodos naturais de estiagem (Roberto et al. 2009). Assim, a intensidade das inundações pode ter causado uma instabilidade nas condições físicas e químicas desses ambientes, ultrapassando o limite de tolerância de muitas espécies.

A intensa inundação ocasionada por eventos climáticos vem sendo bastante associado as modificações na estrutura e composição de invertebrados de riachos e rios sequeiros (Lawrence et al. 2008; Rueda-Delgado et al. 2014; Ríos-Pulgarín et al. 2016). Porém os efeitos das inundações extremas em zooplâncton ainda são pouco conhecidas. A maioria dos estudos indicam uma relação positiva das inundações sazonais com a diversidade zooplanctônica porque as inundações sazonais estão associadas ao ciclo de vida, fenologia e adaptações sazonal das espécies (Lansac-Tôha et al 2009; Simões et.al 2012; Dias et al. 2016). Porém, os resultados mostram uma redução da riqueza e diversidade zooplanctônica em períodos inundações extremas. Dessa forma, a diversidade zooplanctônica é beneficiada com a inundação quando o

mecanismo gerador é o pulso de inundação, quando preservado suas propriedades naturais de frequência, amplitude e intensidade, tal como previsto por Neiff (1990). Quando as inundações são extremas, geradas por outros fatores, tal como eventos climáticos extremos, o efeito é negativo porque esta perturbação modifica drasticamente o habitat de muitas espécies. Esta conclusão corrobora a Hipótese da Perturbação Intermediária, sugerindo que em uma planície de inundação, a inundação é um distúrbio benéfico para a diversidade de espécie somente quando acontece em níveis medianos.

As secas prolongadas e as inundações extremas provocadas pelos eventos climáticos extremos (ENOS) afetaram a riqueza e diversidade do Zooplâncton na planície de inundação Alto rio Paraná. O IPCC e outros estudos preveem um aumento na frequência e intensidade desses eventos, devido ao aumento do aquecimento global, que deverá provocar anomalias na precipitação, resultando em períodos mais severos de enchentes e secas (IPCC, 2012; Cai et al. 2014; Cai et al. 2015). Segundo as projeções, os trópicos também experimentarão mudanças de larga escala na precipitação que deverá intensificar os períodos de seca e inundações (Diffenbaugh & Giori, 2012). Os impactos dessas mudanças na biodiversidade ainda são incertos, porém nossos resultados indicam que as intensidades dessas mudanças provavelmente causarão maior redução na riqueza e diversidade zooplanctônica nas planícies de inundação tropicais sujeitas ao ENOS.

Este estudo também mostra evidências de que há uma tendência no aumento da temperatura na planície de inundação do Alto rio Paraná. No entanto, não houve um padrão de resposta da comunidade zooplanctônica a esse aumento de temperatura nos dez ambientes estudados, provavelmente porque esses ambientes estão adaptados às variações históricas de temperatura mostrando uma certa capacidade de tamponamento em relação às variações térmicas. Dessa forma, o aumento da temperatura da água na planície de inundação do Alto rio Paraná, não foi forte o suficiente para causar efeitos diretos nos atributos da comunidade zooplanctônica. Porém, a correlação positiva da temperatura com a diversidade rotíferos e negativa com a equitabilidade de copépodes em alguns dos ambientes, alerta para o fato de que o aumento de temperatura pode gerar efeitos maiores na estrutura da comunidade ao longo do tempo com os cenários de aquecimento global previsto.

Nosso estudo também sugere que o aumento da temperatura, como previsto pelo IPCC (2014), promoverá a diversidade de rotíferos, mas limitará os copépodes. Strecker et al. (2004), baseado em uma análise experimental, já propôs que o aquecimento afetará a estrutura da comunidade zooplanctônica estimulando organismos de crescimento rápido (como rotíferos) e suprimirá grandes consumidores (como cladóceros e copépodes). Os resultados deste estudo

não sustentam esta hipótese porque não dividiu os organismos em classes de tamanhos, mas apenas comparações entre grupos. Porém corrobora os resultados de outros estudos que afirmam que rotíferos serão beneficiados em ambientes mais quentes (Strecker, 2004; Dupuis & Hann, 2009) e mostram que estes organismos, r-estrategistas e oportunistas, possuem uma ampla tolerância a distúrbios ambientais, como por exemplo o aumento da temperatura ao contrário de cladóceros e copépodes (Robertson & Hardy, 1984; Neves et al. 2003).

Algumas abordagens experimentais não têm encontrado efeitos significativos do aumento da temperatura sobre a zooplâncton (Meecke, 2002; Iglesias et al. 2011; Sorf et al. 2015). No entanto, esses estudos enfatizam vários efeitos indiretos da temperatura com o aumento na concentração de nutrientes e aumento na predação. É importante, ainda, reforçar a necessidade de estudos de longo prazo afim de avaliar os efeitos da temperatura combinados interações ecológicas (como pressão da predação, mudanças na composição de algas e aumento na concentração de nutrientes) especialmente em ambientes tropicais. Estudos de revisão mostram que haverá mudanças na composição e hábitos alimentares de peixes, aumentando, por exemplo, a onivoria (Jeppesen et al. 2010). Isso implica na maior predação de zooplâncton e, conseqüentemente, um desequilíbrio nas cadeias tróficas alimentares. Dessa forma, alertamos para um maior esforço avaliando efeitos de temperatura, tanto diretos como indiretos em ecossistemas de clima tropical.

Conclusão

Nesse trabalho, mostramos evidências de que existe uma tendência no aumento da temperatura na planície de inundação do rio Paraná, porém essas mudanças ainda não são fortes o suficiente para causar grandes impactos na estrutura da comunidade zooplânctônica. Por outro lado, nossos resultados mostram o impacto dos eventos climáticos extremos na diversidade zooplânctônica e reforçam o alerta para os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade das planícies de inundações sujeitas ao ENOS.

Agradecimentos: Agradecemos ao laboratório de limnologia e zooplâncton do Nupelia pelo fornecimento dos dados e a CAPES pelo fornecimento da bolsa de Mestrado.

Referências

- Adrian, R., C. M. O'Reilly, H. Zagarese, SB Baines, D. O. Hessen, W. Keller & G. A. Weyhenmeyer, 2009. Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and oceanography* 54: 2283-2297.
- Agostinho, A. A., S. M. Thomaz & L. C. Gomes, 2004. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: Effects of hydrological regulation by dams. *Ecohydrol. Hydrobiologia* 4: 255–268.
- Adler, P. B. & J. M. Drake, 2008. Environmental variation, stochastic extinction, and competitive coexistence. *The American Naturalist* 172: 186-195.
- Anderson M. J., K. E. Ellingsen & B. H. McArdle, 2006. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology letters*, 9: 683-693
- Arora, V. K. & G. J. Boer. Effects of simulated climate change on the hydrology of major river basins, 2001. *Journal of Geophysical Research* 106:3335-3348
- Arrington, D. A., & K. O. Winemiller, 2006. Habitat affinity, the seasonal flood pulse, and community assembly in the littoral zone of a Neotropical floodplain river. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 126-141.
- Bêche, L. A., P. G. Connors, V. H. Resh & A.M. Merenlender, 2009. Resilience of fishes and invertebrates to prolonged drought in two California streams. *Ecography* 32: 778-788.
- Beyene T., D. P. Lettenmaier & P. Kabate. Hydrologic impacts of climate change on the Nile River Basin: implications of the 2007 IPCC scenarios, 2010. *Climatic Change* 100:433-461.
- Bond, N. R., O. S. Lake, & A. H. Arthington, 2008. The impacts of drought on freshwater ecosystems: an Australian perspective. *Hydrobiologia* 600: 3-16.
- Bonecker, C. C., N. R. Simões, C. V. Minte-Vera, F. A. Lansac-Tôha, L. F. M. Velho & Â. A. Agostinho, 2013. Temporal changes in zooplankton species diversity in response to environmental changes in an alluvial valley. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 43:114-121.
- Bottrel, H. H., A. Duncan, Z. Gliwicz, E. Grygierek, A. Herzig, A. Hillbricht-Ilkowska, H. Kurasawa, P. Larsson & T. Weglenska, 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*. 24: 419-456.
- 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.
- Brucet, S., D. Boix, X. D. Quintana, E. Jensen, L. W. Nathansen, C. Trochine & E. Jeppesen, 2010. Factors influencing zooplankton size structure at contrasting temperatures in coastal shallow lakes: implications for effects of climate change. *Limnology and Oceanography*. 55: 1697 –1711.
- Cai, W., M. Lengaigne, A. Timmermann, A. Santoso, M. J. McPhaden, L. Wu, F. F. Jin, A. Timmermann, M. Collins, G. Vecchi, M. Lengaigne, M. H. England, D. Dommenges, K. Takahashi, G. Wang & E, 2015. Guilyardi. Increased frequency of extreme La Niña events

under greenhouse warming. online publication disponível em>
www.nature.com/natureclimatechange.

Cai, W., S. Borlace, M. Lengaigne, P. Rensch, M. Collins, G. Vecchi, A. Timmermann, A. Santoso, M. J. McPhaden, L. Wu, M. H. England, G. Wang, E. Guilyardi & F. F. Jin, 2014. *Nature Climate Change* 4: 111-116.

Centro de previsão climática/Administração Nacional Oceânica e Atmosférica- CPC/NOOA. ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions. Disponível em>
http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf (acesso em 04 de Julho de 2018)

CTPEC-Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em>
<http://enos.cptec.inpe.br/> (acesso em 05 de julho de 2018)

Daufresne, M., K. Lengfellner, & U. Sommer, 2009. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106: 12788-12793.

Dias, J. D., N. R. Simões, F. A. Meerhoff, F. A. Lansac-Tôha, L. F. M. Velho & C. C. Bonecker, 2016 Hydrological dynamics drives zooplankton metacommunity structure in a Neotropical floodplain. *Hydrobiologia* 781: 109-125.

Diffenbaugh, N. S. & F. Giorgi, 2012. Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble. *Climatic change*, 114: 813-822.

Dupuis, A.P. & B. J. Hann, 2009. Warm spring and summer water temperatures in small eutrophic lakes of the Canadian prairies: potential implications for phytoplankton and zooplankton. *Journal of Plankton Research* 31: 489-502.

Elmoor-Loureiro, M. A. L., 1997. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Universa. Brasília.

Esteves, F. A., 2011. Fundamentos de Limnologia. 2edição. Interciência, Rio de Janeiro

Fernandes, R., A. A. Agostinho, E. A. Ferreira, C. S. Pavanelli, H. I. Suzuki, D. P. Lima & L. C. Gomes, 2009. Effects of the hydrological regime on the ichthyofauna of riverine environments of the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology* 69: 669-680.

Fonseca, P. E. G., A. Ramírez & C. M. Pringle, 2018. Large-scale climatic phenomena drive fluctuations in macroinvertebrate assemblages in lowland tropical streams, Costa Rica: The importance of ENSO events in determining long-term (15y) patterns. *PLOS ONE*, available in>
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191781>

Frederiksen, M., M. Edwards, A. J. Richardson, N. C. E. Halliday & S. Wanless, 2006. From plankton to top predators: bottom-up control of a marine food web across four trophic levels. *Journal of Animal Ecology* 75: 1259-1268.

Freitas, C. E. C., F. K. Siqueira-Souza, R. Humston, & LE Hurd, 2013. An initial assessment of drought sensitivity in Amazonian fish communities. *Hydrobiologia* 705: 159–171.

Gillooly, J. F, E. F Charnov, G. B. West, V. M. Savage, & J. H. Brown, 2002. Effects of size and temperature on developmental time. *Nature*. 417: 70-73.

Grimm, A. M. How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil? 2004. *Climate Dynamics*: 123–138

Grimm, A. M. The El Niño Impact on the Summer Monsoon in Brazil: Regional Processes versus Remote Influences, 2003. *American Meteorological Society* 16: 263-280.

Gurnell, A., K. Thompson, J. Goodson, H. Moggridge, 2008. Deposição de propagação ao longo das margens dos rios: ligando hidrologia e ecologia. *Journal of Ecology* 96: 553–565.

Havens, K. E., & J. R. Beaver, 2011. Composition, size, and biomass of zooplankton in large productive Florida lakes. *Hydrobiologia* 668: 49-60.

Huntley, M. E & M. D Lopez, 1992. Temperature-dependent production of marine copepods: a global synthesis. *The American Naturalist*. 140: 201-242.

IBGE. 1990. *Geografia do Brasil*. [Brazilian Geography]. Rio de Janeiro.

Iglesias, C., N. Mazzeo, M. Meerhoff, G. Lacerot, J. M. Clemente, F. Scasso, & J. C. Paggi, 2011. High predation is of key importance for dominance of small-bodied zooplankton in warm shallow lakes: evidence from lakes, fish exclosures and surface sediments. *Hydrobiologia* 667:133-147.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: Synthesis Report* disponível em > http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_full_report.pdf.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change, 2014: Synthesis Report*. available online em >http://ar5syr.ipcc.ch/ipcc/ipcc/resources/pdf/IPCC_SynthesisReport.pdf.

IPCC, 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field C. B., V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor & P. M. Midgley, editors. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp 582.

Hutchinson, G. E. 1976. *A Treatise on Limnology*. Volume II: Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Jeppesen, E., J. P. Jensen, M. Søndergaard, T. Lauridsen, L. J. Pedersen & L. Jensen, 1997. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia*. 342: 151-164.

Jeppesen, E., M. Meerhoff, K. Holmgren, I. González-Bergonzoni, F. Teixeira-De Mello, S. A. Declerck & J. M. Conde-Porcuna, 2010. Impacts of climate warming on lake fish community structure and potential effects on ecosystem function. *Hydrobiologia* 646: 73-90.

Jeppesen, E., P. Nøges, T. A. Davidson, J. Haberman, T. Nøges, K. Blank, & L. S. Johansson, 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 676: 279-297.

Junk, W. J., & K. M. Wantzen, 2006. Flood pulsing and the development and maintenance of biodiversity in floodplains. *Ecology of freshwater and estuarine wetlands* 407-435.

- Junk, W. J., Ohly, J. J., Piedade, M. T. F. & M. G. Soares, 2000. The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management. Backhuys Publishers.
- Junk, W., P. B. Bayley & R. E. Sparks, 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In DP Dodge (ed). Proceedings of the International Large River Symposium (LARS). 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. Ecology of freshwater and estuarine wetlands 407-435. DOI: 10.1525/california/9780520247772.003.0011
- Koste, W., 1978. Rotatoria die Rädertiere Mitteleuropas begründet von Max Voight. Monogononta. Berlin: Gebrüder Borntraeger. 1: 67, 2: 474.
- Kendall, M.G., 1975. Rank Correlation Methods. Griffin, London.
- Lansac-Tôha, F. A., C. C. Bonecker, L. F. M. Velho, L. F. M., N. R. Simões, J. D. Dias, G. M. Alves, & E. M. Takahashi, 2009. Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. Brazilian Journal of Biology, 69: 539-549.
- Lawrence J. E., K. B. Lunde, R. D. Mazor, L. A. Bêche, E. P. McElravy & V. H. Resh, 2010. Long-term macroinvertebrate responses to climate change: implications for biological assessment in mediterranean-climate streams. Journal of the North American Benthological Society 29: 1424-1440.
- Lefort, S., O. Aumont, L. Bopp, T. Arsouze, M. Gehlen & O. Maury, 2015. Spatial and body-size dependent response of marine pelagic communities to projected global climate change. Global Change Biology 21: 154-164.
- Lindenmayer, D. B. & G. E. Likens, 2010. The science and application of ecological monitoring. Biological conservation 143: 1317-1328.
- Lindenmayer, D. B., G. E. Likens, A. Andersen, D. Bowman, C. M. Bull, E. Burns & A. J. Lowe, 2012. Value of long-term ecological studies. Austral Ecology. 37: 745-757.
- Matsumura-Tundisi, T., 1986. Latitudinal distribution of Calanoida copepods in freshwater aquatic systems of Brazil. Brazilian Journal of Biology, 46: 527-553.
- Mckee, D., D. Atkinson, S. Collings, J. Eaton, I. Harvey, T. Heyes & B. Moss, 2002. Macrozooplankton responses to simulated climate warming in experimental freshwater microcosms. Freshwater Biology 47: 1557-1570.
- Melão, M. G. G., 1999. A produtividade secundária do Zooplâncton. In: Ecologia de Reservatórios. Henry, R. São Paulo: Fapesp/fundibio.
- Meurer, M., 2004. Regime de cheias e cartografia de áreas inundáveis no Alto Rio Paraná, na Região de Porto Rico - PR. Maringá: Universidade Estadual de Maringá - UEM. 54p. Dissertação de Mestrado.
- Montoya, J. M. & D. Raffaelli, 2010. Climate change, biotic interactions and ecosystem services. Philolophical Transaction of the Royal. Society 365: 2013-2018.

Müller, F., C. Baessler, H. Schubert, & S. Klotz, 2010. Long-term ecological research. Springer, Berlin 10: 978-90.

Neiff, J., Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia* 1990, 15, 424–441.

Neves, I. F., O. Rocha, K. F. Roche & A. A. Pinto, 2003. Zooplankton community structure of two marginal lakes of the river Cuiabá (Mato Grosso, Brazil) with analysis of Rotifera and Cladocera diversity. *Brazilian Journal of Biology* 63: 329-343.

Organização Meteorológica Mundial (OMS), 2014. El Niño/ Southern Oscillation. Disponível em >http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/JN142122_WMO1145_EN_web.pdf (acesso em Junho de 2018)

Palmer, M. A, C. A. R. Liermann, C. Nilson, M. Flörke, J. Alcamo, P. S. Lake & N. Bond, 2008. Climate change and the world's river basins: anticipating management options. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6: 81-89.

Petitgas, P., A. D. Rijnsdorp, M. Dickey-Collas, H. G. Engelhard, M. A. Peck, N. A. Pinnegar & R. D. Nash, 2013. Impacts of climate change on the complex life cycles of fish. *Fisheries Oceanography*. 22: 121-139.

Possamai, B., J. P. Vieira¹, A. M. Grimm & A. M. Garcia, 2018. Temporal variability (1997-2015) of trophic fish guilds and its relationships with El Niño events in a subtropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Disponível em ><https://doi.org/10.1016/j.ec.ss.2017.12.019>.

Reid, J. W., 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Boletim de Zoologia*. 9: 17-143.

Richardson, A. J., 2008. In hot water: zooplankton and climate change. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*. 65: 279-295.

Ríos-Pulgarín M. I., M. Barletta & N. J. Mancera-Rodriguez, 2016. Hydrological cycle effects on the aquatic community in a Neotropical stream of the Andean piedmont during the 2007–2010 ENSO events. *Journal of Fish Biology*, available online at wileyonlinelibrary.com

Roberto, M. C., N. F. Santana & S. M. Thomaz, 2009. Limnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. *Brazilian Journal of Biology* 69:717-725.

Robertson, B. A. & E. R. Hardy., 1984, Zooplankton of Amazonian lakes and rivers. In H. Sioli (ed.), *The Amazon – Limnology and landscape, Ecology of a mighty tropical river and its basin*, Netherlands DC: 337-352.

Rocha, P. C., 2002. Dinâmica dos canais no sistema rio planície fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico - PR. Maringá: Universidade Estadual de Maringá - UEM. 169p. Tese de Doutorado.

- Rodrigues, L. C., N. R. Simões, V. M. Bovo-Scomparin, S. Jati, N. F. Santana, M. C. Roberto & S. Train, 2015. Phytoplankton alpha diversity as an indicator of environmental changes in a neotropical floodplain. *Ecological Indicators* 48:334-341.
- Roland, F., V. L. M. Huszar, V. F. Farjalla, A. Enrich-Prast, A. M. Amado & J. P. H. B. Ometto, 2012. Mudanças climáticas no Brasil: perspectiva sobre a biogeoquímica das águas interiores. *Brazilian Journal of Biology*. 72: 709-722.
- Röpke, C. P., S. Amadio, J. Zuanon, E. J. Ferreira, C. P. De Deus, T. H. Pires & K. O. Winemiller, 2017. Simultaneous abrupt shifts in hydrology and fish assemblage structure in a floodplain lake in the central Amazon. *Scientific Reports* 7: 40170
- Rueda-Delgado G., K. M. Wantzen & M. B. Tolosa, 2012. Leaf-litter decomposition in an Amazonian floodplain stream: effects of seasonal hydrological changes. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 233-249. Diffenbaugh NS, Giorgi F. Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble. *Clim Change* 114: 813-822.
- Rusak, J. A, N. D. Yan & K. M. Somers, 2008. Regional climatic drivers of synchronous zooplankton dynamics in north-temperate lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65:878-889.
- Segers, H., 1995. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world: Volume 2. Rotifera: The Lecanidae (Monogononta).
- Serranito, B., A. Aubert, L. Stemmann, N. Rossi & J. L. Jamet, 2016. Proposition of indicators of anthropogenic pressure in the Bay of Toulon (Mediterranean Sea) based on zooplankton time-series. *Continental Shelf Research*. 121: 3-12.
- Shurin, J. B., J. L. Clasen, HS Greig, P. Kratina, & P. L. Thompson, 2012. Warming shifts top-down and bottom-up control of pond food web structure and function. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B. Biological Sciences* 367: 3008-3017.
- Shurin, J. B., M. Winder, R. Adrian, W. B. Keller, B. Matthews, A. M. Paterson & N. Yan, 2010. Environmental stability and lake zooplankton diversity – contrasting effects of chemical and thermal variability. *Ecology Letters* 13: 453–463.
- Simões N. R., F. A. Lansac-Tôha & CC Bonecker, 2013. Drought disturbances increase temporal variability of zooplankton community structure in floodplains. *International Review of Hydrobiology* 98: 24-33.
- 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.
- Šorf, M., T. A. Davidson, S. Brucet, R. F. Menezes, M. Søndergaard, T. L. Lauridsen & E. Jeppesen, 2015. Zooplankton response to climate warming: a mesocosm experiment at contrasting temperatures and nutrient levels. *Hydrobiologia* 742:185-203.
- Souza-Filho, E. E. Evaluation of the Upper Parana River discharge controlled by reservoirs, 2009. *Brazilian Journal of Biology* 69: 707–716.

Strecker, A. L., T. P. Cobb & R.D. Vinebrooke, 2004. Effects of experimental greenhouse warming on phytoplankton and zooplankton communities in fishless alpine ponds. *Limnology and Oceanography*, 49: 1182-1190.

Team R. C., 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Thomaz, S.M., M. C. Roberto, L. M. Bini, 1997. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: Vazzoler, A.E.A.M, Agostinho, A.A., Hahn, N.S. (eds). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos EDUEM, Maringá, pp. 73-102.

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., Agostinho, A. A. & Hahn, N. S. (Eds.). The Upper Parana River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. Leiden: Backhuys Publishers 75-102.

Thomaz, S. M., L. M. Bini & R. L. Bozelli, 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* 579: 1–13.

Triska, F. J., C. M. Pringle, J. H. Duff, R. J. Avanzino, A. Ramirez, M. Ardon & A. P. Jackman, 2006. Soluble reactive phosphorus transport and retention in tropical, rainforest streams draining a volcanic and geothermally active landscape in Costa Rica.: Long-term concentration patterns, pore water environment and response to ENSO events. *Biogeochemistry* 81: 131-143.

Tundisi, J. G. & T. Matsumura-Tundisi, 2008. *Limnologia*. 1ª edição. Oficina de Textos, São Paulo.

Ware, D. M. & R. E. Thomson, 2005. Bottom-up ecosystem trophic dynamics determine fish production in the Northeast Pacific. *Science*. 30: 1280-1284.

Yeh, S. W., J. S. Kug, B. Dewitte, M. H. Kion, B. P. Kirtman & F. F. Jin. El Niño in a changing climate, 2009. *Nature* 461: 511:514.

Material Suplementar

Tabela 1: Análise estatística descritiva de valores mínimo (Min) máximos (Máx.) e desvio padrão (DP) dos atributos comunidade zooplancônica por local na Planície de inundação Alto rio Paraná.

	Rotíferos															
	<u>RIQUEZA</u>				<u>ABUNDÂNCIA</u>				<u>DIVERSIDADE</u>				<u>EQUITABILIDADE</u>			
	Máx	Min	Méd	DP	Máx	Min	Méd	DP	Máx	Min	Méd	DP	Máx	Min	Méd	DP
Rio Paraná	61	3	12	11	316236	20	13599	46037	3.2	0.2	1.7	0	0.99	0.12	0.68	0.21
Lagoa Osmar	59	1	16	12	528284	5	32881	74864	2.6	0	1.4	0	0.93	0.01	0.63	0.24
Lagoa das Garças	84	0	19	14	6061876	424	186742	809051	2.8	0	1.6	0	0.93	0.57	0	0.19
Lagoa do Pau-Véio	91	7	22	16	352208	81	17276	59561	3.2	0.5	1.8	0	0.89	0.19	0.61	0.17
Rio Baía	91	0	20	10	372213	0	23701	19801	3.2	0	1.7	0	0.98	0	0.62	0.17
Lagoa Fechada	69	6	20	11	316573	169	16.822	56375	3.0	0.2	1.6	0	0.84	0.12	0.55	0.17
Lagoa Guaraná	80	5	23	13	1229469	183	56954	185803	2.9	0.03	1.8	0	0.90	0.02	0.60	0.20
Rio Ivinhema	84	0	20	16	372213	0	21416	56483	3.2	0	1.7	0	0.98	0	0.66	0.21
Lagoa Ventura	58	5	17	9	251686	17	22624	46042	2.5	0.24	1.5	0	0.93	0.08	0.55	0.18
Lagoa dos Patos	77	9	22	11	399019	187	25323	61741	2.8	0.31	1.7	0	0.88	0.11	0.63	0.17
Cladóceros																
Rio Paraná	21	1	6	4	27777	4	2367	5945	2.2	0	1.0	0	1.0	0.1	0.6	0
Lagoa Osmar	29	0	8	4	1512386	0	34394	194811	2.4	0	1.1	0	0.79	0	0.79	0
Lagoa das Garças	30	0	7	5	293312	0	3502	38623	2.1	0	1.0	0	0.98	0	0.60	0
Lagoa do Pau-Véio	27	2	7	5	34976	3	3203	5560	2.3	0.2	1.1	0	1.0	0.09	0.62	0.24
Rio Baía	26	0	8	4	103740	0	8698	15757	1.9	0	1.2	0	0.96	0	0.60	0.19
Lagoa Fechada	69	6	20	5	316572	169	38283	28767	3.0	0.2	1.6	0	0.84	0.12	0.55	0.17
Lagoa Guaraná	33	2	10	5	191134	15	16685	32051	2.3	0.1	1.2	0	0.91	0.07	0.56	0.19
Rio Ivinhema	24	0	7	4	112006	0	11850	26049	2.2	0	1.1	0	1.0	0	0.62	0
Lagoa Ventura	19	0	7	4	171346	0	14632	25121	1.9	0	1.0	0	0.82	0	0.53	0.20
Lagoa dos Patos	26	2	7	4	199468	10	11595	29913	2.0	0.20	1.0	0	1.0	0.08	0.61	0.22
Copépodes																
Rio Paraná	9	0	2	2	118222	0	561	15648	1.8	0	0.7	0	1.0	0	0.66	0
Lagoa Osmar	11	0	3	2	44238	0	6266	10479	1.5	0	0.67	0	1.0	0	0.58	0
Lagoa das Garças	7	0	3	1	6011	0	696	1074	1.5	0	0.7	0	0.98	0	0.62	0
Lagoa do Pau-Véio	15	0	3	2	12007	0	694	1680	1.6	0	1.1	0	1.0	0	0.68	0
Rio Baía	15	0	3	2	87200	0	2196	791	1.8	0	0.68	0	1.0	0	0.61	0
Lagoa Fechada	7	0	3	1	46167	0	3007	6672	1.4	0	0.74	0	0.99	0	0.61	0
Lagoa Guaraná	12	0	3	2	12319	0	856	2034	1.8	0	0.9	0	1.0	0	0.74	0
Rio Ivinhema	9	0	2	2	87200	0	1384	15134	1.6	0	0.62	0	1.0	0	0.59	0
Lagoa Ventura	8	0	2	1	41782	0	1866	5640	1.8	0	0.6	0	1.0	0	0.56	0
Lagoa dos Patos	10	0	3	1	27351	0	2364	4375	1.5	0	0.64	0	1.0	0	0.60	0

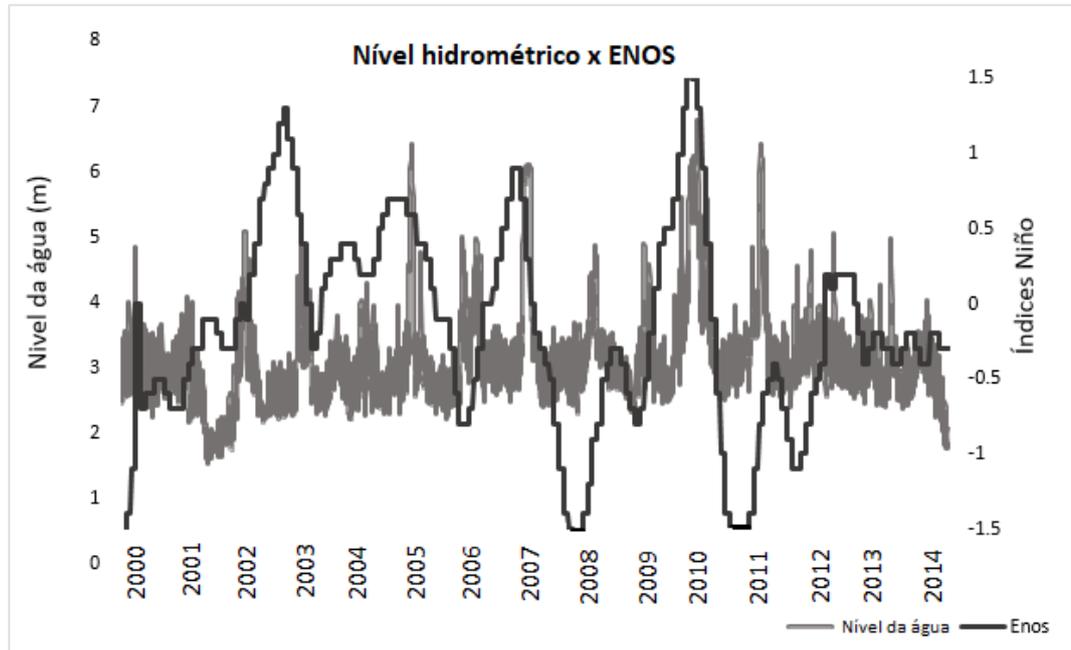


Fig. 1 Variação do nível hidrométrico na Planície de inundação do Alto rio Paraná e dos índices Niño entre 2000 e 2014