

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

FERNANDO GARCIA DE OLIVEIRA

**Influência da dinâmica hidrológica na distribuição espacial de jovens de  
*Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes,  
Prochilodontidae) na planície de inundação do alto rio Paraná**

Maringá  
2013

FERNANDO GARCIA DE OLIVEIRA

**Influência da dinâmica hidrológica na distribuição espacial de jovens de  
*Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes,  
Prochilodontidae) na planície de inundação do alto rio Paraná**

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

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes

Maringá  
2013

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

O48i

Oliveira, Fernando Garcia de, 1984-

Influência da dinâmica hidrológica na distribuição espacial de jovens de *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes, Prochilodontidae) na planície de inundação do alto rio Paraná / Fernando Garcia de Oliveira. -- Maringá, 2013.

34 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--  
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes.

1. *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes, Prochilodontidae) "curimba = sabalo" - Migração - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes, Prochilodontidae) "curimba = sabalo" - Distribuição espacial de juvenis - Regime hidrológico - 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. -597.48156809816  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

FERNANDO GARCIA DE OLIVEIRA

**Influência da dinâmica hidrológica na distribuição espacial de jovens de  
*Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes,  
Prochilodontidae) na planície de inundação do alto rio Paraná**

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

Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui  
Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul

Dr. Samuel Verissimo  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 04 de março de 2013.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. "Keshiyu Nakatani", Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Aos meus pais,  
pela minha educação, exemplos,  
apoio e incentivos ao estudo

Aos meus amigos e familiares,  
pelo companheirismo

À minha esposa,  
pela compreensão, serenidade,  
força e incentivo

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes, pela orientação acadêmica na minha formação como mestre, compartilhando suas experiências desde a minha iniciação científica ainda na graduação, pela amizade, presteza, paciência e confiança doadas para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA) do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá (UEM), pela oportunidade de participar de um centro de ensino de renome em pesquisa no país.

Ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), pela estrutura física e serviços logísticos fornecidos para a realização das coletas de material biológico que resultaram neste trabalho.

Aos funcionários (UEM-Nupélia), pelo apoio e serviços prestados.

Ao Projeto de Pesquisa Institucional "A planície de Inundação do Rio Paraná: Estrutura e Processo Ambiental", financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração - Sítio 6 (PELD - Sítio 6), e suas equipes de trabalho, pela disponibilidade dos dados utilizados nesse estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Excelência Acadêmica (PROEX), pela bolsa de estudo e apoio financeiro nas coletas de campo.

Aos membros da Comissão Julgadora, Profa. Dra. Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui e Dr. Samuel Verissimo, por aceitarem prontamente o convite para a avaliação deste trabalho e também pelas valiosas sugestões.

Aos professores, biólogos e técnicos da pós-graduação, por todo os conhecimentos ensinados, além das experiências, ideias e discussões compartilhadas ao longo da minha formação.

A todos os colegas da pós-graduação, pela amizade, ajudas e companheirismo nessa fase de formação.

Aos meus amigos e familiares, pessoas ímpares em minha vida, por todo o acompanhamento, pelas ajudas pessoais, descontrações, forças e incentivos doados nestes caminhos pela vida.

[...]

[...]

E a Deus, por ser minha força motriz de inspiração, curiosidade e de interesse em seguir esse caminho do estudo da ciência.

“Sei que o meu trabalho é uma gota no oceano,  
mas sem ele o oceano seria menor”

(Madre Tereza de Calcutá).

# **Influência da dinâmica hidrológica na distribuição espacial de jovens de *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes, Prochilodontidae) na planície de inundação do alto rio Paraná**

## **RESUMO**

O regime hidrológico é considerado o fator chave direcionador do funcionamento ecológico das espécies de peixes migradores. Na planície de inundação do alto rio Paraná, as lagoas marginais do rio Ivinhema são consideradas o berçário natural para o desenvolvimento e crescimento dos jovens dessas espécies. No entanto, partindo do conhecimento da migração de pequenos peixes durante a vazão da várzea inundada, conhecida no pantanal como "lufada", este estudo procurou responder se os jovens de *Prochilodus lineatus* se dispersam ao fim da cheia dos ambientes do rio Ivinhema para os rios Baía e Paraná. Foram realizadas amostragens trimestrais de março de 2010 a março de 2011 em 36 ambientes (13 lagoas fechadas, 16 abertas, 4 canais secundários e 3 rios) dos rios Ivinhema, Baía e Paraná. Redes de espera (20 m) de diferentes malhagens foram expostas por 24 horas, e revistadas às 8, 16 e 22 hs. Dos peixes obteve-se o comprimento padrão e o estágio de desenvolvimento gonadal. Foi considerado juvenil os indivíduos imaturos com comprimento padrão  $\leq 19,7$  cm. O nível hidrológico foi caracterizado pela média mensal e a descrição da distribuição espacial por número de indivíduos categorizados por classes de comprimento com intervalo de 1 cm. Os fatores para a análise foram: mês (março-2010, junho, setembro, dezembro e março-2011), subsistema (Ivinhema, Baía e Paraná) e ambiente (lagoas fechadas, abertas, canais e rios). Os dados foram sumarizados em um escalonamento dimensional não-métrico (NMDS) e uma PERMANOVA foi aplicada para a verificação de diferenças estatísticas com  $P < 0,05$ . O nível hidrológico superou os 3,5 m de janeiro a abril (2010) e em março (2011). A proporção de jovens entre os subsistemas variou ao longo do ano de 37, 60, 60, 40 e 94 % (Ivinhema); 49, 10, 10, 40 e 1 % (Baía); e 14, 30, 20, 20 e 5 % (Paraná). Houve redução da proporção de jovens no Baía ao mesmo tempo em que aumentou no Paraná (entre março-2010 e junho), também ocorrendo o inverso entre setembro e dezembro, coincidindo com a vazante e cheia respectivamente. O sentido do fluxo da água pareceu ser o fator gerador dessa variação. A marcante mudança da proporção de jovens entre os meses de março (2010 e 2011) sugere que a vazante influenciou o direcionamento da distribuição dos jovens para o rio Baía enquanto que a cheia direcionou a migração para o Ivinhema. Em relação às variações das classes de comprimento entre os subsistemas, o Baía se apresentou como o mais distinto, sendo o Paraná e o Ivinhema estatisticamente semelhantes. A distinção do funcionamento da dinâmica hidrológica (vazante e cheia) do rio Paraná se mostrou uma informação importante para o estudo da distribuição espacial de *P. lineatus* no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná. A "lufada" caracterizou-se nessa região como o direcionamento da migração dos jovens durante a vazão para o subsistema do rio Baía (principalmente) e também para o Paraná. Nessa perspectiva, os resultados indicam que o rio Baía funciona como uma rota de migração trófica entre os subsistemas.

**Palavras-chave:** Curimba. Sabalo. Regime hidrológico. Fluxo. Sistema rio-planície de inundação.

**Influence of the hydrological dynamics in the spatial distribution of juvenile *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes, Prochilodontidae) in the upper Paraná River floodplain**

**ABSTRACT**

The hydrological regime is considered the key factor driving ecological functioning of migratory fish species in the neotropical realm. In the upper Paraná River floodplain, the marginal lakes of the Ivinhema River are considered the natural nursery for the development and growth of the juveniles these species. However, based on the knowledge of the migration of small fish during the flow of the flooded lowland, known in Pantanal as "lufada", this study attempted to answer whether the juveniles *Prochilodus lineatus* disperse in the end of the flood from the environments of the Ivinhema to Baía and Paraná Rivers. Samplings were collected quarterly from March 2010 to March 2011 covering 36 environments (13 not connected and 16 connected lakes, 4 secondary channels and 3 rivers) of the Ivinhema, Baía and Paraná Rivers. The gill nets (20 m) of different mesh sizes were set for 24 hours, and checked at 8, 16 and 22 hs. From the fishes, it was obtained the standard length and stage of gonadal development. Were considered juvenile immature individuals with standard length  $\leq 19.7$  cm. The water level was characterized by monthly average and the description of the spatial distribution by number of individuals categorized by length classes with a interval of 1 cm. The factors for the analysis were: month (March-2010, June, September, December and March, 2011), subsystem (Ivinhema, Bahia and Paraná) and environment (closed lagoons, open lagoons, channels and rivers). The data were summarized by a non-metric multidimensional scaling (NMDS) and a PERMANOVA was applied to verify statistical differences with  $P < 0,05$ . The water level exceeded 3.5 m from January to April (2010) and March (2011). The proportion of juveniles between the subsystems ranged along the year from 37, 60, 60, 40 and 94% (Ivinhema); 49, 10, 10, 40 and 1% (Baía); and 14, 30, 20, 20 and 5% (Paraná). There was a reduction in the juveniles proportion in the Baía at the same time that increased in the Paraná (between March and June-2010), the inverse also occurring between September and December, coinciding with the receding waters and flood respectively. The direction of the water flow seemed to be the generator factor of these variations. The striking change in the proportion of juveniles observed between the months of March (2010 and 2011) suggests that the receding waters influenced the direction of the distribution to the Baía River while that the flood directed migration to the Ivinhema River. Regarding the variations of length classes between subsystems, the Baía was the most distinct, being the Paraná and Ivinhema statistically similar. The distinction of the functioning of hydrological dynamic (flood and receding waters) in the Paraná River proved an important information for the study of the spatial distribution of *P. lineatus* in the system floodplain-river of the upper Paraná River. The "lufada" was characterized in this region as the targeting of juveniles migration during the receding waters to the Baía subsystem (mostly) and also to Paraná. From this perspective, the results indicate that the Baía River acts as a route of trophic migration between subsystems.

**Keywords:** Curimba. Sabalo. Hydrological regime. Flow. System-river floodplain.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	12
2.1	SUBSISTEMA RIO IVINHEMA .....	14
2.2	SUBSISTEMA RIO BAÍA .....	14
2.3	SUBSISTEMA RIO PARANÁ .....	14
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
3.1	COLETA DOS PEIXES E ANÁLISE EM LABORATÓRIO .....	15
3.2	ANÁLISE DOS DADOS .....	15
3.2.1	Regime hidrológico .....	15
3.2.2	Distribuição espaço-temporal da abundância por classe de comprimento .....	16
3.2.3	Similaridade na distribuição espaço-temporal da abundância por classe de comprimento dos juvenis .....	16
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	17
4.1	REGIME HIDROLÓGICO .....	17
4.2	DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ABUNDÂNCIA POR CLASSE DE COMPRIMENTO.....	18
4.3	SIMILARIDADE NA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ABUNDÂNCIA POR CLASSE DE COMPRIMENTO DOS JUVENIS.....	22
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	26
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	28
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	30

Trabalho elaborado e formatado conforme as  
normas da publicação científica *Neotropical  
Ichthyology*. Disponível em:  
<<http://www.ufrgs.br/ni/INDEX.HTM>>

## 1 INTRODUÇÃO

O regime hidrológico é considerado o fator chave direcionador do funcionamento ecológico das espécies de peixes migradores. Em especial na América do Sul, atributos biológicos regulados por esse fator (migração reprodutiva, maturação gonadal, desova e desenvolvimento larval, crescimento e alimentação dos jovens e adultos) parecem ser um fenômeno comum para os rios dessa região (Welcomme, 1979; Lowe-McConnel, 1987; Junk *et al.*, 1989; Winemiller, 1989; Machado-Allison, 1990; Agostinho *et al.*, 1993; Agostinho *et al.*, 1995; Vazzoler, 1996; Gomes & Agostinho, 1997; Harvey & Carolsfeld, 2003; Bailly *et al.*, 2008; Suzuki *et al.*, 2009). No Brasil, entretanto, mais intensivamente a partir da metade do século XX, esse cenário natural da dinâmica fluvial começou a ser alterado com a crescente demanda por energia elétrica, provocando um aumento exponencial nas construções de reservatórios hidrelétricos em todas as grandes bacias do país (Agostinho *et al.*, 2007; Agostinho *et al.*, 2008). Dessa forma, em meio a esse dramático cenário, investigações a respeito de como a regulação do regime hidrológico afeta a dinâmica populacional das espécies migradoras de peixes, em especial os efeitos a jusante da barragens, provocados pela regulação da intensidade, frequência, duração e época da vazão, tornam-se uma questão central para a pesquisa e a gestão de rios nessas últimas décadas (Agostinho *et al.*, 2008; Barletta *et al.*, 2010; Dugan *et al.*, 2010).

A bacia hidrográfica do alto rio Paraná é altamente impactada por represamentos desde os trechos mais a montante (estado de Minas Gerais) até a divisa do estado paulista com o Paraná. O trecho paranaense, compreendido entre a boca do rio Paranapanema (logo à jusante da represa de Porto Primavera) e o reservatório de Itaipú, é o último remanescente da bacia constituído de águas livres de barramento dentro do território nacional (cerca de 200 km, com ampla planície de inundação em seu lado direito – margem oeste). Hoje, partes desse trecho são consideradas reservas naturais (a Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná, o Parque Nacional de Ilha Grande e o Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema). Entretanto, mesmo sendo os trechos da bacia com o funcionamento hidrológico mais próximos do natural, essa região é fortemente influenciada pelo controle do regime hidrológico, provocado por vários reservatórios localizados à montante dessa região (Gomes & Agostinho, 1997; Agostinho *et al.*, 2000, 2004; Suzuki *et al.*, 2009).

Sistemas rio-planície de inundação são caracterizados pela alta heterogeneidade de habitats (Junk *et al.*, 1989; Tockner *et al.*, 2000a, b; Drago *et al.*, 2004) sendo o pulso de inundação (Junk *et al.*, 1989) o principal fator responsável pela conexão superficial do rio com os distintos ambientes da planície (Thomaz *et al.*, 2007). Estudos dos efeitos dos pulsos e da conectividade nesses sistemas têm sido pontos fundamentais para o entendimento da dinâmica populacional das espécies. Para grandes peixes migradores, vários estudos destacam a importância da ocorrência da cheia, da intensidade, da época e do tempo de duração da inundação na planície para que aja o sucesso reprodutivo dessas espécies ( Agostinho *et al.*, 1994b; Vazzoler, 1996; Gomes & Agostinho, 1997; Agostinho *et al.*, 2001; Agostinho *et al.*, 2004; Baumgartner *et al.*, 2010).

Dentre as espécies de peixes migradores, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes: Prochilodontidae), conhecido como curimatá, curimba, grumatã ou sábalo, é a espécie mais estudada na bacia do alto rio Paraná (Agostinho *et al.*, 2003) e, possivelmente, também a mais bem conhecida da bacia do Prata. Numerosos estudos têm sido realizados sobre a sua migração reprodutiva (ver síntese em Sverlij *et al.*, 1993; Agostinho *et al.*, 1993; Agostinho *et al.*, 1994a; Gomes & Agostinho, 1997). Essa espécie é amplamente distribuída em diferentes habitats, incluindo rios, lagoas e reservatórios, e a sua estratificação espacial é fortemente relacionada à idade dos indivíduos (jovens vivendo principalmente em lagoas e adultos em águas correntes e em reservatórios) (Agostinho *et al.*, 1993; Gomes & Agostinho, 1997). O seu sucesso reprodutivo na região do alto rio Paraná é associado com a presença de trechos livres (sem barramento), permitindo que a espécie realize a sua migração reprodutiva aliada à existência da planície de inundação, ambiente este em que as larvas e os jovens da espécie utilizam como locais de alimentação, proteção e crescimento (Agostinho *et al.*, 2004; Antonio *et al.*, 2007; Gubiani *et al.*, 2007).

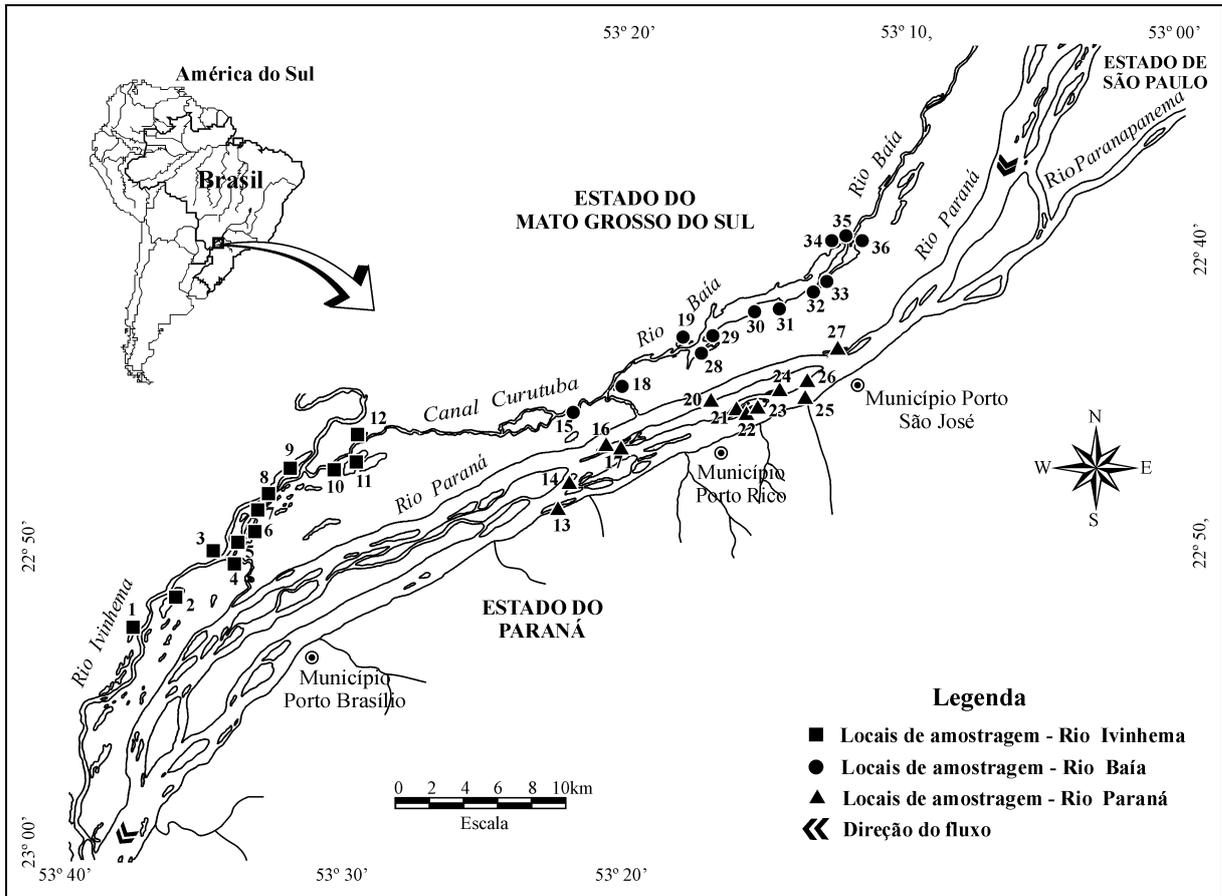
Para a planície de inundação do alto rio Paraná, o rio Ivinhema é considerado um importante local para a reprodução de peixes migradores e suas lagoas marginais como um berçário natural para o desenvolvimento de larvas e jovens de peixes da região (Vazzoler *et al.*, 1997; Nakatani *et al.*, 1997; Sanches *et al.*, 2006). Para *P. lineatus* foi verificado que os jovens, com até dois anos de idade, apresentam a tendência de permanecerem nos ambientes da planície (lagoas do Ivinhema e Baía) até alcançarem a maturação gonadal e, a partir de então, se dispersarem para as áreas a jusante onde comumente são encontrados os adultos (Agostinho *et al.*, 1993; Gomes & Agostinho, 1997). No entanto, observações de campo (nas

amostragens do Projeto de Pesquisas ecológicas de longa duração - PELD - Sítio 6) indicaram que os jovens de *P. lineatus* estavam distribuindo-se também em ambientes que comumente não foram descritos na literatura (Ex: rio Paraná). Dessa forma, o estudo sobre a distribuição espacial de juvenis de *P. lineatus* na planície de inundação do alto rio Paraná se torna de relevante importância para o melhor entendimento da dinâmica populacional dessa espécie.

Partindo do conhecimento da migração de pequenos peixes na vazão da várzea inundada, conhecida na região do pantanal como "lufada" (Harvey & Carolsfeld, 2003; Agostinho *et al.*, 2007), foi elaborada a hipótese de que os jovens de curimba saem dos ambientes da várzea após o período de cheia (durante a vazão) e se distribuem pelos diferentes rios da região (rios Ivinhema, Baía e Paraná). Nessa perspectiva, o objetivo desse estudo foi descrever a distribuição espacial dos juvenis de *P. lineatus* nos distintos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná e avaliar se esses jovens se dispersam ao fim da cheia dos ambientes do rio Ivinhema para os dos rios Baía e Paraná.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a região da bacia do Alto rio Paraná situada entre a barragem de Porto Primavera - SP, cerca de 30 km acima da foz do rio Paranapanema, até a parte baixa do rio Ivinhema - MS. A região é constituída de dois importantes tributários do rio Paraná (rios Ivinhema e Baía) apresentando uma complexa dinâmica hidrológica com canais secundários interligando esses grandes rios (Rocha, 2002; Comunello *et al.*, 2003). Nessa área, foram estabelecidos 36 locais de amostragens contemplando os distintos ambientes da região (rios, canais, lagoas abertas e fechadas) (Fig. 1).



**Figura 1.** Mapa da área de estudo com a localização dos 36 locais de amostragens. 1 - Lagoa Peroba; 2 - Lagoa Ventura; 3 - Lagoa do Zé do Paco; 4 - Canal do Ipoitã; 5 - Lagoa Boca do Poitã; 6 - Lagoa dos Patos; 7 - Lagoa Capivara; 8 - Rio Ivinhema; 9 - Lagoa do Finado Raimundo; 10 - Lagoa do Jacaré; 11 - Lagoa Sumida; 12 - Lagoa do Cervo; 13 - Canal Cortado; 14 - Lagoa das Pombas; 15 - Canal Curutuba; 16 - \*Ressaco do Manezinho; 17 - Lagoa do Osmar; 18 - Lagoa da Traíra; 19 - Lagoa do Guaraná; 20 - \*Ressaco do Bilé; 21 - \*Ressaco do Leopoldo; 22 - Lagoa Genipapo; 23 - Lagoa Clara; 24 - \*Ressaco do Pau Véio; 25 - Rio Paraná; 26 - Lagoa Pousada; 27 - Lagoa das garças; 28 - Rio Baía; 29 - Lagoa Fechada; 30 - Lagoa Pousada das Garças; 31 - Lagoa dos Porcos; 32 - Lagoa do Aurélio; 33 - Baía Canal; 34 - Lagoa Maria Luiza; 35 - Lagoa do Gavião; 36 - Lagoa da Onça; \*Os ressacos são considerados lagoas abertas.

Nessa área, uma grande inundação conecta os diferentes biótopos (lagoas abertas, fechadas, canais e rios) (Souza-Filho, 2009), configurando vias de dispersão para os organismos aquáticos entre esses diferentes ambientes. De acordo com Thomaz *et al.* (2004) e Thomaz *et al.*, (2007) esses ambientes apresentam uma considerável variabilidade quanto às características limnológicas, sendo esta associada ao grau de conexão (ou isolamento) com os rios e, principalmente, ao regime hidrológico do rio Paraná. Nessa área, além das diferenças no que diz respeito às suas características físico-químicas, outros mecanismos de interação

como o influxo e refluxo da água pelos canais secundários da região (canais Curutuba e do Ipoitã) (Rocha, 2002; Comunello *et al.*, 2003) são observados entre os três rios (Ivinhema, Baía e Paraná) que constituem esse sistema rio-planície de inundação.

O rio Paraná foi descrito por Rocha (2002) como sendo o principal regulador da cheia da planície de inundação, porém, podendo o rio Ivinhema, sincronizado a grandes quantidades de chuvas em sua bacia juntamente aos baixos níveis dos rios Baía e Paraná, também exercer influência no sentido do fluxo de água no canal Curutuba e inundação local nesse trecho, que se apresenta como o mais baixo da região estudada. Dessa forma, levando em consideração essa complexa e ampla variabilidade de interações nesse sistema rio-planície de inundação, os locais de amostragens podem ser agrupadas em 3 subsistemas, de acordo com as características e funcionamento dos ambientes em estudo: subsistemas rio Ivinhema, rio Baía e rio Paraná.

## 2.1 SUBSISTEMA RIO IVINHEMA

Neste rio estão contidos 12 locais de amostragem (Fig. 1), sendo cinco lagoas fechadas (sem conexão permanente com o rio Ivinhema), cinco lagoas abertas (com um canal de ligação permanente com o rio), um canal que liga o rio Ivinhema ao rio Paraná, o do Ipoitã, e uma estação na calha do rio Ivinhema. Os diques marginais variam de no mínimo 0,5 m a um máximo de 1 m de altura nas lagoas abertas e 1,5 a 3,5 m nas lagoas fechadas.

## 2.2 SUBSISTEMA RIO BAÍA

Neste rio estão contidos 12 locais de amostragem (Fig. 1), sendo quatro lagoas fechadas, cinco lagoas abertas, um canal que liga o rio Baía ao rio Ivinhema, o Curutuba, um canal secundário do rio e uma estação na calha principal do rio Baía. Os diques marginais variam de no mínimo 0,3 m a um máximo de 1 m de altura nas lagoas abertas e 0,3 a 3,0 m nas lagoas fechadas.

## 2.3 SUBSISTEMA RIO PARANÁ

Neste rio estão contidos 12 estações de amostragem (Fig. 1), sendo quatro lagoas fechadas, seis lagoas abertas (incluindo os ressacos, que são canais antigos do rio), um canal

secundário do rio e uma estação na calha principal do rio Paraná. Os diques marginais variam de no mínimo 3,0 m a um máximo de 4,0 m de altura nas lagoas fechadas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 COLETA DOS PEIXES E ANÁLISE EM LABORATÓRIO

As amostragens foram realizadas trimestralmente, de março de 2010 a março de 2011, utilizando-se redes de espera (malhagens de 2,4; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 10; 12; 14 e 16,0 cm entre nós opostos) com 20 m de comprimento (nos ambientes lóticos foram usadas duas baterias de 10 m de comprimento). As redes foram expostas por 24 h, com revistas ao amanhecer (8:00 h), entardecer (16:00 h) e à noite (22:00 h). Os peixes capturados foram anestesiados com eugenol e, em laboratório, obtido o comprimento padrão (CP) (cm) e identificado os estádios de maturação gonadal, conforme Vazzoler (1996).

#### 3.2 ANÁLISE DOS DADOS

##### 3.2.1 Regime hidrológico

A caracterização do nível hidrológico foi feita a partir dos dados obtidos da estação fluviométrica de Porto São José, com as médias expressas por mês ao longo do período estudado. Os níveis de 3,5 e 4,5 m foram utilizados como referência para caracterizar o início da influência do rio Paraná sobre os ambientes da planície (por inundação das regiões mais baixas ou conexões hiporréicas) até a ocorrência de inundação das regiões mais elevadas, admitindo-se que acima de 4,5 m toda a planície esteja conectada (Thomaz *et al.*, 2004; Thomaz *et al.*, 2007; Rocha, 2002; Comunello *et al.*, 2003; Souza-Filho, 2009).

Em observação pessoal, o nível hidrológico dos meses anteriores a 2010 também foi verificado para se obter o intervalo de duração da cheia ocorrida antes do primeiro mês de amostragem. Essa informação é importante para dar maior suporte à afirmação de que os jovens capturados nas amostragens desse estudo são os representantes da coorte produzida nesse mesmo período de cheia estudado. Dessa forma, se o período de inundação for extenso,

a probabilidade de se capturar indivíduos jovens que representam essa coorte recém gerada é maior. Assim, aliado a essas informações, foi considerado também para sustentar a consideração anterior, o rápido desenvolvimento na fase inicial dos peixes migradores, em que para *P. platensis* Holmberg, 1851 (Characiformes: Prochilodontidae) (sinonímia, *P. platensis* = *P. lineatus*) foi registrado um rápido crescimento de 2,3 a 15,0 cm de comprimento total em 6 meses (Cordiviola-de-Yan, 1971).

### 3.2.2 Distribuição espaço-temporal da abundância por classe de comprimento

Primeiramente foi feita uma análise descritiva da distribuição dos jovens e adultos de *P. lineatus* através de classes de comprimento padrão com intervalo de um centímetro. Os dados de abundância foram descritos por mês (Março - 2010, Junho, Setembro, Dezembro, Março - 2011), subsistema (rios Ivinhema, Baía e Paraná) e ambiente (lagoas abertas (L.A.), fechadas (L.F.), canais e rios) com o objetivo de descrever a movimentação da espécie na região através da distribuição espacial ao longo do ano por classes de CP. Foram considerados juvenis todos os indivíduos registrados como imaturos com comprimentos iguais ou inferiores a 19,7 cm de comprimento padrão. Essa medida limiar foi o comprimento de primeira maturação estimado para a espécie (Vazzoler *et al.*, 1997), coincidindo com a idade estimada de dois anos descrito em Hayashi *at al.* (1989). A partir desse limiar todos os indivíduos capturados foram considerados adultos.

### 3.2.3 Similaridade na distribuição espaço-temporal da abundância por classe de comprimento dos juvenis

Considerando os objetivos do trabalho, foi avaliada a distribuição dos indivíduos jovens nos diversos ambientes amostrados. Optou-se por avaliar a similaridade na distribuição desses indivíduos, sumarizando os dados de abundância por classe de comprimento através de um escalonamento dimensional não-métrico (NMDS), de maneira que os pontos próximos na ordenação apresentam abundância similar das mesmas classes de comprimento. A matriz de semelhança (“resemblance”) foi gerada usando o índice de similaridade de "Bray Curtis". Para identificar quais as classes de comprimento que mais contribuíram para a ordenação resultante da NMDS, os escores foram gerados e correlacionados (Correlação de Spearman:  $\rho$ ) com a abundância da matriz de dados original (ver Gomes *et al.*, 2012 para mais detalhes).

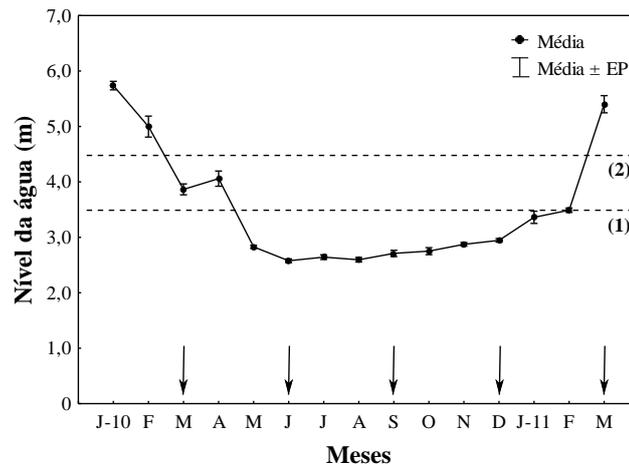
Com finalidade de testar a significância e intensidade das variações de abundância por classe de comprimento dos jovens entre os fatores mês (Março - 2010, Junho, Setembro, Dezembro, Março - 2011), subsistema (rios Ivinhema, Baía e Paraná) e ambiente (lagoas e rios), bem como suas interações, foi aplicada uma PERMANOVA “*main-test*” (999 permutações) à matriz de similaridade. Devido à falta de réplicas para a análise por ambientes, as lagoas abertas e fechadas foram agrupadas como lagoas e os canais e rios como rios. O intervalo de comprimento utilizado para a NMDS foi de 12,5 a 19,5 cm, eliminando os menores comprimentos por estes se apresentarem em baixa abundância ( $n < 3$  indivíduos), pois poderiam ter potencial influência nos resultados de ordenação. Vale ressaltar que a PERMANOVA (*Permutational MANOVA*) é um teste multifatorial que testa diferenças entre médias como a ANOVA, porém tem a vantagem de ser robusta sobre dados que não cumprem os pressupostos necessários para os testes paramétricos (Anderson *et al.*, 2008). Quando a PERMANOVA foi significativa, foram feitas comparações par a par (*pair-wise*, testes *a posteriori*) para determinar quais os níveis dos fatores que diferiram.

O nível de significância ( $p(\text{perm})$ ) foi  $P \leq 0,05$ , sendo essa a probabilidade de encontrar um *pseudo-F* maior que o valor real encontrado. Os valores de *pseudo-F* indicam a força de rejeição à hipótese nula no teste, ou seja, quantifica o tamanho da diferença entre as variáveis analisadas. A NMDS e a PERMANOVA foram feitas no programa PRIMER-E 6, com *add on* da PERMANOVA (Anderson *et al.*, 2008).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 REGIME HIDROLÓGICO

Durante o ano do período de estudo, o nível hidrológico do rio Paraná alcançou altos valores (acima de 3,5 m) nos meses de janeiro a abril de 2010 e março de 2011 (Fig. 2). Nos meses de maio a agosto, a média mensal do nível do rio se manteve estável (em torno de 2,6 m) e, a partir de setembro, foi registrado a tendência crescente do nível, com incremento mais expressivo a partir de janeiro de 2011 e ultrapassando os 3,5 metros no mês de março.

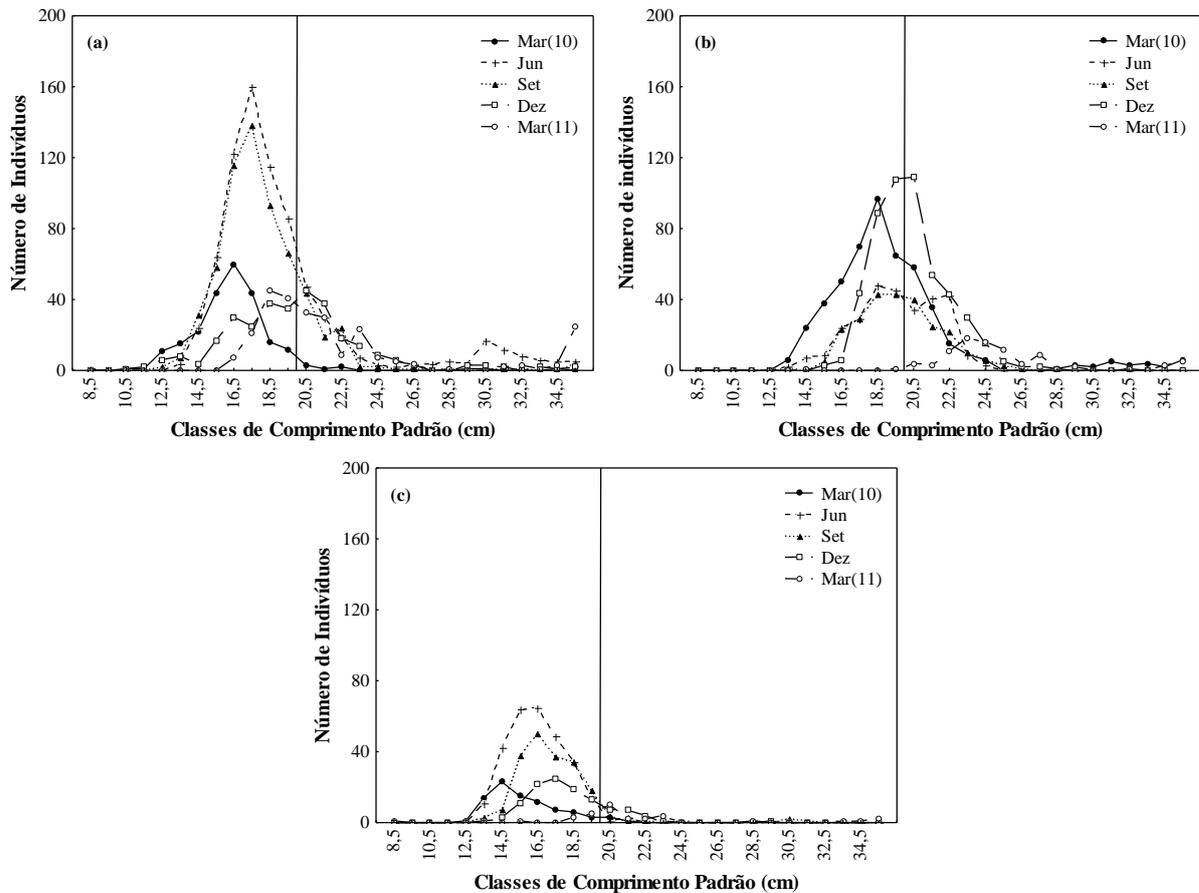


**Figura 2.** Mudanças no nível da água do rio Paraná em metros (m) ao longo do ano de 2010 e primeiro trimestre de 2011. As setas indicam os meses de amostragem e as linhas tracejadas (1) e (2) indicam, respectivamente, os limiares (3,5 e 4,5 m). EP = erro padrão.

Nos meses anteriores aos amostrados em março de 2010 e março de 2011, a dinâmica do rio Paraná foi oposta entre esses períodos, em que, no primeiro mês amostrado, o nível do rio estava diminuindo enquanto que no último mês de coleta o nível estava aumentando. Neste contexto, para as discussões nesse estudo foi considerado que nestes dois períodos de inundação da planície do alto rio Paraná, o sentido do fluxo de água na planície encontrava-se na vazante e cheia, respectivamente. Entre os anos de 2009 e 2010 (observação pessoal), a cheia se estendeu desde outubro de 2009 (3,5 m) até abril de 2010, apresentando para esse período 7 meses de inundação.

#### 4.2 DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ABUNDÂNCIA POR CLASSE DE COMPRIMENTO

A presença de jovens de curimba no decorrer do período estudado foi observada nos três subsistemas. A proporção de jovens em relação aos adultos foi maior no subsistema do rio Paraná (91 %), seguido do Ivinhema (73 %) e maior proporcionalidade no subsistema rio Baía (55 %) (Fig. 3). Em relação à variação temporal, após o período da vazante (de março - 2010 - para junho) houve decréscimo do número de jovens no Baía e incremento nos demais subsistemas.

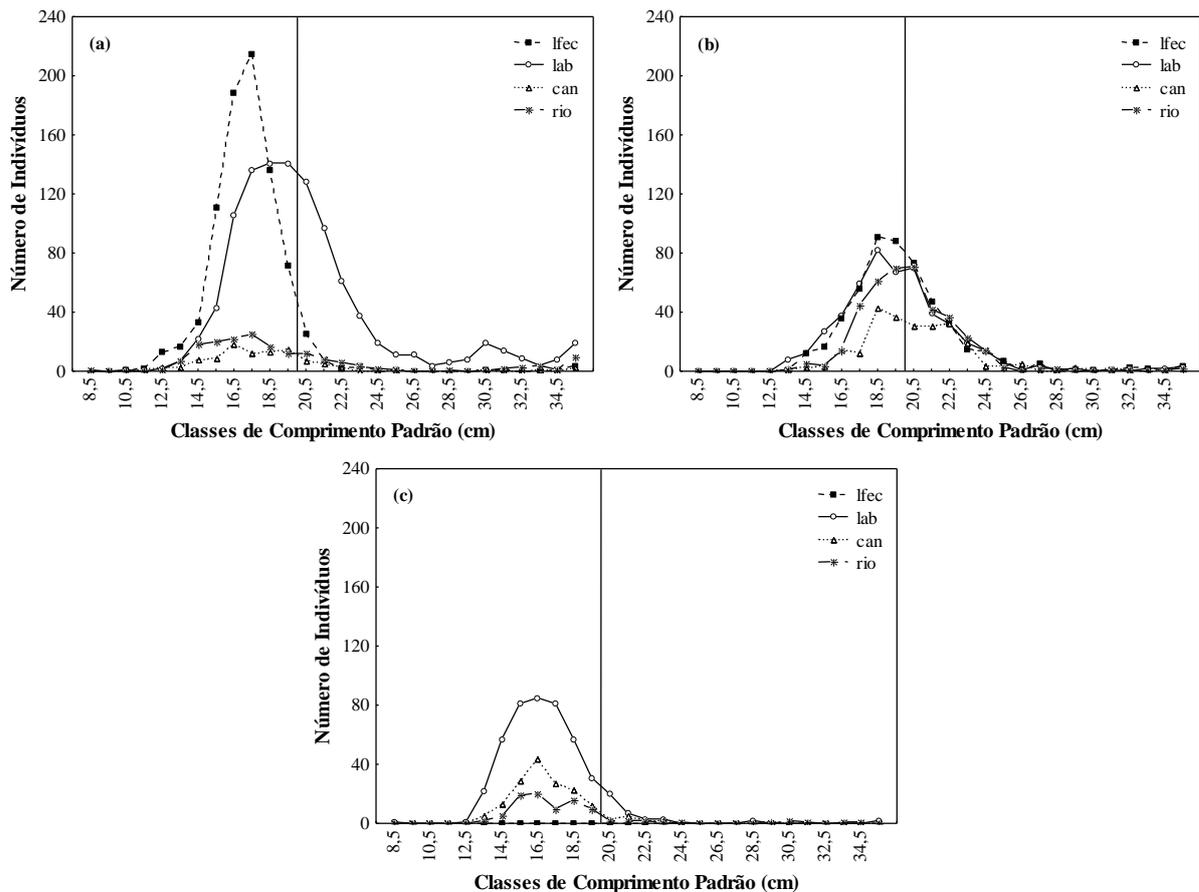


**Figura 3.** Distribuição temporal de jovens ( $\leq 19,7$  cm) e adultos ( $> 19,7$  cm) de *Prochilodus lineatus* por classes de comprimento nos subsistemas dos rios Ivinhema (a), Baía (b) e Paraná (c). Mar (10) = março de 2010; Jun = Junho; Set = Setembro; Dez = Dezembro; Mar (11) = março de 2011.

Em relação à proporção de jovens entre os subsistemas, a variação temporal mostrou uma distribuição distinta, principalmente entre os meses de março (2010) e junho, e março de 2010 e 2011. Para os três subsistemas, as variações no decorrer do ano foram de 37, 60, 60, 40 e 94 % para o Ivinhema, 49, 10, 10, 40 e 1 % para o Baía e 14, 30, 20, 20 e 5 % para o Paraná. Analisando as proporções entre março (2010) e junho (período de vazante), foi detectado que, conjuntamente com a diminuição da abundância no Baía, esta aumentou no Paraná. Já no mês de dezembro, período em que começou a aumentar o nível hidrológico (Fig. 2), o oposto foi registrado, em que ao mesmo tempo que diminuiu a abundância no rio Paraná aumentou no Baía. Essa variação pode ser um indicativo de que no período da vazante os jovens podem estar movimentando-se para o rio Paraná enquanto que na cheia, os jovens podem estar retornando ao Baía. A diferença mais marcante, entretanto, foi observada entre os meses de março nos anos de 2010 e 2011. Considerando as diferenças da dinâmica do rio

Paraná em relação ao seu nível hidrológico em cada período (vazante e cheia, respectivamente), observou para os três subsistemas que as proporções de jovens entre esses dois períodos foram antagônicas. Pelas proporções analisadas, em época de vazante os jovens parecem migrar para o rio Baía e Paraná, enquanto que na época de cheia, os jovens parecem estar mais distribuídos pelo subsistema do rio Ivinhema.

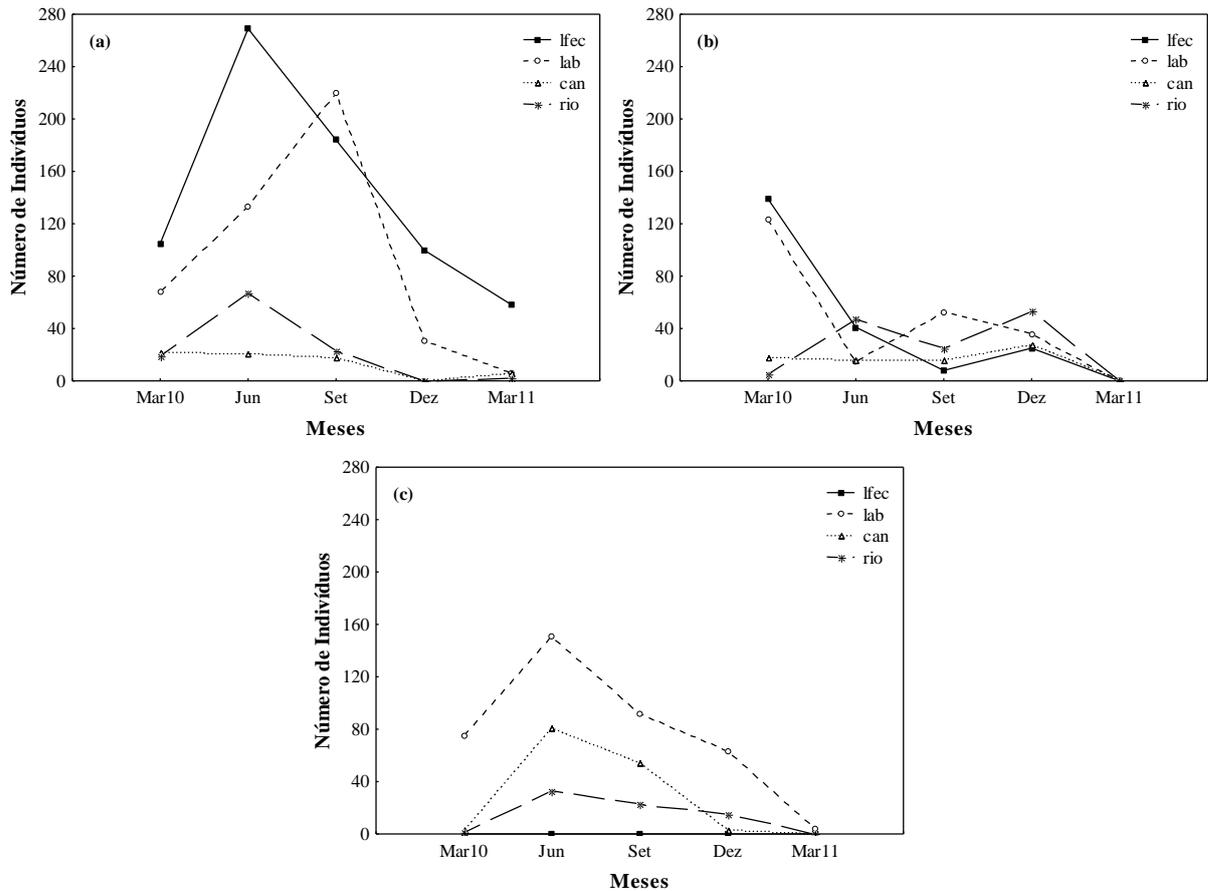
A distribuição dos jovens de curimba em relação aos tipos de ambiente da planície mostrou uma variação entre os subsistemas. No subsistema do rio Ivinhema, a maior abundância ocorreu nas lagoas abertas e fechadas (Fig. 4a). No subsistema Baía, as lagoas e o canal do rio apresentaram abundâncias semelhantes enquanto que no rio Paraná, não houve captura nas lagoas fechadas, apresentando a maior abundância nas lagoas abertas seguido do canal Cortado (Figs. 4b-c).



**Figura 4.** Distribuição espacial de jovens ( $\leq 19,7$  cm) e adultos ( $> 19,7$  cm) de *Prochilodus lineatus* por classes de comprimento nos subsistemas dos rios Ivinhema (a), Baía (b) e Paraná (c). lfec = lagoa fechada; lab = lagoa aberta; can = canal.

Em relação ao rio Paraná, a maior abundância de jovens registrada em todos os meses (302 indivíduos no total) ocorreu na lagoa das Garças (85, 40, 40, 70 e 100 %, respectivamente no decorrer do ano) juntamente com a de adultos (100, 40, 40, 40 e 86 %). Essa lagoa é uma lagoa aberta e esta localizada na margem direita do rio Paraná à montante da foz do rio Baía. Para os outros ambientes do subsistema, apenas no canal cortado, resaco do pau veio e rio foram registradas capturas ao longo do ano, com respectivamente 141, 83 e 72 indivíduos capturados. No subsistema Baía, as maiores capturas de jovens ao longo do ano concentraram-se nos locais de amostragem mais a jusante do rio (L. do Guaraná = 102; Rio = 130; L. Fechada = 156 e canal Curutuba = 31 indivíduos), ou seja, mais próximas à foz no rio Paraná. Para o subsistema Ivinhema, apenas nos locais L. do Cervo, L. do Jacaré, L. da capivara e L. boca do Poitã não foram registrados a presença de jovens de curimba, sendo as demais, todas abundantes ao longo do ano. Os locais de maior captura nesse subsistema foram a L. Ventura e L. do Zé do Paco (410 e 306 indivíduos capturados) seguidas em menor proporção dos locais L. do Finado Raimundo (145), L. dos Patos (111), rio (111) e L. sumida (105).

Analisando mensalmente a distribuição dos jovens nos ambientes, verificou-se que no rio Baía, após a vazante, há uma alternância de abundâncias entre as lagoas abertas com o rio (Fig. 5b). Para as lagoas fechadas, a abundância de jovens reduziu mais de 50 % de março (2010) para junho e manteve esse padrão baixo por todo o período estudado. Ao contrário do Baía, os subsistemas dos rios Ivinhema e Paraná mostraram um aumento da abundância de jovens no mês de junho nas lagoas, canais e rios com tendência a diminuir nos meses seguintes (Figs. 5a, c).

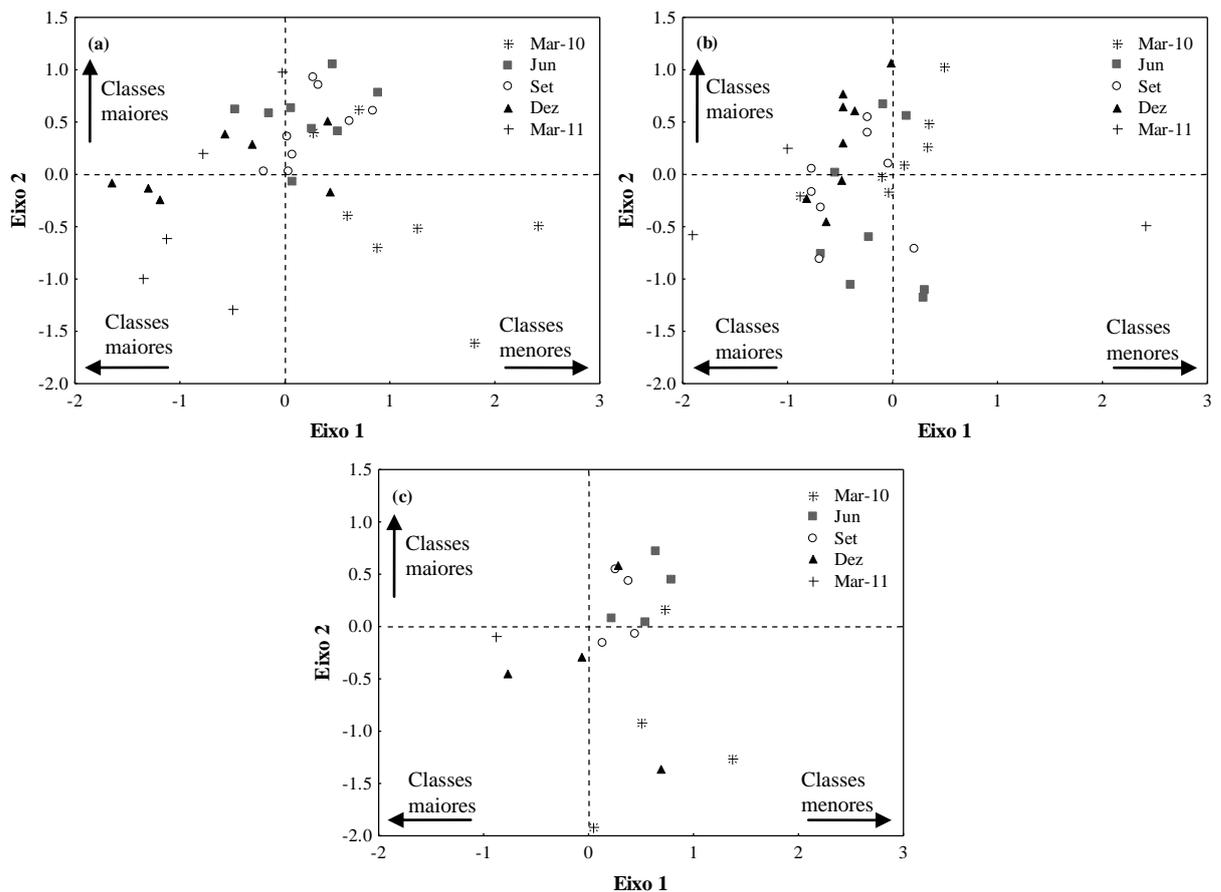


**Figura 5.** Distribuição espacial de jovens ( $\leq 19,7$  cm) de *Prochilodus lineatus* em relação aos meses nos subsistemas dos rios Ivinhema (a), Baía (b) e Paraná (c). Ifec = lagoa fechada; lab = lagoa aberta; can = canal; Mar10 = março de 2010; Jun = junho; Set = setembro; Dez = Dezembro; Mar11 = março de 2011.

#### 4.3 SIMILARIDADE NA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ABUNDÂNCIA POR CLASSE DE COMPRIMENTO DOS JUVENIS

O escalonamento dimensional não-métrico (NMDS) aplicado a matriz de abundância dos indivíduos jovens apresentou Stress = 0,12 (Fig. 6). Analisando a dispersão dos pontos, verificou-se que apenas o rio Ivinhema apresentou a maior variação nas classes de comprimento (Fig. 6a). Para o rio Baía (Fig. 6b), houve tendência de agrupamento dos dados no lado esquerdo da ordenação e para o rio Paraná (Fig. 6c), as amostras ficaram mais posicionadas no lado direito da ordenação. A identificação desses padrões foi possível pelas correlações de Spearman ( $\rho$ ; Tab. 1) através da análise dos escores dos eixos 1 e 2 da NMDS com a matriz de abundância das classes de comprimento padrão nas diversas amostras (matriz

original). Encontrou-se que as classes de comprimento menores (12,5 cm a 17,5 cm) apresentaram correlação positiva com o eixo 1 (mais abundantes no Ivinhema e Paraná; direita na Fig. 6), enquanto que a maior (19,5 cm) apresentou correlação negativa com esse eixo (mais abundante no Baía e Ivinhema, à esquerda na Fig. 6). As classes de comprimento superiores a 17,5 cm apresentaram correlação significativa com o eixo 2 da NMDS, com maior abundância em amostras localizadas mais superiormente nesse eixo, principalmente no Ivinhema e Baía (Fig. 6a-b). Dessa maneira, verificou-se que há uma distribuição espacial estratificada dos jovens na planície, com o Ivinhema apresentando todas as classes de juvenis, o Baía as maiores, e o Paraná as classes de comprimento intermediárias, apesar do baixo número de amostras.



**Figura 6.** Ordenação resultante da aplicação do Escalonamento Multidimensional não Métrico (NMDS; *Non-metric Multidimensional Scaling*) para ordenar as classes de comprimento dos jovens de *Prochilodus lineatus* controlando o fator mês. (a) = subsistema Ivinhema; (b) = subsistema Baía; (c) = subsistema Paraná.

**Tabela 1.** Valores da correlação de Spearman ( $\rho$ ) entre os escores dos eixos 1 e 2 do escalonamento dimensional não-métrico (NMDS) com a abundância (matriz de dados reais) das diversas classes de comprimento de *Prochilodus lineatus* capturados na planície de inundação do alto rio Paraná (\* : correlações significativas).

Intervalo de classe	NMDS1	NMDS2
12,5	0,39*	0,04
13,5	0,61*	0,07
14,5	0,67*	0,28*
15,5	0,72*	0,33*
16,5	0,62*	0,56*
17,5	0,36*	0,83*
18,5	0,11	0,88*
19,5	-0,21*	0,86*

Para melhor interpretação dos possíveis padrões representados na NMDS, foi aplicada a PERMANOVA. Essa análise mostrou que a interação de terceira ordem não foi significativa (Tab. 2). Porém, uma das interações de segunda ordem foi significativa, sendo ela aquela entre os fatores subsistema-mês (Pseudo-F = 2,16; P(perm) < 0,01). Isso indica que as diferenças entre os subsistemas dependem do mês considerado e vice-versa. Na análise dos testes par-a-par para essa interação (o fator subsistema em relação a cada mês), não houve diferença entre os subsistemas para o mês março de 2011. Para os demais meses, a distribuição das classes de comprimento dos juvenis no subsistema Baía diferiu dos subsistemas Ivinhema (março-2010,  $t = 1,74$  e  $P < 0,01$ ; junho,  $t = 1,68$  e  $P = 0,03$ ; setembro,  $t = 1,73$  e  $P = 0,02$ ; dezembro,  $t = 1,69$  e  $P = 0,04$ ) e Paraná (março-2010,  $t = 1,72$  e  $P = 0,01$ ; junho,  $t = 1,79$  e  $P = 0,02$ ; setembro,  $t = 1,86$  e  $P = 0,03$ ; dezembro,  $t = 1,77$  e  $P = 0,04$ ). As distribuições dos jovens ao longo do período estudado para os subsistemas Ivinhema e Paraná se apresentaram semelhantes entre si não havendo diferenças significativas nesse teste.

**Tabela 2.** Resultados da PERMANOVA aplicada à matriz de similaridade (Resemblance) de Bray-Curtis que sumarizou a abundância de imaturos de *Prochilodus lineatus* nos diversos ambientes amostrados na planície de inundação do alto rio Paraná (G.L.: graus de liberdade; SS: soma dos quadrados; MS: quadrado médio; número de permutações puras > 995).

Fonte de variação	G.L.	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Subsistema (1)	2	7297,8	3648,9	2,00	0,027
Ambiente (2)	1	3643,8	3643,8	1,99	0,048
Mês (3)	4	25811,0	6452,7	3,54	0,001
1 x 2	2	5113,6	2556,8	1,40	0,148
1 x 3	8	31426,0	3928,3	2,16	0,001
2 x 3	4	8395,8	2099,0	1,15	0,281
1 x 2 x 3	7	17048,0	2435,4	1,34	0,081

Para facilitar a interpretação, também é feita a descrição inversa da interação. Então, em relação ao fator mês em cada subsistema, os testes par-a-par indicaram, para o subsistema Ivinhema, a maior diferença entre os meses de março de 2010 e março de 2011 ( $t = 2,05$  e  $P < 0,01$ ) (Fig. 6a). Exceto entre os meses junho e setembro e dezembro e março (2011), todos os demais diferiram entre si (todos com  $P \leq 0,01$ ). Para o subsistema Baía, apenas o mês de março (2011) apresentou distribuição dos jovens distinta dos demais meses (com  $P = 0,04$  para o mês de junho e  $P = 0,01$  para os demais). No entanto, pela observação da disposição dos pontos no gráfico que representa os resultados da NMDS (Fig. 6b) nota-se uma tendência da distribuição no sentido da direita para a esquerda em relação aos meses ao longo do ano. Essa tendência, entretanto, não foi significativa estatisticamente. No subsistema Paraná, estatisticamente nenhum dos meses diferiram entre si. Entretanto, observando a posição dos pontos no gráfico (Fig. 6c), nota-se que há uma tendência do mês março (2010) a se distanciar dos demais meses, principalmente de março de (2011).

## 5 DISCUSSÃO

A distinção do funcionamento da dinâmica hidrológica do rio Paraná entre a vazante e a cheia se mostrou como uma importante informação para o estudo da distribuição espacial de *P. lineatus* no sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná. O conhecimento sobre a influência do aumento do nível hidrológico sobre a migração dos peixes já foi considerado por vários autores (Welcomme, 1979; Lowe-McConnel, 1987; Junk *et al.*, 1989; Winemiller, 1989; Machado-Allison, 1990; Agostinho *et al.*, 1993; Agostinho *et al.*, 1995; Vazzoler, 1996, Gomes & Agostinho, 1997; Harvey & Carolsfeld, 2003). No entanto, para o período da vazante, pouco se conhecia até então. As diferenças entre as proporções de jovens nos meses de março (2010 e 2011), para os três subsistemas, e entre março (2010) e junho e setembro e dezembro, para os rios Baía e Paraná, indicaram que o funcionamento do regime hidrológico durante a vazante e a cheia influencia essa distribuição apresentando tendências diferentes entre os subsistemas.

O maior equilíbrio das proporções de jovens entre os subsistemas Ivinhema e Baía, no primeiro mês de amostragem, coincide com a época em que o nível do rio Paraná estava diminuindo (média < 4 m). Dessa forma suspeita-se que a maior proporção registrada no rio Baía pode ser resultado da migração de jovens vindos do rio Ivinhema, visto que, com esse nível, os ambientes desse subsistema já apresentam um grau de conectividade menor (Comunello *et al.*, 2003) devido à saída da água da várzea. Comunello (*op. cit.*) e Rocha (2002) destacam a importância de se considerar a complexa dinâmica hidrológica que os canais secundários da planície podem apresentar. Acredita-se que na época da vazante, o rio Ivinhema exerça maior influência no fluxo de água sobre o canal Curutuba. Dessa maneira, tendendo a seguir o sentido da corrente na vazante, os jovens de curimba tenderam a se direcionar ao rio Baía, caracterizando um fenômeno similar ao observado no pantanal conhecido como "lufada". O canal Curutuba e o rio Baía são ambientes caracterizados por Souza-Filho & Stevaux (2004) como locais de características mistas, ou semilóticas. Esses ambientes são considerados como locais de alimentação para adultos de peixes migradores (Agostinho *et al.*, 2003) e podem estar sendo explorado também pelos jovens de curimba quando a planície não está inundada.

Em outra perspectiva, a maior proporção de jovens distribuídos pelo subsistema do rio Ivinhema, no mês de março de 2011, coincidiu com a cheia na planície de inundação. Esse

resultado corrobora com estudos anteriores que identificaram esse subsistema como um importante local para abrigo, alimentação e crescimento para os jovens de peixes migradores (Agostinho *et al.*, 1993; Nakatani *et al.*, 1997; Vazzoler *et al.*, 1997; Agostinho *et al.*, 2004). A diferença desse mês para o mesmo mês no ano anterior (março de 2010) é que, no segundo, foi verificado, juntamente com a maior abundância de juvenis, também uma maior abundância de adultos nesse subsistema em relação aos demais, característica essa não observada no período de março do ano de 2010. Essa informação reforça a ideia de que no início da cheia os peixes migradores (jovens e adultos) tendem a se distribuir pelo subsistema do rio Ivinhema, enquanto que no final da cheia (vazante), os peixes tendem a explorar outros habitats de alimentação, como o verificado para o subsistema do rio Baía em março de 2010.

Em relação aos ambientes, a ausência de captura nas lagoas fechadas no subsistema do rio Paraná pode ter ocorrido pelo fato desses locais apresentarem o nível dos diques marginais mais elevados em relação a todos os outros ambientes da planície. Rocha (2002) descreveu um nível hidrológico para o transbordamento das ilhas no rio Paraná maior que 7 m. Depois da construção do reservatório de Porto Primavera (à montante) estudos registraram a diminuição da amplitude do nível máximo atingido nas cheias do rio Paraná (Agostinho & Zalewski, 1996; Souza-Filho *et al.*, 2004; Agostinho *et al.*, 2007). Em consequência, com cheias menos intensas há uma redução da conectividade entre os ambientes do alto rio Paraná afetando a distribuição de populações de peixes na região.

Além da interação entre o rio Ivinhema e o rio Baía, este último também apresentou indícios de interações com o rio Paraná. A variação da abundância entre os meses de março (2010) e junho e de setembro a dezembro entre esses dois subsistemas, parece se relacionar com a vazante e cheia, respectivamente. O maior número de indivíduos capturados na lagoa das Garças, tanto de jovens quanto de adultos, pode ser devido à essa lagoa encontrar-se localizada à montante da foz do rio Baía. Esse trecho do rio Paraná é um braço secundário do rio e apresenta menor profundidade e menor fluxo em relação ao canal principal (Souza-Filho *et al.*, 2004). Dessa forma, essa informação aliada à verificação da diminuição dos jovens entre o mês de março (2010) e junho nas estações a jusante do rio Baía, pode explicar o aumento de *P. lineatus* nesse último mês na lagoa das Garças. A mesma análise, porém inversa, se faz para os meses de setembro e dezembro, quando foi verificado que, com o início da elevação do nível hidrológico na região, os jovens saem do subsistema Paraná e entram no Baía.

O subsistema Baía foi o que mais diferiu em relação aos demais subsistemas. Pelo fato desse rio possuir características hidrológicas diferentes (ambiente semilótico constituído de um grande número de lagoas associadas ao canal) dos apresentados nos rios Ivinhema e Paraná (ambientes lóticos), supõe-se que a sua dinâmica funciona como uma rota intermediária entre os outros dois subsistemas para a movimentação de jovens de maiores tamanhos. O fundo constituído de lama (rico em matéria orgânica) (Souza-Filho & Stevaux, 2004), pode ser um fator que influencia a permanência das classes maiores de comprimento (tanto de jovens como os adultos) dessa espécie nos meses de vazante da planície. Visto que pelo hábito alimentar de *P. lineatus* (detritívora, se alimentando do sedimento) (Hahn *et al.*, 2004), o Baía se torna um local propício para a espécie. Os subsistemas Ivinhema e Paraná apresentaram ao longo do ano tendências semelhantes (exceto no mês de março de 2011) na variação da abundância do curimba (tanto entre os meses quanto entre as classes de comprimento), porém, com intensidades diferentes.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica de funcionamento do nível hidrológico (vazante e cheia) demonstrou ser um fator importante para o estudo da distribuição espacial dos jovens de *P. lineatus*. As variações na abundância entre os rios Baía e Paraná, na vazante de 2010 e cheia de 2011, foi um reflexo da influência desse fator na proporção de jovens registrados nesses ambientes. O resultado mais marcante foi o observado para os meses de março de 2010 e 2011, em que se verificou que na cheia em 2011, 91 % dos jovens de curimba estavam distribuídos no subsistema rio Ivinhema, enquanto que na vazante em 2010 a distribuição foi mais similar entre Ivinhema e Baía. Esses resultados sugerem um papel fundamental dos canais secundários (Curutuba e do Ipoitã) sobre a dinâmica hidrológica entre esses rios e também a importância desses locais para o funcionamento ecológico da espécie. O fenômeno "lufada", migração de saída de pequenos peixes da várzea durante a vazante, comumente observada no pantanal, foi caracterizado nessa região como o direcionamento da migração dos jovens (durante a vazão) para o Baía, no mês de março (2010), e Paraná, em junho. Dessa forma, registrou-se para a planície de inundação do rio Paraná uma distribuição espacial estratificada dos juvenis de *P. ulineatus*, com os rios Ivinhema e Paraná apresentando uma tendência a ter

uma variedade ampla de classes de comprimento ao longo dos meses e o rio Baía menor variabilidade concentrando as classes maiores ao longo de todo o ano.

Dessa forma, chega-se à conclusão de que a distinção das diferentes fases do regime hidrológico que controla a inundação (sentido da corrente da água, vazante e cheia) é um fator que deve ser levado em consideração como um dado relevante nos estudos ecológicos da região. Para estudos futuros, sugere-se a implantação de monitoramentos fluviométricos nos rios Baía, Ivinhema e canais secundários (canal do Ipoitã e Curutuba) para ajudar no melhor entendimento dessa complexa dinâmica hidrológica entre os rios e seus canais secundários, além de estudos de marcação de juvenis no rio Ivinhema, quando da ocorrência de grandes cheias.

## REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A., J. R. Borghetti, A. E. A. M. Vazzoler & L. C. Gomes. 1994a. Itaipu reservoir: impacts on the ichthyofauna and biological bases for its management. UNCRD Rsearch Report Series, 4: 135-148
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes & F. M. Pelicice. 2007. Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil. 501p. Maringá, Eduem.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, H. I. Suzuki & H. F. Júlio-Junior. 2003. Migratory fishes of the upper Paraná River basin Brazil. In: Carolsfeld, J., B. Harvey, C. Ross & A. Baer (Eds.). Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status. Victoria: Alaris Desingn: World Fisheries Trust.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, S. Verissimo, E. K. Okada. 2004. Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 14: 11-19.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes & M. Zalewski. 2001. The importance of floodplains for the dynamics of fish communities of the upper Paraná River. Ecohydrology Hydrobiology, 1: 209–217.
- Agostinho, A.A., H. F. Julio-Junior & M. Petrere. 1994b. Itaipu Reservoir (Brazil): impacts of the impoundment on the fish fauna and fisheries. Pp. 171–184. In: Cowx, I. G. (ed.). Rehabilitation of Inland Fisheries. Oxford, Osney Mead.
- Agostinho, A. A., F. M. Pelicice & L. C. Gomes. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. Brazilian Journal of Biology, 68: 1119-1132.
- Agostinho, A. A., S. M. Thomaz, C. V. Minte-Vera & K. O. Winemiller. 2000. Biodiversity in the high Paraná River floodplain. Pp. 89-118. In: Gopal, B., W. J. Junk & J. A. Davis (eds.). Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation. Leiden, Backhuys Publishers.
- Agostinho, A. A., A. E. A. M. Vazzoler, L. C. Gomes, E. K. Okada. 1993. Estratificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* en distintas fases del ciclo de vida, en la

planície de inundación del alto río Paraná y embalse de Itaipu, Paraná, Brasil. *Revue D'Hydrobiologie Tropicale*, 26: 79-90.

Agostinho, A. A., A. E. A. M. Vazzoler & S. M. Thomaz. 1995. The high Paraná River basin: limnological and ichthyological aspects. Pp. 59–104. In: Tundisi, J. G., C. E. M. Bicudo & T. Matsumura-Tundisi (eds.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro, Brazilian Academy of Science/Brazilian Limnological Society.

Agostinho, A. A. & M. Zalewski. 1996. A planície alagável do alto Rio Paraná: importância e preservação (Upper Paraná River floodplain: Importance and Preservation). 100p. Maringá, Eduem.

Anderson, M. J., R. N. Gorley & K. R. Clarke. 2008. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth, UK.

Antonio, R. R., A. A. Agostinho, F. M. Pelicice, D. Bailly, E. K. Okada & J. H. P. Dias. 2007. Blockage of migration routes by dam construction: can migratory fish find alternative routes?. *Neotropical Ichthyology*, 5: 177-184.

Bailly, D., A. A. Agostinho & H. I. Suzuki. 2008. Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiabá River, Upper Pantanal, Brazil. *Rivers Research and Applications*, 24: 1218-1229.

Barletta, M., A. J. Jaureguizar, C. Baigun, N. F. Fontoura, A. A. Agostinho, V. M. F. Almeida-Val, A. L. Val, R. A. Torres, L. F. Jimenes-Segura, T. Giarrizzo, N. N. Fabré, V. S. Batista, C. Lasso, D. C. Taphorn, M. F. Costa, P. T. Chaves, J. P. Vieira & M. F. M. Corrêa. 2010. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*, 76: 2118-2176.

Baumgartner, G., E. Gubiani, R. L. Delariva & P. V. Sanches. 2010. Spatial Patterns in Fish Assemblages of Ilha Grande National Park, Brazil. *Wetlands*, 30: 309-320.

Comunello, E., E. E. Souza-Filho, P. C. Rocha, M. R. Nanni. 2003. Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná: estudo preliminar. *Anais XI SBSR*, 2459-2466.

Cordiviola-De-Yan, E. 1971. Crecimiento de peces del Parana medio. I. "Sabalo" (*Prochilodus platensis* Holmberg). (Pisces, Tetragonopteridae). *Physis*, 81: 483-504.

- Drago, I. E., M. Marchese & K. M. Wantzen. 2004. Benthos of a large neotropical river: spatial patterns and species assemblages in the Lower Paraguay and its floodplain. *Archiv für Hydrobiologie*, 160: 347– 374.
- Dugan, P. J., C. Barlow, A. A. Agostinho, E. Baran, G. F. Cada, D. Chen, I. G. Cowx, J. W. Ferguson, T. Jutagate, M. Mallen-Cooper, G. Marmulla, J. Nestler, M. Petriere, R. L. Welcomme & K. O. Winemiller. 2010. Fish Migration, Dams, and Loss of Ecosystem Services in the Mekong Basin. *Ambio (Oslo)*, 39: 344-348.
- Gomes, L. C. & A. A. Agostinho. 1997. Influence of the flooding regime on the nutritional state and juvenile recruitment of the curimba, *Prochilodus scrofa*, Steidachner, in upper Paraná River, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 4: 263-274.
- Gomes, L. C., C. K. Bulla, A. A. Agostinho, L. P. Vasconcelos & L. E. Miranda. 2012. Fish assemblage dynamics in a Neotropical floodplain relative to aquatic macrophytes and the homogenizing effect of a flood pulse. *Hydrobiologia*, 685: 97-107.
- Gubiani, E. A., L. C. Gomes, A. A. Agostinho & E. K. Okada. 2007. Persistence of fish populations in the upper Paraná River: effects of water regulation by dams. *Ecology of Freshwater Fish*, 16: 191-197.
- Hahn, N. S., R. Fugi & I. F. Andrian. 2004. Trophic ecology of the fish assemblages. Pp. 247-269. In: Thomaz, S. M., A. A. Agostinho, N. S. Hahn (eds.). *The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden, Backhuys Publishers.
- Harvey, B. & J. Carolsfeld. 2003. Introduction: Fishes of the Floods. Pp. 1-18. In: Carolsfeld, J., B. Harvey, C. Ross & A. Baer (Eds.). *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*. Victoria, World Fisheries Trust.
- Hayashi C., E. Goulart, S. Verissimo & Z. Fedatto-Junior. 1989. Idade e crescimento do curimba *Prochilodus scrofa* (Osteichthyes, Prochilodontidae) no reservatório de Itaipu. Pp. 50-51. In: M. L. Christoffersen & D. S. Amorin (Eds.). *Congresso Brasileiro de Zoologia*. João Pessoa: Sociedade brasileira de Zoologia.
- Junk, W. J., P. B. Bailey & R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Pp. 110-127. In: Dodge, D. P. (Ed.). *Proceedings of the International Large River Symposium*. Ottawa, Canadian (Special Publication) of Fishery and Aquatic Science.

- Lowe-McConnell, R. H. 1987. *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. 382p. Cambridge, Cambridge University Press.
- Machado-Allison, A. 1990. Ecologia de los peces de las areas inundables de los llanos de Venezuela. *Interciencia*, 15: 411–421.
- Nakatani, K., G. Baumgartner & M. Cavicchioli. 1997. Ecologia de ovos e larvas de peixes. Pp. 281-306. In: Vazzoler, A. E. A. M., A. A. Agostinho, N. S. Hahn. 1997. *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá, Eduem.
- Rocha, P. C. 2002. *Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR*. Unpublished Ph.D. Dissertation. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 171p.
- Sanches, P. V., K. Nakatani, A. Bialetzki, G. Baumgartner, L. C. Gomes & E. A. Luiz. 2006. Flow regulation by dams affecting ichthyoplankton: the case of the Porto Primavera dam, Paraná River, Brazil. *Rivers Research and Applications*, 22: 555-565.
- Souza-Filho, E. E. 2009. Evaluation of the Upper Paraná River discharge controlled by reservoirs. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 707-716.
- Souza-Filho, E. E., P. C. Rocha, E. Comunello & J. C. Stevaux. 2004. Effects of the Porto Primavera Dam on physical environment of the downstream floodplain. Pp. 55-74. In: Thomaz, S. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.). *The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden, Backhuys Publishers.
- Souza-Filho, E. E. & J. C. Stevaux. 2004. Geology and Geomorphology of the Baía-Curutuba-Ivinheima river Complex. Pp. 75-102. In: Thomaz, S. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.). *The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden, Backhuys Publishers.
- Suzuki, H. I., A. A. Agostinho, D. Bailly, M. F. Gimenes, H. F. Júlio-Junior & L. C. Gomes. 2009. Inter-annual variations in the abundance of young-of-the-year of migratory fishes in the Upper Paraná River floodplain: relations with hydrographic attributes. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 649-660.

- Sverlij, S. B. A., A. Espinach-Roc, G. Orti. 1993. Sinopsis de los datos biológicos y pesqueros del sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847). 64 p. FAO Sinopsis sobre la Pesca.
- 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 the hydrometric levels. Pp. 75-102. In: Thomaz, S. M., A. A. Agostinho, N. S. Hahn (eds.). The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. Leiden, Backhuys Publishers.
- Tockner, K., C. Baumgartner, F. Schiemer & J. V. Ward. 2000a. Biodiversity of a Danubian floodplain: structural, functional and compositional aspects. Pp. 141–159 In: Gopal, B., W. J. Junk & J. A. Davis (eds). Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation. Leiden, Backhuys Publishers.
- Tockner, K., F. Malard & J. V. Ward, 2000b. An extension of the flood pulse concept. *Hydrological Processes*, 14: 2861–2883.
- Vazzoler, A. E. A. M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. 169p. Maringá, Eduem.
- Vazzoler, A. E. A. M., H. I. Suzuki, E. E. Marques & M. L. A. P. Lizama. 1997. Primeira maturação gonadal, períodos e áreas de reprodução. Pp. 249-266. In: Vazzoler, A. E. A. M., A. A. Agostinho, N. S. Hahn. 1997. A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá, Eduem.
- Welcomme, R. L. 1979. Fisheries ecology of floodplain rivers. 317p. London, Longman.
- Winemiller, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81: 225-241.