

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

RAFAEL ROGÉRIO ROSA

Sucesso reprodutivo de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816): variações intra e interanual e a influência de variáveis ambientais

Maringá
2016

RAFAEL ROGÉRIO ROSA

Sucesso reprodutivo de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816): variações intra e interanual e a influência de variáveis ambientais

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

Orientadora: Dr.^a Andréa Bialetzki

Maringá
2016

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

R788s Rosa, Rafael Rogério, 1991-
Sucesso reprodutivo de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) : variações intra e interanual e a influência de variações ambientais / Rafael Rogério Rosa.-- Maringá, 2016.
36 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2016.
Orientadora: Dr.^a Andréa Bialezki.

1. *Salminus brasiliensis* Cuvier, 1816 (Characiformes, Characidae) "dourado" - Larvas - Variação espaço-temporal - Ivinheima, Rio, Sub-bacia - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Ictioplâncton de água doce - Ecologia - Variação espaço-temporal - Ivinheima, Rio, Sub-bacia - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 3. Peixes de água doce - Larvas - Ecologia - Variação espaço-temporal - Ivinheima, Rio, Sub-bacia - 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. -597.48146809816
NBR/CIP - 12899 AACR/2

RAFAEL ROGÉRIO ROSA

Sucesso reprodutivo de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816): variações intra e interanual e a influência de variáveis ambientais

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

COMISSÃO JULGADORA

Dr.^a Andréa Bialetzki
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Angelo Antonio Agostinho
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof. Dr. Mário Luis Orsi
Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Aprovado em: 21 de julho de 2016.

Local de defesa: Auditório do Nupélia, Nupélia, Bloco H-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedicatória

*Aos meus pais, meus irmãos e amigos,
pelo apoio em todos os momentos da minha vida*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pelo dom da vida, pela saúde perfeita e forças para alcançar todos os objetivos;

Agradeço aos meus pais e família que sempre estiveram ao meu lado em cada etapa da minha vida. As conversas de apoio, incentivo e por ensinarem que o homem é lembrado pelo seu caráter e respeito ao próximo;

Agradeço à minha orientadora Dr.^a Andréa, pelo aprendizado nesses dois anos de convivência, paciência e apoio incondicional, onde cresci como pessoa e profissional, contribuindo para o meu desenvolvimento;

À equipe do laboratório de Ecologia de Ictioplâncton: Andréa, Miro, Eliana, Camila, Joyce, Marcinha, Gazo, Klebert e Ji, pelos conselhos, amizade, brincadeiras, trabalho em equipe e por todo apoio sempre;

À Jislaine e a Anielly pela ajuda nas análises estatísticas utilizadas na dissertação;

Aos professores do PEA pela contribuição na minha formação acadêmica;

À todos os funcionários do Nupélia (secretaria, informática, biólogos, equipe de apoio de campo de Maringá e na base em Porto Rico) que de maneira direta e indireta contribuíram para realização deste trabalho;

Aos funcionários da biblioteca (Salette e João) que sempre estiveram a disposição e ao Jaime pela ajuda no trabalho através da confecção dos mapas;

À CAPES pelo fornecimento da bolsa e PROEX pela disponibilização de recursos;

À Sybelle Bellay, Cris, Helen, Dyego e Angélica, pela a amizade e companheirismo de muitos anos e que sempre estiveram presente nesta etapa;

Aos amigos de PEA, em especial a turma ME/DO PEA 2014, pela amizade, trabalho e tornaram a vida em Maringá mais divertida: Aline, Geovani, Camila, Jonathan, Tassia, Renata, Rafa, Maju, Matheus (Suricato), Fran, Ragna, Alonso, Giliane, Bruno, Lucas e aos demais que porventura faltou mencionar;

Aos amigos Paulo e Gustavo, que dividiram moradia nestes dois anos de mestrado e que sempre incentivaram meu trabalho e a convivência no dia-a-dia; e

Ao meu amigo Rafa Tramonte pela amizade, toda ajuda neste período final de dissertação, sempre disposto e me acolhendo; ao Matheus por toda amizade, aprendizado e saber observar antes de tomar alguma decisão ou posicionamento; e a Tassia e Renata que se tornaram grandes amigas de trabalho, mas também do dia-a-dia, dos barzinhos, festas e churrascos. Este tempo juntos do quarteto (eu, Matheus, Tassia e Renata) sempre reservará boas lembranças.

Sucesso reprodutivo de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816): variações intra e interanual e a influência de variáveis ambientais

RESUMO

A reprodução de peixes de água doce ocorre anualmente em ambientes que proporcionam condições ambientais favoráveis para a desova e, posterior sobrevivência e crescimento de suas larvas. O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição espacial e temporal de larvas de *Salminus brasiliensis*, a fim de compreender as variações intra e interanual de sua abundância e a influências de variáveis ambientais sobre a reprodução. As coletas foram realizadas em diferentes biótopos (rio, remanso e lagoa) do rio Ivinheima, planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. Concomitantemente, foram obtidas a temperatura, o oxigênio dissolvido, o pH, a condutividade elétrica, o nível fluviométrico e a precipitação. As larvas de *S. brasiliensis* foram capturadas principalmente nos meses de outubro e janeiro, nos biótopos rio e remanso e não apresentaram diferença significativa em relação a sua distribuição vertical e nictemeral. Estima-se que esta espécie possa migrar acima de 200 km para se reproduzir no rio Ivinheima e em seus tributários como o rio Guiraí. A temperatura, o nível fluviométrico, o pH e o oxigênio dissolvido foram as principais variáveis que influenciaram na densidade de larvas. A importância da manutenção deste último trecho lótico livre de represamento é essencial para a manutenção dos estoques naturais, sobretudo de *S. brasiliensis*, pois os mecanismos como intensidade de inundação e atraso de cheias são fatores que agem diretamente no sucesso reprodutivo da espécie e dependem destas condições naturais. *Salminus brasiliensis* é uma espécie-chave para propor medidas de manejo e conservação para toda fauna ictiológica, uma vez que garantido o sucesso reprodutivo desta espécie, as demais espécies migradoras e sedentárias também serão beneficiadas.

Palavras-chaves: Ictioplâncton. Bacia do Alto rio Paraná. Espécies migradoras. Ecologia de larvas.

Reproductive success *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816): intra and interannual variations and the influence of environmental variables

ABSTRACT

The reproduction of freshwater fish occurs annually in environments that provide favorable environmental conditions for spawning and subsequent survival and growth of their larvae. The aim of this study was to evaluate the spatial and temporal distribution of larvae *Salminus brasiliensis* in order to understand the intra and interannual variations in their abundance and the influence of environmental variables on reproduction. Samples were collected at different biotypes (river, backwater and lagoon) of Ivinheima River floodplain of the upper Paraná River, Brazil. At the same time, were obtained temperature, dissolved oxygen, pH, electrical conductivity, river level and rainfall. The larvae of *S. brasiliensis* were captured mainly in the months of October and January, the biotope river and backwater and no significant difference in relation to its vertical and nycterohemeral. It is estimated that this species can migrate over 200 km to reproduce in the river Ivinheima and its tributaries as the river Guiraí. The temperature, the river level, pH and dissolved oxygen were the main variables that influence the larvae density. The importance of maintaining this last damming free lotic and is essential for the maintenance of natural stocks, especially of *S. brasiliensis*, because mechanisms such as intensity of flooding and delay flooding are factors that act directly on the reproductive success of the species and depend on these natural conditions. *Salminus brasiliensis* is a key species to propose management and conservation measures for all fish population, once guaranteed the reproductive success of this species, other migratory and sedentary species will also benefit.

Keywords: Ichthyoplankton. Upper Paraná River basin. Migratory species. Larval ecology.

Dissertação elaborada (exceto idioma) e formatada conforme a norma da publicação científica *Environmental Biology of Fishes*. Disponível em:
<http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10641?detailsPage=pltc_2060407>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 ÁREA DE ESTUDO	13
2.1.1 Amostragens.....	14
2.1.2 Análise dos dados.....	15
2.1.2.1 <i>Variação intra-anual</i>	15
2.1.2.2 <i>Variação interanual e influência das variáveis ambientais</i>	16
3 RESULTADOS	17
3.1 VARIAÇÃO INTRA-ANUAL	17
3.2 VARIAÇÃO INTERANUAL	20
3.2.1 <i>Distribuição espacial e temporal de larvas</i>	20
3.2.2 <i>Variáveis ambientais - Locais e Regionais</i>	22
3.2.3 <i>Relação entre densidade de larvas e as variáveis ambientais</i>	22
4 DISCUSSÃO	26
REFERÊNCIAS	30
APÊNDICE A - Variação temporal dos dados abióticos (nível fluviométrico, precipitação, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH) nos seis períodos reprodutivos de outubro de 2009 a março de 2015, amostrados no rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil.....	35

1 INTRODUÇÃO

Os peixes teleósteos, em geral, apresentam periodicidade reprodutiva anual, com desova ocorrendo em ambientes que proporcionam condições ideais para a sobrevivência e o crescimento da prole (Welcomme 1979; Nakatani et al. 2001). Neste contexto, as espécies possuem diferentes táticas reprodutivas que lhes permitem a adaptação ao meio abiótico e biótico, sendo capazes de alocar energia durante o período de crescimento e utilizar uma porção desta para a perpetuação da prole, garantindo desta maneira, o sucesso reprodutivo (Vazzoler 1996).

Estudos sobre a dinâmica reprodutiva da comunidade íctica indicam a relação entre as variáveis ambientais e a capacidade reprodutiva das espécies (Winemiller 1989; Suzuki e Pompeu 2016). Variáveis abióticas como a temperatura, o pH, o fotoperíodo, a condutividade elétrica, o oxigênio dissolvido (Munro 1990; Humphries et al. 2002), a precipitação e a variação do nível de água (Vazzoler 1996) atuam como "gatilhos" sincronizadores para o início do período reprodutivo (Agostinho et al. 2004; Baumgartner et al. 2008). No entanto, quando as espécies não encontram condições ambientais propícias para a reprodução, podem ocorrer falhas reprodutivas e no recrutamento, resultando em depleção ou extinção local de populações (Humphries et al. 1999; Agostinho et al. 2004).

Em regiões temperadas o período reprodutivo das espécies de peixes é influenciado, principalmente pela duração dos dias (fotoperíodo) e pela alta variação diária da temperatura (Lowe-McConnell 1987; Guerrero et al. 2009). Em contrapartida, em regiões tropicais marcadas pela pequena flutuação na temperatura, a reprodução das espécies está ligada principalmente, a dinâmica hidrológica (Godoy 1975; Bailly et al. 2008). Nestes ambientes, o aumento da precipitação e do nível fluviométrico promove a alternância de períodos de inundação e seca, que controlam os ciclos biogeoquímicos e a estrutura das comunidades, criando em rios de planícies de inundação ambientes adequados para a desova e disponibilidade de alimento para todos os estágios de vida das espécies (Junk et al. 1989).

Na planície de inundação do alto rio Paraná, são registradas dezesseis espécies de peixes migradoras de longa distância (Agostinho et al. 2003), as quais apresentam padrões reprodutivos ligados a migrações longitudinais no canal principal dos rios e dependência do regime de cheias e outras variáveis ambientais para o sucesso reprodutivo (Agostinho et al. 2003; Ziober et al. 2012). A desova destas espécies ocorre entre os meses de outubro e março, período caracterizado, sobretudo pelo aumento do nível fluviométrico e da temperatura (Bialetzki et al. 2005). Estas espécies percorrem longas distâncias em direção aos tributários, onde realizam a desova, enquanto sua prole deriva pela calha principal do rio, até alcançar remansos e lagoas onde realizam o seu desenvolvimento ontogênico (Baumgartner et al. 2004; Gogola et al. 2010; Reynalte-Tataje et

al.2013). Entretanto, após a construção da barragem da Usina Hidrelétrica (UHE) Engenheiro Sérgio Motta, mais conhecida como UHE de Porto Primavera em 1998, próximo a foz do rio Paranapanema, o trecho livre de barramento na planície ficou restrito a 230 km entre esta barragem e o reservatório de Itaipu (Agostinho et al. 2004). Esta obra alterou substancialmente a dinâmica de inundação e o fluxo de água na planície, com efeitos sobre a conectividade que refletiu na biodiversidade local (Gubiani et al. 2010). Para as espécies migradoras que possuem requerimentos específicos para completarem o seu ciclo de vida, o reflexo da construção de Porto Primavera pode ser observado no declínio populacional nas últimas décadas (Suzuki et al. 2009).

Como medida compensatória à construção desta barragem, foi criado em 1998, o Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema, que abriga a porção inferior do rio Ivinhema, um importante tributário da margem direita do rio Paraná, que ainda mantém íntegras suas características naturais, sendo considerado um importante local para a reprodução de espécies de peixes da região (Sanches et al. 2006; Reynalte-Tataje et al. 2011). Este tributário tornou-se uma das principais rotas para os peixes migradores, entre eles *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) (Nakatani et al. 1997; Reynalte-Tataje et al. 2013).

Conhecido popularmente como "dourado", *S. brasiliensis* possui grande porte e ampla distribuição nas bacias dos rios Paraná, Paraguai, Uruguai e diversas regiões da América do Sul (Morais-Filho e Schubart 1955). Com relação à reprodução, pode migrar longas distâncias durante o período reprodutivo, que ocorre uma vez por ano (Agostinho et al. 2003; Hahn et al. 2011), seguindo em direção as nascentes dos grandes rios, livres de represamentos e com condições abióticas e bióticas ideais para realizar a sua desova. Na bacia do alto rio Paraná, a migração e a desova estão relacionadas principalmente com o regime de inundação, sendo que a desova acontece quando os níveis de água começam a subir, enquanto o sucesso do recrutamento está ligado à intensidade e a duração dos períodos de cheias (Agostinho et al. 2003; Oliveira et al. 2015). Entretanto, o controle da vazão e conseqüentemente, a interrupção do regime de cheias causado pela construção de reservatórios nestes ambientes têm causado a depleção dos estoques pesqueiros (Hoeinghaus et al. 2009; Costa et al. 2012).

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a distribuição espacial e temporal de larvas de *S. brasiliensis*, a fim de compreender a variação intra e interanual na sua abundância, bem como avaliar o papel das variáveis ambientais que atuam sobre o seu sucesso reprodutivo. Especificamente pretende-se (i) verificar a distribuição espacial (biótopos e estratos) e temporal (anual, mensal e diária) das larvas, buscando entender quais os requerimentos específicos para o seu desenvolvimento inicial; e (ii) determinar quais variáveis ambientais podem influenciar os padrões temporais na ocorrência de larvas e, conseqüentemente, influenciar o sucesso reprodutivo da espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O rio Ivinhema localiza-se na margem direita do rio Paraná (Mato Grosso do Sul, Brasil), sendo que os trechos superior e médio correm em direção norte-sul e o inferior, paralelo ao rio Paraná até convergir com o mesmo, possuindo uma extensão total de aproximadamente 230 km. Este rio é um dos poucos tributários do rio Paraná que possui características lólicas, não apresentando nenhum represamento, diferente do que se observa no restante da bacia.

A área estudada está inserida na região inferior do rio Ivinhema ($22^{\circ}48'00''\text{S}$; $53^{\circ}32'00''\text{O}$ e $22^{\circ}59'10''\text{S}$; $53^{\circ}39'02''\text{O}$), ficando localizada dentro de uma unidade de conservação permanente, conhecida como Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema. De acordo com as características hidrológicas das estações de amostragens, foram realizadas coletas nos diferentes biótopos (rio, remanso e lagoa) estabelecidos (Fig. 1; Tabela 1).

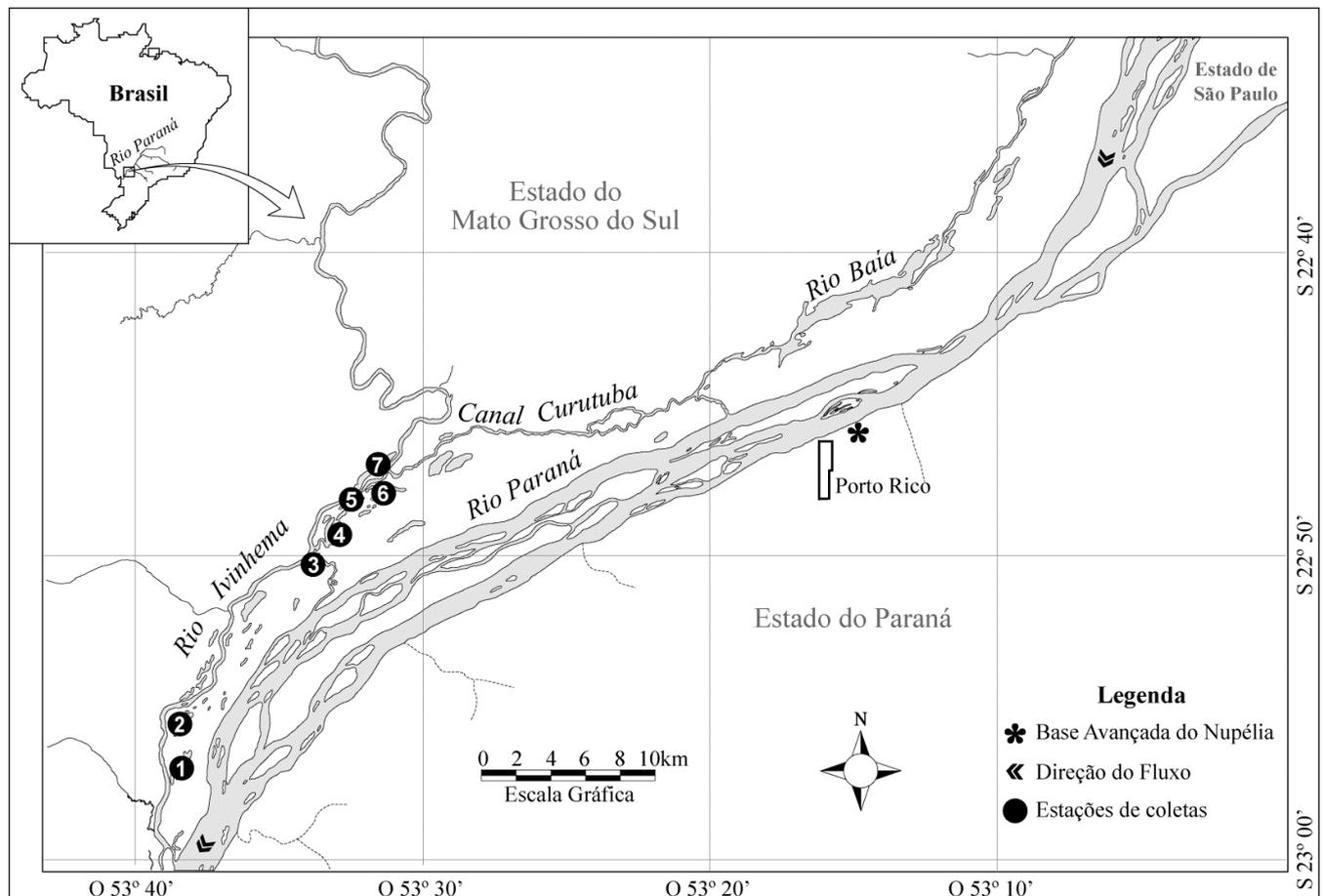


Figura 1. Estações de amostragens no rio Ivinhema, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil (1- Rio Ivinhema III, 2- Lagoa do Pintado, 3- Boca da Lagoa dos Patos, 4- Lagoa dos Patos, 5- Boca da Lagoa do Finado Raimundo, 6- Rio Ivinhema II, 7- Lagoa do Finado Raimundo).

Tabela 1. Dados fisiográficos das estações de amostragem localizadas no rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil.

Estação	Biótopo	Coordenadas
Lagoa do Finado Raimundo	Lagoa	22°47'46.20"S/53°32'16.59"O
Lagoa dos Patos	Lagoa	22°49'22"S/53°33'10"O
Lagoa do Pintado	Lagoa	22°56'46.31"S/53°38'32.19"O
Boca da Lagoa do Finado Raimundo	Remanso	22°48'6.75"S/53°32'38.72"O
Boca da Lagoa dos Patos	Remanso	22°49'47.19"S/53°33'53.36"O
Rio Ivinheima II	Rio	22°48'2.12"S/53°32'20.66"O
Rio Ivinheima III	Rio	22°56'55.12"S/53°39'1.28"O

2.1.1 Amostragens

Foram utilizados dois conjuntos de dados neste trabalho. O primeiro com amostras realizadas mensalmente entre abril 2008 e março de 2009, foi utilizado para verificar as variações intra-anuais dos estágios de desenvolvimento larval, enquanto o segundo, foi utilizado para avaliação das variações interanuais, sendo que as amostras obtidas mensalmente em seis períodos reprodutivos consecutivos, compreendendo os meses de outubro de 2009 a março de 2010 (PR1), outubro de 2010 a março de 2011 (PR2), outubro de 2011 a março de 2012 (PR3), outubro de 2012 a março de 2013 (PR4), outubro de 2013 a março de 2014 (PR5) e de outubro de 2014 a março de 2015 (PR6).

Em todas as amostragens foram utilizadas redes de plâncton do tipo cônico-cilíndrica, com malha 0,5 mm e fluxômetro acoplado à boca para a obtenção do volume de água filtrada. No rio Ivinheima, as redes foram fixadas a um cabo estendido perpendicularmente à superfície da água, sendo três redes de superfície (margens esquerda e direita e centro do rio), e duas de fundo, todas expostas por 15 minutos simultaneamente. Nas lagoas e remansos as redes foram arrastadas na superfície e fundo, por 10 minutos. Todas as coletas foram realizadas ao longo de um ciclo nictemeral, com intervalo de seis horas entre as amostragens (0:00, 06:00, 12:00 e 18:00 horas). Em todas as amostras obtidas adicionou-se eugenol (4-Alil-2-Metoxifenol), cujo objetivo foi anestésiar os indivíduos e, só em seguida estas foram fixadas em formol diluído a 4%, tamponado com carbonato de cálcio.

Em laboratório, com auxílio de um estereomicroscópico foi realizada a triagem do material coletado e as larvas separadas do restante do plâncton, utilizando-se placa do tipo Bogorov. Para a identificação, foi utilizada a técnica de sequência de desenvolvimento sugerida por Ahlstrom e Moser (1976), modificado por Nakatani et al (2001), que consiste na identificação a partir de uma amostra com diferentes estágios de desenvolvimento, desde a larva recém-eclodida até o período adulto, tendo como base, principalmente, as características morfológicas. Após a identificação, as larvas coletadas entre abril de 2008 a março de 2009 foram enquadradas nos seguintes estágios de

desenvolvimento: larval vitelino (LV), pré-flexão (PF), flexão (FL) e pós-flexão (FP) (Ahlstrom e Ball 1954, modificado por Nakatani et al. 2001).

Concomitantemente à coleta de ictioplâncton, foram obtidas as variáveis ambientais locais: temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica. Os dados referentes as variáveis regionais nível fluviométrico e precipitação foram fornecidos pela Itaipu Binacional, oriundos da estação hidrometeorológica Ivinheima.

A fim de avaliar a influência do nível fluviométrico sobre a ocorrência das larvas para cada período reprodutivo, as inundações foram caracterizadas de acordo com os seguintes atributos: (i) duração da inundação (número de dias onde o nível do rio se manteve acima de 2,75 m – este limiar foi previamente estabelecido para a inundação do rio Ivinheima e suas várzeas (Comunello et al. 2003); (ii) intensidade de inundações (maior valor de nível em cada período); (iii) atraso na inundação (o número de intervalos de 15 dias entre 1 de outubro e o início das cheias) (Oliveira et al. 2015).

2.1.2 Análise dos dados

A matriz original de dados de densidade de larvas de *S. brasiliensis* apresentou muitos valores de zero, e os dados não atenderam os pressupostos de normalidade, homocedasticidade e linearidade, assim para ambas as avaliações (intra e interanual) foram utilizadas análises não paramétricas.

2.1.2.1 Variação intra-anual

Para verificar se houveram diferenças entre os biótopos (rio, remanso e lagoa) amostrados em relação aos estágios de desenvolvimento larval de *S. brasiliensis*, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis. Adicionalmente, utilizando esta mesma análise, também foi avaliado a existência de diferenças significativas na distribuição vertical (superfície e fundo) e nictemeral (diurno e noturno) para cada estágio de desenvolvimento em cada um dos biótopos amostrados.

Com base nas informações sobre a distribuição dos estágios larvais de *S. brasiliensis* nos diferentes biótopos, foi elaborado um modelo descrevendo a dinâmica reprodutiva (desova) e a deriva das larvas no rio Ivinheima. Para isso foram levantadas informações sobre o tempo de desenvolvimento embrionário e larval desta espécie (em horas) (Morais Filho e Schubart 1955; Bialecki A. informação pessoal), bem como a velocidade de fluxo do rio Ivinheima (Thomaz et al. 1997), utilizada da seguinte fórmula:

$$d = 3,06 * t$$

Onde, d = distância percorrida entre cada estágio de desenvolvimento larval; o valor de 3,06 km/h = constante da vazão (km/h) do fluxo do rio Ivinheima (Thomaz et al., 1997) e o t = tempo (h) de desenvolvimento entre cada estágio larval.

2.1.2.2 *Variação interanual e influência das variáveis ambientais*

A análise de variância não paramétrica (Kruskal-Wallis) foi aplicada para verificar as diferenças na densidade de larvas entre os períodos reprodutivos e os biótopos (rio, lagoa e remanso) amostrados. Ambas as análises utilizaram a densidade de larvas como variável resposta e os períodos reprodutivos e locais de amostragem (biótopos), como variáveis independentes.

A possível relação entre as variáveis ambientais e a distribuição temporal das larvas de *S. brasiliensis* foi analisada utilizando Análise de Componentes Principais (PCA), a qual reduz a dimensionalidade destas variáveis. Para isso, todas as variáveis (exceto o pH) foram previamente logaritmizadas ($\log_{10} x+1$) para linearizar as relações entre elas (Peters 1986). Os eixos da PCA com autovalores maiores que 1 foram retidos para interpretação, de acordo com o critério de Kaiser-Guttman (Jackson 1993). As variáveis ambientais com autovetores (correlações) acima de 0,6 foram consideradas importantes para a formação dos eixos da PCA. Posteriormente, para testar a relação das variáveis ambientais sobre a densidade de larvas, foi realizada uma correlação de Spearman, utilizando os escores retidos da PCA e a densidade de larvas (variável resposta).

O nível fluviométrico por ser considerado uma das variáveis ambientais que mais influencia a reprodução de peixes migradores (Agostinho et al. 2004), foi avaliado separadamente das demais variáveis. Assim, primeiramente foi realizada uma correlação de Spearman, utilizando os valores do nível hidrométrico desde o dia em que foram realizadas as coletas até quinze dias anteriormente a estas, além dos valores médios mensais. Esta análise teve como objetivo relacionar a defasagem temporal dos níveis hidrométricos que agem sobre a reprodução da espécie e, posteriormente, sobre a densidade das larvas.

Uma Regressão Simples também foi realizada para avaliar a influência dos atributos de inundação (duração, intensidade e atraso) como variáveis preditoras em relação a densidade média de larvas de *S. brasiliensis*. Para realizar esta análise foram testados previamente os pressupostos de normalidade, homocedasticidade e linearidade.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada utilizando o software PC-ORD versão 5.0 (McCune e Mefford 2006) e para as demais análises e gráficos foi utilizado o software Statistica 7.1 (Statsoft 2010). Para todos os testes estatísticos foi considerado nível de significância de $p \leq 0,05$.

3 RESULTADOS

3.1 VARIAÇÃO INTRA-ANUAL

No período entre abril de 2008 e março de 2009 foram capturadas 273 larvas de *S. brasiliensis*. As larvas foram registradas apenas nos meses de novembro de 2008 e janeiro de 2009, principalmente nos biótopos remanso e rio (Fig. 2).

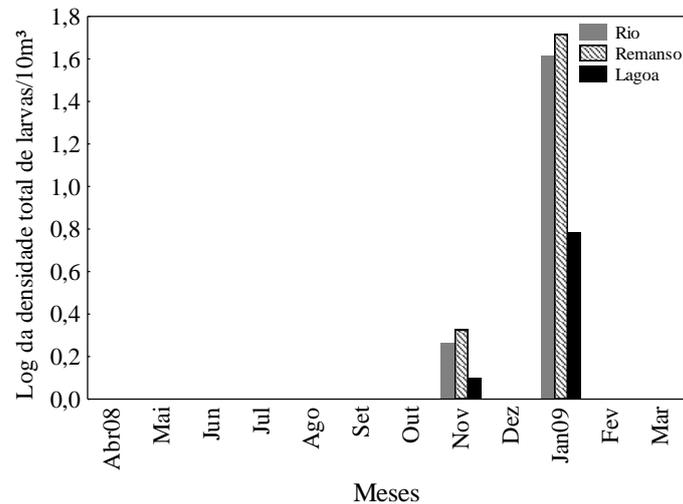


Figura 2. Variação mensal da densidade de larvas de *Salminus brasiliensis* (larvas/10m³) nos diferentes biótopos (rio, remanso e lagoa) amostrados no rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil, entre abril de 2008 a março de 2009.

Neste período, foram encontradas apenas larvas em estágios de pré-flexão (43larvas/10m³) e flexão (52,71larvas/10m³), as quais não diferiram entre os biótopos amostrados ($p > 0,05$), no entanto, foi possível observar uma maior abundância no biótopo remanso para ambos os estágios (Fig. 3).

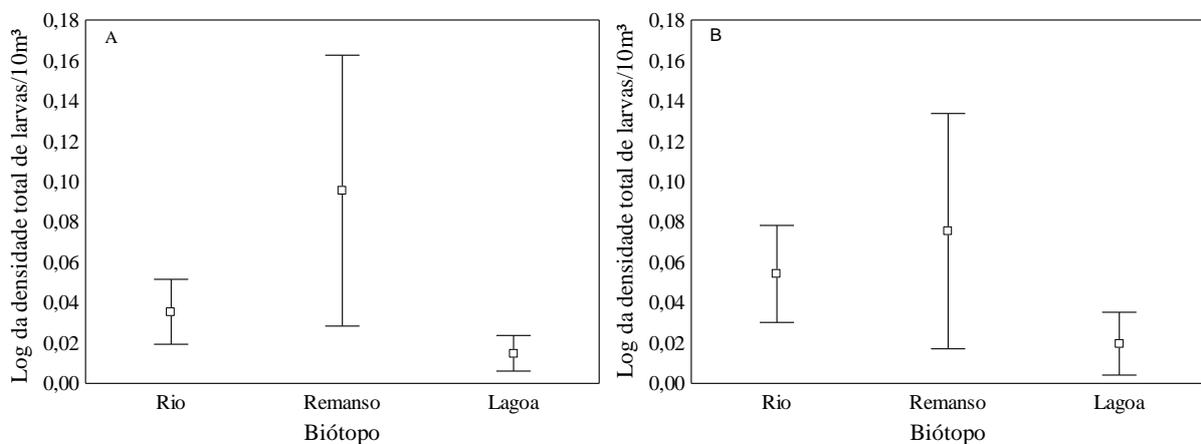


Figura 3. Variação na abundância de larvas de *Salminus brasiliensis* (larvas/10m³) em estágios de pré-flexão (A) e flexão (B) nos diferentes biótopos (rio, remanso e lagoa) amostrados no rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil, entre abril de 2008 a março de 2009. (Marcadores=média; barras=erro padrão).

Em relação a distribuição vertical (superfície e fundo) e nictemeral (diurno e noturno) as larvas em pré-flexão e flexão não apresentaram diferenças significativas em nenhum dos biótopos amostrados ($p > 0,05$). No entanto, foi possível observar que ambos os estágios de desenvolvimento apresentaram uma tendência de distribuição no fundo do biótopo remanso (Fig. 4) durante o período noturno (Fig. 5).

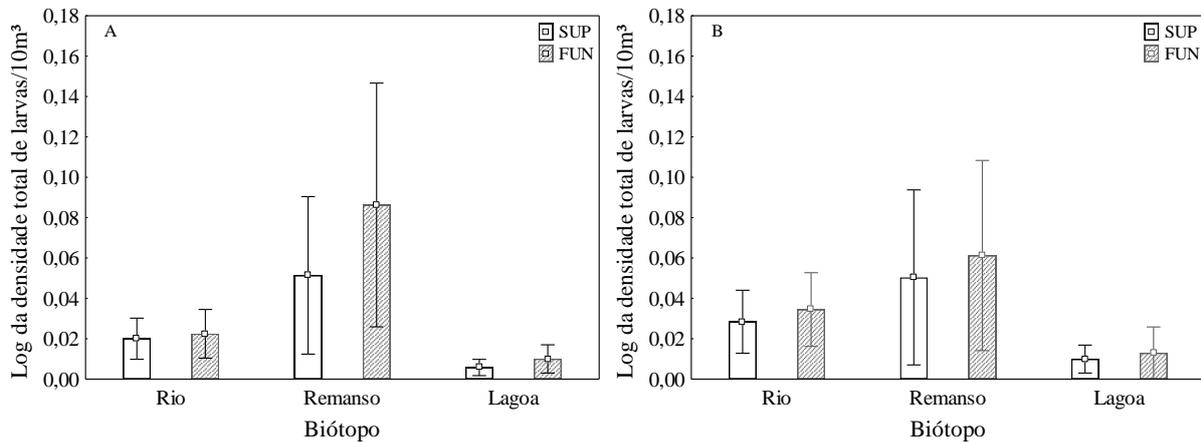


Figura 4. Distribuição vertical de larvas de *Salminus brasiliensis* (larvas/10m³) em estágios de pré-flexão (A) e flexão (B) nos diferentes biótopos (rio, remanso e lagoa) amostrados no rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil, entre abril de 2008 a março de 2009. (Marcadores=média; barras=erro padrão).

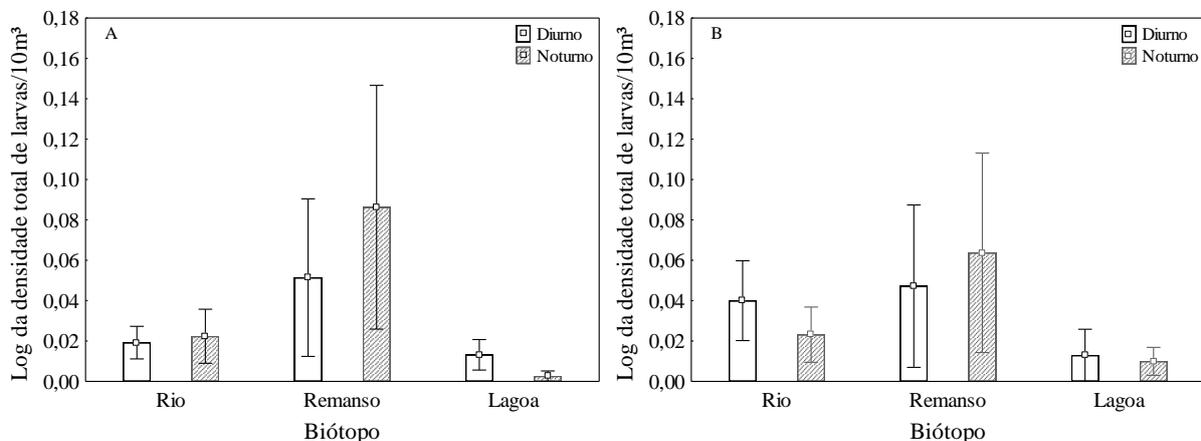


Figura 5. Variação nictemeral de larvas de *Salminus brasiliensis* (larvas/10m³) em estágios de pré-flexão (A) e flexão (B) nos diferentes biótopos (rio, remanso e lagoa) amostrados no rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil, entre abril de 2008 a março de 2009. (Marcadores=média; barras=erro padrão).

Utilizando as larvas em flexão de *S. brasiliensis* que foram as mais abundantes em todos os ambientes amostrados (52,71 larvas/10m³), foi possível estimar com base no tempo (h) de desenvolvimento entre cada estágio larval e na vazão do rio, que a desova desta espécie ocorre aproximadamente 96 km acima dos locais onde os indivíduos foram capturados, provavelmente em tributários do rio Ivinheima, como por exemplo, o rio Guiraí, enquanto as larvas em estágio de pós-

flexão são encontradas cerca de 122 km abaixo do ponto inicial estabelecido, possivelmente alcançando o rio Paraná e suas lagoas ou no canal conhecido como rio Ivinheiminha (Fig. 6). Em suma, estima-se que indivíduos de *S. brasiliensis* supostamente realizam migrações acima de 200 km até os tributários para se reproduzirem.

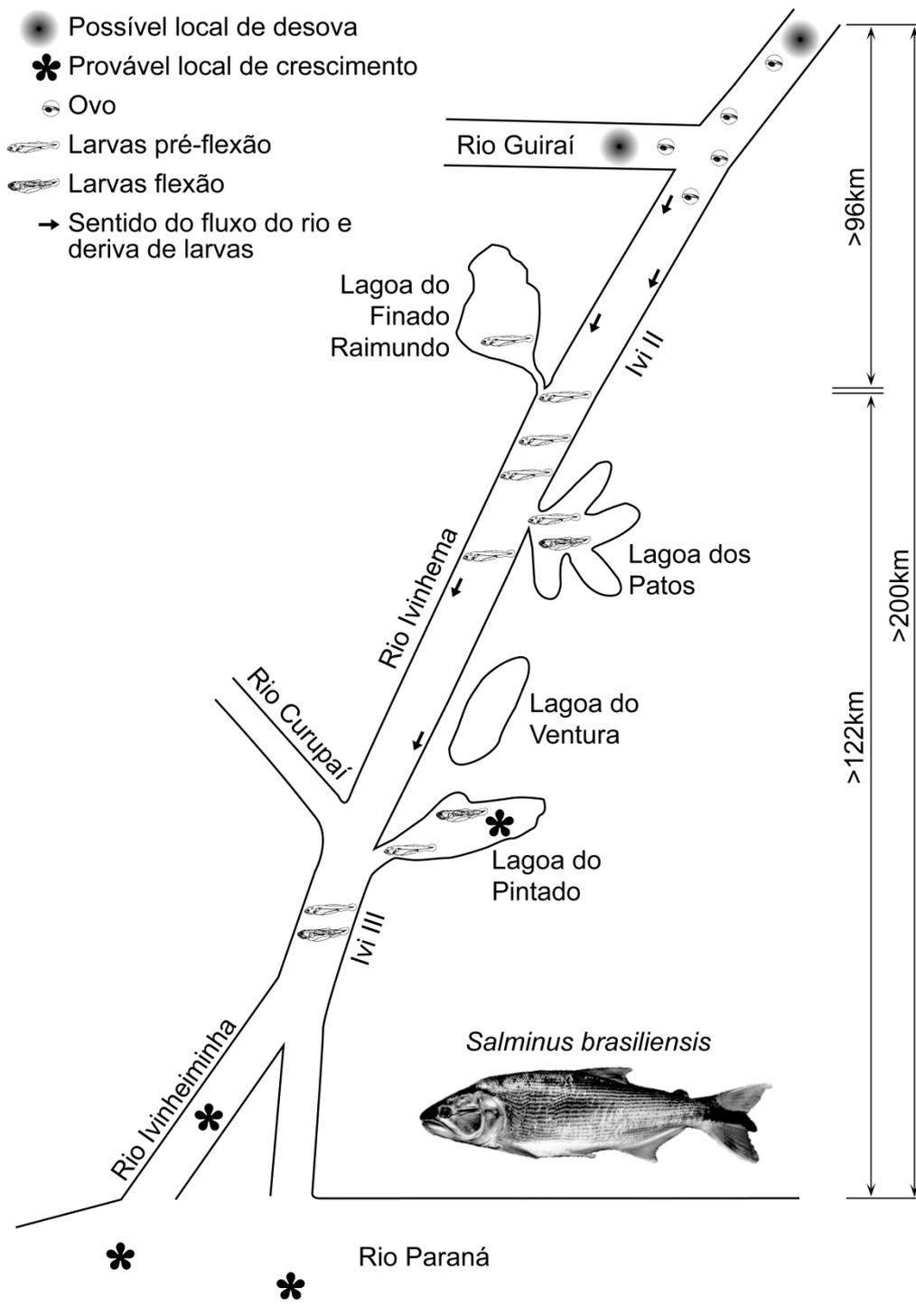


Figura 6. Mapa conceitual da distribuição de larvas *Salminus brasiliensis* nos locais amostrados e os possíveis locais de desova e crescimento da espécie no rio Ivinhema, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil.

A análise de variância de Kruskal-Wallis aplicada para cada período reprodutivo, não atestou diferenças significativas entre os biótopos (rio, remanso e lagoa) amostrados ($p > 0,05$). Entretanto, foi possível verificar a baixa densidade ou ausência de larvas nas lagoas ao longo dos períodos reprodutivos (Fig. 9).

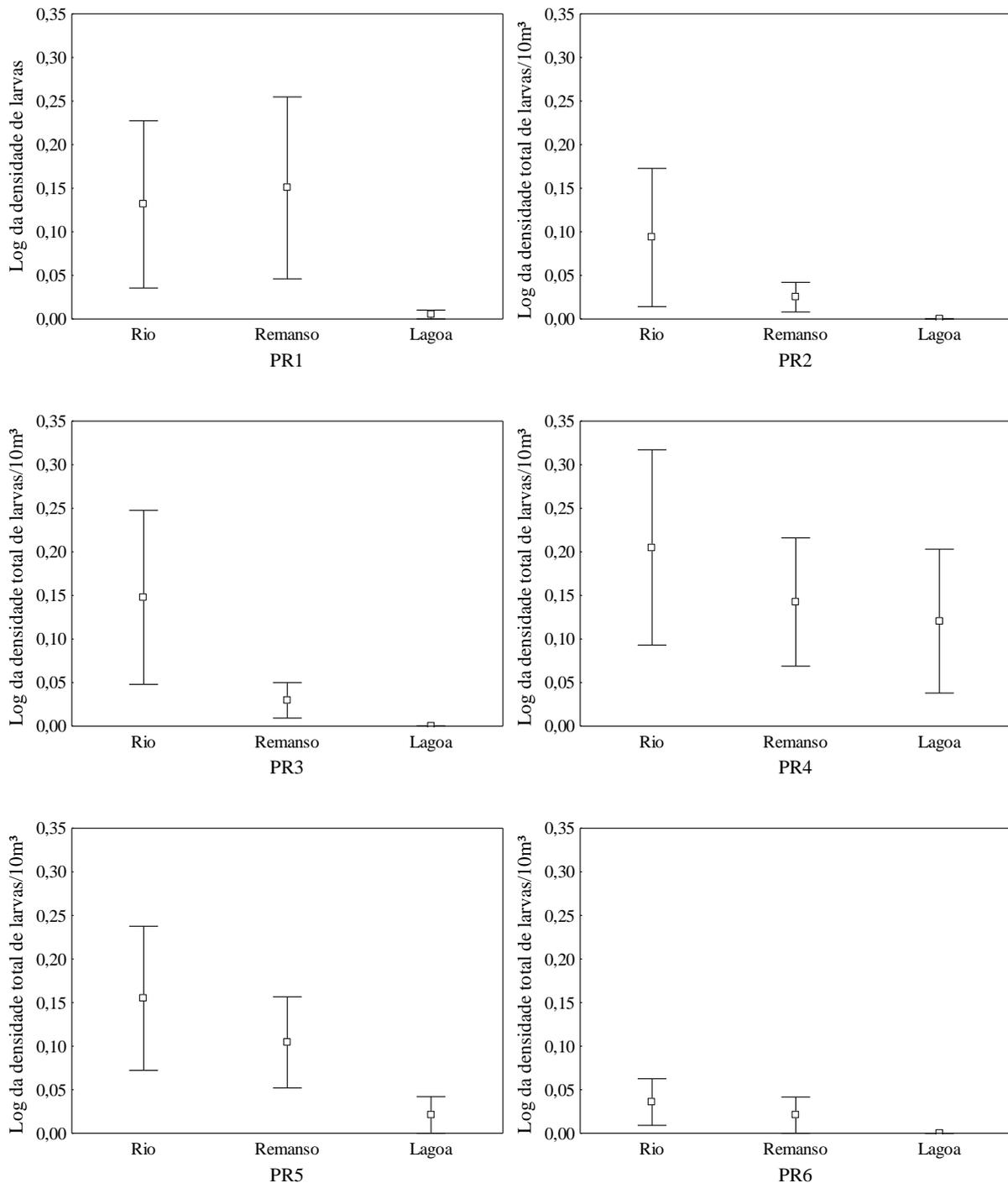


Figura 9. Variação espacial da densidade de larvas de *Salminus brasiliensis* (larvas/10m³) nos diferentes biótopos (rio, remanso e lagoa) amostrados do rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil, durante os meses de outubro a março de cada período reprodutivo. (Marcadores=média; barras=erro padrão).

3.2.2 Variáveis ambientais - Locais e Regionais

Os resultados referentes às variáveis ambientais são apresentados na figura 10 (Apêndice A). A temperatura apresentou os maiores valores em fevereiro de 2010 e dezembro de 2012, com 31,1°C e 30,5°C, respectivamente, enquanto o menor valor foi observado em outubro de 2009 (23,9°C). O pH teve menor valor em março de 2011 (6,02) e o maior valor em outubro de 2010 (8,51), enquanto a condutividade elétrica apresentou menor valor de 33,72 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ em março de 2013 e o maior de 68,27 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ em outubro de 2014. Para o oxigênio dissolvido o menor valor registrado foi em janeiro de 2010 (2,51 mg/l) e o maior em novembro de 2012 (9,94 mg/l), já para o nível fluviométrico o menor registro médio foi observado em fevereiro de 2012 (1,42 m) e o maior em março de 2011 (3,64 m), enquanto para precipitação o menor valor médio foi registrado no mês de março de 2014 (0,52 mm) e maior em fevereiro de 2011 (10,72 mm).

Nos períodos amostrados, a maior duração de cheia foi registrada em 2009-2010, seguido pelo ciclo de 2010-2011. Inundações de grande intensidade e alta duração (75-100 dias acima de 2,75 m) foram registradas em 2009-2010 e 2010-2011. Nestes períodos, o atraso das cheias ocorreu na segunda e primeira quinzena de outubro, respectivamente, enquanto nos ciclos de 2012-2013 e 2013-2014 a inundação ocorreu apenas em março, com baixa intensidade e duração da cheia (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos de inundação observados no rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil, entre outubro de 2009 e março de 2015.

Atributos de cheia/anos de cheia	Ciclos hidrológicos					
	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
Duração de cheias (dias >2,75m)	96	75	2	11	7	50
Intensidade máxima (m)	4,17	4,20	2,78	3,94	2,82	3,25
Atraso de cheias	2	1	4	12	12	1

3.2.3 Relação entre densidade de larvas e as variáveis ambientais

A Análise de Componentes Principais (ACP) revelou que os eixos 1, 2 e 3 apresentaram autovalores maiores que 1 e foram retidos para interpretação, explicando 76,07% da variabilidade dos dados. O primeiro eixo (CP 1) teve autovalor de 2,03 e explicou 33,91% da variabilidade dos dados, sendo que o nível fluviométrico contribuiu positivamente na ordenação, enquanto o oxigênio dissolvido contribuiu negativamente. O segundo eixo (CP 2) teve autovalor de 1,42 e explicou 23,68% da variabilidade dos dados, sendo que a precipitação contribuiu positivamente na ordenação. O terceiro eixo (CP 3) teve autovalor de 1,10 e explicou 18,47% da variabilidade dos dados. Neste eixo, a temperatura influenciou positivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Autovetores obtidos da Análise de Componentes Principais e autovalores dos eixos retidos para interpretação. Valores em negrito foram significativos.

Variáveis	CP1	CP2	CP3
Temperatura	0,20	- 0,02	0,89
Oxigênio dissolvido	- 0,66	- 0,60	- 0,15
pH	0,57	- 0,49	- 0,27
Condutividade elétrica	0,59	- 0,55	- 0,14
Nível fluviométrico	0,90	0,06	0,04
Precipitação	0,21	0,70	- 0,41
Autovalores	2,03	1,42	1,10
% de explicação	33,91	23,68	18,47

Através de inspeção visual da correlação da densidade de larvas com cada variável ambiental, separadamente, foi possível observar que esta espécie apresenta um limiar (“*thresholds*”) para algumas variáveis ambientais, ou seja, a presença de larvas desta espécie ocorre principalmente, em condições onde os valores de pH se concentram entre 6,3 e 7,0, temperaturas acima de 24,5°C, oxigênio dissolvido superior a 5,5 mg/l e aumento do nível fluviométrico, porém, este limiar não foi observado para a condutividade elétrica e a precipitação (Fig. 11).

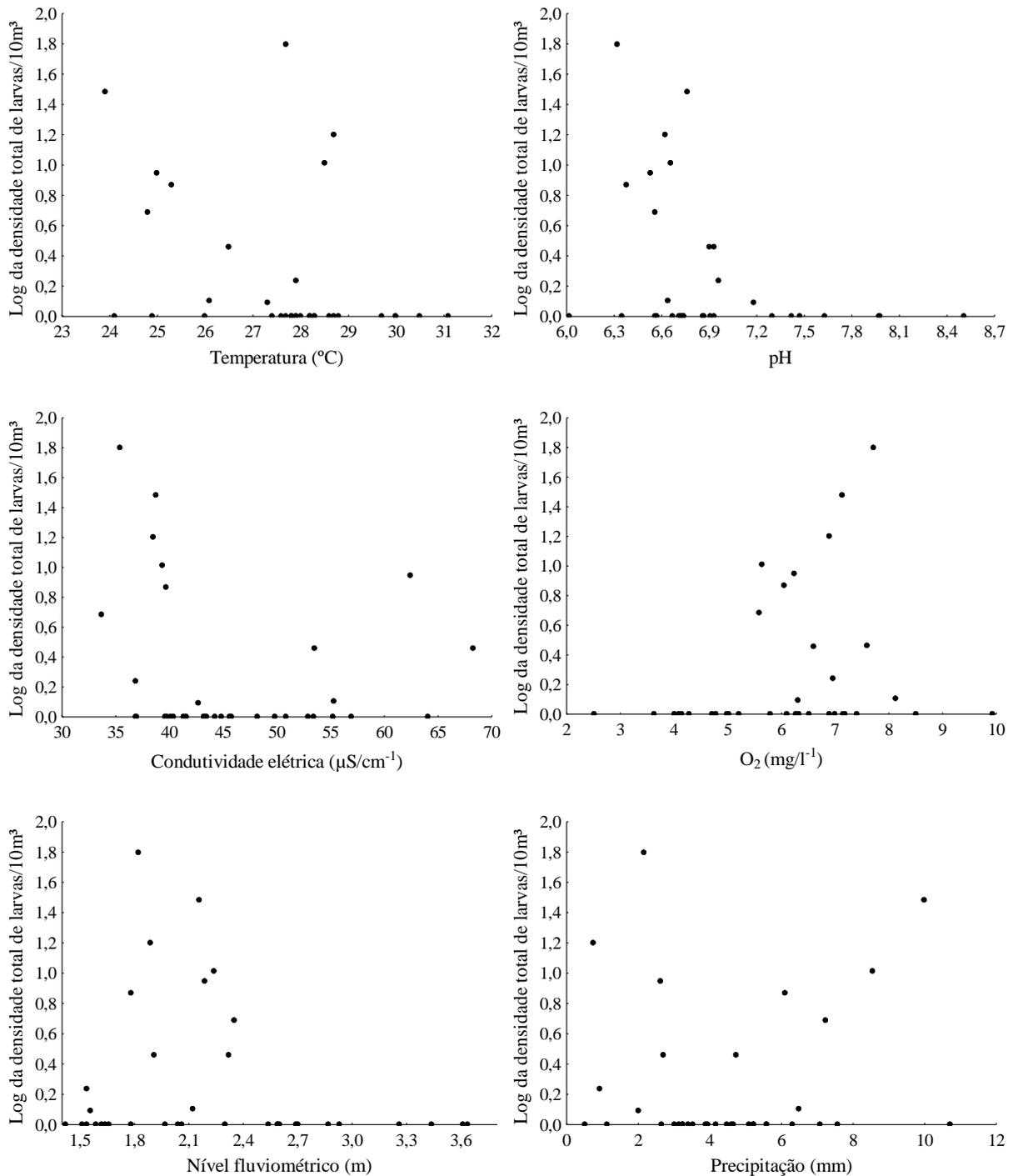


Figura 11. Relação entre variáveis ambientais e a densidade de larvas de *Salminus brasiliensis* (larvas/10m³) capturadas no rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil.

A correlação entre os eixos retidos da ACP e a densidade de larvas de *S. brasiliensis* foi significativa apenas para os escores do eixo 1 (CP 1: $r = -0,51$; $p < 0,05$; CP 2: $r = 0,005$; $p > 0,05$; CP 3: $r = -0,29$; $p > 0,05$), indicando a influência do nível fluviométrico e do oxigênio dissolvido sobre a densidade de larvas (Fig. 12). A relação do aumento do nível fluviométrico com a ocorrência de larvas desta espécie, também pode ser observado na variação diária do nível fluviométrico ao longo de cada período reprodutivo amostrado (Fig. 13 - Apêndice A).

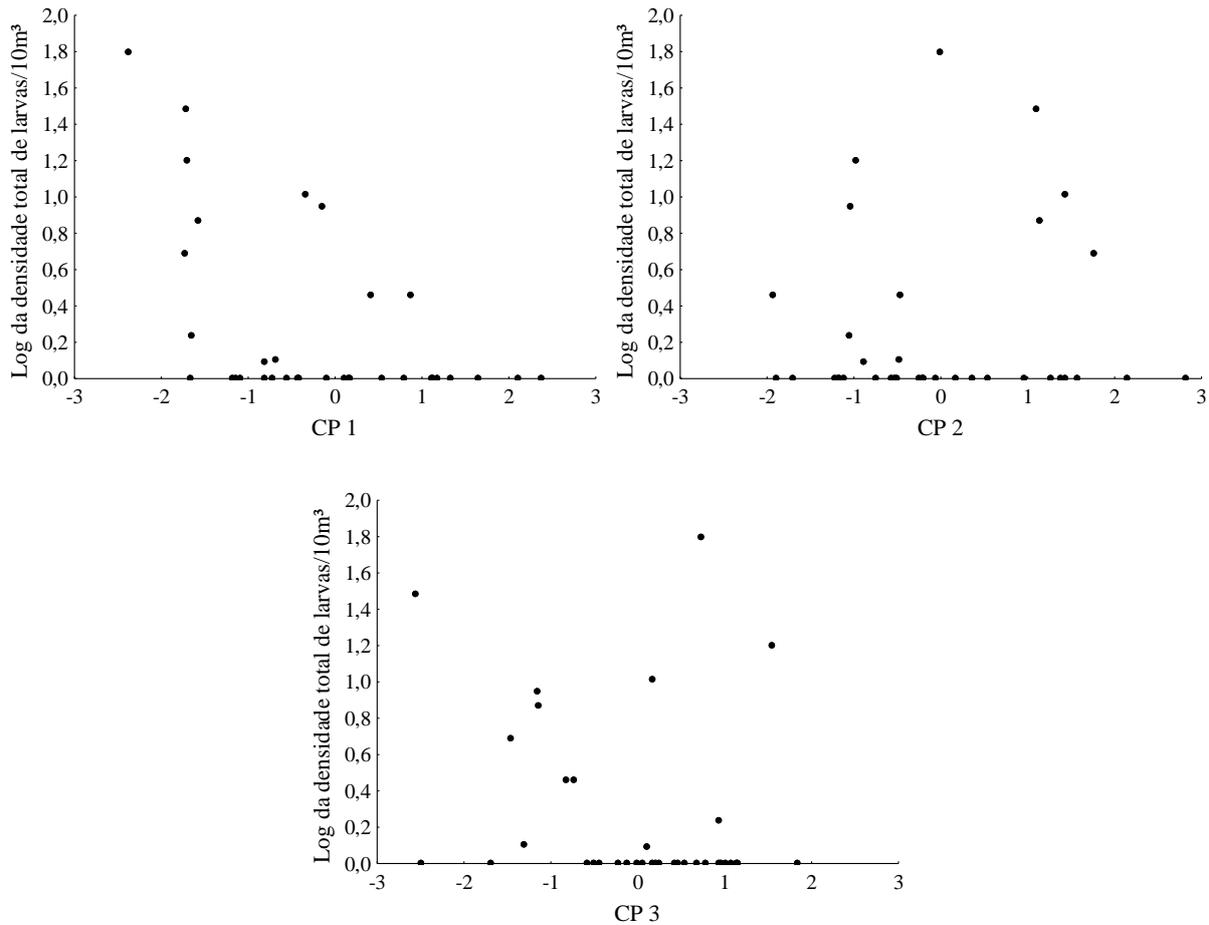


Figura 12. Relação entre os eixos da Análise de Componentes Principais (ACP) retidos para interpretação (CP 1, CP 2 e CP 3) e a densidade de larvas de *Salminus brasiliensis*.

Nos ambientes amostrados, o maior coeficiente da correlação de Spearman foi obtido quando se considerou os valores dos níveis hidrométricos que precederam as amostragens em aproximadamente quatorze dias ($r = -0,51$; $p < 0,05$). Este resultado demonstra que a relação entre o nível fluviométrico e a densidade de larvas é maior quando se considera essa defasagem temporal. Desta forma, os valores do 14º dia que precederam as amostragens foram utilizados para verificar a influência dos níveis hidrométricos sobre a densidade de larvas em análises posteriores.

O resultado da Análise de Regressão Simples relacionando os atributos de inundação e a densidade de larvas de *S. brasiliensis* nos períodos amostrados indica que esta foi afetada significativamente pela intensidade de cheias ($p = 0,04$) e o atraso de inundação ($p = 0,01$), sugerindo que esta espécie reproduz em períodos em que o nível fluviométrico começa a aumentar, mesmo em anos com atraso do período de inundação (Tabela 4).

Tabela 4. Resultado da Análise de Regressão Simples utilizando duração (X_1), intensidade (X_2) e atraso (X_3) de cheias como variáveis preditoras da densidade de larvas de *S. brasiliensis*.

Atributos de inundação	<i>p</i>	R ² Ajustado	Modelo
Duração (X_1)	0,31	—	—
Intensidade (X_2)	0,04	0,51	$Y = 0,773 * X_2$
Atraso (X_3)	0,01	0,64	$Y = 0,841 * X_3$

4 DISCUSSÃO

A reprodução da maioria das espécies de peixes apresenta periodicidade anual e as desovas ocorrem em condições ambientais ideais para a sobrevivência da prole, relacionada principalmente a disponibilidade de alimento, proteção e *habitat* para o crescimento inicial (Castro et al. 2002; López-Casas et al. 2016). A captura de larvas de *S. brasiliensis* em todos os períodos reprodutivos, principalmente entre os meses de outubro e janeiro, sugere que a sua reprodução possa ter início em outubro, quando o nível do rio e a temperatura começam a aumentar (Hahn et al. 2011; Barzzoto et al. 2015).

Os mecanismos ligados a distribuição vertical e nictemeral das larvas de peixes de água doce está relacionado a sua capacidade de evitar seus predadores e também a disponibilidade de alimento, sendo estas geralmente encontradas no fundo do rio durante o dia evitando a predação e na superfície a noite, onde a disponibilidade de alimento é maior (Baumgartner et al. 1997; Mehner 2012). Larvas de *S. brasiliensis* não apresentaram um comportamento nítido de migração vertical, apenas uma tendência de distribuição no fundo e no período noturno. Possivelmente, o hábito piscívoro apresentado por esta espécie desde o início do desenvolvimento (Santos e Godinho 2002), sugere que ela não siga a migração do zooplâncton, alimento preferencial para a maioria das larvas de peixes (Lansac-Tôha et al. 1995; Picapedra et al. 2015), porém é provável que deva evitar predadores visuais e alimentar-se das larvas de peixes que realizam migração vertical diária.

A relação entre a ocorrência de larvas de *S. brasiliensis* e o período em que ocorre o aumento do nível do rio pode estar relacionado a hipótese “match/mismatch” (Cushing 1975). De acordo com hipótese o crescimento e a sobrevivência das larvas de peixes dependem da sincronia entre o início da alimentação exógena e a disponibilidade de alimento adequado no ambiente. Ou seja, as cheias promoveriam enriquecimento das águas e conseqüentemente, aumento da disponibilidade de zooplâncton e também de larvas de peixes (Picapedra et al. 2015) e por serem piscívoras, as larvas de *S. brasiliensis*, seriam indiretamente beneficiadas com a maior disponibilidade de alimentos, garantindo o seu desenvolvimento.

Estudos realizados no rio Paraná usando marcação-recaptura de *S. brasiliensis* revelam que esta espécie pode migrar aproximadamente 250 km a montante para desovar em tributários (Bonetto et al. 1971; Petrere 1985). Hahn et al (2011) utilizando a técnica de radiotelemetria na bacia do alto

rio Uruguai, verificaram que o deslocamento reprodutivo de *S. brasiliensis* pode ser de 450 km desde a montante do reservatório de Itá até locais a montante, onde possivelmente esta espécie desova. Ambos os estudos corroboram para o presente trabalho, onde estima-se que as migrações reprodutivas sejam acima de 200 km até as áreas de desova em tributários do rio Ivinheima.

A distribuição de larvas de *S. brasiliensis* nos locais amostrados coincide com os resultados de Nakatani et al (2004) e Baumgartner et al (2004). Estes autores descrevem que durante o período reprodutivo das espécies migradoras de longa distância, as desovas ocorrem principalmente em tributários e os ovos ficam em deriva no canal principal do rio até a eclosão e, posteriormente, as larvas são conduzidas até ambientes aquáticos marginais (lagoas), onde encontram proteção contra predadores e disponibilidade de alimento para realizarem o seu desenvolvimento. Entretanto, a baixa ocorrência ou total ausência de larvas nas lagoas, sugerem que os locais de crescimento estejam abaixo dos locais amostrados. Daga et al (2009) observaram que larvas de *S. brasiliensis* e *P. corruscans* utilizavam a lagoa Saraiva, localizada a margem direita do rio Paraná, para o crescimento e a manutenção destas espécies, destacando que estas larvas provavelmente sejam originárias de desovas realizadas nos rios Amambai e Ivinheima.

O período reprodutivo, entre outubro e março, é caracterizado principalmente pelo aumento da temperatura, precipitação e nível fluviométrico (Vazzoler 1996). Estas variáveis são determinantes para a distribuição e abundância de ovos e larvas de peixes (Nakatani et al. 2001; Jiménez-Segura et al. 2010), entretanto, a resposta é espécie-específica (Baumgartner et al. 2004; Reynalte-Tataje et al. 2011), ou seja, as espécies respondem diferentemente a cada uma das variáveis ambientais. A influência de oxigênio dissolvido e do nível fluviométrico sobre a ocorrência das larvas de *S. brasiliensis* tem sido relatada também para outros peixes migradores da planície de inundação do alto rio Paraná (Baumgartner et al. 2008; Reynalte-Tataje et al. 2013), tributários livres de represamentos da bacia do alto rio Uruguai (Hermes-Silva et al. 2009; Ávila-Simas et al. 2014) e na bacia do rio Magdalena na Colômbia (Jiménez-Segura et al. 2010; Kerguelén-Durango e Atencio-García 2015). Sabe-se que alta concentração de oxigênio dissolvido é necessária para o sucesso no desenvolvimento de ovos de peixes (Werner 2002) e que baixos valores de oxigênio são letais para o crescimento e sobrevivência de larvas de *S. brasiliensis* (Serafini e Zaniboni-Filho et al. 2009).

O efeito da temperatura sobre a reprodução do dourado foi descrito por Barzotto et al. (2015) em um estudo realizado na planície de inundação do alto rio Paraná. Segundo estes autores é possível que temperaturas entre 25°C e 28°C sejam responsáveis pelo início da desova e o sucesso reprodutivo de *S. brasiliensis*. Dentro dos limites de tolerância em animais ectotérmicos, esta variação da temperatura influencia o metabolismo e os processos fisiológicos, afetando o desenvolvimento embrionário e larval (Rombough 1997; Bjornsson et al. 2001). Em regiões

temperadas, diversos estudos relatam a influência da temperatura sobre os primeiros estágios de vida de peixes, afetando a reprodução, o crescimento e o desempenho natatório (Bjornsson et al. 2001; Green e Fisher 2004; He et al. 2014). Em regiões tropicais, o conhecimento sobre como a temperatura atua sobre os processos fisiológicos e comportamentais da reprodução dos peixes não está totalmente claro, porém, os estudos apontam esta variável como um importante fator no ciclo de vida dos peixes, podendo aumentar ou diminuir os processos metabólicos e a maturação gonadal das espécies (Vazzoler 1996; Gogola et al. 2010).

Os valores de pH onde as larvas foram encontradas variou entre 6,3 e 7,0. Em ambientes neotropicais, a maioria das espécies de peixes preferem valores de pH entre 6 e 8 (Baumgartner et al. 2008), embora esta preferência possa mudar entre as espécies e entre os diferentes estágios de ciclo de vida dos peixes (Parra e Baldisserotto 2007). Bialecki et al (2005) relacionaram a ausência de larvas de espécies migradoras no rio Baía, bacia do alto rio Paraná, aos baixos valores de pH observados neste ambiente. Outros estudos observaram o efeito de valores extremos de pH sobre o aumento da mortalidade de larvas de *Prochilodus lineatus*, os quais afetam diretamente a sobrevivência e o crescimento dos estágios iniciais (Zaniboni-Filho et al. 2009; Reynalte-Tataje et al. 2015). De acordo com Werner (2002), baixos valores de pH podem influenciar o desenvolvimento dos ovos, inativando as enzimas corionases, responsáveis pela eclosão, ou das larvas, reduzindo a sua sobrevivência.

O sucesso reprodutivo das espécies está ligado à sua capacidade de reprodução e recrutamento (Humphries et al. 1999; Agostinho et al. 2004). Estudos relatam a influência de atributos de cheias como duração, intensidade e atraso, no recrutamento das espécies de peixes, sobretudo das migradoras (Bailly et al. 2008; Oliveira et al. 2015). O aumento do nível fluviométrico capaz de promover a inundação dos ambientes e permanecer desta forma por um determinado período, permite que juvenis de espécies migradoras encontrem proteção e alimento por longos períodos, promovendo assim o recrutamento satisfatório de jovens do ano destas espécies (Suzuki et al. 2009). A densidade de larvas de *S. brasiliensis* apresentou uma relação positiva com a intensidade e atraso de cheias, sugerindo a importância destes atributos, mesmo em períodos reprodutivos onde o regime de cheias suceda tardiamente, mas que proporcione o aumento do nível fluviométrico para a inundação da planície, proporcionando condições ideais para a desova e a sobrevivência e o crescimento das larvas (Baumgartner et al. 2004).

Uma das grandes ameaças para as espécies migradoras é a construção de reservatórios. Essas construções afetam diretamente a reprodução e o recrutamento das espécies de peixes, pois alteram toda a dinâmica de regime de cheias importantes para a reprodução e o recrutamento (Carolsfeld et al. 2003; Agostinho et al. 2004; Sato et al. 2005) como mencionado acima. Os impactos destes empreendimentos podem ser vistos nas últimas décadas, em estudos que demonstram a diminuição

dos estoques naturais de peixes migradores, inclusive de *S. brasiliensis* na bacia do alto rio Paraná, que não encontram condições ideais para a reprodução e conseqüentemente a falha no sucesso reprodutivo (Sanches et al. 2006; Agostinho et al. 2016). Estes ambientes proporcionam condições ambientais propícias para a migração e o sucesso reprodutivo desta espécie

Conclui-se que o *S. brasiliensis* reproduz anualmente, principalmente no início de cada período reprodutivo nos meses de outubro e janeiro, utilizando o rio Ivinheima e seus tributários como locais de desova. Estes ambientes proporcionam condições ambientais propícias para a migração e o sucesso reprodutivo desta espécie, pois estima-se que o aumento do nível fluviométrico (acima de 2,75m), mesmo em períodos com atraso no regime de cheias, e temperaturas mais elevadas, atuam como gatilhos para a desova no rio Ivinheima e em seus tributários, como por exemplo, o rio Guiraí. Outras variáveis como o pH, entre 6,3 e 7,0, e oxigênio dissolvido, acima de 5,5 mg/l, são limiares importantes na reprodução da espécie, pois estão relacionados aos processos de eclosão de ovos e o desenvolvimento larval.

Salminus brasiliensis é uma espécie-chave em ações conservativas, ou seja, conhecer sua biologia reprodutiva e seus requerimentos ecológicos específicos favorece toda a ictiofauna regional. Garantindo o sucesso reprodutivo desta espécie, várias espécies migradoras ou sedentárias também serão beneficiadas, proporcionado a manutenção dos estoques naturais e a perpetuação das espécies. Porém, a garantia do sucesso reprodutivo passa pela manutenção deste último trecho livre de represamentos na região, ou seja, qualquer outra intervenção antrópica poderá causar extinção local.

REFERÊNCIAS

- Agostinho AA, Gomes LC, Suzuki HI, Júlio Jr HF (2003) Migratory fishes of the Upper Rio Paraná Basin, Brazil. In: Carolsfeld J, Harvey B, Ross C, Baer A (eds.). Migratory fishes of South America: biology, fisheries, and conservation status. World Fisheries Trust, the World Bank and the International Development Research Centre, Victoria, pp 19-99
- Agostinho AA, Gomes LC, Veríssimo S, Okada EK (2004) Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Rev Fish Biol Fish* 14(1):11–19. doi:10.1007/s11160-004-3551-y
- Agostinho AA, Gomes LC, Santos NCL, Ortega JCG, Pelicice FM (2016). Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impact and management. *Fish Res* 173(2016):26-36. doi: 10.1016/j.fishres.2015.04.006
- Ahlstrom EH, Ball OP (1954) Description of eggs and larvae of jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. *Fish Bull* 56:209-245
- Ahlstrom EH, Moser HG (1976) Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigations and in fisheries. *Revue des Travaux de l'Institut des Peches Maritimes*, 40:379-398.
- Ávila-Simas S, Reynalte-Tataje DA, Zaniboni Filho E (2014) Pools and rapids as spawning and nursery areas for fish in a river stretch without floodplains. *Neotrop Ichthyol* 12:611-622. doi: 10.1590/1982-0224-20130116
- Bailly D, Agostinho AA, Suzuki HI (2008) Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiaba River, upper Pantanal, Brazil. *River Res Appl* 24(9):1218-1229. doi: 10.1002/rra.1147
- Barzotto E, Sanches PV, Bialetzki A, Orvati L, Gomes LC (2015) Larvae of migratory fish (Teleostei: Ostariophysi) in the lotic remant of the Paraná River in Brazil. *Zoologia*, 32(4):270-280.
- Baumgartner G, Nakatani K, Cavicchioli M, Baumgartner MST (1997) Some aspects of the ecology of fish larvae in the floodplain of the high Paraná River, Brazil. *Rev Bras Zool* 14(3):551-563. doi: 10.1590/S0101-81751997000300005
- Baumgartner G, Nakatani K, Gomes LC, Bialetzki A, Sanches PV, Makrakis MC (2004) Identification of spawning sites and natural nurseries of fishes in the upper Paraná River, Brazil. *Environ Biol Fishes* 71:115-125.
- Baumgartner G, Nakatani K, Gomes LC, Bialetzki A, Sanches PV, Makrakis MC (2008) Fish larvae from the upper Paraná River: do abiotic factors affect larval density? *Neotrop Ichthyol* 6(4):551-558. doi: 10.1590/S1679-62252008000400002
- Bialetzki A, Nakatani K, Sanches PV, Baumgartner G, & Gomes LC (2005) Larval fish assemblage in the Baía River (Mato Grosso do Sul State, Brazil): temporal and spatial patterns. *Environ Biol Fishes* 73:37-47. doi: 10.1007/s10641-004-3795-3
- Björnsson B, Steinarsson A, Oddgeirsson M (2001) Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.). *ICES J Mar Sci* 58:29-38. doi: 10.1006/jmsc.2000.0986
- Bonetto AA, Pignalberi C, Cordiviola E, Oliveros O (1971) Informaciones complementarias sobre migracion de peces en la cuenca de la Plata. *Physis* 30:505-520.
- Carolsfeld J, Harvey B, Ross C, Baer A (2003) Migratory fishes of South America: Biology, Fisheries, and Conservation Status. World Fisheries Trust, the World Bank and the International Development Research Centre, Victoria.

Castro RJ, Nakatani K, Bialezki A, Sanches PV, Baumgartner G (2002) Temporal distribution and composition of the ichthyoplankton from Leopoldo's Inlet on the upper Paraná River floodplain (Brazil). *J Zool* 256:437-443. doi: 10.1017/S095283690200047X

Comunello E, Souza Filho EE, Rocha PC, Nanni MR (2003). Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na Planície Aluvial do Alto Rio Paraná: Estudo preliminar. In: Anais do 11° Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. Inpe: São José Dos Campos, pp 2459-2466.

Costa RS, Okada EK, Agostinho AA, Gomes LC (2012) Variação temporal no rendimento e composição específica da pesca artesanal do alto rio Paraná, PR - Brasil: Os efeitos crônicos dos barramentos. *Bol do Inst Pesca* 38(3):199-213.

Cushing DH (1975) *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press, Cambridge. 278p.

Daga VS, Gogola TM, Sanches PV, Baumgartner G, Baumgartner D, Piana PA, Gubiani EA, Delariva RL (2009) Fish larvae assemblages in two floodplain lakes with different degrees of connection to the Paraná River, Brazil. *Neotrop Ichthyol* 7(3):429-438. doi: 10.1590/S1679-62252009000300010

Godoy MP (1975) Peixes do Brasil, subordem Characoidei: bacia do rio Mogi Guassu. Franciscana, Piracicaba. pp 1-216

Gogola TM, Daga VS, Silva PRL, Sanches PV, Gubiani EA, Baumgartner G, Delariva RL (2010) Spatial and temporal distribution patterns of ichthyoplankton in a region affected by water regulation by dams. *Neotrop Ichthyol* 7:429-438. doi: 10.1590/S1679-62252010000200013.

Green BS, Fisher R (2004) Temperature influences swimming speed, growth and larval duration in coral reef fish larvae. *J Exp Mar Biol Ecol* 299(1): 115-132. doi: 10.1016/j.jembe.2003.09.001

Gubiani EA, Gomes LC, Agostinho AA, Baumgartner G, (2010) Variations in fish assemblages in a tributary of the upper Paraná River, Brazil: a comparison between pre and post-closure phases of dams. *River Res Appl* 26:848-865. doi: 10.1002/rra.1298

Guerrero HY, Cardillo E, Poleo G, Marcano D (2009) Reproductive biology of freshwater fishes from the Venezuelan floodplains. *Fish Physiol and Biochem* 35(1):189-196. doi: 10.1007/s10695-008-9249-7

Hahn L, Agostinho AA, English KK, Carosfeld J, da Câmara LF, Cooke SJ (2011) Use of radiotelemetry to track threatened dorados *Salminus brasiliensis* in the upper Uruguay River, Brazil. *Endang Species Res* 15(2):103-114. doi: 10.3354/esr00363

He Y, Wu X, Zhu Y, Li H, Li X, Yang D (2014) Effect of rearing temperature on growth and thermal tolerance of *Schizothorax (Racoma) kozlovi* larvae and juveniles. *J Therm Biol* 46:24-30. doi: 10.1016/j.jtherbio.2014.09.009

Hermes-Silva S, Reynalte-Tataje DA, Zaniboni-Filho E (2009) Spatial and temporal distribution of ichthyoplankton in the upper Uruguay River, Brazil. *Braz Arch of Biol Techn* 52(4):933-944. doi: 10.1590/S1516-89132009000400017

Hoeinghaus DJ, Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM, Okada EK, Latini JD, Kashiwaqui EAL, Winemiller KO (2009) Effects of river impoundment on ecosystem services of large tropical rivers: embodied energy and market value of artisanal fisheries. *Conserv Biol* 23(5):1222-1231. doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01248.x

Humphries P, King AJ, Koehn JD (1999) Fish, flows and floodplains: links between freshwater fishes and their environment in the Murray-Darling River system, Australia. *Environ Biol Fishes* 56:129-151. doi: 10.1023/A:1007536009916

- Humphries P, Serafini L, King AJ (2002) River regulation and fish larvae: variations through space and time. *Freshwater Biol* 47(7): 1307-1331. doi: 10.1046/j.1365-2427.2002.00871.x
- Jackson DA (1993) Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology* 74(8):2204-2214. doi: 10.2307/1939574
- Jiménez-Segura LF, Palacio J, Leite R (2010). River flooding and reproduction of migratory fish species in the Magdalena River basin, Colombia. *Ecol Freshw Fish* 19(2):78-186. doi: 10.1111/j.1600-0633.2009.00402.x
- Junk WJ, Bayley PB, Sparks RE (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106:110–127.
- Kerguelén-Durango E, Atencio-García V (2015) Environmental characterization of the reproductive season of migratory fish of the Sinú River (Córdoba, Colombia). *Rev MVZ Cordoba*, 20(3):4766-4778.
- Lansac-Tôha FA, Thomaz SM, Lima AF, Roberto MC, Garcia AP (1995) Vertical distribution of some planktonic crustaceans in a 'varzea' lake (Lake Pousada das Garças) of the floodplain of high River Parana, MS, Brazil. *Inter J Ecol Environ Sciences* 21:67-78.
- López-Casas S, Jiménez-Segura LF, Agostinho AA, Pérez CM (2016) Potamodromous migrations in the Magdalena River basin: bimodal reproductive patterns in neotropical rivers. *J Fish Biol* 1:15. doi: 10.1111/jfb.12941
- Lowe-McConnell RH (1987) *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press, Cambridge. 400p.
- McCune B, Mefford MJ (2006) *PC-ORD 5.0. Multivariate analysis of ecological data*. MjM Software, Gleneden Beach
- Mehner T (2012) Diel vertical migration of freshwater fishes - proximate triggers, ultimate causes and research perspectives. *Freshwater Biol* 57(7):1342-1359. doi: 10.1111/j.1365-2427.2012.02811.x
- Morais-Filho MB, Schubart O (1955) Contribuição ao estudo do dourado (*Salminus maxillosus* Val.) do Rio Mogi Guassu (Pisces, Characidae). Ministério da agricultura: divisão de caça e pesca, São Paulo. 131p.
- Munro AD (1990) General introduction. In: Munro AD, Scott AP, Lam TJ (eds.) *Reproductive seasonality in teleosts: environmental influences*. Flórida, pp 1:11
- Nakatani K, Baumgartner G, Cavicchioli M (1997) Ecologia de ovos e larvas de peixes. In: Vazzoler AEA, Agostinho AA, Hahn SH (eds) *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. EDUEM, Maringá, pp 281:306.
- Nakatani K, Bialecki A, Baumgartner G, Sanches PV, Makrakis MC (2004) Temporal and spatial dynamics of fish eggs and larvae. In: Thomaz SM, Agostinho AA, Hahn NS (eds) *The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden: Backuys Publishers, pp 293-308.
- Nakatani K, Agostinho AA, Baumgartner G, Bialecki A, Sanches PV, Makrakis MC, Pavanelli CS (2001) *Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação*. Maringá.
- Oliveira AG, Suzuki HI, Gomes LC, Agostinho AA (2015) Interspecific variation in migratory fish recruitment in the upper Paraná River: effects of the duration and timing of floods. *Environ Biol Fishes*. 98(5):1327-1337. doi: 10.1007/s10641-014-0361-5

Parra JEG, Baldisserotto B (2007) Effect of water pH and hardness on survival and growth of freshwater teleosts. In: Baldisserotto B, Mancera JM, Kapoor BG (eds.). Fish osmoregulation. Enfield, Science Publishers, pp 135-150

Peters RK (1986) The role of prediction in limnology. *Limnol Oceanogr* 31(5):1143-1159. doi: 10.4319/lo.1986.31.5.1143

Petrere M Jr (1985) Migraciones de peces de agua dulce en America Latina: algunos comentarios. COPESCAL Doc Ocas 1:1-17

Picapedra PHS, Lansac-Tôha FA, Bialetzki A (2015) Diel vertical migration and spatial overlap between fish larvae and zooplankton in two tropical lakes, Brazil. *Braz J Biol* 75(2):352-361. doi: 10.1590/1519-6984.13213

Reynalte-Tataje DA, Baldisserotto B, Zaniboni-Filho E (2015) The effect of water pH on the incubation and larviculture of curimatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) (Characiformes: Prochilodontidae). *Neotrop Ichthyol* 13(1):179-186. doi: 10.1590/1982-0224-20130127

Reynalte-Tataje DA, Nakatani K, Fernandes R, Agostinho AA, Bialetzki A (2011) Temporal distribution of ichthyoplankton in the Ivinhema River (Mato Grosso do Sul State/ Brazil): influence of environmental variables. *Neotrop Ichthyol* 9(2):427-436. doi: 10.1590/S1679-62252011005000017

Reynalte-Tataje DA, Agostinho AA, Bialetzki A (2013) Temporal and spatial distributions of the fish larval assemblages of the Ivinhema River sub-basin (Brazil). *Environ Biol Fishes* 96(7):811-822. doi: 10.1007/s10641-012-0073-7

Rombough PJ (1997) The effects of temperature on embryonic and larval development. In: Wood CM, McDonald DG (eds) *Global Warming. Implications for Freshwater and Marine Fish*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 177- 223.

Sanches PV, Nakatani K, Bialetzki A, Baumgartner G, Gomes LC, Luiz EA (2006) Flow regulation by dams affecting ichthyoplankton: the case of the Porto Primavera Dam, Paraná River, Brazil. *River Res Appl* 22(5):555-565. doi: 10.1002/rra.922

Santos JE, Godinho HP (2002) Ontogenetic events and swimming behavior of larvae of the characid fish *Salminus brasiliensis* (Cuvier) (Characiformes, Characidae) under laboratory conditions. *Rev Bras Zool* 19(1):163-171. doi: 10.1590/S0101-81752002000100015

Sato Y, Bazzoli N, Rizzo E, Boschi MB, Miranda MOT (2005) Influence of the Abaeté River on the reproductive success of the neotropical migratory teleost *Prochilodus argenteus* in the São Francisco River, downstream from the Três Marias dam, southeastern Brazil. *River Res Appl* 21(8):939-950. doi: 10.1002/rra.859

Serafini RL, Zaniboni-Filho E, Baldisserotto B (2009) Effect of combined non-ionized ammonia and dissolved oxygen levels on the survival of juvenile dourado, *Salminus brasiliensis* (Cuvier). *J World Aquacult Soc* 40(5):695-701. doi: 10.1111/j.1749-7345.2009.00289.x

Statsoft (2010) *STATISTICA for Windows*. Statsoft, Tulsa, Oklahoma

Suzuki FM, Pompeu PS (2016) Influence of abiotic factors on ichthyoplankton occurrence in stretches with and without dams in the upper Grande River basin, south-eastern Brazil. *Fisheries Manag Ecol* 23(2):99-108. doi: 10.1111/fme.12159

Suzuki HI, Agostinho AA, Bailly D, Gimenes MF, Julio Jr HF, Gomes LC (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. *Braz J Biol*, 69(2):649-660. doi: 10.1590/S1519-69842009000300019

Thomaz SM, Roberto MC, Bini LM (1997) Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: Vazzoler AEAM, Agostinho AA, Hahn NS (eds) A planície de inundação do alto rio Paraná. Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá, EDUEM, pp:73-102.

Vazzoler AEAM (1996) Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. EDUEM, Maringá. 169p.

Welcomme RL (1979) Fisheries ecology of floodplain rivers. Longman Group (Far East), London. 317p.

Werner RG (2002) Habitat requirements. In: Fuiman LA, Werner RG (eds) Fishery science: the unique contributions of early life stages. Blackwell Scientific Publications, Iowa, pp:161-182.

Winemiller KO (1989) Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia* 81(2):225–241. doi: 10.1007/BF00379810

Zaniboni-Filho E, Nuñez APO, Reynalte-Tataje DA, Serafini RL (2009) Water pH and *Prochilodus lineatus* larvae survival. *Fish Physiol Biochem* 35:151-155. doi: 10.1007/s10695-008-9235-0

Ziober SR, Bialetzki A, Mateus LAF (2012) Effect of abiotic variables on fish eggs and larvae distribution in headwaters of Cuiabá River, Mato Grosso State, Brazil. *Neotrop Ichthyol* 10(1):123-132. doi: 10.1590/S1679-6225201200010001

APÊNDICE A - Variação temporal dos dados abióticos (**nível fluviométrico, precipitação, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH**) nos seis períodos reprodutivos de outubro de 2009 a março de 2015, amostrados no rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil

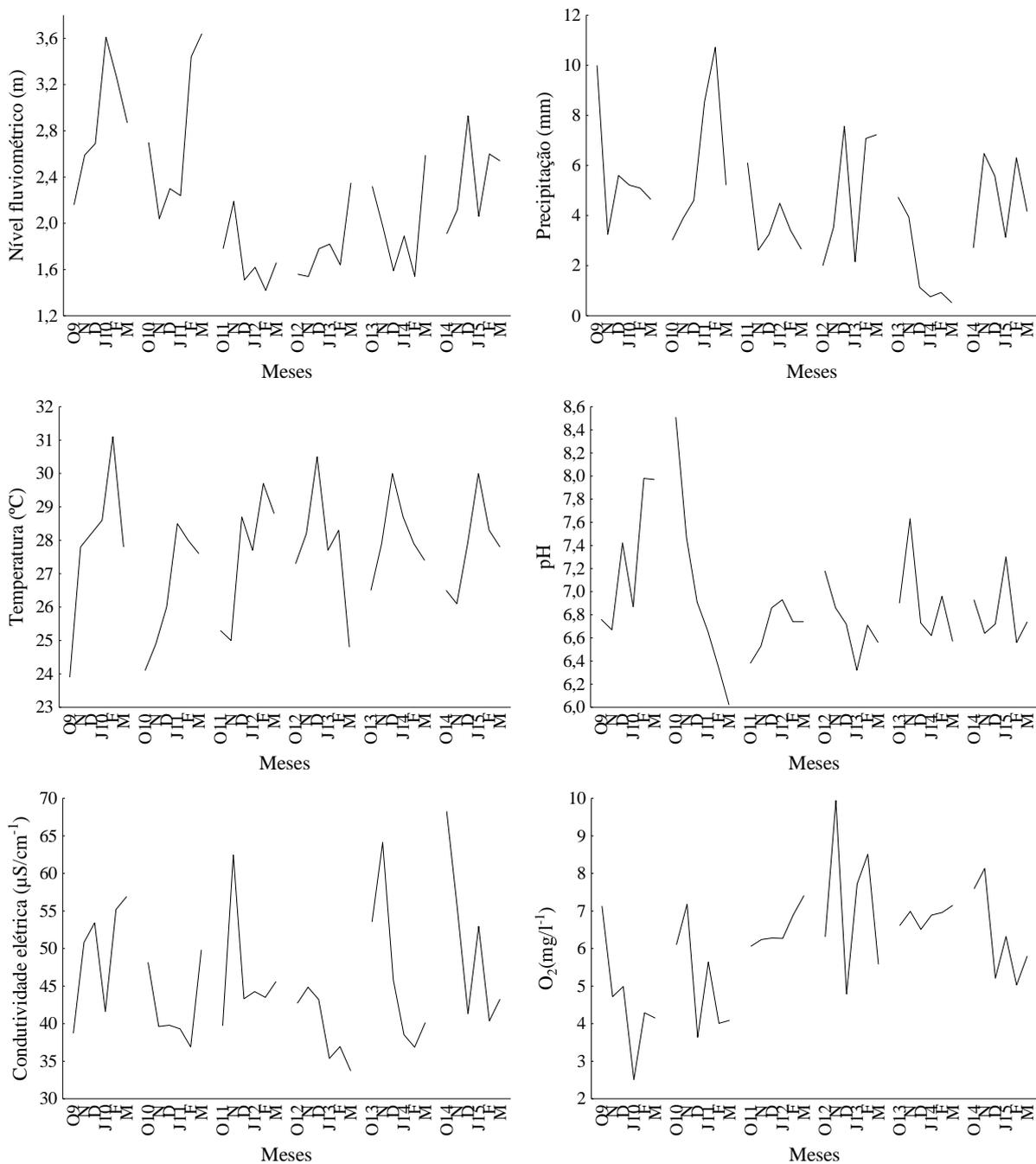


Figura 10. Variação mensal dos dados abióticos (nível fluviométrico, precipitação, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH) nos seis períodos reprodutivos de outubro de 2009 a março de 2015, amostrados no rio Ivinheima, bacia do alto rio Paraná, MS, Brasil.

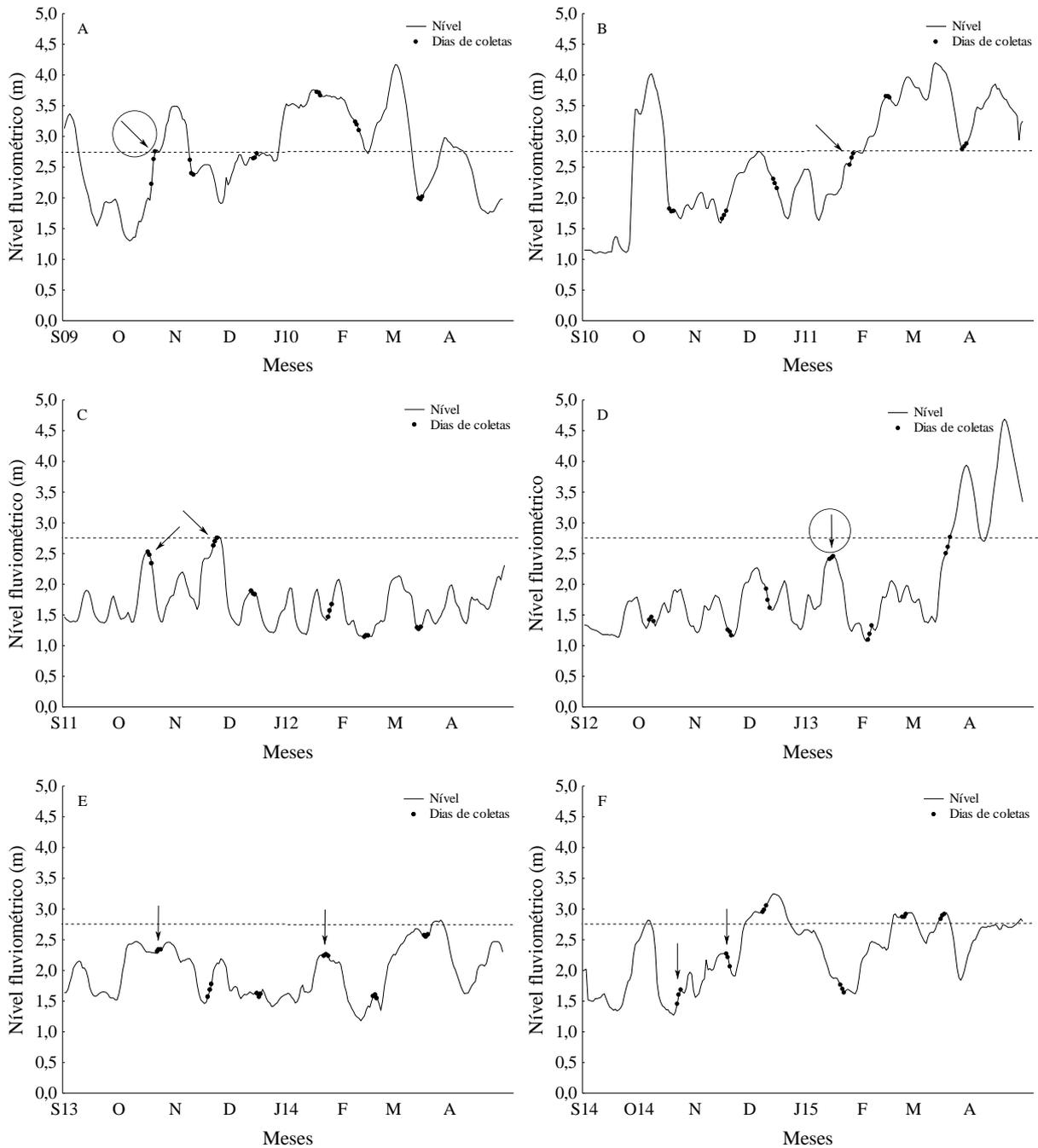


Figura 13. Variação diária de nível fluviométrico obtidos do rio Ivinheima, bacia alto rio Paraná, MS, Brasil, durante os meses de setembro a abril de cada período reprodutivo amostrado (A = 2009-2010, B = 2010-2011, C = 2011-2012, D = 2012-2013, E = 2013-2014 e F = 2014-2015). Flechas (meses com larvas capturadas), círculos (meses com densidades elevadas), tracejado (limiar de 2,75m para inundação da planície).