

IRÚ MENEZES GUIMARÃES

DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO E DIETA DE LARVAS E JOVENS DE
Prochilodus argenteus

RECIFE,
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO E DIETA DE LARVAS E JOVENS DE
Prochilodus argenteus

Irû Menezes Guimarães

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como exigência para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. William Severi
Orientador

Recife,
Fevereiro/2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

G963d Guimaraes, Iru Menezes
Desenvolvimento morfológico e dieta de larvas e jovens de
Prochilodus argenteus / Iru Menezes Guimaraes. – 2017.
66 f. : il.

Orientador: William Severi.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos
Pesqueiros e Aquicultura, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências.

1. Curimatã 2. Desenvolvimento inicial 3. Seletividade
4. Zooplânctofago 5. Iliófago I. Severi, William, orient. II.

Título

CDD 639

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO E DIETA DE LARVAS E JOVENS DE
Prochilodus argenteus

Irã Menezes Guimarães

Tese julgada adequada para obtenção do título de doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 24/02/2017 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. William Severi

(Orientador)

Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez

Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Guilherme Oliveira

Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Patrícia Barros Pinheiro

Departamento de Educação – Campus VIII
Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Dráusio Pinheiro Vêras

Unidade Acadêmica de Serra Talhada
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Às minhas filhas Luna e Maia.

Agradecimentos

À Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), pelo apoio para execução dos experimentos.

Ao professor William Severi, pelo apoio e orientação para realização deste trabalho.

Ao professor Alfredo Olivera, que contribuiu com sugestões e correções na fase de elaboração do projeto da tese, mas também em toda minha formação acadêmica durante a graduação e pós-graduação.

Ao meu gerente Oscalmi Freitas e à minha chefe Ana Helena, por todo apoio durante este curso de doutorado.

Aos funcionários do Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Betume (4ªSR/Codevasf), Ana Helena, Anilvison Cavalcante, Rafael Santos, Juvenal, Batista, José dos Santos (Zé Popô), José Florisval (Zé Côco), Cícero dos Santos, Michael Anderson, Fábio dos Santos, José Ferreira (Zé Punça), José Genildo (Zé de Duca), José Aelcio, Manoel Bomfim, Orlando Silva, Júlio Alves e Givandir (*in memoria*) que contribuíram direta ou indiretamente na execução do trabalho.

À equipe de trabalhadores de campo, integrada por Rafael, Alisson, Pinto, Erivan e Nito, que foram fundamentais na preparação e manutenção dos experimentos e apoio na realização das coletas.

Aos estagiários Gilson Santos e Tatiane Ribeiro, que se dedicaram na realização de suas tarefas com comprometimento e responsabilidade.

À equipe do Laboratório de Ictiologia pela ajuda na execução de parte das atividades dessa tese.

Aos docentes do programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da UFRPE, que contribuíram com minha formação durante o curso.

Aos meus pais, Gilson e Rosaly, que sempre priorizaram a minha educação e de meus irmãos, nos incentivando a buscar novos conhecimentos.

À minha esposa, Bárbara Laine Ribeiro da Silva, em especial, por sempre ter me incentivado para a realização desse doutorado. Sua colaboração foi fundamental em todas as discussões para o planejamento dos experimentos, na escolha da metodologia mais adequada ou da melhor forma de analisar os dados, além das valiosas correções e críticas para a redação dessa tese.

Resumo

Prochilodus argenteus é uma espécie endêmica da bacia do Rio São Francisco, com importância econômica e ecológica para a região. Os objetivos desse trabalho foram contribuir com informações para a identificação taxonômica de larvas e jovens da espécie, determinar a composição da dieta e verificar a ocorrência de seletividade por presas durante o desenvolvimento inicial de *P. argenteus*. As larvas foram obtidas através de reprodução induzida de animais selvagens e cultivadas em viveiros. Os peixes foram coletados diariamente e classificados nos estágios larvais de pré-flexão, flexão e pós-flexão e fase juvenil. Foi realizada a descrição morfológica e medidas morfométricas, além de uma análise de regressão linear segmentada das proporções corporais ao longo do desenvolvimento. De cada estágio de desenvolvimento, foram analisados, classificados e mensurados os conteúdos estomacais de 10 indivíduos e calculado o índice de seletividade para cada item da dieta. O estágio de pré-flexão apresentou indivíduos com comprimento padrão (CP) de 4,48 a 6,64 mm, corpo longo a moderado (AC/CP), cabeça pequena a moderada (CC/CP) e olho pequeno a moderado (DO/CC). Em flexão, o CP variou de 6,60 a 11,00 mm com corpo longo a moderado, cabeça moderada e olho pequeno a moderado. No estágio de pós-flexão, as larvas apresentaram CP de 10,54 a 19,93 mm, corpo moderado, cabeça moderada a grande e olho pequeno. A fase juvenil compreendeu indivíduos de 18,27 a 42,21 mm CP, corpo moderado a alto, cabeça grande e olho pequeno a moderado. As análises de regressão evidenciaram os momentos significativos de mudança no ritmo de incremento das proporções corporais, demonstrando uma mudança do padrão de crescimento alométrico para isométrico durante o desenvolvimento inicial. A dieta variou entre os estágios larvais e fase juvenil, no início consumindo principalmente zooplâncton e, a partir de pós-flexão, prevalecendo algas e material vegetal, com abundância de sedimento. Houve diferença entre a abundância dos itens nos estômagos e no ambiente em todos os estágios, evidenciando que as larvas têm preferência por cladóceros e os peixes jovens por rotíferos, dentre os grupos de zooplâncton avaliados. Durante o desenvolvimento inicial de *P. argenteus*, há mudança de hábito alimentar zooplanctófago para iliófago, relacionada ao desenvolvimento morfológico, verificando-se seletividade por determinados grupos de presas.

Palavras-chave: curimatã; desenvolvimento inicial; seletividade; zooplanctófago; iliófago.

Abstract

Prochilodus argenteus is an endemic species from the São Francisco River basin, with economic and ecological importance. The aims of this work were to contribute with information to the taxonomic identification of larvae and juveniles of this species, determining the composition of the diet and verifying the occurrence of selectivity during the initial development of *P. argenteus*. Larvae were obtained from induced spawning of wild animals and then cultured in ponds. The fish were collected daily and classified into the larval stages of preflexion, flexion and postflexion, and juvenile phase. A morphological description and morphometric measurements were performed, together with a piecewise linear regression analysis of the body proportions throughout the development process. At each stage of development, the stomach contents of 10 individuals were analyzed, classified and measured, and a selectivity index for each item of the diet was calculated. Individuals in the preflexion stage have a standard length (SL) of 4.48 to 6.64mm, long to moderate body (BH/SL), small to moderate head (HL/SL), and a small to moderate eye (ED/HL). In the flexion stage, the SL varies from 6.60 to 11.00 mm, long to moderate body, moderate head, and small to moderate eye. Larvae in the postflexion stage present SL of 10.54-19.93 mm, moderate body, moderate to big head and small eye. The juvenile phase included specimens with a SL of 18.27 to 42.21 mm which present a moderate to high body, big head and small to moderate eye. Regression analysis showed significant moments of change in rate of increase of the body proportions, presenting a change in the growth pattern from allometry to isometry during the early development. The diet varied between the larval stages and juvenile phase, initially consuming mainly zooplankton and, from post-flexion onwards, prevailing algae and plant material with abundant sediment. There was a difference between the abundance of the items in the stomachs and the environment at all stages, thus evidencing that larvae have preference for cladocerans and young fishes for rotifers, among the zooplankton groups analyzed. During the initial development of *P. argenteus*, there is a change in feeding habits from zooplanktophagous to iliophagous related to the morphological development, showing a selectivity for certain prey groups.

Keywords: curimatã; initial development; selectivity; zooplanktophagous; iliophagous.

Lista de figuras

Página

ARTIGO I

Figure 1 - Initial development of *Prochilodus argenteus* (Spix & Agassiz, 1829) grown in experimental conditions from the 2nd to the 44th days post-hatch. 1A: initial preflexion stage, 1B: late preflexion stage, 1C: initial flexion stage, 1D: flexion stage, 1E: initial postflexion stage, 1F: postflexion stage, 1G: late postflexion stage and 1H: early juvenile phase 29

Figure 2 - Piecewise linear regression $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 (X - bp)(X > bp)$ of morphological proportions in the initial development of *Prochilodus argenteus* 30

ARTIGO II

Figura 1 - Relação entre o comprimento do item alimentar e a abertura da boca ao longo do desenvolvimento inicial de *Prochilodus argenteus* 42

Figura 2 - Quantidade de zooplâncton distribuído em classes de comprimento ingerido por *Prochilodus argenteus* durante o desenvolvimento inicial em viveiro 43

Figura 3 - Similaridade de Bray-Curtis das dietas nos estágios de desenvolvimento inicial de *Prochilodus argenteus* em viveiros 44

Figura 4 - Seletividade por grupo de zooplâncton em *Prochilodus argenteus* durante o desenvolvimento inicial em viveiro 45

Lista de tabelas

Página

ARTIGO I

Table 1 - Morphological variables of *Prochilodus argenteus* (Spix & Agassiz, 1829) at larval stages and initial juveniles reared in ponds from the 2nd to the 44th days post-hatch (n, number of individuals; \bar{X} , mean; SD, standard deviation; CF, caudal fin; DF, dorsal fin; AF, anal fin; PLF, pelvic fin and PF, pectoral fin) 27

Table 2 - Body proportions and meristic data of larvae and juveniles of *Prochilodus* species occurring in the São Francisco River Basin (\bar{X} , mean; SD, standard deviation; CF, caudal fin; DF, dorsal fin; AF, anal fin; PLF, pelvic fin and PF, pectoral fin)..... 28

ARTIGO II

Tabela 1-Medidas morfométricas (média \pm desvio padrão) nos estágios larvais e fase juvenil de *Prochilodus argenteus* (n, número de indivíduos analisados; CP, comprimento padrão; CMS, comprimento da maxila superior; D, abertura da boca)..... 40

Tabela 2- Composição da dieta de larvas e jovens de *Prochilodus argenteus* cultivados em viveiro (FO%, Frequência de Ocorrência; AR%, Abundância Relativa)..... 41

Tabela 3- Comprimento dos itens presente no conteúdo estomacal de *Prochilodus argenteus* durante o desenvolvimento inicial em viveiro (DP, desvio padrão)..... 42

Sumário

Página

Dedicatória

Agradecimentos

Resumo

Abstract

Lista de figuras

Lista de tabelas

1 Introdução.....	1
2 Revisão de literatura	2
3 Referência bibliográfica	7
4 Artigos científicos.....	12
4.1 Artigo científico I – Morphological development of larvae and juveniles of <i>Prochilodus argenteus</i>	12
4.1.1 Normas da Revista Ciência Rural.....	31
4.2 Artigo científico II - Mudança na dieta durante o desenvolvimento inicial de <i>Prochilodus argenteus</i>	35
4.2.1 Normas da Revista Boletim do Instituto de Pesca.....	51

1 Introdução

Os peixes do gênero *Prochilodus*, conhecidos por curimatã, possuem comportamento migratório e estão largamente distribuídos pelos rios da América do Sul, onde representam um importante recurso pesqueiro (CASTRO e VARI, 2003). Segundo dados do MPA (2011), o curimatã foi o gênero mais capturado pela pesca continental no Brasil, representado 11,48% do total, o equivalente a 28.643 toneladas. Contudo, na aquicultura continental ainda é pouco explorado, com uma produção estimada de 7.143,4 t, representando apenas 1,32% da produção total.

O curimatã *Prochilodus argenteus* (Spix & Agassiz, 1829) é uma espécie nativa de relevante valor comercial na região do Baixo São Francisco, explorada pela pesca artesanal (SOARES et al., 2011) e pela piscicultura extensiva e semi-intensiva (RIBEIRO-NETO et al., 2016), além de apresentar baixo nível trófico e possuir tecnologia de reprodução em cativeiro dominada. Entretanto, a produção aquícola de peixes do gênero *Prochilodus* (curimatãs) é ínfima, equivalente a 0,53% da produção brasileira de 2015 (IBGE, 2015). O aumento da produção aquícola dessa espécie pode estar associado à necessidade de aperfeiçoamento e adaptação das tecnologias de cultivo, baseado nos conhecimentos da biologia da espécie em ambientes de cultivo.

Os sistemas de cultivo aquícolas são bastante diversificados, entretanto, a utilização de alimento natural é uma prática adotada em grande parte deles, principalmente na produção de formas jovens (TEW et al., 2006; JACOB e CULVER, 2010, PENGSENG e BOYD, 2011). O alimento natural constituído pelo fitoplâncton e zooplâncton possui alto valor nutricional, sendo fonte de proteína, carboidratos e lipídeos para os animais cultivados (MOURA JUNIOR et al., 2007; FARHADIAN et al., 2009). Estudos demonstram que os microrganismos presentes no plâncton e bentos são uma porção relevante na dieta de várias

espécies cultivadas e contribuem para seu desenvolvimento (INGRAM e SILVA, 2007; MEDEIROS e ARTHINGTON, 2008; RIBEIRO e NUÑER, 2008).

Alguns trabalhos demonstram que o hábito alimentar varia de acordo com a espécie, a fase de desenvolvimento e a disponibilidade ou escassez de outra fonte de alimento (ROSSI, 2001; RAHMAN et al., 2006; SILVA et al., 2010). *Prochilodus argenteus* possui hábito alimentar iliófago quando adulto, contudo outras espécies do gênero consomem principalmente zooplâncton durante o desenvolvimento larval (MARQUES et al., 2007; PAOLUCCI et al., 2009). Mesmo as espécies de peixes piscívoras, herbívoras e detritívoras quando jovens ou adultas, podem ser zooplanctófagas durante os estágios larvais (NUNN et al., 2012).

O conhecimento sobre o desenvolvimento inicial do *P. argenteus* em ambiente de cultivo e a composição da dieta em cada estágio larval e início da fase juvenil são fundamentais para aperfeiçoar o sistema de cultivo, como manejos que possam favorecer o alimento adequado em cada fase de desenvolvimento.

2 Revisão de literatura

2.1 O curimatã-pacu *Prochilodus argenteus* (Spix & Agassiz, 1829)

O gênero *Prochilodus* possui treze espécies, das quais dez estão presentes nas bacias hidrográficas brasileiras. Na bacia do rio São Francisco, ocorrem naturalmente as espécies *P. argenteus*, *P. costatus*, *P. vimboides* e *P. brevis*, esta última em afluentes na região do Baixo São Francisco (CASTRO & VARI, 2003).

O curimatã foi o gênero mais capturado pela pesca continental no Brasil, representando 11,48% do total, o equivalente a 28.643 toneladas. Contudo, na aquicultura continental ainda

é pouco explorado, com uma produção estimada de 7.143,4 t, representando apenas 1,32% da produção total (MPA, 2011). Segundo dados levantados pela Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE, 2015), a produção aquícola de curimatã em 2015 foi de 2.554 toneladas (0,53% do total), mas o valor médio de comercialização de R\$ 7,78/kg foi superior ao do tambaqui (R\$6,41/kg) e da tilápia (R\$5,37/kg).

Mesmo sendo considerada uma espécie endêmica da bacia do rio São Francisco, *Prochilodus argenteus* já foi introduzida em outras bacias do Nordeste através de programas governamentais de “peixamento” (CASTRO & VARI, 2004). Na região do Baixo São Francisco, essa espécie possui relevante valor comercial devido à exploração pela pesca artesanal (SOARES et al., 2011) e pela aquicultura familiar (RIBEIRO-NETO et al., 2016), sendo conhecida entre os ribeirinhos como “xira”. Diante de sua importância econômica e ecológica, é uma espécie que faz parte do programa de recomposição da ictiofauna do rio São Francisco, executado pela Companhia de Desenvolvimento das Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF).

2.2 Desenvolvimento morfológico

Os peixes teleósteos apresentam um desenvolvimento inicial com uma fase de embrião dentro do ovo, fase larval e fase juvenil. Do ovo, eclode uma larva com vitelo, que ao longo do crescimento consome essa reserva energética e torna-se capaz de capturar alimento exógeno, normalmente plâncton. Nos demais estágios larvais, divididos de acordo com o grau de flexão da notocorda em pré-flexão, flexão e pós-flexão, os peixes desenvolvem estruturas morfológicas e características merísticas que vão lhes assemelhando aos adultos. Ao final do estágio larval, tem-se um peixe jovem com aparência de um adulto, raios das nadadeiras

formadas, esqueleto quase todo ossificado, padrões de pigmentação semelhantes e forma do corpo parecida (KENDALL et al., 1984).

Durante o desenvolvimento inicial dos peixes, há uma grande variação nas proporções corporais associada à diferença no ritmo de incremento das medidas morfométricas, que por sua vez está relacionado às estratégias evolutivas da espécie e dos teleósteos de forma geral, priorizando o desenvolvimento das estruturas dos sistemas de alimentação e natação (FUIMAN, 1983; OSSE et al., 1997; KOVÁČ et al., 1999). Modificações nas proporções morfométricas de estruturas relacionadas com a alimentação, velocidade de natação e capacidade de movimento de manobra, tais como a abertura e a posição da boca, a posição das nadadeiras ímpares e pares e seus graus de desenvolvimento, também determinam mudanças ontogenéticas no uso do habitat (ABELHA et al., 2001; MACHADO-EVANGELISTA et al., 2016).

As características morfométricas nos estágios larvais, na fase juvenil e adulta também são influenciadas pelas pressões ambientais e biológicas às quais as populações estão expostas durante seu desenvolvimento (LEARY et al., 1992; WIMBERGER, 1992; MATTHEWS, 1998; SOUZA JÚNIOR et al., 2002; SHIBATTA & OHARA, 2007; MACHADO & FORESTI, 2012). Ademais, diferenças latitudinais na temperatura ambiente podem influenciar o tamanho limite e a duração de cada fase de desenvolvimento entre as populações geograficamente isoladas de uma única espécie de peixe (TAKAHASHI et al., 2012; McLEOD et al., 2015).

O conhecimento das características morfométricas e merísticas é fundamental para a identificação de espécies nas fases iniciais de desenvolvimento. Entretanto, essa tarefa é dificultada pela similaridade entre as espécies, principalmente de um mesmo táxon, pelas diferenças morfológicas entre larvas e adultos, e pela carência de guias e chaves de identificação (FUIMAN et al., 1983; LEIS e TRNSKI, 1989).

O gênero *Prochilodus* possui uma relativa disponibilidade de informações sobre o desenvolvimento larval de suas espécies, onde encontra-se informações sobre oito das treze espécies registradas (CAVICCHIOLI e LEONHARDT, 1993; LEÓN et al., 1993; NAKATANI et al., 2001; ARIAS-GALLO et al., 2010; ABDO et al., 2015; SOUZA et al., 2015). Entretanto, a identificação das larvas de *Prochilodus* e a correta separação das espécies é dificultada pela sobreposição de seus parâmetros morfométricos e merísticos devido à proximidade evolutiva das espécies do gênero (CASTRO & VARI, 2004).

2.3 Composição da dieta

Espécies do gênero *Prochilodus* possuem hábito alimentar iliófago (LOPES et al., 2009; REBELO et al., 2010). Estudos com *P. brevis* adultos demonstraram que mais de 95% do conteúdo estomacal foi composto por sedimento, associando este fato à ingestão de microalgas (SILVA et al., 2010), enquanto que em adultos de *P. lineatus*, o sedimento compôs cerca de 34% do conteúdo estomacal, e o restante foi exclusivamente representado por microalgas (MORAES et al., 1997). No mesmo estudo, não foi observada diferença qualitativa na dieta entre animais adultos de diferentes classes de tamanho e atribuiu-se uma maior incidência de algas diatomáceas devido à resistência da carapaça na digestão.

As informações sobre a composição da dieta de formas jovens de *Prochilodus* e sua interação com o plâncton é escassa, alguns estudos foram realizados com outras espécies desse gênero, contudo ainda não há dados para *P. argenteus*. Marques et al. (2007) encontraram que alevinos de *P. lineatus* com 6 a 26 dias de idade são seletivos quanto ao alimento ingerido e há uma mudança na preferência por presas. Inicialmente, maior seletividade por rotíferos, protozoários e cladóceros e, a partir do 19º dia, há uma mudança com aumento da seletividade de protozoários e algas. Esse comportamento provavelmente

ocorre devido à mudança do local de alimentação, passando de microrganismos que ocupam a região limnética para outros aderidos aos substratos presentes no viveiro, como vegetação e fundo.

A seletividade por presas em indivíduos de *Prochilodus lineatus* nos estágios de protolarva (10 dias pós-eclosão), mesolarva (17 dias) e metalarva (25 dias) foi avaliada mediante a disponibilidade de larvas véliger do bivalve exótico *Limnoperna fortunei* e de zooplâncton nativo (PAOLUCCI et al., 2009). Os resultados demonstraram que há uma preferência alimentar pela véliger de *L. fortunei* nas fases iniciais e que ocorre uma mudança para cladóceros e copépodos ao longo do desenvolvimento. Os autores acreditam que esse comportamento está relacionado à capacidade de fuga e do tamanho das presas, pois as véliger são mais lentas e menores que os crustáceos planctônicos e que as larvas maiores buscam alimentos maiores que possam fornecer mais energia.

Trabalhos realizados com outras espécies mostram que a dieta natural dos peixes também é influenciada pela disponibilidade de tipos de alimento, como constatado por Rahman et al. (2006) em *Labeo rohita* e *Cyprinus carpio*, em que mudaram a preferência alimentar de fitoplâncton por zooplâncton, e zooplâncton e zoobentos por ração, respectivamente. A carpa comum *C. carpio* alimenta-se principalmente de macroinvertebrados bentônicos, quando apenas estes e plâncton estão disponíveis no viveiro. Na ausência de organismos do bentos, a carpa muda seu local de alimentação da região próxima ao fundo para a coluna d'água, alimentando-se de zooplâncton (RAHMAN et al., 2010).

3 Referências bibliográficas

ABDO, T.F. et al. Initial development of *Prochilodus hartii* (Pisces: Prochilodontidae) submitted to induced reproduction. **Zygote**, v. 24, n. 3, p. 408–417, 2016. doi: 10.1017/S0967199415000337.

ABELHA, M.C.F. et al. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 23, p. 425-434, 2008. doi: 10.4025/actascibiolsci.v23i0.2696.

ARIAS-GALLO, M. et al. Desarrollo larval de *Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1879) (Pisces: Prochilodontidae), río Magdalena, Colombia. **Actualidades Biológicas**, v. 32, n. 93, p. 199-208, 2010. Available from: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842010000200007&script=sci_arttext>. Accessed: nov 11, 2015.

CASTRO, R. M. C.; VARI, R. P. Family Prochilodontidae (Fannel mouth characiforms). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR, C. J. (eds.). **Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 65-70.

CASTRO, R.; VARI, R.P. Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): a phylogenetic and revisionary study. **Smithsonian Contributions to Zoology**, v. 622, p. 1-189, 2004. Available from: <http://www.sil.si.edu/smithsoniancontributions/zoology/pdf_hi/SCTZ-0622.pdf>. Accessed: nov 10, 2015.

CAVICCHIOLI, M.; LEONHARDT, J.H. Estudo do desenvolvimento morfológico de larvas de curimatá, *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1882), obtidas de reprodução induzida. **Revista Unimar**, v. 15, n. suplemento, p. 109-124, 1993.

FARHADIAN, O.; YUSOFF, F. Md.; MOHAMED, S.; SAAD, C. R. Use of cyclopoid copepod *Apocyclops dengizicus* as live feed for *Penaeus monodon* post larvae. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 40, n. 1, p. 22-32, 2009.

FUIMAN, L.A. Growth gradients in fish larvae. **Journal of Fish Biology**, v. 23, n. 1, p. 117-123, 1983. doi: 10.1111/j.1095-8649.1983.tb02886.x.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Pecuária Municipal**. 2015. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default_xls_brasil.shtm>.

Acesso em: 08 dez. 2016.

INGRAM, B. A.; SILVA, S. S. de. Diet composition and preference of juvenile Murray cod, trout cod and Macquarie perch (Percichthyidae) reared in fertilized earthen ponds. **Aquaculture**, v. 271, p. 260-270, 2007.

JACOB, A. P.; CULVER, D. A. Experimental evaluation of the impacts of reduced inorganic phosphorus fertilization rates on juvenile saugeye production. **Aquaculture**, v. 304, p. 22-33, 2010.

KENDALL, A. W. JR. et al. Early life history stages of fishes and their characters. In: MOSER, H. G.; RICHARDS, W. J.; COHEN, D. M.; FAHAY, M. P.; KENDALL, A. W. Jr.; RICHARDSON, S. L. Ontogeny and systematics of fishes. Lawrence: American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 1984. p. 11-22.

KOVÁČ, V. et al. Morphometry of the stone loach, *Barbatula barbatula*: do mensural characters reflect the species' life history thresholds? **Environmental Biology of Fishes**, v. 56, n. 1-2, p. 105-115, 1999. doi: 10.1023/A:1007570716690.

LEARY, R.F. et al. Genetic, environmental, and developmental causes of meristic variation in rainbow trout. **Acta Zoologica Fennica**, v. 191, p. 79-95, 1992.

LEIS, J.M.; TRNSKI, T. **The larvae of Indo-Pacific shore fishes**. Honolulu: University of Hawaii, 1989. 371p.

LEÓN, J. et al. Desarrollo embrionario y larval Del bocachico *Prochilodus reticulatus* (Valenciennes 1849) (Cypriniformes: Prochilodontidae). **Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas**, v. 27, n. 1, p. 1-18, 1993. Available from: <<http://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/344>>. Accessed: dez 15, 2015.

LOPES, C.A; BENEDITO, E.; MARTINELLI, L. A. Trophic position of bottom-feeding fish in the Upper Paraná River floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 573-581, 2009.

MACHADO, M.R.F.; FORESTI, F. Morphometric characteristics of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes 1847), of the migratory and resident stocks of the river Mogí-Guaçu, São Paulo

State, Brazil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, n. 4, p. 341-346, 2012. doi: 10.4025/actascianimsci.v34i4.14445.

MACHADO-EVANGELISTA, M. et al. Diet and ecomorphology of *Leporinus reticulatus* (Characiformes: Anostomidae) from the upper Rio Juruena, MT, Brazil: ontogenetic shifts related to the feeding ecology. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 4, p. 383-392, 2015. doi: 10.1590/1809-4392201500551.

MARQUES, N. R.; HAYASHI, C.; GALDIOLI, E. M.; FERNANDES, C. E. B. Seletividade alimentar de organismos-alimento por formas jovens de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) e curimba *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, n. 2, p. 167-176, 2007.

MATTHEWS, W.J. **Patterns in freshwater fish ecology**. London:Chapman and Hall, 1998. 756p.

McLEOD I.M. et al. Latitudinal variation in larval development of coral reef fishes: implications of a warming ocean. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 521, p. 129-141, 2015. doi: 10.3354/meps11136.

MEDEIROS, E. S. F.; ARTHINGTON, A. H. The importance of zooplankton in the diets of three native fish species in floodplain waterholes of a dry land river, the Macintyre River, Australia. **Hydrobiologia**, v. 614, n. 1, p. 19-31, 2008.

MORAES, M. F. P. G. DE; BARBOLA, I. F.; GUEDES, É. A. C. Alimentação e relações morfológicas com o aparelho digestivo do “curimbatá”, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) (Osteichthyes, Prochilodontidae), de uma lagoa do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, n. 1, p. 169-180, 1997.

MOURA JUNIOR, A. M.; BEZERRA NETO, E.; KOENING, M. L.; LEÇA, E. E. Chemical composition of three microalgae species for possible use in mariculture. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 3, p. 461-467, 2007.

MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011**. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013. 60p.

NAKATANI, K. et al. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: Eduem, 2001. 378 p. Available from: <<http://livros.nupelia.uem.br/ovos-e-larvas/>>. Accessed: jan 29, 2014.

NUNN, A. D.; TEWSON, L. H.; COWX, I. G. The foraging ecology of larval and juvenile fishes. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 22, n. 2, p. 377-408, 2012.

OSSE, J.W.M. et al. Priorities during early growth of fish larvae. **Aquaculture**, v. 155, n. 1, p. 249-258, 1997. doi: 10.1016/S0044-8486(97)00126-9.

PAOLUCCI, E. M.; CATALDO, D. H.; BOLTOVSKOY, D. Prey selection by larvae of *Prochilodus lineatus* (Pisces: Curimatidae): indigenous zooplankton versus veligers of the introduced bivalve *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mitilidae). **Aquatic Ecology**, v. 44, n. 1, p. 255–267, 2009.

PENGSENG, P.; BOYD, C. E. Evaluating fertilizer application rates for giant gourami, *Osphronemus goramy*, ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n. 3, p. 297-305, 2011.

RAHMAN, M. M.; VERDEGEM, M. C. J.; NAGELKERKE, L. A. J.; WAHAB, M. A.; MILSTEIN, A.; VERRETH, J. A. J. Growth, production and food preference of rohu *Labeorohita* (H.) in monoculture and in polyculture with common carp *Cyprinus carpio* (L.) under fed and non-fed ponds. **Aquaculture**, v. 257, p. 359-372, 2006.

RAHMAN, M. M.; KADOWAKI, S.; BALCOMBE, S. R.; WAHAB, M. A. Common carp (*Cyprinus carpio* L.) alters its feeding niche in response to changing food resources: direct observations in simulated ponds. **Ecological Research**, v. 25, n. 2, p. 303–309, 2010.

REBELO, S. R. M.; FREITAS, C. E. D. C.; SOARES, M. G. M. Fish diet from Manacapuru Big Lake complex (Amazon): an approach starting from the traditional knowledge. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 39-44, 2010.

RIBEIRO, D. F. O.; NUÑER, A. P. D. O. Feed preferences of *Salminus brasiliensis* (Pisces, Characidae) larvae in fish ponds. **Aquaculture**, v. 274, n. 1, p. 65–71, 2008.

RIBEIRO-NETO, T. F.; SILVA, A. H. G.; GUIMARÃES, I. M.; GOMES, M. V. T. Piscicultura familiar extensiva no baixo São Francisco, estado de Sergipe, Brasil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 4, n. 1, p. 62-69, 2016.

ROSSI, L.M. Ontogenetic diet shifts in a neotropical catfish, *Sorubim lima* (Schneider) from the River Paraná System. **Fisheries Management and Ecology**, v. 8, p. 141-152, 2001.

SHIBATTA, O.A.; OHARA, W.M. Variação morfológica em populações de *Tetragonopterus argenteus* Cuvier, 1817 (Characiformes, Characidae) das bacias dos rios Madeira e Paraguai. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 28, n. 1, p. 3-8, 2007.doi: 10.5433/1679-0367.2007v28n1p3.

SILVA, M. J. da; FIGUEIREDO, B. R. S.; RAMOS, R. T. C.; MEDEIROS, E. S. F. Food resources used by three species of fish in the semi-arid region of Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 4, p. 819-825, 2010.

SOARES, E. C.; BRUNO, A. M. DA S. S.; LEMOS, J. M.; SANTOS, R. B. DOS. Ictiofauna e pesca no entorno de Penedo, Alagoas doi:10.5007/2175-7925.2011v24n1p61. **Biotemas**, v. 24, n. 1, p. 61–67, 2011.

SOUZA, G. et al. Early development and allometric growth patterns of the grumatã (*Prochilodus vimboides* Kner, 1859). **Zygote**, v. 24, n. 3, p. 428-441, 2016. doi: 10.1017/S0967199415000350.

SOUZA JÚNIOR, J.P. et al. Diversificação intra-específica do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, no Norte e Nordeste do Brasil. I - Caracteres morfométricos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 24, n. 4, p. 973-980, 2002. doi: 10.4025/actascianimsci.v24i0.2457.

TAKAHASHI, M. et al. Influence of seasonal and latitudinal temperature variation on early life-history traits of a coral reef fish. **Marine and Freshwater Research**, v. 63, p. 856-864, 2012. doi: 10.1071/MF11278.

TEW, K. S.; CONROY, J. D.; CULVER, D. A. Effects of lowered inorganic phosphorus fertilization rates on pond production of percid fingerlings. **Aquaculture**, v. 255, p. 436-446, 2006.

WIMBERGER, P.H. Plasticity of fish body shape: the effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces: Cichlidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 45, n. 3, p. 197-218, 1992.doi: 10.1111/j.1095-8312.1992.tb00640.x.

4 Artigos científicos

4.1 Artigo científico I

Artigo científico encaminhado à Revista Ciência Rural.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

1 Morphological development of larvae and juveniles of *Prochilodus argenteus*

2 Desenvolvimento morfológico de larvas e jovens de *Prochilodus argenteus*

3

4 Irã Menezes Guimarães^{I*}, Vinícius Augusto Dias Filho^{II}, Ana Helena Gomes da Silva^I, Rafael
5 Silva Santos^I, William Severi^{III}

6

7 **ABSTRACT**

8 *Prochilodus argenteus* is an endemic fish species from the São Francisco River basin
9 that is of high economic and environmental importance. The present study aimed to contribute
10 with information to the taxonomic identification of larvae and juveniles of this species.
11 Larvae, obtained from induced spawning of wild animals, were reared in ponds. Individuals
12 were collected daily and classified into larval stages or juvenile phase. Morphological
13 descriptions and morphometric measurements were performed, together with a piecewise
14 linear regression analysis of the body proportions throughout the development process.
15 Individuals in the preflexion stage had a standard length (SL) of 4.48 to 6.64mm, long to
16 moderate body (BH/SL), small to moderate head (HL/SL), and a small to moderate eye
17 (ED/HL). In the flexion stage, the SL varied from 6.60 to 11.00mm, long to moderate body,
18 moderate head, and small to moderate eye. Larvae in the postflexion stage presented SL of
19 10.54-19.93mm, moderate body, moderate to big head and small eye. The juvenile phase
20 included specimens with a SL of 18.27 to 42.21mm which presented a moderate to high body,
21 big head and small to moderate eye. Regression analysis showed significant moments of

^I Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Betume, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), Rodovia SE-120, km 10, 49980-000, Neópolis, SE, Brasil. E-mail: iruguimaraes@gmail.com

^{II} Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Itiúba, Codevasf, Porto Real do Colégio, AL, Brasil.

^{III} Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

* Autor para correspondência.

22 change in rate of increase of the body proportions, presenting a change in the growth pattern
23 from allometry to isometry during the early development.

24 **Keywords:** curimatã, early development, morphometry, São Francisco River.

25

26 **RESUMO**

27 *Prochilodus argenteus* é uma espécie de peixe endêmica da bacia do Rio São
28 Francisco, com importância econômica e ecológica para a região. O objetivo deste trabalho
29 foi contribuir com informações para a identificação taxonômica de larvas e jovens da espécie.
30 As larvas foram obtidas através de reprodução induzida de animais selvagens e cultivadas em
31 viveiros. Os peixes foram coletados diariamente e classificados nos estágios larvais e fase
32 juvenil. Foi realizada a descrição morfológica e medidas morfométricas, além de uma análise
33 de regressão linear segmentada das proporções corporais ao longo do desenvolvimento. O
34 estágio de pré-flexão apresentou indivíduos com comprimento padrão (CP) de 4,48 a
35 6,64mm, corpo longo a moderado (AC/CP), cabeça pequena a moderada (CC/CP) e olho
36 pequeno a moderado (DO/CC). Em flexão, o CP variou de 6,60 a 11,00mm com corpo longo
37 a moderado, cabeça moderada e olho pequeno a moderado. No estágio de pós-flexão, as
38 larvas apresentaram CP de 10,54 a 19,93mm, corpo moderado, cabeça moderada a grande e
39 olho pequeno. A fase juvenil compreendeu indivíduos de 18,27 a 42,21mm CP, corpo
40 moderado a alto, cabeça grande e olho pequeno a moderado. As análises de regressão
41 evidenciaram os momentos significativos de mudança no ritmo de incremento das proporções
42 corporais, demonstrando uma mudança no padrão de crescimento de alométrico para
43 isométrico durante o desenvolvimento inicial.

44 **Palavras-chave:** curimatã, desenvolvimento inicial, morfometria, rio São Francisco.

45

46 **INTRODUCTION**

47 Fishes of *Prochilodus* genus, popularly known as curimatã, have a migratory behavior,
48 are widely distributed in South American rivers, and represent an important fishing resource.
49 This genus includes thirteen species of which ten are present in the Brazilian basins. For
50 instance, the São Francisco River Basin is the natural habitat of the species *P. argenteus*, *P.*
51 *costatus*, *P. vimboides*, and *P. brevis* (CASTRO & VARI, 2003).

52 Although *Prochilodus argenteus* is considered an endemic species of the São
53 Francisco River Basin it has been taken to other Brazilian basins (Northeast) through
54 governmental fish stocking programs (CASTRO & VARI, 2004). In the Lower São Francisco
55 River region, this species has a substantial commercial value due to its participation in
56 artisanal fisheries (SOARES et al., 2011) and subsistence aquaculture (RIBEIRO-NETO et
57 al., 2016). On the face of its economic and ecological importance, the species was included in
58 the recovery program of São Francisco River fish fauna implemented by government
59 institutions.

60 The identification process of *P. argenteus* in the ichthyoplankton fauna can reveal
61 important information about breeding areas and feeding and growth routines essential for the
62 management and conservation of species. In the case of the genus *Prochilodus*, it is relatively
63 easy to find information on its larval development in published literature, from which were
64 reported information about eight among the thirteen recorded species (CAVICCHIOLI &
65 LEONHARDT, 1993; LEÓN et al., 1993; NAKATANI et al., 2001; ARIAS-GALLO et al.,
66 2010; ABDO et al., 2015; SOUZA et al., 2015). However, the identification of *Prochilodus*
67 larvae and a proper separation of their species are hampered by overlapping parameters
68 (morphometric and meristic) due to the evolutionary proximity between species of this genus
69 (CASTRO & VARI, 2004).

70 Thus, the present study aimed to provide information for the taxonomic identification
71 of larvae and juveniles of *P. argenteus* through the morphological and morphometric

72 characterization of their early development in captivity. This could also enable differentiation
73 from their congeners of the São Francisco River Basin.

74

75 **MATERIALS AND METHODS**

76 This study was conducted using individuals of *P. argenteus* that hatched in the
77 laboratory by means of hormonal induction of wild broodstock from the Lower São Francisco
78 river (Porto Real do Colégio-AL, 10°12'1.93"S and 036°47'30.32"W) and were kept in ponds
79 in the Center of Reference for Aquaculture and Fisheries Resources of São Francisco
80 (CERAQUA/CODEVASF). Two days post-hatch (DPH) larvae, already presenting open
81 mouths, were transferred from the nursery to a grow-out pond (2000m²) and were retained
82 there for 44 days. Individuals were captured daily and fixed in 4% neutralized formalin. Each
83 individual was morphologically examined and photographed with a digital camera (5.1 MP)
84 attached to a light microscope. The Image J software was used for image capturing and
85 morphological measuring (0,001mm accuracy) and the results were presented using an
86 accuracy of 0.01mm. Fish were individually weighed on an analytical balance with an
87 accuracy of 0.0001g.

88 Individuals examined were classified into larval stages of development as preflexion,
89 flexion, and postflexion, and juvenile phase according to the flexion degree of the notochord
90 and caudal fin development (KENDALL et al., 1984). In addition, the standard length (SL),
91 body height (BH), head length (HL), pre-dorsal (PDD), pre-pectoral (PPD), pre-pelvic
92 (PPLD), and pre-anal (PAD) fin distances, as well as the eye diameter (ED) and upper
93 maxillary length (UML), were measured.

94 Calculations of BH/SL, HL/SL, PDD/SL, PPD/SL, PPLD/SL, PAD/SL, ED/HL, and
95 UML/HL were performed. The ratio BH/SL, HL/SL, and ED/HL were respectively used to
96 classify the body, head and eye sizes of the individuals according to LEIS & TRNSKI (1989).

97 The body proportions measurements were correlated with SL and HL and analyzed through
98 the piecewise linear regression model $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 (X - bp)(X > bp) + \varepsilon$ in order to
99 calculate the models break-points (bp) and estimate the shift instants (X_{bp}) in the ratio
100 increment on the morphometric measurements (body proportions) related to the initial
101 development of the fish.

102

103 **RESULTS**

104 A total of 233 individuals were analyzed in this study, of which 46 were larvae in the
105 preflexion stage, 31 in the flexion stage, 102 in the postflexion stage, and 49 in the juvenile
106 phase. The mean water temperature was 29.3°C during the nursery period and 30.8°C during
107 the grow-out period. The means and amplitudes of morphometric and meristic variables of
108 each stage of development are presented in table I.

109 Preflexion stage larvae (Figures 1 A and B) were between 2 and 5 DPH, with SL from
110 4.48 to 6.64mm and a weight of 0.0009-0.0028g. Their body was long to moderate (12.99-
111 20.75% SL), with small to moderate head (19.51-27.61% SL) and small to moderate fully
112 pigmented eye (21.82-29.07% HL). They presented open mouth in a terminal position and
113 presence of exogenous food in the stomach and in the intestine. In this period, the embryonic
114 finfold involves the body of the larva from the dorsal to the ventral region. Caudal, dorsal,
115 anal, and pelvic fins are not visible. The gas bladder is pigmented and clearly visible in the
116 upper portion of the abdominal cavity. At the beginning of the preflexion stage, dendritic
117 chromatophores are present in the ventral region, from the posterior region of the head to the
118 anus and in the posterior lateral and superior region of the head. During the development the
119 pigmentation intensifies on the dorsal area and, later, on the body sides. At the end of the
120 preflexion stage, chromatophores emerge in the area underneath the terminal portion of the
121 notochord.

122 Flexion stage larvae (Figures 1 C and D) were between 5 and 6 DPH, with SL varying
123 from 6.60 to 11.00mm and weight varying from 0.0025 to 0.0225g. Their body varied from
124 long to moderate (16.68-25.71% SL), the head was moderate (24.75-32.03% SL) and the eye
125 was small to moderate (20.63-28.51% HL). At this stage, the initial formation of rays
126 (pterygiophores) occurs in the order of caudal, dorsal, and anal fins. The embryonic finfold is
127 still present but it is shorter than in the preflexion stage and mainly restricted to the ventral
128 region. Dendritic and punctate pigmented chromatophores are present on the body sides,
129 including the lips. At the end of this stage, pigmentation is clearly observed between the rays
130 of caudal, anal, and dorsal fins.

131 Postflexion stage larvae (Figures 1 E, F, and G) were between 7 and 40 DPH, with SL
132 ranging from 10.54 to 19.93 mm and weight varying from 0.0178 to 0.2810g. The body was
133 moderate (25.36-36.32% SL), with moderate to large head (31.38-38.52% SL) and small to
134 moderate eye (20.20-26.89% HL). During this period, a vestigial finfold is present in the
135 dorsal and ventral areas of the caudal peduncle, but it is well developed in the ventral region,
136 between the anus and head. Appearance of the pelvic fin button followed by the development
137 of its rays occur at the end of this stage, together with the appearance of the adipose fin, scales
138 and discrete transverse stripes along the body sides because of agglomeration of
139 chromatophores.

140 The juvenile phase (Figure 1 H) included individuals with 18.27-42.21mm SL, body
141 weight from 0.1990 to 2.4380g, belonging to the period comprised between 20 and 44 DPH.
142 The body varied from moderate to high (35.99-41.97% SL) and the head was large (36.72-
143 43.65% SL) with a small to moderate eye (22.67-32.63% HL). During this period, all fins are
144 fully formed, with absence of the embryonic finfold. Transverse stripes are visible throughout
145 the body, being more evident above the lateral line.

146 Models originated by piecewise linear regressions presented significant instants of
147 change in the rate of increase considering the body proportions relative to SL and HL (Figure
148 2). The BH/SL proportion increased from the preflexion stage to the transition between the
149 postflexion stage and the juvenile for individuals with $SL < 17.84\text{mm}$, followed by a
150 stabilization in larger individuals. The HL/SL proportion presented a similar pattern, differing
151 only in the size at which the change occurs, this being at the end of the postflexion stage when
152 the SL was 15.90mm.

153 All the proportions of pre-fin distances relative to SL had an initial increase during *P.*
154 *argenteus* development, remaining constant afterwards. The PPD/SL proportion remained
155 constant for individuals with $SL > 14.47\text{mm}$ and throughout the postflexion stage. The
156 PPLD/SL proportion stabilized amid the postflexion stage and the juvenile phase in
157 individuals with $SL > 18.62\text{mm}$. The PAD/SL and PDD/SL proportions showed a tendency to
158 the stabilization in the juvenile phase and in individuals measuring 20.47 and 21.74mm SL,
159 respectively.

160 The piecewise linear model of the ED/HL proportion showed a reduction in the body
161 proportion from the preflexion until the beginning of the flexion stage and in individuals with
162 $HL < 2.12\text{mm}$, as well as an increase in the subsequent developmental stages. The UML/HL
163 proportion decreased until the early postflexion stage, the larvae having reached 3.81mm HL,
164 remaining constant thereafter.

165

166 **DISCUSSION**

167 Morphometric and meristic variables of larvae and juveniles of *P. argenteus* obtained
168 from wild broodstock were similar to those reported for other species of *Prochilodus*
169 (NAKATANI et al., 2001; ARIAS-GALO et al, 2010; SOUZA et al, 2015), which can be
170 explained by the evolutionary proximity between species (CASTRO & VARI, 2004).

171 Furthermore, the body proportions of *P. argenteus* reported in this study were quite similar to
172 those described in the literature for its congeners from the São Francisco River Basin, namely
173 *P. costatus*, *P. vimboides*, and *P. brevis* (Table II). However, the maximum and minimum
174 values of ED/HL, HL/SL, and BH/SL recorded for each larval stage varied between species.
175 Morphometric data showed differences in the average ED/HL proportion in the preflexion and
176 postflexion stages and in the BH/SL proportion in the flexion stage between *P. argenteus* and
177 *P. brevis*. The average HL/SL proportion in the postflexion stage was greater in *P. argenteus*
178 than in *P. vimboides*. Formation of fin rays in *P. argenteus* seemed to begin later than in *P.*
179 *vimboides* since the latter presents rays in the caudal fin already in the preflexion stage.
180 Moreover, in *P. vimboides*, dorsal and anal fins are practically formed at the end of the
181 flexion stage, which was not observed in *P. argenteus* at the same larval stage. Although the
182 paucity of morphological data for larvae of these species hampers an accurate taxonomic
183 identification of all larval stages, the information herein provided serves as discriminators that
184 contribute for the larvae identification process.

185 The observed morphometric variables of larvae and juveniles of *P. argenteus* from the
186 Lower São Francisco River differed from those recorded by NAKATANI et al. (2001) for this
187 species based on cultured individuals originating from the Upper São Francisco River (Três
188 Marias-MG, 18°11'59.80"S and 045°15'7.89"W) and Sub-middle São Francisco River (Paulo
189 Afonso-BA, 09°22'49.20"S and 038°13'0.18"W). This probably occurred due to differences
190 between the broodstock populations used, environmental characteristics, and physical
191 separation of the river by hydroelectric dams. In addition, water quality parameters such as
192 temperature, pH, and dissolved oxygen of the nursery and ponds where larvae and juveniles
193 develop can influence their morphology. Therefore, these intraspecific morphometric
194 differences may occur due to environmental and biological pressures to which populations are
195 exposed during their development (LEARY et al., 1992; WIMBERGER, 1992; MATTHEWS,

196 1998; SOUZA JÚNIOR et al., 2002; SHIBATTA & OHARA, 2007; MACHADO &
197 FORESTI, 2012). In addition, the latitudinal difference in the environmental temperature can
198 influence the threshold size and the duration of each developmental stage among
199 geographically isolated population of a single fish species (TAKAHASHI et al., 2012;
200 McLEOD et al., 2015).

201 The changes in the body proportions over the initial development of *P. argenteus* until
202 stabilization depended on the morphometric characteristic considered. The increase or
203 reduction of the body proportions occurred due to allometric differences between
204 measurements. The initial difference in the increasing ratio of morphometric measurements is
205 a common feature in Teleostei and is associated with evolutionary strategies such as the
206 prioritization of the development of the body structures for feeding and swimming (FUIMAN,
207 1983; OSSE et al., 1997; KOVÁČ et al., 1999).

208 Ontogenetic shifts in the habitat use are usually associated to changes in the
209 morphometric proportions of structures related to feeding, swimming speed and movement
210 maneuverability such as mouth position and gap size, the position of unpaired and paired fins
211 and its development degree (ABELHA et al., 2001; MACHADO-EVANGELISTA et al.
212 2016). This seems to be the case of *P. argenteus* and possibly of other *Prochilodus* species
213 that change from a zooplanktophagous to an iliophagous feeding habit with the concomitant
214 change from a pelagic to a benthonic behavior. In the experimental ponds preflexion and
215 flexion *P. argenteus* larvae fed mainly on pelagic zooplankton (rotifers and cladocerans) even
216 though from the postflexion stage onwards algae and particulate organic matter were the
217 predominant items reported in the digestive tract (unpublished data).

218

219 **BIOETHICS AND BIOSECURITY COMMITTEE**

220 The authors of the article entitled "Morphological development of larvae and juveniles
221 of *Prochilodus argenteus*" declare, for all due purposes, that the project that gave rise to the
222 present data has not been submitted for evaluation to the Ethics Committee of the Companhia
223 de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba. However, they are aware of the
224 content of the Brazilian resolutions of the National Council for Control of Animal
225 Experimentation - CONCEA "<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310553.html>"
226 involving the use of animals in experimentation. Thus, the authors assume full responsibility
227 for the presented data and are available for possible questions, if required by the competent
228 authorities.

229

230 REFERENCES

- 231 ABDO, T.F. et al. Initial development of *Prochilodus hartii* (Pisces: Prochilodontidae)
232 submitted to induced reproduction. *Zygote*, v.24, n.3, p.408-417, 2016. Available from:
233 <[http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=9875596&fileI](http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=9875596&fileId=S0967199415000337)
234 [d=S0967199415000337](http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=9875596&fileId=S0967199415000337)>. Accessed: Dec. 15, 2015. doi: 10.1017/S0967199415000337.
- 235 ABELHA, M.C.F. et al. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum*
236 *Biological Sciences*, v.23, p.425-434, 2008. Available from:
237 <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/2696>>. Accessed: Jul.
238 22, 2016. doi: 10.4025/actascibiols.v23i0.2696.
- 239 ARIAS-GALLO, M. et al. Desarrollo larval de *Prochilodus magdalenae* (Steindachner,
240 1879) (Pisces: Prochilodontidae), río Magdalena, Colombia. *Actualidades Biológicas*, v.32,
241 n.93, p.199-208, 2010. Available from: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842010000200007&script=sci_arttext)
242 [35842010000200007&script=sci_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842010000200007&script=sci_arttext)>. Accessed: Nov. 11, 2015.

- 243 BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**
244 **2011**. Brasília, 2013.60p.Available from:
245 <http://www.mpa.gov.br/files/docs/Boletim_MPA_2011_pub.pdf>. Accessed: Nov. 09, 2015.
- 246 CASTRO, R.M.C.; VARI, R.P. Family Prochilodontidae (Fannel mouth characiforms). In:
247 REIS, R.E. et al. **Checklist of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto
248 Alegre: EDIPUCRS, 2003.p.65-70.
- 249 CASTRO, R.; VARI, R.P. Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae
250 (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): a phylogenetic and revisionary study.**Smithsonian**
251 **Contributions to Zoology**, v.622, p.1-189, 2004. Available from:
252 <http://www.sil.si.edu/smithsoniancontributions/zoology/pdf_hi/SCTZ-0622.pdf>.Accessed:
253 Nov. 10, 2015.
- 254 CAVICCHIOLI, M.; LEONHARDT, J.H. Estudo do desenvolvimento morfológico de larvas
255 de curimatá, *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1882), obtidas de reprodução
256 induzida.**Revista Unimar**, v.15, supl, p.109-124, 1993.
- 257 FUIMAN, L.A. Growth gradients in fish larvae. **Journal of Fish Biology**, v.23, n.1, p.117-
258 123, 1983. Available from: <[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1095-](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1095-8649.1983.tb02886.x/full)
259 [8649.1983.tb02886.x/full](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1095-8649.1983.tb02886.x/full)>. Accessed: Dec. 8, 2015. doi: 10.1111/j.1095-
260 [8649.1983.tb02886.x](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1095-8649.1983.tb02886.x/full).
- 261 KENDALL, A.W. JR. et al.Early life history stages of fishes and their characters. In:
262 MOSER, H.G.et al.**Ontogeny and systematics of fishes**.Lawrence: American Society of
263 Ichthyologists and Herpetologists, 1984.p.11-22.
- 264 KOVÁČ, V. et al.Morphometry of the stone loach, *Barbatula barbatula*: do mensural
265 characters reflect the species' life history thresholds? **Environmental Biology of Fishes**, v.56,
266 n.1-2, p.105-115, 1999. Available from:<[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-017-3678-7_8)
267 [94-017-3678-7_8](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-017-3678-7_8)>. Accessed: Nov. 5, 2015.doi: 10.1023/A:1007570716690.

- 268 LEARY, R.F. et al. Genetic, environmental, and developmental causes of meristic variation in
269 rainbow trout. **Acta Zoologica Fennica**, v.191, p.79-95, 1992.
- 270 LEIS, J.M.; TRNSKI, T. **The larvae of Indo-Pacific shorefishes**. Honolulu: University of
271 Hawaii, 1989.371p.
- 272 LEÓN, J. et al. Desarrollo embrionario y larval del bocachico *Prochilodus reticulatus*
273 (Valenciennes 1849) (Cypriniformes: Prochilodontidae). **Boletín del Centro de**
274 **Investigaciones Biológicas**, v.27, n.1, p.1-18, 1993. Available from:
275 <<http://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/344>>. Accessed: Dec. 15,
276 2015.
- 277 MACHADO, M.R.F.; FORESTI, F. Morphometric characteristics of *Prochilodus lineatus*
278 (Valenciennes 1847), of the migratory and resident stocks of the river Mogí-Guaçu, São Paulo
279 State, Brazil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.34, n.4, p.341-346, 2012. Available
280 from:
281 <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/14445/pdf>>. Accessed:
282 Nov. 11, 2015. doi: 10.4025/actascianimsci.v34i4.14445.
- 283 MACHADO-EVANGELISTA, M. et al. Diet and ecomorphology of *Leporinus reticulatus*
284 (Characiformes: Anostomidae) from the upper Rio Juruena, MT, Brazil: ontogenetic shifts
285 related to the feeding ecology. **Acta Amazonica**, v.45, n.4, p.383-392, 2015. Available from:
286 <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v45n4/1809-4392-aa-45-04-00383.pdf>>. Accessed: Jul. 21,
287 2016. doi: 10.1590/1809-4392201500551.
- 288 MATTHEWS, W.J. **Patterns in freshwater fish ecology**. London: Chapman and Hall, 1998.
289 756p.
- 290 McLEOD I.M. et al. Latitudinal variation in larval development of coral reef fishes:
291 implications of a warming ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v.521, p.129-141, 2015.

- 292 Available from: <<http://www.int-res.com/abstracts/meps/v521/p129-141/>>. Accessed: Jul. 22,
293 2016. doi: 10.3354/meps11136.
- 294 NAKATANI, K. et al. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de**
295 **identificação**. Maringá: Eduem, 2001. 378p. Available from:
296 <<http://livros.nupelia.uem.br/ovos-e-larvas/>>. Accessed: Jan. 29, 2014.
- 297 OSSE, J.W.M. et al. Priorities during early growth of fish larvae. **Aquaculture**, v.155, n.1,
298 p.249-258, 1997. Available from:
299 <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848697001269>>. Accessed: Dec. 1,
300 2015. doi: 10.1016/S0044-8486(97)00126-9.
- 301 RIBEIRO-NETO, T. F. et al. Piscicultura familiar extensiva no baixo São Francisco, estado
302 de Sergipe, Brasil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 4, n. 1, p. 62-69, 2016. doi:
303 10.2312/ActaFish.2016.4.1.62-69.
- 304 SHIBATTA, O.A.; OHARA, W.M. Variação morfológica em populações de
305 **Tetragonopterus argenteus** Cuvier, 1817 (Characiformes, Characidae) das bacias dos rios
306 Madeira e Paraguai. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v.28, n.1, p.3-8, 2007.
307 Available from: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/3483>>.
308 Accessed: Nov. 17, 2015. doi: 10.5433/1679-0367.2007v28n1p3.
- 309 SOARES, E.C. et al. Ictiofauna e pesca no entorno de Penedo, Alagoas. **Biotemas**, v.24, n.1,
310 p.61-67, 2011. Available from:
311 <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2011v24n1p61>>.
312 Accessed: Dec. 23, 2015. doi: 10.5007/2175-7925.2011v24n1p61.
- 313 SOUZA JÚNIOR, J.P. et al. Diversificação intra-específica do pargo, **Lutjanus purpureus**
314 Poey, no Norte e Nordeste do Brasil. I - Caracteres morfométricos. **Acta Scientiarum.**
315 **Animal Sciences**, v.24, n.4, p.973-980, 2002. Available from:

- 316 <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/2457>>. Accessed: Jan.
317 27, 2015. doi: 10.4025/actascianimsci.v24i0.2457.
- 318 SOUZA, G. et al. Early development and allometric growth patterns of the grumatã
319 (*Prochilodus vimboides* Kner, 1859). **Zygote**, v.24, n.3, p.428-441, 2016. Available from:
320 <[https://www.cambridge.org/core/journals/zygote/article/early-development-and-allometric-](https://www.cambridge.org/core/journals/zygote/article/early-development-and-allometric-growth-patterns-of-the-grumata-prochilodus-vimboides-kner-1859/556469877AC0CC3D61AE964058D47E23)
321 [growth-patterns-of-the-grumata-prochilodus-vimboides-kner-](https://www.cambridge.org/core/journals/zygote/article/early-development-and-allometric-growth-patterns-of-the-grumata-prochilodus-vimboides-kner-1859/556469877AC0CC3D61AE964058D47E23)
322 [1859/556469877AC0CC3D61AE964058D47E23](https://www.cambridge.org/core/journals/zygote/article/early-development-and-allometric-growth-patterns-of-the-grumata-prochilodus-vimboides-kner-1859/556469877AC0CC3D61AE964058D47E23)>. Accessed: Nov. 11, 2015. doi:
323 10.1017/S0967199415000350.
- 324 TAKAHASHI, M. et al. Influence of seasonal and latitudinal temperature variation on early
325 life-history traits of a coral reef fish. **Marine and Freshwater Research**, v.63, p.856-864,
326 2012. Available from: <<http://www.publish.csiro.au/mf/MF11278>>. Accessed: Jul. 22, 2016.
327 doi: 10.1071/MF11278.
- 328 WIMBERGER, P.H. Plasticity of fish body shape: the effects of diet, development, family and
329 age in two species of *Geophagus* (Pisces: Cichlidae). **Biological Journal of the Linnean**
330 **Society**, v.45, n.3, p.197-218, 1992. Available from:
331 <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1095-8312.1992.tb00640.x/abstract>>.
332 Accessed: Nov. 17, 2015. doi: 10.1111/j.1095-8312.1992.tb00640.x.

1 Table 1 - Morphological variables of *Prochilodus argenteus* (Spix & Agassiz, 1829) at larval
 2 stages and initial juveniles reared in ponds from the 2nd to the 44th days post-hatch (n, number
 3 of individuals; \bar{X} , mean; SD, standard deviation; CF, caudal fin; DF, dorsal fin; AF, anal fin;
 4 PLF, pelvic fin and PF, pectoral fin).

Stage/ Phase	Larvae						Juvenile (n=49)	
	Preflexion (n=46)		Flexion (n=31)		Postflexion (n=102)		$\bar{X} \pm SD$	Range
Measure (mm)	$\bar{X} \pm SD$	Range	$\bar{X} \pm SD$	Range	$\bar{X} \pm SD$	Range		
SL	5.57±0.49	4.84-6.64	8.55±1.19	6.60-11.00	13.95±2.00	10.54-19.93	25.19±5.27	18.27-42.21
HL	1.31±0.20	1.06-1.77	2.38±0.43	1.63-3.22	5.13±1.00	3.37-7.99	9.90±1.93	7.10-15.70
BH	0.95±0.15	0.67-1.29	1.80±0.42	1.20-2.74	4.41±1.11	2.80-7.57	9.87±2.36	6.60-17.53
PPD	1.30±0.19	1.06-1.76	2.32±0.39	1.65-3.12	4.73±0.80	3.18-6.76	8.39±1.66	6.17-13.44
PDD	-	-	4.06±0.45	3.28-4.86	6.80±1.12	5.00-9.86	12.92±2.65	9.12-20.59
PAD	-	-	6.38±0.99	4.71-8.53	11.03±1.69	8.42-15.94	20.74±4.42	14.78-35.06
PPLD	-	-	-	-	7.73±1.36	5.64-11.47	14.85±3.00	10.86-24.51
ED	0.33±0.04	0.26-0.41	0.54±0.11	0.39-0.74	1.24±0.33	0.76-2.21	2.69±0.50	1.78-3.70
UML	0.35±0.06	0.25-0.50	0.60±0.09	0.44-0.76	1.13±0.31	0.67-2.02	2.28±0.57	1.39-4.08
Body Proportion (%)								
ED/HL	25.77±1.52	21.82-29.07	22.79±1.75	20.63-28.51	22.79±1.53	20.20-26.89	27.27±2.38	22.67-32.63
UML/HL	26.77±2.64	20.85-34.63	25.69±3.04	18.81-30.78	21.37±1.81	17.93-26.14	22.85±2.27	17.17-27.83
HL/SL	23.38±1.87	19.51-27.61	27.75±1.71	24.75-32.03	35.21±1.85	31.38-38.52	39.43±1.51	36.72-43.65
BH/SL	16.97±1.69	12.99-20.75	20.79±2.30	16.68-25.71	29.21±2.15	25.36-36.32	38.98±1.45	35.99-41.97
PPD/SL	23.33±1.82	19.51-27.61	27.06±1.45	24.53-30.45	33.13±1.83	29.27-36.84	33.39±1.62	30.46-38.62
PDD/SL	-	-	47.11±2.03	43.00-50.84	47.79±1.37	45.14-52.35	51.32±1.34	48.35-54.66
PAD/SL	-	-	74.51±2.31	69.32-78.80	78.83±1.81	75.88-84.19	82.27±1.06	79.23-84.64
PPLD/SL	-	-	-	-	53.97±1.30	51.04-58.58	59.07±1.29	57.17-62.14
Number of Rays								
CF	-	-	-	6 - 19	-	18 - 19	-	19
DF	-	-	-	6 - 8	-	9 - 11	-	11
AF	-	-	-	2 - 6	-	7 - 11	-	11
PLF	-	-	-	-	-	0 - 9	-	8 - 9
PF	-	-	-	-	-	0 - 14	-	15

5
6
7

1 Table 2 - Body proportions and meristic data of larvae and juveniles of *Prochilodus* species
 2 occurring in the São Francisco River Basin (\bar{X} , mean; SD, standard deviation; CF, caudal fin;
 3 DF, dorsal fin; AF, anal fin; PLF, pelvic fin and PF, pectoral fin).

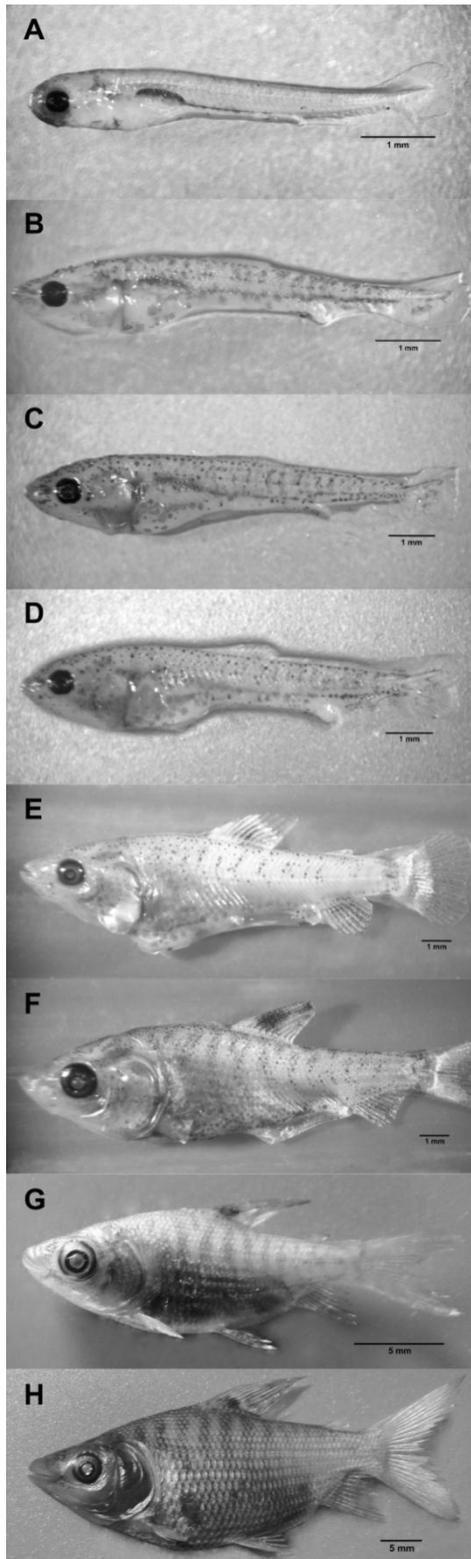
Stage / Phase	<i>Prochilodus argenteus</i>		<i>Prochilodus costatus</i> ¹		<i>Prochilodus vimboides</i> ²		<i>Prochilodus brevis</i> ¹	
	$\bar{X} \pm SD$	Range	$\bar{X} \pm SD$	Range	\bar{X}	Range	$\bar{X} \pm SD$	Range
ED/HL								
Preflexion	25.77±1.52	21.82-29.07	29.73±2.95	25.98-33.60	25.47±2.79	22.22-32.46	32.24±3.10	25.15-37.38
Flexion	22.79±1.75	20.63-28.51	26.44±1.59	23.81-28.57	24.81±2.82	17.91-33.86	25.99±2.05	23.81-28.63
Postflexion	22.79±1.53	20.20-26.89	26.16±1.93	18.96-28.22	23.70±2.44	17.29-27.90	29.03±2.01	25.06-33.27
Juvenile	27.27±2.38	22.67-32.63	-	-	-	-	-	-
HL/SL								
Preflexion	23.38±1.87	19.51-27.61	19.93±0.94	18.02-22.12	24.90±2.55	17.94-27.30	19.72±1.93	17.45-25.38
Flexion	27.75±1.71	24.75-32.03	25.89±0.95	24.36-27.71	28.41±2.04	20.52-30.88	27.73±2.89	24.42-31.62
Postflexion	35.21±1.85	31.38-38.52	33.84±2.69	29.71-43.04	27.71±3.68	-	33.72±1.70	30.03-36.61
Juvenile	39.43±1.51	36.72-43.65	-	-	-	-	-	-
BH/SL								
Preflexion	16.97±1.69	12.99-20.75	15.36±0.84	14.03-17.10	21.18±1.33	19.28-23.31	19.47±1.28	16.03-21.90
Flexion	20.79±2.30	16.68-25.71	19.15±1.36	17.24-21.74	24.77±2.33	18.59-29.42	26.11±6.29	19.14-37.31
Postflexion	29.21±2.15	25.36-36.32	30.36±3.54	21.70-34.46	28.10±1.33	25.23-30.02	31.4±2.27	26.11-35.59
Juvenile	38.98±1.45	35.99-41.97	-	-	-	-	-	-
Number of rays (fins)								
Preflexion	-	-	-	-	CF 11	-	-	-
Flexion	CF 6-19; DF 6-8; AF 2-6	-	-	-	CF 18-20; DF 7-11; AF 10-11	-	-	-
Postflexion	CF 18-19; DF 9-11; AF 7-11; PLF 0-9; PF 0-14	-	-	-	CF 20-28; DF 11-12; AF 11-12; PLF 3-5	-	-	-
Juvenile ³	CF 19; DF 11; AF 11; PLF 8-9; PF 15	CF 19; DF 13; AF 10-11; PLF 8-9; PF 14-17	CF 19; DF 12-13; AF 10-12; PLF 9-10; PF 13-16	CF 19; DF 12-14; AF 10-12; PLF 9; PF 14-16	-	-	-	-

¹ Morphometric data from NAKATANI et al. (2001).

² Morphometric data from SOUZA et al. (2015).

³ Number of fin rays of juvenile stage of *P. costatus*, *P. vimboides*, and *P. brevis* obtained from CASTRO & VARI (2004).

4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



1
2 Figure 1 - Initial development of *Prochilodus argenteus* (Spix & Agassiz, 1829) grown in
3 experimental conditions from the 2nd to the 44th days post-hatch. 1A: initial preflexion stage,
4 1B: late preflexion stage, 1C: initial flexion stage, 1D: flexion stage, 1E: initial postflexion
5 stage, 1F: postflexion stage, 1G: late postflexion stage and 1H: early juvenile phase.

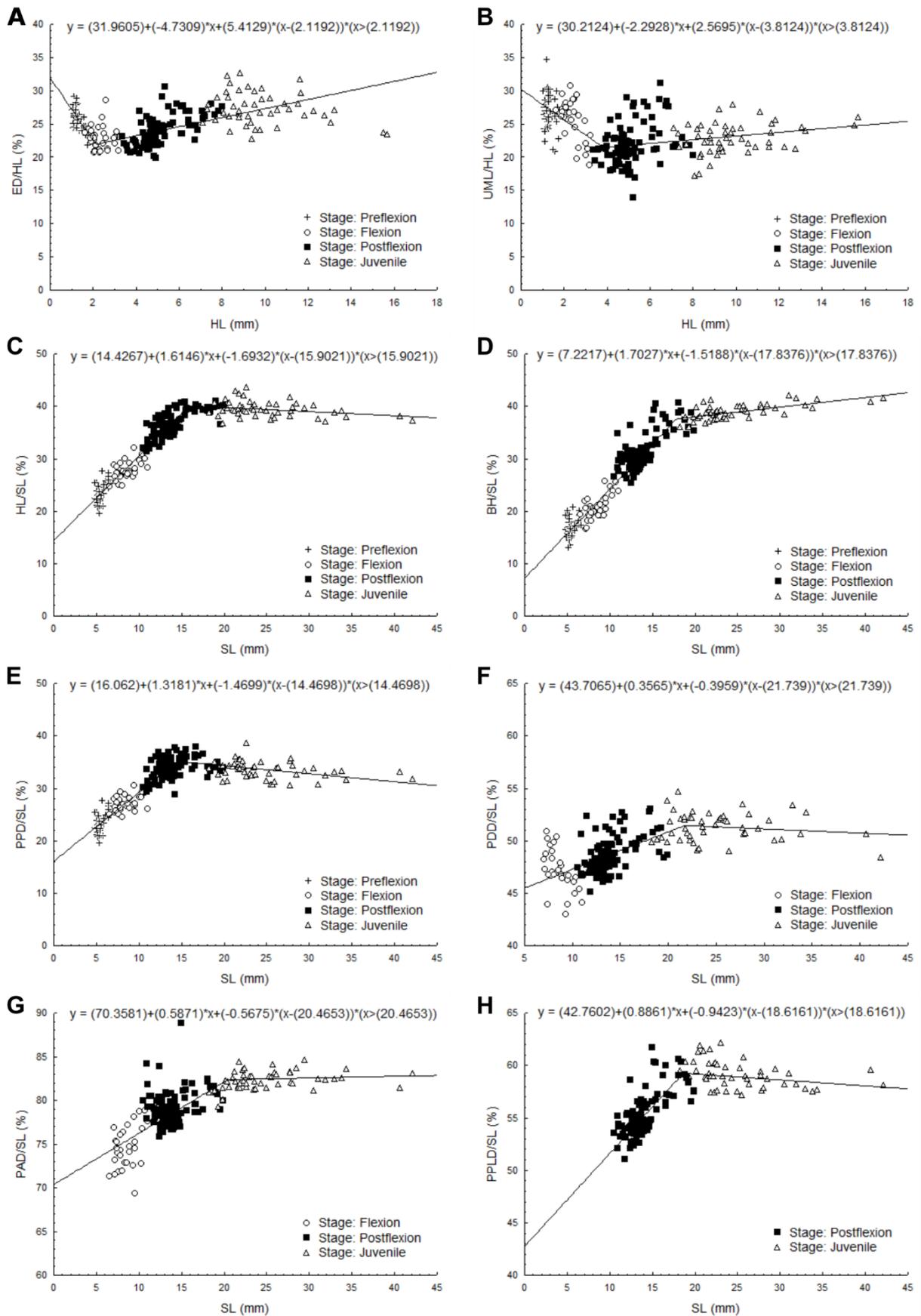


Figure 2 - Piecewise linear regression $Y = \beta_0 + \beta_1X + \beta_2(X - bp)(X > bp)$ of morphological proportions in the initial development of *Prochilodus argenteus*.

4.1.1 Normas da Revista Ciência Rural

Normas para publicação

1. CIÊNCIA RURAL - Revista Científica do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria publica artigos científicos, revisões bibliográficas e notas referentes à área de Ciências Agrárias, que deverão ser destinados com exclusividade.

2. Os artigos científicos, revisões e notas devem ser encaminhados via eletrônica e editados **preferencialmente em idioma Inglês**. Os encaminhados em Português poderão ser traduzidos após a 1º rodada de avaliação para que ainda sejam revisados pelos consultores ad hoc e editor associado em rodada subsequente. Entretanto, caso **não traduzidos** nesta etapa e se **aprovados** para publicação, terão que ser **obrigatoriamente traduzidos para o Inglês** por empresas credenciadas pela Ciência Rural e obrigatoriamente terão que apresentar o certificado de tradução pelas mesmas para seguir tramitação na CR. **As despesas de tradução serão por conta dos autores**. Todas as linhas deverão ser numeradas e paginadas no lado inferior direito. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 210 x 297mm com, no máximo, 25 linhas por página em espaço duplo, com margens superior, inferior, esquerda e direita em 2,5cm, fonte Times New Roman e tamanho 12. O máximo de páginas será **15 para artigo científico, 20 para revisão bibliográfica e 8 para nota, incluindo tabelas, gráficos e figuras**. Figuras, gráficos e tabelas devem ser disponibilizados ao final do texto e individualmente por página, sendo que não poderão ultrapassar as margens e **nem estar com apresentação paisagem**.

3. O artigo científico (Modelo .doc, .pdf) **deverá conter os seguintes tópicos**: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução com Revisão de Literatura; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusão e Referências; Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição; Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão**. Alternativamente pode ser enviado um dos modelos ao lado (Declaração Modelo Humano, Declaração Modelo Animal).

4. A revisão bibliográfica (Modelo .doc, .pdf) **deverá conter os seguintes tópicos**: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; e Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão**. Alternativamente pode ser enviado um dos modelos ao lado (Declaração Modelo Humano, Declaração Modelo Animal).

5. A nota (Modelo .doc, .pdf) **deverá conter os seguintes tópicos**: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Texto (sem subdivisão, porém com introdução; metodologia; resultados e discussão e conclusão; podendo conter tabelas ou figuras); Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de**

aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão. Alternativamente pode ser enviado um dos modelos ao lado (Declaração Modelo Humano, Declaração Modelo Animal).

6. O preenchimento do campo "**cover letter**" deve apresentar, obrigatoriamente, as seguintes informações em inglês, **exceto** para artigos **submetidos em português** (lembrando que preferencialmente os artigos devem ser submetidos em inglês).

- a) What is the major scientific accomplishment of your study?
- b) The question your research answers?
- c) Your major experimental results and overall findings?
- d) The most important conclusions that can be drawn from your research?
- e) Any other details that will encourage the editor to send your manuscript for review?

Para maiores informações acesse o seguinte tutorial.

7. Não serão fornecidas separatas. Os artigos encontram-se disponíveis no formato pdf no endereço eletrônico da revista www.scielo.br/cr.

8. Descrever o título em português e inglês (caso o artigo seja em português) - inglês e português (caso o artigo seja em inglês). Somente a primeira letra do título do artigo deve ser maiúscula exceto no caso de nomes próprios. Evitar abreviaturas e nomes científicos no título. O nome científico só deve ser empregado quando estritamente necessário. Esses devem aparecer nas palavras-chave, resumo e demais seções quando necessários.

9. As citações dos autores, no texto, deverão ser feitas com letras maiúsculas seguidas do ano de publicação, conforme exemplos: Esses resultados estão de acordo com os reportados por MILLER & KIPLINGER (1966) e LEE et al. (1996), como uma má formação congênita (MOULTON, 1978).

10. As Referências deverão ser efetuadas no estilo ABNT (NBR 6023/2000) conforme normas próprias da revista.

10.1. Citação de livro:
JENNINGS, P.B. **The practice of large animal surgery**. Philadelphia : Saunders, 1985. 2v.

TOKARNIA, C.H. et al. (Mais de dois autores) **Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros**. Manaus : INPA, 1979. 95p.

10.2. Capítulo de livro com autoria:
GORBAMAN, A. A comparative pathology of thyroid. In: HAZARD, J.B.; SMITH, D.E. **The thyroid**. Baltimore : Williams & Wilkins, 1964. Cap.2, p.32-48.

10.3. Capítulo de livro sem autoria:
COCHRAN, W.C. The estimation of sample size. In: _____. **Sampling techniques**. 3.ed. New York : John Willey, 1977. Cap.4, p.72-90.
TURNER, A.S.; McILWRAITH, C.W. Fluidoterapia. In: _____. **Técnicas cirúrgicas em animais de grande porte**. São Paulo : Roca, 1985. p.29-40.

10.4. Artigo completo:

O autor deverá acrescentar a url para o artigo referenciado e o número de identificação DOI (Digital ObjectIdentifiers), conforme exemplos abaixo:

MEWIS, I.; ULRICH, CH. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Triboliumconfusum*(Coleoptera: Tenebrionidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Plodiainterpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Product Research**, Amsterdam (Cidadeopcional), v.37, p.153-164, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)>. Acesso em: 20 nov. 2008. doi: 10.1016/S0022-474X(00)00016-3.

PINTO JUNIOR, A.R. et al (Mais de 2 autores). Response of *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestesferrugineus* (Stephens) and *Oryzaephilussurinamensis* (L.) to different concentrations of diatomaceous earth in bulk stored wheat. **Ciência Rural**, Santa Maria (Cidade opcional), v. 38, n. 8, p.2103-2108, nov. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000800002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 nov. 2008. doi: 10.1590/S0103-84782008000800002.

10.5. Resumos:

RIZZARDI, M.A.; MILGIORANÇA, M.E. Avaliação de cultivares do ensaio nacional de girassol, Passo Fundo, RS, 1991/92. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 1., 1992, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria : Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, 1992. V.1. 420p. p.236.

10.6. Tese, dissertação:

COSTA, J.M.B. **Estudo comparativo de algumas características digestivas entre bovinos (Charolês) e bubalinos (Jafarabad)**. 1986. 132f. Monografia/Dissertação/Tese (Especialização/ Mestrado/Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

10.7. Boletim:

ROGIK, F.A. **Indústria da lactose**. São Paulo : Departamento de Produção Animal, 1942. 20p. (Boletim Técnico, 20).

10.8. Informação verbal:

Identificada no próprio texto logo após a informação, através da expressão entre parênteses. Exemplo: ... são achados descritos por Vieira (1991 - Informe verbal). Ao final do texto, antes das Referências Bibliográficas, citar o endereço completo do autor (incluir E-mail), e/ou local, evento, data e tipo de apresentação na qual foi emitida a informação.

10.9. Documentos eletrônicos:

MATERA, J.M. **Afecções cirúrgicas da coluna vertebral: análise sobre as possibilidades do tratamento cirúrgico**. São Paulo : Departamento de Cirurgia, FMVZ-USP, 1997. 1 CD.

GRIFON, D.M. Artroscopicdiagnosisofelbow displasia. In: WORLD SMALL ANIMAL VETERINARY CONGRESS, 31., 2006, Prague, Czech Republic.**Proceedings...** Prague: WSAVA, 2006. p.630-636. Acessado em 12 fev. 2007. Online. Disponível em: <http://www.ivis.org/proceedings/wsava/2006/lecture22/Griffon1.pdf?LA=1>

UFRGS. **Transgênicos**. Zero Hora Digital, Porto Alegre, 23 mar. 2000. Especiais. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.zh.com.br/especial/index.htm>

ONGPHIPHADHANAKUL, B. Prevention of postmenopausal bone loss by low and conventional doses of calcitriol or conjugated equine estrogen. **Maturitas**, (Ireland), v.34, n.2, p.179-184, Feb 15, 2000. Obtido via base de dados MEDLINE. 1994-2000. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.Medscape.com/server-java/MedlineSearchForm>

MARCHIONATTI, A.; PIPPI, N.L. Análise comparativa entre duas técnicas de recuperação de úlcera de córnea não infectada em nível de estroma médio. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CIRURGIA VETERINÁRIA, 3., 1997, Corrientes, Argentina. **Anais...** Corrientes : Facultad de Ciencias Veterinarias - UNNE, 1997. Disquete. 1 disquete de 31/2. Para uso em PC.

11. Desenhos, gráficos e fotografias serão denominados figuras e terão o número de ordem em algarismos arábicos. A revista não usa a denominação quadro. As figuras devem ser disponibilizadas individualmente por página. Os desenhos figuras e gráficos (com largura de no máximo 16cm) devem ser feitos em editor gráfico sempre em qualidade máxima com pelo menos 300 dpi em extensão .tiff. As tabelas devem conter a palavra tabela, seguida do número de ordem em algarismo arábico e não devem exceder uma lauda.

12. Os conceitos e afirmações contidos nos artigos serão de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

14. Será obrigatório o cadastro de todos autores nos metadados de submissão. O artigo não tramitará enquanto o referido item não for atendido. Excepcionalmente, mediante consulta prévia para a Comissão Editorial outro expediente poderá ser utilizado.

15. Lista de verificação (Checklist .doc, .pdf).

16. Os artigos serão publicados em ordem de aprovação.

17. Os artigos não aprovados serão arquivados havendo, no entanto, o encaminhamento de uma justificativa pelo indeferimento.

18. Em caso de dúvida, consultar artigos de fascículos já publicados antes de dirigir-se à Comissão Editorial.

19. Todos os artigos encaminhados devem pagar a taxa de tramitação. Artigos reencaminhados (**com decisão de RejectandRessubmit**) deverão pagar a taxa de tramitação novamente. Artigos arquivados por **decorso de prazo** não terão a taxa de tramitação reembolsada.

20. Todos os artigos submetidos passarão por um processo de verificação de plágio usando o programa “Cross Check”.

4.2 Artigo científico II

Artigo científico a ser encaminhado à Revista Boletim do Instituto de Pesca.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

1 MUDANÇA NA DIETA DURANTE O DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Prochilodus*
2 *argenteus*

3
4 DIET SHIFT DURING EARLY DEVELOPMENT OF *Prochilodus argenteus*

5
6 Irã Menezes GUIMARÃES¹, Ana Helena Gomes da SILVA ¹, Gilson Joaquim SANTOS ² e
7 Tatiana dos Santos RIBEIRO ³, William SEVERI ⁴

8
9 ¹ Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Betume, CODEVASF, Rodovia
10 SE-120, km 10, 49980-000, Neópolis, SE, Brasil. E-mail: iruguimaraes@gmail.com

11 ² Colégio Estadual Professor Antonio Calixto de Figueiredo Cruz, Ilha das Flores, SE, Brasil.

12 ³ Unidade de Ensino de Penedo, Campus Arapiraca, Universidade Federal de Alagoas,
13 Penedo, AL, Brasil.

14 ⁴ Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife,
15 PE, Brasil.

16
17 **RESUMO**

18 *Prochilodus argenteus* é uma espécie endêmica da bacia do rio São Francisco, explorada pela
19 pesca artesanal e aquicultura familiar. Os objetivos desse estudo foram determinar a
20 composição da dieta e verificar a ocorrência de seletividade por presas durante o
21 desenvolvimento inicial de *P. argenteus*. Larvas com 2 dias pós-eclosão (DPE) foram
22 estocadas em viveiro e cultivadas apenas com alimento natural induzido por adubações.
23 Zooplâncton e larvas em pré-flexão (4 DPE), flexão (6 DPE) e pós-flexão (10 DPE) e na fase
24 juvenil (36 DPE), foram coletados no viveiro e analisados. O conteúdo estomacal foi
25 classificado em rotíferos, cladóceros, copépodos, náuplios, copepoditos, protozoários,
26 ostrácodas, ácaros aquáticos, larvas de Chironomidae, algas, sedimento e material vegetal.
27 Foi calculada a frequência de ocorrência, abundância relativa e a seletividade de cada item
28 presente no trato digestório. A dieta variou entre os estágios larvais e fase juvenil, no início
29 consumindo principalmente zooplâncton e, a partir de pós-flexão, prevalecendo algas e
30 material vegetal com abundância de sedimento. Houve diferença entre a abundância dos
31 itens nos estômagos e no ambiente em todos os estágios, ficando evidente que as larvas têm
32 preferência por cladóceros e os peixes jovens por rotíferos, dentre os grupos de zooplâncton
33 avaliados. Durante o desenvolvimento inicial de *P. argenteus*, há mudança de hábito

34 alimentar zooplanctófago para iliófago, verificando-se seletividade por determinados grupos
35 de presas.

36 **Palavras-chave:** seletividade; zooplanctófago; iliófago; larva; curimatã.

37

38

ABSTRACT

39 *Prochilodus argenteus* is an endemic species from the São Francisco river basin, exploited by
40 artisanal fishing and subsistence aquaculture. The aims of this study were to determine the
41 diet composition and verify the occurrence of selectivity during the initial development of *P.*
42 *argenteus*. Two days after hatching (DAH) larvae were stocked in ponds and cultured only
43 with fertilizer-induced natural feed. Zooplankton and larvae in preflexion (4 DAH), flexion
44 (6 DAH) and postflexion (10 DAH) and juvenile phase (36 DAH) were collected from the
45 pond and analyzed. Stomach contents were classified into rotifers, cladocerans, copepods,
46 nauplii, copepodites, protozoa, ostracods, aquatic mites, Chironomidae larvae, algae,
47 sediment and plant material. Frequency of occurrence, relative abundance and selectivity of
48 each item present in the digestive tract were calculated. The diet varied between the larval
49 stages and juvenile phase, initially consuming mainly zooplankton and, from postflexion
50 onwards, prevailing algae and plant material with abundant sediment. There was a
51 difference between the abundance of the items in the stomachs and environment at all stages,
52 thus evidencing that larvae have preference for cladocerans and young fishes for rotifers,
53 among the zooplankton groups analyzed. During the initial development of *P. argenteus*,
54 there is a change in feeding habits from zooplanktophagous to iliophagous, showing a
55 selectivity for certain prey groups.

56 **Keywords:** selectivity; zooplanktophagous; iliophagous; larvae; curimatã.

57

INTRODUÇÃO

59

60 O gênero *Prochilodus* tem uma grande importância ecológica e econômica no Brasil, é
61 um dos grupos mais abundantes nas bacias hidrográficas do país e o mais capturado pela
62 pesca interior (MPA, 2011). O curimatã-pacu, *Prochilodus argenteus*, é uma espécie endêmica
63 da bacia do rio São Francisco explorada pela pesca artesanal e aquicultura familiar (SOARES
64 et al., 2011; RIBEIRO-NETO et al., 2016).

65 Espécies do gênero *Prochilodus* possuem hábito alimentar iliófago (LOPES et al., 2009;
66 REBELO et al., 2010). Entretanto, a mudança na composição da dieta de peixes ao longo do
67 desenvolvimento ontogênico é verificada em várias espécies, a qual está associada ao

68 desenvolvimento das estruturas de natação, alimentação e visão, mudanças e expansão das
69 áreas de alimentação (ROSSI, 2001; SILVA et al., 2010). Estudos com *P. brevis* e *P. lineatus*
70 adultos, demonstraram uma quantidade significativa de sedimento no conteúdo estomacal
71 associado com a ingestão de microalgas (MORAES et al., 1997; SILVA et al., 2010), enquanto
72 que as larvas de *P. lineatus* possuem uma dieta com a participação de rotíferos, cladóceros e
73 copépodos planctônicos (MARQUES et al., 2007; PAOLUCCI et al., 2009).

74 A variação na dieta também está relacionada à seleção por determinado grupo de
75 alimento pelos peixes, cujos principais fatores de influência são o tamanho, contraste,
76 abundância e capacidade de escape das presas (MAKRAKIS et al., 2008; NUNN et al., 2012).
77 O conhecimento dessas informações do *P. argenteus* nas fases iniciais de vida é essencial para
78 melhorar o manejo alimentar nos sistemas aquícolas, com resultados diretos no crescimento
79 e sobrevivência dos animais.

80 Os objetivos desse estudo foram determinar a composição da dieta e verificar a
81 ocorrência de seletividade por presas durante o desenvolvimento inicial de *P. argenteus*, entre
82 os estágios larvais e fase juvenil.

83

84 MATERIAL E MÉTODOS

85

86 A preparação do viveiro (0,2 ha) para o experimento consistiu na adição de cal
87 hidratada (600 kg/ha) no solo para controle de predadores e competidores, e após 2 dias foi
88 iniciado o enchimento com água filtrada em tela de 300 µm e adicionados os fertilizantes
89 uréia (65 kg/ha) e superfosfato triplo (30 kg/ha), numa relação de N:P de 5:1, para estimular
90 a produção de alimento natural. Mais duas adubações foram realizadas no 7º e 14º dia, com
91 50% da quantidade inicial, para manter a população de zooplâncton acima de 2000
92 indivíduos/litro, monitorada através de contagem em câmara de Sedgewick Rafter. O
93 viveiro foi povoado após 3 dias desde a adubação, com larvas de *Prochilodus argenteus* com
94 dois dias pós-eclosão (DPE), já apresentando boca aberta, em uma densidade de 40
95 larvas/m² e cultivadas durante 44 dias sem fornecimento de alimento exógeno.

96 Para avaliar as diferenças na composição da dieta e seletividade por presas entre os
97 estágios de pré-flexão, flexão e pós-flexão e fase juvenil, de acordo com a classificação de
98 KENDALL et al. (1984), foram coletados 10 indivíduos em cada estágio de desenvolvimento
99 no 4º, 6º, 10º e 36º DPE, totalizando 40 peixes analisados. No mesmo momento, foram
100 coletadas amostras de zooplâncton em três pontos ao longo dos viveiros com uma garrafa de
101 Van Dorn (5 L), filtradas em uma tela de 58 µm e fixadas em formol tamponado (4%). O

102 material foi quantificado e classificado em grandes grupos (rotíferos, cladóceros, copépodos,
103 copepoditos, náuplios, ostrácodas, larvas de Chironomidae e protozoários), considerando
104 todos os organismos presentes nas amostras.

105 Os peixes coletados foram anestesiados com óleo de cravo (250 mg.L⁻¹) e fixados em
106 formol a 4% tamponado, pesados (0,0001 g de precisão), mensurados o comprimento padrão
107 (CP) e o comprimento da maxila superior (CMS), com precisão de 0,001 mm e,
108 posteriormente, os estômagos e intestinos foram removidos e abertos para análise da
109 composição da dieta. O conteúdo foi classificado nos mesmos grupos que o zooplâncton, e
110 cada item foi fotografado com câmera digital de 5 megapixels acoplada ao microscópio e
111 mensurado com o programa ImageJ versão 1.50i. A porcentagem de sedimento, alga e
112 material vegetal particulado presente no trato digestivo foi calculada a partir da razão entre
113 o número de quadrantes de uma câmara de Sedgewick-Rafter com presença desses itens e o
114 total de quadrantes multiplicado por 100, sendo classificados em ausente (0 a 5%), pouco (6 a
115 20%), comum (21 a 60%), muito (61 a 80%) e abundante (81 a 100%), segundo metodologia
116 adaptada de JONES (1968) e ARANHA (1993). Nos estágios de pré-flexão e flexão, foi
117 analisado todo o conteúdo do trato digestivo por não apresentar separação entre estômago e
118 intestino. No estágio de pós-flexão e na fase juvenil, foi analisado somente o conteúdo do
119 estômago.

120 A abertura da boca (D) foi calculada a partir do comprimento da maxila superior
121 (CMS), de acordo com a fórmula proposta por SHIROTA (1970) baseada no Teorema de
122 Pitágoras, $D = CMS\sqrt{2}$, e considerado o valor teórico da largura máxima da presa
123 equivalente a 50% de D (SHIROTA, 1978).

124 Para avaliar a mudança na composição da dieta, foram calculadas a frequência de
125 ocorrência e a abundância relativa de cada item. A seletividade por grupo de presas foi
126 verificada utilizando-se o índice de Pearre (PEARRE, 1982), que varia de +1 a -1, cujos
127 valores positivos indicam seleção pelo item e valores negativos indicam rejeição. O sinal do
128 índice (+ ou -) é obtido observando o resultado da diferença $a_d b_e - a_e b_d$.

129
$$C = \pm \left[\frac{(|a_d b_e - a_e b_d| - n/2)^2}{a b d e} \right]^{1/2} \quad \text{Onde,}$$

130 a_d e a_e são as quantidades do item a na dieta e no ambiente, respectivamente; b_d e b_e são a soma
131 das quantidades das demais presas na dieta e no ambiente, respectivamente; a é a soma de a_d
132 e a_e ; b é a soma de b_d e b_e ; n é a soma de a e b ; d é a soma de a_d e b_d ; e é a soma de a_e e b_e .

133 Os dados morfométricos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias de
134 cada estágio larval e fase juvenil comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), para verificar as

135 diferenças morfológicas entre os estágios. Foi analisada a relação entre as variáveis abertura
 136 da boca (D) e tamanho dos itens ingeridos através do coeficiente de correlação linear (r) de
 137 Pearson e verificada a significância pelo teste t de Student ($p < 0,05$). As diferenças na
 138 composição da dieta entre os estágios de desenvolvimento e a significância da seletividade
 139 por cada grupo de presas em relação ao zooplâncton foram testadas estatisticamente através
 140 do teste de X^2 ($p < 0,05$). Foi realizada uma análise de similaridade de Bray-Curtis para avaliar
 141 a distância entre a dieta de cada estágio. As análises estatísticas foram realizadas nos
 142 programas Statistica 7 e Primer 6.0.

143

144 RESULTADOS

145

146 O comprimento da maxila superior (CMS) e da abertura da boca (D) diferiram
 147 estatisticamente entre os estágios de desenvolvimento (Tabela 1).

148

149 Tabela 1 - Medidas morfométricas (média \pm desvio padrão) nos estágios larvais e fase juvenil
 150 de *Prochilodus argenteus* (n, número de indivíduos analisados; CP, comprimento padrão;
 151 CMS, comprimento da maxila superior; D, abertura da boca).

Estágio/Fase	n	Peso (mg)	CP (mm)	CMS (mm)*	D (mm)*
Pré-flexão	10	1,56 \pm 0,09	5,85 \pm 0,61	0,36 \pm 0,07 ^a	0,25 \pm 0,05 ^a
Flexão	10	6,21 \pm 0,86	8,27 \pm 0,59	0,64 \pm 0,07 ^b	0,46 \pm 0,05 ^b
Pós-flexão	10	53,20 \pm 9,73	13,25 \pm 1,12	1,02 \pm 0,07 ^c	0,72 \pm 0,05 ^c
Juvenil	10	1.265,80 \pm 489,09	28,07 \pm 4,57	2,58 \pm 0,37 ^d	1,82 \pm 0,09 ^d

152 * Letras diferentes representam diferença estatística entre as médias pelo teste de Tukey
 153 ($p < 0,05$).

154

155 Rotíferos, cladóceros, protozoários e ácaros aquáticos ocorreram na dieta de *P.*
 156 *argenteus* durante todo o período de desenvolvimento avaliado. Copépodos só apareceram a
 157 partir do último estágio larval, já náuplios e copepoditos não foram registrados em nenhum
 158 momento. Ostrácodos e larvas de Chironomidae fizeram parte apenas da dieta dos peixes
 159 jovens. Houve uma mudança em relação à presença de sedimento, algas e material vegetal
 160 particulado no trato digestivo dos peixes analisados, cujos itens passaram de raros para
 161 abundantes ao longo do desenvolvimento (Tabela 2).

162

163

164

165 Tabela 2- Composição da dieta de larvas e jovens de *Prochilodus argenteus* cultivados em
 166 viveiro (FOe%, Frequência de Ocorrência no estômago/intestino; ARe%, Abundância
 167 Relativa no estômago/intestino; ARa%, Abundância Relativa no ambiente).

Estágio/Fas e Item	Pré-flexão			Flexão			Pós-flexão			Juvenil		
	FOe %	ARe %	ARa %	FOe %	ARe %	ARa %	FOe %	ARe %	ARa %	FOe %	ARe %	ARa %
Rotífero	100	65,3	96,5	100	14,0	69,7	80	35,2	8,0	100	49,8	0,7
Náuplio	0	-	2,5	0	-	12,7	0	-	80,1	0	-	15,3
Cladóceros	50	32,8	0,6	100	86,0	13,6	20	20,0	0,4	100	2,2	2,2
Copépodo	0	-	0,0	0	-	0,7	40	8,3	1,1	80	1,5	14,9
Copepodito	0	-	0,0	0	-	2,5	0	-	7,2	0	-	5,3
Protozoário	10	1,3	0,2	0	-	0,5	80	33,1	2,9	100	41,4	60,8
Ostrácode	0	-	0,0	0	-	0,0	0	-	-	100	3,1	0,7
Chironomidae (larva)	0	-	0,1	0	-	0,4	0	-	0,4	100	1,7	0,2
Ácaro aquático	10	0,7	0,1	0	-	0,0	20	3,3	-	50	0,3	14,9
Sedimento	Raro			Raro			Comum			Abundante		
Algas	Raro			Raro			Abundante			Abundante		
Material vegetal	Raro			Raro			Raro			Abundante		

168

169 O número médio de organismos do zooplâncton ingerido nos estágios de pré-flexão,
 170 flexão, pós-flexão e fase juvenil foi de 12, 25, 3 e 106 indivíduos/peixe, respectivamente. Os
 171 menores e maiores itens presentes na dieta de *P. argenteus* foram rotíferos e larvas de
 172 Chironomidae, respectivamente (Tabela 3). Há uma correlação linear negativa ($r=-0,33$,
 173 $n=591$, $p<0,05$) entre o tamanho das presas capturadas e a abertura da boca (D), demonstrando
 174 que aumenta a participação de itens menores ao longo do desenvolvimento, embora os
 175 indivíduos na fase juvenil apresentem a capacidade de ingerir presas maiores (Figura 1). A
 176 frequência de itens maiores que 200 μm no estômago dos peixes foi mais alta nos dois
 177 primeiros estágios larvais, entretanto, a partir de larvas em pós-flexão houve uma maior
 178 frequência de consumo de itens com menos de 200 μm (rotíferos e protozoários) (Figura 2).

179

180

181

182

183

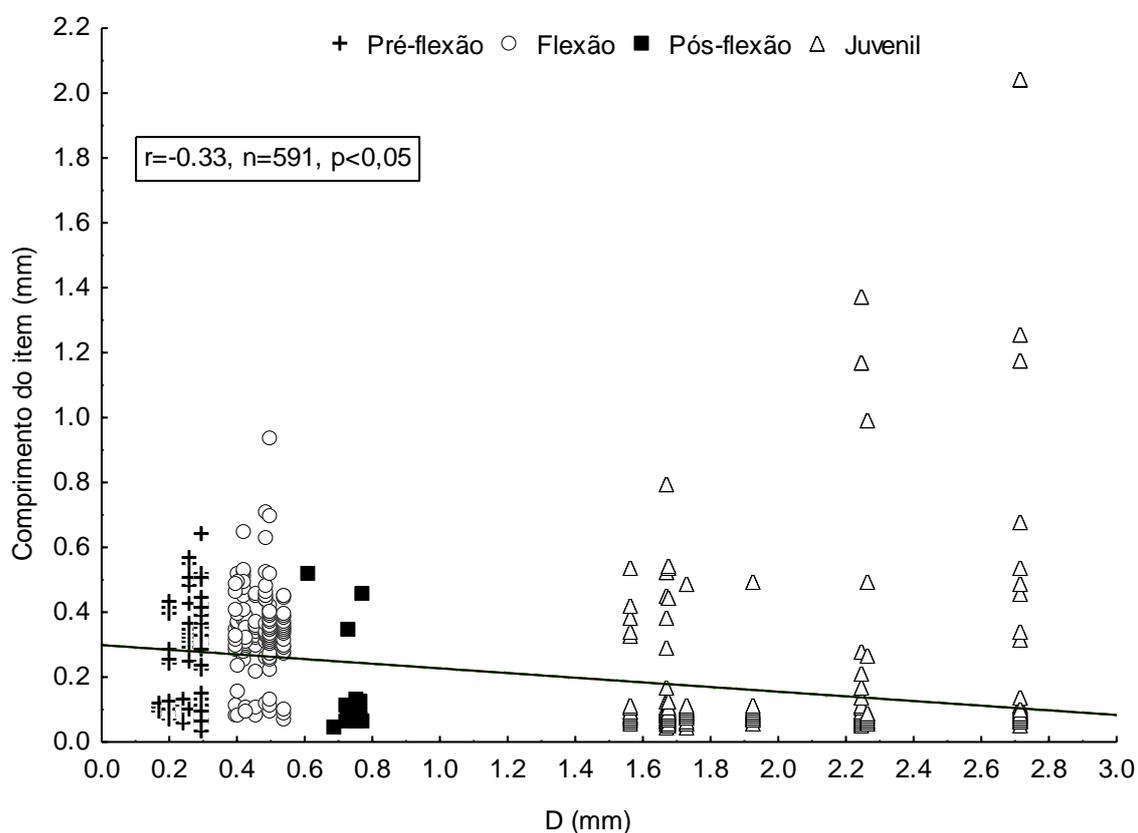
184

185 Tabela 3 – Comprimento dos itens presentes no conteúdo estomacal de *Prochilodus argenteus*
 186 durante o desenvolvimento inicial em viveiro (DP, desvio padrão).

Item	Comprimento (µm)	
	Média±DP	Amplitude
Rotífero	87±29	29-359
Cladóceros	378±97	217-935
Copépodo	838±368	344-1252
Protozoário	103±24	53-448
Ostrácoda	514±71	488-538
Chironomidae (larva)	1233±642	523-2042
Ácaro aquático	387±169	267-506

187

188



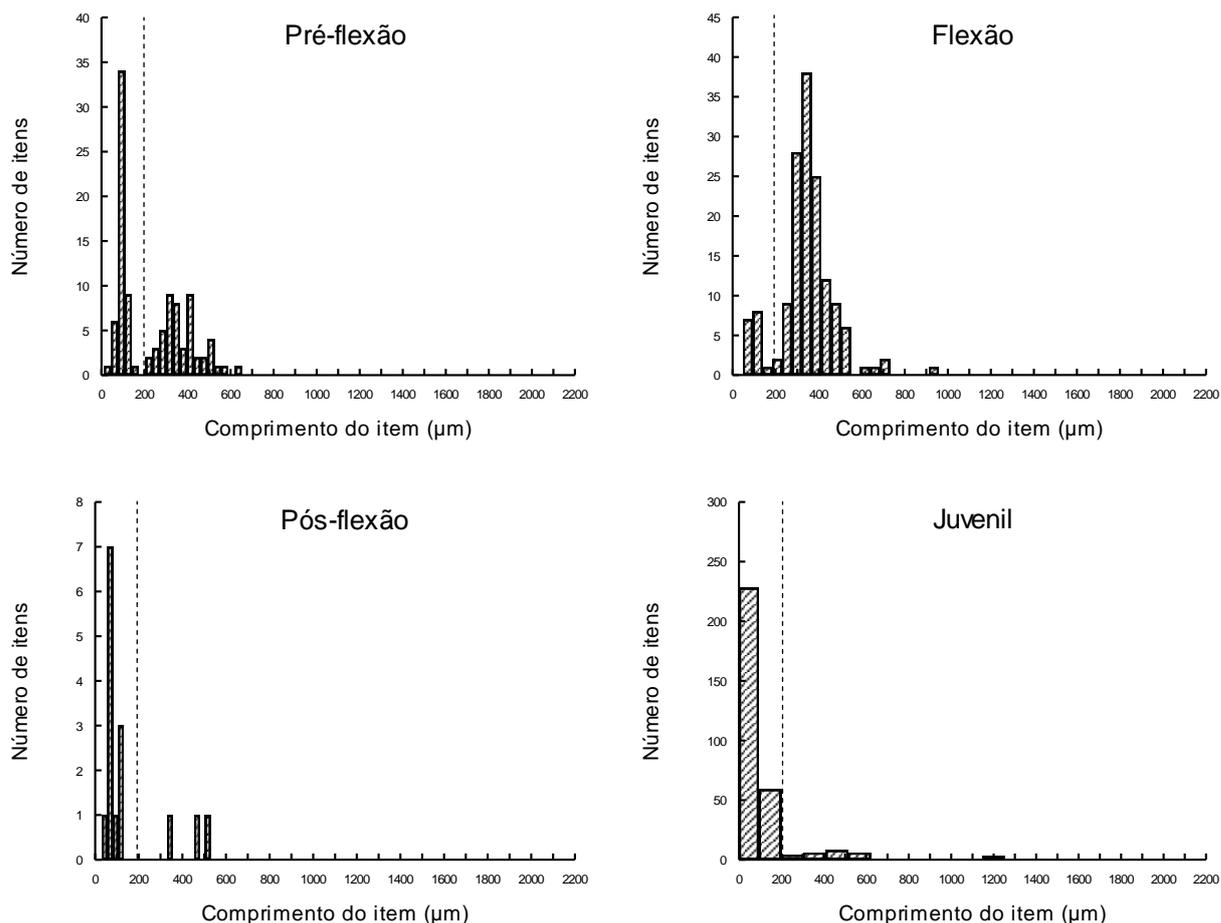
189

190 Figura 1 – Relação entre o comprimento do item alimentar e a abertura da boca ao longo do
 191 desenvolvimento inicial de *Prochilodus argenteus*.

192

193

194



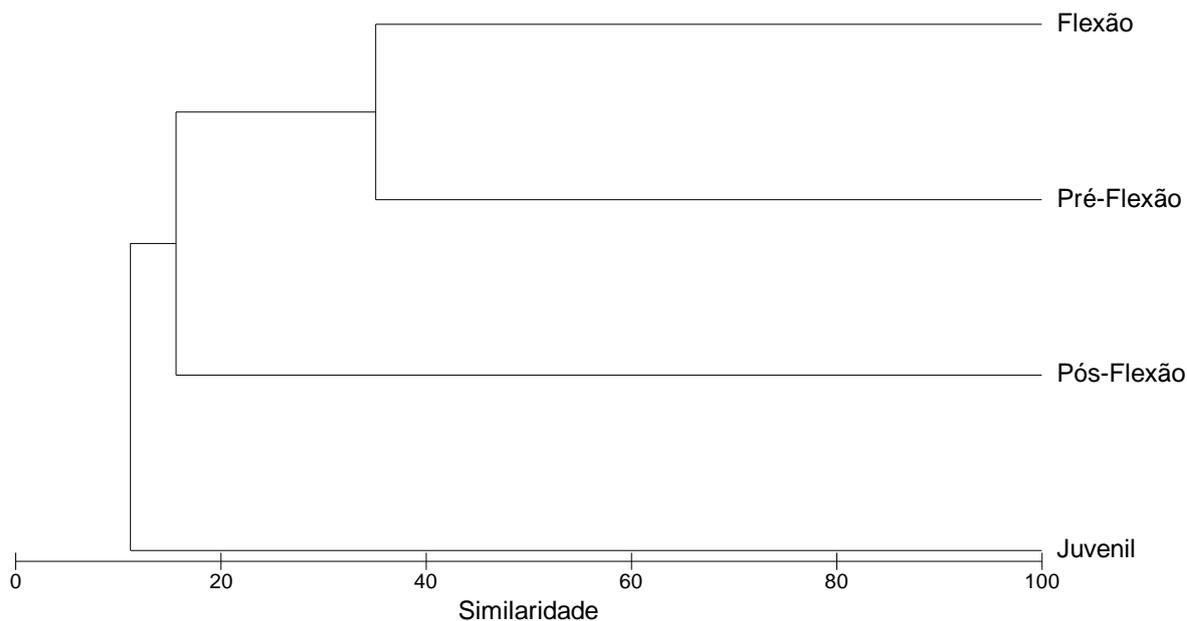
195

196 Figura 2 - Quantidade de zooplâncton distribuído em classes de comprimento ingerido por
197 *Prochilodus argenteus* durante o desenvolvimento inicial em viveiro (linha tracejada divide os
198 itens menores e maiores que 200 µm).

199

200 Os itens na dieta das larvas em todos os estágios de desenvolvimento apresentaram
201 diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as proporções encontradas no estômago e no
202 ambiente, indicando seletividade por determinados grupos de presas. Além disso, as
203 proporções das presas na dieta também foram diferentes entre os estágios avaliados ($p < 0,05$).
204 Mesmo nesse cenário, o índice de similaridade de Bray-Curtis demonstrou uma maior
205 diferenciação da dieta entre os estágios larvais e a fase juvenil, ao mesmo tempo que larvas
206 em pré-flexão e flexão possuem as dietas mais similares (Figura 3).

207



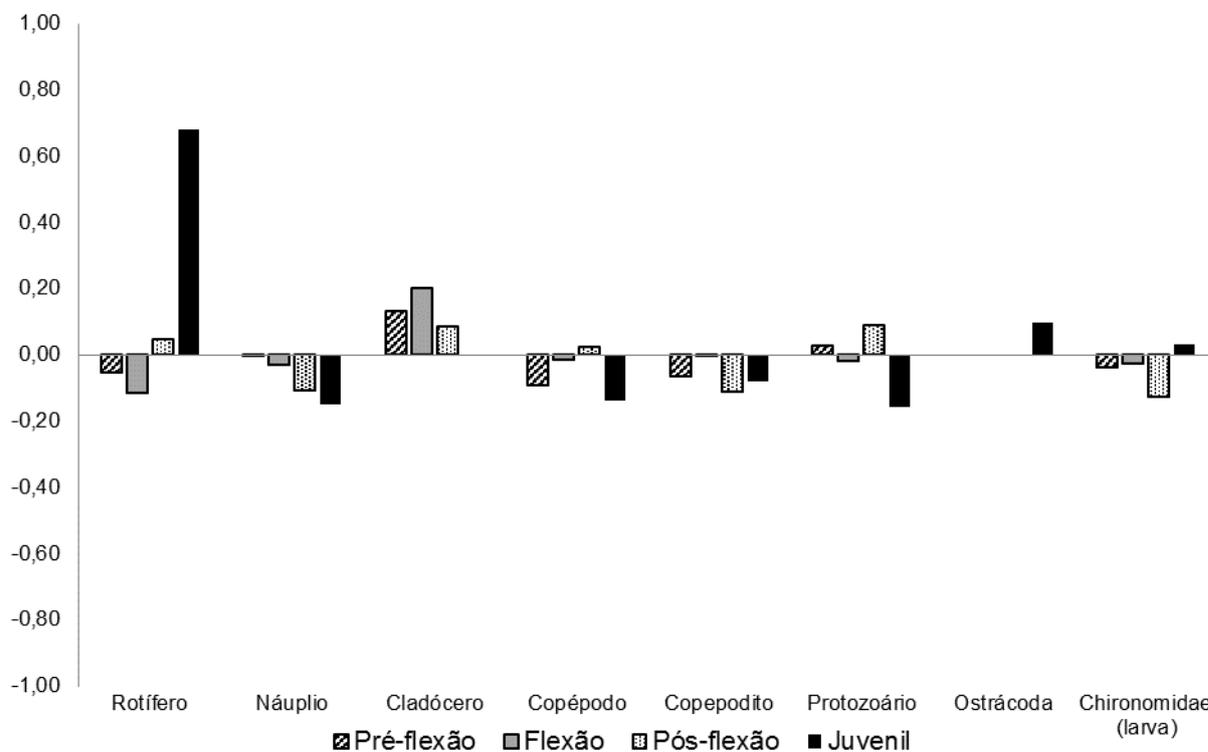
208

209 Figura 3 - Similaridade de Bray-Curtis das dietas nos estágios de desenvolvimento inicial de
210 *Prochilodus argenteus* em viveiros.

211

212 Os resultados de seletividade demonstraram que há uma mudança entre os grupos de
213 zooplâncton consumidos ao longo do desenvolvimento inicial (Figura 4). Há uma
214 preferência por cladóceros nos estágios larvais, enquanto que na fase juvenil foi evidente a
215 preferência por rotíferos. Diferentemente dos estágios larvais, os peixes jovens também
216 demonstraram preferência por ostrácodas e larvas de Chironomidae.

217



218

219 Figura 4 - Seletividade por grupo de zooplâncton em *Prochilodus argenteus* durante o
 220 desenvolvimento inicial em viveiro.

221

222 DISCUSSÃO

223

224 Os indivíduos de *P. argenteus* utilizados neste estudo apresentaram alimento exógeno
 225 no trato digestório desde o primeiro estágio larval avaliado (pré-flexão com 4 DPE).
 226 SANTOS et al. (2016) verificaram que larvas dessa espécie com 3 DPE já apresentam
 227 atividade digestiva, com células secretoras ácidas no esôfago e células de absorção no tubo
 228 digestivo, entretanto sem diferenciação entre estômago e intestino.

229 O desenvolvimento ontogênico em peixes é um dos principais fatores que
 230 influenciam a mudança na dieta entre larvas, jovens e adultos (GERKING, 1994; SPECZIÁR e
 231 ERÓS, 2014; SANTIM et al., 2015), estando associada à formação de estruturas corporais para
 232 alimentação e natação (ABELHA et al., 2001; MACHADO-EVANGELISTA et al., 2015).
 233 Adultos de *P. argenteus* possuem hábito alimentar iliófago, com prevalência de algas, detritos
 234 e sedimento no estômago (LOPES et al., 2009; REBELO et al., 2010), diferente do que ocorreu
 235 nos estágios larvais, principalmente em pré-flexão e flexão, onde se constatou um hábito
 236 zooplanctófago. Já os peixes jovens analisados, apresentaram dieta semelhante à relatada
 237 para os adultos da espécie, o que pode ser explicado por possuírem todas as estruturas
 238 corporais desenvolvidas, possibilitando a exploração das mesmas áreas e alimentos.

239 A mudança de um hábito alimentar zooplancetófago para iliófago durante o
240 desenvolvimento inicial em *P. argenteus* pode estar relacionada ao desenvolvimento
241 morfológico das estruturas de alimentação. Em seu congênere *P. lineatus*, as larvas em pré-
242 flexão até pós-flexão, com 14 mm de comprimento total (CT), consomem principalmente
243 cladóceros e apresentam dentes cônicos que auxiliam a captura das presas. Posteriormente, a
244 partir do final do estágio de pós-flexão (CT = 19 mm), se desenvolvem outros tipos de dentes
245 distribuídos em fileiras sobre os lábios e sem inserção óssea, ao mesmo tempo em que
246 aumenta a predominância de algas, rotíferos e detritos na alimentação (ROSSI, 1992). Essa
247 modificação, que ocorre simultaneamente na dieta e na dentição, evidencia a relação entre
248 ambas. O desenvolvimento dos dentes em *P. argenteus* não foi avaliado nesse estudo,
249 contudo provavelmente acontece de forma semelhante à do *P. lineatus* devido à proximidade
250 evolutiva das espécies do gênero e sobreposição de parâmetros morfológicos e merísticos
251 (CASTRO e VARI, 2004), uma vez que ocorre uma mudança na dieta nos mesmos estágios
252 larvais em ambas as espécies.

253 O tamanho de abertura da boca está diretamente ligado ao tamanho máximo das
254 presas capturadas (LUKOSCHEK e McCORMICK, 2001; ARAÚJO et al., 2011), sendo um dos
255 fatores que possivelmente impediram a captura de copépodos pelas larvas em pré-flexão e
256 flexão, e de ostrácodas e larvas de Chironomidae em todos os estágios larvais. Entretanto, a
257 correlação negativa entre o tamanho dos itens ingeridos e a abertura da boca, mostra que
258 esta característica não determinou o tamanho das presas capturadas pelos peixes jovens, uma
259 vez que se alimentaram principalmente de itens pequenos. Esse comportamento,
260 considerando a teoria do forrageamento ótimo (MacARTHUR e PIANKA, 1966), pode estar
261 associado à estratégia alimentar do *P. argenteus* como maximizador de números, ingerindo
262 itens pequenos em grande quantidade para suprir sua necessidade de energia, com um
263 menor custo energético na procura e captura das presas. Outro fator que pode ter
264 influenciado a não captura de náuplios, copepoditos e copépodos pelas larvas é a velocidade
265 de deslocamento e capacidade de manobra dos peixes (BURNETTE e GIBB, 2013), já que o
266 desenvolvimento das nadadeiras pares e ímpares em *P. argenteus* termina no final do estágio
267 de pós-flexão (GUIMARÃES et al., 2017).

268 A mudança de habitat de alimentação é comum entre larvas e jovens de peixes,
269 devido às diferenças nas características morfológicas, capacidade de locomoção, velocidade
270 de deslocamento e acuidade visual, por exemplo, que influenciam a diversidade de presas e
271 exploração de novos habitats (MAKRAKIS et al., 2005; NUNN et al., 2012). Os resultados
272 indicam uma mudança da área de alimentação entre o início e o final do estágio larval de *P.*

273 *argenteus*, mais evidente na fase juvenil. A ausência de sedimento, algas e material vegetal
274 particulado nos estágios iniciais e predominância desses itens no conteúdo estomacal de
275 larvas em pós-flexão e na fase juvenil demonstram uma migração na busca de alimento na
276 coluna d'água para a região do fundo dos viveiros. Corroboram com este comportamento, a
277 diminuição do consumo de cladóceros e aumento na frequência de ingestão de itens menores
278 (rotíferos e protozoários).

279

280 CONCLUSÃO

281

282 Durante o desenvolvimento inicial de *Prochilodus argenteus* há uma mudança na
283 composição da dieta e no hábito alimentar, passando de zooplancófago para iliófago entre
284 os estágios de pós-flexão e juvenil. A seletividade pelos grupos de zooplâncton também varia
285 ao longo desse período, ficando evidente a preferência das larvas por cladóceros.

286

287 AGRADECIMENTOS

288

289 Agradecemos aos engenheiros de pesca do Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e
290 Aquicultura de Itiúba/Codevasf, Vinícius Dias, Kley Lustosa, Sérgio Marinho e Alexandre
291 Delgado, pelo apoio na reprodução do *P. argenteus* e disponibilização das larvas para os
292 experimentos.

293

294 REFERÊNCIAS

295

296 ABELHA, M.C.F. et al. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum**
297 **Biological Sciences**, v. 23, p. 425-434, 2008. doi: 10.4025/actasciobiolsci.v23i0.2696.

298 ARANHA, J.M. 1993. Método para análise quantitativa de algas e outros itens microscópicos
299 de alimentação de peixes. *Acta Biológica Paranaense*, 22: 71-76.

300 ARAÚJO, I. M. S.; SILVA-FALCÃO, E. C.; SEVERI, W. Buccal apparatus and gastrointestinal
301 tract dimensions associated to the diet of early life stages of *Centropomusundecimalis*
302 (Centropomidae, Actinopterygii). **Iheringia, Série Zoologia**, v. 101, n. 1-2, p. 85-92, 2011.

303 BURNETTE, M. F.; GIBB, A. C. Do changes in morphology and prey-capture movements
304 facilitate a dietary transition in Juvenile Colorado pikeminnow, *Ptychocheilus*
305 *lucius*?. **Evolutionary Biology**, v. 40, n. 2, p. 261-275, 2013.

- 306 CASTRO, R.; VARI, R.P. Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae
307 (Teleostei: Ostariophysii: Characiformes): a phylogenetic and revisionary study. **Smithsonian**
308 **Contributions to Zoology**, v. 622, p. 1-189, 2004. Available from:
309 <http://www.sil.si.edu/smithsoniancontributions/zoology/pdf_hi/SCTZ-0622.pdf>.
310 Accessed: nov 10, 2015.
- 311 GERKING, S. D. **Feeding ecology of fish**. San Diego: Academic Press, 1994. 416 p.
- 312 GUIMARÃES, I. M.; DIAS-FILHO, V. A.; SILVA, A. H. G.; SANTOS, R. S.; SEVERI, W.
313 Morphological development of larvae and juveniles of *Prochilodus argenteus*. **Ciência Rural**,
314 2017. No prelo.
- 315 KENDALL, A. W. JR. et al. Early life history stages of fishes and their characters. In: MOSER,
316 H. G.; RICHARDS, W. J.; COHEN, D. M.; FAHAY, M. P.; KENDALL, A. W. Jr.;
317 RICHARDSON, S. L. Ontogeny and systematics of fishes. Lawrence: American Society of
318 Ichthyologists and Herpetologists, 1984. p. 11-22.
- 319 JONES, R.S. 1968. A suggested method for quantifying gut contents in herbivorous
320 fishes. *Micronesica*, 4(2), 369-371.
- 321 LOPES, C.A; BENEDITO, E.; MARTINELLI, L. A. Trophic position of bottom-feeding fish in
322 the Upper Paraná River floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 573-581, 2009.
- 323 LUKOSCHEK, V.; McCORMICK, M. I. Ontogeny of diet changes in a tropical benthic
324 carnivorous fish, *Parupeneus barberinus* (Mullidae): relationship between foraging behavior,
325 habitat use, jaw size, and prey selection. **Marine Biology**, v. 138, p. 1099-1113, 2001. DOI
326 10.1007/s002270000530.
- 327 MacARTHUR, R.H. e PIANKA, E.R. (1966) On Optimal Use of a Patchy Environment. *The*
328 *American Naturalist*, 100(916): 603-609.
- 329 MACHADO-EVANGELISTA, M. et al. Diet and ecomorphology of *Leporinus reticulatus*
330 (Characiformes: Anostomidae) from the upper Rio Juruena, MT, Brazil: ontogenetic shifts
331 related to the feeding ecology. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 4, p. 383-392, 2015. doi:
332 10.1590/1809-4392201500551.
- 333 MAKRAKIS, M. C. et al. Ontogenetic shifts in digestive tract morphology and diet of fish
334 larvae of the Itaipu Reservoir, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 72, n. 1, p. 99-107,
335 2005.
- 336 MAKRAKIS, M. C. et al. Relationship between gape size and feeding selectivity of fish larvae
337 from a Neotropical reservoir. **Journal of Fish Biology**, v. 72, n. 7, p. 1690-1707, 2008.
- 338 MARQUES, N. R.; HAYASHI, C.; GALDIOLI, E. M.; FERNANDES, C. E. B. Seletividade
339 alimentar de organismos-alimento por formas jovens de pacu *Piaractus mesopotamicus*

- 340 (Holmberg, 1887) e curimba *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836). **Acta Scientiarum**
341 **Biological Sciences**, v. 29, n. 2, p. 167-176, 2007.
- 342 MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011**. Brasília: Ministério da Pesca e
343 Aquicultura, 2013. 60 p.
- 344 MORAES, M. F. P. G. DE; BARBOLA, I. F.; GUEDES, É. A. C. Alimentação e relações
345 morfológicas com o aparelho digestivo do “curimbatá”, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes)
346 (Osteichthyes, Prochilodontidae), de uma lagoa do sul do Brasil. **Revista Brasileira de**
347 **Zoologia**, v. 14, n. 1, p. 169-180, 1997.
- 348 NUNN, A. D.; TEWSON, L. H.; COWX, I. G. The foraging ecology of larval and juvenile
349 fishes. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 22, n. 2, p. 377-408, 2012.
- 350 PAOLUCCI, E. M.; CATALDO, D. H.; BOLTOVSKOY, D. Prey selection by larvae of
351 *Prochilodus lineatus* (Pisces: Curimatidae): indigenous zooplankton versus veligers of the
352 introduced bivalve *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mitilidae). **Aquatic Ecology**, v. 44, n. 1, p.
353 255-267, 2009.
- 354 PEARRE JR, S. Estimating prey preference by predators: uses of various indices, and a
355 proposal of another based on χ^2 . **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 39,
356 n. 6, p. 914-923, 1982.
- 357 REBELO, S. R. M.; FREITAS, C. E. D. C.; SOARES, M. G. M. Fish diet from Manacapuru Big
358 Lake complex (Amazon): an approach starting from the traditional knowledge. **Biota**
359 **Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 39-44, 2010.
- 360 RIBEIRO-NETO, T. F. et al. Piscicultura familiar extensiva no baixo São Francisco, estado de
361 Sergipe, Brasil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 4, n. 1, p. 62-69, 2016. doi:
362 10.2312/ActaFish.2016.4.1.62-69.
- 363 ROSSI, L. M. Evolución morfológica del aparato digestivo de postlarvas y prejuveniles de
364 *Prochilodus lineatus* (Val., 1847) (Pisces, Curimatidae) y su relación con la dieta. **Revista de**
365 **Hidrobiología Tropical**, v. 25, n. 2, p. 159-167, 1992.
- 366 ROSSI, L.M. Ontogenetic diet shifts in a neotropical catfish, *Sorubim lima* (Schneider) from
367 the River Paraná System. **Fisheries Management and Ecology**, v. 8, p. 141-152, 2001.
- 368 SANTIM, Miriam et al. Mudanças ontogênicas no trato digestório e na dieta de
369 *Trachelyopterus galeatus*. **Bol. Inst. Pesca, São Paulo**, v. 41, n. 1, p. 57-68, 2015.
- 370 SANTOS, E. S. et al. Development of the digestive system in larvae of the Neotropical fish
371 *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae). **Acta Scientiarum. Animal**
372 **Sciences**, v. 38, n. 1, p. 9-16, 2016.

- 373 SHIROTA, A. Studies on the mouth size of fish larvae. **Bulletin of the Japanese Society of**
374 **Scientific Fisheries**, v. 36, n. 4, p. 353-367, 1970.
- 375 SHIROTA, A. Studies on the mouth size of fish larvae, II: Specific characteristics of the upper
376 jaw length. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v 44, p. 1171-1177, 1978.
- 377 SILVA, M. J. da; FIGUEIREDO, B. R. S.; RAMOS, R. T. C.; MEDEIROS, E. S. F. Food resources
378 used by three species of fish in the semi-arid region of Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 8,
379 n. 4, p. 819-825, 2010.
- 380 SOARES, E. C.; BRUNO, A. M. DA S. S.; LEMOS, J. M.; SANTOS, R. B. DOS. Ictiofauna e
381 pesca no entorno de Penedo, Alagoas doi:10.5007/2175-7925.2011v24n1p61. **Biotemas**, v. 24,
382 n. 1, p. 61-67, 2011.
- 383 SPECZIÁR, A.; ERŐS, T. Dietary variability in fishes: the roles of taxonomic, spatial,
384 temporal and ontogenetic factors. **Hydrobiologia**, v. 724, n. 1, p. 109-125, 2014.
- 385

4.2.1 Normas da Revista Boletim do Instituto de Pesca

INSTRUÇÕES AOS AUTORES (Atualizado em agosto de 2016)

As normas do Boletim do Instituto de Pesca podem sofrer alterações. Portanto, não deixe de consultá-las antes de fazer a submissão de um novo artigo ou nota.

O BOLETIM DO INSTITUTO DE PESCA (BIP), ISSN 0046-9939 (impresso) e ISSN 1678-2305 (online), site: <http://www.pesca.sp.gov.br/siteOficialBoletim.php>, está classificado atualmente no WEBQUALIS como B1 nas áreas de Ciências Ambientais e Engenharias I; e como B2 em: Zootecnia e Recursos Pesqueiros; Medicina Veterinária; Ciências Agrárias II. Seu índice de impacto no JCR é 0,525. Os arquivos eletrônicos contendo o original e demais documentos necessários devem ser encaminhados ao Comitê Editorial do Instituto de Pesca, pelo e-mail: ceipboletim@gmail.com.

O BIP é destinado à publicação de documentos originais (artigos científicos e notas científicas), que contribuam para a ampliação do conhecimento nas áreas de pesca (tecnologia de pesca, biologia pesqueira, sociologia e economia pesqueiras), aquicultura, limnologia, ecologia aquática, tecnologia, sanidade aquícola e patologia de organismos aquáticos.

É publicado um volume por ano, com o pertinente número de fascículos.

O processo de avaliação utilizado pelo Comitê Editorial do Instituto de Pesca é o sistema por pares “blindreview”, ou seja, sigilo sobre a identidade, tanto dos autores quanto dos revisores, que será mantido durante todo o processo.

O periódico também aceita e incentiva submissões de artigos redigidos em inglês ou espanhol. Em caso de autores não nativos de países que falem estas línguas, o artigo deverá ser revisado por um especialista que o próprio Comitê Editorial do Instituto de Pesca poderá indicar.

Todo trabalho submetido ao Boletim será avaliado preliminarmente pelo Comitê Editorial e, se superar essa primeira triagem, será enviado para dois revisores especialistas na área abordada. A publicação se dará somente com a aprovação do documento corrigido pelos revisores, cabendo ao Comitê Editorial do Instituto de Pesca a decisão final do aceite.

A seleção dos artigos será baseada na originalidade, qualidade e mérito científico.

O Comitê Editorial tomará o cuidado para que os revisores de cada artigo sejam, obrigatoriamente, de instituições distintas daquelas de origem dos autores.

As opiniões emitidas nos trabalhos são de exclusiva responsabilidade de seus autores.

O Boletim do Instituto de Pesca reserva-se o direito de realizar pequenas adaptações nos originais visando manter a uniformidade da publicação.

Tipos de documentos publicáveis no BIP

Artigo Científico

Trabalho resultante de pesquisa científica, apresentando dados originais obtidos de forma planejada, com base em métodos cientificamente aceitos, rigorosamente controlados e com planejamento estatístico adequado, que possam ser replicados e generalizados. A discussão deve ser criteriosa, com base científica sólida; não deve limitar as comparações dos resultados com a literatura, mas apresentar inferências, hipóteses e argumentação sobre o que foi estudado.

Nota Científica

Comunicação curta de fato inédito, resultante de pesquisa científica, cuja divulgação imediata se justifica, mas com informações insuficientes para constituir um artigo científico. Incluem-se nesta categoria a descrição de uma técnica, o registro de descoberta de uma nova espécie, observações e levantamentos de resultados de experimentos que não podem ser repetidos, e outras situações únicas. Deve ter o mesmo rigor de um Artigo Científico e conter os elementos necessários para avaliação dos argumentos apresentados.

PROCEDIMENTOS EDITORIAIS

Custo de publicação

O custo é de R\$ 40,00 (quarenta reais) por página final editorada para publicação. No ato da submissão é requerido um depósito de R\$ 100,00 (cem reais) não reembolsáveis, mas deduzido do custo final dos artigos aprovados.

Os depósitos ou transferências deverão ser efetuados em nome da FUNDAG, no Banco do Brasil: agência 3360-X – conta corrente 4200-5, código de identificação do depósito: 1161. O comprovante de depósito ou transferência deve ser enviado para o e-mail do Comitê Editorial (ceipboletim@gmail.com), junto com o original submetido. Para a continuidade do processo de avaliação e emissão de recibo de pagamento da FUNDAG, enviar os seguintes dados: Nome, CPF, telefone e endereço completo (incluir o bairro).

Submissão de trabalho

O trabalho deverá ser enviado via e-mail, devidamente identificado, em arquivo do WORD.

Em trabalhos que envolvam a manipulação de vertebrados deve ser encaminhado um atestado de que a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Biossegurança da instituição de origem da pesquisa.

Após a aprovação do trabalho, deverá ser encaminhado ao Comitê Editorial o documento Cessão de Direitos Autorais e Autorização para Publicação em Meio Eletrônico, contendo apenas a assinatura do autor responsável pela submissão do trabalho, e cujo modelo está em: <http://www.pesca.sp.gov.br/siteOficialBoletim.php>.

Avaliação do trabalho

1. O trabalho submetido será em primeira instância avaliado pelo Comitê Editorial.
2. Após aprovação preliminar pelo Comitê Editorial, e segundo a ordem cronológica de recebimento, o trabalho será enviado no mínimo a dois revisores de reconhecida competência no assunto abordado. Em seguida, se necessário, retornará ao(s) autor(es) para modificações/correções. O retorno do texto poderá ocorrer mais de uma vez, se assim o(s) revisor(es) solicitar(em).
3. O trabalho será aceito para publicação se tiver dois pareceres favoráveis, ou rejeitado quando pelo menos dois pareceres forem desfavoráveis. No caso de pareceres contraditórios entre os revisores, o trabalho será enviado a um terceiro revisor.
4. O trabalho aceito retornará ao(s) autor(es) para ultimar eventuais alterações propostas e realizar rigorosa revisão, antes que o documento seja submetido ao processo de editoração e formatação ao estilo do Boletim. O prazo para devolução será fixado pelo CEIP.

ATENÇÃO: se o trabalho for rejeitado na avaliação prévia do Comitê Editorial por inadequação às normas do BIP, por não se enquadrar no escopo temático da revista, por impropriedades linguísticas, morfológicas ou sintáticas, por falta de qualidade técnica ou na avaliação final dos revisores “ad hoc”, o depósito não será devolvido, nem poderá ser reutilizado para outras submissões dos autores.

Disposições finais

Casos omissos serão avaliados pelo Comitê Editorial do Instituto de Pesca.

FORMATAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Instruções Gerais

O trabalho deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, de acordo com a seguinte formatação: fonte Book Antiqua, tamanho 11; espaçamento entre linhas: 1,5; tamanho da página: A4; margens esquerda e direita: 2,5 cm; margens superior e inferior: 3,0 cm; número máximo de páginas, incluindo Figura(s) e/ou Tabela(s) e Referências: Artigo Científico: até 25 páginas; Nota Científica: até 15 páginas. As linhas devem ser numeradas sequencialmente, da primeira à última página. As páginas também devem ser numeradas. As notas de rodapé devem estar no texto.

Estrutura de Artigo Científico

A estrutura para o Artigo Científico é a seguinte: Título, Autor(es), Endereços institucionais (completos) e eletrônicos, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key words, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos (opcional) e Referências.

O Título, o Resumo e as Palavras-chave devem ser traduzidos para o inglês, no caso de artigos redigidos em português ou espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês ou espanhol.

Os termos: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências devem ser alinhados à esquerda e grafados em letras maiúsculas e em negrito.

TÍTULO

Deve ser claro e conciso (não deve se estender por mais do que duas linhas ou dez palavras), redigido em português e inglês ou, se for o caso, em espanhol, inglês e português. Deve ser grafado em letras maiúsculas e centralizado na página. No caso de trabalho desenvolvido com auxílio financeiro, informar na primeira página qual o agente financiador, indicado com asterisco, também apostado ao final do título.

Recomenda-se que não seja inserida a referência do descritor da espécie.

NOME DO(S) AUTOR(ES)

Deve(m) ser apresentado(s) completo(s) e na ordem direta (prenome e sobrenome), com apenas o sobrenome pelo qual o(s) autor(es) deve(m) ser identificado(s) em caixa alta. A filiação do(s) autor(es), bem como um endereço completo para correspondência e um e-mail deverão ser colocados na primeira página, logo após o nome dos autores, sendo identificado(s) por números arábicos, separados por vírgula quando necessário.

Obs: Não serão aceitos trabalhos com mais de seis autores

RESUMO e Palavras-chave

O Resumo deve conter concisamente os objetivos, a metodologia, os resultados obtidos e as conclusões, utilizando no máximo 200 (duzentas) palavras. Deve ser redigido de forma que o leitor se interesse pela leitura do trabalho na íntegra.

Palavras-chave: no mínimo três (3) e no máximo seis (6), redigidas em letras minúsculas e separadas por ponto e vírgula. Não devem repetir palavras que constam do Título e devem identificar o assunto tratado, permitindo que o artigo seja encontrado no sistema eletrônico de busca.

ABSTRACT e Keywords

Devem ser estritamente fiéis ao Resumo e Palavras-chave.

INTRODUÇÃO

Deve ocupar, preferencialmente, no máximo duas páginas, apresentando o problema científico a ser solucionado e sua importância (justificativa para a realização do trabalho), bem como a evolução/situação atual do assunto pesquisado. O último parágrafo deve expressar o objetivo, sendo coerente com o que consta no Resumo.

MATERIAL E MÉTODOS

Deve descrever sucintamente toda a metodologia utilizada, organizada de preferência na ordem de aplicação e de forma que o experimento possa ser reproduzido. Este item pode variar de acordo com a natureza temática do documento, mas em geral deve conter a descrição do procedimento amostral local, frequência, período, instrumentos e métodos, outras variáveis relevantes ou o delineamento do experimento, a descrição dos tratamentos e das variáveis, o número de repetições e as características da unidade experimental. Deve informar sobre procedimentos estatísticos e transformações de dados. Deve-se evitar detalhes supérfluos, extensas descrições de técnicas de uso corrente e a utilização de abreviaturas não usuais.

RESULTADOS

Os Resultados devem ser apresentados em separado da Discussão. E isto pode ser feito textualmente ou sob a forma de Tabelas e/ou Figuras. Dados apresentados em Tabelas ou Figuras não devem ser repetidos sistematicamente no texto.

Tabelas:

Devem ser numeradas com algarismos arábicos e encabeçadas pelo Título (autoexplicativo). Recomenda-se que os dados apresentados em tabelas não sejam repetidos em gráficos, a não ser quando absolutamente necessário. As tabelas e legendas devem estar contidas em uma lauda e até 16 cm de largura e devem ser em formato "retrato". Abreviaturas também devem ser evitadas, a não ser para unidades de medida. Se necessárias, porém, devem ter seu significado indicado em legenda sob a tabela.

Figuras (gráficos, desenhos, mapas ou fotos):

Devem ter, no máximo, 16 cm de largura e ocupando uma página incluindo a legenda, ser numeradas com algarismos arábicos, com título autoexplicativo logo abaixo. Palavras em gráficos e mapas devem estar em fonte legível. Não inserir gráficos, mapas ou fotos em tabelas ou quadros. Os gráficos não devem ter linhas de grade nem margens.

As tabelas e figuras devem ser inseridas no item mais apropriado no transcrito do texto.

Os originais de desenhos, mapas e fotos devem ser enviados em arquivos distintos, preferencialmente em formato digital "tif" ou "jpeg", e permitir redução para 16 cm ou 7,5 cm de largura sem perda de definição.

DISCUSSÃO

A Discussão deve ser elaborada e não apenas uma comparação dos dados obtidos com os disponíveis em literatura. Deve focar e demonstrar as principais ideias e contribuições trazidas pelo trabalho, bem como comentar se há necessidade de novas pesquisas ou sobre eventuais limitações encontradas. Evitar repetir números já constantes dos resultados. A Discussão deve conter hipóteses e/ou comentários objetivos sobre os resultados, discutidos à luz de observações constantes da literatura especializada.

CONCLUSÃO

A Conclusão deve ser clara, concisa e responder ao objetivo do estudo. Deve, idealmente, ser capaz de propor uma solução (ou caminho de solução) para a demanda/problema, com base nos resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS (opcional)

Devem ser sucintos, dirigidos a Instituição ou pessoa que tenha efetivamente colaborado para a realização do trabalho. De preferência, não deve ultrapassar cinco linhas.

Estrutura de Nota Científica

A Nota Científica deve seguir ordenação similar à de um Artigo Científico, contendo Título, Autor, Endereços institucional e eletrônico, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key words, Introdução, Material e Métodos, Resultado(s) e, eventualmente, Discussão, Agradecimento(s) (opcional) e Referências. Resultados e Discussão, neste caso, podem ser apresentados como item único.

A formatação segue o mesmo padrão, mas com no máximo 15 páginas (incluindo tabelas e figuras).

Obs: Não serão aceitos trabalhos com mais de seis autores

REFERÊNCIAS (normas para TODOS os tipos de publicação)

Devem ser apresentadas em ordem alfabética do sobrenome dos autores, sem numeração.

Devem conter os nomes de todos os autores, ano de publicação, o título do artigo (por extenso) e do periódico (também por extenso), número do volume e/ou edição e número e/ou intervalo de páginas.

A exatidão e adequação das referências a trabalhos que tenham sido citados no texto são de responsabilidade do autor.

Dissertações e teses devem ser evitadas como referências. Porém, aceita-se quando absolutamente necessárias, mas devem estar disponíveis on-line.

Trabalhos de conclusão de graduação e resumos apresentados em congressos não são referências válidas.

Observação: inadequações nas referências também acarretarão a recusa do trabalho e a não devolução da taxa de submissão.

Como fazer citações no texto

Usar o sistema autor/data, ou seja, o sobrenome do autor em letras maiúsculas e o ano em que a obra foi publicada. Exemplos:

* para um autor: “MIGHELL (1975) observou...”; “Segundo AZEVEDO (1965), a piracema...”; “Estas afirmações foram confirmadas em trabalhos posteriores (WAKAMATSU, 1973)”.

* para dois autores: “RICHTER e EFANOV (1976) pesquisando...” Se o artigo que está sendo submetido estiver redigido em português, utilizar “e” ligando os sobrenomes dos autores. Se estiver redigido em inglês utilizar “and” (RICHTER and EFANOV, 1976), se em espanhol, utilizar “y” (RICHTER y EFANOV, 1976).

* para três ou mais autores: o sobrenome do primeiro autor deve ser seguido da expressão “et al.” (grafada em itálico). Exemplo: “SOARES et al. (1978) constataram...” ou “Tal fato foi constatado na África (SOARES et al., 1978).”

* para o mesmo autor, em documentos de anos diferentes, respeitar a ordem cronológica, separando os anos por vírgula. Exemplo: “De acordo com SILVA (1980, 1985)...”

* para citação de vários autores sequencialmente, respeitar a ordem cronológica do anode publicação e separá-los por ponto e vírgula. Exemplo: “...nos viveiros comerciais(SILVA, 1980; FERREIRA, 1999; GIAMAS e BARBIERI, 2002)...”

* quando for ABSOLUTAMENTE necessário se referir a um autor, ainda que não em razão de uma consulta direta ao trabalho por ele publicado, o nome desse autor deve ser citado em letras minúsculas apenas no texto, indicando-se logo a seguir, entre vírgulas e precedido da palavra latina apud, o nome do autor e ano do trabalho efetivamente consultado no qual aparece a referência ao autor não diretamente lido.

Ex.: “Segundo Gulland, apud SANTOS (1978), os coeficientes...”.

Como fazer citações na listagem de REFERÊNCIAS

1. DE DOCUMENTOS IMPRESSOS

Artigos científicos são listados como segue:

* para dois autores, relacionar o documento referido no texto pelo sobrenome dos autores em letras maiúsculas, cada qual seguido das iniciais dos prenomes (separadas por ponto e sem espaço), conectados por “e”, “and” ou “y”, se o texto submetido for redigido em português, inglês ou espanhol, respectivamente. Exemplo:

IRSHADULLAH, M. e MUSTAFA, Y. 2012 Pathology induced by *Pomphorhynchus kashmiriensis* (Acanthocephala) in the alimentary canal of naturally infected Chirruhsnow trout, *Schizothorax esocinus* (Heckel). *Helminthology*, 49: 11-15.

* Para mais de dois autores, os nomes devem ser ordenados como citado acima, mas separados por ponto e vírgula. Exemplo:

SQUADRONE, S.; PREARO, M.; BRIZIO, P.; GAVINELLI, S.; PELLEGRINO, M.; SCANZIO, T.; GUARISE, S.; BENEDETTO, A.; ABETE, M.C. 2013 Heavy metals distribution in muscle, liver, kidney and gill of European catfish (*Silurus glanis*) from Italian rivers. *Chemosphere*, 90: 358-365.

As referências devem ser ordenadas alfabeticamente pelo sobrenome do autor principal. Havendo mais de uma obra com o mesmo sobrenome, considera-se a ordem cronológica e, persistindo a coincidência, a ordem alfabética do terceiro elemento da referência.

Recordando, após o nome dos autores, inserir o ano da publicação, o título do artigo, o título do periódico (em itálico; e que, repetindo, NÃO DEVE SER ABREVIADO), o volume (também em itálico), o fascículo e o número/intervalo de páginas.

A citação de dissertação e tese, tipos de documentos que se pode utilizar apenas quando ABSOLUTAMENTE necessário e se estiver disponível online, deve ser feita como segue:

BERNADOCHI, L.C. 2012 Captação de sementes em coletores artificiais e cultivo da ostra perliífera *Pinctada imbricata* (Mollusca: Pteriidae), São Paulo, Brasil. São Paulo. 75f. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesca, APTA). Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br/dissertacoes.pg.php>> Acesso em: 22 ago. 2014.

Para livro, também utilizado apenas quando ABSOLUTAMENTE necessário, a citação deve ser:

GOMES, F.P. 1978 Curso de estatística experimental. 8ª ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 430p.

ENGLE, R.F. e GRANGER, C.W.J. 1991 Long-run economic relationship: readings in cointegration. New York: Oxford University Press. 301p.

NEW, M.B.; VALENTI, W.C.; TIDWELL, J.H.; D’ABRAMO, L.R.; KUTTY, M.N. Freshwater prawns: biology and farming. Wiley-Blackwell, Oxford. 544 p.

Capítulo de livro ou publicação em obra coletiva, cita-se:

MORAES-VALENTI, P. e VALENTI, W.C. 2010 Culture of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C.; TIDWELL, J.H.; D'ABRAMO, L.R.; KUTTY, M.N. Freshwater prawns: biology and farming. WileyBlackwell, Oxford. p. 485-501.

Leis, Decretos, Instruções Normativas e Portarias são incluídas na listagem com o seguinte:

BRASIL, 1988 CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Diário Oficial da União, Brasília, 05 de outubro de 1988, nº. 191-A, Seção 1, p. 1.

BRASIL, 2000 LEI nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o Art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 19 de julho de 2000, nº. 138, Seção 1: p. 45.

BRASIL, 1990 DECRETO nº. 98.897, de 30 de janeiro de 1990. Dispõe sobre as reservas extrativistas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 31 de janeiro de 1990, nº. 22, Seção 1, p. 2.

BRASIL, 2007 INSTRUÇÃO NORMATIVA nº. 02, de 18 de setembro de 2007. Disciplina as diretrizes, normas e procedimentos para formação e funcionamento do Conselho Deliberativo de Reserva Extrativista e de Reserva de Desenvolvimento Sustentável. Diário Oficial da União, 20 de setembro de 2007, nº. 182, Seção 1, p. 102.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2010b PORTARIA nº. 77, de 27 de agosto de 2010. Cria o Conselho Deliberativo da Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo/RJ. Diário Oficial da União, Brasília, 01 de setembro de 2010, nº. 168, Seção 1: p. 69.

2. DE MEIOS ELETRÔNICOS (periódicos publicados exclusivamente online; documentos consultados online e em CD-ROM)

Exemplos:

LAM, M.E. e PAULY, D. 2010 Who is right to fish? Evolving a social contract for ethical fisheries. Ecology and Society, 15(3): 16. [online] URL: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art16/>>

CASTRO, P.M.G. (sem data, online) A pesca de recursos demersais e suas transformações temporais. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br/textos.php>> Acesso em: 3 set. 2014.

TOLEDO PIZA, A.R.; LOBÃO, V.L.; FAHL, W.O. 2003 Crescimento de *Achatina fulica* (gigante africano) (Mollusca: Gastropoda) em função da densidade de estocagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 55., Recife, 14-18 jul./2003. Anais... Recife: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. 1 CD-ROM.

INSTRUÇÕES COMPLEMENTARES

1. Fórmula, expressão e equação matemática

As fórmulas, expressão e equação matemática devem ser inseridas no texto (não utilizar figura). Exemplo: $TE = (N/Fm) \times 100$.

2. Unidade de medida

Deve ser apresentada segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI). Exemplo: 10m²; 100 peixes m⁻¹; 20 t ha⁻¹.

3. Número de casas decimais

Deve ser padronizado para todo o texto. Por exemplo, grafado o comprimento dos exemplares amostrados com uma casa decimal, em todo o texto os valores referentes a esse parâmetro devem ser grafados com uma casa decimal.

4. Anexo e apêndice

Devem ser suprimidos anexos e apêndices.

* * * * *