



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA



EMBRIOGÊNESE E DESENVOLVIMENTO LARVAL DO MATRINXÃ *Brycon orthotaenia* GÜNTHER, 1864 (CHARACIFORMES, BRYCONIDAE), PEIXE ENDÊMICO DO SÃO FRANCISCO E AMEAÇADO DE EXTINÇÃO

ROSANA SOBRAL FLORESTA DE OLIVEIRA

São Cristóvão-SE  
2018

ROSANA SOBRAL FLORESTA DE OLIVEIRA

EMBRIOGÊNESE E DESENVOLVIMENTO LARVAL DO MATRINXÃ *Brycon orthotaenia* GÜNTHER, 1864 (CHARACIFORMES, BRYCONIDAE), PEIXE ENDÊMICO DO SÃO FRANCISCO E AMEAÇADO DE EXTINÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Fulgêncio Guedes de Brito

**São Cristóvão-SE  
2018**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**EMBRIOGÊNESE E DESENVOLVIMENTO LARVAL DO MATRINXÃ *Brycon orthotaenia* GÜNTHER, 1864 (CHARACIFORMES, BRYCONIDAE), PEIXE ENDÊMICO DO SÃO FRANCISCO E AMEAÇADO DE EXTINÇÃO**

por

**ROSANA SOBRAL FLORESTA DE OLIVEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso de Ciências Biológicas Bacharelado da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

**APROVADA** pela banca examinadora composta por



Prof. Dr. Marcelo Fulgêncio Guedes de Brito  
Orientador/Examinador



Dr. Alexandre Nizio Maria  
Examinador



Prof. Dr. Pablo Ariel Martinez  
Examinador

Cidade Universitária "Prof. José Aloísio de Campos", 13 de maio de 2018

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por todas as oportunidades em minha vida e por estar sempre comigo.

Agradeço a todos que me auxiliaram de alguma forma durante o trajeto até aqui, não somente na execução do trabalho.

Agradeço em especial a minha família que sempre deu todo suporte, apoio e amor para que eu chegasse onde estou. E me incentivam para chegar ainda mais longe. Principalmente meus pais Lucy e Aélío, minha irmã Gabriela, meus tios Lealdo, Lícia e Leila, meus avós Maria Floresta e Eliezer e Maria Sobral e Antônio. E também a Ulisses por me acompanhar na vida e estar sempre ao meu lado.

Ao professor Dr. Marcelo Brito pela grande orientação, pela oportunidade e pela confiança em mim para a realização deste trabalho. E à professora Dra. Renata Bartolette por ter me dado a oportunidade de ingressar no laboratório.

À equipe do laboratório de Ictiologia pelo auxílio na coleta, em especial a Pedro Gargur, e apoio durante a realização do trabalho, amigos Débora, Fernando, Havanny, Jamille, Jefferson, Luciano e Milena.

Aos amigos Danilo e Gabi, que mesmo não trabalhando com a mesma área disponibilizaram apoio e auxílio de igual forma.

À Universidade Federal de Sergipe e CODEVASF pelo apoio logístico.

Às professoras Dra. Carmen Parisotto Guimarães e Dra. Adriana Bocchiglieri pela disponibilização das lupas para captação das imagens.

Ao CNPq (Processo 461008/2014-9) pelo financiamento do projeto.

## RESUMO

O colapso pesqueiro nas últimas décadas tem se agravado principalmente devido aos barramentos, bioinvasão, poluição e pesca predatória, sendo as espécies migradoras as mais afetadas pela interrupção da rota migratória para reprodução. O matrinxã *Brycon orthotaenia* Günther, 1864 é uma destas espécies e atualmente encontra-se com o status de ameaça Vulnerável decorrente da perda de hábitat e sobrepesca. O presente trabalho caracterizou a embriogênese e o desenvolvimento larval de *B. orthotaenia*, analisando a morfologia do ovo e da larva e mensurando o crescimento do animal através da morfometria de suas estruturas. Todo o material foi fixado em formol 4% tamponado para posterior análise e morfometria. Os ovos de *B. orthotaenia* recém fecundados apresentaram diâmetro de 1,17 mm, o vitelo ocupava grande parte (1,059 mm) e o espaço perivitelino foi de 0,058 mm. A embriogênese de *B. orthotaenia* durou 15 horas a uma temperatura média de 27°C, com registro das fases de Zigoto, Clivagem, Blástula, Gástrula e dos eventos Fechamento do Blastóporo, Diferenciação das camadas embrionárias e Destacamento da Cauda. Após a eclosão, todas as fases larvais, Larval Vitelino, Pré-flexão, Flexão e Pós-flexão, foram observadas em 5 dias. As larvas eclodiram com 3,79 mm de comprimento e chegaram a 13,07 mm na fase de Pós-flexão, representando um aumento de 3,4 vezes. A altura do corpo sofreu aumento de 4,7 vezes, sendo o menor e o maior valores 0,73 mm e 3,46 mm, respectivamente. A amplitude do comprimento da cabeça foi de 0,44 mm a 3,45 mm, aumentando 7,8 vezes. A altura da cabeça variou bastante, de 0,27 mm a 2,55 mm, o que representa um aumento de 9,4 vezes. O diâmetro do olho da fase de Larval Vitelino à fase de Pós-flexão oscilou de 0,10 mm a 0,84 mm, o que representa aumento de 8,4 vezes. O rápido crescimento nas fases iniciais de desenvolvimento de *B. orthotaenia* é explicado pelas características da história de vida de espécies migradoras que não apresentam cuidado parental. O vitelo persistiu nas duas primeiras fases larvais, regredindo totalmente na Pré-flexão. A variação no volume do vitelo foi de 0,51 mm<sup>3</sup> em Larval Vitelino a 0,005 mm<sup>3</sup> em Pré-flexão. *Brycon orthotaenia* abriu a boca 13 horas depois de eclodir, sendo observado canibalismo nas larvas na fase de Pré-flexão quando o saco vitelino estava praticamente absorvido e as larvas já apresentavam trato digestório completo. Para espécies com risco de extinção como *B. orthotaenia* estudos das fases iniciais de vida são importantes para auxiliar no manejo em cativeiro a fim de tornarem eficientes os programas de reestocagem, diminuindo as taxas de mortalidade e melhorando os procedimentos de alevinagem.

**Palavras-chave:** Bryconinae, reprodução artificial, história de vida, conservação.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	7
2.	OBJETIVOS .....	10
2.1	OBJETIVO GERAL.....	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3.	METODOLOGIA .....	10
3.1	ÁREA DE ESTUDO .....	10
3.2	COLETA DO MATERIAL .....	11
3.3	ANÁLISE DO MATERIAL.....	12
3.3.1	OVOS .....	12
3.3.2	LARVAS.....	12
3.3.3	VOLUME DO VITELO .....	13
4.	RESULTADOS .....	13
5.	DISCUSSÃO.....	22
6.	REFERÊNCIAS.....	26

## 1. INTRODUÇÃO

A região Neotropical estende-se do México até o sul da América do Sul (AMORIM & PIRES, 1996), sendo formada por mais de 70 ecorregiões hídricas que vão desde várzeas úmidas e rios de montanha, a rios tropicais e subtropicais (ABELL *et al.*, 2008). A presença de áreas tão distintas favorece a grande biodiversidade de vários grupos de seres vivos (PAPAVERO *et al.*, 1997), especialmente de peixes (ALBERT & REIS, 2011). No Brasil, o grande número de corpos d'água distribui-se em doze regiões hidrográficas, sendo elas Amazônia, Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Paraguai, Paraná, Parnaíba, São Francisco, Tocantins-Araguaia e Uruguai (CNRH, 2003; MMA, 2007; PORTO & PORTO, 2008). A Região Hidrográfica do São Francisco é a terceira maior com área de 645.067,2 km<sup>2</sup> e vazão média de 1.850 m<sup>3</sup>/s (KOHLENER, 2003) e contempla diferentes biomas da nascente (Minas Gerais) até sua foz (entre Sergipe e Alagoas), como a Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado (CBHSF, 2017). O rio São Francisco, seu principal formador, é o maior rio que se encontra totalmente em solo brasileiro com extensão de cerca de 2700 km (CETEC, 1983).

A ictiofauna do rio São Francisco é composta por cerca de 220 espécies nativas, com destaque para as espécies migradoras *Salminus franciscanus* Lima & Britski, 2007, *Brycon orthotaenia* Günther, 1864, *Prochilodus argenteus* Spix & Agassiz, 1829, *Pseudoplatystoma corruscans* Spix & Agassiz 1829 e *Conorhynchus conirostris* Valenciennes, 1840 (ALVES *et al.*, 2011). O São Francisco foi no passado uma das maiores fontes brasileiras de pescado (SATO *et al.*, 2003). Há algumas décadas a pesca vem mostrando declínio nas capturas, fato que pode ser associado aos barramentos, desmatamento das nascentes, bioinvasão, eliminação direta de efluentes domésticos e industriais nos corpos d'água e também pela pesca predatória (GODINHO & GODINHO, 2003; BRITO & MAGALHÃES, 2017; D'AVILLA *et al.*, 2017).

As principais espécies afetadas por estes impactos são as migradoras, sendo a interrupção da rota migratória por barramentos a principal ameaça, pois impedem a migração reprodutiva à montante, limitam a amplitude das cheias naturais e a chegada da água nas lagoas marginais, que correspondem aos criatórios naturais de peixes nativos (WELCOMME, 1979; GODINHO & GODINHO, 2003). A amplificação destes impactos pode ter consequências mais graves, como colocar espécies em risco de extinção (ZANIBONI FILHO, 2006; MATTOS *et al.*, 2013).

As espécies de peixe migradoras do São Francisco se encontram em diferentes status de conservação ao longo da bacia. Nas regiões que compreendem a montante da represa de Três Marias e rios Abaeté e Paracatu, a ictiofauna é considerada vulnerável. Já no Baixo São Francisco, à jusante da barragem de Xingó, na própria represa de Três Marias e no segmento entre as represas de Sobradinho e Xingó, o status é considerado crítico para a maioria das espécies (SATO & GODINHO, 2003). Tendo isso em vista, a reprodução artificial através de desovas induzidas mostra-se como uma importante ferramenta para a conservação de espécies ameaçadas (SATO *et al.*, 2003).

As espécies migradoras possuem uma característica peculiar que é a sazonalidade na reprodução. Para isso elas dependem de estímulos ambientais como temperatura, oxigenação da água, pluviosidade e salinidade (COSSINS & CRAWFORD, 2005; NAVARRO & NAVARRO, 2012) para produção hormonal, desenvolvimento das gônadas e migração ascendente reprodutiva (SOLIS-MURGAS *et al.*, 2011). Dos fatores endógenos, a reprodução dos peixes é especialmente controlada por fatores fisiológicos de caráter endócrino. O hipotálamo, hipófise e gônadas estão diretamente relacionados ao processo reprodutivo, incluindo desde os estímulos hormonais, diferenciação das gônadas e gametogênese até a liberação dos gametas, fertilização e eclosão dos ovos. Somadas à função reprodutiva, as influências dessas glândulas e órgãos se estendem também por outras funções fisiológicas importantes como o crescimento e a nutrição (IZQUIERDO *et al.*, 2001; RIBEIRO & MOREIRA, 2012).

Dos fatores ambientais naturais, o fotoperíodo, a temperatura e a oferta de alimento são os mais determinantes nas primeiras fases de vida de peixes teleósteos (TAYLOR *et al.*, 2005). O fotoperíodo é o que apresenta maior influência na locomoção, no gasto de energia e na ingestão de alimento dos animais (BISWAS & TAKEUCHI, 2002). Nos peixes, ele é percebido através de células fotorreceptoras sensíveis e sistemas humorais que formam o chamado relógio endógeno, responsável por situar o animal com relação à luz no ambiente (FALCÓN *et al.*, 2010).

Na reprodução, o fotoperíodo age diretamente sobre o eixo hipotálamo-hipófise-gônadas, sendo influente direto da maturação gonadal, inibindo ou estimulando a produção de hormônios hipofisários (FSH e LH) e o liberador de gonadotropina (GnRH), que são moduladores da reprodução e maturação gamética (AMANO *et al.*, 2004). Quando em cativeiro elas não reproduzem pela ausência destas flutuações

(MYLONAS *et al.*, 2010). Ao proporcionar aos animais em cativeiro condições favoráveis, é possível através da indução hormonal reproduzi-los artificialmente (NAVARRO & NAVARRO, 2012).

Dentre os peixes nativos que são diretamente afetados por estes fatores, encontra-se o matrinxã *Brycon orthotaenia* Günther, 1864, peixe migrador (SATO & GODINHO, 2003) e endêmico da bacia do rio São Francisco (ESCHMEYER & FONG, 2017). Esta espécie pode atingir 7 kg, com grande importância na pesca comercial e esportiva (SATO & GODINHO, 2003). Apresenta dieta onívora, consumindo, principalmente, frutos e sementes de plantas além de insetos, peixes e crustáceos (SOARES *et al.*, 2017).

O matrinxã apresenta um padrão em que as fêmeas são maiores que os machos (SATO & GODINHO, 2003), os menores tamanhos dos indivíduos em maturação avançada são de 30 cm para machos e 33,5 cm para fêmeas (GONÇALVES *et al.*, 2006). É uma espécie de peixe considerada pelagófila, ou seja, libera seus ovos não adesivos na coluna d'água. Espécies que apresentam essa característica possuem alta fecundidade para compensar a elevada mortalidade dos ovos (RIZZO & GODINHO, 2003). Além disso, as fêmeas de *B. orthotaenia* apresentam desova total no período entre outubro e janeiro, quando os maiores índices pluviométricos são registrados na bacia do rio São Francisco (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Atualmente o estado de conservação de *B. orthotaenia* é considerado Vulnerável com redução populacional em mais de 30% em 10 anos devido a problemas de qualidade do habitat e sobrepesca (REIS & LIMA, 2009; IUCN, 2017). Algumas populações mostram-se quase em extinção e não há previsão de melhora nas condições às quais *B. orthotaenia* está submetido, conseqüentemente, infere-se que as populações continuem em declínio (IUCN, 2017), principalmente aquelas que se encontram no Baixo São Francisco.

Os programas de reestocagem de peixes à montante de Três Marias tiveram início em 1983 e o cultivo era apenas de espécies nativas, principalmente migradoras. O matrinxã que se encontrava quase extinto localmente, aumentou e restabeleceu sua população acima da barragem (SATO & GODINHO, 2003). No Baixo São Francisco a espécie não era registrada há cerca de 40 anos, e somente após os programas de reestocagem a partir de 2012 foi possível capturar o matrinxã novamente no rio, mesmo

que em pequeno número, mostrando a importância destes procedimentos na reintrodução de espécies nativas (BRITO *et al.*, 2016).

A importância da reprodução artificial, principalmente das espécies ameaçadas como *B. orthotaenia*, é de justamente conseguir restabelecer a espécie no ambiente natural através de peixamentos e possibilitar que os estoques naturais sejam restaurados (RUHLÉ, 1996; PLANELLES & REYNA, 1996; KOURIL *et al.*, 1996), juntamente com ações de restauração do habitat uma vez que se encontra altamente impactado (BRITO & MAGALHÃES, 2017).

Tendo em vista o estado de conservação Vulnerável de *B. orthotaenia*, o presente estudo tem como objetivo fazer a descrição do desenvolvimento inicial das fases embrionária e larval e fornecer importantes informações para o desenvolvimento de protocolos eficientes de reprodução artificial da espécie.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar os desenvolvimentos embrionário e larval de *Brycon orthotaenia*, analisando morfologia do ovo e da larva, além de mensurar o crescimento do animal através da morfometria de suas estruturas a fim de contribuir para o melhor manejo em cativeiro, possibilitando maior eficiência em programas de reestocagem.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e caracterizar os estágios dos desenvolvimentos embrionário e larval;
- Observar o desenvolvimento e o aparecimento de estruturas embrionárias no ovo após a fecundação;
- Verificar o surgimento das principais estruturas corporais após a eclosão;
- Realizar morfometria de ovos e larvas para acompanhamento do crescimento;
- Mensurar a evolução do consumo de vitelo na larva.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado no Centro de Referência em Aquicultura e Recursos Pesqueiros do São Francisco (Ceraqua/SF), unidade da CODEVASF, localizado na cidade de Porto Real do Colégio – AL (10°12'07.70"S e 36°47'30.43"W) e

no Laboratório de Ictiologia da Universidade Federal de Sergipe, localizado na cidade de São Cristóvão – SE.

### 3.2 COLETA DO MATERIAL

As matrizes utilizadas para o procedimento de desova induzida foram provenientes do próprio rio São Francisco e estocadas em tanques de manutenção de reprodutores da Ceraqua/SF, com capacidade para um peixe em 5m<sup>2</sup>. Nesses tanques os peixes foram alimentados com ração comercial (32% de proteína bruta).

Para a hipofisacção e desova, os peixes foram transferidos para tanques de reprodução (6m<sup>3</sup>). A proporção do plantel (machos e fêmeas) foi de 1 macho para 2 fêmeas. Nesses tanques as matrizes não foram alimentadas, seguindo protocolo do próprio Ceraqua/SF.

As matrizes de *B. orthotaenia* selecionadas para a desova induzida foram aquelas que estavam com papila urogenital intumescida e avermelhada nas fêmeas e sêmen sendo liberado com leve pressão sob a cavidade celomática nos machos. Posteriormente foram feitas aplicações de extrato de pituitária de carpa (CCPE) na cavidade celomática dos reprodutores. Na fêmea foram aplicadas duas injeções com intervalo de 12 horas de uma para a outra, sendo a primeira contendo 1mg de CCPE por kg<sup>-1</sup> e a segunda, 6mg de CCPE por kg<sup>-1</sup>. O macho recebeu apenas uma dose de 2,5mg de CCPE por kg<sup>-1</sup> simultânea à segunda dose da fêmea (SATO *et al.*, 2003).

Após efeito do hormônio, a extrusão foi feita através de massagem no sentido craniocaudal na parede externa do corpo da fêmea que foi apoiada em bancada acolchoada e seca com toalha para evitar contato da água com os ovócitos (SATO *et al.*, 2003), tendo em vista que isso causaria fechamento da micrópila antes do contato com os espermatozoides (MORALES, 1986).

Os ovócitos foram aparados em recipiente plástico e reservados, enquanto os machos foram preparados para procedimento semelhante. O sêmen foi coletado no mesmo recipiente em que estavam os ovócitos e foram homogeneizados. Após este procedimento, foi adicionada água e os ovos passaram pelo processo de hidratação. Na sequência foram colocados em incubadoras em formato de funil com fluxo constante de água (SATO *et al.*, 2003) e com temperatura média de 27°C durante todo o processo.

A partir da fertilização os ovos e as larvas foram coletados com um béquer nas incubadoras, fixados em formol 4% tamponado com carbonato de cálcio (1g de CaCO<sub>3</sub>

para 1L de formol) e analisados em lupa para identificação e caracterização das fases do desenvolvimento embrionário e larval.

## ANÁLISE DO MATERIAL

### 3.2.1 OVOS

Os ovos foram analisados em lupa em intervalos regulares de 5 minutos até a 2ª hora após fecundação, 10 minutos até a 5ª hora, 1 hora até a 10ª hora e, a partir da 14ª hora, em intervalos de 1 hora até a eclosão. As fases de desenvolvimento dos ovos foram acompanhadas para caracterização de acordo com NAKATANI *et al.* (2001) e determinação de duração, com registro fotográfico em cada uma delas com câmera acoplada à lupa (Microscópio Estereomicroscópico Leica-M205C:5MP; software LAS Core V4.4) para posterior montagem de prancha da ontogênese e para obter as medidas de diâmetro do ovo, diâmetro do vitelo e espaço perivitelino, para as medições foram utilizados 20 ovos.

### 3.2.2 LARVAS

Após a eclosão as larvas foram acompanhadas regularmente em intervalos de 1 hora até completar 18 horas, 6 horas até o 3º dia e diariamente até o 5º dia e as fases larvais também foram caracterizadas de acordo com NAKATANI *et al.* (2001). A alimentação das larvas logo após abertura da boca foi feita com alevinos de tambaqui *Colossoma macropomum*, Cuvier 1816.

Comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), comprimento do focinho (CF), diâmetro do olho (DO), comprimento da cabeça (CC), altura da cabeça (ACB), altura do corpo (ACO), distância do focinho à abertura anal (FAA), distância do focinho à nadadeira peitoral (FNP), distância do focinho à nadadeira pélvica (FNL), distância do focinho à nadadeira dorsal (FND) e distância do focinho à nadadeira anal (FNA) (NAKATANI *et al.*, 2001) foram mensurados a partir de fotografias de 193 larvas (Lupa estereomicroscópica BEL SZT) utilizando o software Bel Capture V3.0.

Equivalente ao que ocorreu na análise dos ovos, também foi montada uma prancha da ontogênese larval através de fotografias obtidas por câmera acoplada à lupa (Microscópio Estereomicroscópico Leica-M205C:5MP; software LAS Core V4.4).

### 3.2.3 VOLUME DO VITELO

O volume do vitelo foi calculado durante o desenvolvimento larval em 87 larvas com vitelo persistente através da equação de Blaxter e Hempel (1963):

$$VSV = \left(\frac{\pi}{6}\right) L * H^2, \text{ onde}$$

VSV: Volume do saco vitelino em mm<sup>3</sup>;

$\pi$ : 3,1415;

L: Comprimento do saco vitelino em mm;

H: Altura do saco vitelino em mm.

Após o cálculo para cada indivíduo foi realizada uma regressão linear simples no software Excel para testar a relação entre o volume do vitelo e o comprimento total das larvas.

## 4. RESULTADOS

A fase embrionária, período compreendido entre a fecundação e a eclosão durou 15 horas (Tabela 1). O diâmetro médio dos ovos recém-fecundados foi de 1,17±0,074 mm, sendo o diâmetro do vitelo 1,059±0,070 mm e o espaço perivitelino 0,058±0,014 mm. A eclosão, por ser o último evento da embriogênese, ocorreu na última hora. As fases larvais começaram logo após a eclosão e duraram pouco mais de 5 dias.

**Tabela 1.** Caracterização e duração das fases embrionárias de *Brycon orthotaenia*. Tempo em minutos e/ou horas após a fecundação.

EVENTOS	DURAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Zigoto (Figura 1A e 1B)	0 – 40 min	Grande quantidade de vitelo, espaço perivitelino bem perceptível e presença do blastodisco unicelular;
Clivagem (Figura 1C e 1D)	45min – 1h25min	Blastodisco pluricelular, blastômeros encontram-se espaçados entre si e ocorrem divisões mitóticas sucessivas;

Blástula (Figura 1E)	1h30min – 1h45min	Espaço entre os blastômeros menor, estratificação do blastodisco. Quando as células formam uma protuberância: alta blástula, nessa etapa o embrião retoma sua forma esférica devido às reorganizações celulares;
Gástrula (Figura 1F e 1G)	1h50min – 5h	Início do movimento epibólico (migração das células para o polo vegetal) e o movimento de invaginação, formando o epiblasto e o hipoblasto;
Fechamento do Blastóporo (Figura 1H)	6h	Movimento epibólico finalizado e formação do saco vitelino;
Desenvolvimento das camadas embrionárias (Figura 1I)	7h – 10h	Formação dos tecidos e da notocorda a partir do epiblasto e do hipoblasto. As regiões cranial e caudal são distinguíveis;
Liberação da Cauda (Figura 1J)	14h	Destacamento da cauda do restante do corpo, tornando-se livre. Os movimentos dela culminam na eclosão.

O Zigoto (Figura 1A e 1B) se mostrou com grande quantidade de vitelo e espaço perivitelino reduzido e translúcido. Os ovos pós-fecundados apresentaram coloração próxima ao roxo. Depois de fixado em formol, o vitelo apresentou coloração amarelada e era bem perceptível no ovo, não sendo possível distinguir a região de desenvolvimento do embrião nesse momento e nem a separação desta do polo vegetal.

A Clivagem (Figuras 1C e D) apresentou mudanças características da fase, provenientes das divisões celulares consecutivas que definem o estágio com 8 blastômeros (Figura 1C) e 32 blastômeros (Figura 1D).

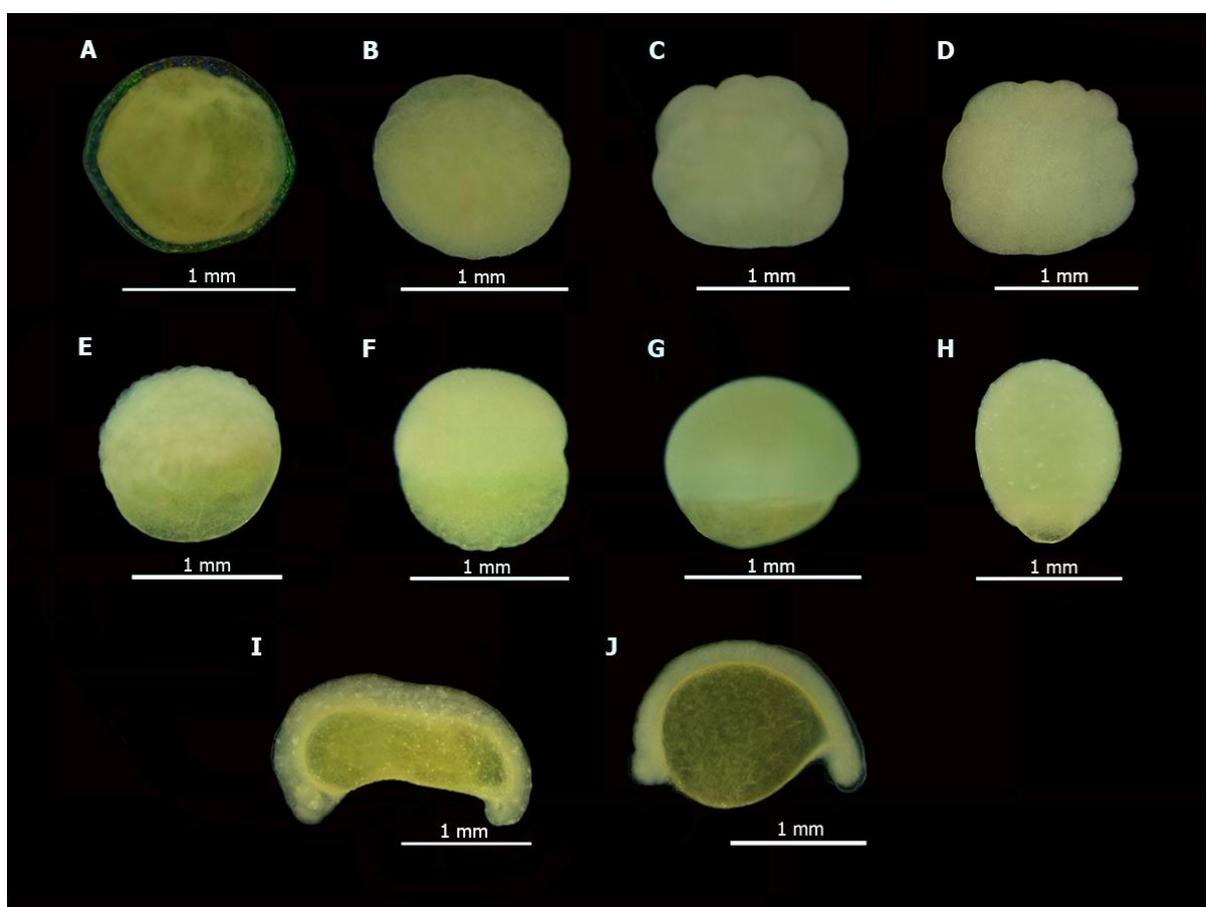
A blástula (Figura 1E) foi observada com estratificação do blastodisco e os espaços entre os blastômeros menores. O embrião retomou a forma esférica devido às reorganizações celulares.

Na Gástrula foi evidenciado o movimento de epibolia. Foram observados dois momentos desse movimento, 50% da migração das células embrionárias para o polo

vegetal (Figura 1F) e aumento para 75% do movimento epibólico (Figura 1G). Na sequência, o Fechamento do Blastóporo (Figura 1H) foi marcado pela finalização do movimento de epibolia, culminando na formação do saco vitelino.

Na fase de Desenvolvimento das camadas embrionárias (Figura 1I) ocorreu a diferenciação das regiões da cabeça e da cauda e o desenvolvimento do saco vitelino. Além disso, ocorreu a formação da vesícula óptica e da notocorda.

A Liberação da cauda (Figura 1J) apresentou saco vitelino de maior tamanho e início da formação da nadadeira embrionária. Com os movimentos da cauda nesta última fase embrionária, ocorreu a ruptura do córion e a larva rompeu a casca do ovo.



**Figura 1.** Desenvolvimento embrionário de *Brycon orthotaenia*: Zigoto (A e B), Clivagem (C e D), Blástula (E), Gástrula (F - 50% de epibolia; G - 75% de epibolia), Fechamento do Blastóporo (H), Diferenciação das camadas embrionárias (I) e Destacamento da cauda (J).

O embrião no ovo prestes a eclodir e a larva recém-eclodida se mostraram bastante ativos, apesar de esta última não ter apresentado muita habilidade de locomoção, pois só apresentava nessa fase a nadadeira embrionária, a qual proporciona apenas natação vertical. As fases larvais foram caracterizadas com respectivo registro da duração (Tabela 2).

**Tabela 2.** Caracterização das fases larvais de *Brycon orthotaenia*. Tempo em horas e/ou dias após a eclosão.

FASE	Nº DE INDIVÍDUOS	DURAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Larval Vitelino (Figura 2A)	41	5h – 12h	Inicia-se com a eclosão e estende-se até o momento em que começa a alimentação exógena. Nessa fase a larva encontra-se com a boca e o ânus fechados e há pouca ou nenhuma pigmentação nos olhos;
Pré-flexão (Figura 2B)	70	13h – 46h	Início da alimentação exógena ao início da flexão da notocorda. Esta ainda está não flexionada, raios da nadadeira caudal não formados e ausência dos ossos hipurais (estruturas de suporte da nadadeira caudal). Os olhos já estão pigmentados, boca e ânus abertos.
Flexão (Figura 2C)	71	2 dias e 4h – 3 dias e 4 h	Início e total flexão da notocorda, presença dos ossos hipurais. Surgimento do botão das nadadeiras pélvicas e os raios das nadadeiras dorsal e anal começam a se segmentar.
Pós-flexão (Figura 2D)	11	4 dias e 9h – 5 dias e 9h	Estende-se até a completa formação dos raios das nadadeiras peitorais. Nesse estágio a notocorda se encontra completamente flexionada, a nadadeira embrionária é totalmente absorvida e surgem as primeiras escamas.

Na fase de Larval Vitelino do matrinxã (Figura 2A) a nadadeira embrionária mostrou-se bastante evidente e desenvolvida, além de ter sido possível a visualização do botão das nadadeiras peitorais. Foi possível verificar o início da pigmentação nos olhos através de cromatóforos puntiformes, a ausência de outros tipos de cromatóforos pelo restante do corpo e a presença do órgão adesivo (Figura 3) no topo da cabeça. A boca e o ânus estavam fechados, porém o intestino já era perceptível. Os miômeros e a notocorda também eram visíveis.

A fase Pré-flexão (Figura 2B) foi marcada pela abertura da boca e do ânus, sendo possível verificar um maior desenvolvimento do sistema digestório. Foi perceptível a voracidade após a abertura da boca, momento em que se observou canibalismo. A musculatura encontrou-se mais desenvolvida e o corpo com cromatóforos puntiformes e dendríticos dispersos, principalmente na região hipoaxial da musculatura. Notocorda retilínea e nadadeira embrionária e saco vitelino presentes. Olhos bem delimitados e complexos e cabeça acompanhando o eixo do corpo.

A fase de Flexão (Figura 2C) foi caracterizada pela flexão da notocorda, absorção de partes da nadadeira embrionária e o surgimento dos raios da nadadeira caudal sustentados pelos ossos hipurais além da segmentação dos raios da nadadeira anal. A pigmentação corporal tornou-se mais evidente com cromatóforos dendríticos nas regiões dorsal da cabeça, maxilar, mandibular, pré-opercular e na porção superior da parede abdominal. Foi possível verificar também musculatura bem desenvolvida e pigmentada em sua maioria por cromatóforos dendríticos, poucos puntiformes. Ainda notou-se a região muscular próxima à nadadeira caudal bastante pigmentada. Na região da cabeça observou-se o avançado desenvolvimento do olho e da boca e desaparecimento do órgão adesivo.

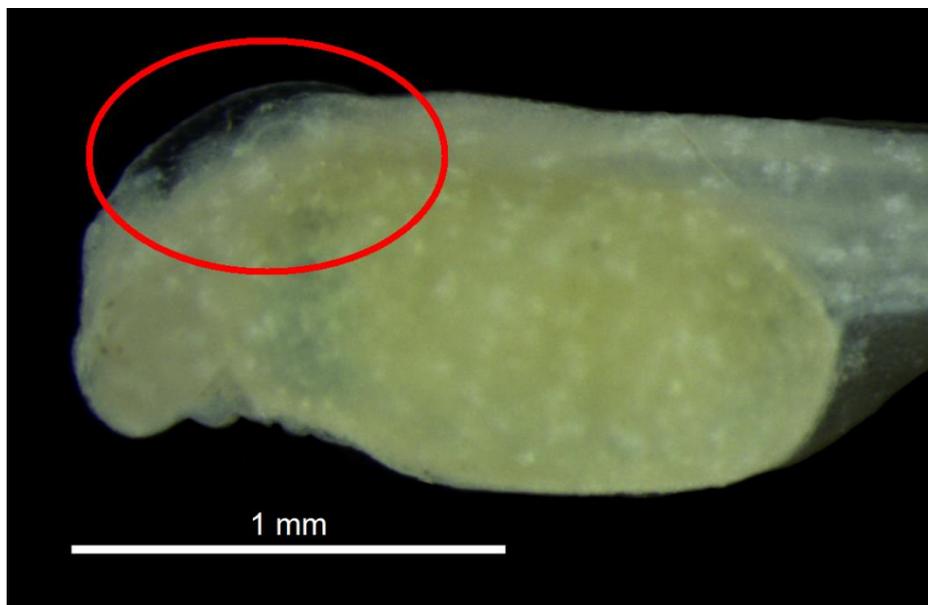
Na última fase, Pós-flexão (Figura 2D), a pigmentação corporal se intensificou evidenciando cromatóforos dendríticos e puntiformes em maior proporção, especialmente nas regiões epi e hipoaxial da musculatura, cabeça e porção superior do sistema digestório. Houve diminuição da pigmentação na região anterior à nadadeira caudal e maior alargamento da musculatura da área. O opérculo ósseo tornou-se mais visível e desenvolvido, além de a boca e o olho estarem em conformação mais complexa. Notocorda totalmente flexionada, raios das nadadeiras dorsal e anal mais evidentes e raios da nadadeira caudal bem desenvolvidos. Nesta fase ainda não há o surgimento dos botões das nadadeiras pélvicas.

As nadadeiras surgiram gradualmente e não estiveram presentes em todas as fases. A nadadeira peitoral só foi perceptível a partir da fase Pré-flexão, apesar de seu botão já estar presente na fase de Larval Vitelino. As nadadeiras dorsal e anal puderam ser visualizadas a partir da fase Flexão. Já as nadadeiras pélvicas não foram registradas nas larvas durante o período analisado.



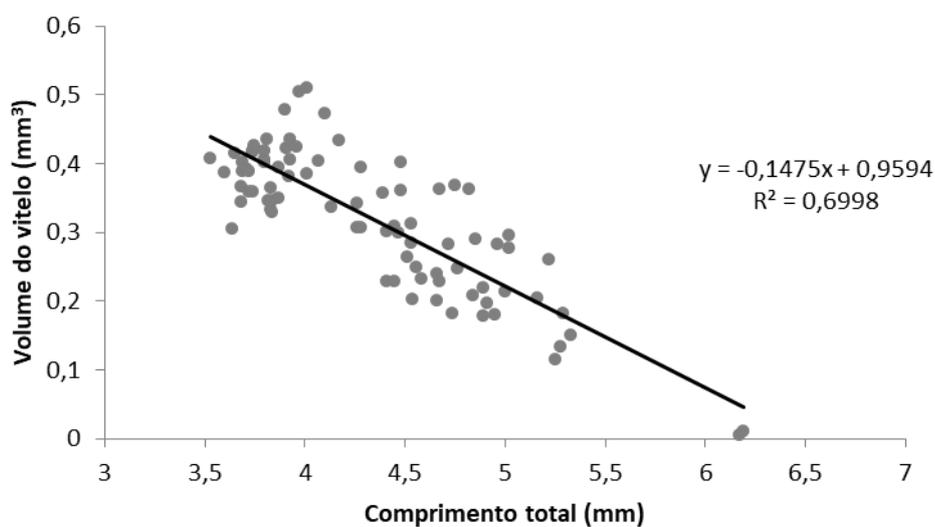
**Figura 2.** Desenvolvimento larval de *Brycon orthotaenia*: Larval Vitelino (A), Pré-flexão (B), Flexão (C) e Pós-flexão (D).

Nas larvas de *B. orthotaenia* o órgão adesivo (Figura 3) foi observado na região dorsal da cabeça e foi mais evidente na fase de Larval Vitelino, persistindo no estágio de Pré-flexão. Nas fases posteriores a estrutura não foi notada.



**Figura 3.** Órgão adesivo – destacado em vermelho – em larva de *Brycon orthotaenia*, Larval Vitelino.

O vitelo persistiu após a eclosão e acompanhou a larva apenas nas duas primeiras fases larvais, Larval Vitelino e Pré-flexão, variando de 0,51mm<sup>3</sup> a 0,005 mm<sup>3</sup>. A variação no volume do vitelo mostrou uma relação inversa com o tamanho do corpo associado à sua absorção (Figura 4).



**Figura 4.** Consumo de vitelo em larvas de *Brycon orthotaenia*, dos períodos Larval Vitelino e Pré-flexão, de acordo com o crescimento corporal.

As larvas de *B. orthotaenia* eclodiram 15 horas após a fecundação com comprimento total médio de 3,79 mm, atingindo 13,07 mm na última fase larval (Tabela 3). O crescimento médio foi de 9,28 mm em um intervalo de 5 dias, representando um aumento de 3,4 vezes.

A altura do corpo apresentou como menor medida absoluta o valor de 0,73 mm, já o maior valor registrado para essa medida ocorreu na última fase e foi de 3,46 mm. Dessa forma, variou 2,73 mm da fase inicial à fase final, aumentando 4,7 vezes. Com a menor medição 0,73 mm e a maior 3,46 mm. O comprimento da cabeça foi de 0,44 mm a 3,45 mm, sendo a variação entre as fases larvais de 3,01 mm, aumento de 7,8 vezes. A altura da cabeça variou bastante, de 0,27 mm a 2,55 mm (Tabela 3), desse modo, a diferença foi de 2,28 mm, o que representa um aumento de 9,4 vezes.

O diâmetro do olho variou bastante entre a primeira e a última fase. Em Larval Vitelino a menor medida foi de 0,10 mm e, ao final, em Pós-flexão, a maior medida foi 0,84 mm (Tabela 3). Dessa forma, a variação foi de 0,74 mm, aumento de 8,4 vezes.

A variação na distância entre o focinho e a abertura anal, entre a primeira e a última fase, foi de 7,0 mm. Os valores absolutos foram de 2,01 mm em Larval Vitelino a 9,01 mm em Pós-flexão (Tabela 3), representando aumento de 4,48 vezes.

Tabela 3. Dados morfométricos obtidos de larvas de *Brycon orthotaenia*.

Período Estágios Tempo Número de indivíduos Medidas (mm)	Larval							
	Larval vitelino		Pré-flexão		Flexão		Pós-flexão	
	20h - 27h		28h - 61h		67h - 91h		120h - 144h	
	41		70		71		11	
	x ± dp	amp	x ± dp	amp	x ± dp	amp	x ± dp	amp
Comprimento total	3,79 ± 0,22	2,78 - 4,17	5,28 ± 0,91	4,13 - 7,59	8,68 ± 0,79	7,24 - 10,76	13,07 ± 1,33	11,19 - 14,65
Comprimento padrão	3,67 ± 0,21	2,72 - 4,05	5,01 ± 0,86	3,96 - 7,26	8,24 ± 0,63	7,01 - 9,69	11,88 ± 1,28	10,21 - 13,50
Comprimento do focinho	0,20 ± 0,03	0,11 - 0,26	0,30 ± 0,08	0,18 - 0,47	0,52 ± 0,08	0,37 - 0,75	0,76 ± 0,09	0,60 - 0,94
Diâmetro do olho	0,21 ± 0,04	0,10 - 0,3	0,28 ± 0,05	0,19 - 0,42	0,45 ± 0,04	0,37 - 0,54	0,68 ± 0,10	0,54 - 0,84
Comprimento da cabeça	0,58 ± 0,08	0,44 - 0,77	0,98 ± 0,27	0,58 - 1,66	2,01 ± 0,24	1,45 - 2,61	2,92 ± 0,39	2,39 - 3,45
Altura da cabeça	0,50 ± 0,10	0,27 - 0,68	0,92 ± 0,20	0,62 - 1,32	1,52 ± 0,15	1,23 - 1,95	2,24 ± 0,24	1,92 - 2,55
Altura do corpo	0,95 ± 0,07	0,73 - 1,09	1,09 ± 0,18	0,86 - 1,64	1,91 ± 0,25	1,26 - 2,48	2,92 ± 0,35	2,39 - 3,46
Focinho-abertura anal	2,62 ± 0,12	2,01 - 2,81	3,30 ± 0,56	2,62 - 4,73	5,53 ± 0,50	4,67 - 2,89	8,05 ± 0,87	6,92 - 9,01
Focinho-nadadeira peitoral	na	na	1,23 ± 0,27	0,94 - 1,91	1,98 ± 0,20	1,65 - 2,58	3,08 ± 0,21	2,66 - 3,36
Focinho-nadadeira dorsal	na	na	na	na	4,14 ± 0,42	3,38 - 5,55	6,16 ± 0,67	5,22 - 7,07
Focinho-nadadeira anal	na	na	na	na	5,39 ± 0,50	4,56 - 6,72	7,95 ± 0,79	6,77 - 8,90
Focinho-nadadeira pélvica	na	na	na	na	na	na	na	na

x ± dp = média e desvio padrão

amp = amplitude de variação dos valores

na = nadadeira ausente

Tempo = horas pós-fecundação

## 5. DISCUSSÃO

*Brycon orthotaenia* apresenta ovos não adesivos pequenos e alta fecundidade, características de espécie migradora que não apresenta cuidado parental (SATO *et al.*, 2003; RIZZO & GODINHO, 2003; GONÇALVES *et al.*, 2006). Para espécies com esta estratégia de vida o espaço perivitelino é bem desenvolvido e serve para proteger o embrião contra choques mecânicos e abrasão, além de auxiliar nas trocas gasosas (LAKE, 1967). Outras espécies migradoras como *Leporinus friderici* Bloch 1794 e *Pseudoplatystoma coruscans* Spix & Agassiz 1829 também apresentam ovos numerosos e com espaço perivitelino desenvolvido (CARDOSO *et al.*, 1995; SANCHES *et al.*, 2001). Em contrapartida, espécies sedentárias e que apresentam cuidado parental como *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876, possuem ovos adesivos grandes com espaço perivitelino pequeno e baixa fecundidade (SATO, 1999; SATO *et al.*, 2003; ASSEGA *et al.*, 2016).

O desenvolvimento das fases iniciais está associado tanto à estratégia reprodutiva quanto à temperatura da água. Espécies guardadoras ou com ovos adesivos costumam apresentar um desenvolvimento mais demorado, ao passo que as espécies que não apresentam cuidado parental tendem a se desenvolver mais rápido (SANCHES *et al.*, 2001). A temperatura da água também exerce um importante papel, com temperaturas maiores acelerando o desenvolvimento (PEPIN, 1991). A temperatura é fator determinante na velocidade do desenvolvimento. Temperaturas mais elevadas aceleram o metabolismo de animais ectotérmicos e proporcionam um desenvolvimento mais rápido, pois o aumento da temperatura causa modificações nas enzimas durante a organogênese, principalmente em espécies de peixes tropicais (RANA, 1990; POLO *et al.*, 1991; LEME DOS SANTOS, 1995; JOHNSTON E VIEIRA, 1996, OJANGUREN & BRAÑA, 2003). Apesar disso, as espécies apresentam temperaturas ótimas que proporcionam a melhor velocidade de desenvolvimento, e espécies de localidades frias apresentam desenvolvimento mais eficiente em temperaturas baixas, sendo que o aumento acarreta diminuição da taxa de eclosão (LAHNSTEINER *et al.*, 2012).

As espécies do gênero *Brycon* sofrem influência da temperatura no seu desenvolvimento inicial (SAMPAIO, 2006). A embriogênese de *B. orthotaenia* durou 15 horas a uma temperatura média de 27° C. As fases embrionárias ocorreram em intervalos de tempo curtos, o que é característico de espécies migradoras que não apresentam cuidado parental e possuem estratégia reprodutiva sazonal (SATO *et al.*, 2003). Outras espécies do mesmo gênero, *Brycon orbignyanus* Valenciennes, 1850 e

*Brycon nattereri* Günther, 1864, apresentaram desenvolvimento embrionário mais lento que *B. orthotaenia*, cerca 18 horas e 30 minutos para *B. orbignyana* a uma temperatura de 25°C (REYNALTE-TATAJE *et al.*, 2004) e aproximadamente 50 horas a uma temperatura de 19°C para *B. nattereri* (MARIA *et al.*, 2017). O tempo para os eventos da embriogênese também estão relacionados à temperatura, sendo o fechamento do blastóporo com a formação do saco vitelino ocorrendo 6 horas após a fecundação em *B. orthotaenia* e 6 horas e 30 minutos para *B. orbignyana* (REYNALTE-TATAJE *et al.*, 2004). Já em *B. nattereri*, o saco vitelino formou-se 26 horas após a fecundação (MARIA *et al.*, 2017), mostrando a influência da temperatura no desenvolvimento.

Foi possível observar todas as fases larvais de *B. orthotaenia* em um período de aproximadamente 5 dias. O rápido desenvolvimento é fundamental para peixes com esta estratégia de vida que não apresentam cuidado parental (Sato *et al.*, 2003). Por outro lado, *B. nattereri* apresentou um desenvolvimento larval lento e a fase de Flexão foi observada apenas no 14º dia, sendo esta a última etapa do desenvolvimento acompanhada pelo estudo de Maria *et al.* (2017).

Na fase Larval Vitelino a presença do órgão adesivo foi bem evidente. Esse órgão, presente no matrinxã e em outras espécies migradoras (MORAIS FILHO & SCHUBART, 1955; SATO *et al.*, 1997; GODINHO *et al.*, 2003), é uma estrutura importante para os primeiros momentos de vida fora do ovo, pois auxilia na manutenção das larvas na película superficial da água (GODINHO *et al.*, 2003), como também permite que fiquem aderidas a substratos (SAMPAIO *et al.*, 2006). O órgão adesivo de *B. orthotaenia* apresenta células prismáticas com núcleo basal e microrrugosidades na superfície celular, além de projeções citoplasmáticas apicais (SAMPAIO *et al.*, 2006). A regressão do órgão adesivo coincide com o surgimento das nadadeiras peitorais e desenvolvimento da musculatura. A partir deste momento as larvas adquirem maior independência e os movimentos na coluna d'água deixam de ser verticais, sendo fundamentais no ambiente natural porque passam a nadar horizontalmente em busca de alimento e refúgio.

O vitelo foi a única fonte energética da larva de *B. orthotaenia* na fase Larval Vitelino devido à boca e ao ânus estarem fechados. Na fase de Pré-flexão o vitelo mostrou decréscimo progressivo no volume, sendo totalmente consumido 34 horas após a eclosão. O consumo acelerado do vitelo associado ao crescimento da larva se justifica por essa fase ter sido marcada pela abertura da boca e do ânus e pelo consequente início da alimentação exógena, o que mostra a importância da sincronia na formação dessas

estruturas e também o rápido consumo de vitelo. Em *B. nattereri* o vitelo demorou para ser consumido totalmente, ocorrendo seu término 11 dias após a eclosão (MARIA *et al.*, 2017).

*Brycon orthotaenia* abriu a boca na fase de Pré-flexão, por volta da 13ª hora após a eclosão, momento em que o trato digestório estava completamente formado e pronto para o início da alimentação exógena. *Brycon nattereri* abriu a boca 3 dias após a eclosão (MARIA *et al.*, 2017). Isso indica que as estruturas orais poderiam não estar completamente formadas, visto que ainda se encontrava na fase de Larval Vitelino e o suprimento endógeno ainda era a principal contribuição para o desenvolvimento da larva. Por outro lado, *B. orbignyanus* abriu a boca 10 horas e 30 minutos após eclodir (REYNALTE-TATAJE *et al.*, 2004), mesmo que seu desenvolvimento embrionário tenha sido mais lento que *B. orthotaenia*.

A abertura da boca é um momento crucial para o manejo em cativeiro de espécies de peixes, principalmente aquelas que estão em risco de extinção, pois com essa informação a alimentação exógena pode ser iniciada no tempo correto, evitando perdas por canibalismo. O que aumenta a taxa de indivíduos aptos ao repovoamento no ambiente natural (ZANIBONI FILHO *et al.*, 2006). Quando o vitelo é totalmente absorvido as larvas utilizam os recursos disponíveis no meio para continuar seu desenvolvimento, e neste momento estruturas corporais, musculatura e órgãos de digestão estão aptos ao funcionamento (HUNT VON HERBING *et al.*, 1996; LIEM, 1997; YÚFERA & DARIAS, 2007).

As larvas de *B. orthotaenia* apresentaram tendências ao canibalismo na fase de Pré-flexão, logo após a abertura da boca. Já *Brycon orbignyanus* mostrou forte canibalismo, mesmo com presença de algum vitelo (REYNALTE-TATAJE *et al.*, 2004). Diferentemente, *B. nattereri* não apresentou canibalismo em nenhum momento dos primeiros 15 dias de vida (MARIA *et al.*, 2017). Esse tipo de comportamento pode estar associado aos diferentes tamanhos dos indivíduos em uma população, pouco alimento disponível e à alta densidade populacional, em que indivíduos que eclodem primeiro se alimentam daqueles que eclodiram tardiamente (HECHT & PIENAAR, 1993; PINE III *et al.*, 2000). Esse tipo de estratégia permite redução na competição já que uma faixa etária se desenvolve mais que a subsequente, amplamente eliminada, e uma terceira faixa etária sobrevivente somente poderá se desenvolver quando a primeira já estiver estabelecida (CLAESSEN *et al.*, 2004). O ambiente em que a larva se encontra também influencia no comportamento canibal. Algumas espécies de *Brycon* se

alimentam de seus congêneres em cativeiro caso não haja alimento neste momento crucial, não havendo registro na literatura de canibalismo natural (BARAS *et al.*, 2000; PEREIRA, 2016). Já em espécies de altas latitudes o canibalismo pode ocorrer por ser a única fonte piscívora em regiões com baixa diversidade (GRIFFITHS, 1994; PEREIRA, 2016).

A fim de evitar canibalismo e aumentar a sobrevivência das larvas em pisciculturas nessa etapa em que não há mais nutrição somente pelo vitelo, investe-se em alimentos vivos que têm se mostrado a melhor alternativa para minimizar o canibalismo (CECCARELLI, 1997) e também alteração em outros parâmetros como estudos de densidade do cultivo (COSTA, 2002; SACCOL-PEREIRA & NUÑER, 2003), temperatura (ZANIBONI FILHO *et al.*, 1998), salinidade (MAFFEZZOLLI, 2000), oxigênio dissolvido (WEINGARTNER, 1997), formato de tanques (PEREIRA, 2002), turbidez da água (REYNALTE *et al.*, 2001), cores de aquários (COSTA, 2011, PEDREIRA *et al.*, 2008) e fotoperíodo (REYNALTE *et al.*, 2002). Para espécies com algum status de ameaça, essas iniciativas são de extrema importância porque estão associadas à recuperação dos estoques naturais, como as espécies do gênero *Brycon* (ZANIBONI FILHO *et al.*, 2006).

*Brycon orthotaenia* é uma espécie ameaçada de extinção que enfrenta problemas ambientais graves para se reproduzir naturalmente em alguns trechos do rio São Francisco (SATO & GODINHO, 2003; REIS & LIMA, 2009; BRITO & MAGALHÃES, 2017; D'AVILLA *et al.*, 2017). A reprodução artificial representa uma alternativa que visa restabelecer a população através de programas de reestocagem (RUHLÉ, 1996; PLANELLES & REYNA, 1996; KOURIL *et al.*, 1996). Dessa forma, estudos das etapas iniciais de vida de espécies com algum grau de ameaça se tornam importantes ferramentas para o conhecimento, para o melhor manejo e para obtenção de melhores resultados nos programas de reestocagem (SATO *et al.*, 2003), juntamente com ações de restauração ambiental (BRITO & MAGALHÃES, 2017).

O presente estudo acompanhou e caracterizou as fases embrionária e larval do matrinxã *Brycon orthotaenia*, determinando a duração de cada uma delas. Além disso foi possível acompanhar as mudanças morfológicas com o surgimento das principais estruturas nos ovos e nas larvas, o que possibilitou acompanhar o crescimento através das medidas realizadas. Foi possível verificar também eventos importantes como a abertura da boca, a evolução no consumo do vitelo e o canibalismo, informações

cruciais para o cultivo em cativeiro, principalmente para espécies com algum grau de ameaça e dependentes de programas de reestocagem.

## 6. REFERÊNCIAS

Abell, R. *et al.* **Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation.** *BioScience*, v. 58, n. 5, p. 403-414, 2008.

Albert, J. S.; R. E. Reis. **Introduction to Neotropical Freshwaters.** In: ALBERT, J. S.; R. E. REIS (Ed) *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes.* Berkeley. University of California Press, p. 3-19, 2011.

Alves, C. B. M.; Vieira, F.; Pompeu, P. S. **Ictiofauna da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.** Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – MMA, p. 226-241, 2011.

Amano, M.; Yamanome, T.; Yamada H.; Okuzawa K.; Yamamori K. **Effects of photoperiod on gonadotropinreleasing hormone levels in the brain and pituitary of underyearling male barfin flounder.** *Fish Science*, v. 70, n. 5, p. 812-818, 2004.

Amorim, D. S.; Pires, M. R. S. **Neotropical biogeography and a method for maximum biodiversity estimation.** In: BICUDO, C. E. M.; MENEZES, N. A. *Biodiversity in Brazil: a first approach: proceedings.* São Paulo: CNPq, p. 183-219, 1996.

Assega, F. M; Birindelli, J. L. O; Bialetzki, A; Shibatta, O. A. **External Morphology of *Lophosilurus alexandri* Steindachner, 1876 during Early Stages of Development, and Its Implications for the Evolution of Pseudopimelodidae (Siluriformes).** *Plos One*, v. 11, n. 4, p. 1-20, 2016.

Baras, E.; Ndao, M.; Maxi, M. Y. J. *et al.* **Sibling cannibalism in dorada under experimental conditions: I. Ontogeny, dynamics, bioenergetics of cannibalism and prey size selectivity.** *Journal of Fish Biology*, v. 57, n. 4, p. 1001-1020, 2000.

Biswas, A. K.; Takeuchi, T. **Effect of different photoperiod cycles on metabolic rate and energy loss of both fed and unfed adult tilapia *Oreochromis niloticus*: Part II.** Fish Science, v. 68, n. 3, p. 543-553, 2002.

Brito, M. F. G.; Bartolette, R., D'ávilla, T., Gomes, M. V. T., Dias-Filho, V. A. **Reappearance of matrinxã *Brycon orthotaenia* (Characiformes: Bryconidae) in the lower São Francisco river, Brazil.** AACL Bioflux, v. 9, n. 5, p. 949-953, 2016.

Brito, M. F. G.; Magalhães, A. L. B. . **Brazil's development turns river into sea.** Science, v. 358, n. 6360, p. 1-179, 2017.

Cardoso, E. L. *et al.* **Embryogenesis of the neotropical freshwater Siluriforme *Pseudoplatystoma coruscans*.** Aquatic Living Resource, Paris, v. 8, n. 4, p. 343-346, 1995.

CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **A Bacia – Biomass.** Disponível em <<http://cbhsaofrancisco.org.br/2017/a-bacia/>>. Acesso em 24 Set. 2017.

Ceccarelli, P. S. **Canibalismo em larvas de matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869).** Instituto de Biociências de Botucatu. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 92 p., 1997.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte, 158p., 1983.

Claessen, D.; de Roos, A. M.; Persson, L. **Population dynamic theory of size-dependent cannibalism.** Proceedings of the Royal Society London B, v. 271, n.1537, p. 333–340, 2004.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução n. 32, de 15 de outubro de 2003.** Anexo I. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 3p., 2003.

Cossins, A. R.; Crawford, D. L. **Fish as models for environmental genomics.** Nature, v. 6, n. 4, p. 324-333, 2005.

Costa, R.; Zaniboni Filho, E.; Reynalte-Tataje, D. A.; Meurer, S.; Nuñez, A. P. O. **Efeito da densidade na alevinagem da piracanjuba, *Brycon orbignyanus*.** In: XXIV

Congresso Brasileiro de Zoologia. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia. Resumos. Itajaí, p. 281, 2002.

D'avilla, T.; Gomes, M. V. T.; Brito, M. F. G. **A percepção dos pescadores e a educação ambiental como subsídios para a conservação do Baixo São Francisco.** *Ecologias Humanas: Revista da Sociedade Brasileira de Ecologia Humana*, v. 3, p. 98-119, 2017.

Eschmeyer, W. N.; Fong, J. D. **Catalog Of Fishes: Genera, Species, References.** Disponível em <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Acesso em 05 Fev. 2018.

Falcón, J.; Migaud, H.; Muños-Cueto, J. A. E.; Carrillo, M. **Current knowledge on the melatonin system in teleost fish.** *General and Comparative Endocrinology*, v. 165, n. 3, p. 469-482, 2010.

Godinho, H. P.; Godinho, A. L. **Introdução.** In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (Ed.) *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais.* PUC Minas, p. 18-24, 2003.

Godinho, H. P.; Santos, J. E.; Sato, Y. **Ontogênese larval de cinco espécies de peixes do São Francisco**, p. 133-148. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (Ed.) *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*, Belo Horizonte: CNPq/PADCT, Editora PUC Minas, p. 116-133, 2003.

Goldani, A. **Biogeografia Histórica da região Neotropical: Análise de Parcimônia de Endemismo com dados distribucionais de peixes.** *Revista Eletrônica de Biologia*, v. 5, n. 3, p. 12-41, 2012.

Gonçalves T. L.; Bazzoli N.; Brito, M. F. G. **Gametogenesis and reproduction of the matrinxã *Brycon orthotaenia* (GÜNTHER, 1864) (PISCES: CHARACIDAE) in the São Francisco river, Minas Gerais, Brazil.** *Brazilian Journal of Biology*, vol. 66, n. 2, p. 513-522, 2006.

Griffiths, D. **The size structure of lacustrine Arctic charr (Pisces: Salmonidae) populations.** *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 51, n. 3, p. 337-357, 2008.

Hecht, T.; Pienaar, G. A. **Review of cannibalism and its implications in fish larviculture.** J. World Aquaculture. Society., Louisiana, v.24, n.2, p. 247-261, 1993.

Hunt von Herbing, I.; Miyake, T.; Hall, B. K.; Boutilier, R. G. **Ontogeny of feeding and respiration in larval Atlantic cod *Gadus morhua* (Teleostei, Gadiformes): II. Function.** Journal of Morphology v. 227, p. 37–50, 1996.

IUCN – The IUCN Red List of Threatened Species. ***Brycon orthotaenia***. Disponível em <<http://www.iucnredlist.org/details/167744/0>>. Acesso em Dez. 2017.

Izquierdo, M. S., Fernandez-Palacios, H.; Tacon, A. G. J. **Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish.** Aquaculture, v. 197, n. 1-4, p. 25-42, 2001.

Johnston, I. A.; Vieira, V. L. A. Larval development in the tambaqui (*Colossoma macropomum*) and curimatã-pacu (*Prochilodus marggravii*). In VAL, A. L.; ALMEIDA-VAL, V. M. F.; RANDALL D. J. (Ed.) Physiology and Biochemistry of Fishes of the Amazon. Manaus: Inpa, p. 43-55, 1996.

Kohler, H. C. **Aspectos Geocológicos da Bacia Hidrográfica do São Francisco (Primeira Aproximação na Escala 1:1.000.000).** In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. PUC Minas, p. 25-35, 2003.

Kouril, J.; Hamáckova, J.; Adámek, Z.; Sukop, I.; Stinbranyiová, I.; Vachta, R. **The artificial propagation and culture of young weatherfish (*Misgurnus fossilis* L.).** In: KIRCHHOFER, A.; HELFTI, D. Conservation of endangered freshwater fish in Europe. Birkhäuser Verlag, p. 305-310, 1996.

Lahnsteiner, F.; Kletzl, M.; Weismann, T. **The effect of temperature on embryonic and yolk-sac larval development in the burbot *Lota lota*.** Journal of Fish Biology, v. 81, n. 3, p. 977–986, 2012.

Lake, J. S. **Rearing experiments with five species of Australian freshwater fishes – II. Morphogenesis and ontogeny.** Australian Journal of Marine and Freshwater Research, v. 18, n. 2, p. 155-176, 1967.

Leme Dos Santos, H. S. **Anatomia microscópica dos ovos de teleósteos nas diferentes etapas do desenvolvimento embrionário**. In: Semana Sobre Histologia de Peixes da Fcavj-Unesp. Jaboticabal, FCAVJ-Unesp, 1995.

Liem, K. F. **Developmental analysis of a functional complex that defines Amia and the Teleostei**. South African Journal of Science, v. 93, n. 11, p. 523–528, 1997.

Maffezzolli, G.; Reynalte-Tataje, D. A. **Efeito da salinidade na sobrevivência de larvas de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) e piaçu (*Leporinus macrocephalus*)**. In: VI Enbrapoa - Encontro Brasileiro de Patologistas de Organismos Aquáticos e II Elapoa - Encontro Latino-Americano de patologistas de Organismos Aquáticos. Resumos. Florianópolis, p.185, 2000.

Maria, A. N.; Ninhaus-Silveira, A.; Orfão, L. H.; Viveiros, A. T. M. **Embryonic development and larval growth of *Brycon nattereri* Günther, 1864 (Characidae) and its implications for captive rearing**. Zygote, Cambridge University Press, v. 25, n. 6, p. 711-718, 2017.

Mattos, B. O.; Costa, A. C.; Leal, R. S.; Freitas, R. T. F.; Pimenta, M. E. S. G.; Freato, T. A. **Desempenho produtivo de *Brycon orthotaenia* em tanques-rede sob diferentes densidades de estocagem**. Ciência Rural, Santa Maria, Online, 2013. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010384782013005000058&script=sci\\_abstrat&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010384782013005000058&script=sci_abstrat&lng=pt)>. Acesso em 24 Set. 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Recursos Hídricos**. GEO Brasil: Brasília, Agência Nacional de Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 62 p., 2007.

Morais Filho, M. B.; O. Schubart. **Contribuição ao estudo do dourado (*Salminus maxillosus* Val.)**. São Paulo: Ministério da Agricultura, Divisão de Caça e Pesca, 131 p., 1955.

Morales, J. **Aquicultura Marina Animal**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, p. 663, 1986.

Mylonas, C. C.; Fostier, A.; Zanuy, S. **Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction**. *General Comparative Endocrinology*, v.165, n. 3, p. 516-534, 2010.

Nakatani, K.; Agostinho, A. A.; Baumgartner, G.; Bialecki, A.; Sanches, P. V.; Makrakis, M. C.; Pavanelli, C. S. **Ovos e larvas de peixes de água doce: biologia da reprodução de peixes**. Maringá: EDUEM, p. 5-11, 2001.

Navarro, F. K. S. P.; Navarro, R. D. **Importância do fotoperíodo no crescimento e na reprodução de peixes**. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*. Belo Horizonte, v. 36, n. 2, p. 94-99, 2012.

Navarro, F. K. S. P.; Navarro, R. D. **Importância do fotoperíodo no crescimento e na reprodução de peixes**. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 36, n. 2, p. 94-99, 2012.

Ojanguren, A. F.; Braña, F. **Thermal dependence of embryonic growth and development in brown trout**. *Journal of Fish Biology*, v. 62, n. 3, p. 580-590, 2003.

Papavero, N. Teixeira, D. M.; Llorente-Bousquet, J. **História da Biogeografia no período Pré-evolutivo**. São Paulo: Plêiade/Fapes, 258p., 1997.

Pedreira, M. M.; Luz, R. K.; Santos, J. C. E.; Mattioli, C. C.; Silva, C. L. **Larvicultura de matrinxã em tanques de diferentes cores**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 10, 2008.

Pepin, P. **Effect of temperature and size on development, mortality, and survival rates of pelagic early life history stages of marine fish**. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 48, p. 503 – 518, 1991.

Pereira, A. S. **Larvicultura da piracanjuba, *Brycon orbignyanus* Valenciennes, 1849 (Characiformes, Characidae) em diferentes densidades, dietas e formatos de tanque**. Programa de Aqüicultura. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

Pereira, L. S.; Agostinho, A. A. **Canibalismo em Peixes**. Maringá, 185 p., 2016.

Pereira, L. S.; Keppeler, F. W.; Winemiller, K. O.; Agostinho, A. A. **Efeitos da riqueza e latitude no canibalismo em peixes: Uma abordagem experimental**. Maringá, 2016.

Pine III, W. E.; Ludsin, S. A.; De Vries, D. R. **First-summer survival of largemouth bass cohorts: Is early spawning really**. Transactions American Fish Society, v. 129, n. 2, p. 504-513, 2000.

Planelles, M. & S. Reyna. **Conservation of samaruc, *Valencia hispanica* (Valenciennes, 1846), (Pisces, Cyprinodontidae), an endemic and endangered species, in the community of Valencia (east Spain)**. In: KIRCHHOFER, A.; HELFTI, D. Conservation of endangered freshwater fish in Europe. Birkhäuser Verlag, p. 329-335, 1996.

Polo, A.; Yúfera, M.; Pascual, E. **Effect of temperature on egg and larval development of *Sparus aurata* L.** Aquaculture, v. 92, p. 367–375, 1991.

Porto, M. F. A. & Porto, R. L. L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Dossiê das águas, p. 43-60, 2008.

Rana, K. J. **Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus* (L.) eggs and fry: I. Gross embryology, temperature tolerance and rates of embryonic development**. Aquaculture, v. 87, n. 2, p. 165-181, 1990.

Reis, R. & Lima, F. ***Brycon orthotaenia*, 2009**. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T167744A6375829.en>. Acesso em 20 Jul. 2017.

Reynalte-Tataje, D. A.; Luz, R. K.; Meurer, S.; Zaniboni Filho, E.; Nuñez, A. P. O. **Influência do fotoperíodo no crescimento e sobrevivência de pós-larvas de piracanjuba *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849) (Osteichthys, Characidae)**. Acta Scientiarum; v. 24, n. 2, p. 439-443, 2002.

Reynalte-Tataje, D. A.; Luz, R. K.; Silva, S. H.; Couto, M. S. R.; Nuñez, A. P. O *et al.* **Efeito da turbidez na sobrevivência e crescimento de pós-larvas de piracanjuba, *Brycon orbignyanus* (Osteichthyes, Characidae)**. In: Congresso de Ecologia do Brasil. Resumos. Porto Alegre, p. 36, 2001.

Reynalte-Tataje, D. A.; Zaniboni-Filho, E.; Esquivel, J. R. **Embryonic and larvae development of piracanjuba, *Brycon orbignyanus*, Valenciennes, 1849 (Pisces, Characidae)**. Acta Scientiarum, Biological Sciences, v. 26, n. 1, p. 67–71, 2004.

Ribeiro, C. S. & Moreira, R. G. **Environmental factors and fish reproduction**. Revista da Biologia, v. 8, p. 58-61, 2012.

Rizzo, E.; Godinho, H. P. **Superfície de Ovos de Peixes Characiformes e Siluriformes**. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L (Ed.) Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. PUC Minas, p. 115-132, 2003.

Ruhlé, C. **Decline and conservation of migrating brown trout (*Salmo trutta f. lacustris* L.) of Lake Constance**. In: KIRCHHOFER, A; HELFTI, D. Conservation of endangered freshwater fish in Europe. Birkhäuser Verlag, p. 203-211, 1996.

Sacol-Pereira, A.; Nuñez, A. P. O. **Utilização de diferentes densidades, dietas e formatos de tanque na larvicultura da piracanjuba *Brycon orbignyanus* Valenciennes, 1849 (Characiformes, Characidae)**. Acta Scientiarum: Biological Science, v.25, n. 1, p.55-61, 2003.

Sampaio, K. H.; Bazzoli, N.; Rizzo, E. **Superfície Ovocitária e Desenvolvimento Inicial de Quatro Espécies de Peixes de Interesse Comercial da Bacia do Rio São Francisco**. Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, 64 p., 2006.

Sanches, P. V; Baumgartner, G.; Bialecki, A.; Suiberto, M. R.; Gomes, F. D. C.; Nakatani, K.; Barbosa, N. D. C. **Caracterização do desenvolvimento inicial de *Leporinus friderici* (Osteichthyes, Anostomidae) da bacia do rio Paraná, Brasil**. Acta Scientiarum, Maringá, v. 23, n. 2, p. 383-389, 2001.

Sato, Y. **Reprodução de peixes da bacia do rio São Francisco: indução e caracterização de padrões**. São Carlos, UFSCar, 179 p., 1999.

Sato, Y.; Fenerich-Verani, N.; Godinho, H. P. **Reprodução Induzida de Peixes da Bacia do São Francisco**. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (Ed.) Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. PUC Minas, p. 275-289, 2003.

Sato, Y.; Fenerich-Verani, N.; Godinho, H. P.; Verani, J. R.; Vieira, L. J. S. **Reprodução induzida do matrinchã *Brycon lundii* Reinhardt, 1877, da bacia do rio São Francisco**, p.353-359. In: Seminário Regional de Ecologia, 8. São Carlos, UFSCar, 425 p., 1997.

Sato, Y.; Fenerich-Verani, N.; Nuñez, A. P.; Godinho, H. P.; Verani, J. R. **Padrões Reprodutivos de Peixes da Bacia do São Francisco**. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (Ed.) Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. PUC Minas, p. 229-274, 2003.

Sato, Y.; Godinho, H. P. **Migratory Fishes of the São Francisco River - Re-stocking programs**. In: CAROLSFELD *et al.* Migratory fishes of South America, p. 195-232, 2003.

Soares, B. E.; Bartolette, R.; Rosa, D. C. O.; Beserra, D. A.; Albrecht, M. P.; Brito, M. F. G. **Temporal variations in the feeding of the endangered Neotropical fish *Brycon orthotaenia* (Characiformes: Bryconidae) in the middle São Francisco River**. Studies on Neotropical Fauna and Environment, vol. 52, n. 3, p. 239-243, 2017.

Solis-Murgas, L. D.; Felizardo, V.O.; Ferreira, M. R.; Andrade, E.S.; Veras, G. C. **Importância da avaliação dos parâmetros reprodutivos em peixes nativos**. Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte, v.35, n. 2, p. 186-191, 2011.

Taylor, J. F.; Migaud H.; Porter, M. J. R. E.; Bromage, N. R. **Photoperiod influences growth rate and plasma insulin-like growth factor-I levels in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss***. General Comparative Endocrinology, v.142, n. 1-2, p.169-185, 2005.

Weingartner, M.; Perez, C. A. C.; Zaniboni Filho, E. **Influência do oxigênio dissolvido na água sobre o consumo de alimento, conversão alimentar e crescimento de piracanjuba, *Brycon orbignyianus***. In: VII Seminário de Iniciação Científica da UFSC. Resumos. Florianópolis, p. 217, 1997.

Welcomme, R. L. **Fisheries ecology of floodplain rivers**. New York: Longman, 317 p., 1979.

Yúfera, M; Darias, M. J. **The onset of exogenous feeding in marine fish larvae.** *Aquaculture*, v. 268, n. 1 – 4, p. 53-63, 2007.

Zaniboni Filho *et al.* **Cultivo de peixes em tanques-rede e impactos ambientais.** In: CARDOSO, E. L.; FERREIRA. R. M. A (Ed.) *Cultivo de peixes em tanques-rede: desafios e oportunidades para um desenvolvimento sustentável.* Belo Horizonte: EPAMIG, p. 57-80, 2006.

Zaniboni Filho, E.; Reynalte-Tataje, D.; Weingartner, M. **Potencialidad del género *Brycon* en la piscicultura brasileña.** *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v. 19, n. 2, p. 233-240, 2006.

Zaniboni Filho, E.; Weingartner, M.; Perez, C. A. C. **Efeito da temperatura e da concentração do oxigênio dissolvido sobre o crescimento e desempenho alimentar da piracanjuba, *Brycon orbignyanus*.** In: I Congresso Sul Americano de Aquicultura. Resumos. Recife, p. 136, 1998.