

# RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 27/12/2023.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA**

**MAIARA LUZIA GRIGOLI OLIVIO**

**CINÉTICA DO DESENVOLVIMENTO OOCITÁRIO E CARACTERIZAÇÃO  
OVARIANA DA PIRACANJUBA, *Brycon orbignyanus* (BRYCONIDAE) MANTIDAS  
EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO NOS TRÊS PRIMEIROS ANOS DE VIDA**

**Ilha Solteira  
2022**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL -  
CTA**

**MAIARA LUZIA GRIGOLI OLIVIO**

**CINÉTICA DO DESENVOLVIMENTO OOCITÁRIO E CARACTERIZAÇÃO  
OVARIANA DA PIRACANJUBA, *Brycon orbignyanus* (BRYCONIDAE) MANTIDAS  
EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO NOS TRÊS PRIMEIROS ANOS DE VIDA**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Engenharia de Ilha Solteira - UNESP como  
parte dos requisitos para obtenção do título  
de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Profa. Dra. Rosicleire Veríssimo Silveira  
**Orientadora**

**Ilha Solteira  
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

O49c      Olivio, Maiara Luzia Grigoli.  
Cinética do desenvolvimento oocitário e caracterização ovariana da  
piracanjuba, *Brycon orbignyana* (Bryconidae) mantidas em sistema de  
recirculação nos três primeiros anos de vida / Maiara Luzia Grigoli Olivio. -- Ilha  
Solteira: [s.n.], 2022  
51 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Produção Animal, 2022

Orientador: Rosicleire Veríssimo Silveira  
Inclui bibliografia

1. Diâmetro celular. 2. Fases reprodutivas. 3. Idade. 4. Oócitos primários . 5.  
Peixes neotropicais . 6. Sistema de recirculação.

  
Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Cinética do desenvolvimento oocitário e caracterização ovariana da piraicanjuba *Brycon orbignyanus* (Bryconidae) mantidas em sistema de recirculação nos três primeiros anos de vida.

AUTORA: MAIARA LUZIA GRIGOLI OLIVIO

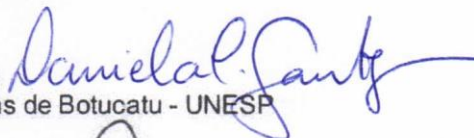
ORIENTADORA: ROSICLEIRE VERISSIMO SILVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:

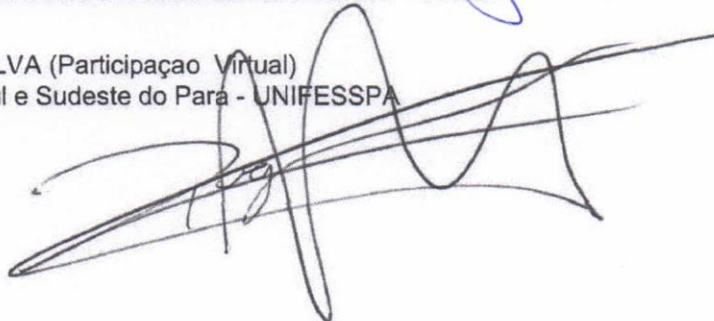
Profa. Dra. ROSICLEIRE VERISSIMO SILVEIRA (Participação Presencial)  
Departamento de Biologia e Zootecnia / FEIS/Unesp, Ilha Solteira-SP



Profa. Dra. DANIELA CARVALHO DOS SANTOS (Participação Virtual)  
Departamento de Biologia Estrutural e Funcional / Instituto de Biociencias de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. DIÓGENES HENRIQUE DE SIQUEIRA SILVA (Participação Virtual)  
Faculdade de Biologia / Universidade Federal do Sul e Sudeste do Para - UNIFESSPA



Ilha Solteira, 27 de junho de 2022

*Dedico este trabalho, a minha mãe Rosa por sempre me incentivar aos estudos, mulher guerreira, que move montanhas para se dedicar a todos em sua volta; meu pai, João, homem de coração bondoso e o primeiro a me socorrer quando mais preciso; meus irmãos, Miriam e Eidi por me espelhar aos seus esforços e dedicação; às minhas sobrinhas Isis e Vitória por transbordar alegria, renovando minhas energias com seus espíritos angelicais; A minha namorada Laís por acreditar no meu potencial, ser meu apoio e permanecer ao meu lado. Família, o bem mais precioso que temos!*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização desta pesquisa.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pela oportunidade de aprendizado e desenvolvimento acadêmico.

A financiadora deste trabalho que foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento: 88887.480650/2020-00.

A minha orientadora Rosicleire Veríssimo Silveira por aceitar conduzir o trabalho de pesquisa, ter confiado na minha capacidade e pelos ensinamentos de excelência e qualidade técnica durante estes anos. Muito obrigada pela oportunidade que me foi dada, por toda dedicação e motivação para este processo, a fim de presar todo o meu conhecimento e crescimento.

Ao professor Alexandre Ninhaus Silveira, pois o pouco contato que tive foi o suficiente para conhecer o seu empenho e profissionalismo com os orientados.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, Interunidades Ilha Solteira e Dracena, essencialmente a Édna Lorenzon pela disponibilidade de orientação ao regulamento. Assim como os funcionários e professores do Departamento de Biologia e Zootecnia - FEIS por todo o auxílio e suporte ao longo do Mestrado, especialmente ao Wilder, Sidival, Junior e Meiri.

Ao Laboratório de Ictiologia Neotropical - L.I.NEO por disponibilizar os materiais e equipamentos que contemplaram às análises e resultados da pesquisa.

A Patricia Postingel Quirino pela sua paciência, respeito, amizade e dedicação aos ensinamentos construtivos vindos de toda a sua experiência. Principalmente por auxiliar nas coletas biológicas e me disponibilizar parte de seu material de Doutorado. Obrigada por ser tão especial!

A Luciane Gomes da Silva por ser sempre minha companheira de laboratório e do manejo da estufa experimental de reprodução de peixes. Obrigada por apontar meus erros e acertos! Continue sempre está mulher comprometida nas suas metas e cuidadosa com todos em sua volta!

A todos os companheiros de Laboratório, mas não menos importantes: Bárbara Bianchini, Bárbara Ribeiro, Bianca, Bruna, Cariby, Crystal, Evillyn, Jéssica, Jordana, Laícia, Laís Borges, Lorena Pacheco, Luana, Malbelys, Maria Luiza, Marina, Stella, Vitória, Yane, Yasmin Forni e Yasmin Reis. Gratidão pela convivência diária e disposição em auxiliarem nos momentos necessários. Este trabalho tem um pouco de cada pessoa da equipe, seja de um aprendiz ou um ombro amigo.

A minha turma de Mestrado, André, Bianca Luany, Jéssica e Rafaela, que mesmo com a maioria das aulas sendo à distância, vocês foram fundamentais para o percurso das disciplinas.

A professora Rosemeire Filardi por ser sempre querida e paciente! As suas disciplinas foram valorosas para o desenvolvimento da escrita deste projeto.

Aos membros da Banca Examinadora de Qualificação: Diógenes Henrique de Siqueira Silva, Flávia Cristina Rodrigues Lisoni e Giovana Souza Branco. Muito obrigada pelo interesse e disponibilidade em contribuírem no meu trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora de Defesa: Daniela Carvalho dos Santos e Diógenes Henrique de Siqueira Silva. Muito obrigada por todas as considerações e contribuições promissoras que complementaram a dissertação.

Aos amigos de encontros que o Mestrado me presenteou, Bruna, Jéssica, Katherine, Lorena Moro, Stella, Valdomiro, Yane e Yasmim Forni. Em especial, Laícia e Luciane, por me acolherem no período que eu mais precisei. Muito obrigada pela amizade, carinho, risadas, choros, entre outros atributos que me fortaleceram para que permanecesse no foco do meu objetivo. Sozinhos não somos nada!

A minha mãe Rosa e pai João. Vocês são meus exemplos de simplicidade e honestidade, pois me ensinaram que podemos trilhar nosso caminho sempre com humildade. “Tudo o que é feito com muito amor e esforços, o universo conspira ao nosso favor para que nada seja em vão”. Aos meus irmãos Miriam e Eidi por todo apoio emocional e acreditarem na minha aptidão! Eu sou eternamente grata! Amo todos vocês!

A minha namorada Laís Bernini Agútoli por todo o amor e companheirismo! Você é minha motivação diária, sem a sua compreensão e paciência demonstrada durante o período deste trabalho, eu não chegaria até aqui. Muito obrigada por ser tão maravilhosa e sempre estar disposta para cuidar de nós! Te amo muito!

As minhas amigas de infância, adolescência e do resto da vida que muitas vezes não conseguimos nos reunir, mas continuamos torcendo uma pela à outra. “*As coisas mudam, todos crescemos, mas se a amizade é verdadeira ela permanece*” (Samuel Rocha).

Aos meus familiares e os familiares da minha namorada, amigos e professores de trabalho e da graduação, que mesmo estando longe ou perto de alguma maneira fizeram parte deste progresso. Meus sinceros agradecimentos!

Mas, também não posso esquecer de agradecer a mim mesma. Por não ter desistido de lutar dos meus sonhos e objetivos. Por ter aprendido a me valorizar, transformar e renovar meus pensamentos, pois, diante de todas as dificuldades encontradas do dia a dia, mantive firme, encorajada e responsável para que pudesse chegar até aqui.

**“O RESULTADO DO QUE FIZEMOS,  
NOS ESPERA MAIS ADIANTE”**

*Allan Kardec*

## RESUMO

Os peixes neotropicais migradores, quando mantidos em cativeiros nas pisciculturas, apresentam alterações no desenvolvimento ovariano no decorrer do processo da gametogênese, impedindo a maturação final dos oócitos. Assim, se faz necessário o entendimento das distintas particularidades das células germinativas da espécie para que não aconteça a supressão da reprodução. Deste modo, o objetivo deste estudo foi analisar o desenvolvimento de oócitos primários em estágio de diplóteno da piracanjuba, *Brycon orbignyanus* mantidas em sistema de recirculação até o terceiro ano de vida, em relação às mudanças no tecido ovariano, quando associados às fases reprodutivas e valores do índice gonadossomático (IGS) e hepatossomático (IHS). Para tal, foram utilizadas dezoito fêmeas de *B. orbignyanus* com idades de quatro meses, um ano, dois anos ( $n = 5$  por idade) e três anos ( $n = 3$ ), mantidas em sistema controlado de recirculação. Os ovários e fígados foram removidos para cálculos dos índices somáticos e os ovários processados para microscopia de luz. Para a análise morfométrica e quantitativa dos oócitos foram definidos três estágios celulares presentes nas ( $n = 18$ ) fêmeas, denominados por: diplóteno precoce pelo grau da basofilia nuclear, diplóteno intermediário pelo início da basofilia citoplasmática e, o perinucleolar com os nucléolos rentes ao córtex nuclear. As fêmeas de *B. orbignyanus* permanecem imaturas até os dois anos, apresentando no epitélio germinativo apenas oócitos pré-vitelogênicos e aos três anos de idade inicia o desenvolvimento ovariano inicial, com a presença de oócitos em vitelogênese inicial, além dos pré-vitelogênicos. Os diplótenos precoces e intermediários não diferiram significativamente quando comparados às médias do diâmetro ( $\mu\text{m}$ ) celular e nuclear entre os espécimes, entretanto, o mesmo não ocorreu com os perinucleolares, apresentando diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre todas as idades. Estatisticamente ocorre a maior presença dos diplótenos precoces e intermediários nas fêmeas com quatro meses e um ano de idade. Já os perinucleolares, apresentam maior número aos dois e três anos. Houve o aumento nos valores de IGS, com maior pico nas fêmeas com três anos, porém, o maior pico de IHS ocorreu nas fêmeas com quatro meses, cujo, estes fatores não são correlacionados. Conclui-se que em *B. orbignyanus* com diferentes idades, os diplótenos precoces e intermediários apresentam os mesmos padrões morfométricos. Por outro lado, os perinucleolares aumentam de tamanho juntamente com o desenvolvimento ovariano, conforme o avanço da idade. O aumento no volume celular coincide com o aumento do IGS, mas quando associados às fases do ciclo reprodutivo, as fêmeas de quatro meses a dois anos encontram-se imaturas e somente aos três anos alcançam à fase adulta. Este estudo forneceu informações que contribuirão no entendimento da cinética do desenvolvimento do oócito de crescimento primário em estágio de diplóteno em relação as alterações no ovário de *B. orbignyanus*, que serviram de base em conjunto com os dados de IGS e IHS como parâmetros indicativos da fase reprodutiva que a espécie se encontra em sistema de cultivo ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** diâmetro celular; fases reprodutivas; idade; oócitos primários; peixes neotropicais; sistema de recirculação.

## ABSTRACT

Neotropical migratory fish, when kept in captivity in fish farms, present alterations in the ovarian development during the gametogenesis process, preventing the final maturation of oocytes. Thus, it is necessary to understand the different characteristics of the germ cells of the species so that reproduction is not suppressed. Thus, the objective of this study was to analyze the development of primary oocytes at the diplotene stage of piracanjuba, *Brycon orbignyanus* kept in a recirculation system until the third year of life, in relation to changes in the ovarian tissue, when associated with reproductive stages and values of the gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI). For this purpose, eighteen females of *B. orbignyanus* with ages of four months, one year, two years ( $n = 5$  per age) and three years ( $n = 3$ ) were used, kept in a controlled recirculation system. The ovaries and livers were removed for somatic index calculations and the ovaries processed for light microscopy. For the morphometric and quantitative analysis of the oocytes, three cellular stages were defined in the ( $n = 18$ ) females, designated as: early diplotene by the degree of nuclear basophilia, intermediate diplotene by the onset of cytoplasmic basophilia, and perinucleolar with nucleoli flush with the nuclear cortex. The females of *B. orbignyanus* remain immature until two years of age, presenting in the germinative epithelium only pre-vitellogenic oocytes and at three years of age the initial ovarian development begins, with the presence of oocytes in initial vitellogenesis, besides the pre-vitellogenic ones. Early and intermediate diplotene did not differ significantly when comparing the mean cell and nuclear diameters ( $\mu\text{m}$ ) between specimens, however, the same did not occur with the perinucleolar ones, showing significant differences ( $p < 0.05$ ) between all ages. Statistically, there was a greater presence of early and intermediate diplotene in females four months and one year old. The perinucleolar ones, on the other hand, present a higher number at two and three years of age. There was an increase in GSI values, with a higher peak in females at three years of age; however, the highest HSI peak occurred in females at four months of age, and these factors are not correlated. It is concluded that in *B. orbignyanus* at different ages, early and intermediate diplotene show the same morphometric patterns. On the other hand, perinucleolar increase in size along with ovarian development as age advances. The increase in cell volume coincides with the increase in GSI, but when associated with the phases of the reproductive cycle, females from four months to two years are immature and only at three years reach adulthood. This study provided information that will contribute to the understanding of the kinetics of primary growth oocyte development at the diplotene stage in relation to changes in the ovary of *B. orbignyanus*, which served as a basis in conjunction with the GSI and HSI data as parameters indicative of the reproductive phase that the species is in the culture system over time.

**Keywords:** cell diameter; reproductive phases; age; primary oocytes; neotropical fishes; recirculation system.

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1. Exemplar adulto de <i>Brycon orbignyanus</i> .....	14
Figura 2. Acondicionamento dos animais .....	25
Figura 3. Exemplares fêmeas de <i>B. orbignyanus</i> coletadas em diferentes idades.....	25
Figura 4. Quadrorama ilustrativo dos oócitos de crescimento primário em estágio de diplóteno definidos para as análises. ....	27
Figura 5. Quadrorama ilustrativo da análise quantitativa dos oócitos de crescimento primário em estágio de diplóteno. ....	27
Tabela 1. Valores médios da massa ovariana (g) e do diâmetro ovariano (mm) de <i>B. orbignyanus</i> em diferentes idades. ....	29
Figura 6. Descrição macroscópica e microscópica dos ovários de <i>B. orbignyanus</i> em diferentes idades. ....	30
Figura 7. Morfologia dos oócitos de crescimento primário em estágio de diplóteno precoce e intermediário de <i>B. orbignyanus</i> em diferentes idades.....	33
Figura 8. Morfologia do oócito perinucleolar de <i>B. orbignyanus</i> em diferentes idades.	35
Tabela 2. Médias comparativas da análise morfométrica dos oócitos de crescimento primário em estágio de diplóteno de <i>B. orbignyanus</i> em diferentes idades.....	36
Figura 9. Correlação positiva entre o diâmetro ( $\mu\text{m}$ ) nuclear e celular dos oócitos de crescimento primário em estágio de diplóteno de <i>B. orbignyanus</i> em diferentes idades.....	37
Figura 10. Representação gráfica das médias comparativas da análise quantitativa dos oócitos de crescimento primário em estágio de diplóteno de <i>B. orbignyanus</i> em diferentes idades.....	37
Figura 11. Representação gráfica dos valores médios do índice gonadossomático e índice hepatossomático de <i>B. orbignyanus</i> em diferentes idades.....	38
Figura 12. Correlação negativa entre os valores de IGS e IHS de <i>B. orbignyanus</i> em diferentes idades.....	39

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
1.1	Aspectos reprodutivos de fêmeas de peixes com ênfase na oogênese e foliculogênese .....	12
1.2	Espécie do estudo e caracterização da problemática .....	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>17</b>
2.1	Objetivos específicos.....	17
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO I: Caracteres do desenvolvimento oocitário e ovariano da piracanjuba, <i>Brycon orbignyanus</i> (Bryconidae) em sistema de recirculação nos três primeiros anos de vida .....</b>	<b>22</b>
3.1	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
3.2	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
3.2.1	<i>Manejo dos animais.....</i>	24
3.2.2	<i>Coleta do material biológico e procedimentos histológicos .....</i>	25
3.2.3	<i>Análises dos aspectos macro e microscópicos dos ovários.....</i>	26
3.2.4	<i>Análise do Índice Gonadossomático (IGS) e Índice Hepatossomático (IHS) ..</i> <i>.....</i>	28
3.2.5	<i>Análise Estatística .....</i>	28
3.2	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
3.2.1	<i>Ovários de <i>Brycon orbignyanus</i> em diferentes idades .....</i>	28
3.2.1.1	<i>Aspectos Macroscópicos .....</i>	28
3.2.1.2	<i>Aspectos Microscópicos.....</i>	31
3.2.3	<i>Características morfológicas dos oócitos de crescimento primário em estágio de diplóteno de <i>Brycon orbignyanus</i> em diferentes idades .....</i>	32
3.2.4	<i>Relação morfométrica dos oócitos de crescimento primário em estágio de diplóteno de <i>Brycon orbignyanus</i> em diferentes idades.....</i>	36
3.2.5	<i>Relação quantitativa dos oócitos de crescimento primário em estágio de diplóteno de <i>Brycon orbignyanus</i> em diferentes idades.....</i>	37
3.2.6	<i>Análise dos Índices Gonadossomático (IGS) e Hepatossomático (IHS).....</i>	38
3.3	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>49</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1. Aspectos reprodutivos de fêmeas de peixes com ênfase na oogênese e foliculogênese

Espécies de peixes reofílicas nativas das bacias hidrográficas brasileiras com potencial comercial e econômico têm ganhado atenção especial na aquicultura, devido à rápida adaptação e crescimento em ambientes controlados (NUNES *et al.*, 2018; ZANIBONI-FILHO; WEINGARTNER, 2007), bem como, na redução da pressão de populações nos estoques naturais (ZARDO *et al.*, 2021; SGNAULIN *et al.*, 2018).

Entretanto, o cultivo controlado de peixes exige um conjunto de protocolos específicos que contemplem a sincronia entre os fatores endógenos e exógenos, otimizando no sucesso de indução a desova (NUNES *et al.*, 2018; ZANIBONI-FILHO; WEINGARTNER, 2007), pois a falha desta atividade influencia diretamente no desenvolvimento oocitário e, conseqüentemente, na qualidade, integridade e viabilidade do oócito (ZARSKI *et al.*, 2011).

As etapas do desenvolvimento oocitário envolvem uma série de eventos morfológicos celular, que constituem na formação completa do complexo folicular e alterações no tecido ovariano (GRIER, 2012; MAZZONI; GRIER; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2010; GUIMARÃES; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2005). Este processo, denominado por oôgenese, compreende o crescimento primário (pré-vitelogênese), envolvendo a foliculogênese e o crescimento secundário (vitelogênese) (GRIER; NEIDIG; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2017; QUAGIO-GRASSIOTTO *et al.*, 2011; GRIER; URIBE; PARENTI, 2007).

Deste modo, o epitélio germinativo feminino é composto por dois tipos celulares: as células somáticas epiteliais que estão unidas por desmossomos e junções de oclusão, apoiadas sobre uma membrana basal, cujas passam por diferenciação em células pré-foliculares e foliculares quando associadas às células germinativas primordiais (PGC's), outro tipo celular (QUAGIO-GRASSIOTTO *et al.*, 2011; GRIER, 2000).

Por divisões mitóticas as PGC's diferenciam-se em oogônias A-indiferenciadas, A-diferenciadas e oogônias-B (QUIRINO *et al.*, 2021; QUAGIO-GRASSIOTTO; WILDNER; ISHIBA, 2013), que por sua vez são as precursoras da oogênese. As oogônias indiferenciadas permanecem sempre isoladas em ninhos, já as diferenciadas são circundadas pelas células pré-foliculares e organizadas em cisto dentro do ninho que

margeiam as lamelas ovígeras (MAZZONI; BOMBARDELLI; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2020; JESUS-SILVA *et al.*, 2018).

As oogônias-B se diferenciam em oócitos que entram em meiose e permanecem nos cistos como oócitos profásicos (foliculogênese) (MAZZONI; BOMBARDELLI; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2020). A foliculogênese é caracterizada pela presença de oócitos de crescimento primário em prófase da primeira divisão, progredindo aos distintos estágios celulares: leptóteno, zigóteno, paquíteno e diplóteno, sendo distinguidos de acordo com a organização da cromatina para a recombinação gênica (SANTOS-SILVA *et al.*, 2015; MAZZONI; GRIER; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2010).

Os oócitos em diplóteno, são individualizados pelas células pré-foliculares, que passam a ser denominadas por foliculares, e estas sintetizam uma nova membrana-basal contínua à membrana do epitélio lamelar (GRIER; NEIDIG; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2017; QUAGIO-GRASSIOTTO *et al.*, 2011), formando-se o folículo ovariano e a finalização da foliculogênese (JESUS-SILVA *et al.*, 2018; GRIER; URIBE; PARENTI, 2007). Agora, na fase pré-vitelogênica, os oócitos em diplóteno passam por aumento do volume celular e o aparecimento de substâncias citoplasmáticas lipídicas e proteicas, entre outras estruturas respectivas ao crescimento folicular (GUIMARÃES; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2005; WALLACE, SELMAN, 1990).

De maneira geral, o diplóteno é caracterizado pela origem do nucléolo no núcleo que gradativamente aumentam em quantidade e tamanho, migrando para a periferia nuclear, passando a ser classificado como oócito perinucleolar (QUAGIO-GRASSIOTTO; WILDER; ISHIBA, 2013; MAZZONI *et al.*, 2010). Neste, o citoplasma apresenta forte basofilia, podendo ser observadas estruturas chamadas de corpúsculos de Balbiani em torno do núcleo (SANTOS-SILVA *et al.*, 2015; GUIMARÃES; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2005). Os corpúsculos de Balbiani representam um aglomerado de organelas membranosas relacionadas às atividades ribossômicas, associadas ao nucléolo (SELMAN; WALLACE, 1989).

Na fase final da pré-vitelogênese ocorre o aparecimento dos alvéolos corticais, rentes à periferia citoplasmática (GRIER, 2012; LOWERRE-BARBIERI *et al.*, 2011), apresentados como vesículas proteicas que serão liberadas no espaço perivitelínico no momento da fertilização (RIZZO *et al.*, 2002).

O surgimento dos alvéolos corticais é uma característica intermédia entre o crescimento primário e secundário dos oócitos, indicando o avanço da oogênese (GRIER; NEIDIG; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2017; BROWN-PETERSON *et al.*, 2011).

Simultaneamente, pode ocorrer a origem da zona radiata e indícios da formação das tecas interna e externa, originárias das células mesenquimais do estroma ovariano (GRIER; URIBE; PARENTI, 2007).

No decorrer da formação folicular, inicia-se a deposição de vitelo que conduz no crescimento secundário (vitelogênicos) (GRIER, 2012). A vitelogenina é uma glicofosfolipoproteína responsável pela maturação e ovulação, que servirá de reserva energética ao embrião em desenvolvimento (QUAGIO-GRASSIOTTO *et al.*, 2013; MAZZONI; GRIER; QUAGIO-GRASSIOTTO, 2010).

A meiose I é somente retomada no final da maturação do folículo, caracterizado pela migração do núcleo para a região da micrópila (GANECO; NAKAGHI, 2003), ocorrendo a finalização da primeira divisão (QUAGIO-GRASSIOTTO *et al.*, 2013). A segunda divisão meiótica só irá ocorrer após a penetração do espermatozoide na micrópila, no momento da fecundação (JESUS-SILVA *et al.*, 2018; QUAGIO-GRASSIOTTO *et al.*, 2013).

O conhecimento das características morfológicas celulares é de grande importância na classificação das fases do ciclo reprodutivo e no entendimento das alterações no ovário. Estes aspectos agregam informações primordiais na adoção de estratégias de manejo em condições de cultivo e na conservação da espécie.

A exemplo da piracanjuba, *Brycon orbignyanus*, cujo interesse econômico é voltado para a produção comercial de alevinos por programas de repovoamento (ZARDO *et al.*, 2021) considerada uma espécie com status “criticamente em perigo” no Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção, sendo classificada na categoria (CR), com base no declínio estimado de aproximadamente 97% da área de ocupação original nas Bacias Brasileiras dos rios Paraná e Uruguai (ICMBIO, 2022).

## 1.2. Espécie do estudo e caracterização da problemática

**Figura 1. Exemplar adulto de *Brycon orbignyanus*.**



Fonte: Próprio autor.

*Brycon orbignyianus* (VALENCIENNES, 1850), pertence à família Briconidae, subfamília Bryconinae e gênero *Brycon* (ABE *et al.*, 2014). Popularmente conhecida como piracanjuba, com ocorrência natural na Bacia do Prata, formada pelos rios Paraná, Uruguai e Paraguai (LIMA, 2017).

Espécie que desperta interesse comercial em razão de seu rápido crescimento e carne saborosa (CECCARELLI *et al.*, 2010), com destaque na pesca esportiva pelo seu comportamento agressivo que favorece a atividade (OLIVEIRA *et al.*, 2017; CASTAGNOLLI, 1992).

Apresenta a cabeça pequena, com boca em posição terminal, o corpo fusiforme e prateado, dorso castanho escuro com uma mancha negra na base do pedúnculo caudal, estendendo-se até os raios caudais medianos (CECCARELLI *et al.*, 2005; VAZ; TORQUATO; BARBOSA, 2000).

Possui hábito alimentar onívoro e devido as alterações ao longo do desenvolvimento ontogenético, durante a fase larval preferem alimentos de origem animal e zooplâncton, já na fase juvenil e adulta se alimentam de frutas e sementes (BORBA; FRACALOSI; PEZZATO, 2006; CECCARELLI *et al.*, 2005). A fêmea atinge cerca de 80 cm de comprimento total e até 8,2 kg de peso vivo, enquanto o macho alcança 68 cm e 3,6 kg (CECCARELLI *et al.*, 2010).

A piracanjuba possui desova total e sazonal, com primeira maturação tardia (CECCARELLI *et al.*, 2010). A fêmea alcança à maturidade sexual por volta dos três anos de idade (QUIRINO *et al.*, 2021), já o macho, por volta dos dois anos (ZARDO *et al.*, 2021). Migra longas distâncias para se reproduzir, subindo o rio entre setembro e outubro, e desovando entre novembro e janeiro (LIMA, 2017), período comumente conhecido por piracema que se estende à época de chuvas, com maiores índices pluviométricos, altas temperaturas e maior disponibilidade de alimentos (VAZ; TORQUATO; BARBOSA, 2000; VAZZOLER; MENEZES, 1992).

Trata-se de uma espécie com grande importância ecológica devido a sua visível sensibilidade e intolerância às mudanças da dinâmica da água (TONELLA *et al.*, 2019; LOPERA-BARRERO, 2009). Desta maneira, o aumento das populações nos rios onde se encontra sinaliza o bom estado de conservação ambiental, por outro lado, a não habitação da população, considera-se indícios de problemas no local (LOPERA-BARRERO, 2009).

Para tanto, por motivo de inúmeras intervenções antrópicas, tais como a construção de barragens que impede o processo de migração reprodutiva, a pesca irregular, a poluição das águas e a introdução de espécies exóticas, contribuem na

destruição do habitat e das áreas de desovas (CECCARELLI *et al.*, 2010; VAZ; TORQUATO; BARBOSA, 2000). Conforme pontuado por Tonella e colaboradores (2019), na qual a degradação da vegetação ribeirinha afeta diretamente na dieta alimentar natural da piracanjuba, refletindo-se no seu declínio populacional.

Consequentemente, a espécie está enfrentando um risco muito alto de extinção na natureza (ICMBIO, 2022), com registros unicamente nas bacias do Rio Grande e Paranapanema e, considerada frequente no trecho não represado do Rio Paraná entre o reservatório de Itaipu e Porto Primavera (TONELLA *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Todavia programas de desovas, criação em cativeiros e armazenamentos de reservatórios induzidos, promovidos por concessionárias hidrelétricas para o repovoamento têm sido implementados com o propósito de mitigar os efeitos extrínsecos negativos, mas, para que isso seja possível é fundamental o conhecimento da biologia reprodutiva da espécie, principalmente entender como a organização do desenvolvimento das células gaméticas é definida (OLIVEIRA *et al.*, 2017; LOPERA-BARRERO, 2009).

Neste intuito, procedimentos adequados para a sua manipulação em criadouros vêm sendo estudados a fim de estabelecer protocolos para o sucesso reprodutivo (ZARDO *et al.*, 2021; QUIRINO *et al.*, 2021; BORBA *et al.*, 2003; GANECO *et al.*, 2001).

Por um lado, o acondicionamento da piracanjuba se torna propício a sua boa aceitação a ração artificial que se curvam sob domesticação, fazendo deste peixe um ótimo modelo para o desenvolvimento de programas de melhoramento e de conservação em ambientes aquícolas, no que poderia assegurar a sua preservação (NOGUEIRA; GODINHO; GODINHO, 2012; BORBA; FRACALOSSO; PEZZATO, 2006) e de outro modo, a adaptação reprodutiva nesse sistema ainda encontra-se em grandes dificuldades por serem animais migratórios e consequentemente, sofrerem com o estresse do manejo (LOPERA-BARRERO *et al.*, 2009).

Considerando a importância ecológica e econômica de *B. orbignyanus* em razão de sua interação sincrônica com o meio ambiente e, devido as dificuldades que ainda se deparam na conservação da espécie, podendo agravar progressivamente seu risco de total extinção. Se faz necessário, estudos histológicos do desenvolvimento oocitário de espécimes em condições de sistema de recirculação que permitem contribuir no entendimento das alterações ovariana e no ciclo reprodutivo. Agregando conhecimentos ao planejamento do manejo biotecnológico de conservação e cultivo para que atendam as peculiaridades específicas da espécie sob sistema controlado.

## REFERÊNCIAS

- ABE, K. T.; MARIGUELA, T. C.; AVELINO, G. S.; FORESTI, F.; OLIVEIRA, C. Systematic and historical biogeography of the Bryconidae (Ostariophysi: Characiformes) suggesting a new rearrangement of its genera and an old origin of Mesoamerican Ichthyofauna. **BMC Evolutionary Biology**, London, v. 14, n. 152, p. 1-15, 2014.
- ARIAS, J. A.; ZANIBONI-FILHO, E.; PARDO-CARRASCO, S. C.; VÁSQUEZ-TORRES, W. Ovogénesis del yamú, *Brycon siebenthalae* (Teleostei: Characidae), en cautiverio. **Actualidades Biológicas**, Medellín, v. 26, n. 81, p. 117-183, 2004.
- ARIAS, C. J. A.; ZANIBONI-FILHO, E.; AYA, B. E. Indicadores do ciclo reprodutivo do yamú, *Brycon amazonicus*, em cativeiro. Criação de Matrinhã em cativeiro. **Revista Orinoquia**, Villavicencio, v. 10, n. 2, p. 24-34, 2006.
- BROWN-PETERSON, N. J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B. J.; LOWERRE-BARBIERI, S. K. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries**, Chichester, v. 3, p. 52-70, 2011.
- DEVLIN, R. H.; NAGAHAMA, Y. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 208, p. 191-364, 2002.
- GANECO, L. N.; NAKAGHI, L. S. O.; URBINATI, E. C.; DUMONT-NETO, R. & VASQUES, L. H. Análise morfológica do desenvolvimento ovocitário de piracanjuba, *Brycon orbignyanus*, durante o ciclo reprodutivo. **Bolm Instit. Pesca**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 131-138, 2001.
- GUIMARÃES, A. C. D.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I. Cytochemical characterization of the endomembranous system during the oocyte primary growth in *Serrasalmus spilopleura* (Teleostei: Characiformes, Characidae). **Tissue & Cell**, Amsterdam, v. 37, p. 413-422, 2005.
- GRIER, H. J. Development of the Follicle Complex and Oocyte Staging in Red Drum, *Sciaenops ocellatus* Linnaeus, 1776 (Perciformes, Sciaenidae). **Journal of Morphology**, Hoboken, v. 273, p. 801-829, 2012.
- GRIER, H. J.; NEIDIG, C. L.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I. Development and fate of the postovulatory follicle complex, postovulatory follicle, and observations on folliculogenesis and oocyte atresia in ovulated common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). **Journal of Morphology**, Hoboken, p. 1-16, 2017.
- GRIER, H. J.; URIBE, M. C.; PARENTI, L. R. Germinal epithelium, folliculogenesis, and postovulatory follicles in ovaries of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), (Teleostei, Protacanthopterygii, Salmoniformes). **Journal of Morphology**, Hoboken, v. 268: p. 293-310, 2007.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBIO. **Portaria MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022.** Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Peixes - *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1850) - Piracanjuba. Disponível em:

[https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P\\_mma\\_148\\_2022\\_altera\\_anexos\\_P\\_mma\\_443\\_444\\_445\\_2014\\_atualiza\\_especies\\_ameacadas\\_extincao.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf). Acesso em: 25/07/2022.

JESUS-SILVA, L. M.; OLIVEIRA, V. P.; RIBEIRO, C. S.; NINHAUS-SILVEIRA, A.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R. **Ovarian cycle in *Devário aequipinnatus* with emphasis on oogenesis.** Cambridge: Cambridge University, 2018. v. 26, p. 168-176.

LIMA, F. C. T. A revision of the cis-andean species of the genus *Brycon* Müller & Troschel (Characiformes: Characidae). **Zootaxa**, Auckland, v.1, p.001-189, 2017.

LOPERA-BARRERO, N. M. Conservation of *Brycon orbignyanus* natural populations and stocks for their reproductive, genetic, environmental sustainability: A model for species threatened with extinction. **Ciência e Investigación Agraria**, Asuncion, v. 36, 191208, 2009.

MAYER, I.; SHACKLEY, S. E.; RYLAND, J. S. Aspects of the reproductive biology of the bass, *Dicentrarchus labrax*. Oocyte fecundity and pattern of development. **J. Fish Biol.**, v. 33, p. 609-622, 1988.

MAZZONI, T. S., BOMBARDELLI, R. A.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I. Reproductive biology of neotropical fishes: A guide to identification to the gonadal morphology during the reproductive cycle of catfish *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Heptapteridae). **Aquatic Science and Technology**, Beaver Creek, v. 8, p. 15-35, 2020.

NUNES, L. T.; SALMITO-VANDERLEY, C. S. B.; REIS, F. Y. T.; NERES, R. W. P.; DA SILVA, S. Q. Reprodução de peixes reofílicos nativos do Brasil: fertilização artificial e qualidade da água. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 42, n. 1, p. 15-21, 2018.

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; WILDER, D. D.; ISHIBA, R. Gametogênese de peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 2, p. 181-91, 2013.

QUIRINO, P. P.; DELAGADO, M. R.; GOMES-SILVA, L.; BENEVENTE, C. F.; GRIGOLI-OLIVIO, M. L.; BIANCHINI, B. C.; NINHAUS-SILVEIRA, A.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R. Female sex inversion as a reason for an unbalanced sex ratio in the neotropical species *Brycon orbignyanus*. **Aquaculture Research**, Chichester, 2021.

REECE, J. B.; URRY, L. A.; CAIN, M. L.; WASSERMAN, S. A.; MINORSKY, P. V.; JACKSON, R. B. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

RIZZO, E.; SATO, Y.; BARRETO, B. P.; GODINHO, H. P. Adhesiveness and surface patterns of eggs in neotropical freshwater teleosts. **Journal of Fish Biology**, Chichester, v. 61, n. 3, p. 615-632, 2002.

ROMAGOSA, E.; PAIVA, P.; GODINHO, H. M. Pattern of oocyte diameter frequency distribution in females of the pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) (= *Colossoma mitrei* Berg 1895), induced to spawn. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 86, n. 1, p. 105-110, 1990.

SANTOS-SILVA, A.; SIQUEIRA-SILVA, D.; NINHAUS-SILVEIRA, A.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R. Oogênese em *Laetacara araguaiae* (Ottoni e Costa, 2009) (Labriformes: Cichlidae). **Zigote**, Shaftesbury, v. 24, n. 4, p. 502-510, 2015.

SELMAN, K.; WALLACE, R. A. Aspectos celulares do crescimento oocitário em teleósteos. **Zoological Science**, Tokyo, v. 6, p. 211-231, 1989.

SGNAULIN, T.; MELLO, G. L.; THOMAS, M. C.; GARCIA, J. R. E.; OCA, G. A. R. M.; EMERENCIANO, M. G. C. Biofloc technology (BFT): An alternative aquaculture system for piracanjuba *Brycon orbignyanus*? **Aquaculture**, Amsterdam, v. 485, p. 119-123, 2018.

SPADELLA, M. A.; CASTILHO-ALMEIDA, R. B.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; CESARIO, M. D. Follicular Diameter Range Based on Morphological Features in *Synbranchus Marmoratus* (Bloch, 1795) (Teleostei, Synbranchiformes, Synbranchidae) from the South-Central Region of Brazil.” **Tissue and Cell**, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 91–100, 2005.

TONELLA, L. H.; DIAS, R. M.; VITORINO, O. B. V.; FUGI, R.; AGOSTINHO, A. A. Conservation status and bioecology of *Brycon orbignyanus* (Characiformes: Bryconidae), an endemic fish species from the Paraná River basin (Brazil) threatened with extinction. **Neotropical Ichthyology**, São Paulo, v. 17, 2019.

VAZZOLER, A. E. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM, 1996. v. 1, p. 146.

WALLACE, R. A.; SELMAN, K. Aspectos celulares e dinâmicos do crescimento oocitário em teleósteos e anfíbios. **Sou. Zool**, [s. l.], v. 21, p. 325-343, 1981.

ZAIDEN, S. F. **Morfologia gonadal e Metabolismo energético da Piraputanga *Brycon hilarii* (Cuvier e Valenciennes, 1849) (Pisces, Characidae), em cativeiro, durante ciclo reprodutivo anual**. 2000. 152 f. Tese (Doutorado em aquicultura) - Centro de Aquicultura (CAUNESP). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

ZANIBONI-FILHO, E.; SCHULZ, U. H. Uruguay River. In J. Carolsfeld, B. Harvey, C. Ross, & A. Baer. **Migratory fishes of South America**. Biology, fisheries and conservation status. World Fisheries Trust, 2003.

ZARDO, E. L.; FORNANI, D. C.; GIORA, J.; ROTILI, D. A.; GOMES, I. C.; ESQUIVEL-MUELBERT, J. R.; STREIT, D. P. Gonadal development period and sexual differentiation through histological analysis in *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1850) (Characiformes: Bryconidae). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 539, p. 1-8, 2021.

ZARSKI, D.; PALINKA, K.; TARGONSKA, K.; BOKOR, Z.; KITRIK, L.;  
KREJSZEFF, S.; KUPREN, K.; HORVATH, A.; URBANYI, B.; KUCHARCZYK, D.;  
Oocyte quality indicators in Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L, during reproduction  
under controlled conditions. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 313, p. 1-4, p. 84-91, 2011.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Em fêmeas de *Brycon orbignyianus* mantidas em sistema de recirculação nos três primeiros anos de vida, os oócitos de crescimento primário em estágio de diplótenos precoces e intermediários apresentam tanto o diâmetro nuclear, quanto o celular os mesmos parâmetros morfométricos, independentemente da idade do animal.

- Os oócitos perinucleolares aumentam o diâmetro nuclear e celular, conforme o avanço da idade.

- Ocorre maior presença de oócitos diplótenos precoces e intermediários nas fêmeas com quatro meses de vida e um ano de idade, enquanto os oócitos perinucleolares estão em maior quantidade nas fêmeas com dois e três anos, simultaneamente ao desenvolvimento do tecido ovariano.

- O aumento do volume celular coincide positivamente com o aumento dos valores de IGS.

- As fêmeas permanecem imaturas até dois anos de idade e após, procedem para desenvolvimento inicial (adulto).

- Esses dados só foram conclusivos com base no estudo histológico que foi significativo na compreensão da fase reprodutiva que a espécie se encontra em condições de cultivo ao longo do tempo.