



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS NO
SEMIÁRIDO**

Giancarlo Arrais Galvão

**HISTOMORFOMETRIA GONADAL COMPARADA DE
Astyanax lacustris (Lütken, 1875) E *Psellogrammus
kennedyi* (Eigenmann, 1903) (CHARACIFORMES,
CHARACIDAE) EM UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Petrolina-PE
2015

Giancarlo Arrais Galvão

**HISTOMORFOMETRIA GONADAL COMPARADA DE
Astyanax lacustris (Lütken, 1875) E *Psellogrammus
kennedyi* (Eigenmann, 1903) (CHARACIFORMES,
CHARACIDAE) EM UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Vale do
São Francisco, como parte das
exigências para obtenção do título
de Mestre em Ciências
Veterinárias

Orientador: Prof. Dr. Leonardo
Barros Ribeiro

Co-Orientadora: Prof^a. Dra.
Patrícia Avello Nicola

Petrolina-PE
2015

G182h Galvão, Giancarlo Arrais
Histomorfometria gonadal comparada de *Astyanax lacustris* (lütken, 1875) e *Psellogrammus kennedyi* (Eigenmann, 1903) (Characiformes, Characidae) em um reservatório do Semiárido Brasileiro / Giancarlo Arrais Galvão.-- Petrolina, PE, 2015.
xiii; 74f.; il.; 29 cm

Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias no Semiárido) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, Petrolina, PE, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Barros Ribeiro.
Coorientadora: Profa. Dra. Patrícia Avello Nicola.

1. Caatinga. 2. Peixes - Reprodução. 3. Peixes – Morfologia. 4. Peixes - Histologia. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 639.3

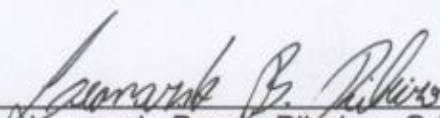
UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS
NO SEMIÁRIDO

FOLHA DE APROVAÇÃO

GIANCARLO ARRAIS GALVÃO

HISTOMORFOMETRIA GONADAL COMPARADA DE *Astyanax lacustris*
(Lütken, 1875) E *Psellogrammus kennedyi* (Eigenmann, 1903)
(CHARACIFORMES, CHARACIDAE) EM UM RESERVATÓRIO DO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO

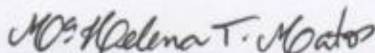
Dissertação aprovada como
requisito parcial para
obtenção do título de Mestre
em Ciências Veterinárias,
pela Universidade Federal
do Vale do São Francisco.



Dr. Leonardo Barros Ribeiro - Orientador
Universidade Federal do Vale do São Francisco



Dra. Sidineia Aparecida Amadio – Examinadora Externa
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia



Dra. Maria Helena Tavares de Matos – Examinadora Interna
Universidade Federal do Vale do São Francisco

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo a ele, DEUS, o pai eterno, em quem deposito toda minha fé e que sempre esteve presente em minha vida.

A minha família, em especial a minha esposa Glédsy Martinara, por estar sempre presente em todos momentos da minha vida.

Desejo expressar meus sinceros agradecimentos à instituição e às pessoas que, de alguma forma, contribuíram para execução desse trabalho, especialmente, à Universidade Federal do Vale do São Francisco, pelo espaço concedido e pela contribuição à minha formação profissional.

Ao Centro de Conservação e Manejo de Fauna da Caatinga (CEMAFAUNA CAATINGA) por propiciar oportunidade de capacitação, estrutura e todo apoio na logística da pesquisa. E na oportunidade, um agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Leonardo Barros e aos coordenadores Prof. MSc. Luiz Cezar e a Profa. Dra. Patrícia Avello.

Aos meus colegas, Augusto Bentinho, Geiza Rodrigues, Amanda Cardoso, Bruno Dourado, Taís Jobard, Hellen e Jadilson pelo auxílio nas coletas e processamento histológico dos tecidos, além de toda equipe que faz o projeto Cemafauna.

Aos componentes da banca examinadora por terem disponibilizado um pouco do seu tempo a avaliar esse trabalho.

A todos, meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

O estudo de aspectos reprodutivos das espécies de peixes bioindicadoras nos rios intermitentes das regiões semiáridas é essencial para o entendimento de seus ciclos biológicos. A investigação da influência dos fatores extrínsecos e intrínsecos no desenvolvimento das gônadas, com caráter comparativo, pode contribuir para a compreensão dos possíveis desequilíbrios climáticos em nível regional e local. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo analisar comparativamente as principais características morfológicas e histomorfométricas de ovários e de testículos de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi*. As duas espécies, objetos desse estudo, foram coletadas mensalmente no reservatório Monte Alegre, Salgueiro, PE. Macroscopicamente, foram analisados 240 indivíduos e destes, 126 gônadas foram analisadas microscopicamente. Os valores mensais de pluviosidade e parâmetros químicos da água também foram obtidos. A partir das visualizações macroscópicas, os ovários de *A. lacustris* e *P. kennedyi*, apresentaram-se em três fases de maturação gonadal (II, III, IV). A olho nu observaram-se ovócitos vitelogênicos com tons amarelados a pardo esverdeado para *A. lacustris* e amarelado para *P. kennedyi* durante todo o período amostrado. Em ambas as espécies, a maioria dos machos e das fêmeas encontrou-se em condição madura durante o período estudado. Microscopicamente, foi observado que ambas as espécies apresentaram ovócitos pré-vitelogênicos durante todos os meses do ano. O diâmetro dos ovócitos vitelogênicos de *P. kennedyi* foi estatisticamente menor quando comparado àquele de *A. lacustris*. Os testículos maduros em *A. lacustris* apresentaram epitélio germinativo com bordas melhor delimitadas, quando comparado a *P. kennedyi*. No estádio esgotado, o epitélio germinativo de *A. lacustris* apresentou um número expressivo de espermatogônias, quando comparado a *P. kennedyi*. O diâmetro dos túbulos seminíferos e a altura do epitélio germinativo de *P. kennedyi* maduros apresentaram valores estatisticamente maiores quando comparados à espécie *A. lacustris*. Isso está relacionado ao fato da primeira espécie possuir um número maior de túbulos anastomosados quando comparado a *A. lacustris*. Os maiores valores para os índices gonadosomáticos (IGS) das fêmeas de *P. kennedyi* ocorreram no mesmo intervalo de meses (dezembro a fevereiro) apresentado por *A. lacustris*. O mesmo foi observado nos machos das duas espécies, que apresentaram pico de IGS entre os meses de dezembro a março, período esse em que ocorreu uma maior precipitação na região. A temperatura e a precipitação influenciaram positivamente o IGS dos machos de *P. kennedyi* e fêmeas de ambas as espécies, enquanto que os machos de *A. lacustris* tiveram o IGS influenciado apenas pela temperatura.

Palavras-chave: Caatinga. Peixes. Gônadas. Morfologia. Histologia. Reprodução.

ABSTRACT

The study of reproductive aspects in bioindicators fish species of intermittent rivers in semiarid regions is essential for the understanding of their biological cycles. The research of the influence of extrinsic and intrinsic factors in the development of the gonads, with comparative analyzes, can contribute to the understanding of possible regional and local climate imbalance. In this sense, the present study aimed to analyze comparatively the main morphological characters and histomorphometrical of ovaries and testicles of *Astyanax lacustris* and *Psellogrammus kennedyi*. The two species objects of this study, were collected monthly in the Monte Alegre reservoir, located in Salgueiro, Pernambuco. Macroscopically, 240 individuals were analyzed and, of these, 126 gonads were analyzed microscopically. The monthly values of rainfall and chemical parameters of the water were also obtained. From the macroscopic view, the ovaries of *A. lacustris* and *P. Kennedy*, presented on three stages of gonadal maturation (II, III and IV). The naked eye observed vitellogenic oocytes tones with yellowish to greenish brown tons to *A. lacustris* and yellowish to *P. kennedyi* throughout the period sampled. In both species, the majority of males and females were in mature condition, during all period studied. Microscopically, it was observed that both species showed pre-vitellogenic oocytes during all months of the period. The diameter of vitellogenic oocytes of *P. kennedyi* were statistically smaller when compared to *A. lacustris*. The mature testicles of *A. lacustris* presented germinative epithelium with edges better delineated, when compared to *P. kennedyi*. During the exhausted stage of males, the germinative epithelium of *A. lacustris* presented an expressive number of spermatogonia, when compared to *P. kennedyi*. The diameter of seminiferous tubules and the height of the germinative epithelium of mature *P. kennedyi* had statistically higher values when compared to *A. lacustris*. This is related to the fact that first species had a greater number of anastomosed tubules when compared to *A. lacustris*. The highest values for the gonadosomatic index (IGS) of *P. kennedyi* females occurred in the same period (December to February) presented by *A. lacustris*. The same was observed in males of both species, which had IGS peak between the months from December to March, a period in which there was greater rainfall in the region. The temperature and rainfall positively influenced the IGS of *P. kennedyi* males and both species females, while IGS of *A. lacustris* males were influenced only by temperature.

Keywords: Caatinga. Fish. Gonads. Morphology. Histology. Reproduction.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 2.1 O Bioma Caatinga..... | 16 |
| 2.2 Região Semiárida e seus Rios Intermitentes | 16 |
| 2.3 Peixes no Bioma Caatinga..... | 18 |
| 2.4 Biologia Reprodutiva de Peixes | 19 |
| 2.5 Ovários de Peixes teleósteos..... | 20 |
| 2.6 Testículos de Peixes teleósteos..... | 21 |
| 2.7 Índice Gonadosomático (IGS) e Histomorfometria Gonadal | 23 |
| 2.8 Caracterização das Espécies de Peixes alvo de Estudo | 24 |
| 2.8.1 <i>Astyanax lacustris</i> | 24 |
| 2.8.2 <i>Psellogrammus kennedyi</i> | 26 |
| 3 OBJETIVOS | 28 |
| 3.1 Objetivo Geral | 28 |
| 3.2 Objetivos Específicos | 28 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 29 |
| 4.1 Área de Estudo: Bacia do rio Terra Nova..... | 29 |
| 4.2 Coleta, Fixação e Processamento do Material Biológico | 31 |
| 4.3 Características macroscópicas das gônadas..... | 33 |
| 4.4 Análise Histomorfométrica das gônadas..... | 34 |
| 4.5 Variáveis Químicas e Precipitação..... | 36 |
| 4.6 Análise Estatísticas dos Dados | 36 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 37 |
| 5.1 Descrição macroscópica dos ovários de <i>Astyanax lacustris</i> e <i>Psellogrammus kennedyi</i> | 37 |
| 5.2 Descrição macroscópica dos testículos de <i>Astyanax lacustris</i> e <i>Psellogrammus kennedyi</i> | 41 |
| 5.3 Índice Gonadosomático (IGS) das Espécies Estudadas | 44 |
| 5.4 Descrição Histológica dos Ovários de <i>Astyanax lacustris</i> e <i>Psellogrammus kennedyi</i> | 47 |
| 5.5 Descrição Histológica dos Testículos de <i>Astyanax lacustris</i> e <i>Psellogrammus kennedyi</i> | 53 |

| | |
|--|-----------|
| 5.6 Fatores ambientais e o Índice Gonadosomático | 59 |
| 6 CONCLUSÕES | 62 |
| 7 REFERÊNCIAS..... | 63 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Exemplar de <i>Astyanax lacustris</i> do reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE. | 26 |
| Figura 2 - Exemplar de <i>Psellogrammus kennedyi</i> do reservatório Monte Alegre, Salgueiro- PE. | 27 |
| Figura 3 - Localização geográfica do reservatório Monte Alegre, no semiárido pernambucano, próximo à cidade de Salgueiro, no estado de Pernambuco, Brasil. | 29 |
| Figura 4 - Reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE. | 30 |
| Figura 5 - Mata ciliar do reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE..... | 31 |
| Figura 6 - Macrófita <i>Egeria densa</i> no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE | 31 |
| Figura 7 - Médias mensais das temperaturas mínima e máxima e precipitação, registradas no município de Salgueiro- PE durante o período de abril a março de 2015. | 31 |
| Figura 8 - A - Rede de arrasto sendo utilizada no reservatório Monte Alegre; B - Peixes concentrados na rede para seleção; C - Exemplares selecionados da esquerda para direita <i>A. lacustris</i> e <i>P. kennedyi</i> ; D - Aferição dos parâmetros abióticos com sonda multiparâmetro..... | 32 |
| Figura 9 - Imagens da mensuração do diâmetro ovocitário (DO) e da altura da camada das células foliculares (ACCF) nas fases pré-vitelogênica e vitelogênica das espécies <i>Astyanax lacustris</i> (A) e <i>P. kennedyi</i> (B). | 35 |
| Figura 10 - Imagens da mensuração do diâmetro dos túbulos seminíferos (DTS) e da altura do epitélio germinativo (AEG) das espécies <i>Astyanax lacustris</i> (A) e <i>Psellogrammus kennedyi</i> (B)..... | 36 |
| Figura 11: A - Ovário esquerdo de <i>Astyanax lacustris</i> na cavidade abdominal; B - Ovários maduros de <i>A. lacustris</i> com coloração pardo-esverdeado; C - Ovário esquerdo de <i>Psellogrammus kennedyi</i> na cavidade abdominal; D - Ovários maduros de <i>P. kennedyi</i> com coloração amarelada. | 38 |
| Figura 12 - Seta vermelha indicando o ligamento ao dorso da cavidade abdominal através do Mesovário de <i>A. lacustris</i> | 39 |
| Figura 13: Ovários de <i>Astyanax lacustris</i> . A - Estádio II; B - Estádio III e C- Estádio IV..... | 40 |

| | |
|---|----|
| Figura 14 - Frequência de ocorrência mensal dos estádios gonadais das fêmeas de <i>Astyanax lacustris</i> no reservatório Monte Alegre. | 40 |
| Figura 15 - Frequência de ocorrência mensal dos estádios gonadais das fêmeas de <i>Psellogrammus kennedyi</i> no reservatório Monte Alegre. | 41 |
| Figura 16 - A - Seta vermelha mostrando o testículo esquerdo de <i>Astyanax lacustris</i> na cavidade abdominal; B - Testículos maduros de <i>A. lacustris</i> com coloração branco leitosa; C - Testículos maduros de <i>Psellogrammus kennedyi</i> com coloração branco leitosa. | 41 |
| Figura 17 - Testículos de <i>Psellogrammus kennedyi</i> no estágio II (A); Testículos de <i>Astyanax lacustris</i> no estágio III (B) e Testículos de <i>Astyanax lacustris</i> no estágio IV. | 42 |
| Figura 18 - Frequência de ocorrência mensal dos estádios gonadais dos machos de <i>Astyanax lacustris</i> no reservatório Monte Alegre. | 43 |
| Figura 19 - Frequência de ocorrência mensal dos estádios gonadais dos machos de <i>Psellogrammus kennedyi</i> no reservatório Monte Alegre. | 44 |
| Figura 20 - Variação temporal de IGS de machos e fêmeas de <i>Astyanax lacustris</i> , coletados no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE..... | 45 |
| Figura 21 - Variação temporal de IGS de machos e fêmeas de <i>Psellogrammus kennedyi</i> , coletados no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE..... | 46 |
| Figura 22 - Índices gonadossomáticos das fêmeas de <i>Astyanax lacustris</i> e <i>Psellogrammus kennedyi</i> no período de abril de 2014 a março de 2015 no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE. * Resultados significativos com $p < 0.05$... | 47 |
| Figura 23 - Índices gonadossomáticos dos machos de <i>Astyanax lacustris</i> e <i>Psellogrammus kennedyi</i> no período de abril de 2014 a março de 2015 no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE. * Resultados significativos com $p < 0.05$... | 47 |
| Figura 24: Corte histológico do ovário de <i>Psellogrammus kennedyi</i> evidenciando o tecido conjuntivo fibroso (Setas) - Aumento de 100X (A); Corte histológico do ovário de <i>Astyanax lacustris</i> com presença de ovócitos em diferentes estádios de desenvolvimento - Aumento de 40X (B)..... | 48 |
| Figura 25: Folículo pós-ovulatório (seta) no estroma ovariano de <i>Astyanax lacustris</i> . Aumento de 100X (A); Folículo pós-ovulatório (seta) no estroma ovariano de <i>Psellogrammus kennedyi</i> . Aumento de 40X (B)..... | 49 |
| Figura 26 - Ovário com ovócitos em diversos estádios de desenvolvimento. Presença de células pavimentosas (cabeça da seta) e cúbicas (setas) no epitélio que envolve | |

| | |
|--|----|
| a lamela ovulígera de <i>Astyanax lacustris</i> (A) Aumento de 400X; <i>Psellogrammus kennedyi</i> (B) Aumento de 400X..... | 49 |
| Figura 27 - Seta única indicando a presença de ovogônia e seta dupla indicando ovócitos primordiais na espécie <i>Astyanax lacustris</i> (A). Aumento de 400X; Seta única indicando a presença de ovogônia e seta dupla indicando ovócitos primordiais na espécie <i>Psellogrammus kennedyi</i> . Aumento de 400X(B)..... | 50 |
| Figura 28 - Ovócito em estágio avançado com presença de vesículas corticais (seta) formando o alvéolo cortical em <i>Astyanax lacustris</i> (A e B) A - Aumento de 100X, B - Aumento de 400X; Ovócito em estágio avançado com presença de vesículas corticais (seta) formando o alvéolo cortical em <i>Psellogrammus kennedyi</i> (C e D) Aumento de 400X..... | 51 |
| Figura 29 - Tecido conjuntivo com epitélio simples circundando os túbulos seminíferos anastomosados em <i>Astyanax lacustris</i> (A); <i>Psellogrammus kennedyi</i> . Luz do Túbulo (LT) preenchida por secreção e espermatozóides (B). Aumento de 400X..... | 54 |
| Figura 30 - Porção espermatogênica (PE) (seta dupla) e porção secretora (PS) (seta única) em <i>Astyanax lacustris</i> . Aumento de 40X. | 54 |
| Figura 31 - Epitélio secretor com células de diferentes formas (A) (seta única) em <i>Astyanax lacustris</i> ; Porção espermatogênica com cistos espermatogênicos, onde ocorre a produção de espermatozóides (seta dupla) (B) em <i>Psellogrammus kennedyi</i> . Luz do Túbulo (LT) preenchida por secreção e espermatozóides. Aumento de 400X..... | 55 |
| Figura 32 - Estádio (II) de maturação em <i>Astyanax lacustris</i> (A) e <i>Psellogrammus kennedyi</i> (B). Aumento de 400X..... | 55 |
| Figura 33 - Estádio III (maduro/espermiando) em <i>Astyanax lacustris</i> (A) e <i>Psellogrammus kennedyi</i> (B). Aumento de 400X. (C) Células de Sertoli (cabeças de setas). | 56 |
| Figura 34 - Estádio IV (esgotado/espermiado) em <i>Astyanax lacustris</i> com número expressivo de espermatogônias - setas (A) e <i>Psellogrammus kennedyi</i> (B). Aumento 400X..... | 57 |
| Figura 35 - Volume (%) do reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE durante o período de abril de 2014 a março de 2015..... | 59 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Características macroscópicas dos estádios de maturação gonadal (EMG) das espécies <i>Astyanax lacustris</i> e <i>Psellogrammus kennedyi</i> , de acordo com Carvalho et al. (2009)..... | 33 |
| Tabela 2 - Características microscópicas dos estádios de maturação gonadal (EMG) aplicados para as espécies <i>Astyanax lacustris</i> e <i>Psellogrammus kennedyi</i> , de acordo com Carvalho et al. (2009). | 34 |
| Tabela 3 - Medidas histomorfométricas do diâmetro ovocitário (DO) e altura da camada das células foliculares (ACCF) das fêmeas de <i>Astyanax lacustris</i> - 32 observações e <i>Psellogrammus kennedyi</i> - 34 observações..... | 52 |
| Tabela 4 - Medidas histomorfométricas do diâmetro ovocitário (DO) e altura da camada das células foliculares (ACCF) das fêmeas de <i>Astyanax lacustris</i> - 32 observações e <i>Psellogrammus kennedyi</i> - 34 observações, quando comparados os mesmos estádios gonadais. | 53 |
| Tabela 5 - Medidas histomorfométricas do diâmetro do túbulo seminífero (DTS) e altura do epitélio germinativo (AEG) dos machos de <i>Astyanax lacustris</i> - 32 observações e <i>Psellogrammus kennedyi</i> - 28 observações..... | 57 |
| Tabela 6 - Diâmetro do túbulo seminífero (DTS) e Altura do epitélio germinativo (AEG) dos machos de <i>Astyanax lacustris</i> - 32 observações e <i>Psellogrammus kennedyi</i> - 28 observações, quando comparados os mesmos estádios gonadais. | 58 |
| Tabela 7 - Resultados mensais das análises químicas da água e precipitação no período de abril de 2014 a março de 2015 no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE. | 60 |
| Tabela 8 - Correlação de Spearman entre os valores médios dos índices gonadossomáticos (IGS) de fêmeas e machos de <i>Astyanax lacustris</i> e <i>Psellogrammus kennedyi</i> , temperatura e precipitação médias mensais no município de Salgueiro- PE. *Resultados significativos com $p < 0.05$ | 61 |

1 INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada, sobretudo, por seu regime peculiar de chuvas, passando por períodos longos de estiagem (oito a nove meses) e curtos períodos de cheia (três a quatro meses). Possui ainda, rios intermitentes e considerável relevância de seus recursos hídricos para a população, que enfrenta dificuldades relacionadas à obtenção de água devido às secas prolongadas. Essa região é caracterizada por solos rasos e pedregosos, relativamente férteis, vegetação xerófita e índice pluviométrico que varia entre 300 e 800 milímetros anualmente (WWF-BRASIL, 2007).

Por outro lado, a alta produtividade das lagoas e açudes nordestinos chama a atenção para as particularidades químicas e ecológicas desses ambientes. Lazzaro et al. (2003) destacaram a precipitação pluviométrica e os parâmetros físico-químicos como fatores que afetam a dinâmica desses ecossistemas lacustres. Sendo assim, os organismos presentes em reservatórios do semiárido nordestino apresentam adaptações relacionadas à sua ecologia alimentar e reprodutiva (SILVA, 2008).

Atualmente, diversas são as razões para se estudar os rios das regiões áridas, já que estes ecossistemas funcionam como amplificadores do desequilíbrio climático regional e local. De acordo com Grimm e Fisher (1991), três aspectos principais sustentam esta relação; primeiro: o nível freático dos rios intermitentes responde diretamente aos modelos de precipitação de uma região; segundo: o funcionamento dos rios do semiárido sofre influência das perturbações hidrológicas naturais; terceiro: os rios intermitentes representam o primeiro reflexo do que poderia acontecer com os rios das regiões mais úmidas com a expansão das zonas áridas.

Os peixes representam o grupo mais numeroso e diversificado dentre os vertebrados, estando adaptados a diversos habitats aquáticos, e sua diversidade está refletida nas estratégias reprodutivas e, conseqüentemente, em sua morfologia gonadal (DESJARDINS; FERNALD, 2009). Estudos sobre reprodução de peixes no bioma Caatinga são recentes em comparação com os realizados em outros biomas brasileiros (ALMEIDA et al., 1993).

A ictiofauna neotropical no Brasil se apresenta como um recurso natural bastante notável, onde são conhecidas 2.481 espécies de peixes (BUCKUP et al.,

2007). Ao contrário dos Siluriformes, importante ordem de peixes sul-americanos, são escassos os estudos comparativos sobre a morfologia gonadal dos Characiformes, apesar da importância dessa ordem em número de espécies, incluindo aquelas com potencial comercial e indicadoras biológicas (PARENTI; GRIER, 2004).

A ordem Characiformes é uma das mais numerosas em famílias e subfamílias dentre os peixes (NELSON, 2006). A subfamília Tetragonopterinae, apresenta o grupo de peixes com a maior taxa de sucesso em termos de colonização e diversificação em águas neo-tropicais, tendo ocupado praticamente todos os nichos de água doce na América (GÉRY, 1977; LIMA et al., 2003). Entretanto, ocorre uma série de controvérsias sobre a biologia e agrupamento de espécies devido à ampla distribuição e ausência de estudos básicos, assim como a ocorrência de espécies em bacias ainda não amostradas na região neotropical (GÉRY, 1977; WEITZMAN e MALABARBA, 1998; LIMA et al., 2003; MIRANDE, 2009).

O estudo dos aspectos reprodutivos nos peixes é importante para um entendimento de seus ciclos biológicos, sobre a influência dos fatores extrínsecos e intrínsecos no desenvolvimento das gônadas. Isso permite entender a dinâmica de uma população em um ecossistema aquático, diante de uma diversidade de táticas que são possibilitadas aos indivíduos no seu ambiente natural (CHELLAPA et al., 2009; RONDINELI e BRAGA, 2010).

A morfologia gonadal tem sido amplamente estudada em nível anatômico e microscópico para identificar ciclo reprodutivo, frequência de desova, fecundidade e outros parâmetros a fim de compreender a reprodução e as relações filogenéticas em peixes (MELO et al., 2011; MARTINS et al., 2012). Entretanto, estes parâmetros têm sido analisados de forma independente e geralmente para uma única espécie, havendo ausência de estudos holísticos, que envolvam várias espécies e com caráter comparativo (DEFALCO; CAPEL, 2009). As variações na morfologia gonadal de peixes refletem importantes adaptações ecológicas e comportamentais durante a reprodução (FISHELSON; GON, 2008). Além disso, a plasticidade fenotípica da morfologia gonadal demonstra a adaptabilidade às mudanças ambientais (DEFALCO; CAPEL, 2009).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Bioma Caatinga

As regiões áridas e semiáridas se distribuem ao longo do globo terrestre e ocupam cerca de 1/3 de toda a superfície do planeta, acomodando cerca de 1/6 de toda a sua população humana (JUNIOR, 2009).

A província das Caatingas abrange a maior parte dos Estados do Nordeste, a região setentrional de Minas Gerais e o norte do Espírito Santo, ocupando uma área total de 969.589,4 km² no nordeste do Brasil, e aproximadamente 11% do território nacional (IBGE 2010). No semiárido brasileiro a precipitação média anual gira em torno de 750 mm, embora em algumas áreas a média não ultrapassa os 400 mm anuais. A evapotranspiração potencial média atinge 2.500 mm ano, gerando elevados déficits hídricos e limitando os cultivos agrícolas de sequeiro. Este déficit favorece a concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais, degradando a qualidade das águas, por meio da eutrofização e salinização (MARENGO, 2006).

O termo “Caatinga” é de origem Tupi-Guarani e significa “floresta branca”, que certamente caracteriza bem o aspecto da vegetação na estação seca, quando as folhas caem (ALBUQUERQUE; BANDEIRA 1995) e apenas os troncos brancos e brilhosos das árvores e arbustos permanecem na paisagem seca (PRADO, 2003).

A vegetação da Caatinga não apresenta a exuberância verde das florestas tropicais úmidas e o aspecto seco das fisionomias dominadas por cactos e arbustos sugere uma baixa diversificação da fauna e flora. No entanto, apresenta alta relevância biológica e pode ser considerado um dos biomas mais ameaçados do Brasil. Grande parte de sua superfície já foi bastante modificada pela utilização e ocupação humana e ainda muitos estados são carentes de medidas mais efetivas de conservação da diversidade, como a criação de unidades de conservação de proteção integral. Atualmente, encontrar remanescentes da vegetação nativa maiores que 10 mil hectares são raros e os mais expressivos estão nos estados da Bahia e Piauí (LEAL et al., 2003).

2.2 Região Semiárida e seus Rios Intermitentes

A região Semiárida apresenta reduzido volume de escoamento superficial em sua rede de drenagem, variando entre 0,06 e 0,26, com média aproximada de 0,12. O déficit de evapotranspiração real em relação à evapotranspiração potencial varia

de 50 mm, até valores superiores a 1.000 mm, caracterizando alto índice de aridez (VIEIRA, 2003). De acordo com Cruz et al. (2010), a região semiárida apresenta ainda, solos rasos, rios intermitentes, com predominância de cursos d'água temporários e escassos recursos hídricos subterrâneos.

O rio São Francisco é o maior e mais importante rio perene do Nordeste Brasileiro, apesar de nascer na Serra da Canastra, em Minas Gerais, tem a maior parte de seu curso nessa região, drenando rios e riachos da região da Caatinga, tanto de regimes intermitentes como perenes, como os importantes rios das sub-bacias do rio São Francisco, como o Pajeú, Moxotó, Terra Nova, Brígida e Ipanema (ROSA et al., 2003). Seu estado de conservação, em especial da ictiofauna, ainda não está bem definido, e ao longo dos anos, vem sofrendo com a interferência direta do homem.

Os rios de regime intermitente estão distribuídos em várias regiões do mundo, e de maneira geral, apresentam ciclo hidrológico com períodos de cheia e períodos de seca total devido à irregularidade do regime de chuvas nas regiões onde ocorrem. No Brasil, os rios intermitentes estão em sua maioria localizados na caatinga, cuja vegetação não protege os rios da região contra a evaporação (MALTCHIK, 1999).

As altas taxas de evaporação e escoamentos superficiais de suas águas contribuem para o regime temporário desses rios, sendo a região caracterizada por situações extremas de seca e curtos períodos de cheia. Durante a cheia, os rios tornam-se grandes corredores de comunicação entre os diferentes ecossistemas aquáticos da região, permitindo a disseminação de peixes por toda a área do sistema. A reprodução da maioria das espécies coincide com essa época (RAMOS et al, 2005).

De acordo com Graf (1988) a cheia do semiárido é classificada em quatro tipos: cheias estacionais, de múltiplos picos, de um pico só e as cheias rápidas. A seca é caracterizada pelo desaparecimento da maior parte das águas de superfície, restando apenas alguns corpos naturais de água represada e os açudes, que funcionam como o principal refúgio das espécies que ocorrem nesses ecossistemas durante os picos de estresse ambiental.

Segundo a classificação de Stanley e Fisher (1992), as secas em bacias de regiões semiáridas estão caracterizadas por três fases hidrológicas ao longo do ano: fase secando, fase seca e fase cheia ou de reinundação. Essas diferentes fases

impõem um desafio à capacidade de adaptação das espécies que ali ocorrem. Entretanto, estudos a respeito dos efeitos das perturbações hidrológicas sobre as comunidades de peixes de água doce e das implicações sobre essa diversidade são ainda escassos (MALTCHIK, 1999). Alguns estudos têm sido realizados sobre a influência da intermitência desses rios no comportamento alimentar e no hábito reprodutivo de peixes, como os de Medeiros (1999) e Costa (2001).

Chellapa e Costa (2003) explicam que devido as características da região, as espécies presentes desenvolvem estratégias de sobrevivência, que acarretam em competições intra e interespecífica.

2.3 Peixes no Bioma Caatinga

As espécies de peixes de água doce que ocorrem nas Caatingas representam o resultado de processos históricos de especiação vicariante, possivelmente determinados por transgressões marinhas (LUNDBERG et al., 1998). De acordo com Rosa et al. (2003), a ictiofauna da Caatinga possui 240 espécies, distribuídas em sete ordens e inclui representantes de diferentes grupos neotropicais típicos mostrando-se bem menos diversificada quando comparada à de outros ecossistemas brasileiros. As espécies estão distribuídas nas bacias interiores e costeiras do nordeste brasileiro, que drenam parcialmente ou estão inteiramente localizadas na Caatinga.

Estudos de levantamento da ictiofauna têm sido realizados para a bacia do rio São Francisco desde o século XIX; as últimas listas foram publicadas por Britski et al. (1988) e Godinho (2009). Estudos mais recentes foram realizados, como o levantamento das espécies no ano de 2009 por Barbosa e Soares, no qual foram identificadas 244 espécies e o trabalho de Santos et al. (2015), que constatou que o número de espécies de peixes para a bacia é de 233. Este número é superior ao das últimas listas divulgadas, fato que se deve à constante descrição de espécies novas e que demonstra o caráter ainda pouco estudado da região.

Além das condições severas impostas pelo ciclo hidrológico, grande parte dos ambientes aquáticos do semiárido tem sido alterada pela introdução de espécies exóticas, considerada como a segunda maior causa da diminuição da diversidade de espécies (VITOUSEK et al., 1997), como também, pela eutrofização artificial e assoreamento.

Apesar das características singulares dos ambientes semiáridos, há poucos estudos sobre os ambientes aquáticos desta região nordestina, e em específico, no semiárido pernambucano, que registrem o conhecimento da biologia reprodutiva dos peixes juntamente com os processos ecológicos (CHAVES et al., 2009). Uma vez que, em condições extremas de seca a água é o principal fator que influencia as mudanças ambientais (PAN et al., 2008), podendo influenciar diretamente o comportamento reprodutivo das espécies de peixes que habitam determinados ambientes aquáticos do semiárido.

2.4 Biologia Reprodutiva de Peixes

O conhecimento sobre a biologia reprodutiva de peixes é essencial para promover a sua exploração de forma sustentável, evitando o esgotamento dos estoques. Esses estudos são extremamente importantes para apoiar as decisões políticas sobre as atividades relacionadas com a sustentabilidade e exploração dos recursos naturais (BRAGA et al., 2008).

O estabelecimento de parâmetros reprodutivos de uma espécie é importante para determinar a época de reprodução e o tipo de desova, bem como verificar as estratégias que a mesma pode utilizar no ambiente em que vive (VAZZOLER, 1996). O conhecimento da gametogênese de espécies nativas constitui etapa básica e primordial para compreender a reprodução natural de peixes brasileiros (BAZZOLI, 1992).

A maioria dos teleósteos apresenta gônada sazonal; ou seja, fatores exógenos (ambientais), como fotoperíodo, temperatura, propriedades da água ou oferta de alimentos, são de alguma forma percebidos pelo organismo e acionam neuromodulações na atividade do eixo hipófise-hipotálamo. Esta estreita relação com sinais ambientais asseguram que a eclosão dos ovos e o desenvolvimento larval ocorram em época e condições favoráveis (ALMEIDA, 2013). Para Baldisserotto et al. (2009), a reprodução da maioria dos peixes tropicais ocorre logo após as chuvas associadas ao aumento de temperatura e do nível de água dos rios e lagos, destacando que o período de desova é relacionado com a disponibilidade de alimento para as larvas.

Mudanças em um reservatório ou no curso natural de um rio podem afetar as funções biológicas dos peixes como reprodução, alimentação, migração e

crescimento, geralmente levando à extinção de algumas espécies e abundância crescente de outras (ALBRECHT; P-CARAMASCHI, 2003). Informações biológicas básicas, como reprodução são necessárias em estudos populacionais de peixes com a finalidade de conservação de espécies nativas e também para piscicultura (GURGEL et al., 1995). O conhecimento do ciclo reprodutivo de peixes em reservatórios é, portanto, fundamental, pois permite avaliar se as populações permanecem viáveis (SUZUKI; AGOSTINHO, 1997).

2.5 Ovários de Peixes teleósteos

Os ovários dos teleósteos são estruturas alongadas, globosas e aos pares que se situam na porção dorsal da cavidade abdominal, ventralmente ao sistema néfrico e à vesícula gasosa. Prolongam-se no sentido crânio caudal e fundem-se do terço posterior, formando uma estrutura tubular curta (oviduto) que se estende até a abertura urogenital, por onde os ovócitos alcançam o meio externo (SANTOS, 1991).

Anatomicamente, ovários de teleósteos podem ser de dois tipos: cistovariano e ginovariano. Os ovários cistovarianos têm continuidade com o oviduto, através do qual, ovócitos alcançam o meio externo. Nos ovários ginovarianos, ovócitos são liberados diretamente na cavidade celômica, para depois serem lançados ao meio externo (REDDING; PATIÑO, 1993). Ovários maduros apresentam coloração e forma variadas dependendo da espécie (GROOVE; WOURMS, 1991; NÚÑEZ; DUPONCHELLE, 2009).

Os ovários são constituídos de células germinativas também chamadas de ovogônias e por ovócitos. O ovócito se desenvolve a partir da diferenciação das células germinativas, e é composto por uma camada interna chamada de córion ou envelope vitelínico. O córion é composto por duas camadas, uma mais fina e outra mais espessa. É no interior do córion que é armazenado o vitelo (BALDISSEROTTO, 2009). Esse mesmo autor explica que o ovócito passa a ser denominado como folículo ovariano a partir do momento em que se forma a camada folicular. Esta é composta por uma camada de células granulosas (porção mais interna da camada folicular) e uma camada externa de células tecais, separadas por uma membrana basal.

Nas fêmeas, o 17β -estradiol, é o principal responsável pela formação fisiológica dos ovários (GUIGUEN et al., 2010). O estímulo inicial e praticamente

exclusivo do FSH é responsável pelo crescimento do ovócito e desenvolvimento folicular. O FSH estimula a síntese de aromatase pelas células da granulosa, que convertem a testosterona produzida pelas células da teca em estradiol. O estradiol, por sua vez estimula a síntese hepática de vitelogenina, responsável pela vitelogênese ou acúmulo de vitelo nos ovócitos, ocasionando o crescimento dos mesmos.

Na segunda fase, conhecida por maturação final, o LH é a gonadotropina mais importante. Ele estimula as células foliculares a produzirem o progestágeno $17\alpha, 20\beta$ -DP em peixes, mais conhecido por hormônio indutor da maturação (MIH), que, portanto, liga-se a seus receptores na superfície citoplasmática do ovócito, promovendo a formação e ativação citoplasmática do fator promotor da maturação (MPF). Quando a maturação finalmente termina, ocorre a ovulação, e os ovócitos são, então, liberados dos folículos. As prostaglandinas também exercem importante papel na maturação final e ovulação em muitas espécies de peixes (LISTER; VAN DER KRAAK, 2008).

2.6 Testículos de Peixes teleósteos

Nos peixes, os testículos são órgãos pares, prolongados e individualizados, unindo-se apenas na extremidade caudal para formar o ducto espermático, que é comum aos dois. Esse por sua vez desemboca na papila urogenital, que é a porção que se comunica com o meio externo (NUNES, 2011).

De acordo com Baldisserotto (2009) os testículos de peixes são revestidos por uma túnica albugínea, constituída principalmente de tecido conjuntivo. Essa túnica emite ramificações para o interior do órgão que delimitam os lóbulos. Os lóbulos são preenchidos por túbulos seminíferos e cistos. No interior de cada cisto, encontram-se as células da linhagem espermatogênica que, durante a fase de desenvolvimento, estão revestidas por prolongamentos de células de Sertoli, cuja função é nutrir as células germinativas.

De acordo com Grier (1993), nos peixes, existem dois tipos de testículos, baseado na distribuição de espermatogônias: o restrito e o irrestrito. O testículo espermatogonial restrito possui as espermatogônias limitadas à porção distal dos lóbulos. Por outro lado, nos testículos do tipo espermatogonial irrestrito, as

espermatogônias não possuem localização definida, podendo ser encontradas ao longo de todo o comprimento dos lóbulos ou túbulos.

No tecido intersticial do testículo, também se encontram as células de Leydig, que tem por função a produção de esteróides que estimulam a gametogênese e o desenvolvimento de caracteres secundários. Ainda segundo Baldisserotto (2009), os espermatozóides depois de formados, caem no lúmen dos túbulos seminíferos e dali seguem para o ductos espermático e, posteriormente, para a papila urogenital, por onde terão contato com o ambiente.

O testículo da maioria dos peixes teleósteos apresenta algumas modificações durante seu ciclo gonadal, tais como alterações de seu peso, volume, forma e coloração. Estas mudanças são acompanhadas por alterações morfológicas e fisiológicas que culminam na produção e liberação dos espermatozóides. Diversos são os trabalhos que descrevem as alterações macroscópica das gônadas de peixes teleósteos, apresentando importantes aspectos sobre o comportamento deste órgão ao longo do ciclo gonadal (PEREIRA, 2004; SOUZA, 2008; GURGEL, 2010), sendo que poucos são os trabalhos que descrevem a morfologia dos testículos de teleósteos brasileiros (RODRIGUES et al., 2005; COSTA, 2011).

A estrutura, organização celular e o tipo de fertilização determinam a classificação dos espermatozóides. Assim, espermatozóides de cabeça esférica sem acrossoma, peça intermediária contendo poucas mitocôndrias e cauda longa com flagelo de organização (9 + 2) são do tipo primitivo, característicos de peixes de fecundação externa (MATTEI, 1988), enquanto espermatozóides com cabeça alongada são característicos de espécies de fecundação interna (JAMIESON, 1991).

Nos machos, o FSH é responsável, através das células de Sertoli, pela proliferação espermatogonial que representa a primeira fase da espermatogênese. Ao mesmo tempo, o FSH ativa receptores presentes nas células de Leydig (principal célula esteroidogênica do testículo) estimulando a síntese e secreção de andrógenos (OHTA et al., 2007; GARCÍA-LOPES et al., 2009). Nessa fase inicial, a testosterona é o principal andrógeno produzido nos testículos dos peixes, e possivelmente auxilia no apoio à fase proliferativa, porém indiretamente, prevenindo a apoptose das células germinativas durante as primeiras divisões celulares (via receptores nas próprias células de Sertoli) (ALMEIDA et al., 2009).

Essa atividade esteroidogênica do FSH é uma particularidade dos peixes e se pronuncia com o avançar da meiose. Próximo à maturação final, com a

espermiogênese e liberação dos espermatozoides no lúmen dos túbulos seminíferos, outro andrógeno, ainda mais potente em ativação de receptores, apresenta-se em altos picos plasmáticos, a 11-cetotestosterona. Também nos machos, a progesterona desempenha funções durante a maturação final, estimulando a meiose, espermiogênese e hidratação dos espermatozoides. Nessa fase de liberação de sêmen e acasalamento, o LH é a principal gonadotropina circulante e apresenta um *feedback* positivo com a testosterona e a 11-cetotestosterona (ALMEIDA, 2013) .

2.7 Índice Gonadossomático (IGS) e Histomorfometria Gonadal

O Índice Gonadossomático (IGS) é um dado auxiliar muito utilizado na determinação dos estádios do ciclo reprodutivo de peixes, devido à maturação das células reprodutivas terem relação positiva com o aumento do peso das gônadas. Avaliado de acordo com Vazzoler (1996), consiste na seguinte fórmula:

$$\text{IGS} = (\text{PG}/\text{PT}) \times 100$$

Onde:

PG = Peso das gônadas em gramas;

PT = Peso total do peixe em gramas.

O IGS corresponde à porcentagem do peso da gônada sobre o peso total do animal, e é uma ferramenta muito utilizada para indicar o período reprodutivo das espécies, uma vez que quando maduras, as gônadas apresentam um elevado peso (PEREIRA FILHO et al., 2011). Os peixes realizam um alto investimento energético para a reprodução, visto que as fêmeas no período reprodutivo podem apresentar gônadas que correspondem de 15% a 40% da massa corporal do indivíduo (LUBZENS et al., 2010).

Os principais índices utilizados para determinar o período reprodutivo em peixes são a distribuição temporal dos estádios de maturação gonadal, do IGS e do fator de condição (SILVA, 2014).

O fator de condição é a relação entre peso e comprimento, dessa forma, é vista no meio científico como uma ferramenta útil e prática na avaliação do “bem-

estar” ou grau de hígidez da espécie. Esse índice constata o estado fisiológico do animal, pressupondo que espécimes com maior peso em certo comprimento estão em melhor condição de sobrevivência. Esse parâmetro reflete as condições nutricionais, com armazenamento ou gasto das reservas em atividades cíclicas, e podem estar relacionados ao comportamento da espécie e aspectos ambientais. Assim, a variação desse índice ao longo do ano pode ser utilizada para indicar os ciclos reprodutivos e alimentares e sua relação com a sazonalidade (LIMA JUNIOR; CARDONE; GOTIES, 2002).

O conhecimento de características morfo-histológicas, segundo Bazzoli et al. (1990), de estruturas do ovócito e testículo constitui a etapa básica e primordial para a compreensão de reprodução natural de peixes. Para Fragoso et al. (2000), a análise histológica é essencial para a verificação do sexo e estágio de maturação gonadal das espécies de peixes. Além disso, proporciona o conhecimento das características reprodutivas, fornecendo subsídios para procedimentos de manejo e conservação de populações nativas.

2.8 Caracterização das Espécies de Peixes alvo de Estudo

2.8.1 *Astyanax lacustris*

O gênero *Astyanax* foi descrito inicialmente por Baird e Girard no ano de 1854, porém os atributos diagnósticos utilizados para descrever o gênero foram fracos (PAVANELLI e OLIVEIRA, 2009; SILVEIRA, 2014). Eigenmann, entre os anos de 1921 e 1927, realizou a primeira grande revisão bibliográfica, descrevendo 74 espécies e subespécies do gênero; Gerry em 1977 publicou uma nova revisão, descrevendo 62 espécies do gênero distribuídas no Brasil (PAVANELLI e OLIVEIRA, 2009). Garutti e Britski (2000), após uma revisão, classificaram o gênero como o mais comum e diversificado da família, com 86 espécies, no mundo. Lima et al. (2003) também descreveram 86 espécies para o gênero e as incluem no grupo *Incertae sedis* pois apresentam divergência quanto à sua posição filogenética. Numa revisão mais atual, Froese e Pauly (2013) listaram, a partir de caracteres morfológicos, 137 espécies válidas do gênero.

As espécies do gênero *Astyanax* têm como nome popular lambaris ou tambiu na porção meridional do Brasil, piabas no Nordeste e matupiris no Norte. Seus indivíduos têm distribuição desde o nordeste brasileiro até a bacia do Prata

(ARAÚJO; SIMONI, 1997). São organismos de hábito onívoro, coletoras de meia água, alimentando-se de material arrastado na correnteza, tal como: algas, plâncton e insetos (ABILHOA; AZEVEDO, 2008). São espécies com fecundação externa, sem cuidado parental com os ovos e larvas, que a depender da espécie, os adultos podem realizar curtas migrações (GURGEL, 2004).

Os lambaris são peixes com tamanho corporal reduzido, atingindo no máximo 20 cm de comprimento total (HARTZ; MARTINS; BARBIERI, 1996). Têm o corpo alto e achatado lateralmente, com boca anterior e bem pequena, com leve protabilidade (PERETTI, 2006), com duas séries de dentes cuspidados pré-maxilares, tendo a série interna cinco dentes e a externa com número variável (BRITSKI; SATO; ROSA, 1988). Têm quatro arcos branquiais, com rastros estreitos e compridos, apresentando uma pequena distância entre eles (PERETTI, 2006). Suas escamas cobrem todo o corpo, alcançando até a base dos raios da nadadeira anal (BRITSKI; SATO; ROSA, 1988).

São considerados de grande importância para o equilíbrio da comunidade, pois são os principais itens da dieta de muitos peixes carnívoros, entre eles a saicanga (*Oligosarcus longirostris*) e as traíras (*Hoplias* spp.) (GEALH; HAHN, 1998). Podem ser importantes para a manutenção da vegetação ripária, uma vez que são considerados potenciais dispersores de sementes (VILELLA; BECKER; HARTZ, 2002; SILVEIRA, 2014), além de atuarem no controle biológico de pequenas moscas e mosquitos (Diptera), por se alimentarem de suas larvas (MORAIS et al., 2007). Devido a sua alta capacidade de estocagem, o interesse no cultivo das espécies desse gênero vem crescendo ao longo dos anos no Brasil, servindo como iscas vivas e aperitivos (VAZZOLER, 1996).

A espécie *Astyanax lacustris* descrita por Lütken, 1875, é conhecida popularmente com tambuí ou lambari do rabo amarelo (KIDA, 2014). Tem como características uma mancha ovalada próxima à nadadeira peitoral na região umeral e outra com forma de clava na porção mediana do pedúnculo caudal (SAMPAIO; ALMEIDA, 2009) que se prolonga até o final dos raios medianos da nadadeira (BRITSKI et al., 1988) (Figura 1).

Figura 1 - Exemplar de *Astyanax lacustris* do reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE.



Fonte: (Arquivo Pessoal).

Segundo Vazzoler (1996), a espécie apresenta desova parcelada, podendo fazer de três a quatro desovas anuais. No entanto, o tipo de desova ainda gera discordâncias no meio científico, pois o estudo realizado por Rodrigues (1992) na represa de Ibititinga no estado de São Paulo indicou que essa espécie apresentou desova total.

2.8.2 *Psellogrammus kennedyi*

O gênero monoespecífico *Psellogrammus* foi descrito por Eigenmann em 1903. A espécie *Psellogrammus kennedyi* se distribui pela bacia Paraná-Paraguai, bacia do Rio São Francisco (GRAÇA; PAVANELLI, 2007) e bacias do nordeste médio-oriental (Paraíba, Apodi, Jaguaribe e Piranhas) (UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2015). O monitoramento da bacia do São Francisco e em oito sub-bacias realizado por Costa et al. (2015) constataram a presença da espécie em todos os pontos amostrados. A espécie é nativa da Caatinga, e também ocorre no Rio Igarçu no delta Parnaíba-PI (MELO; MELO; RESENDE, 2014).

Os indivíduos da espécie são peixes de pequeno porte, atingindo até 6,5 cm, apresentando corpo losangular comprimido e elevado, nadadeira caudal longa, linha lateral incompleta ou interrompida, uma mancha umeral difusa e verticalmente

alongada, uma listra longitudinal e com boca frontal provida com dois ou três dentes na série externa e cinco na interna de dentes incisiformes e cuspidados (BRITSKI, SATO; ROSA; 1988) (Figura 2).

Esse gênero apresenta um grande *déficit* de informações básicas sobre sua biologia, e são necessários estudos sobre seu desenvolvimento, reprodução, alimentação e posicionamento filogenético. Lopes (2009) realizou uma análise filogenética com base na sequência mitocondrial do gene 16S do gênero *Ctenobrycon* (Eigenmann, 1908) e concluiu que os gêneros *Ctenobrycon* e *Psellogrammus* não devem ser considerados distintos.

Figura 2 - Exemplar de *Psellogrammus kennedyi* do reservatório Monte Alegre, Salgueiro- PE.



(Fonte: Arquivo pessoal).

A espécie tem hábito onívoro, se alimentando principalmente de algas e vegetais (XIMENES; MATEUS; PENHA, 2011). Estudos reprodutivos realizados na Caatinga entre os meses de fevereiro e agosto de 2013 mostraram que essa espécie apresenta desova parcelada com pico reprodutivo no final da estação chuvosa. Essa característica se mostrou semelhante em outras espécies da subfamília Tetragonopterinae, como *Moenkhausia dichroua* e *Hemigrammus gracilis* (UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2013).

As espécies *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi* (Characidae) a serem analisadas no presente trabalho carecem de informação sobre biologia básica (FISHELSON; GON, 2008). Estudos comparativos sobre a histomorfometria gonadal possibilitam esclarecer e levantar novas informações sobre a biologia reprodutiva desses peixes, especificamente em ambientes com regime intermitente, como este a ser investigado na sub-bacia do rio Terra Nova, onde a morfofisiologia reprodutiva dos peixes pode responder de maneira diferente ao longo dos períodos do ano.

Neste contexto, apesar das características singulares dos ambientes semiáridos, com poucos estudos sobre a biologia reprodutiva de peixes, a aplicação de uma metodologia comparativa da morfologia e histomorfometria de ovários e de testículos nas espécies de peixes *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi* de ocorrência na sub-bacia do rio Terra Nova, pode resultar em informações importantes para o estabelecimento de diretrizes adequadas ao seu manejo e conservação, além de enriquecer o conhecimento acerca da influência da região semiárida sobre os seus parâmetros reprodutivos.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar comparativamente as principais diferenças morfológicas e histomorfométricas de ovários e de testículos nas espécies de peixes *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi* (Characidae) de ocorrência na sub-bacia do rio Terra Nova, Pernambuco, Brasil.

3.2 Objetivos Específicos

- Descrever a organização anatômica, forma, volume, coloração e estruturas acessórias de ovários e de testículos;
- Determinar o diâmetro do ovócito e altura da camada das células foliculares nos diferentes estágios gonadais nas fêmeas;
- Determinar o diâmetro dos túbulos seminíferos e altura do epitélio germinativo nos diferentes estágios gonadais nos machos;

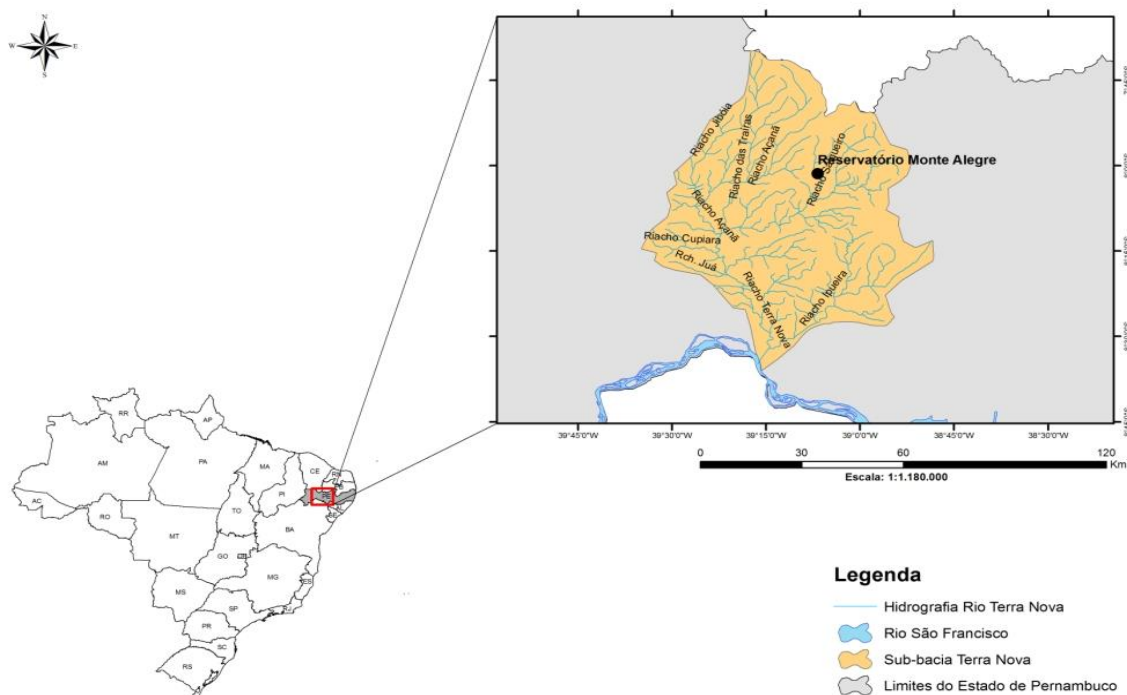
- Determinar entre as espécies estudadas, os valores médios do Índice Gonadossomático (IGS) de machos e fêmeas maduras;

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo: Bacia do rio Terra Nova

A bacia do rio Terra Nova, está localizada no Sertão de Pernambuco, entre 7° 40'20" e 8° 36'57" de latitude sul, e 38°47'04" e 39°35'58" de longitude oeste. Abrange uma área de 4.887,71 km², que corresponde a 4,97% da área do Estado. Limita-se, ao norte, com o estado do Ceará; ao sul, com os grupos de bacias de pequenos rios interiores GI4 e GI5 e o rio São Francisco; a leste, com a bacia do Rio Pajeú, e a oeste, com a bacia do Rio Brígida (Figura 3).

Figura 3 - Localização geográfica do reservatório Monte Alegre, no semiárido pernambucano, próximo à cidade de Salgueiro, no estado de Pernambuco, Brasil.



O rio Terra Nova apresenta uma extensão de 40 km e um regime fluvial intermitente em todo o seu curso, com suas nascentes situadas no estado do Ceará. O rio tem direção norte-sul no seu curso inicial, e a partir da cidade de Terra Nova, em Pernambuco, segue o sentido noroeste-sudeste até desaguar na margem

esquerda do rio São Francisco. A sua área de drenagem compreende 12 municípios, deste total, apenas três estão totalmente inseridos, sendo: Cedro, Salgueiro (área de coleta) e Terra Nova (APAC, 2015).

O reservatório Monte Alegre, conhecido popularmente como açude Salgueiro (Figura 4), localiza-se no município de Salgueiro (Sertão pernambucano), e é o segundo maior reservatório da bacia do rio Terra Nova, com capacidade de acúmulo de água de 14.698.000 m³ (APAC, 2015). Formado pelo represamento do riacho Monte Alegre, o reservatório foi construído na Fazenda Monte Alegre pertencente ao coronel Veremundo, no ano de 1932, época em que o sertão era assolado por um grande período de estiagem. Tal construção durou cerca de oito anos, e foi realizada com o intuito de abastecer a população circunvizinha, para consumo animal e irrigação (COMUNICAÇÃO PESSOAL).

Figura 4 - Reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE.



(Fonte: Arquivo pessoal)

O reservatório apresenta mata ciliar bem conservada (Figura 5), e de acordo com Araújo Filho et al. (2000) o solo da região é do tipo Neossolo litólico, textura média e siltosa com cascalho, relevo suave e ondulado, presença de argisolo vermelho-amarelo e vermelho-escuro. Possui também presença de horizonte B textural, raso e profundo, textura média e argilosa com cascalho e horizonte A eutrófico, fraco e moderado. A Caatinga é do tipo hiperxerófito com exemplares de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.; Rhamnaceae), mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.; Cactaceae), faveleira (*Cnidioscolus phyllacanthus* (Müll. Arg.) Pax e L. Hoffm.; Euphorbiaceae), umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda; Anacardiaceae) e apresenta macrófitas (Figura 6) como a elódea (*Egeria densa* Planchon; Hydrocharitaceae) e a macroalga *Chara* sp..

Figura 5 - Mata ciliar do reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE.



(Fonte: Arquivo pessoal)

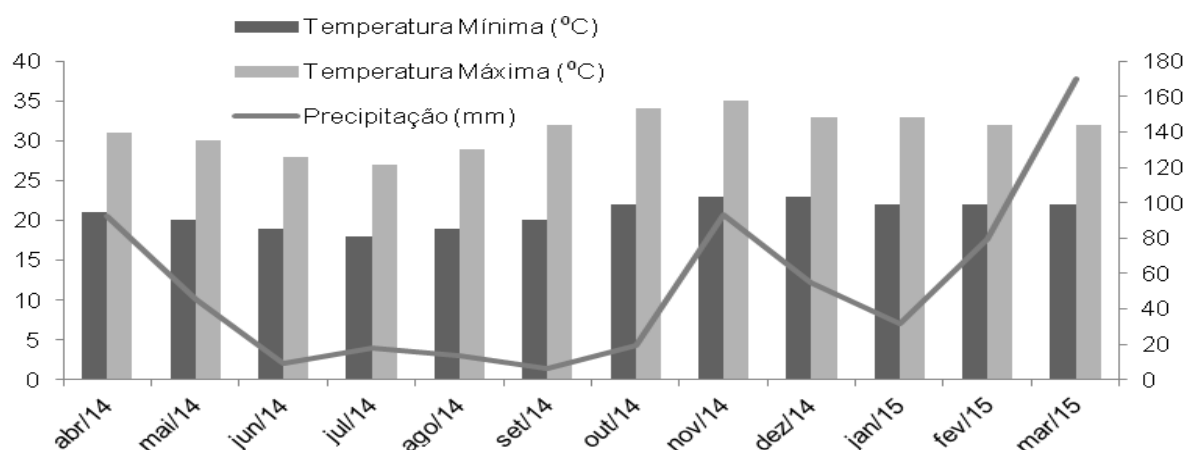
Figura 6 - Macrófita *Egeria densa* no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE



(Fonte: Arquivo pessoal)

O reservatório possui substrato composto por sedimento arenoso-argilo e apresenta margem irregular, sendo possível aferir larguras entre 25 e 100 metros em diferentes pontos. As maiores temperaturas para a região ocorreram entre os meses de novembro de 2014 a janeiro de 2015, com menores índices de precipitação nos meses de junho e setembro de 2014 e maior índice no mês de março de 2015 (Figura 7).

Figura 7 - Médias mensais das temperaturas mínima e máxima e precipitação, registradas no município de Salgueiro- PE durante o período de abril a março de 2015.



(Fonte: CLIMATEMPO, 2015)

4.2 Coleta, Fixação e Processamento do Material Biológico

Os exemplares de *A. lacustris* e *P. kennedyi* foram coletados em campanhas mensais durante 12 meses, que ocorreram entre abril de 2014 e março de 2015. Mensalmente, foram coletados 10 exemplares adultos de cada espécie, sendo cinco

machos e cinco fêmeas, totalizando 240 indivíduos (120 de cada espécie) ao final do experimento. Tal coleta foi autorizada pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO (Número: 45264-2; data de emissão: 15/08/2014) e pelo comitê de ética e deontologia em estudos e pesquisas da instituição de ensino (Número: 0005/100614; data de emissão: 09/09/2014).

Para a coleta dos peixes, foi utilizado uma rede de arrasto com 10 metros de comprimento, 1,5 metros de altura e cinco milímetros de malha entre nós adjacentes (Figura 8 A, B e C). Paralelamente às campanhas, foram mensurados os seguintes parâmetros físicos da água: temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez e oxigênio dissolvido com o auxílio de uma sonda multiparâmetro portátil modelo Hanna HI 9828 (Figura 8 D).

Figura 8 - A - Rede de arrasto sendo utilizada no reservatório Monte Alegre; B - Peixes concentrados na rede para seleção; C - Exemplares selecionados da esquerda para direita *A. lacustris* e *P. kennedyi*; D - Aferição dos parâmetros abióticos com sonda multiparâmetro.



(Fonte: Arquivo pessoal)

Após a coleta, os peixes foram anestesiados e sacrificados utilizando-se 2-fenoxietanol na dose de 200 mg/L, de acordo com o Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV - Resolução nº 1000, de 11 de Maio de 2012). Para confirmar se os indivíduos selecionados eram todos adultos, de cada exemplar foi obtido o comprimento total (CP) compreendendo a distância que vai da extremidade anterior

do focinho até a base da nadadeira caudal e peso corporal (PC) em gramas. Os peixes foram dissecados e as gônadas foram analisadas quanto às relações anatômicas, forma, coloração e documentadas fotograficamente.

4.3 Características macroscópicas das gônadas

Mensalmente, 10 exemplares de *A. lacustris* e *P. kennedyi* tiveram suas gônadas caracterizadas macroscopicamente. Foram examinados, sempre cinco machos e cinco fêmeas de cada uma das espécies. Os estádios de desenvolvimento das gônadas de ambos os sexos foram verificados após a captura e dissecação em campo.

O exame macroscópico das gônadas permitiu a identificação do sexo, e a verificação de diferenças quanto à organização anatômica, forma, volume e coloração de ovários e de testículos. Permitiu também a identificação do grau de maturação gonadal e o cálculo do IGS.

Para as fêmeas, foram considerados: o grau de turgidez, coloração, vascularização, volume das gônadas em relação ao espaço ocupado na cavidade celomática e peso. Para os machos, foram considerados: coloração e tamanho do testículo em relação ao espaço ocupado na cavidade celomática e peso. Essas características foram baseadas no trabalho de Carvalho et al. (2009) e estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características macroscópicas dos estádios de maturação gonadal (EMG) das espécies *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi*, de acordo com Carvalho et al. (2009).

| EMG | Ovários | Testículos |
|-----|---|--|
| I | Translúcido, fino, cercado de gordura. | Fino e transparente, com volume reduzido e rodeado por gordura. |
| II | Consistente e volumoso, cercado por massas muito gordurosas. | Aumento de volume, cor esbranquiçada e cercado por massas muito gordurosas. |
| III | Consistente, atingindo volume máximo, amarelado, rodeado por gordura; ocupando a maior parte da cavidade celômica; ovócitos visíveis a olho nu. | Ocupando grande parte da cavidade celomática, cor branca leitosa; cercado por massas muito gordurosas. |
| IV | Flácido; hemorrágico; áreas com alguns ovócitos visíveis, e escasso de gordura. | Flácido, cor branca leitosa; áreas transparentes; rodeado de pouca gordura. |
| V | Muito flácido, hemorrágico, sem ovócitos visíveis; muito pouca gordura. | Reduzido volume máximo com o mínimo de gordura. |

EMG= Estádios de maturação gonadal, I- imaturo/jovem; II- maturação inicial; III- maturação avançada/desovando/espermiando; IV- parcialmente esvaziado; V- totalmente gasto/esvaziado.

4.4 Análise Histomorfométrica das gônadas

No Laboratório de Morfofisiologia do Centro de Conservação e Manejo de Fauna da Caatinga (CEMAFAUNA-CAATINGA/UNIVASF), o estudo histológico foi realizado desde a fixação das gônadas em solução Bouin, desidratação em séries ascendentes de álcool, clarificação em xilol e inclusão em parafina.

No Laboratório de Biologia Celular, Citologia e Histologia, do Campus Ciências Agrárias da UNIVASF, apenas uma ou duas amostras das gônadas identificadas macroscopicamente, quanto ao estágio de maturação gonadal foram seccionadas a 5 µm de espessura, em seguida coradas com hematoxilina-eosina (HE) e montadas em lâmina. Para essa metodologia, foram levados em consideração todos os estádios gonadais observados mensalmente nas coletas.

As lâminas foram analisadas sob microscópio Lederer Avancini® (modelo LA/146A) acoplado com câmera digital Opton® (modelo TA-0124-A) e as imagens foram capturadas com o programa TA-0124-A. A histologia dos ovários e testículos das espécies *A. lacustris* e *P. kennedyi* foi realizada mediante a determinação dos estádios de maturação gonadal (EMG) de acordo com Carvalho et al. (2009) (Tabela 2).

Tabela 2 - Características microscópicas dos estádios de maturação gonadal (EMG) aplicados para as espécies *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi*, de acordo com Carvalho et al. (2009).

| EMG | Ovários | Testículos |
|-----|--|---|
| I | Presença de ovócitos perinucleolares iniciais e avançados. | Túbulos seminíferos com apenas espermatogônias e lúmen ocluso. |
| II | Presença de ovócitos perinucleolares e pré-vitelogênicos. | Túbulos seminíferos com cistos de células espermatogênicas e poucos espermatozóides dentro o lúmen. |
| III | Presença de ovócitos perinucleolares, pré-vitelogênicos e vitelogênicos. | Túbulos seminíferos com alguns cistos de células espermatogênicas e lúmen cheio de espermatozóides incorporado em secreção acidófila. |
| IV | Presença de ovócitos perinucleolares, pré-vitelogênicos e vitelogênicos e folículos pós-ovulatórios. | Túbulos seminíferos parcialmente vazios, poucos cistos de espermatócitos e espermatozóides. |
| V | Presença de ovócitos perinucleares, pós-ovulatórios e folículos atrésicos. | Túbulos seminíferos contendo espermatogônias, lúmen vazio ou com espermatozóides residuais. |

EMG= Estádios de maturação gonadal, I- imaturo/jovem; II- maturação inicial; III- maturação avançada/desovando/espermiando; IV- parcialmente esvaziado; V- totalmente gasto/esvaziado.

Para as imagens dos ovários de cada indivíduo, obtidas em microscópio, fez-se a mensuração em micrômetros (μm) do diâmetro ovocitário e da altura da camada das células foliculares de cinco (5) ovócitos nos estádios II, III (fases pré-vitelogênicas), IV (fase vitelogênica) e V (folículos atrésicos). Nos testículos, de cada exemplar, fez-se a mensuração em micrômetros (μm) do diâmetro dos túbulos seminíferos e da altura do epitélio germinativo de cinco (5) túbulos nos estádios II, III e IV. As mensurações foram realizadas através do programa Image-Pro Plus® - versão 4.5.0.29.

As médias para o diâmetro ovocitário (DO), bem como para a altura da camada das células foliculares (ACCF) nas fêmeas e as médias do diâmetro do túbulo seminífero (DTS) e da altura do epitélio germinativo (AEG) foram usadas como estimadores secundários da atividade reprodutiva de cada indivíduo. O tipo de desova (parcelada ou total) foi determinado após as características histológicas encontradas nas lâminas com tecidos de ovário e testículo dos indivíduos analisados.

Para obter o DO e DTS, foram realizadas duas mensurações, traçando uma reta horizontal e outra vertical, formando um ângulo de 90° entre elas. Dessas duas medidas, fez-se a média para o diâmetro ovocitário (Figura 9 A e B) e para o diâmetro do túbulo seminífero (Figura 10 A e B).

Figura 9 - Imagens da mensuração do diâmetro ovocitário (DO) e da altura da camada das células foliculares (ACCF) nas fases pré-vitelogênica e vitelogênica das espécies *Astynax lacustris* (A) e *P. kennedyi* (B).

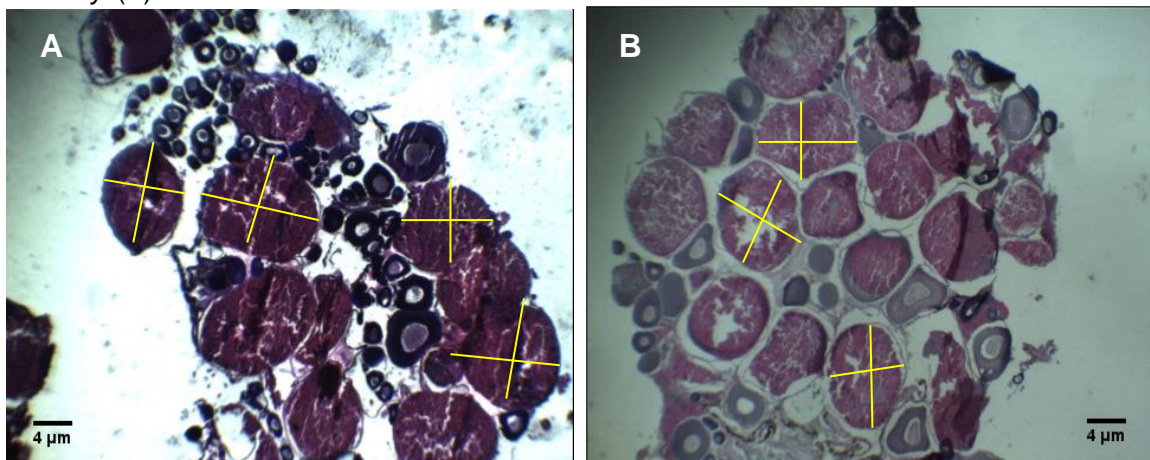
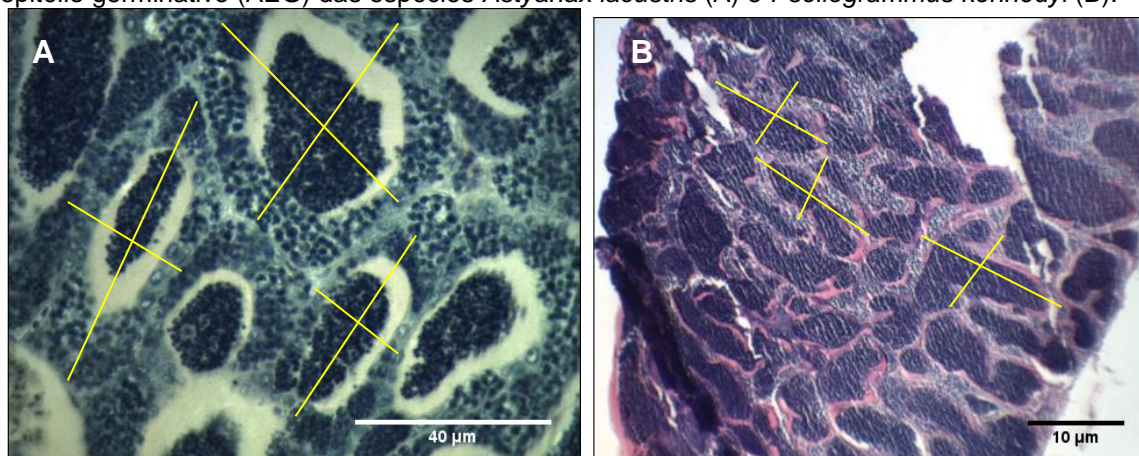


Figura 10 - Imagens da mensuração do diâmetro dos túbulos seminíferos (DTS) e da altura do epitélio germinativo (AEG) das espécies *Astyanax lacustris* (A) e *Psellogrammus kennedyi* (B).



4.5 Variáveis Químicas e Precipitação

Mensalmente, em cada campanha, foram coletadas amostras de água e encaminhadas para o Laboratório de Bioquímica do Centro de Conservação e Manejo de Fauna da Caatinga (CEMAFAUNA-CAATINGA/UNIVASF). Dessa água, foram avaliados os seguintes parâmetros químicos: Amônia pelo método do indofenol; Nitrito pelo método sulfanilamida e dicloreto de N-(1-naftil) etilenodiamino; Nitrito pelo método da região ultravioleta com segunda derivada e Fósforo pelo método do ácido ascórbico. Os métodos utilizados, seguem o modelo descrito da Embrapa 2014.

Os dados de precipitação e temperatura foram obtidos do site Climatempo durante o período de abril de 2014 a março de 2015.

4.6 Análise Estatísticas dos Dados

O Índice Gonadossomático foi calculado através da expressão proposta por Vazzoler (1996):

$$\text{IGS} = (\text{Wg}/\text{Wt}) \times 100$$

Sendo: Wg = Peso das gônadas em gramas;

Wt = Peso total do peixe em gramas.

A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Kolmogorov-Smirnov, o que permitiu analisar a sua distribuição paramétrica ou não paramétrica. Para testar a igualdade das variâncias dos dados paramétricos, o teste de Bartlett foi utilizado com a finalidade de verificar se as variâncias do diâmetro dos túbulos seminíferos, diâmetro ovocitário, altura do epitélio germinativo e altura da camada das células foliculares nos estágios diferem ou não. Para os dados não paramétricos, o teste de Wilcoxon *Mann-Whitney* foi empregado, com a mesma finalidade.

Para se avaliar possíveis correlações entre os fatores ambientais e o IGS foi utilizado a correlação não paramétrica de Spearman. O IGS de cada sexo de ambas as espécies estudadas foi correlacionado com a precipitação e temperatura média mensal. Tais dados foram fornecidos pela Agencia Pernambucana de Águas e Clima- APAC.

A relação entre os estádios de maturação gonadal com as variáveis químicas da água e a precipitação foram analisadas através de uma análise de correlação canônica (CCA) utilizando o software Past 2.17. A análise foi realizada utilizando a distribuição mensal dos indivíduos em cada estágio de maturação gonadal e os valores das variáveis limnológicas de cada amostragem. A CCA é uma análise multifatorial, que relaciona dois grupos de variáveis, a principal (estádios de maturação) e a explanatória (variáveis ambientais), através de regressões lineares. O resultado principal é um gráfico contendo a ordenação das amostras, espécies e conjuntos de vetores (MELLO; HEPP, 2008).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Descrição macroscópica dos ovários de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi*

Os ovários das fêmeas de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi* apresentaram uma morfologia típica dos teleósteos. São do tipo cistovariano, pelo fato de apresentarem oviduto contínuo, ou seja, o lúmen ovariano se estende até o oviduto e, conseqüentemente, os ovócitos alcançam o meio externo, conforme a classificação de Connaughton e Aida, 1998. Os ovários das duas espécies

apresentaram-se como órgãos pares, alongados e foliáceos, sofrendo modificações na espessura, volume e coloração durante as diferentes fases do ciclo reprodutivo, conforme observado também em outras espécies da família Characidae (MAZZONI et al., 2005).

Os ovários, de ambas as espécies, foram localizados dorso-lateralmente à bexiga natatória (Figura 11) e cavidade celômica, e dorsalmente ao tudo digestivo. Eles apresentam-se separados entre si, fusionando-se em sua parte caudal, nas proximidades do poro genital. Externamente, foram revestidos pelo peritônio visceral e ligados ao dorso da cavidade abdominal através do mesovário (Figura 12). Não foram observadas estruturas acessórias aos ovários. Essas características também foram verificadas por Veregue (2003) ao estudar *Astyanax scabripinnis paranae*, outra subespécie da família Characidae.

Figura 11: A - Ovário esquerdo de *Astyanax lacustris* na cavidade abdominal; B - Ovários maduros de *A. lacustris* com coloração pardo-esverdeado; C - Ovário esquerdo de *Psellogrammus kennedyi* na cavidade abdominal; D - Ovários maduros de *P. kennedyi* com coloração amarelada.

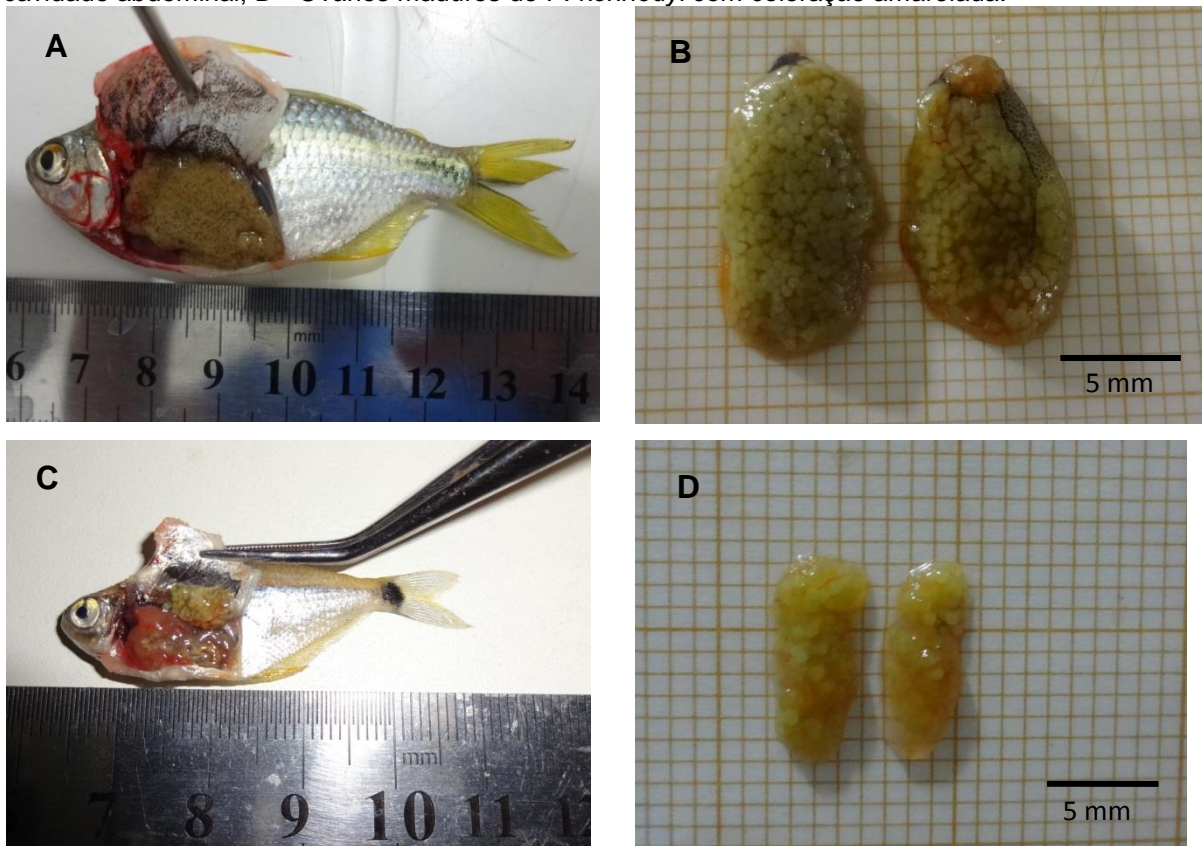
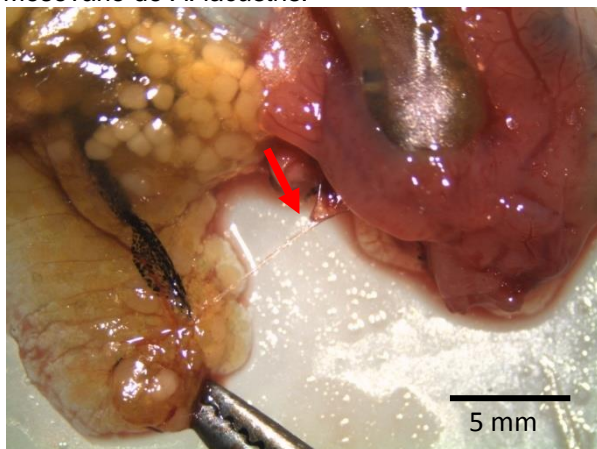


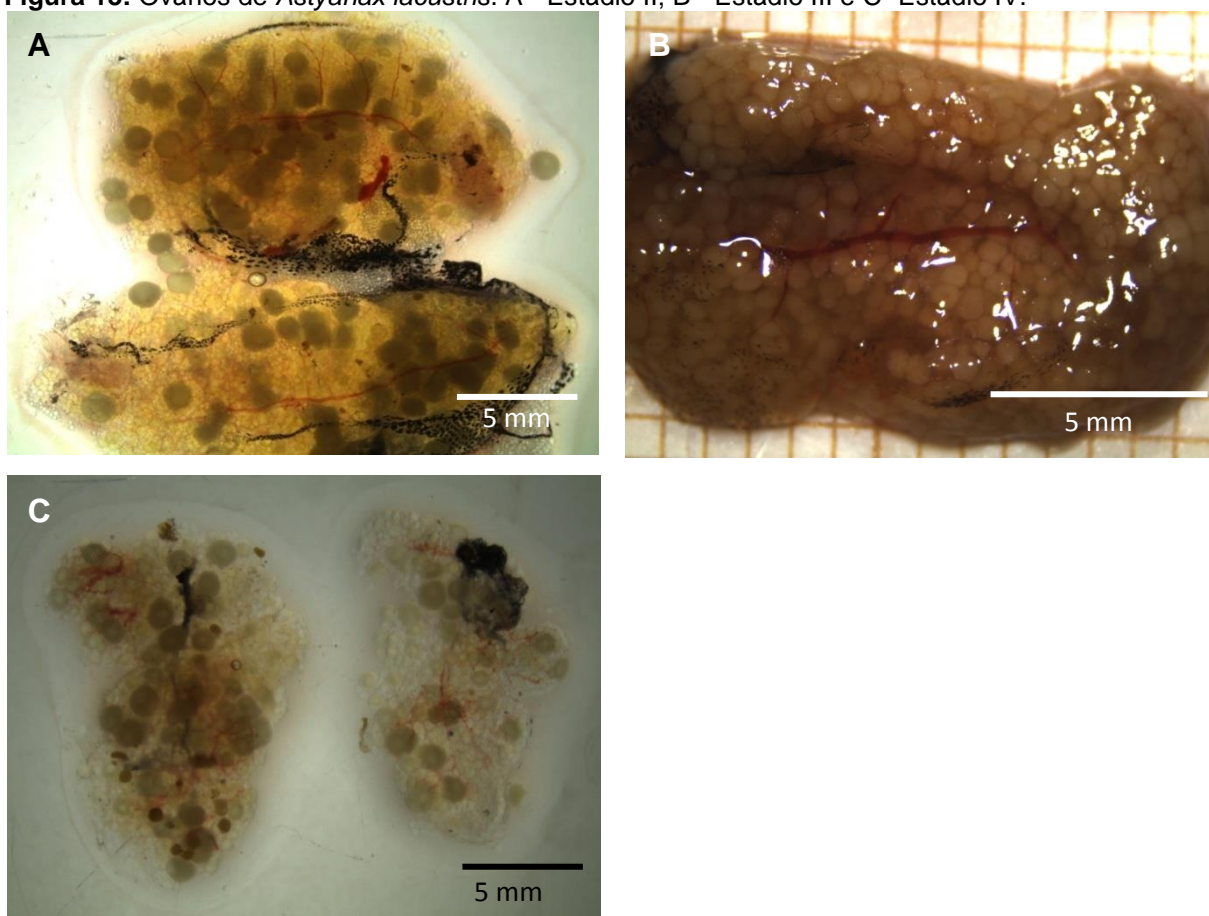
Figura 12 - Seta vermelha indicando o ligamento ao dorso da cavidade abdominal através do Mesovário de *A. lacustris*.



Os ovócitos vitelogênicos visíveis a olho nu apresentaram tons amarelado a pardo esverdeado para *A. lacustris* e amarelado para *P. kennedyi* durante todo o período amostrado. O pigmento amarelado está relacionado aos carotenóides presentes na gema, e possui íntima relação com a alimentação das espécies (SVENSSON et al., 2010). A coloração é importante para a identificação da prole, seleção de fêmeas saudáveis e seleção da prole para o cuidado parental (BLOUNT; HOUSTON, 2000; LUBZENS et al., 2010). Além de indicar estado de saúde, devido ao fato dessas substâncias serem classificadas como antioxidantes e imunoestimulantes (OLSEN; OWENS, 1998).

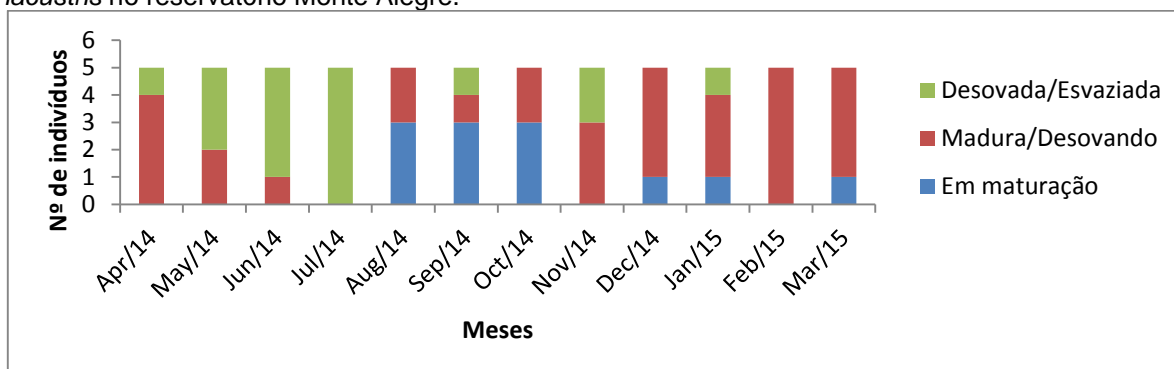
Os ovários de *A. lacustris* e *P. kennedyi* analisados macroscopicamente, apresentaram-se em três fases de maturação gonadal (II, III, IV). Considerando a seguir a descrição comum a ambas as espécies, tem-se que, na fase II, observaram-se ovários consistentes e volumosos, cercados por massas muito gordurosas, vascularizados, com ovócitos visíveis a olho nu (Figura 13 A); na fase III, as gônadas apresentaram-se consistentes, largas, muito volumosas e rodeadas por gordura ocupando a maior parte da cavidade celomática, vascularização intensa e cor amarela a pardo-esverdeada, com ovócitos grandes e abundantes (Figura. 13 B); na fase IV, os ovários apresentaram-se flácidos, hemorrágicos, áreas com alguns ovócitos visíveis, não volumosos e escassos de gordura (Figura 13 C). Tais características corroboraram com a descrição de Carvalho et al. (2009).

Figura 13: Ovários de *Astyanax lacustris*. A - Estádio II; B - Estádio III e C- Estádio IV.



Astyanax lacustris apresentou fêmeas em maturação nos meses de janeiro, março, agosto a outubro e dezembro. Com relação às fêmeas maduras, só não houve registro no mês de julho. Fêmeas esvaziadas foram registradas nos meses de abril a julho, setembro, novembro e janeiro (Figura 14).

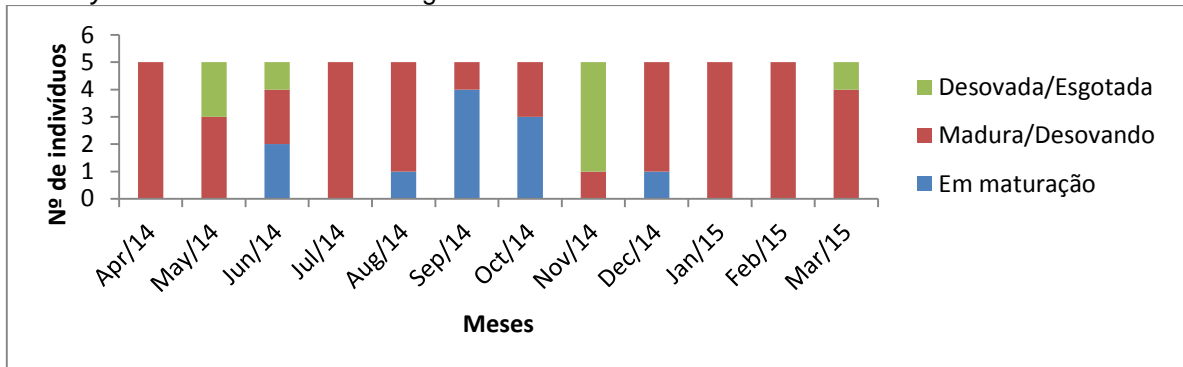
Figura 14 - Frequência de ocorrência mensal dos estádios gonadais das fêmeas de *Astyanax lacustris* no reservatório Monte Alegre.



Psellogrammus kennedyi apresentou fêmeas em maturação nos meses de junho, agosto a outubro e dezembro. Fêmeas maduras foram observadas em todos

os mês do ano e houve registro de fêmeas esvaziadas nos meses de março, maio, junho e novembro (Figura 15).

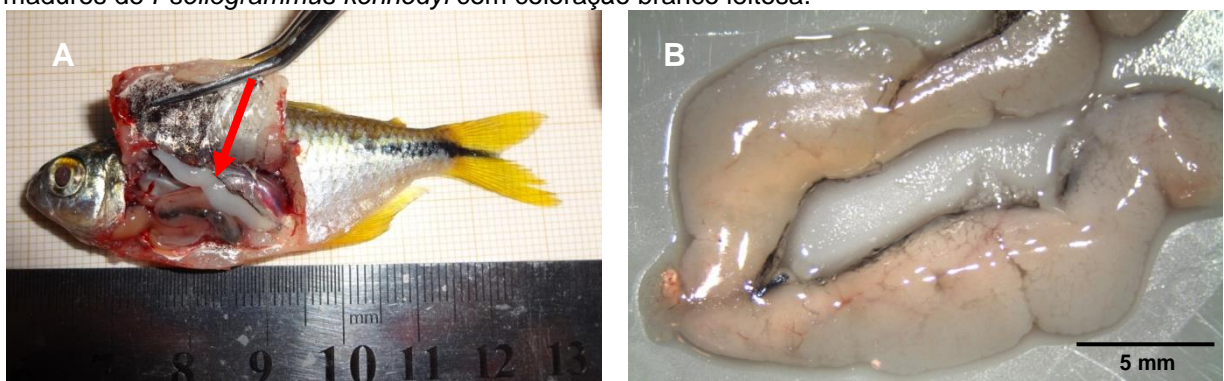
Figura 15 - Frequência de ocorrência mensal dos estádios gonadais das fêmeas de *Psellogrammus kennedyi* no reservatório Monte Alegre.

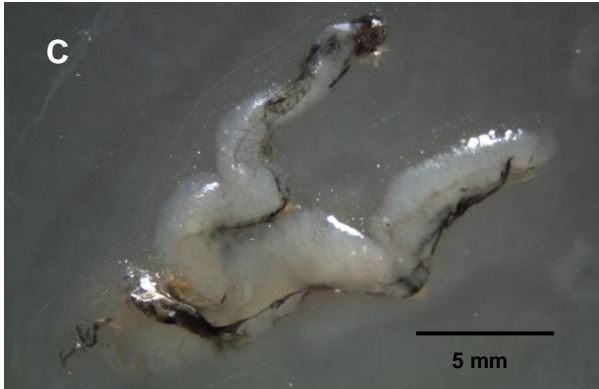


5.2 Descrição macroscópica dos testículos de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi*

Os testículos de *A. lacustris* e *P. kennedyi* mostraram-se como órgãos pares, alongados e fusiformes, localizados dorso-lateralmente à bexiga gasosa e cavidade celômica e dorsalmente ao tubo digestivo, juntando se caudal ventral à papila urogenital. Não foram observadas estruturas acessórias testiculares. Os testículos maduros possuíram coloração branco-leitosa (Figura 16).

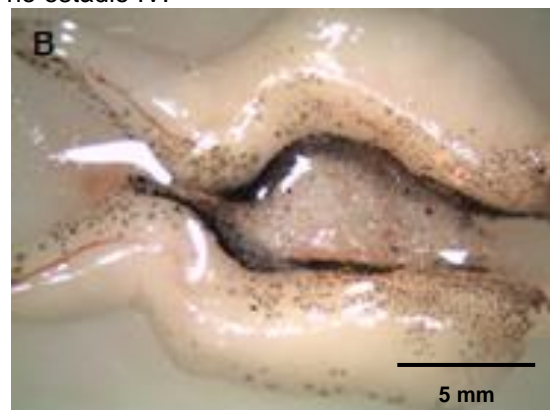
Figura 16 - A - Seta vermelha mostrando o testículo esquerdo de *Astyanax lacustris* na cavidade abdominal; B - Testículos maduros de *A. lacustris* com coloração branco leitosa; C - Testículos maduros de *Psellogrammus kennedyi* com coloração branco leitosa.

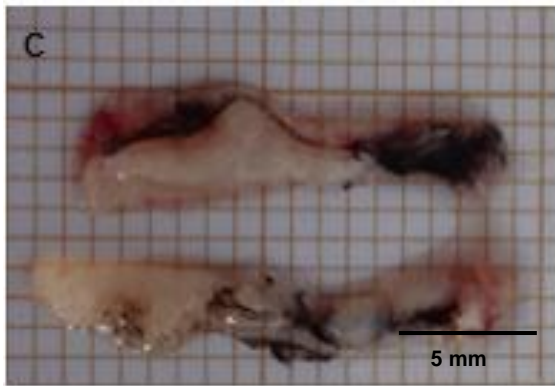




Os testículos de *A. lacustris* e *P. kennedyi* analisados macroscopicamente apresentaram-se em três fases de maturação gonadal (II, III, IV). Considerando a seguir a descrição comum a ambas as espécies, tem-se que na fase II, os testículos ocuparam de 1/3 a 2/3 da cavidade celomática, foram pouco vascularizados e de coloração esbranquiçada (Figura 17 A); na fase III, se apresentaram túrgidos, ocupando grande parte da cavidade celomática, com coloração branco leitosa, cercados por massas gordurosas e com vascularização reduzida (Figura. 17 B); na fase IV, apresentaram-se flácidos, ocupando menos de 2/3 da cavidade celomática, brancos, avermelhados e hemorrágicos, rodeados de pouca gordura (Figura 17 C). Tais aspectos morfológicos também corroboraram com a descrição de Carvalho et al. (2009).

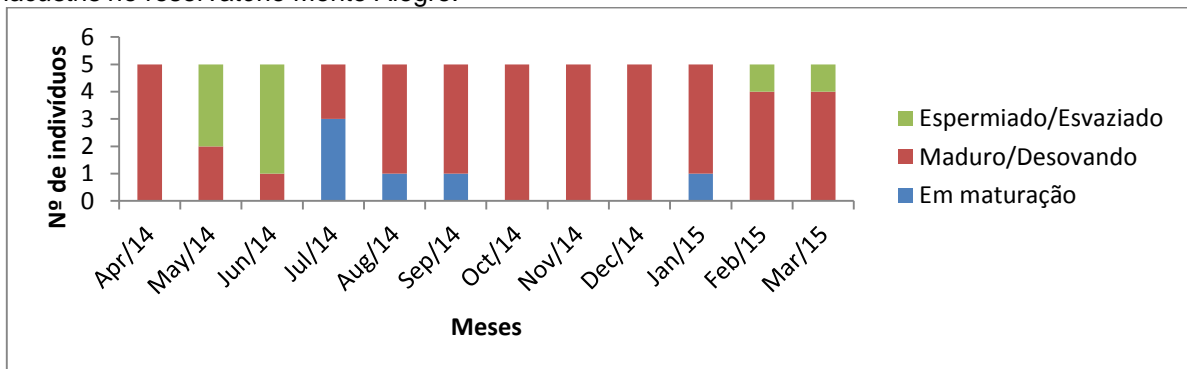
Figura 17 - Testículos de *Psellogrammus kennedyi* no estágio II (A); Testículos de *Astyanax lacustris* no estágio III (B) e Testículos de *Astyanax lacustris* no estágio IV.





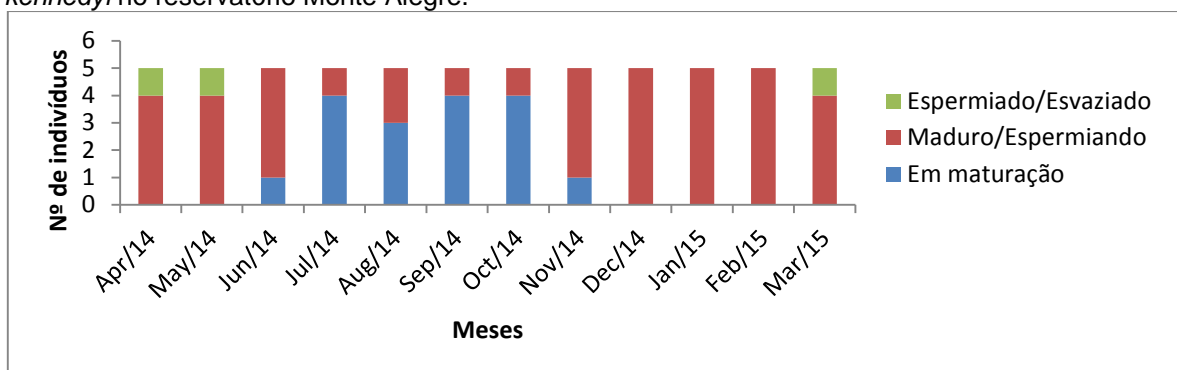
Astyanax lacustris apresentou machos em maturação nos meses de janeiro e de julho a setembro. Machos maduros foram observados em todos os meses do ano, com indivíduos esvaziados nos meses de fevereiro, março, maio e junho (Figura 18).

Figura 18 - Frequência de ocorrência mensal dos estádios gonadais dos machos de *Astyanax lacustris* no reservatório Monte Alegre.



Psellogrammus kennedyi apresentou machos em maturação no período de junho a novembro. Machos maduros foram observados em todos os meses do ano com indivíduos esvaziados nos meses de março a maio (Figura 19).

Figura 19 - Frequência de ocorrência mensal dos estádios gonadais dos machos de *Psellogrammus kennedyi* no reservatório Monte Alegre.

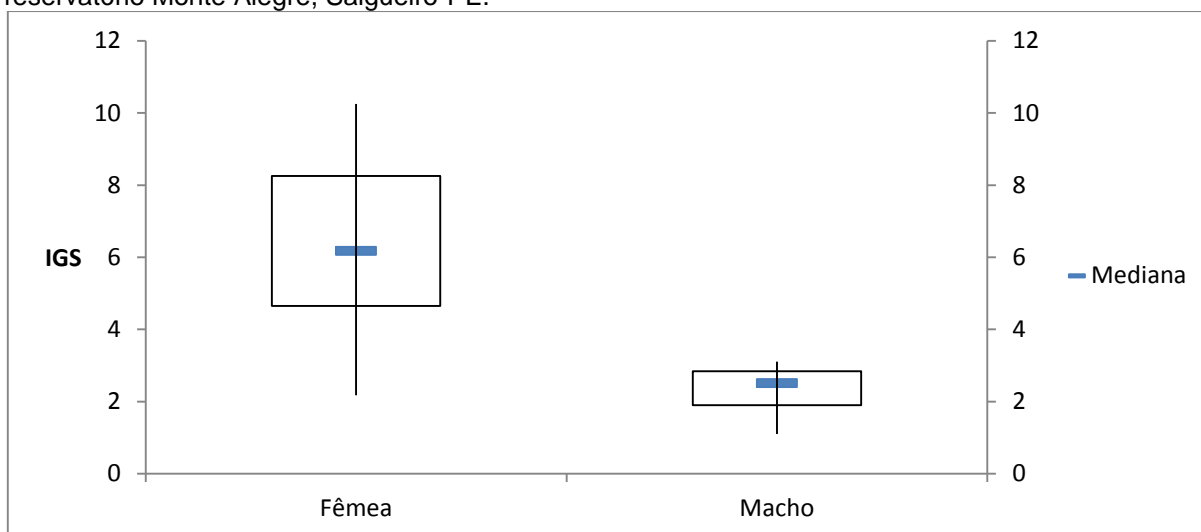


O estágio predominante para as fêmeas foi o maduro (51,6% para *A. lacustris* e 68,3% para *P. kennedyi*). O menos encontrado foi o de maturação para *A. lacustris* (20%) e o esvaziado para *P. kennedyi* (13,3%). Essa diferença na frequência temporal dos estádios gonadais pode ser considerada própria das espécies nas condições ambientais vigentes no período em estudo, pois de acordo com Veregue e Orsi (2003), os peixes do gênero *Astyanax* parecem ter uma periodicidade em seu processo reprodutivo.

5.3 Índice Gonadossomático (IGS) das Espécies Estudadas

Os valores médios mensais do IGS de machos e fêmeas de *Astyanax lacustris* (Figura 20) foram menores entre os meses de maio e novembro, com destaque para os meses de junho e julho, em ambos os sexos. Notou-se um incremento no índice a partir do mês dezembro, quando as fêmeas apresentaram seu pico, já para os machos, o pico ocorreu no mês de março. Esses períodos coincidiram com o período chuvoso na região de estudo.

Figura 20 - Variação temporal de IGS de machos e fêmeas de *Astyanax lacustris*, coletados no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE.

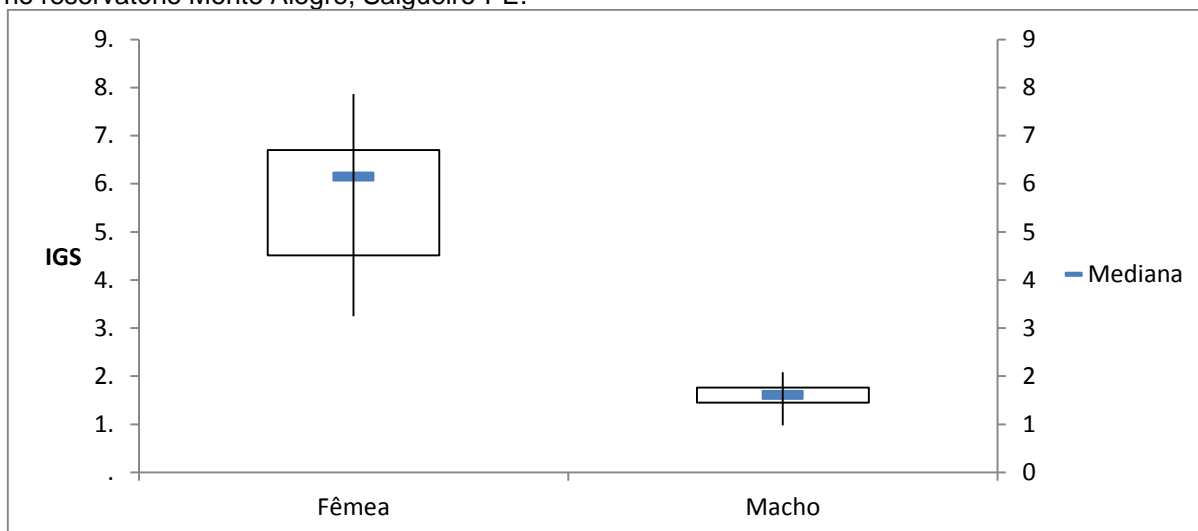


A maioria dos estudos realizados com o gênero *Astyanax* no hemisfério sul, demonstram que as espécies apresentam uma reprodução sazonal, com pico no período chuvoso (SILVA, 2008), que normalmente compreendem as estações da primavera e verão (ABILHOA; AGOSTINHO, 2007; DALA CORTE; AZEVEDO, 2010).

Os picos de IGS médio de *A. lacustris* foram observados nos meses de dezembro a abril. No mês de fevereiro, quando todas as fêmeas capturadas se encontravam maduras, a média de IGS foi de 10,25%, e no mês de janeiro houve o registro de uma fêmea com o IGS de 15,78%. Para *P. kennedyi*, os maiores valores de IGS médio foram observados nos meses de dezembro a maio. Nos meses em que todas as fêmeas se encontravam maduras, a média de IGS foi de 7,87%, sendo que no mês de março uma das fêmeas atingiu IGS de 10,41%. Gurgel (2004) encontrou para *A. fasciatus* um período de reprodução longo, com o IGS aumentando a partir do trimestre novembro-dezembro-janeiro, alcançando maiores valores no trimestre seguinte.

O menor IGS médio das fêmeas e machos de *P. kennedyi* ocorreu no mês de novembro. Nos meses seguintes foi nítido um incremento no índice, com fêmeas atingindo seu pico no mês de fevereiro. O maior índice mensal de IGS nos machos ocorreu no mês de agosto, mês em que as fêmeas também apresentaram um índice elevado, podendo ser uma consequência do grande número de indivíduos maduros (Figura 21).

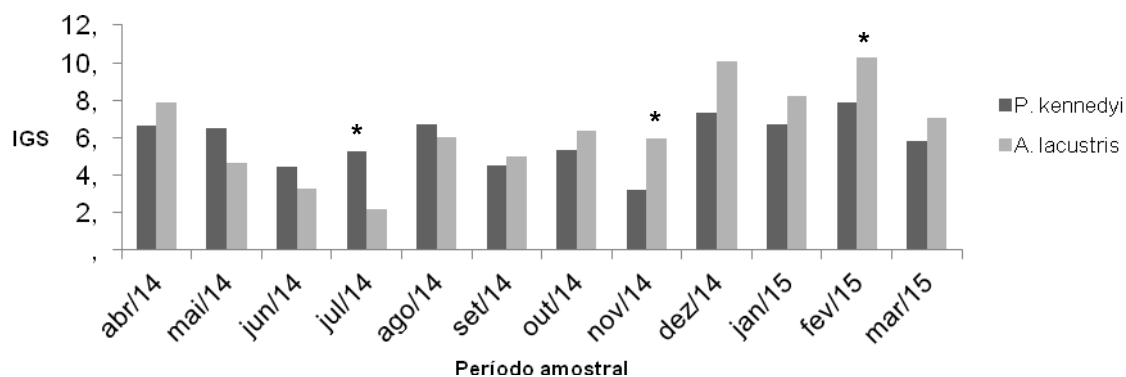
Figura 21 - Variação temporal de IGS de machos e fêmeas de *Psellogrammus kennedyi*, coletados no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE.



Os maiores IGS de fêmeas de *P. kennedyi* ocorreram no mesmo intervalo de meses apresentado por *A. lacustris*, período esse em que ocorreu uma maior precipitação na região do reservatório Monte Alegre. Lourenço, Mateus e Machado (2008) ao analisarem fêmeas da espécie *Moenkhausia sanctafilomenae* observaram um maior número de gônadas maduras, e conseqüentemente maior IGS, no mês de dezembro, quando se iniciaram as chuvas na região do rio Cuiabá. O mesmo foi registrado nos exemplares de *Prochilodus brevis* onde o período reprodutivo coincidiu com o período de chuvas (NASCIMENTO et al., 2012).

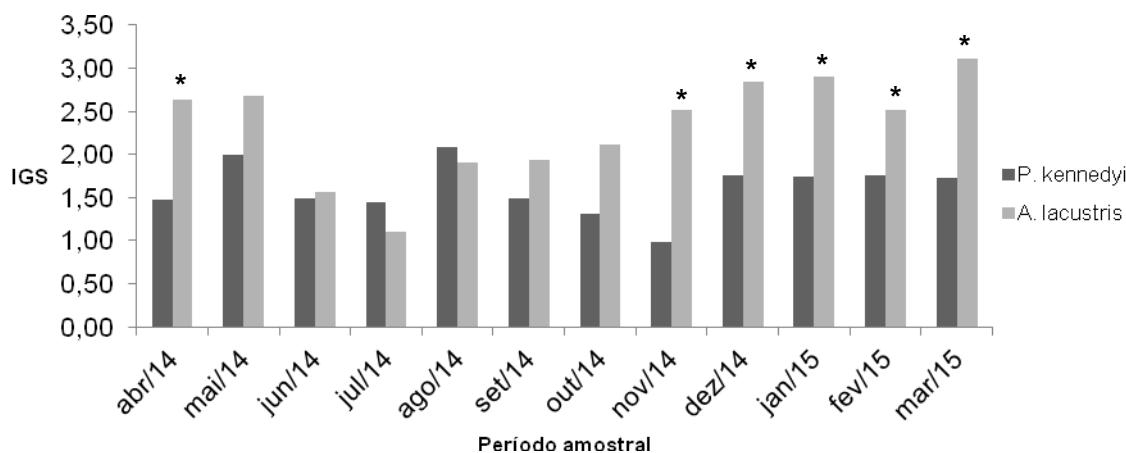
Ao compararmos os IGS's das fêmeas de ambas as espécies, observou-se que *A. lacustris* apresentou maiores índices em oito dos 12 meses analisados, e que *P. kennedyi* apresentou maiores índices nos meses de maio a agosto (Figura 22). O IGS foi significativamente maior para as fêmeas de *A. lacustris* nos meses de novembro e fevereiro, enquanto que o IGS de *P. kennedyi* foi significativamente mais elevado no mês de julho quando comparado aos de *A. lacustris* (Figura 22).

Figura 22 - Índices gonadossomáticos das fêmeas de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi* no período de abril de 2014 a março de 2015 no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE. * Resultados significativos com $p < 0.05$.



Ao compararmos os índices gonadossomáticos (IGS) dos machos de ambas as espécies, observou-se que o de *A. lacustris* foi superior em 10 dos 12 meses analisados, e que *P. kennedyi* apresentou maiores índices apenas nos meses de julho e agosto (Figura 23). O IGS foi significativamente maior para os machos de *A. lacustris* nos meses de novembro a abril. Não foram observados valores de IGS de *P. kennedyi* significativamente maiores aos de *A. lacustris* (Figura 23).

Figura 23 - Índices gonadossomáticos dos machos de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi* no período de abril de 2014 a março de 2015 no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE. * Resultados significativos com $p < 0.05$.



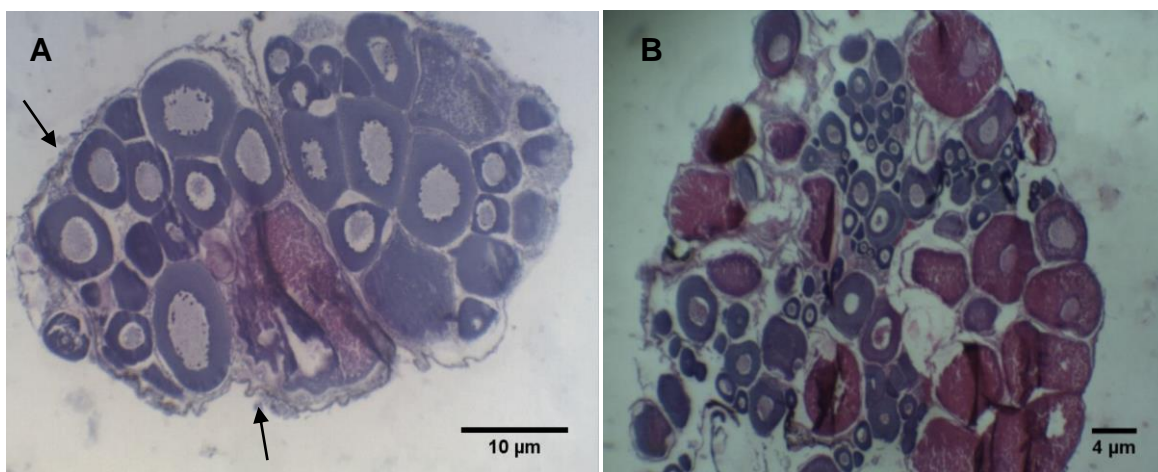
5.4 Descrição Histológica dos Ovários de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi*

A partir das observações da histologia ovariana de *A. lacustris* e *P. kennedyi* puderam ser distinguidas cinco fases gonadais comuns às duas espécies, entretanto, as análises histomorfométricas foram direcionadas apenas aos estádios

(II, III e IV). Isso ocorreu devido aos poucos registros celulares nas fases I e V, contemplando pontualmente um ou outro indivíduo.

Nas observações histológicas dos ovários das duas espécies, verificaram-se ovários envolvidos externamente por uma serosa peritoneal, constituída por mesotélio e lâmina do tecido conjuntivo fibroso (Figura 24 A). Profundamente a essa estrutura, observou-se a túnica albugínea de natureza conjuntiva, contendo fibrócitos e vasos sanguíneos. A túnica albugínea emitiu septos para o interior do órgão, formando lamelas ovulíferas, nas quais encontraram-se ovogônias e ovócitos em diferentes fases de desenvolvimento. Nas duas espécies, o tipo de desenvolvimento ovocitário é assincrônico, com a presença de ovócitos em diferentes estádios de desenvolvimento (Figuras 24 A e B). Essas mesmas características foram observadas por Drummond (1996), Miranda (1999), Pereira Filho (2000) e Marcon (2008).

Figura 24: (A) Corte histológico do ovário de *Psellogrammus kennedyi* evidenciando o tecido conjuntivo fibroso (Setas); (B) Corte histológico do ovário de *Astyanax lacustris* com presença de ovócitos em diferentes estádios de desenvolvimento.

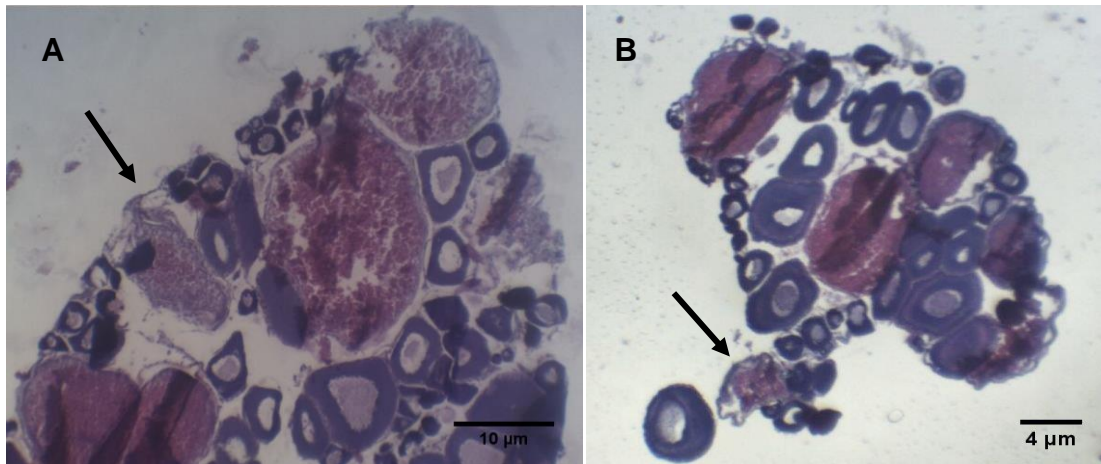


Próximos aos ovócitos primários, observou-se uma quantidade razoável de tecido conjuntivo, já nos ovócitos em vitelogênese avançada, a visualização do tecido conjuntivo do estroma ovariano foi dificultada pelo maior tamanho que estes ovócitos atingem.

O processo de desenvolvimento dos ovócitos parece ser o mesmo para as diferentes espécies de peixes teleósteos, com relação às variações na sua estrutura, tais como, diâmetro, características do núcleo, camadas envoltórias, composição e distribuição do vitelo. Os ovócitos, quando maduros, são eliminados e, com isso,

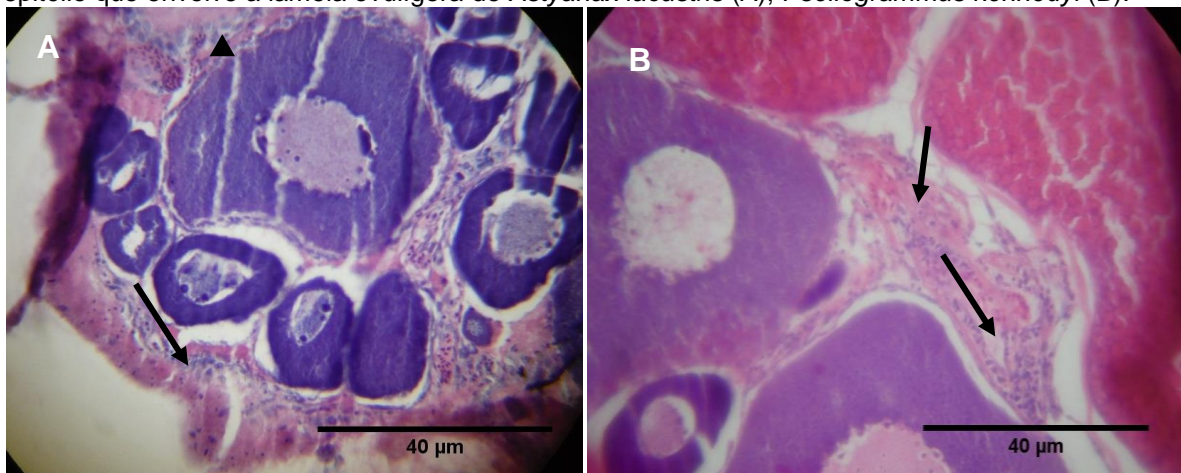
surgem os folículos pós-ovulatórios no estroma ovariano (Figura 25) como relatado por Santos (2003) e Marcon (2008).

Figura 25: Folículo pós-ovulatório (seta) no estroma ovariano de *Astyanax lacustris*. Aumento de 100X (A); Folículo pós-ovulatório (seta) no estroma ovariano de *Psellogrammus kennedyi*. Aumento de 40X (B).



A presença de células pavimentosas e cúbicas no epitélio que envolve a lamela ovulígera foi também observada nas duas espécies (Figura 26 A e B).

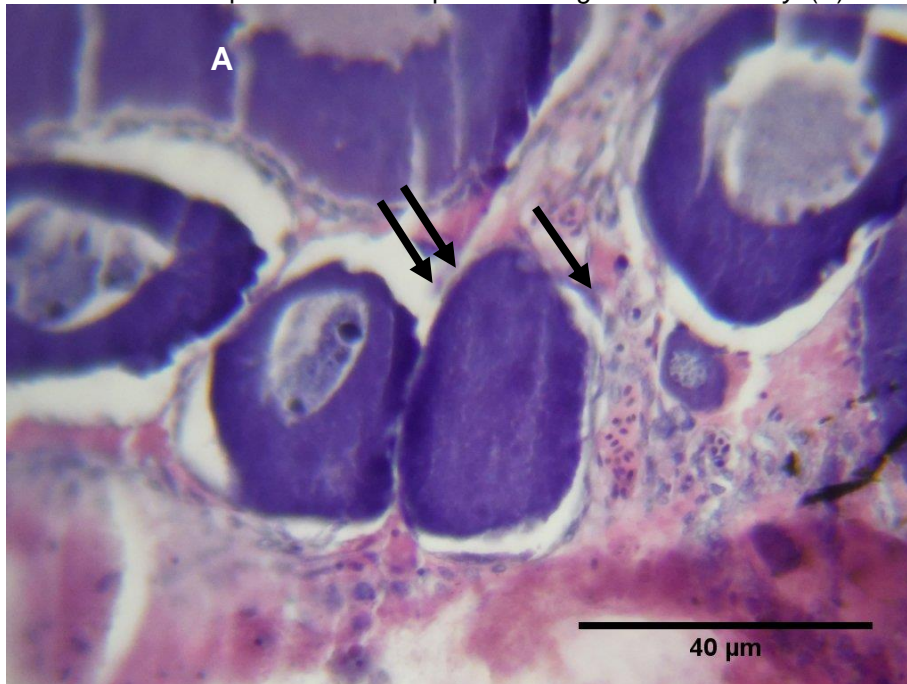
Figura 26 – Ovário com presença de células pavimentosas (cabeça da seta) e cúbicas (setas) no epitélio que envolve a lamela ovulígera de *Astyanax lacustris* (A); *Psellogrammus kennedyi* (B).



As ovogônias organizadas em ninhos ou encontradas isoladamente são envoltas por células epiteliais e por uma membrana basal que as separam do estroma ovariano, para mais tarde se tornarem ovócitos (GRIER et al., 2007). Nos ovários das duas espécies, foram verificadas células com características que as diferenciaram das ovogônias iniciais. Estas células foram maiores, e já possuíam

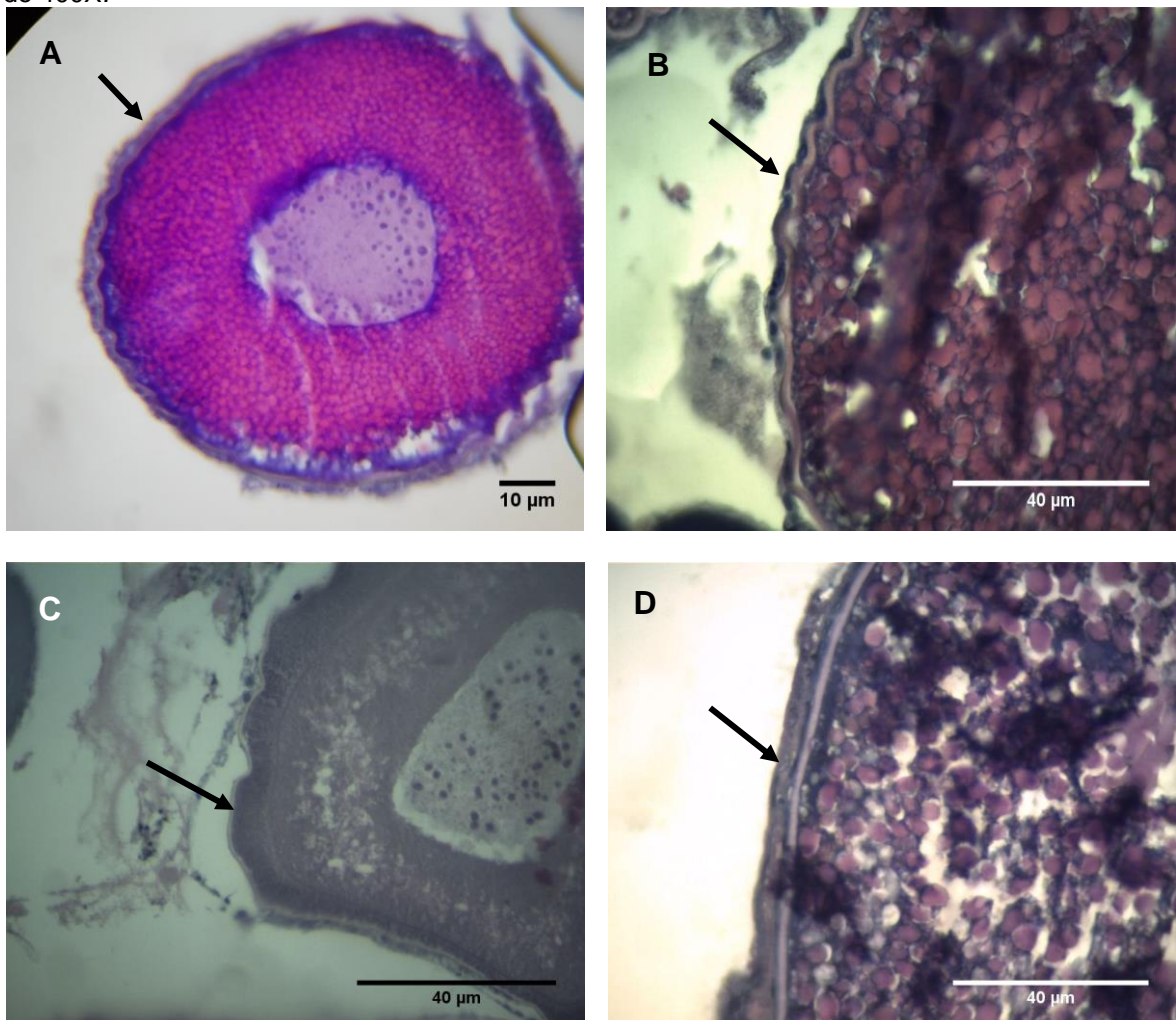
citoplasma e presença de núcleo evidente e, portanto, denominadas ovócitos primordiais (Figura 27 A e B).

Figura 27 - Seta única indicando a presença de ovogônia e seta dupla indicando ovócitos primordiais na espécie *Astyanax lacustris* (A); Seta única indicando a presença de ovogônia e seta dupla indicando ovócitos primordiais na espécie *Psellogrammus kennedyi* (B).



Nas duas espécies, também foi possível observar semelhanças na morfologia e conteúdo das vesículas corticais, as quais se fundem e formam os alvéolos corticais (Figura 28 A, B, C e D). Essas características dos alvéolos corticais de ambas as espécies foram similares àquelas descrita por Bazzoli; Godinho (1994); Garcia et al. (2001) e Marcon (2008).

Figura 28 - Ovócito em estágio avançado com presença de vesículas corticais (seta) formando o alvéolo cortical em *Astyanax lacustris* (A e B); Ovócito em estágio avançado com presença de vesículas corticais (seta) formando o alvéolo cortical em *Psellogrammus kennedyi* (C e D) Aumento de 400X.



As duas espécies apresentaram ovócitos pré-vitelogênicos durante todos os meses do ano (estádios II e III). Ovócitos vitelogênicos (estádio IV) de *A. lacustris* só não foram registrados nos meses de abril, julho e agosto. Para *P. kennedyi*, só não houve a presença de ovócitos vitelogênicos nos meses de abril e maio.

O diâmetro dos ovócitos vitelogênicos de *A. lacustris* e *P. kennedyi* apresentaram média de $471,68 \pm 160,55$ e $283,32 \pm 59,01$ μm , com altura média da camada das células foliculares de $9,35 \pm 3,37$ e $6,69 \pm 2,87$ μm , respectivamente (Tabela 3). Observou-se se que os ovócitos vitelogênicos de *P. kennedyi* foram menores quando comparados aos de *A. lacustris*.

O diâmetro dos ovócitos vitelogênicos de *A. lacustris* obtidos no presente trabalho, possui valor próximo do obtido por Martins et al. (2012) na espécie *Astyanax bimaculatus* (563.90 ± 131.70) de ocorrência na bacia do rio São Francisco.

Tabela 3 - Medidas histomorfométricas do diâmetro ovocitário (DO) e altura da camada das células foliculares (ACCF) das fêmeas de *Astyanax lacustris* - 32 observações e *Psellogrammus kennedyi* - 34 observações.

| | Diâmetro ovocitário | | | Altura da camada das células foliculares | | |
|---------------------|---------------------|----------------|----------------|--|--------------|------------|
| | II | III | IV | II | III | IV |
| <i>A. lacustris</i> | 166,57±71,42a | 165,66±139,93b | 471,68±160,55b | 38,52±17,01a | 20,89±7,11b | 9,35±3,37c |
| <i>P. kennedyi</i> | 85,20±24,74a | 104,72±37,18b | 283,32±59,01c | 20,67±8,14a | 26,13±12,11b | 6,69±2,87c |

Letras (a,b,c) diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$); letras iguais não apresentam diferenças significativas; para as fases II, III e IV, respectivamente.

Ao compararmos o DO entre os estádios gonadais em *A. lacustris*, observamos que o estágio II quando comparado aos estádios III e IV, foram significativamente diferentes ($p < 0,05$), não havendo diferença significativa nos valores quando comparados os estádios III com IV (Tabela 3). Foram observadas diferenças significativas na ACCF quando comparados os diferentes estádios (Tabela 3).

Psellogrammus kennedyi apresentou diferenças significativas nos valores do DO e ACCF quando comparados os diferentes estádios de maturação gonadais (Tabela 3).

Ao estabelecermos uma comparação nas duas espécies entre os mesmos estádios gonadais, observamos diferenças significativas no DO para as diferentes fases. Já na ACCF apenas a comparação entre os estádios IV de *A. lacustris* com *P. kennedyi* não houve diferença significativa (Tabela 4).

Tabela 4 - Medidas histomorfométricas do diâmetro ovocitário (DO) e altura da camada das células foliculares (ACCF) das fêmeas de *Astyanax lacustris* - 32 observações e *Psellogrammus kennedyi* - 34 observações, quando comparados os mesmos estádios gonadais.

| | Diâmetro ovocitário | | | Altura da camada das células foliculares | | |
|---------------------|---------------------|----------------|----------------|--|--------------|------------|
| | II | III | IV | II | III | IV |
| <i>A. lacustris</i> | 166,57±71,42a | 165,66±139,93a | 471,68±160,55a | 38,52±17,01a | 20,89±7,11a | 9,35±3,37a |
| <i>P. kennedyi</i> | 85,20±24,74b | 104,72±37,18b | 283,32±59,01b | 20,67±8,14b | 26,13±12,11b | 6,69±2,87a |

Letras (**a,b**) diferentes nas linhas da mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$); letras iguais não apresentam diferenças significativas; para as fases II, III e IV, respectivamente.

5.5 Descrição Histológica dos Testículos de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi*

Os testículos das duas espécies possuíram uma cápsula de tecido conjuntivo e, no seu interior, encontravam-se túbulos seminíferos. Foram encontrados ductos anastomosados revestidos por tecido conjuntivo com epitélio simples apresentando células de revestimento do tipo colunares (Figura 29 A e B). A espécie *P. kennedyi* de uma maneira geral, apresentou um número maior de túbulos anastomosados quando comparado a *A. lacustris*.

O testículo das duas espécies foi do tipo túbulo anastomosado, apresentando porções com diferentes funções, denominadas de espermatogênica e secretora (Figura 30). A porção espermatogênica contou com cistos espermatogênicos, onde ocorria a produção de espermatozóides, enquanto a porção secretora apresentou espermátides e espermatozóides imersos em secreção (Figura 31 A e B). Analisando diversos testículos das espécies analisadas, foi observado que as porções espermatogênica e secretora variaram suas posições, não sendo possível estabelecer padrões de localização anatômicas. As células epiteliais que compunham a porção secretora apresentaram uma dinâmica estrutural, podendo ser cúbicas ou pavimentosas.

Figura 29 - Tecido conjuntivo com epitélio simples circundando os túbulos seminíferos anastomosados em *Astyanax lacustris* (A); *Psellogrammus kennedyi*. Luz do Túbulo (LT) preenchida por secreção e espermatozóides (B). Aumento de 400X.

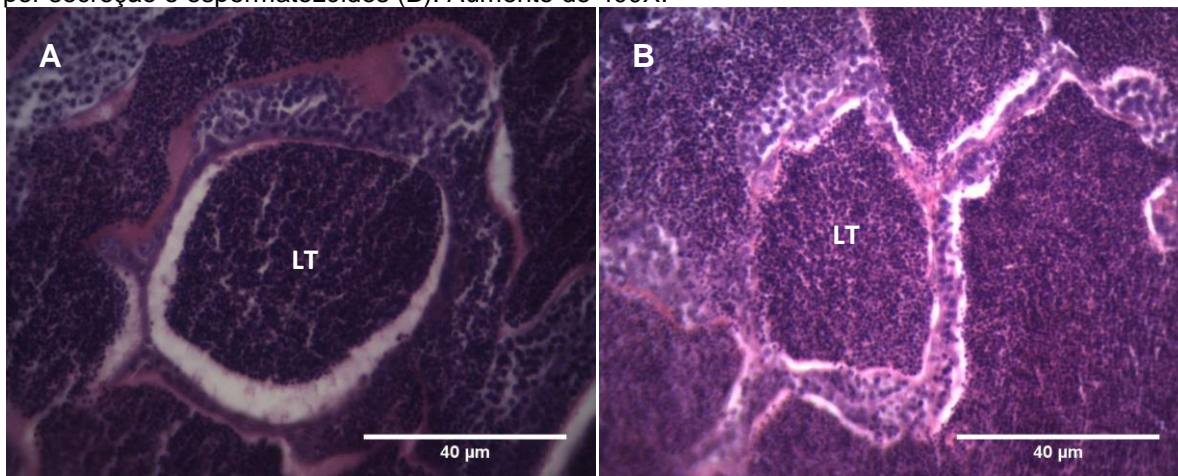


Figura 30 - Porção espermatogênica (PE) (seta dupla) e porção secretora (PS) (seta única) em *Astyanax lacustris*. Aumento de 40X.

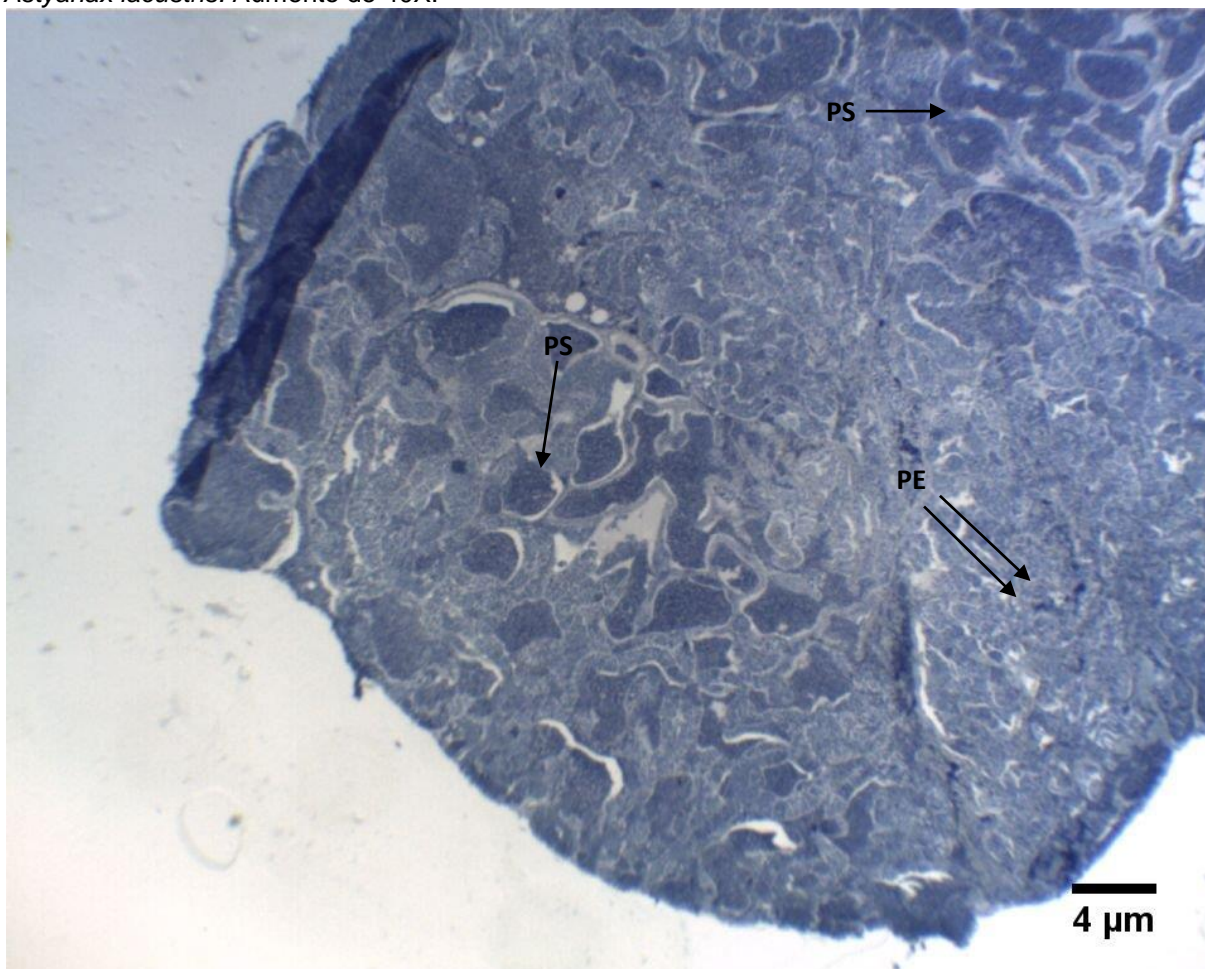
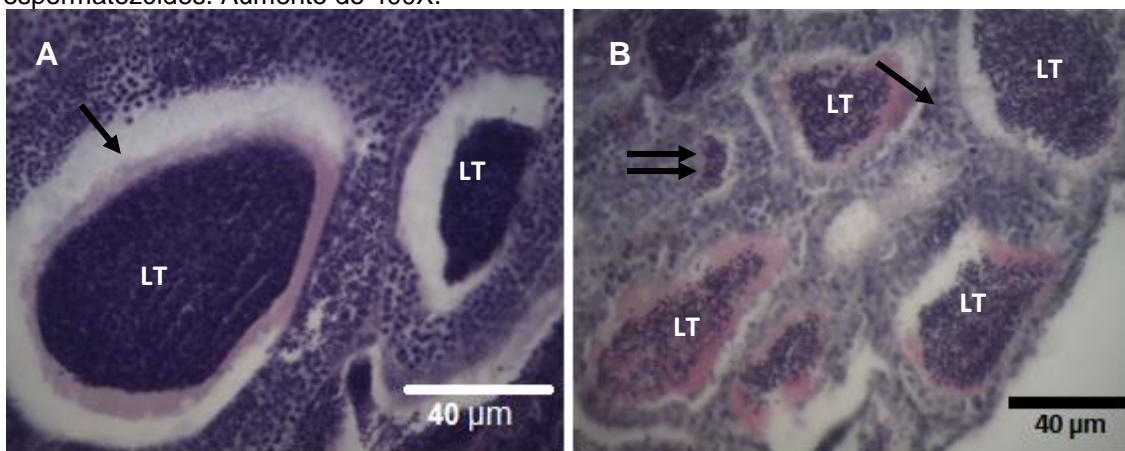
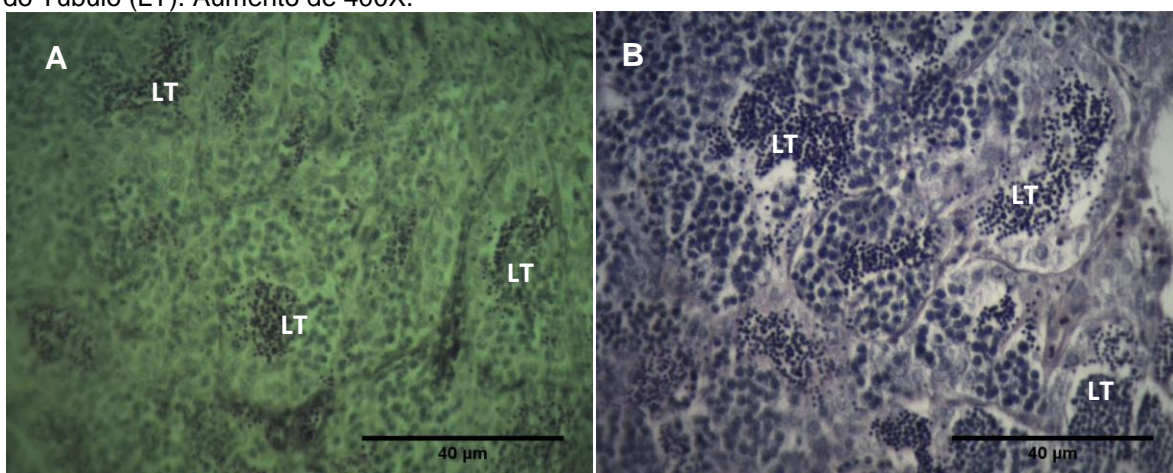


Figura 31 - Epitélio secretor com células de diferentes formas (A) (seta única) em *Astyanax lacustris*; Porção espermatogênica com cistos espermatogênicos, onde ocorre a produção de espermatozóides (seta dupla) (B) em *Psellogrammus kennedyi*. Luz do Túbulo (LT) preenchida por secreção e espermatozóides. Aumento de 400X.



A partir das observações histológicas dos testículos de *A. lacustris* e *P. kennedyi*, puderam ser distinguidas três fases gonadais (II, III e IV) comuns às duas espécies. No estágio de maturação II (Figura 32 A e B), os túbulos seminíferos apresentaram epitélio germinativo contínuo com presença de cistos em diversos estádios da espermatogênese, e com a presença de poucas espermatogônias entremeadas aos cistos. Neste estágio, a luz dos túbulos apresentou tamanho reduzido, contendo um número pequeno de células livres no seu interior.

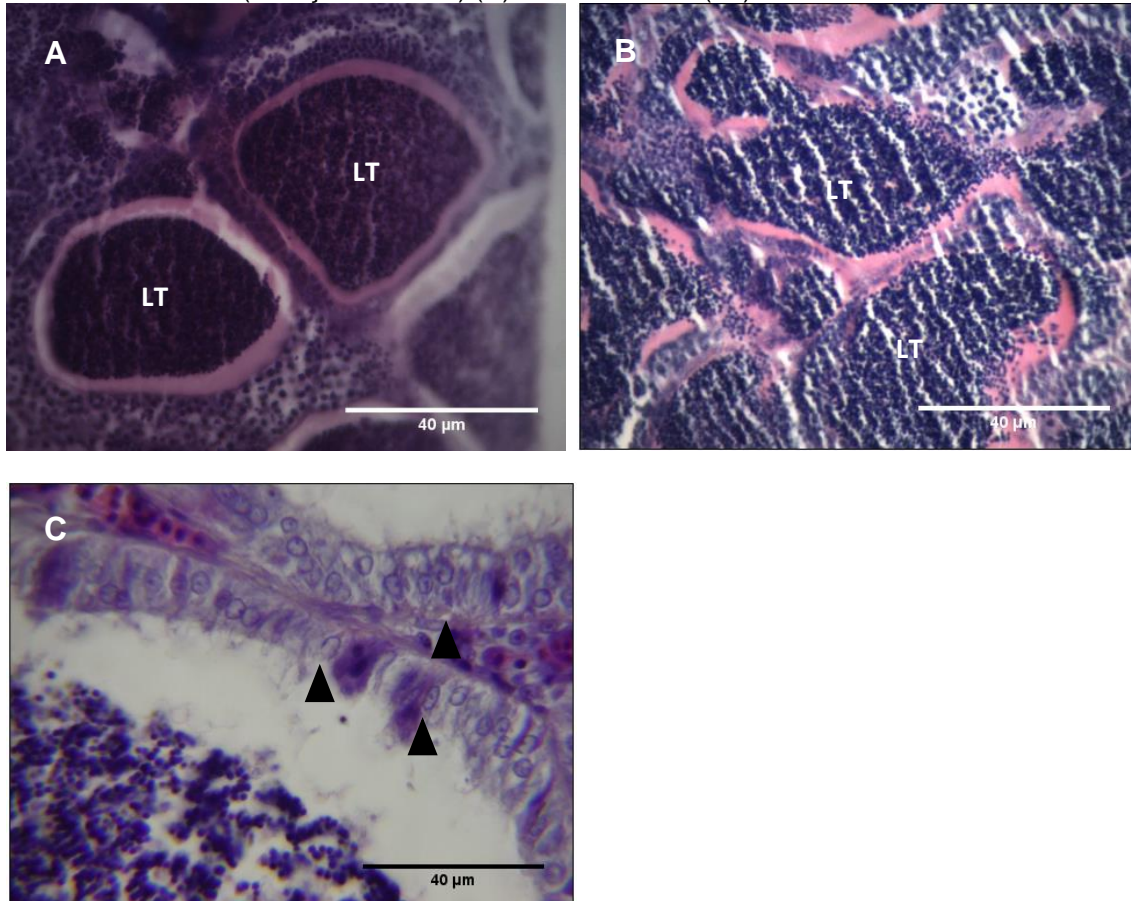
Figura 32 - Estádio (II) de maturação em *Astyanax lacustris* (A) e *Psellogrammus kennedyi* (B). Luz do Túbulo (LT). Aumento de 400X.



No estágio III (maduro/espermiando) (Figura 33 A e B), o epitélio germinativo se encontrou melhor delimitado, com bordas melhor definidas em *A. lacustris* quando comparado a *P. kennedyi*. A presença de cistos foi rara e quando presentes,

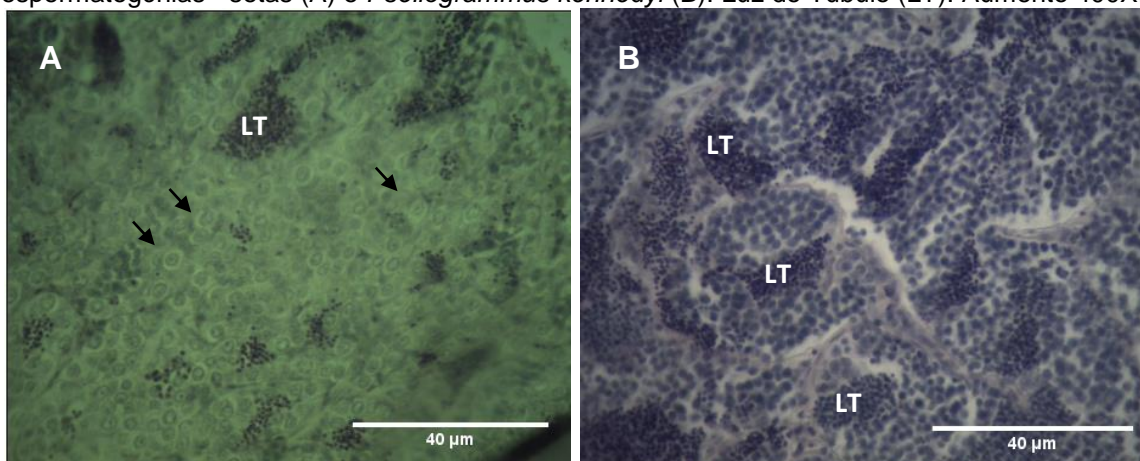
estes estavam espaçados por células de Sertoli (Figura 33 C) que não envolviam células da linhagem germinativa. Nessa fase, um grande número de espermatozoides em secreção foi observado na luz dilatada do túbulo, assim como a presença de um epitélio secretor.

Figura 33 - Estádio III (maduro/espermiado) em *Astyanax lacustris* (A); *Psellogrammus kennedyi* (B) e Células de Sertoli (cabeças de setas) (C). Luz do Túbulo (LT). Aumento de 400X.



No estágio IV (esgotado/espermiado) (Figura 34 A e B) observou-se uma desorganização dos túbulos seminíferos e um aumento do espaço ocupado pelo tecido intersticial. O epitélio germinativo de *A. lacustris* apresentou um número expressivo de espermatogônias circundadas pelas células de Sertoli quando comparado a *P. kennedyi*. Houve a presença de núcleos de espermatozoides remanescentes ao lado de núcleos de outras células do epitélio, sugerindo uma reabsorção de espermatozoides residuais.

Figura 34 - Estádio IV (esgotado/espermiado) em *Astyanax lacustris* com número expressivo de espermatogônias - setas (A) e *Psellogrammus kennedyi* (B). Luz do Túbulo (LT). Aumento 400X.



Indivíduos no estágio II de *A. lacustris* foram observados no mês de julho, enquanto que *P. kennedyi* apresentou indivíduos nos meses de maio, julho, setembro e novembro. No estágio IV, *A. lacustris* apresentou exemplares no mês de julho e *P. kennedyi* no mês de abril. As duas espécies apresentaram túbulos seminíferos com lúmen cheio de espermatozóides incorporado em secreção acidófila durante todos os meses (estádios III). A manutenção de regiões do testículo em diferentes estádios do ciclo pode contribuir para que as espécies possam produzir espermatozóides e possuam reservas deste gameta no interior do testículo durante todo ano. Isso permite que os machos estejam sempre aptos para reprodução, realizando liberação parcelada dos espermatozóides de acordo com as condições ambientais mais favoráveis (COSTA, 2011).

O diâmetro dos túbulos seminíferos (DTS) de *A. lacustris* e *P. kennedyi* no estágio III apresentou média de $94,70 \pm 46,94$ e $114,68 \pm 34,57$ μm , com altura média do epitélio germinativo (AEG) de $13,18 \pm 10,47$ e $18,75 \pm 5,47$ μm , respectivamente (Tabela 5). Os maiores valores para DTS e AEG observados para *P. kennedyi* estão relacionados ao fato da espécie possuir um número maior de túbulos anastomosados quando comparado a *A. lacustris*.

Tabela 5 - Medidas histomorfológicas do diâmetro do túbulo seminífero (DTS) e altura do epitélio germinativo (AEG) dos machos de *Astyanax lacustris* - 32 observações e *Psellogrammus kennedyi* - 28 observações.

| | Diâmetro do túbulo seminífero | | | Altura do epitélio germinativo | | |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | II | III | IV | II | III | IV |
| <i>A. lacustris</i> | $52,44 \pm 7,20$ b | $94,70 \pm 46,94$ a | $35,71 \pm 12,27$ b | $12,80 \pm 2,73$ a | $13,18 \pm 10,47$ ac | $7,34 \pm 1,12$ bc |
| <i>P. kennedyi</i> | $68,21 \pm 12,57$ b | $114,68 \pm 34,57$ a | $49,43 \pm 0,18$ c | $15,28 \pm 4,93$ a | $18,75 \pm 5,47$ a | $18,80 \pm 2,69$ a |

Letras (**a,b,c**) diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$); letras iguais não apresentam diferenças significativas; para as fases II, III e IV, respectivamente.

Ao compararmos o DTS entre os estádios gonadais em *A. lacustris*, observamos que o estágio II quando comparado ao estágio III e o estágio III quando comparado ao estágio IV foram significativamente diferentes ($p < 0,05$), (Tabela 8). Foram observadas diferenças significativas na AEG quando comparados os estádios II com IV (Tabela 5).

Psellogrammus kennedyi apresentou diferenças significativas nos valores do DTS e AEG quando comparados a *Astyanax lacustris* nos estádios gonadais III e IV (Tabela 5). Entretanto, não foram observadas diferenças na AEG dos machos de *P. kennedyi* comparando os diferentes estádios (Tabela 5).

Ao estabelecermos uma comparação entre as duas espécies com os mesmos estádios gonadais, observamos que o DTS e AEG foram significativamente diferentes nos estádios III com III e IV com IV (Tabela 6).

Tabela 6 - Diâmetro do túbulo seminífero (DTS) e Altura do epitélio germinativo (AEG) dos machos de *Astyanax lacustris* - 32 observações e *Psellogrammus kennedyi* - 28 observações, quando comparados os mesmos estádios gonadais.

| | Diâmetro do túbulo seminífero | | | Altura do epitélio germinativo | | |
|---------------------|-------------------------------|---------------|--------------|--------------------------------|--------------|-------------|
| | II | III | IV | II | III | IV |
| <i>A. lacustris</i> | 52,44±7,20a | 94,70±46,94a | 35,71±12,27a | 12,80±2,73a | 13,18±10,47a | 7,34±1,12a |
| <i>P. kennedyi</i> | 68,21±12,57a | 114,68±34,57b | 49,43±0,18b | 15,28±4,93a | 18,75±5,47b | 18,80±2,69b |

Letras (a,b) diferentes nas linhas da mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$); letras iguais não apresentam diferenças significativas; para as fases II, III e IV, respectivamente.

Apesar da semelhança da estrutura testicular das espécies estudadas com outros teleosteos, conforme observado por (CARVALHO et al., 2009; COSTA, 2011; MARTINS et al., 2012), mostraram que as espécies do presente estudo possuem testículos e ovários peculiares pelo fato das espécies apresentarem células germinativas em mais de uma fases de desenvolvimento ovariano ou testicular. Adicionalmente, foi demonstrado neste trabalho, pelas análises morfométricas, que as duas espécies apresentam uma variação cíclica bastante acentuada dos estádios gonadais em machos e fêmeas. Os valores dos parâmetros analisados apresentados nas tabelas 3 e 5 revelaram que, para cada um dos estádios, existem características morfológicas que ao serem identificadas ajudarão a definir cada estágio reprodutivo.

No presente estudo, a morfometria das gônadas juntamente com o estudo morfológico de ambas as espécies, foi fundamental para caracterizar os estádios gonadais e demonstrar que os indivíduos podem apresentar indícios de mais de um

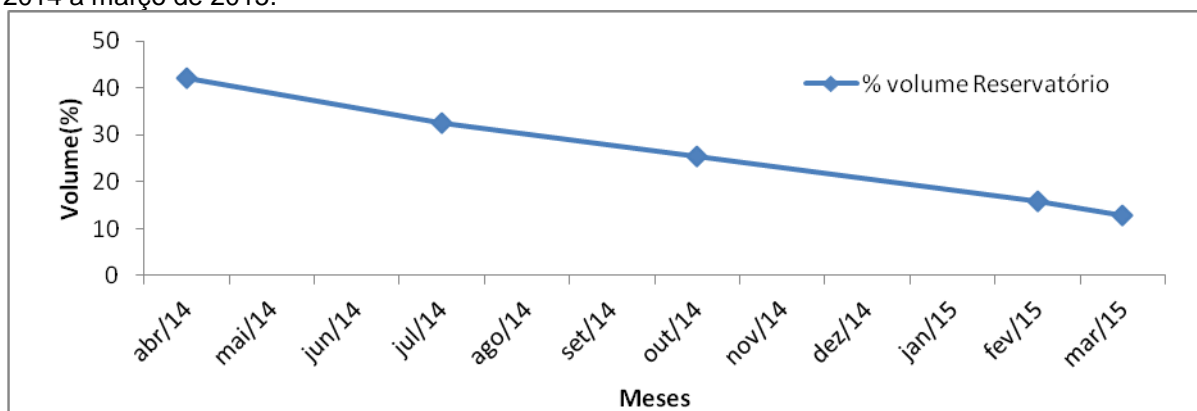
estádio reprodutivo, mas o predomínio de determinadas células ajudarão na classificação definitiva de um único estágio.

5.6 Fatores ambientais e o Índice Gonadossomático

Durante o período de amostragem (abril/2014 a março/2015), a incidência de chuvas na região foi baixa, com o pico de precipitação no mês de março de 2015 (170,2 mm), e seu menor índice no mês de setembro de 2014, onde alcançou 6,08 mm. O período chuvoso observado no sertão pernambucano ocorre entre os meses de janeiro a abril (ASSIS et al., 2013), no entanto esse período foi estendido até o mês de maio em 2014 e, antecipado em 2015 iniciando no mês de novembro.

O período de estiagem refletiu no volume de água do reservatório, pois no início do estudo o mesmo apresentava 42% do seu volume total de água, chegando a 12,88% ao final das amostragens (DNOCS, 2015) (Figura 35).

Figura 35 - Volume (%) do reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE durante o período de abril de 2014 a março de 2015.



(Fonte: DNOCS, 2015)

Vazzoler (1996) explica que as variáveis ambientais influenciam os peixes durante o período reprodutivo e, que as condições ambientais na época de desova devem ser favoráveis à sobrevivência e crescimento da prole. Silva (1988) destacou a temperatura e a precipitação como os fatores abióticos que merecem maior atenção nos estudos. Nos trópicos, é sabido que as espécies de peixes têm seu período reprodutivo quando o ambiente aquático sofre grandes alterações (BRAGA; ANDRADE, 2005). As chuvas promovem várias mudanças nas características do ambiente aquático, como o aumento de profundidade e a alteração nas características físicas e químicas da água (HOFMANN; FISCHER, 2001).

Os picos de desova das espécies em estudo coincidiram com a precipitação pluviométrica da região, o que indica um mecanismo adaptativo de espécies oportunistas que habitam lagoas e reservatórios do Nordeste (LAZZARO et al., 2003). Esse resultado pode estar relacionado com as condições do período chuvoso, já que alguns trabalhos afirmam que, nessa ocasião, existe uma maior oferta de itens alimentares para os peixes, uma vez que ocorre a entrada de alimento de origem terrestre na cadeia alimentar do ecossistema aquático (CASSATI, 2001; GOMIERO e BRAGA, 2003; BENNEMANN et al., 2005; SILVA, 2008).

Os resultados das análises químicas da água coletada e de precipitação no reservatório Monte Alegre, durante o período de amostragem estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados mensais das análises químicas da água e precipitação no período de abril de 2014 a março de 2015 no reservatório Monte Alegre, Salgueiro-PE.

| Mês | Variáveis ambientais | | | |
|--------|----------------------|---------|---------|---------|
| | Amônia | Nitrito | Nitrato | Fósforo |
| abr/14 | 0,56 | 0,0 | 0,0 | 0,03 |
| mai/14 | 0,45 | 0,0 | 0,0 | 0,05 |
| jun/14 | 0,38 | 0,0 | 0,0 | 0,03 |
| jul/14 | 0,46 | 0,0 | 0,0 | 0,05 |
| ago/14 | 0,33 | 0,0 | 0,0 | 0,09 |
| set/14 | 0,30 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| out/14 | 0,28 | 0,0 | 0,0 | 0,05 |
| nov/14 | 0,27 | 0,0 | 0,0 | 0,08 |
| dez/14 | 0,05 | 0,0 | 0,0 | 0,04 |
| jan/15 | 0,06 | 0,02 | 0,0 | 0,05 |
| fev/15 | 0,13 | 0,0 | 0,0 | 0,05 |
| mar/15 | 0,03 | 0,0 | 0,0 | 0,13 |

Quando correlacionamos o IGS, a precipitação e a temperatura pela correlação de Spearman, notou-se que as fêmeas de ambas as espécies, apresentaram uma correlação positiva com a temperatura e precipitação, mostrando que os maiores IGS's ocorreram no período chuvoso, com temperaturas mais elevadas. Os machos de *A. lacustris* apresentaram uma correlação positiva do IGS com a temperatura, porém o índice não foi significativo) com a precipitação. Já nos machos de *P. kennedyi*, o IGS apresentou correlação com ambos os fatores (Tabela 8).

Tabela 8 - Correlação de Spearman entre os valores médios dos índices gonadossomáticos (IGS) de fêmeas e machos de *Astyanax lacustris* e *Psellogrammus kennedyi*, temperatura e precipitação médias mensais no município de Salgueiro- PE. *Resultados significativos com $p < 0.05$.

| Espécie | Sexo | Precipitação média | Temperatura média |
|---------------------|--------|--------------------|-------------------|
| <i>A. lacustris</i> | Machos | rs= 0,7063 | rs=0,5378* |
| | Fêmeas | rs= 0,5315* | rs=0,4534* |
| <i>P. kennedyi</i> | Machos | rs= 0,0772* | rs=0,4021* |
| | Fêmeas | rs= 0,2417* | rs=0,5194* |

Em ambas as espécies, o maior número de indivíduos com gônadas maduras esteve correlacionado com o aumento da temperatura. Estudos realizados na Caatinga demonstraram o mesmo comportamento em outras espécies, como *Hoplias malabaricus* (MARQUES; GURGEL; LUCENA, 2001), *Triportheus angulatus* (ARAÚJO et al., 2012), *Astyanax fasciatus* (GURGEL, 2004), *Leporinus piau* (NASCIMENTO, 2010) e *Pimelodella gracilis* (BARROS et al., 2011).

Esses resultados corroboram com o trabalho de Chellapa et al. (2009), que afirmam que na Caatinga, ecossistema caracterizado por longos períodos de estiagem e um curto período chuvoso, tais chuvas têm um papel fundamental, sendo o fator ambiental que modula o período reprodutivo de muitas espécies de peixes.

Moresco e Bemvenut (2006) buscando verificar a influência dos fatores abióticos sobre o desenvolvimento das gônadas na Lagoa dos Patos, constataram que existe uma relação entre o início do crescimento dos ovários com o início da elevação da temperatura da água na região marinha costeira do sul do Brasil durante o final da estação chuvosa. Quanto à salinidade não há evidência de sua influência na relação gonadossomática. A queda do valor médio da salinidade, registrada nos meses de maior valor do IGS, é um fato ocasional, decorrente da quantidade de chuvas no mês, que aumentou a vazão de água doce da Lagoa dos Patos para a região marinha costeira.

6 CONCLUSÕES

- 1) Observaram-se fêmeas e machos das duas espécies, apresentando variação temporal nos estádios de desenvolvimento das gônadas durante todo o período estudado, com desova do tipo parcelada, demonstrando serem espécies de desenvolvimento ovocitário assincrônico;
- 2) Histologicamente, os parâmetros ovocitários de *A. lacustris* foram maiores que os de *P. kennedyi*. Já os parâmetros testiculares foram maiores para *P. kennedyi*, devido ao fato desta espécie apresentar um maior número de túbulos seminíferos anastomosados;
- 3) Variações intra e interespecífica nos valores de IGS foram observadas. Isso pode ser devido ao fato das duas espécies apresentarem desova parcelada, com indivíduos adultos em diferentes estádios gonadais em curtos intervalos de tempo;
- 4) Quanto aos parâmetros abióticos, as fêmeas de ambas as espécies e os machos de *P. kennedyi* apresentaram correlação positiva do IGS com temperatura e precipitação, enquanto que os machos de *A. lacustris* apresentaram correlação positiva do IGS apenas com temperatura.

7 REFERÊNCIAS

- ABILHOA, V.; AGOSTINHO, A. A. Aspectos biológicos de duas espécies de *Astyanax* (teleostei, characidae) em lagoas marginais do alto rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Estudos de Biologia**. v. 29, p. 23-32, 2007.
- ABILHOA, V.; DUBOC, L. F.; AZEVEDO, D. P. F. A comunidade de peixes de um riacho de floresta com araucária, alto rio Iguaçu, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 2, p. 238-246, 2008.
- ALBRECHT, M. P.; CARAMASCHI, E. P. Ecologia alimentar de *Leporinus taeniofasciatus* (Characiformes: Anostomidae) antes e após a instalação de uma usina hidrelétrica no rio Tocantins, Brasil. **Neotropical Ictiologia**, Porto Alegre, 1 (1): 53-60. 2003.
- ALBUQUERQUE, S. G.; BANDEIRA, G. R. L. **Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brazil**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30: p. 885-891. 1995.
- ALMEIDA, R. G., SOARES, L. H.; EUFRÁSIO, M. M. **Lagoa do Piató: Peixes e Pesca**. Coleção Vale do Açu, Coleção Humanas Letras: Natal, 84 p. 1993.
- ALMEIDA, F. L.; TARANGER, G. L.; NORBERG, B.; KARLSEN, O.; BOGERD, J. e SCHULZ, R. **Photoperiod-modulated testis maturation in Atlantic cod (*Gadus morhua*, L.)**. *Biol Reprod*, v.80, p.631-640, 2009.
- ALMEIDA, F.L. Endocrinologia aplicada na reprodução de peixes. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, v.37, n.2, p.174-180. 2013.
- APAC-Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Terra Nova**. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5esubpage_id=22. Acesso em: 20 jun. 2015.
- ARAÚJO, F. G.; SIMONI, M. R. F. Relação peso-comprimento do lambari de rabo vermelho (*Astyanax fasciatus parahybae*) e do lambari rabo amarelo (*Astyanax gr. bimaculatus*) na represa de Ribeirão das Lajes, RJ. **Arq. Biol. Tecnol.**, v. 40,p.453-458, 1997.
- ARAÚJO FILHO, J. C. et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, ISSN 1517-5219. 378p. 2000.
- ARAÚJO, S. A.; LIMA, L. T. B.; NASCIMENTO, W. S.; YAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S. Características morfométricas-merísticas e aspectos reprodutivos da sardinha de água doce, *Triportheus angulatus* (osteichthyes: characiformes) do rio acauã do bioma caatinga. **Biota Amazônia**, vol. 2, no 1. 2179-5746. 2012.

ASSIS, J. S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 35- 41, fev. 2013.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. 2.ed. Santa Maria, Ed UFSM, 349p. 2009.

BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C. S. Perfil da ictiofauna do São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, São Luis, v. 4, n. 1, p. 155-172. 2009.

BARROS, B.; *et. al.* Artisanal Fisheries as Indicator of Productivity in an Amazonian Extractivist Reserve (Curuçá River Estuary, NE Amazonian Coast, Brazil). **Journal of Coastal Research**, v-64,p. 1950-1954, 2011.

BAZZOLI, N.; RIZZO, E. A comparative cytological and cytochemical study of the oogenesis in the tem Brazillian teleost fish specie. **Eur. Arch. Biol.**, v. 101, n. 4, p. 399-410. 1990.

BAZZOLI, N. **Ovogênese em peixes teleósteos neotropicais de água doce**. Belo Horizonte, UFMG, 1992. 182p. Tese (Doutorado em Ciências: Morfologia) – Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 1992.

BAZZOLI, N.; GODINHO, H. P. **Cortical alveoli in oocytes of freshwater neotropical teleost fish**. **Bollettino di Zoologia**. 61: p. 301-308, 1994.

BENNEMANN, S.T.; GEALH, A. M.; ORSI, M. L.; SOUZA, L. M. Ocorrência e ecologia trófica de quatro espécies de *Astyanax* (Characidae) em diferentes rios da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. **Iheringia, Série Zool.**, Porto Alegre, 95 (3): 247-254 p. 2005.

BLOUNT, J. D.; HOUSTON, D. C. **Why egg yolk is yellow**. – *Tree* 15: p. 47–49. 2000.

BRAGA, F. M. S.; ANDRADE, P. M. Distribuição de peixes na microbacia do Ribeirão Grande, serra da Mantiqueira oriental, São Paulo, Brasil. **Iheringia, Sér. Zool.** v-95,p.121-126, 2005.

BRAGA, F. M. S.; GOMIERO, L. M.; SOUZA, U. P. Aspectos da reprodução e alimentação de *Neoplecostomus microps* (Loricariidae, Neoplecostominae) na microbacia do Ribeirão Grande, Serra da Mntiqueira oriental (Estado de São Paulo). **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 455-463, 2008.

BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. B. S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chave de identificação para os peixes da bacia do São Francisco**. 3. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 115p. 1988.

BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. (eds.) **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Série livros 23. Museu Nacional. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 195p. 2007.

CARVALHO, P. A.; PASCHOALINI, A. L.; SANTOS, G. B.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. **Reproductive Biology of *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characiformes) in a reservoir in southeastern Brazil**. *Journal of Applied Ichthyology*. p. 306-313. 2009.

CASATTI, L. Peixes de Riacho do Parque Estadual do Morro do Diabo, bacia do Alto Rio Paraná, SP. **Neotropica**, Campinas, vol. 1, 1-15 p. 2001.

CHAVES, M. F. et al. **Dinâmica reprodutiva e estrutura populacional de *Hoplias aff. malabaricus* (Bloch, 1794) (Characiformes, Erythrinidae), em açude da bacia do rio Taperoá, Paraíba**. *Biotemas*, v. 22, n. 2, p. 85-89. 2009.

CHELLAPA, N. T.; COSTA, A. M. Dominant and co-existing species of Cyanobacteria from a eutrophic reservoir of Rio Grande do Norte State, Brazil. **Acta Ecologica - International Journal of Ecology**. v.24, p. 3-10. 2003.

CHELLAPPA, S.; BUENO, R. M. X.; CHELLAPPA, T.; CHELLAPPA, N. T.; VAL, V. M. F. A. **Reproductive seasonality of the fish fauna and limnology of semi-arid Brazilian reservoirs**. *Limnologica*, v.39, p. 325-329, 2009.

CONNAUGHTON, M. A.; AIDA, K. Female reproductive system, in fish. In: KNOBIL, E.; NEILL, J.D. **Encyclopaedia of reproduction**. San Diego: Academic Press. p. 193-205, 1998.

COSTA, M. A. J. Atividade Alimentar de *Hoplias malabaricus* (Osteichthyes, Erythrinidae) em Três Rios Intermitentes do Semi-Árido Paraibano. João Pessoa UFPB, 2001. 170p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba, 2001.

COSTA, F. G. **Testículo de *Astyanax altiparanae* Garutti e Britski, 2000: estudo morfológico, ultraestrutural e imuno-histoquímico**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Instituto de Ciências Biomédicas. 85p. 2011.

COSTA, et al. **Levantamento da ictiofauna da bacia e sub-bacias do Rio São Francisco, envolvidas no projeto de integração do Rio São Francisco com as bacias hidrográficas do nordeste setentrional**. Disponível: < http://www.cemafauna.univasf.edu.br/arquivos/files/Bruno_EBI_2015_trabalho_1.pdf >, acesso 4 Mai, 2015.

CRUZ, M. A. S.; REZENDE, R. S.; AMORIM, J. R. A. Análise da distribuição espacial de parâmetros de qualidade das águas subterrâneas para irrigação no semi-árido do Estado de Sergipe, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.15, p.105-113, 2010.

DALA CORTE, R. B.; AZEVEDO, M. A. Biologia reprodutiva de *Astyanax henseli* (Teleostei, Characidae) do curso superior do rio dos Sinos, RS, Brasil, Iheringia, **Sér. Zool.**, Porto Alegre, p.259-266, 2010.

DEFALCO, T.; CAPEL, B. **Gonad morphogenesis in vertebrates: Divergent means to a convergent end.** *Annual Review of Cell and Developmental Biology* **25**: 457-482. 2009.

DESJARDINS, J. K.; FERNALD, R. D. **Fish sex: why so diverse** – Current Opinion in Neurobiology 11: P. 1-6. 2009.

DRUMMOND, C. D. **Folículo pós-ovulatório de lambari *Astyanax bimaculatus lacustris* (Pisces, Characidae) submetido a desova induzida: estudo histológico e ultra-estrutural.** (Dissertação, Mestrado). UFMG, Belo Horizonte, 123p. 1996.

DNOCS, disponível: <http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/php/comunicacao/monitoramento_de_reservatorios.php> , acesso 30 Mar, 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Metodologias Laboratoriais Agroambiental. Setembro, 2014.

FISHELSON, L.; GON, O. **Comparative oogenesis in cardinal fishes (Apogonidae, Perciformes), with special focus on the adaptative structures of the egg envelopes.** *Environmental Biology of Fishes* **81 (4)**: 397-414. 2008.

FRAGOSO, N.; SÁ, M. F. P.; FENERICH-VERANI, N.; VERANI, J.R. Reprodução de *Astyanax scabripinnis* (Pisces, Characidae) do Córrego da Lagoa, São Carlos/SP. II. Estrutura dos testículos e escala de maturação. CONGRESSO BRASILEIRO ZOOLOGIA, 3, Itajaí. **Resumos...** Itajaí: Univali. 2000.

FROESE, R.; PAULY D. **FishBase.**World WideWeb electronic publication. 2013. Disponível em: <http://www.fishbase.org/>. Acesso em 15 fev ,2015.

GARCIA, J. A. D.; CHINI, H.; A. S.; MAISTRO, E. L.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I. **Dinamics and cytochemistri of oogenesis in *Astyanax fasciatus* (Cuvier) (Teleostei, Characifrmes, Characidae) from rio Sapucaí, Minas Gerais State, Brazil.** *Revista Brasileira de Zoologia*, 18: p. 1057-1064, 2001.

GARCÍA-LOPES, A.; BOGERD, J.; GRANNEMAN, J. C.; VAN DIJK, W.; TRANT, J. M.; TARANGER, G. L.; SCHULZ, R. W. **Leydig cells express FSH receptors in African catfish.** *Endocrinology*, v.150, p.357-365, 2009.

GARUTTI, V.; BRITSKI, H. A., Descrição de uma espécie nova de *Astyanax* (Teleostei: Characidae) da bacia do alto rio Paraná e considerações sobre as demais espécies do gênero na bacia. **Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia, Série Zoologia**, Porto Alegre, vol-13, p.65-88 , 2000.

GEALH, A. M.; HAHN, N. S. Alimentação de *Oligosarcus longirostris* Menezes e Gèry (Osteichthyes, Acestrorhynchinae) do reservatório de Salto Segredo, Paraná, Brasil. **Rev. Bras. Zool.**, Curitiba, v.15, no. 4, p. 985-993, 1998.

GÉRY, J. *Characoids of the world*. pp. 672, **Neptune City**, T.F.H Publications Inc. Ltda. 1977.

GODINHO, A. L.; LAMAS, I. R.; GODINHO, H. P. **Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes**. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 87, p. 143-162. 2009.

GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. S. O lambari *Astyanax altiparanae* pode ser um dispersor de sementes? **Acta Scientiarum**. Vol. 25, no. 2, 353-360 p. 2003.

GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. **Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: Eduem, 2007.

GRAF, W. L. **Fluvial process in dryland rivers**. EUA , Springer-Verlag, 1988. 346p.

GRIER, H. J. Comparative organization of Sertoli cells including the Sertoli cells barrier. In: RUSSEL, L. D.; GRISWALD, M. D. Editors. *The Sertoli cell*. Florida, USA: Cache River Press. Clearwater, p. 704-739. 1993.

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*, 268: p. 293-310, 2007.

GRIMM, N. B.; FISHER, S. G. Responses of arid lands streams to changing climate. p 211-233 em Firth, P. e Fisher, S.G. (eds.) *Troubled Waters of the Greenhouse Earth: Climate change Water resources, and Freshwater ecosystem*. Springer-Verlag, New York. 1991.

GROOVE, B. D.; WOURMS, J. P. The follicular placenta of the viviparous fish, *Heterandria Formosa*. Ultrastructure and development of the embryonic absorptive surface. – **Journal of Morphology** 209(3): p. 265-284. 1991.

GURGEL, H. C. B.; VIEIRA, L. J. S.; BARBIERI, G. Análise quantitativa da Reprodução de *Metynnis* . cf *roosevelti* Eigenmann, 1915 (Characidae, Myleinae), da Lagoa Redonda, município de Nízia Floresta, Estado de Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia** , Rio de Janeiro, **55** (4): 727-736. 1995.

GURGEL, H. C. B. Estrutura populacional e época de reprodução de *Astyanax fasciatus* (Cuvier) (Characidae, Tetragonopterinae) do Rio Ceará Mirim, Poço Branco, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, vol. 21, no.1, p. 131-135, 2004.

GURGEL, S. L. L. Ictiofauna do semi-árido potiguar, Nordeste do Brasil: composição, riqueza e ecologia reprodutiva de espécies endêmicas. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos. 123 p. 2010.

HARTZ, S. M.; MARTINS, A.; BARBIERI, G. Dinâmica da alimentação e dieta de *Oligosarcus jenynsii* (Günther, 1864) na lagoa Caconde, Rio Grande do Sul, Brasil (TELEOSTEI, CHARACIDAE). **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, vol. 23, p. 21-29, 1996.

HOFMANN, N.; P. FISCHER. Seasonal changes in abundance and age structure of burbot *Lota lota* (L.) and stone loach *Barbatula barbatula* (L.) in the littoral zone of a pre-alpine lake. **Ecology of Freshwater Fish**, v- 10, p.21-25, 2001.

IBGE. Região Nordeste. Bioma Caatinga no nordeste do Brasil 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 03 de Jul de 2015.

JAMIESON, B. G. M.; LEUNG, L. K. P. Introduction to fish spermatozoa and the micropyle. In: JAMIESON, B. G. M. **Fish evolution and systematics evidence from spermatozoa**. Cambridge - Cambridge University Press, 319 p., 1991.

JUNIOR, D. M. A. **A invenção do Nordeste e outras artes**. 4ª ed. Recife: FJN; Editora Massangana, 2009.

KIDA, B. M. S. **Influência do pH ácido, alumínio e manganês na fisiologia reprodutiva em machos de *Astyanax bimaculatus* (Characiformes: Characidae)**. Monografia (especialização), - Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Biociências São Paulo, 2014.

LAZZARO, X.; BOUVY, M.; RIBEIRO-FILHO, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SALES, L. T.; VASCONCELOS, A. R. M. e MATA, M. **Do fish regulate phytoplankton in shallow eutrophic Northeast Brazilian reservoirs**. *Freshwater Biology*, 48: p.649-668. 2003.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; DA SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife : Ed. Universitária da UFPE, 400 p. 2003.

LIMA, F. C. T.; MALABARBA, L. R.; BUCKUP, P. A.; PEZZI DA SILVA, J. F.; VARI, R.; HAROLD, P. A.; BENINE, R.; OYAKAWA, O. T.; PAVANELLI, C. S.; MENEZES, N. A.; LUCENA, C. A. S.; MALABARBA, M. C. S. L.; LUCENA, Z. M. S.; REIS, R. E.; LANGEANI, F. L. CASSATI, L., and BERTACO, V. A. 2003. *Genera Incertae Sedis in Characidae*. In: R.E. REIS, S.O. KULLANDER and C.J. FERRARIS, Jr. (eds.). **Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America** p. 106-168, Porto Alegre, EDIPUCRS.

LIMA-JUNIOR, S.E.; CARDONE, I.B.; GOITEIN, R. Determination of a method for calculation of Allometric Condition Factor of fish. **Acta Scientiarum**, , Maringá, 24: 397-400, 2002.

LISTER, A. L.; VAN DER KRAAK, G. **An investigation into the role of prostaglandins in zebrafish oocyte maturation and ovulation**. *Gen Comp Endocrinol*, v.159, p.46-57, 2008.

LOPES, G. A. M. **“Sistemática de gênero *Ctenobrycon*, Eigenmann 1908 (Characiformes: Characidae) através da combinação de caracteres morfológicos e moleculares”**. Monografia (especialização), Universidade Estadual Paulista, 2009.

LOURENÇO, L. S.; MATEUS, L. F.; MACHADO, N. G. Sincronia na Reprodução de *Moenkhausia sanctaefilomenae* (Steindachner) (Characiformes:Characidae) na planície de inundação do rio Cuiabá. **Revista Brasileira de Zoologia**, v- 25, p.20-27, 2008.

LUBZENS, E.; YOUNG, G.; BODE, J.; CERDÀ, L. **Oogenesis in teleostes: How fish eggs are formed. General and Comparative Endocrinology**, 2010.

LUNDBERG, G. J.; MARSHALL, G. L.; GUERRERO, J.; HORTON, B.; MALABARBA, L. S. C. M.; WESSELINGH, F. Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. in: MALABARBA, L. R.; REIS, R. E.; R.P. VARI, LUCENA, Z. M. S.; LUCENA, C. A. S. (ed). **The stage for Neotropical fish diversification: A history of tropical South America rivers**. Porto Alegre: Edipucrs; p. 13-48. 1998.

MALTCHIK, L. Diversidade de Peixes em Rios Intermitentes do Semi-Árido Brasileiro. In: ENCONTRO DE ZOOLOGIA DO NORDESTE, XII, 1999, Feira de Santana. Anais... Feira de Santana: UEFS, p. 39-145. 1999.

MARCON, L. Morfologia ovariana no lambari *Astyanax bimaculatus* sob efeito do hormônio de crescimento. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Viçosa. 89 p. 2008.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, DF: MMA, 202 p. il. (Biodiversidade, 26). 2006.

MARQUES, D. K. S.; GURGEL, H. C. B.; LUCENA, I. Época de reprodução de *Hoplias malabaricus* Bloch, 1794 (Osteichthyes, Erythrinidae) da barragem do rio Gramame, Alhandra, Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, 3 (1): 61-67. 2001.

MARTINS, Y. S.; ARANTES, F. P.; SATO, Y.; SANTOS, J. E.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. **Comparative analysis of gonadal morphology in six fish species of the *Incertae Sedis* genera in Characidae of occurrence in the São Francisco River Basin, Brazil**. *Acta Zoologica* (Stockholm) DOI: 10.1111/j.1463- 395.2010.00478. 2012.

MATTEI, X. The flagellar apparatus of spermatozoa in fish. Ultrastructure and evolution. **Biology of the Cell**, v.63, p.151-158, 1988.

MAZZONI, R.; MENDONÇA, R. S.; CARAMASCHI, E. P. Reproductive biology of *Astyanax janaeirensis* (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba River, Maricá, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 65: p.643-649, 2005.

MEDEIROS, E. S. F. Efeitos das perturbações hidrológicas na diversidade, estabilidade e atividade reprodutiva de peixes em rios intermitentes do semi-árido brasileiro. João Pessoa: UFPB, 1999. 115p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba, 1999.

MELO, A. S.; HEPP, L. U. Ferramentas estatísticas para análises de dados provenientes de biomonitoramento. **Oecologia Brasiliensis** 12(3) p. 463-486. 2008.

MELO, R. M. C.; ARANTES, F. P.; SATO, Y.; DOS SANTOS, J. E.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. **Comparative morphology of the gonadal structure related to reproductive strategies in six species of neotropical catfishes (Teleostei: Siluriformes)**. *Journal of Morphology* DOI:10.1002/jmor.10931. 2011.

MELO, F. A. G.; MELO, R. N.; RESENDE, L. B. Ichthyofauna of coastal lakes and the Igarçu River in Ilha Grande, Delta do Parnaíba, Parnaíba, Piauí State, northeastern Brazil. **The Journal of Biodiversity** vol 10, n 6 , 2014.

MIRANDA, A. C. L. et al. Ovarian follicular atresia in two teleost species: a histological and ultrastructural study. *Tissue & Cell*, v.31,n.5. P. 480–488. 1999.

MIRANDE, J. M. **Weighted parsimony phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characidormes)**.- *Cladistics* 25: p. 574-613. 2009.

MORAIS, A. L. et al. Biologia reprodutiva de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characidae, Characiformes) presente na lagoa do Patiό, em Assu, RN, Brasil. In: **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG**.

MORESCO, A.; BEMVENUTI, M. A. Biologia reprodutiva do peixe-rei *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes) (Atherinopsidae) da região marinha costeira do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 23 (4): p. 1168–1174, 2006.

NASCIMENTO, W. S. **Diversidade Ictiofaunística e Ecologia reprodutiva de uma espécie nativa de peixe da Bacia Piranhas-Assu, RN**. Dissertação de Mestrado , Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

NASCIMENTO, M. M.; NASCIMENTO, W. S.; CHELLAPA, N. T.; CHELLAPA, S. Biologia reprodutiva do curimatã comum, *Prochilodus brevis* (Characiformes: Prochilodontidae) no açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte, Brasil. *Biota Amazônia*, v. 2, n. 2, p. 31-43, 2012.

NELSON, J. S. **Fishes of the World**. pp. 624, New York, John Wiley e Sons. 2006.

NUÑEZ, J.; DUPONCHELLE, F. Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes – *Fish Physiology e Biochemistry* 35: p. 167–180. 2009.

NUNES, L. R. **Toxicidade aguda e efeito subletal do roundup transorb nos testículos de mató grosso *Hypessobrycon eques* (Steindachner, 1882) (Teleostei: Characidae)**. Dissertação de pós-graduação. Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG. 50p. 2011.

OHTA, T.; MIYAKE, H.; MIURA, C.; KAMEI, H.; AIDA, K.; MIURA, T. **Follicle-stimulating hormone induces spermatogenesis mediated by androgen production in Japanese Eel, *Anguilla japonica***. Biol Reprod, v.77, p. 970-977, 2007.

OLSEN, V. A.; OWENS, I. P. F. Costly sexual signals: are carotenoids, rare, risky or required?- *Trends in Ecology and Evolution* **13 (2)**: p. 510-514.1998.

PAN, Y. X.; WANG, X. P.; JIA, R. L.; CHEN, Y. W.; HE, M. Z. Spatial variability of surface soil moisture content in a re-vegetated desert area in Shapotou, Northern China. *Journal of Arid Environments*, v.72, p.1975-1683, 2008.

PARENTI, L. R.; GRIER, H. J. **Evolution and phylogeny of gonad morphology in bony fishes**. *Integrative and Comparative Biology* **44 (5)**: p. 333-348. 2004.

PAVANELLI, C. S.; OLIVEIRA, C. A. M. A redescription of *Astyanax gymnodontus* (Eigenmann, 1911), new combination, a polymorphic characid fish from the rio Iguaçu basin, Brazil. **Neotrop. Ichthyol.** vol-7, p.569-578. 2009.

PEREIRA FILHO, H. P. Biologia reprodutiva de fêmeas de lambari-prata, *Astyanax scabripinnis* 1842 (Characidae: Teleostei) em condições de cativeiro. (Dissertação, Mestrado) UFV, Viçosa, 94p. 2000.

PEREIRA, B. L.; CINTRA, B.; FONSECA, V. E.; LUNA, H. S. Índice gonadossomático como indicador do período reprodutivo de *Prochilodus lineatus* (Pisces, Characidae) nos rios Aquidauana e Miranda, MS. Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. 2004.

PEREIRA FILHO, H. P.; ANDRADE, D. R.; TONINI, W. C. T.; VIDAL JR, M. V. Biologia reprodutiva de fêmeas de lambari-prata, *Astyanax scabripinnis* Jenyns, 1842 (Characidae; Tetragnopterinae; Teleostei) em condições de cativeiro. **Ci. Anim. Bras., Goiânia**, v.12, n.4, p. 626-634. 2011.

PERETTI, D. **Alimentação e análise morfológica de quatro espécies de peixes (*Astyanax altiparanae*, *Parauchenipterus galeatus*, *Serrasalmus marginatus* e *Hoplias aff. malabaricus*) na planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil**. Monografia (especialização) - Universidade Estadual de Maringá- UEM. 2006.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora universitária UFPE, Cap.01, p. 3-73. 2003.

RAMOS, R. T. C. et al. Diversidade de peixes (ictiofauna) da bacia do rio Curimataú, Paraíba. P. 291-317. In: ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. (Orgs.). **Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação**. Ministério do Meio Ambiente (Secretaria de Biodiversidade e Florestas), 446 p., 2005.

REEDDING, J. M.; PATIÑO, R. Reproductive Physiology. In: Evans, D. H. *The Physiology of Fishes*, pp. 503-534. CRC Press, Boca Raton. 1993.

RODRIGUES, A.M. et al. Tipo de desova e fecundidade do tambuí *Astyanax bimaculatus* Linnaeus, 1758 (Pisces, Characiformes, Characidae), na Represa de Ibitinga, Estado de São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.29, n.2, 1992.

RODRIGUES, L. P.; QUEROL, E.; BRACCINI, M. D. C. Descrição morfo-histológica do ovário de *Acestrorhynchus pantaneiro* (Menezes, 1992) (Teleostei, Characidae), em seus diferentes estádios de desenvolvimento, na bacia do rio Uruguai médio, Uruguaiana, RS. **Biodiversidade Pampeana**, 3: p. 11-18, 2005.

RONDINELI, G. R.; BRAGA, F. M. S. Reproducion of the fish community of Passa Cinco Stream, Corumbataí River sub-basin, São Paulo State, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 70, no. 1, p. 181-188, 2010.

ROSA, R. S.; MENEZES, N. A.; BRITSKI, H. A.; COSTA, W. J. E. M.; GROTH, F. **Diversidade, Padrões de Distribuição e Conservação de Peixes da Caatinga**. In: LEAL, I. R., TABARELLI, M., SILVA, J. M. C., Ecologia e Conservação da Caatinga. 828 p. 2003.

SAMPAIO, W. M. S.; ALMEIDA, F. B. **Lambari (*Astyanax bimaculatus*). Bicho da vez, Museu de Zoologia João Moojen**, Universidade de Viçosa, 2009, p.1-3.

SANTOS; HEID S. L. **Histologia de peixes**. São Paulo: Ed. Funep. 80p. 1991.

SANTOS, H. B.; RIZZO, E.; SATO, Y.; BAZZOLI, N. Apoptosis in the involution of postovulatory follicles of *Leporinus taeniatus* LUTKEN, 1874 (Pisces: Anostomidae) submitted to the induced spawning. XIX Congress of the Brazilian Society of Microscopy and Microanalysis. Proceedings. Caxambu, MG, 2003.

SANTOS U. et al. **Fish fauna of the Pandeiros River, a region of environmental protection for fish species in Minas Gerais state, Brazil**. CHECK LIST vol 11 N 1, 7p., 2015.

SILVA, E. R. V. Dinâmica da reprodução de peixes: estágio de maturação gonadal, curva de maturação e tipo de desova. Monografia. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 86p. 1988.

SILVA, D. A. **Ecologia alimentar e reprodutiva da piaba-do-rabo-amarelo, *Astyanax cf. lacustris* (Reinhardt, 1874) (Osteichthyes: Characidae) na Lagoa do Piató, Assu, Rio Grande do Norte, Brasil**. (Mestrado). UFRN, Natal, 108 p. 2008.

SILVA, E. A. **Aspectos reprodutivos de *Cichla piquiti* (Perciformes: Cichlidae) no reservatório da usina hidrelétrica de Serra da Mesa, Goiás, Brasil**. Dissertação (especialização), Pontifícia Universidade Católica De Goiás, 2014.

SILVEIRA, E. L. **Estrutura populacional, biologia reprodutiva e alimentar de espécies de *Astyanax baird* e *girard*, 1854 (Teleostei: Characidae) na bacia do**

rio São João, Carambeí, Paraná, Curitiba. Monografia (especialização), Universidade Federal do Paraná, 2014.

SOUZA, L. M. **Avaliação da atividade reprodutiva dos teleósteos capturados por rede de arrasto na comunidade de Enseada, São Francisco do Sul, litoral norte de Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 99 p. 2008.

STANLEY, E. H.; FISHER, S. G., Intermittency, disturbance, and stability in streams scossistems. In: Robarts, R. D.; Bothwell, M. L. (Eds.). Aquatic Ecosystems in semi-arid regions: implications for resource manegement. N.H.R.I. Symposium Series 7, Enviroment Canada, Saskatoon, p 271-280. 1992.

SUZUKI, H. I.; AGOSTINHO, A. A. Reprodução de Peixes fazer Reservatório de Segredo, p. 163-182. In :. AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Eds) **Reservatório de Segredo:. bases Ecológicas par o Manejo** . Maringá, EDUEM, 387p. 1997.

SVENSSON, P. A., BLOUNT, J. D., FORSGREN, E. and TAMUDSEN, T. Female ornamentation and egg carotenoids of six sympatric gobies.- *Journal of Fish Biology* **75 (10): 2777-2787.** 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO. XII Relatório do Subprograma de Monitoramento da Ictiofauna (PISF). Petrolina, 223 p. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO. XV Relatório do Subprograma de Monitoramento da Ictiofauna (PISF). Petrolina, 2015.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Nupélia, Maringa: EDUEM, 169 p. 1996.

VEREGUE, A. M. L.; ORSI, M. L. Biologia reprodutiva de *Astyanax scabrinnis paranae* (Eignmann) (Ostheichthyes, Characidae), do ribeirão das Marrecas, bacia do rio Tibagi, Paraná. **Rev Bras. Zool.**, v. 20, n. 1, p. 97-105. 2003.

VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semi-árido. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.8, p.7-17, 2003.

VILELLA, F. S.; BECKER, F. G.; HARTZ, S. M. Diet of *Astyanax* species (Teleostei, Characidae) in an Atlantic Forest River in Southern Brasil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, V-45, p. 223-232. 2002.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLI, J. M. Human domination of earth's ecosystems. **Science**, New York, v. 227, p. 494-499, 1997.

WEITZMAN, S. H.; MALABARBA, L. R. **Perspectives about the phylogeny and classification of the Characidae (Teleostei: Characiformes).** In: Malabarba, L. R., R.E. Reis, R.P. Vari, , Z.M.S. Lucena, C.A.S. Lucena (Eds.), Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. p. 161-170, Porto Alegre, EDIPUCRS. 1998.

WWF – BRASIL: **Projetos, ecossistemas, fauna e flora. Caatinga.** Disponível em <http://www.wwf.org.br>. Acesso em 29 de nov. 2013.

XIMENES, L. Q. L.; MATEUS, L. A. F. E PENHA, J. M. F. Variação temporal e espacial na composição das guildas tróficas da ictiofauna em lagoas marginais do Rio Cuiabá, Pantanal Norte. **Biota Neotrop.** vol. 11, n 1, 2011.