



**ASPECTOS DA BIOLOGIA REPRODUTIVA
DE PIAPARA (*Leporinus obtusidens*),
CAPTURADOS A JUSANTE DA USINA
HIDRELÉTRICA DO FUNIL,
PERDÕES/MINAS GERAIS**

ESTEFÂNIA DE SOUZA ANDRADE

2009

ESTEFÂNIA DE SOUZA ANDRADE

ASPECTOS DA BIOLOGIA REPRODUTIVA DE PIAPARA (*Leporinus obtusidens*), CAPTURADOS A JUSANTE DA USINA HIDRELÉTRICA DO FUNIL, PERDÕES/MINAS GERAIS

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do programa Curso de Mestrado em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de “Mestre”

Orientador

Prof. Dr. Luis David Solis Murgas

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Andrade, Estefânia de Souza.

Aspectos da biologia reprodutiva de piapara (*Leporinus obtusidens*), capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, Perdões/Minas Gerais / Estefânia de Souza Andrade. – Lavras : UFLA, 2009.

110 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Luis David Solis Murgas.

Bibliografia.

1. Histologia-gonadal. 2. Peixe. 3. Reprodução. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 597.146

ESTEFÂNIA DE SOUZA ANDRADE

ASPECTOS DA BIOLOGIA REPRODUTIVA DE PIAPARA (*Leporinus obtusidens*), CAPTURADOS A JUSANTE DA USINA HIDRELÉTRICA DO FUNIL, PERDÕES/MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2009

Prof. Dr. ^a . Cristina Delarete Drummond	DMV/UFLA
Prof. Dr. ^a . Suely de Fátima Costa	DMV/UFLA
Prof. ^a . Dr. ^a . Elissandra Ulbricht Winkaler	DMV/UFLA

Prof. Dr. Luis David Solis Murgas
UFLA (Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Dedico

A minha mãe, Maria José, por todo apoio ao longo destes maravilhosos anos de existência; ao meu pai, David, que mesmo não estando presente sempre estará em meu coração; e as minhas irmãs, Juliana e Daniella, que sempre me apoiaram e incentivaram.

Ao meu marido André, que chegou depois, mas se tornou uma das pessoas mais importantes da minha vida.

A Deus,
pela honra de viver...

A todos aqueles que eu amo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me fortalecer e ser meu alicerce diante de todas as dificuldades;

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao departamento de Medicina Veterinária, pelo apoio;

Ao CNPQ, pela bolsa de estudo concedida;

Ao professor Luis David Solis Murgas pela orientação e pela amizade demonstrada no decorrer deste trabalho;

Ao Instituto Estadual de Florestas pela concessão da licença de pesca, possibilitando a realização deste projeto;

Aos funcionários do Laboratório de Fisiologia e Farmacologia do DMV/UFLA, Willian César Cortez e Marcos Ferrazani Pedroza, e ao funcionário do Laboratório de Morfologia do DMV/UFLA, Marcos Antônio Machado, por serem sempre prestativos e por possibilitarem a realização deste projeto, pois foram essenciais neste trabalho;

A José Rodrigues, do Laboratório de Parasitologia do DMV/UFLA, e José Carlos e Cristiane pelo auxílio na confecção das lâminas histológicas;

Ao professor Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, do DZO/UFLA, e a seus orientados, Adriano e Rafael, pela colaboração;

A Raquel de Andrade Mello, Fábio e Michele Alves, que de colegas de trabalho se tornaram grandes amigos;

Aos meus queridos amigos, Cristina, João Paulo, Suelen, Alexandre, Marcela, Jackson e Camila, por terem passado em diferentes etapas da minha vida e sempre deixarem algo de bom;

Aos colegas Viviane de Oliveira felizardo, Gilmara J. M. Pereira, Mariana Drumond de Andrade e Michelle Sampaio Paulino pelo auxílio na coleta de dados deste trabalho;

Aos meus familiares pelo apoio e ao Basílio, que se tornou parte da família;

Àqueles que, embora não tendo sido nominalmente citados, estiveram presentes, às vezes de forma casual e/ou esporádica e, principalmente, afetiva...

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Geral.....	3
2.2 Específicos.....	3
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	4
3.1 Espécie estudada.....	4
3.2 Reprodução e dinâmica reprodutiva.....	6
3.3 Impacto das usinas hidrelétricas na reprodução de peixes.....	10
3.4 Mecanismo endócrino da reprodução de peixes.....	11
3.5 O ovário.....	12
3.5.1 Histologia do ovário.....	15
3.5.2 Ovogênese.....	16
3.5.3 Reabsorção e atresia folicular.....	18
3.6 Testículo.....	20
3.6.1 Histologia do testículo.....	22
3.6.2 Espermatogênese.....	23
3.7 Índice gonadossomático.....	25
3.8 Índice hepatossomático.....	26
3.9 Fator de condição.....	27
3.10 Índice de gordura celomática.....	29
3.11 Relação peso total/comprimento padrão.....	30
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1 Descrição da área de estudo.....	31
4.2 Local e período.....	33
4.3 Captura dos peixes.....	33
4.4 Coleta do material.....	34

4.5 Estudo da amostra.....	36
4.6 Determinação dos estádios do ciclo reprodutivo.....	37
4.7 Análise estatística.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1 Relação peso total/comprimento padrão.....	39
5.2 Proporção sexual.....	40
5.3 Avaliação reprodutiva das fêmeas.....	43
5.3.1 Morfologia dos ovários.....	43
5.3.1.1 Desenvolvimento dos ovócitos.....	43
5.3.1.2 Atresia folicular e reabsorção.....	51
5.3.1.3 Estádios do ciclo reprodutivo das fêmeas.....	52
5.3.2 Período reprodutivo.....	54
5.3.3 Índice gonadossomático.....	58
5.3.4 Índice hepatossomático.....	60
5.3.5 Índice de gordura celomática.....	62
5.3.6 Fator de condição.....	65
5.4 Avaliação reprodutiva dos machos.....	68
5.4.1 Morfologia dos testículos.....	68
5.4.1.1 Desenvolvimento das células germinativas masculinas.....	68
5.4.1.2 Estádios do ciclo reprodutivo dos machos.....	73
5.4.2 Período reprodutivo.....	75
5.4.3 Índice gonadossomático.....	78
5.4.4 Índice hepatossomático.....	81
5.4.5 Índice de gordura celomática.....	83
5.4.6 Fator de Condição.....	85
6 CONCLUSÕES.....	88
7 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	89
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	105

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Números de indivíduos de <i>Leporinus obtusidens</i> capturados por coleta realizada à jusante da barragem da Usina Hidrelétrica do Funil entre os meses de setembro de 2006 e agosto de 2007	34
----------	---	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localização da Bacia do Rio Grande	32
FIGURA 2	Localização da Barragem do Funil.....	33
FIGURA 3	Determinação da relação peso-comprimento da espécie <i>Leporinus obtusidens</i> coletados entre os meses de setembro de 2006 e agosto de 2007	39
FIGURA 4	Frequência relativa (%) de machos e fêmeas de <i>Leporinus obtusidens</i> para todas as amostragens coletados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007	41
FIGURA 5	Frequência de fêmeas e machos da espécie <i>L. obtusidens</i> coletados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil entre as estações do ano referentes a 2006 e 2007	41
FIGURA 6	Diâmetro ovocitário (Média \pm desvio padrão) por estágio do ciclo reprodutivo de <i>Leporinus obtusidens</i>	44
FIGURA 7	Secção transversal de ovário de <i>Leporinus obtusidens</i> com Ovócito I	45
FIGURA 8	Secção transversal de ovário de <i>Leporinus obtusidens</i> com Ovócito II.....	46
FIGURA 9	Secção transversal de ovário de <i>Leporinus obtusidens</i> com Ovócito III.....	48
FIGURA 10	Secção transversal de ovário de <i>Leporinus obtusidens</i> com Ovócito IV	50

FIGURA 11	Seção transversal de ovário de <i>Leporinus obtusidens</i> com Ovócito IV	50
FIGURA 12	Seção transversal de ovário de <i>Leporinus obtusidens</i> com Ovócito em atresia folicular	52
FIGURA 13	Secções transversais de ovários de <i>Leporinus obtusidens</i>	53
FIGURA 14	Frequência relativa, por estação do ano, dos estádios do ciclo reprodutivo de fêmeas de <i>Leporinus obtusidens</i> capturadas a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil no período de setembro de 2006 a agosto de 2007	55
FIGURA 15	Valores médios, por estação do ano, da temperatura do ar (°C) e pluviometria (mm) da região, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007	56
FIGURA 16	Valores médios do índice gonadossomático (IGS), por estação do ano, de fêmeas de <i>Leporinus obtusidens</i> capturadas a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007	59
FIGURA 17	Valores médios do índice hepatossomático (IHS), por estação do ano, de fêmeas de <i>Lepornus obtusidens</i> capturadas a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007	61
FIGURA 18	Valores do índice de gordura celomática (IGC), por estação do ano, de fêmeas de <i>Leporinus obtusidens</i> capturadas a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007	64
FIGURA 19	Valores médios do Fator de condição total (K_1) e somático (K_2) de fêmeas de <i>Leporinus obtusidens</i> capturadas a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil no período de setembro de 2006 a agosto de 2007.	66

FIGURA 20	Seção transversal de testículo de <i>Leporinus obtusidens</i> com Espermatogônias primárias	69
FIGURA 21	Seção transversal de testículo de <i>Leporinus obtusidens</i> com Espermatogônias secundárias.....	70
FIGURA 22	Seção transversal de testículo de <i>Leporinus obtusidens</i> com Espermatócitos	71
FIGURA 23	Seção transversal de testículo de <i>Leporinus obtusidens</i> com Espermátides	72
FIGURA 24	Seção transversal de testículo de <i>Leporinus obtusidens</i> com Espermatozóides.....	73
FIGURA 25	Seções transversais de testículos de <i>Leporinus obtusidens</i>	74
FIGURA 26	Frequência relativa, por estação do ano, dos estádios do ciclo reprodutivo de machos de <i>Leporinus obtusidens</i> capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007	76
FIGURA 27	Valores médios do índice gonadossomático (IGS), por estação do ano, de machos de <i>Leporinus obtusidens</i> capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007	79
FIGURA 28	Valores médios do índice hepatossomático (IHS), por estação do ano, de machos de <i>Leporinus obtusidens</i> capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007	81
FIGURA 29	Valores do índice de gordura celomática (IGC), por estação do ano, de machos de <i>Leporinus obtusidens</i> capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007	84

FIGURA 30 Valores médios do Fator de condição total (K_1) de machos de *Leporinus obtusidens* capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007..... 85

RESUMO

ANDRADE, Estefânia de Souza. **Aspectos da biologia reprodutiva de piapara (*Leporinus obtusidens*), capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, Perdões/Minas Gerais.** 2009. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O presente trabalho visou avaliar a dinâmica reprodutiva e as características morfológicas das gônadas de piapara (*Leporinus obtusidens*) (Valenciennes, 1847, citado por Diniz, 1997). Foram capturados 105 exemplares de piapara (*Leporinus obtusidens*), provenientes de coletas mensais efetuadas no período compreendido entre setembro de 2006 e agosto de 2007, na Represa do Funil, Rio Grande, MG. Os dados foram agrupados por estação do ano. Na primavera foram coletados treze machos e vinte e quatro fêmeas; no verão, oito machos e treze fêmeas; no outono, treze machos e dezoito fêmeas; e no inverno, oito machos e oito fêmeas. Foram avaliados os seguintes aspectos da biologia reprodutiva: morfologia das gônadas definindo-se os estádios de maturação gonadal, e ciclo reprodutivo, por meio de observações macroscópicas e microscópicas das gônadas. Os aspectos quantitativos da biologia reprodutiva também foram obtidos através de índice gonadossomático, relação peso/comprimento, fator de condição, índice hepatossomático, índice de gordura celomática e proporção sexual. O período reprodutivo para as fêmeas ocorreu entre o inverno e o verão, e para os machos, ocorreu entre a primavera e o outono, sendo relacionado a fatores ambientais (estação do ano) e biológicos (sexo). A morfologia das gônadas, no que se refere à disposição dos órgãos na cavidade abdominal, presença e características dos diferentes ovócitos e células germinativas, foi semelhante ao descrito para a maioria dos teleósteos. Microscopicamente foram observados quatro tipos de ovócitos: perinucleolar inicial, perinucleolar avançado, pré-vitelogênico e vitelogênico. Nos testículos foram observados cinco tipos de células: espermatogônia primária, espermatogônia secundária, espermatócitos, espermátide e espermatozóide. Por meio da observação do comportamento dos valores do índice gonadossomático, o pico de reprodução ocorreu durante a primavera para as fêmeas e para os

¹Comitê Orientador: Prof. Luis David Solis Murgas – UFLA (Orientador), Prof^ª.Cristina Delarete Drummond – UFLA, Prof^ª Suely de Fátima Costa.– UFLA (Co-orientadores).

machos. Nas fêmeas foi observado um acúmulo de gordura celomática durante e após o ciclo reprodutivo, e nos machos o acúmulo de gordura celomática ocorreu durante o ciclo reprodutivo e maturação das gônadas, indicando a preparação da espécie para o desenvolvimento gonadal e/ou migração. Por meio da observação dos valores do índice hepatossomático dos machos, pode-se sugerir possível participação do fígado como fornecedor de lipídeos e glicogênio para a migração e reabsorção testicular. Nas fêmeas o índice hepatossomático apresentou-se de forma diferente, podendo ter sido influenciado pela presença de folículos atrésicos, ocorrendo uma alteração do metabolismo das fêmeas. O fator de condição foi um bom indicador do bem-estar das fêmeas e dos machos. A barragem pode estar atuando diretamente na reprodução devido à ausência de animais desovados e à incidência de atresia folicular. Estas observações nos permitem sugerir que o local de coleta do presente trabalho não representou sítio reprodutivo da espécie, sugerindo que a mesma realize migração reprodutiva.

Palavras-chave: histologia-gonadal, peixe, reprodução.

ABSTRACT

ANDRADE, Estefânia de Souza. **Piapara (*Leporinus obtusidens*) reproductive biology aspects caught at the Funil dam, Perdões /Minas Gerais**. 2009. 110p. Dissertation (Veterinarian science Master) – Lavras Federal University, Lavras, MG.¹

The present study aimed to evaluate the reproductive dynamic and the morphological characteristics of piapara gonads (*Leporinus obtusidens*) (Valenciennes, 1847, cited by Diniz, 1997). It was caught 105 piapara (*Leporinus obtusidens*) samples monthly collected, during the period of September 2006 to August 2007, at Funil dum, Rio Grande, MG. Data were grouped seasonally, where in spring were collected 13 males and 24 females, in summer 8 males and 13 females, in autumn 13 males and 18 females and in winter 8 males and 8 females. The following aspects of reproductive biology were evaluated: the gonads morphology determining the gonadal maturation and the reproductive cycle states, through to gonads macro and microscopic observations. The quantitative aspects of reproductive biology also were obtained by gonadossomatic index, weight/extension relation, condition factor, hepatossomatic index, sexual proportion and celomatic fat index. The reproductive period to females was between winter and summer and for the males between spring and autumn, being related to environmental factors (season of the year) and biological (sex). The gonads morphology, in relation to the organs dispositions in the abdominal cavity, presence and characteristics of different oocytes and germinative cells, was similar to the described to the majority of the teleosts. Four types of oocytes were observed by microscope: inicial perinucleolar, advanced perinucleolar, pre-vitelogenic and vitelogenic. In the testicles were observed five types of cells: primary espermatogenic, secondary spermatogonia, spermatocytes, spermatids, and spermatozoon. By observing the behavior of the gonadossomatic index values, the reproduction peak occurred during spring for the females and for the males. In the females it was observed accumulation of celomatic fat during and after the reproductive cycle, and in the males the celomatic fat accumulation occurred during the

¹Oriemntation committee: Prof. Luis David Solis Murgas – UFLA (Advisor), Prof^ª.Cristina Delarete Drummond – UFLA, Prof^ª Suely de Fátima Costa.– UFLA (Co- advisor).

reproductive cycle and the gonads maturation indicating a species preparation for the gonodas development and/or migration. By observing the males hepatossomatic index values, it could be suggested a possible participation of the liver as a glycogenic and lipid provider to the migration and testicular reabsorption. In the females the hepatossomatic index, presented in a different way that could have been influenced by the presence of asteristics follicles, occurring an alteration in the females metabolism. The condition factor was a good indicator of the females and males well being. The dum could be acting directly on the reproduction due to the absence of spawned animals and the incidence of follicle atresia. Those observations allow us to suggest that the collection local of the present study did not represent reproductive site of the species, suggesting that the same develops reproductive migration.

Key words: histology-gonadal, fish, reproduction.

1 INTRODUÇÃO

A ictiofauna brasileira é uma das mais ricas e diversificadas do mundo, o que reflete numa ampla variedade de formas e padrões comportamentais. Tais padrões, relacionados basicamente às formas de alimentação, manutenção e reprodução, definem a estratégia de vida das diferentes espécies. Entretanto, um dos fatores mais importantes no ciclo de vida, e também na dinâmica populacional dos peixes, é a reprodução. Os recursos utilizados pelos indivíduos durante o período reprodutivo são fundamentais para o sucesso da classe anual e, conseqüentemente, da população como um todo. Por isso, considera-se importante o estudo da biologia reprodutiva das diferentes espécies de peixes brasileiras, a qual poderá fornecer subsídios para adoção de melhores formas de manejo e de exploração rentável dessas espécies.

Além de todas as suas peculiaridades e da grande diversidade de espécies de peixes, ocorre também um fator importante, que é a necessidade de adaptação das espécies nativas às determinadas condições de desenvolvimento e de sistema de produção. Atualmente, a construção de barragens, e a conseqüente formação dos reservatórios, podem ser consideradas algumas das principais causas da diminuição populacional de peixes em diversas partes do mundo. Conseqüentemente, a natureza e a intensidade de impactos ambientais decorrentes das modificações hidrológicas impostas pelos represamentos interferem nas peculiaridades da fauna local, tais como nas estratégias reprodutivas, nos padrões de migração, nas especializações tróficas, no grau de pré-adaptação a ambientes lacustres e, também, nas características do tipo de reservatório. As espécies de peixes adaptadas a ambientes reofílicos são as mais afetadas com a transformação súbita do ambiente lótico para lêntico, uma vez que as adaptações e estratégias reprodutivas estavam associadas ao ambiente lótico. Cabe também ressaltar que as condições atuais podem comprometer a

abundância das espécies em vários aspectos, como a utilização do espaço físico, a oferta de alimento e a qualidade da água e do substrato.

A piapara (*Leporinus obtusidens*) é um peixe de considerável importância econômica nas pescas artesanal e esportiva, situando-se nos elos intermediários da cadeia trófica devido a seu hábito alimentar onívoro. É uma espécie de piracema, que realiza migração entre os meses de outubro e fevereiro.

As alterações mais relevantes produzidas pelos reservatórios incidem sobre essas espécies migradoras e endêmicas, tanto montante quanto jusante da barragem, pois as represas bloqueiam ou retardam o movimento de peixes para as partes superiores da bacia. Se essas alterações ambientais se tornarem críticas, as gônadas podem sofrer regressão ao estado de crescimento primário e, nessa condição gonadal, o peixe não terá mais possibilidade de se reproduzir no respectivo ciclo.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o ciclo reprodutivo da piapara (*Leporinus obtusidens*) e a influência do reservatório do Funil sobre a dinâmica reprodutiva da espécie.

2.2 Específicos

2.2.1 Avaliar a morfologia das gônadas masculina e feminina;

2.2.2 Estudar a relação do índice hepatossomático, do gonadossomático e da gordura celomática;

2.2.3 Avaliar o fator de condição corporal dos espécimes coletados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Espécie estudada

Ordem: Characiformes

Família: Anostomidae

Gênero: *Leporinus*

Espécie: *Leporinus obtusidens*

Nome popular: Piapara

O gênero *Leporinus* representa o maior gênero da família Anostomidae, tanto em número de espécies como em número de indivíduos, nas bacias fluviais onde ocorrem (Garavello, 1979).

A piapara *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1847, citado por Diniz, 1997), é um peixe nativo de grande importância nas bacias hidrográficas do Sul do Brasil (Randuz Neto et al., 2006), de considerável importância econômica nas pescas artesanal e esportiva (Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, 2006). Assim como outros peixes que vivem em rios, apresenta reprodução sazonal (período de piracema), que consiste em migração durante a época de reprodução. Esta espécie situa-se nos elos intermediários da cadeia trófica devido a seus hábitos alimentares. Por esta razão, é de grande importância na manutenção do equilíbrio do ciclo biológico dos ambientes que habita, constituindo o principal produto de captura, notadamente em reservatórios (Diniz, 1997).

A piapara é uma espécie que ocorre nas bacias dos rios São Francisco, Mogi-Guaçu, Pardo, Grande e Paraná (Diniz, 1997). O termo *Leporinus* foi dado em razão do aspecto de seus dentes, do tipo incisiforme; é um peixe de médio porte, alcançando cerca de 40 cm de comprimento e podendo atingir o peso de

até 8 kg, sendo o peixe de maior tamanho dentre as espécies de piaus da bacia do São Francisco (CEMIG, 2006). Esta espécie é semelhante à *Leporinus elongatus* (Piau verdadeiro) em todos os aspectos, exceto pela posição da boca, que nesta espécie se apresenta de forma terminal. Possui seis dentes incisiformes inclinados para frente, tanto na maxila superior quanto na inferior. O corpo é alto e comprimido, sendo o dorso castanho-escuro e o abdome, amarelo. As escamas do tronco são de cor castanho-escuras na base, dando ao seu conjunto a impressão de listras longitudinais interrompidas (CEMIG, 2000).

A espécie possui nadadeiras peitorais, ventrais e anal amareladas, três máculas no flanco, essas geralmente muito apagadas ou mesmo ausentes principalmente em indivíduos de porte maior.

Sendo a piapara um peixe de piracema, este se reproduz principalmente de novembro a fevereiro. Os machos emitem sons (roncos) no período reprodutivo. Os ovos são livres, de coloração cinza ou parda. As fêmeas, dependendo do seu tamanho, podem produzir, em cada desova, de 300 mil a 1,5 milhões de ovos (CEMIG, 2006), que apresentam ovócitos maduros com diâmetro médio de 1005,1 μm (Vazzoler, 1996).

Parma (1980) se refere a esta espécie como sendo uma das mais conhecidas por causa da sua capacidade de adaptação, em todas as idades, a ambientes artificiais e à vida em cativeiro, e que, sendo onívora, tem forte tendência a se alimentar de frutos, caramujos, grãos e vegetais.

Entretanto, esta espécie é sensível a mudanças na dinâmica da água, com sua sobrevivência ameaçada pela escassez de alimento alóctone, esperada pela redução imposta pelo represamento na proporção entre as áreas terrestres com vegetação e a lâmina de água (Cecílio et al., 1997).

Agostinho et al. (2007), afirmam que ao interceptar o fluxo de água de um rio, além de causar inúmeras modificações num amplo espectro de atividades e processos ao longo da bacia hidrográfica, as represas interferem nos processos

de evolução das comunidades de organismos aquáticos como peixes, fito plâncton, zooplâncton e bentos, bem como na composição química do sedimento da água. Esses autores acrescentam que as barragens afetam as migrações e provocam modificações na extensão, cronologia e qualidade de suas zonas de desova, alevinagem e alimentação, por causa das alterações na velocidade, temperatura e turbidez da água; e afirmam, ainda, que esses reservatórios, combinados com o aumento da população humana e suas conseqüências para o meio ambiente, contribuíram para a redução das capturas de peixes e para o desaparecimento localizado dos grandes migradores, afetando diretamente esta espécie.

3.2 Reprodução e dinâmica reprodutiva

Para Diniz (1997), a reprodução é o processo pelo qual uma espécie se perpetua, transmitindo a seus descendentes as mudanças ocorridas em seu genoma. O sucesso obtido por qualquer espécie é determinado, em última instância, pela capacidade de seus integrantes de se reproduzir em ambientes variáveis, mantendo populações viáveis. A dinâmica populacional, isto é, as mudanças espaço-temporais da população, são determinadas tanto por fatores intrínsecos da espécie quanto por fatores ambientais abióticos e bióticos.

A capacidade de produzir novos indivíduos é uma característica básica de todos os organismos. O ponto mais vital, no esforço da sobrevivência e do acréscimo de uma grande prole à população, é atribuído à capacidade do indivíduo de se reproduzir com êxito durante a sua vida (Storer et al., 1998).

Na natureza, o hábito reprodutivo de qualquer espécie de peixe é determinado pela idade ou tempo de maturação sexual, pela época e local de reprodução e pela extensão do cuidado parental (Woynarovich & Horváth, 1983). A estratégia reprodutiva é o padrão geral reprodutivo adotado por uma espécie. Em razão da alta diversidade de espécies e da ocupação dos mais

variados tipos de ambientes, os peixes desenvolveram uma imensa variedade de estratégias reprodutivas (Wallace & Selman, 1981).

O ciclo reprodutivo dos peixes obedece a uma cronologia que se repete todos os anos, o que evidencia que esses vertebrados sofrem expressiva influência sazonal no processo de maturação das gônadas e na sua reprodução. Os fatores endógenos de regulação da dinâmica reprodutiva estão na dependência de hormônios e os exógenos, de fatores abióticos sazonalmente variáveis. Entre os fatores ambientais que afetam a maturação gonadal dos peixes estão as precipitações pluviométricas, a temperatura da água, a luz, o pH e a disponibilidade de alimento (Agostinho et al., 2007). Segundo Querol et al. (2004), a temperatura e o fotoperíodo são os fatores ambientais mais importantes e que exercem maior influência na reprodução dos peixes de forma variada conforme a espécie, provocando alterações substanciais nas condições físico-químicas da água, ocasionando as desovas.

O comportamento reprodutivo de muitos peixes é cíclico, com período mais ou menos regular. O período de desova deve coincidir com a estação favorável para que os jovens possam crescer e sobreviver. Desta forma, o ambiente deve proporcionar alimento na quantidade necessária e proteção contra predadores, bem como condições abióticas favoráveis (Ramos et al., 1999).

De acordo com Vazzoler (1996), pode-se dizer que existem dois tipos de desova: a desova total e a desova parcelada. O tipo de desova pode ser determinado pela interação entre a dinâmica do desenvolvimento ovocitário, a frequência de desova dentro de um mesmo período reprodutivo e os períodos de reprodução durante a vida do peixe.

Santos (1972) considera que a desova total se dá quando há liberação de todos os ovócitos maduros de uma só vez, em um certo intervalo de tempo, enquanto na desova parcelada são liberados lotes de óvulos em tempos diferentes.

Nikolsky (1963) cita a desova parcelada e um período longo de desova como sendo as principais características da reprodução de peixes tropicais e subtropicais. Segundo Vazzoler (1996), quando ocorre desova do tipo total em ambientes tropicais, este é exibido, em geral, por espécies que realizam longas migrações reprodutivas, como observado para a piapara (*Leporinus obtusidens*).

Alguns peixes tornam-se sexualmente maduros em poucos meses, enquanto outros podem levar anos. A maturação sexual depende de vários fatores, como temperatura e pluviosidade, podendo ser mais demorada em climas frios e acelerada em ambientes mais quentes. Os reprodutores de espécies para as quais o período do ano é fator limitante desovam apenas durante uma determinada estação do ano; entretanto, elas podem desovar mais de uma vez durante aquela estação (Woynarovich & Horváth, 1983). A maioria dos peixes de água doce desova durante a primavera, enquanto outros desovam quando ocorre a inundação dos rios e lagos. Os peixes tropicais e subtropicais desovam durante a estação chuvosa, quando a prole tem melhores chances de sobrevivência nas águas turvas do fluxo rápido (Barbieri & Barbieri, 1985). A reprodução propriamente dita depende da estação chuvosa, quando ocorre uma série de alterações nas águas dos rios, que resultam na maturação sexual dos peixes. As águas das chuvas caem sobre as florestas e matas ciliares, levando das folhas e dos terrenos por onde escorrem uma série de pequenas partículas para os rios. Estas partículas irão provocar alteração nas características físico-químicas da água, que agregadas ao maior volume dos rios ocasionado pelas chuvas, darão estímulo ao início da piracema dos peixes (Soares et al., 2003).

No começo e no decorrer da piracema os peixes sofrem alterações, como o consumo de gorduras acumuladas e a formação de ácido láctico na musculatura, em virtude do esforço contínuo para nadar. Estas alterações e uma série de outros pequenos fatores fazem com que haja a liberação de hormônios que provocarão o amadurecimento final dos ovários e testículos para que, antes de

iniciarem o movimento de subida, os peixes já estejam com seus ovários e testículos desenvolvidos, porém imaturos ainda para a reprodução (Godinho, 2007).

À medida que os peixes avançam na piracema, sempre em numerosos cardumes, suas gônadas vão gradualmente sofrendo maturação para posterior desova e simultânea fecundação nas águas mais oxigenadas, calmas e límpidas das cabeceiras dos rios. Algumas espécies chegam a nadar mais de dois mil quilômetros até atingirem as nascentes, e esse deslocamento afeta toda a fisiologia desses indivíduos, desencadeando alterações hormonais essenciais para o preparo da reprodução (Murgas et al., 2003).

Os peixes de piracema, como são conhecidos no Brasil, apresentam padrões de deslocamentos de alta complexidade. Em razão dessa complexidade, o estudo de padrões migratórios de peixes brasileiros ainda é incompleto, e muitas questões relacionadas ao tema ainda estão para serem respondidas. O padrão mais simples de migração reprodutiva consiste no deslocamento do sítio de alimentação para o de desova. Nesse modelo, classicamente conhecido em alguns peixes fluviais brasileiros, o deslocamento é feito no sentido de jusante para montante (isto é, em direção às cabeceiras da bacia hidrográfica). Todavia, recentemente demonstrou-se, através de estudos de radiotelemetria, que o deslocamento pode ser feito também de montante para jusante (Godinho, 2007).

Sabe-se que os peixes de água doce desovam em três diferentes tipos de ambientes: águas paradas, águas correntes e terrenos inundados. Dentro desses ambientes principais existem muitos locais distintos, escolhidos por diferentes peixes de acordo com seus hábitos de desova. Algumas espécies de peixes se reproduzem duas ou mais vezes ao ano. Estes geralmente exibem cuidados parentais bem desenvolvidos, o que assegura a sobrevivência da prole apesar das numerosas condições ambientais adversas (Woynarovich & Horváth, 1983).

Para que a propagação da espécie obtenha êxito, o local onde os ovos são depositados deve oferecer condições ideais no que diz respeito principalmente ao oxigênio, à temperatura e ao alimento, e deve ser o máximo possível livre de inimigos. Ao final de dois a três dias após a desova os ovos eclodem, dando lugar a pequenas e sensíveis larvas, que em poucos dias irão se transformar em alevinos. Os peixes incapazes de encontrar essas condições acabam sendo gradualmente eliminados (Agostinho et al., 2007).

3.3 Impacto das usinas hidrelétricas na reprodução de peixes

O nível do impacto dos represamentos sobre a fauna íctica é grandemente influenciado pelas características locais da biota e do próprio reservatório. Esses impactos podem ser deletérios em pequenos cursos d'água, podendo ocasionar a extinção local ou regional de espécies endêmicas e, em alguns casos, até a extinção total das espécies (Luiz et al., 2003).

Algumas espécies de peixes são incapazes de sobreviver em corpos d'água represados devido, principalmente, à temperatura da água e/ou do oxigênio dissolvido, à baixa diversidade de habitats, ao baixo fluxo de água, à falta de presa suficiente para um estágio particular do ciclo de vida ou à falta de refúgio para as presas. Essa situação restringe os tipos de organismos com ampla tolerância fisiológica e adaptações comportamentais em reservatórios (O'Brien, 1990).

As áreas inundadas por represamentos provocam distúrbios ambientais principalmente sobre reprodução, pois interrompem os ciclos reprodutivos das espécies de peixes reofílicos, uma vez que podem alterar as áreas de desova e de desenvolvimento de larva (Agostinho et al., 2007).

Por essa razão o grupo de peixes mais afetado pelos represamentos é o dos grandes migradores, os quais, por ocuparem ampla área de vida, podem ter suas populações fragmentadas, suas rotas de migração bloqueadas pela barragem

ou seus habitats de desova, crescimento e desenvolvimento inicial modificados pelo alagamento (montante) e regulação das cheias (jusante). Então, devido a esses sucessivos barramentos de rios, as espécies tendem a se adequar às novas situações ecológicas, para poderem realizar satisfatoriamente o ciclo reprodutivo (Braga, 2001).

Em relação à estratégia alimentar, os reservatórios tendem a favorecer as espécies com maior plasticidade na dieta e que não apresentem restrições relevantes nas demais estratégias de vida. Entre essas espécies se destacam as onívoras, como o *Leporinus obtusidens*, que possuem uma grande diversidade alimentar (Araújo Lima et al., 1995).

3.4 Mecanismo endócrino da reprodução de peixes

Os hormônios são definidos como substâncias produzidas por glândulas endócrinas em determinada parte do organismo, com ações em órgãos alvo específicos localizados em outro local deste organismo (Sallum, 2002).

A percepção de alguns estímulos ambientais, como o fotoperíodo, a temperatura da água e a pluviosidade, estão sob controle do sistema nervoso e inclui a passagem das informações desde os receptores sensoriais até o cérebro. Ao chegar ao hipotálamo, a informação neural, através do eixo hipotálamo-hipofisário, modula a atividade da hipófise por meio dos mensageiros químicos denominados hormônios liberadores. Os hormônios liberadores atuam diretamente nos hormônios gonadotrópicos ou gonadotropinas, realizando a função de controle de biossíntese e secreção destes hormônios (Yaron et al., 2003).

Há duas gonadotropinas distintas na hipófise de teleósteos: hormônio folículo estimulante (GII) e hormônio luteinizante (GIII). Acredita-se que o GII atue diretamente no final da vitelogênese desde que promova a produção de 17(β) estradiol. Por outro lado, o GIII é conhecido para estar envolvido na

maturação final do ovócito, estimulando a produção de esteróides sexuais pela gônada, os quais são os responsáveis pela maturação dos gametas (Woynarovich & Horváth, 1983; Nagahama, 1983; Yaron et al., 2003). A ovogênese em teleósteos, como em outros vertebrados, é induzida pelo aumento dos níveis de gonadotropinas (GtHs), as quais, pela mediação de esteróides ovarianos, promovem o crescimento do ovócito perinucleolar inicial para vitelogênese e a maturação deste para ovulação (Yaron et al., 2003).

Estudos examinaram o efeito do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) na expressão de gene de GII e GIII. Aparentemente, GnRH controla a biossíntese de GII e a secreção de GIII. Os efeitos diferentes são relacionados à fase de amadurecimento gonadal (Khakoo et al., 1994). A concentração destes hormônios gonadotrópicos altera-se durante o ano, estando relacionada com o ciclo reprodutivo natural do peixe. Esta concentração geralmente é máxima no período de pré-desova e mínima durante ou logo após esta fase. Segundo Dickey & Swanson (2000), para concluir a ovulação é necessário um fluxo de hormônio gonadotrópico, o que estimula diretamente a ovulação.

3.5 O ovário

Os ovários dos peixes são órgãos pares, alongados e globosos, e estão localizados na porção dorsal da cavidade abdominal, um de cada lado da vesícula gasosa e cada uma das gônadas, prolongam-se no sentido crânio caudal, fundindo-se em um oviduto único terminando na abertura urogenital por onde os óvulos alcançam o meio externo (Rodrigues et al., 2005).

Estes órgãos são revestidos por uma fina camada peritonal, mostram-se desde filiformes até piriformes, dependendo do grau de desenvolvimento, e apresentam a região cefálica mais dilatada (Esper et al., 2000). Macroscopicamente, a maior parte dos teleósteos apresentam os ovários como sendo do tipo cistovariano pelo fato de apresentarem oviduto contínuo, de

acordo com a classificação de Hoar (1969). Mesmo sendo o mecanismo reprodutivo em teleósteos um dos mais variados, as estruturas básicas que compõem as gônadas destinam-se à produção de gametas, bem como à produção de hormônios esteróides que regulam o desenvolvimento das células germinativas e a reprodução em si (Narahara, 1991).

Ao longo do desenvolvimento do ciclo reprodutivo o ovário sofre modificações segundo o grau de maturação. Ainda que o processo de maturação seja contínuo, podem ser identificadas diferentes fases de desenvolvimento. Por ser esse um processo bastante complexo, os autores classificam o desenvolvimento gonadal em diferentes fases (Diniz, 1997).

Analisando as características macroscópicas e microscópicas do ovário, segundo Bazzoli (2003), observam-se cinco estádios de desenvolvimento gonadal:

- Imaturo: neste estágio estão os indivíduos jovens que ainda não entraram em reprodução. Os ovários apresentam de tamanho reduzido, ocupando menos de 1/3 da cavidade celomática, filamentosos, translúcidos, sem sinais de vascularização e os ovócitos não são observados a olho nu.
Microscopicamente são observados ovócitos na fase de ovogônia e ovócitos perinucleolar inicial, organizados em lamelas.
- Repouso: neste estágio, as gônadas estão com o menor tamanho registrado no ciclo, são delgadas e translúcidas, com pequena vascularização e sem ovócito perceptível. Sob microscopia, observam-se lamelas ovulíferas e predomínio de ovócitos perinucleolares. Em animais de desova total o repouso ocorre nos meses mais frios e secos do ano;
- Maturação inicial: nesta fase as gônadas iniciam o processo de gametogênese e acumulam gradualmente seus produtos, fazendo

aumentar seu peso; têm coloração verde-azulada e os vasos sanguíneos e ovócitos são visíveis a olho nu. Histologicamente percebe-se uma maior incidência de ovócitos vitelogênicos de tamanhos variados, perinucleolares e alvéolo-corticais, além de alguns atrésicos. A zona radiata mostra-se bastante espessa, especialmente nas porções cranial e medial do ovário.

- Maturação avançada/maduro: neste estágio, as papilas genitais apresentam-se avermelhadas e o ventre, especialmente das fêmeas, abaulado; as gônadas atingem seu maior peso e volume. Microscopicamente, as gônadas apresentam lamelas ovulíferas completamente preenchidas por ovócitos grandes em vitelogênese e pós-vitelogênese, ocorre a presença de reduzido número de ovócitos pré-vitelogênicos e cromatina-núcleo. Em alguns ovócitos pós-vitelogênicos observa-se vesícula germinal sub-periférica em direção à micrópila. Em animais de desova total o estágio maduro é alcançado nos meses de verão.
- 3.5.5 Desovado: corresponde ao período que se segue à reprodução; em consequência da eliminação dos gametas, as gônadas estão reduzidas em tamanho, flácidas e sanguinolentas e com ovócitos visíveis a olho nu. Microscopicamente ocorre a presença de muitos ovócitos perinucleolares e alguns ovócitos atrésicos nas lamelas ovulíferas. Ocorre intensa reorganização das gônadas que, em breve, estarão em repouso.

Além dessas características, alguns parâmetros biológicos podem ser caracterizados para tornar a determinação da época de desova mais precisa, eliminando a variação do peso médio individual de cada animal, sendo estes: o índice gonadossomático (IGS), o índice hepatossomático (IHS) e o índice de gordura celomática (IGC) (Santos et al., 2004).

Segundo Ball (1960), o processo de crescimento dos ovócitos, de um modo geral, é dividido em duas fases, sendo a primeira relacionada aos arranjos do citoplasma, apresentando um crescimento mais lento, e a segunda, que envolve a disposição de grandes quantidades de vitelo e apresenta um crescimento mais rápido.

3.5.1 Histologia do ovário

Os ovários são revestidos pela túnica albugínea, constituída de tecido conjuntivo, fibras musculares lisas e vasos sanguíneos. A albugínea emite septos em direção ao estroma de sustentação, formando lamelas ovulíferas, nas quais se encontram os ovócitos nas diferentes fases do desenvolvimento (Rodrigues et al., 2005). As lamelas apresentam grandes variações de tamanho, dependendo da fase do ciclo reprodutivo em que o peixe se encontra, podendo ser observados ovócitos em diferentes fases de desenvolvimento, circundados por envoltórios celulares formando folículos, estando envolvidos por delicadas membranas de tecido conjuntivo que partem do revestimento lamelar (Ganeco et al., 2001).

O estudo histológico dos ovários permite distinguir os diversos tipos de células germinativas dependendo do seu grau de maturação. A proporção relativa entre os tipos varia conforme o estágio do ciclo ovariano considerado (Godinho et al., 1977). Segundo Bazzoli & Rizzo (1990), o conhecimento das características morfo-histológicas de estruturas do ovócito constitui a etapa básica e primordial para a compreensão da reprodução natural de peixes brasileiros. Este padrão morfológico do ovário é descrito para a maioria dos teleósteos e coincide com as observações feitas por Barbieri et al. (1981), Agostinho et al. (1982), Narahara (1983) e Nogueira et al. (1997), dentre outros.

Os ovócitos desenvolvem-se a partir de ovogônias, que são células pequenas e arredondadas, localizadas na parede do ovário, as quais se desenvolvem em ovócitos (Baldisserotto, 2002). Uma diferença estrutural

principal entre os ovócitos de mamíferos e os ovócitos de teleósteos é a presença da micrópila no pólo animal do ovócito dos teleósteos. Os espermatozóides dos teleósteos não possuem acrossoma e, conseqüentemente, penetram no ovócito através dessa pequena abertura na membrana (Coward et al., 2002). A morfologia da micrópila varia em diferentes espécies de peixes (Ricardo et al., 1996).

3.5.2 Ovocênese

A ovogênese é o processo pelo qual as células germinativas primordiais se desenvolvem para dar origem ao ovócito maduro para ser fertilizado (Godinho, 2007). Nos ovócitos podem ser observadas as seguintes estruturas: núcleo vitelínico, vesículas corticais, células foliculares, zona pelúcida e glóbulos de vitelo (Diniz, 1997).

Segundo Wallace & Selman (1981), durante as fases da ovogênese os ovócitos passam por alterações nucleolares e citoplasmáticas, cujas características básicas permitem a classificação de cinco estádios de desenvolvimento ovocitário: ovogônia, ovócito perinucleolar inicial (ovócito I), ovócitos perinucleolar avançado (ovócito II), ovócito pré-vitelogênico (ovócito III) e ovócito vitelogênico (ovócito IV). Essa classificação pode ser dividida em várias fases de acordo com os diferentes critérios adotados por cada autor, variando desde três a oito fases de desenvolvimento (Costa, 1999).

Para classificar os diferentes estádios do desenvolvimento dos ovócitos, Narahara (1983), entre outros autores, leva em consideração o tamanho da célula, a quantidade e distribuição de várias inclusões celulares, o processo da vitelogênese, a morfologia do núcleo e as camadas que envolvem os ovócitos.

Segundo Zaiden (2000), de forma geral podem-se designar as ovogônias como sendo pequenas células agrupadas em ninhos com forma esférica e pouca basofilia; o ovócito I caracteriza-se por apresentar células pequenas, com

citoplasma escasso, núcleo grande e nucléolo geralmente único e muito basófilo; o ovócito II apresenta células de tamanho variado, geralmente com núcleo grande e muitos nucléolos fortemente basófilos, às vezes identifica-se o núcleo vitelínico ou corpos de *Balbiani*; os ovócitos III caracterizam-se por apresentar o citoplasma abundante e pela presença de vesículas corticais próximos à membrana citoplasmática; e o ovócito IV caracterizam-se por serem as maiores células, com o citoplasma abundante e repleto de vitelo, núcleo de forma pouco definida e contendo vários nucléolos periféricos.

Considerando a morfologia microscópica dos ovócitos, a ovogênese pode ser subdividida nas fases: crescimento do ovócito, maturação final do ovócito e ovulação. O crescimento do ovócito ocorre quando estes adquirem grande quantidade de vitelo, que servirá de alimento para o embrião e para os primeiros momentos de vida da larva. Essa etapa é caracterizada por duas fases: pré-vitelogênese e vitelogênese. Essa última consiste no seqüestro de um precursor plasmático, a vitelogenina, derivada do fígado, que se acumula no citoplasma do ovócito sob a forma de grânulos de vitelo. Ao final do processo de vitelogênese, o ovócito atinge seu desenvolvimento máximo, dependendo de condições ambientais adequadas e sob a ação de apropriado mecanismo hormonal gonadotrópico (Godinho, 2007).

Na pré-vitelogênese, diferenciam-se ovócito I com cromatina nucleolar visível e ovócito II com cromatina perinuclear. A vitelogênese apresenta ovócitos III e IV (Caramaschi et al., 1982). A fase de maturação final do ovócito caracteriza-se morfologicamente pela clarificação dos glóbulos de vitelo em virtude da fusão dos ovócitos; em espécies tropicais essa etapa é rápida e usualmente ocorre em período inferior a 24 horas. A última fase da ovogênese se dá com a ovulação, que é o processo pelo qual os ovócitos, após a primeira divisão meiótica, são liberados na cavidade ovariana ou peritonia (Sallum,

2002). Na desova, o ovócito vitelogênico está pronto para ser fertilizado pelo espermatozóide, transformando-se em ovo (Sallum, 2002).

3.5.3 Reabsorção e atresia folicular

O desenvolvimento das gônadas das fêmeas prossegue até certo estágio denominado maturação inicial, permanecendo dormente até o advento de condições ambientais apropriadas. Essa fase de dormência pode durar vários meses. O advento da estação apropriada desencadeia o desenvolvimento da gônada, o que finalmente resulta em desova. Essa parte final do desenvolvimento, quando os ovócitos estão em estado de pós-vitelogênese, uma vez iniciada, não pode ser interrompida nem pode haver retrocesso (Sumpter et al., 1991). Entretanto, se as alterações no ambiente não forem suficientemente fortes para provocar o desenvolvimento dos ovos, a fase dormente prosseguirá até que algum dos fatores ambientais como o oxigênio ou a temperatura se torne crítico e, em conseqüência, inicie-se a atresia folicular, quando os materiais básicos dos ovócitos são reabsorvidos e o ovário regride ao estado de crescimento primário. Conseqüentemente, neste período reprodutivo o peixe não terá mais probabilidade de desovar (Woynarovich & Horváth, 1983).

De uma forma geral o folículo atrésico é caracterizado por ovócitos não eliminados que sofrem degeneração e serão absorvidos. Eles são caracterizados pela ruptura da membrana vitelina por células de baixa turgidez; os grânulos de vitelo, se presentes, perdem sua individualidade formando uma massa disforme de substância acidófila. Os núcleos emitem prolongamentos no citoplasma e desintegram rapidamente, ocorrendo células da linhagem linfocitária e macrófagos (Rodrigues et al., 2005). Os folículos atrésicos em teleósteos podem ocorrer em qualquer estágio do ciclo reprodutivo (Guraya, 1994). O processo de atresia pode ocorrer em ovócito III e em ovócito IV não desovados, sendo caracterizado por fendas na membrana vitelina, hipertrofia das células

foliculares, liquefação do vitelo e reabsorção do conteúdo ovular pelas células foliculares.

Os ovócitos atrésicos são de ocorrência relativamente comum em ovários de teleósteos. A degeneração dos ovócitos, ou atresia folicular, é um processo que pode ocorrer antes e após a desova, em ambientes naturais ou artificiais. Ocorre normalmente antes da desova, nos ovócitos que não alcançaram a maturidade, e após a desova naqueles que deixaram de ser eliminados (Ganeco et al., 2001). Segundo Lehri (1968), a atresia envolve quebra da membrana vitelina, hipertrofia das células foliculares e, possivelmente, das células da teça; o processo pode ocorrer durante todo o ciclo reprodutivo, sendo normalmente encontrado entre os ovócitos III e IV, coincidindo com as fases de pré-desova e pós-desova.

De Vlaming (1983) atribui a degeneração folicular à má alimentação ou a algum tipo de depauperação fisiológica dos indivíduos, afirmando que a ocorrência de atresia em ovócitos jovens pode ser atribuída a deficiências nutricionais e estresse. De acordo com Wallace & Selman (1981), além do stress, a atresia folicular pode ocorrer devido a uma redução dos níveis de gonadotrofinas.

Miranda (1996), ao estudar *Leporinus reinhardt* (Piau três pintas) e *Astyanax bimaculatus* (Piaba do rabo amarelo), dividiu a atresia folicular em quatro fases: a atresia inicial, na qual se observa uma redução de 10 a 30% nos valores do diâmetro dos ovócitos vitelogênicos; a atresia intermediária, na qual há redução de 30 a 60%; a atresia avançada, na qual há redução de 70 a 80%; e a atresia final, na qual o folículo apresenta redução de 80 a 90% no diâmetro. Nesta fase, o vitelo foi totalmente reabsorvido, há uma diminuição do número de células foliculares e tecais e os folículos vitelogênicos e pré-vitelogênicos são absorvidos por tecido conjuntivo ricamente vascularizado.

Segundo Romagosa et al. (1988), o tempo necessário para a reabsorção dos ovócitos vitelogênicos varia de cinco a seis meses para *Piaractus mesopotamicus* (Pacu) e é de dois meses para *Prochilodus lineatus* (Curimba) observados em cativeiro. Em *Leporinus piau* (Tavares, 1986), este processo é mais demorado.

3.6 Testículo

Os testículos dos peixes estão localizados na cavidade celomática, dorsalmente ao tubo digestivo, ventralmente ao mesonefro e ventro-lateralmente ao longo da bexiga gasosa, encontrando-se presos à parede celomática e à bexiga gasosa pelo mesórquio (Andrade, 1980). Macroscopicamente, os testículos da maioria dos teleosteos são órgãos pares, podendo estar parcial ou totalmente fundidos entre si; apresentam usualmente tamanho similar entre o direito e o esquerdo e são freqüentemente alongados, embora existam outras formas, como lobulados e foliáceos (Le Gac & Loir, 1999). Os túbulos seminíferos que revestem os testículos convergem para um sistema de ductulos eferentes, os qual, por sua vez, desembocam no ducto espermático principal, que se unirá ao ducto espermático principal do outro testículo, formando um ducto único que desemboca na papila urogenital (Silva & Godinho, 1983).

Assim como nos ovários, os testículos também sofrem modificações ao longo do desenvolvimento do ciclo reprodutivo de acordo com o grau de maturação (Diniz, 1997). Analisando as características macroscópicas e microscópicas do testículo, segundo Bazzoli (2003), observam-se cinco estádios de desenvolvimento gonadal:

- Imaturo: neste estágio estão os indivíduos jovens que ainda não entraram em reprodução. Os testículos apresentam-se translúcidos e sem vascularização evidente. Microscopicamente são observadas espermatogônias primárias;

- Repouso: neste estágio os testículos apresentam-se reduzidos, filiformes e translúcidos. Microscopicamente apresentam espermatogônias primárias isoladas e alguns cistos de espermatogônias secundárias e espermatócitos primários;
- Maturação inicial: neste estágio os testículos apresentam-se desenvolvidos, com forma lobulada, sendo que, com certa pressão, sua membrana se rompe, eliminando esperma leitoso, viscoso. Microscopicamente, os testículos apresentam cistos com células da linhagem germinativas em diferentes fases de desenvolvimento, sendo observadas espermatogônias primárias e secundárias, assim como espermatócitos primários e espermátides; no lume dos túbulos seminíferos observa-se uma pequena quantidade de espermatozóides;
- Maturação avançada/maduro: nesta fase os testículos apresentam-se túrgidos, esbranquiçados, ocupando grande parte da cavidade celomática; com fraca pressão rompe-se sua membrana, fluindo esperma, menos viscoso que no estágio anterior. Microscopicamente são encontrados cistos de espermatócitos primários e de espermatogônias secundárias, apresentando os lumes dos túbulos seminíferos repletos de espermatozóides;
- Espermiado: os testículos apresentam-se flácidos, com aspecto hemorrágico; a membrana não se rompe com fraca pressão. Microscopicamente os túbulos seminíferos encontram-se com lume aberto, podendo conter espermatozóides residuais e parede constituída somente de espermatogônias.

Como para o ovário, os parâmetros biológicos como IGS, IHS e IGC podem ser caracterizados para tornar a época de desova mais precisa (Santos et al., 2004).

3.6.1 Histologia do testículo

Os testículos dos peixes são semelhantes a sacos, formados por uma camada germinal de células espermatogênicas (espermatócitos) que produzem o espermatozóide maduro pelo processo de espermatogênese (Sallum, 2002). Externamente, o órgão é revestido por delicada cápsula de tecido conjuntivo, a túnica albugínea, da qual partem septos fibrosos em sentido radial, delimitando os túbulos seminíferos que apresentam a mesma disposição radiada destes septos (Silva & Godinho, 1983).

Em teleósteos existem dois tipos de espermatogênese: um denominado cístico, em que o processo ocorre predominantemente no interior de cistos germinativos, envolvidos por células de Sertoli, nas quais se localizam as espermatídes, que sofrem transformações sincrônicas; e outro denominado semicístico, no qual o desenvolvimento ocorre parcialmente fora do cisto (Lacerda, 2006).

Na estruturação histológica dos testículos de teleósteos verifica-se, geralmente, uma organização tubular seminífera cística. Equivale a dizer que, em vez de existir um sistema tubular padronizado e revestido por epitélio seminífero contínuo e constante, como se observa em mamíferos, nos testículos de peixes as células germinativas se dividem e se diferenciam no interior de cistos germinativos ou de spermatocistos, nos quais, em cada um desses, as células se encontram no mesmo estágio de desenvolvimento e, junto com outros cistos germinativos, compõem os túbulos ou lóbulos seminíferos, que mostram uma histologia típica, este é o processo cístico observado e descrito por diferentes autores (Aires et al., 2000).

A organização básica do testículo é comum a todos os peixes e aos demais vertebrados. Este órgão tem as funções espermatogênica e androgênica, possuindo dois compartimentos principais: o compartimento intersticial e o compartimento tubular. No compartimento intersticial ou intertubular estão

situados vasos sanguíneos, fibras nervosas, células e fibras do tecido conjuntivo, além das células de Leydig, que possuem função esteroidogênica. A produção de andrógenos é importante para a diferenciação sexual, o desenvolvimento das características sexuais secundárias e o comportamento sexual, e para a regulação da espermatogênese (Lacerda, 2006).

Segundo Mitsui (2002), as células de Sertoli possuem função de fagocitose, nutrição das células germinativas e participação na formação de barreira hemotesticular.

3.6.2 Espermatogênese

Exceto pelo arranjo cístico, no qual as células germinativas se desenvolvem de forma sincronizada, provavelmente devido à presença de pontes intercelulares (Koulish et al., 2002), o processo espermatogênico de teleosteos assemelha-se muito ao de mamíferos (Copeland & Nair, 1994).

As células germinativas, ao contrário da ovogênese, possuem pouca diversificação na sua classificação. Geralmente são identificados seis tipos de células: espermatogônias primárias e secundárias, espermatócitos primários e secundários, espermatídes e espermatozóides (Amaral, 1999; Zaiden, 2000; Andrade et al., 2001).

Durante o processo de espermatogênese, a espermatogônia primária sofre diversas divisões meióticas até ocorrer o processo espermiogênico, no qual as espermatídes se transformam em espermatozóides (Silva & Godinho, 1983).

Segundo Zaiden (2000), as espermatogônias primárias são as células de maior tamanho dentro da linhagem germinativa, têm forma esférica, citoplasma abundante e hialino, núcleo grande e com pequena afinidade a corantes e presença de nucléolo único. As espermatogônias secundárias são semelhantes ao tipo celular anterior, porém têm menor tamanho e são agrupadas em cistos. Os espermatócitos primários são resultantes da diferenciação das espermatogônias

secundárias; apresentam-se agrupados em cistos, citoplasma hialino, com limites distinguíveis sob microscopia de luz e núcleo intensamente corado, distinguindo-se dos espermátócitos secundários por apresentarem complexos sinaptonêmicos. Os espermátócitos secundários são semelhantes aos primários, mas apresentam-se em tamanho menor, são de difícil visualização, pois sua existência é breve devido à rapidez com que progride a meiose. As espermátides são semelhantes aos espermátócitos secundários, menores que estes e também encerradas em cistos. Os espermatozóides são os menores tipos celulares da linhagem germinativa e podem ser encontrados, ainda, dentro de cistos ou já livres na luz tubular. Eles não se assemelham morfológicamente aos tipos celulares anteriores por possuírem o flagelo.

À medida que a espermiogênese ocorre os espermatozóides são formados; posteriormente, são eliminados para a luz dos lóbulos ou liberados em estádios anteriores de maturação, como espermátides jovens, nos padrões estruturais testiculares cístico e semicístico (Aires et al., 2000). O último passo antes da liberação do espermatozóide é a diluição com o fluido seminal das paredes do ducto espermático (Sallum, 2002). Os espermatozóides são imóveis no testículo, mas tornam-se móveis assim que entram em contato com a água; o período de motilidade do espermatozóide é muito curto e depende da temperatura da água (Woynarovich & Horváth, 1983).

Segundo Sprando et al. (1988), existem etapas diferenciadas do processo de espermiogênese, as quais ocorrem em peixes de fecundação externa. Estas etapas conduzem à formação de espermatozóides e constam da fragmentação do envelope nuclear, seguida de rearranjo do núcleo, redução do volume nuclear, condensação da cromatina, diminuição do volume citoplasmático, formação da fossa de implantação do flagelo e presença de corpos residuais. Os espermatozóides formados e liberados apresentam volumes citoplasmáticos e

nucleares reduzidos, quando comparados com as espermátides que lhes deram origem.

Para as espécies já estudadas é evidenciado que a duração da espermatogênese é bem mais rápida do que o observado para mamíferos; isto pode ser devido ao fato de os peixes serem animais pecilotérmicos (cuja temperatura geralmente está um pouco acima da temperatura ambiente), provavelmente fazendo com que a duração dos eventos espermatogênicos varie de acordo com a temperatura, sendo mais rápida em temperaturas mais elevadas (Silva & Godinho, 1983).

3.7 Índice gonadossomático

O peso é um dos mais importantes parâmetros relacionados com a condição das gônadas (Nikolski, 1963), pois com o avanço do processo de maturação gonadal, este órgão aumenta seu volume e, conseqüentemente, seu peso, indicando um estágio biológico deste órgão (Vazzoler, 1996). O IGS expressa a porcentagem que as gônadas representam do peso total dos indivíduos, variando principalmente em função da espécie, do tipo de desova, da época do ano e das condições ambientais e de manejo. Todavia, as variações no IGS não se relacionam apenas com as variações do ciclo reprodutivo, mas também com a capacidade fisiológica e a adaptação de cada espécie, bem como com as condições ambientais (Ribeiro et al., 2007). Vários autores têm utilizado esse parâmetro nos estudos relacionados com a biologia reprodutiva das espécies (Costa, 1999; Diniz, 1997; Estay et al., 1998; Rezende et al., 1996).

No processo de maturação gonadal ocorre um aumento gradativo dos valores do IGS, cujo pico coincide com o estágio de maturação mais avançada do indivíduo; os menores valores são atribuídos ao estágio de repouso. Isto se deve, segundo Vazzoler (1996), ao fato de que, nas fases finais do desenvolvimento gonadal, verifica-se um marcado aumento no volume e,

conseqüentemente, no peso das gônadas, o que se reflete no aumento do valor desse indicador. Este comportamento do IGS foi observado por Takahashi (2006), trabalhando com *Salminus hilarii* (Tabarana), Bazzoli (1985), para *Acestrorhynchus lacustris* (Peixe cachorro), Diniz (1997), para *Leporinus Striatus* (Piau), Chellappa et al. (2003), para *Cichla monoculus* (Tucunaré) e Andrade et al. (2006), para *Leporinus copelandii* (Piau vermelho), demonstrando que as variações deste índice acompanham as modificações estruturais das gônadas nos diferentes estádios de maturação.

3.8 Índice hepatossomático

A atividade reprodutiva implica na utilização de nutrientes obtidos a partir do alimento ingerido e/ou de reservas energéticas depositadas em diferentes partes do organismo. Portanto, é possível esperar que o peso do fígado, provavelmente, reflita este metabolismo (Agostinho et al., 1990). Assim, o IHS pode estar relacionado com a mobilização das reservas energéticas necessárias para os processos de vitelogênese, de reprodução e da preparação para o período de inverno (Querol et al., 2002).

Segundo Wallace & Selman (1981), o fígado sintetiza e secreta o precursor das proteínas do vitelo, a vitelogenina, que é transportada até as gônadas via corrente sanguínea para participar da formação do vitelo exógeno nos ovócitos em maturação.

As variações do IHS de fêmeas durante o ciclo reprodutivo podem constituir evidências da transferência de substâncias hepáticas para o ovário ao longo do ciclo reprodutivo para a formação do vitelo (Bazzoli, 1985), enquanto, nos machos, essas variações ocorrem principalmente pela participação do fígado como fornecedor de energia para o processo de reabsorção e reorganização testicular e na produção de gametas (Andrade et al., 2006).

O IHS expressa a porcentagem que o fígado representa do peso total dos indivíduos. Este índice tem sido muito utilizado atualmente como indicador do período reprodutivo, quando correlacionado a outros fatores como o IGS (Ribeiro et al., 2007). Estes mesmos autores estudaram o ciclo reprodutivo de *Steindachnerin. insculpta* (Sagüiru) na bacia do alto Paraná e observaram comportamento dos valores de IHS inversos à maturação gonadal. Observações semelhantes também foram relatadas por Hojo et al. (2004), para *Moenkhausia intermeida* (Lambari rabo preto), e Magalhães et al. (2004), trabalhando com *Galeocharax Knerii* (Peixe cadela). O IHS de fêmeas de *Leporinus piau* (Tavares & Godinho, 1994), mostrou comportamento inverso ao ciclo reprodutivo e seus valores mínimos ocorreram durante a maturação avançada.

3.9 Fator de condição

O estado fisiológico de um peixe é condicionado pela interação de fatores bióticos e abióticos, e as variações deste estado podem ser expressas pelo fator de condição (K). O K é obtido através da relação entre o peso e o comprimento dos indivíduos, sendo um indicador do grau de bem estar do peixe, refletindo condições alimentares recentes (Vazzoler, 1982).

O K pode ser um bom indicativo do período reprodutivo e da ocorrência da maturação gonadal, sendo utilizado também para mensurar o estado fisiológico do peixe. Ele pode, também, correlacionar duas populações de uma mesma espécie presentes em diferentes condições ecológicas (Santos et al., 2004).

Segundo Lê Cren (1951), o coeficiente angular de regressão entre o peso e o comprimento dos indivíduos para o cálculo do fator de condição pode assumir valores entre 2,5 e 4,0 ou 2,0 e 3,5 segundo Royce (1972), para as espécies que apresentam crescimento alométrico. Quando este coeficiente assume valor igual a três ($b= 3$; coeficiente de Fulton), a espécie em questão

possui crescimento isométrico. Quando o valor assumido pelo coeficiente for menor que três, o aumento no comprimento corporal do indivíduo acarretará decréscimo no fator de condição, então o indivíduo apresenta crescimento alométrico negativo; e se “b” for maior que três, o fator de condição aumenta com o aumento do comprimento corporal, e o indivíduo apresenta crescimento alométrico positivo (Barbieri, 1982). Barreto et al. (1998), trabalhando com *Astyanax bimaculatus*, descreveram crescimento isométrico para as espécies capturadas em ambiente natural.

Uma vez que a estrutura da comunidade íctica é influenciada por aspectos físicos, químicos e biológicos, em especial disponibilidade e competição por alimento, áreas de vida e habitats, torna-se possível inferir que o K sofre influência direta das condições ambientais e, conseqüentemente, das interações tróficas do sistema. (Yuan & Pignalberi, 1981).

Segundo Lê Cren (1951), o K, por se tratar de um parâmetro relacionado com o estado fisiológico do peixe, pode variar segundo o teor de gordura, a adequabilidade ambiental, as condições alimentares, a idade, o ambiente em que ele se encontra e o desenvolvimento gonadal. Na maioria dos casos, esse fator mostra flutuações acentuadas durante o ano, com valores máximos ocorrendo simultaneamente em períodos de alta frequência de fêmeas maduras e, portanto, com os mais elevados valores do IGS (Barbieri & Verani, 1987).

Após o indivíduo alcançar a maturidade sexual, a maior parte do alimento consumido por ele não é mais usada para o crescimento linear, mas para a maturação das gônadas e o acúmulo de gordura (Nikolski, 1963), ocorrendo redução gradativa na sua condição corporal (Agostinho et al., 1990).

O K aumentou significativamente nos estádios mais desenvolvidos das gônadas femininas de *Atheresthes stomias* (Halibute) (Zimmermann, 1997). Em *B. cf. affinis* (Piabinha) (Nogueira et al., 1997), os valores de K apresentaram

ligeiras variações no período reprodutivo. Já em espécies do gênero *Semaprochilodus* (Vazzoler et al., 1989), os valores de K foram máximos durante o período de maior atividade dos ovários.

Agostinho et al. (1990), observaram que a maturação gonadal e a reprodução levaram a depleções no peso total e do fígado de *Rhinelepi. Áspera* (cascudo preto), e estas perdas foram repostas durante o período de repouso das gônadas.

Segundo Chaves & Otto (1998), as condições favoráveis à alimentação para a população são refletidas no K, que para *Diapterus rhombeus* (Carapeba) apresentou média elevada no mês em que foram observados exemplares com grande quantidade de gordura abdominal.

3.10 Índice de gordura celomática

O conteúdo de gordura de um peixe, tanto no aspecto quantitativo quanto qualitativo, é um coeficiente de igual importância na quantificação do estado de bem-estar do indivíduo, e suas variações sazonais estão intimamente ligadas à alimentação e reprodução da espécie. A gordura, que é composta principalmente de ácidos graxos insaturados, é utilizada para o gasto diário, enquanto a gordura com predominância de ácidos graxos saturados forma reservas para um período de hibernação ou migração (Nikolski, 1963).

A gordura celomática pode ser quantificada através do IGC, que expressa a porcentagem que o peso da gordura representa em relação ao peso total do indivíduo (Costa, 1999).

As fêmeas e machos de *Cyphocarax modestus* apresentaram níveis elevados de gordura celomática antes do período reprodutivo, reduzindo-o com o início da reprodução, indicando utilização dos recursos obtidos a partir das reservas energéticas depositadas em forma de gordura durante a maturação gonadal (Carmassi et al., 2008). Em *Iheringichthys labrosus* (Mandi-beiçudo)

(Santos et al., 2004), *Curimatella lepidura* (Manjuba) (Alvarenga et al., 2006), *Leporinus copelandi* (Piau vermelho) (Andrade et al., 2006) e *Steindachnerina insculpta* (Sagüiru) (Ribeiro et al., 2007), os maiores valores do IGC foram observados nos estádios iniciais do ciclo reprodutivo, decrescendo continuamente até o estágio de maturação avançada, quando foram observados menores teores de gordura.

Segundo Godinho (1994), a taxa de acúmulo de gordura celomática e a quantidade acumulada ao longo do ano são variáveis relacionadas à quantidade de alimento ingerido quanto à sua disponibilidade, e não à época do ano, ao estágio de maturação gonadal ou ao nível da água do ambiente avaliado.

3.11 Relação peso total/comprimento padrão

A relação peso total/ comprimento padrão é determinada para verificar o tipo de crescimento da espécie (Costa, 1999).

A relação peso versus comprimento padrão descreve matematicamente a variação dos pesos dos indivíduos em função da variação do comprimento dos mesmos, e indica a condição do peixe através do acúmulo de gordura, do bem-estar geral e do desenvolvimento gonadal (Vazzoler et al., 1989). É através dessa relação que se pode determinar como ocorre o crescimento relativo da espécie, ou seja, proporcionalmente qual o incremento de peso em relação ao comprimento da mesma e vice-versa (Fragoso, 2000).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área de estudo

O rio Grande, localizado na bacia do Alto Rio Paraná, é um rio de tamanho médio, a uma altitude aproximada de 1250 km. Tem cerca de 145.000 km² de área de drenagem e está localizado entre os estados de Minas Gerais e São Paulo (Figura 1); é uma sub-bacia da bacia do Rio Paraná, abrangendo uma área de 879.860 km². Caracteristicamente é um rio de planalto, com uma declividade média de 42cm/Km, tendendo a atenuar-se em suas porções mais baixas, com declividade de 48cm/Km.

O Rio Grande nasce na Serra da Mantiqueira (MG), em Bocaina de Minas, corre até a Barragem de Água Vermelha e, depois, se une ao rio Paranaíba, dando origem ao Rio Paraná, o segundo em extensão da América Latina, com 170 km de trecho contíguo aos territórios brasileiro e paraguaio, formando a Bacia do Prata, que ainda inclui a Argentina (Agostinho & Zalewski, 1996).

Em sua extensão estão localizadas 12 hidrelétricas: Camargos, Itutinga, Funil, Furnas, Peixoto, Estreito, Jaguará, Igarapava, Volta Grande, Porto Colômbia, Marimbondo e Água Vermelha.



FIGURA 1 Localização da Bacia do Rio Grande.

Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2009).

Barragem do Funil

A barragem do Funil ($44^{\circ} 55' W$ $21^{\circ} 05' S$) localiza-se no Rio Grande, entre os municípios de Perdões e Lavras, no estado de MG (Figura 2), e foi construída em 2000-2002, a poucos quilômetros da jusante de um famoso local de pesca, a Ponte do Funil. A usina está localizada na parte superior do Rio Grande, a 950 Km de sua foz, no trecho entre o reservatório de Furnas e a barragem de Itutinga; esta seção do Rio Grande costumava ser um dos seus maiores remanescentes de escoamento livre. Das 12 barragens no Rio Grande, somente as barragens do Funil e de Igarapava possuem passagens para peixes (Alves et al., 2007).



FIGURA 2 Localização da barragem do Funil, no Rio Grande, MG.

Fonte: Usina Hidrelétrica do Funil (2009).

4.2 Local e período

O material biológico utilizado neste experimento foi coletado a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica do Funil, situada no município de Perdões – MG, durante o período de setembro/2006 a agosto/2007; os dados foram avaliados por estações do ano. A avaliação histológica foi realizada no Laboratório de Morfologia do DMV/UFLA.

4.3 Captura dos peixes

Foram realizadas coletas mensais, totalizando 105 animais (Tabela 1). Os animais foram capturados utilizando-se molinete e anzol, sendo utilizados,

como isca, minhoca e coração bovino. Após a captura os espécimes foram identificados através de números fixados na nadadeira dorsal.

Os peixes foram acondicionados em caixas de isopor contendo gelo, para conservação, até a chegada ao Laboratório de Morfologia do DMV/UFLA.

As coletas foram realizadas mediante autorização do Instituto Estadual de Florestas, através da licença de pesca científica – categoria D- N° 063-07, com validade para o período de 24 de julho de 2006 a 24 de julho de 2007, sendo renovada até 24 de julho de 2008.

TABELA 1 Números de indivíduos de *Leporinus obtusidens* capturados por coleta realizada a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica do Funil, entre os meses de setembro de 2006 e agosto de 2007.

	Meses/Ano de coleta (n° de indivíduos)	n° de indivíduos		
		Machos	Fêmeas	Total
Primavera	09/06 (6), 10/06 (9), 11/06 (21), 12/06 (1)	13	24	37
Verão	01/07 (5), 02/07 (7), 03/07 (9)	8	13	21
Outono	04/07 (15), 05/07 (9), 06/07 (7)	13	18	31
Inverno	07/07 (13), 08/07 (3)	8	8	16
Total		42	63	105

4.4 Coleta do material

No laboratório, para cada exemplar foram registrados dados biométricos como o comprimento total, padrão e de cabeça, altura, largura e peso corporal.

Após incisão abdominal, foi realizada uma avaliação macroscópica do sexo e do estágio de desenvolvimento gonadal de cada exemplar, sendo consideradas as seguintes características: cor, transparência, vascularização superficial, flacidez, tamanho e posição na cavidade abdominal e, no caso dos ovários, a visualização dos ovócitos a olho nu, segundo a escala utilizada por Vazzoler (1982).

Em seguida, as gônadas foram coletadas, pesadas em balança analítica com precisão em miligramas, seccionadas em fragmentos de aproximadamente 2 cm, fixadas em Bouin, em uma proporção de 20:1 (fixador/fragmento), etiquetadas e, após 24 horas, transferidas para álcool 70% e conservadas para confecção de lâminas histológicas. Para o estudo histológico, as gônadas foram incluídas em parafina e coradas com hematoxilina-eosina.

O fígado de cada exemplar também foi coletado e pesado em balança analítica, assim como as gônadas. A partir destes dados foi calculado o IGS segundo a fórmula descrita por Vazzoler (1996) e o IHS:

$$\text{IGS} = \frac{\text{PG}}{\text{PT}} \times 100$$

Em que:

PG é o peso das gônadas;

PT é o peso total do animal.

$$\text{IHS} = \frac{\text{PF}}{\text{PT}} \times 100$$

Em que:

PF é o peso do fígado.

Também foi determinado o IGC através de avaliação visual quantitativa da gordura celomática dos exemplares coletados, o qual foi classificado na seguinte escala, adaptada de Costa (1999):

- Estágio I (IGC I): gordura celomática ocupando de 0 a 25% da cavidade celomática;

- Estágio II (IGC II): gordura celomática ocupando de 26 a 50% da cavidade celomática;
- Estágio III (IGC III): gordura celomática ocupando de 51 a 75% da cavidade celomática;
- Estágio IV (IGC IV): gordura celomática ocupando de 76 a 100% da cavidade celomática.

A relação peso total/comprimento padrão foi determinada através da aplicação da metodologia sugerida por Lê Cren (1951). Foi determinada por meio da equação $W = aL^b$, a partir do conjunto de todos os indivíduos coletados (machos e fêmeas), conforme já discutido por Lima Júnior (2002), em que: W = é o peso corporal; L = é o comprimento padrão; a = intercepto lna; b = coeficiente de regressão.

O K foi estimado para cada indivíduo utilizando a expressão matemática: $K_1 = W / L^b$, $K_2 = (W - WG) / L^b$, em que K1 é o fator de condição total; K2 é o fator de condição somático; WG é o peso das gônadas e b representa o coeficiente angular da regressão entre peso total e comprimento padrão (constante relacionada com o tipo de crescimento anual da espécie), estabelecida pela equação: $W = aL^b$, em que W é o peso corporal; L é o comprimento padrão; a = intercepto lna e b = coeficiente de regressão (Lima Júnior, 2002).

Com todos os valores de peso corporal (W) e comprimento padrão (L), ajustou-se a curva da relação $W = aL^b$ e estimaram-se os valores dos coeficientes a e b, empregados no cálculo dos valores teoricamente esperados.

4.5 Estudo da amostra

O estudo do corte histológico das lâminas foi realizado em microscópio de contraste de fase com aumento de 400 vezes e o diâmetro do

ovócito foi medido com o auxílio de ocular micrométrica. A caracterização do desenvolvimento ovocitário e das células germinativas foi realizada com base na presença e/ou modificações de estruturas celulares, sendo que, nos ovários, também foram observadas as estruturas foliculares.

Os cortes de cada fase de desenvolvimento gonadal foram fotografados em fotomicroscópio, utilizando-se a máquina fotográfica digital da marca Cânon.

4.6 Determinação dos estádios do ciclo reprodutivo

Os estádios do ciclo reprodutivo foram determinados de acordo com características histológicas das gônadas, com base na identificação e no percentual de ocorrência dos tipos ovocitários e células germinativas, seguindo a escala de desenvolvimento gonadal estabelecida por Bazzoli (2003): repouso (1), maturação inicial (2), maturação avançada/maduro(3) e desovado/espermiado (4).

O período reprodutivo foi estabelecido pela distribuição dos valores médios por estação do ano do IGS e do estágio do ciclo reprodutivo.

Os dados referentes à temperatura média mensal do ar e à precipitação pluviométrica média mensal da região foram fornecidos pela Estação Meteorológica da UFLA.

A interferência dos fatores ambientais sobre a reprodução de *L.obtusidens* foi analisada com base no desenvolvimento das gônadas, através dos valores médios por estação do ano do IGS.

4.7 Análise estatística

O pacote estatístico R versão 2.8.0 (R Development Core Team, 2008) e o programa Statistical Analysis Systems – SAS (1999), foram utilizados para fazer as análises estatísticas.

Para verificar diferenças entre os valores de diâmetro ovocitário por estágio do ciclo reprodutivo, foi utilizada análise de variância. Os dados foram analisados considerando a distribuição normal, adotando o seguinte modelo:

$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$, em que: μ é uma constante associada a todos os tratamentos, α_i é o efeito do *iésimo*-estádio de maturação com $i = 1, \dots, 3$, considerado fixo, e ε_{ij} é o efeito do erro, considerado aleatório. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para análise do valor do IGC, os dados foram analisados considerando a distribuição binomial com função de ligação logit, $\log it[E(Y_{ij})] = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$, em que: μ é uma constante associada a todos os tratamentos, α_i é o efeito da *iésima*-estação com $i = 1, \dots, 4$, considerado fixo, e ε_{ij} é o efeito do erro, considerado aleatório.

As variáveis IGS e IHS foram submetidas à análise não paramétrica, visto que os dados não atingiram a normalidade mesmo após a transformação. Neste caso, as médias foram comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis, quando houve significância ao teste qui-quadrado ($P < 0,05$).

A associação entre o IGS, IHS e IGC foi analisada por correlação de Spearman.

Para análise do K foi adotado um delineamento em blocos casualizados, submetido à análise de variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste SNK ($P < 0,01$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Relação peso total/comprimento padrão

A relação peso total/comprimento padrão calculado para os exemplares de piapara capturados a jusante da usina hidrelétrica do Funil está representada na Figura 3.

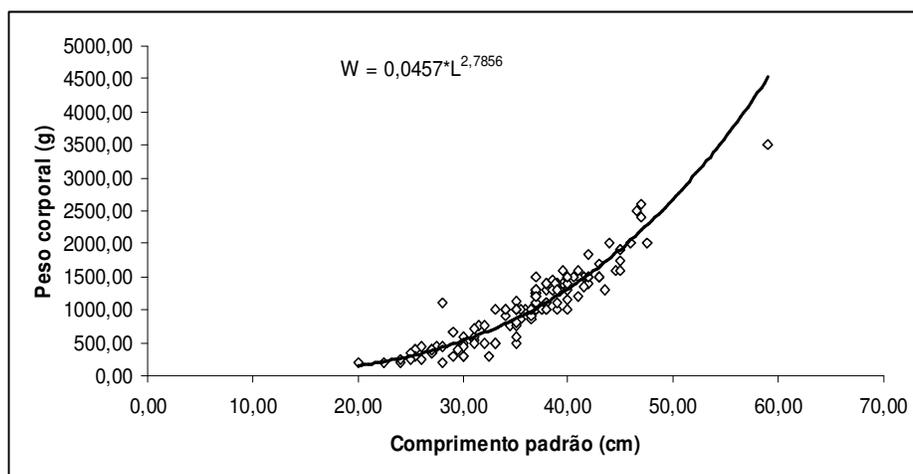


FIGURA 3 Determinação da relação peso-comprimento da espécie *Leporinus obtusidens* coletada a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil entre os meses de setembro de 2006 e agosto de 2007

A relação peso total/ comprimento padrão para *Leporinus obtusidens* resultou em uma curva com o valor do coeficiente $b=2,7856$. Este valor está entre 2,4 e 4,0; segundo Lê Cren (1951) e Vazzoler (1996), é entre esses valores que usualmente o coeficiente b varia entre todas as espécies, sendo 3,0 o valor que representa o tipo de crescimento isométrico que teoricamente é o ideal; neste caso o indivíduo mantém as proporções corporais ao longo de todo o processo de crescimento. Valores acima de 3,0 representam crescimento alométrico positivo e, abaixo deste, crescimento alométrico negativo; o aumento no

comprimento corporal do indivíduo acarretará decréscimo no K. Foi observado que, para a espécie *Leporinus obtusidens* capturada a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, o coeficiente b apresentou um valor abaixo de 3,0, podendo-se inferir que os animais capturados apresentaram crescimento alométrico negativo.

Entre os exemplares machos de *L. obtusidens* coletados, o menor peixe apresentava comprimento padrão de 20 cm, e o maior, de 59,5 cm, coletados no verão e no inverno, respectivamente; ambos apresentavam testículos identificados como pertencentes ao estágio de repouso. Entre as fêmeas capturadas, o menor peixe apresentava comprimento padrão de 27 cm, e o maior, 47,5 cm, capturados no verão e outono, respectivamente, e apresentavam ovários identificados como pertencentes ao estágio de repouso.

5.2 Proporção sexual

Na figura 4 está representada a proporção de machos e fêmeas de *L. obtusidens*, no total de exemplares coletados (105) no período de coleta. Observa-se que as fêmeas representaram 60 % e os machos 40% da amostra.

Quando analisada a proporção sexual em relação às estações do ano (Figura 5), observa-se que as fêmeas foram predominantes em quase todas as estações do ano; somente no inverno as fêmeas apresentaram a mesma proporção que os machos, o que pode ser justificado devido ao menor número de coletas realizadas nesta época do ano. Segundo Vazzoler (1996), a proporção dos sexos numa população pode variar por diversos fatores ambientais e/ou fisiológicos que afetam diferencialmente os sexos.

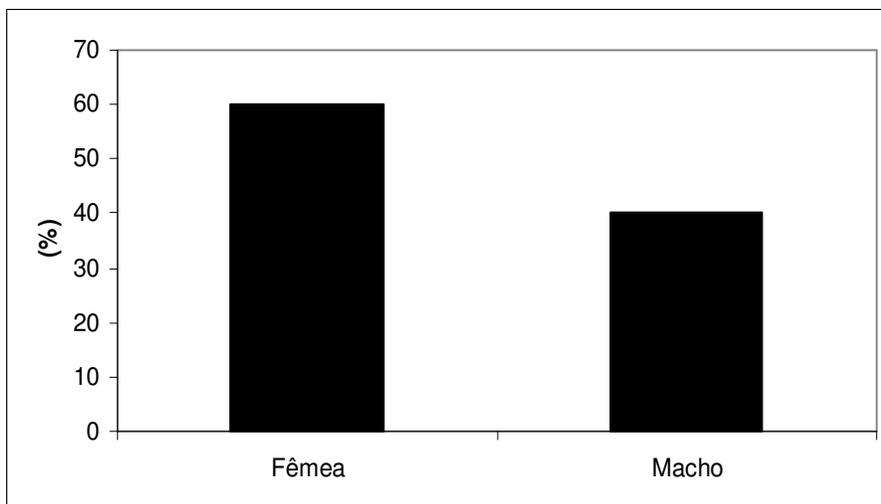


FIGURA 4 Freqüência relativa (%) de machos e fêmeas de *Leporinus obtusidens* para todas as amostragens coletados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil no período de setembro de 2006 a agosto de 2007

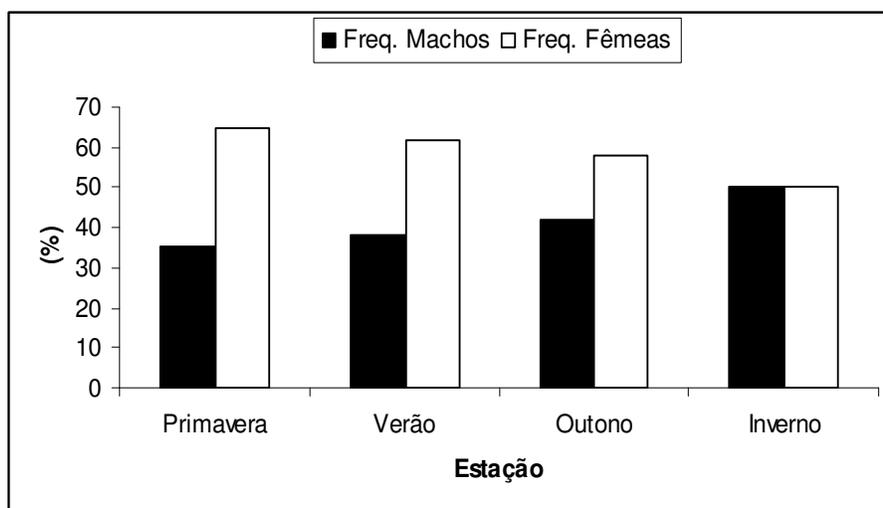


FIGURA 5 Freqüência de fêmeas e machos da espécie *L. obtusidens* coletados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil entre as estações do ano referentes a 2006 e 2007

Quanto ao crescimento, em muitos casos observa-se, para uma população como um todo, proporção sexual de 1:1, sendo que, quando a análise é feita com base nas classes de comprimento, pode ocorrer predomínio de fêmeas nas classes de comprimento maiores, em função dessas apresentarem taxa de crescimento maior que os machos e, como consequência, atingirem comprimentos superiores para mesma idade (Silva et al., 2004). Apesar de se esperar encontrar a proporção sexual de 1:1 nas populações de peixes, em Characidae normalmente é observada maior proporção de fêmeas.

Quando a proporção esperada não ocorre, fatores como predação e variação nas condições ambientais locais podem estar envolvidos. Em trabalhos em que é observado um número de maior de machos, essas diferenças podem ser atribuídas à elevada taxa de mortalidade de fêmeas como resultado da suscetibilidade a predação (Mazzoni & Caramashi, 1995).

O desequilíbrio entre fêmea e macho pode ser causado também pela elevada taxa de natalidade de indivíduos de um determinado sexo, ou ainda pela mortalidade específica de tamanho de um dos sexos (Lourenço et al., 2008).

Outro fator que pode atuar na proporção sexual é o período reprodutivo, o qual pode ser observado na época que antecede o período reprodutivo, quando as fêmeas tendem a se deslocar para a cabeceira dos rios antecipadamente em relação aos machos, uma vez que normalmente são as fêmeas que determinam a época de desova (Chaves, 1991).

Alguns estudos também observaram um maior número de fêmeas coletadas durante as estações do ano, ainda que não seja estatisticamente significativo. Entre eles podemos citar: Lourenço et al. (2008), para *Moenkhausia sanctaefilomenae* (olho-de-fogo), Silva et al. (2004), para *Oligosarcus jenynsii* (Tambicu) e Diniz (1997), para *L. Striatus* (Canivete).

5.3 Avaliação reprodutiva das fêmeas

5.3.1 Morfologia dos ovários

Macroscopicamente, observaram-se modificações na espessura, volume e coloração dos ovários durante as diferentes fases do ciclo reprodutivo. A coloração dos ovários de *L. obtusidens* foi observada como vermelho-translúcido no estágio de repouso, modificando-se para verde-acinzentado no estágio de maturação avançada.

Microscopicamente, os ovários de *L. obtusidens* são revestidos por um epitélio simples pavimentoso apoiado em uma lâmina basal, e mais internamente pela albugínea ovariana. Esta é constituída de tecido conjuntivo, fibras musculares lisas e vasos sanguíneos. A albugínea emite septos em direção ao interior do órgão, formando lamelas ovulíferas, nas quais se encontram ovócitos nas diferentes fases do desenvolvimento, circundados por seus envoltórios.

Estas características morfológicas observadas para *L. obtusidens* são também relatadas por Diniz (1997), trabalhando com algumas espécies de *Leporinus*; Costa (1999), para *Leporinus copelandii* (Piau vermelho), Marcon (2008), para *Astyanax bimaculatus* (Labari), Takahashi (2006), para *Salminus hilarii* (Tabarana) e Crepaldi et al. (2006), para *Pseudoplatystoma coruscans* (Surubim).

5.3.1.1 Desenvolvimento dos ovócitos

Nas avaliações detectou-se a presença de células pequenas e agrupadas, com núcleo grande e citoplasma escasso, sendo consideradas “ninhos de ovogônias”. Foram considerados apenas os estádios de maturação ovocitária a partir dos ovócitos I, que permitiu determinar quatro fases de maturação ovocitária. Na figura 6 estão apresentados os resultados da avaliação do diâmetro ovocitário.

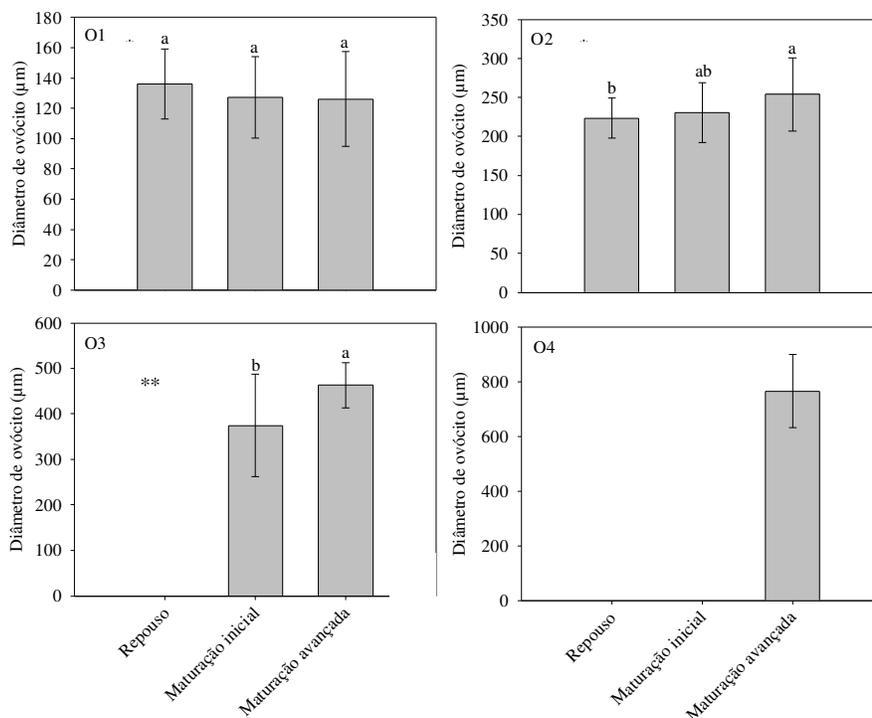


FIGURA 6 Diâmetro ovocitário (Média \pm desvio padrão) por estágio do ciclo reprodutivo de *Leporinus obtusidens*. O1 = ovócito perinucleolar inicial; O2 = ovócito perinucleolar avançado; O3 = ovócito pré-vitelogênico; O4 = ovócito vitelogênico

(*) Médias seguidas de diferentes letras diferem pelo teste Tukey ($P < 0,05$)

(**) Médias seguidas de diferentes letras diferem pelo teste F ($P < 0,05$)

Ovócito I

O ovócito I foi o tipo ovocitário encontrado em maior percentual em todos os estádios do ciclo reprodutivo das fêmeas avaliadas, sendo identificadas as menores células da linhagem ovocitária (83,0 μm a 214,6 μm). Na avaliação do diâmetro ovocitário não foi observada diferença significativa entre os diferentes estádios do ciclo reprodutivo e o tamanho dos ovócitos, sendo que as

médias encontradas nos diferentes estádios foram: estágio de repouso, 135,9 μm ; maturação inicial, 127,1 μm ; e maturação avançada, 126,1 μm (Figura 6). O ovócito I apresentou citoplasma fortemente basófilo, com aspecto vítreo, núcleo central e grande, apresentando vários nucléolos na área periférica (Figura 7)

A mesma descrição para este tipo ovocitário é fornecida por Takahashi (2006), em estudos da morfologia de ovários de *Salminus hilarii* (Tabarana), Ganeco et al. (2001), para *Brycon orbignyanus* (Piracanjuba), Rodrigues et al. (2005), trabalhando com *Acestrorhynchus pantaneiro* (Peixe cachorro) e Costa (1999), para *Leporinus copelandii* (Piau vermelho).

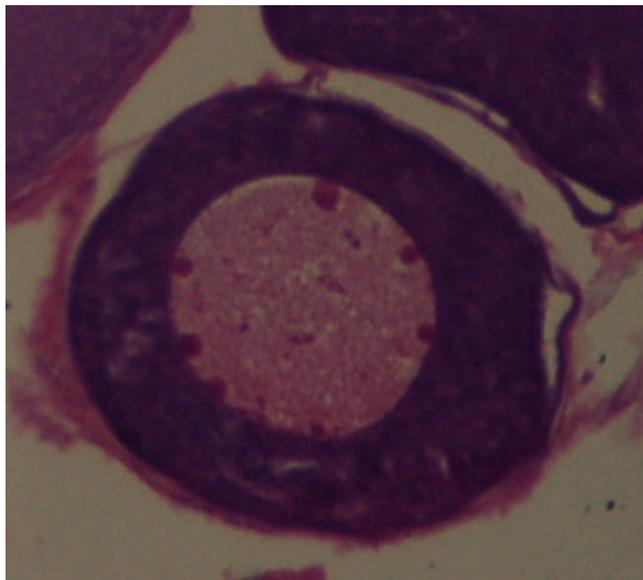


FIGURA 7 Secção transversal de ovário de *Leporinus obtusidens*.
Ovócito I - 40x. Coloração hematoxilina/eosina

Ovócito II

Nesta fase há um aumento do diâmetro dos ovócitos (158,9 μm a 337,0 μm), o que também ocorreu em todos os estádios do ciclo reprodutivo. Na avaliação do diâmetro ovocitário foi observada diferença significativa entre os

diferentes estádios do ciclo reprodutivo e o tamanho dos ovócitos, sendo que as médias encontradas foram: estágio de repouso, 228,1 μm ; maturação inicial, 230,5 μm ; e maturação avançada, 253,9 μm ; o estágio de maturação avançada se mostrou estatisticamente diferente do estágio de repouso (Figura 6). As células apresentam citoplasma também basófilo, mas com aspecto finamente granular, núcleo vesiculoso com nucléolos dispostos junto ao envoltório nuclear (Figura 8).

Classificação e descrição semelhantes são fornecidas por vários autores, entre eles Diniz (1997), para diferentes espécies de *Leporinus* e Costa (1999), para *Leporinus copelandii*.

Em *L. obtusidens* observamos, neste estágio, o surgimento da membrana vitelina, delgada, contínua e homogênea, circundando o ovócito, evento também relatado por Lima et al. (1991), em *Piaractus mesopotamicus* (Pacu).

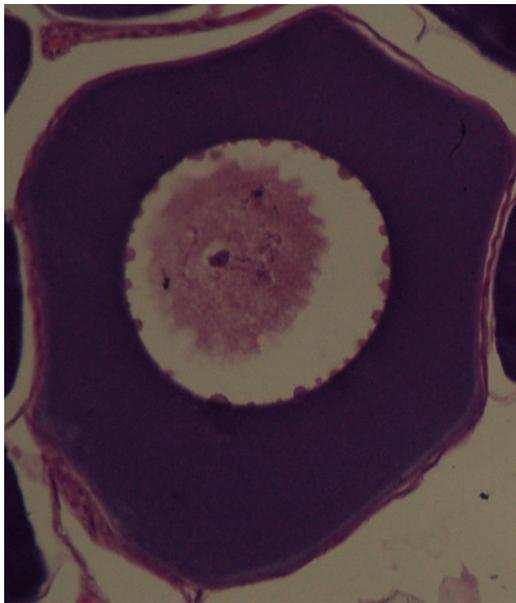


FIGURA 8 Secção transversal de ovário de *Leporinus obtusidens*.: Ovócito II - 40x . Coloração Hematoxilina/eosina.

Ovócito III

Esta fase se caracteriza pelo surgimento das vesículas corticais no citoplasma, que são, desde o início, próximas à região periférica do ovócito; esta é formada por estruturas arredondadas com aspecto vacuolado, fracamente coradas pelas técnicas histológicas de rotina (H/E), na região do citoplasma periférico.

O núcleo adquire uma porção central, fracamente corado e com numerosos nucléolos na periferia. O ovócito perde gradativamente a basofilia do citoplasma, que assume caráter acidófilo (Figura 9). Os ovócitos III apresentaram diâmetro maior do que os ovócitos do estágio anterior (221,5 µm a 590,6 µm), aumentando o volume progressivamente devido ao aumento do número e do tamanho das vesículas.

Na avaliação do diâmetro ovocitário foi observada diferença significativa entre os diferentes estádios do ciclo reprodutivo e o tamanho dos ovócitos, sendo que as médias encontradas foram: estágio de maturação inicial, 374,2 µm; e maturação avançada, 463,1 µm; o estágio de maturação avançada se mostrou diferente estatisticamente ($p < 0,05$) do estágio de repouso, como pode ser visto na Figura 6.

Esta estrutura também foi observada por Diniz (1997), para diferentes espécies de *Leporinus*; Marcon (2008), para *Astyanax bimaculatus* (Lambari) e Sampaio (2006), para *Brycon orthotaenia* (Matrinxã), *Leporinus obtusidens*, *Prochilodus argenteus* (Curimatã-pacu) e *Salminus brasiliensis* (Dourado).

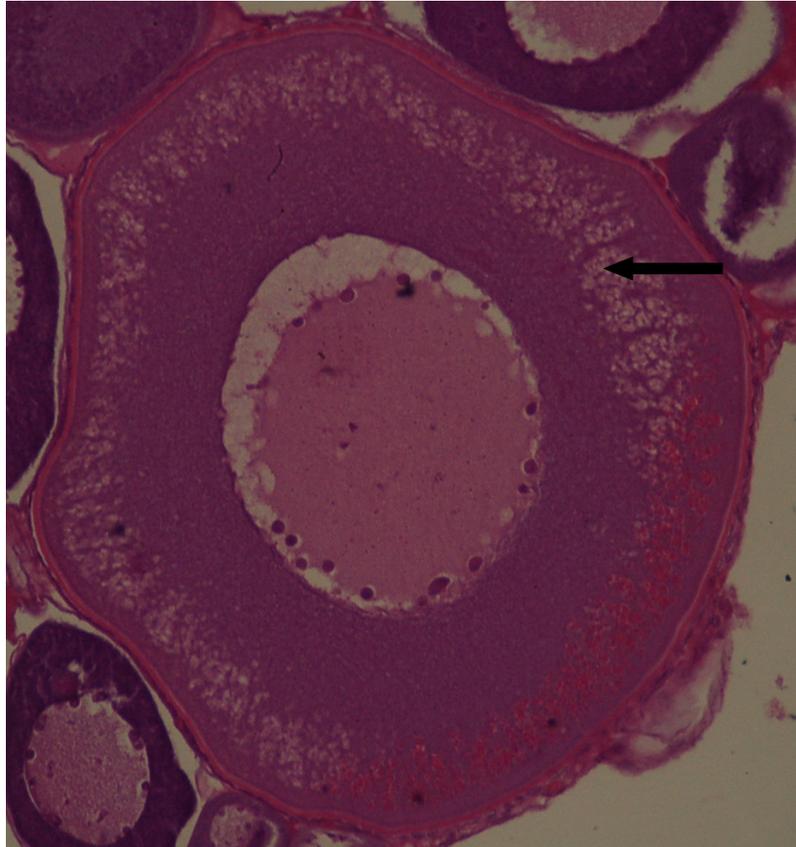


FIGURA 9 Secção transversal de ovário de *Leporinus obtusidens*. Ovócito III, com as vesículas corticais em evidência (seta) - 40x . Coloração Hematoxilina/eosina.

Ovócito IV

Nos ovários estudados, os ovócitos IV foram caracterizados pelo aparecimento de glóbulos de vitelo ocupando quase todo o citoplasma. Estas estruturas fortemente acidófilas e esféricas aparecem inicialmente na periferia do ovócito, difundindo-se em direção ao centro, podendo formar pequenas massas homogêneas no centro do citoplasma. O núcleo, quando visível, apresentou-se

central, com pouquíssimos nucléolos e levemente basófilo. Os glóbulos de vitelo, mais próximos ao núcleo, são menores (Figuras 10 e 11).

À medida que os glóbulos de vitelo ocupam o citoplasma, as vesículas corticais se deslocam para a periferia, onde constituirão o alvéolo cortical. Caso semelhante foi observado por Costa (1999), em *Leporinus copelandii*, segundo o qual as vesículas corticais se deslocam para a periferia conforme ocorre a deposição de glóbulos de vitelo.

A membrana vitelínea de ovócitos de *Leporinus obtusidens* atinge o seu desenvolvimento máximo neste estágio ovocitário. Segundo Bazzoli & Rizzo (1990), a membrana vitelínea pode se diferenciar em uma ou várias camadas de acordo com a espécie e é interrompida na região do pólo animal do ovócito, onde se forma o aparelho micropilar, constituindo a célula micropilar e micrópila.

Este tipo ovocitário foi a maior célula observada (515,2 μm a 963,0 μm) nos ovários de *L. obtusidens*. Na avaliação do diâmetro ovocitário foi observada uma média de 766,6 μm no estágio de maturação avançada, o único estágio em que ocorre o ovócito IV (Figura 6). Observação semelhante foi relatada por Vazzoler (1996), trabalhando com 68 espécies de teleósteos, e Takahashi (2006), trabalhando com *Salminus hilarii*.

Segundo Vazzoler (1981), a medição do diâmetro dos ovócitos é um método rápido e um dos mais utilizados, pois possui um alto grau de precisão.

Devido ao aumento do diâmetro do ovócito ocorrido ao longo da maturação gonadal, quando este atinge seu maior valor nos ovócitos vitelogênicos, quando as fêmeas já se encontram aptas à reprodução, este método se torna muito útil em estações de piscicultura, para a avaliação do estágio de maturidade em vivo dos peixes e, por isso, é muito utilizado para a seleção de fêmeas reprodutoras.

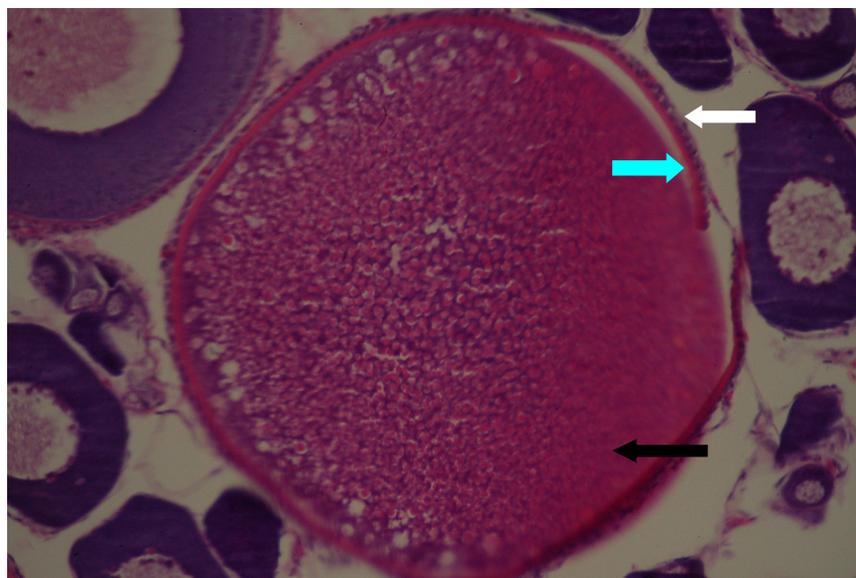


FIGURA 10 Secção transversal de ovário de *Leporinus obtusidens*. Ovócito IV (seta preta), membrana vitelínea (seta branca), vesículas corticais (seta azul) – 40x. Coloração hematoxilina/eosina.

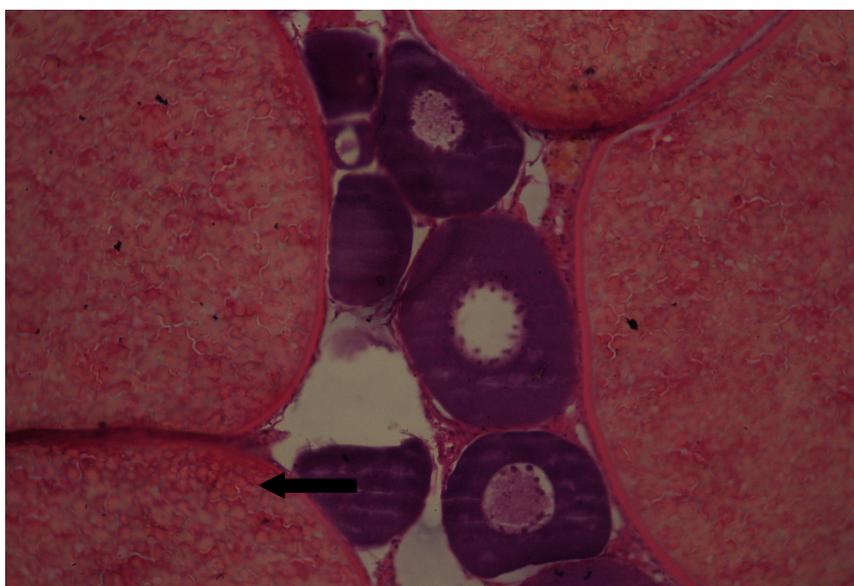


FIGURA 11 Secção transversal de ovário de *Leporinus obtusidens*. Ovócito IV, com os glóbulos de vitelo em evidência (seta) – 40x. Coloração hematoxilina/eosina.

5.3.1.2 Atresia folicular e reabsorção

A atresia folicular foi identificada pela liquefação do vitelo, pelo deslocamento, pela quebra da membrana vitelínea em várias partes e pela reabsorção do vitelo. A atresia foi mais freqüente em ovócitos III e IV e em gônadas classificadas no estágio de maturação avançada (Figura 12)

Folículos atrésicos de teleósteos podem ocorrer em qualquer estágio do ciclo reprodutivo (Rodriguez et al., 2005). Para *Brycon cephalus* (Matrinxã), Zaniboni Filho & Rezende (1988), identificaram ovócitos atrésicos em reabsorção nas fases finais de maturação, enquanto Rodriguez et al. (2005), trabalhando com *Acestrorhynchus pantaneiro*, encontrou-os durante o período pós-desova, em ovários esvaziados.

Segundo Benjamin (1996), o conhecimento dos eventos morfológicos da atresia folicular, a recuperação dos ovários e a reabsorção de folículos pós-ovulatórios, é de fundamental importância para o conhecimento da reprodução dos peixes teleósteos neotropicais de água doce, como também para procedimentos de cultivo e reprodução induzida, uma vez que fenômenos degenerativos dos ovários reduzem a taxa de fertilização.



FIGURA 12 Seção transversal de ovário de *Leporinus obtusidens*. Ovócito em atresia folicular (seta) - 40x. Coloração hematoxilina/eosina.

5.3.1.3 Estádios do ciclo reprodutivo das fêmeas

Segundo Vazzoler (1996), a forma mais segura para determinar a fase de desenvolvimento gonadal é através da observação microscópica.

Foram identificados os seguintes estádios do ciclo reprodutivo para fêmeas de *L. obtusidens*: repouso (estádio 1); maturação inicial (estádio 2) e maturação avançada (estádio 3). Não foram observadas fêmeas desovadas e imaturas, pois foram selecionados animais somente acima de 19cm, o que, segundo Vazzoler (1996), corresponde ao tamanho da primeira maturação sexual para a espécie (Figura 13).

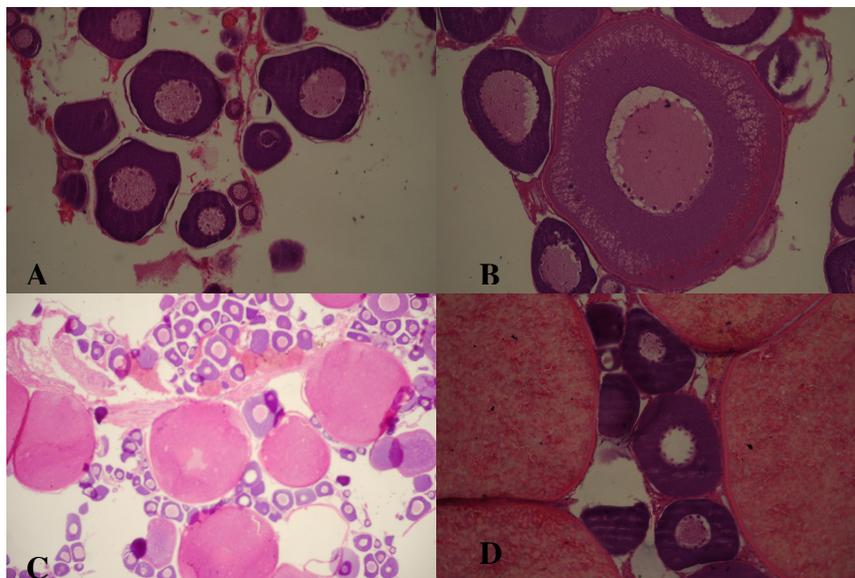


FIGURA 13 Secções transversais de ovários de *Leporinus obtusidens*. A) ovário no estágio de repouso- 40x; B) ovário no estágio de maturação inicial - 40x; C) ovário no estágio de maturação avançada -10x; D) ovário no estágio de maturação avançada – 40x. Coloração hematoxilina/eosina

Estádio 1

Na observação macroscópica, os ovários de *L. obtusidens* apresentaram-se finos, translúcidos com tom avermelhado, sem visualização de vascularização a olho nu.

Na observação microscópica foram identificadas ovogônias e ovócitos I e II (figura 13 A).

Estádio 2

Macroscopicamente, os ovários apresentaram-se mais volumosos, ocupando cerca de 1/3 a 2/3 da cavidade celomática, intensamente vascularizados, e também com coloração mais escura, de tom esverdeado e aparência granulosa devido à presença de ovócitos visíveis a olho nu.

Microscopicamente pode-se identificar, no interior das lamelas ovulíferas, a presença de ovogônias, ovócitos I, II e III, sendo que o aparecimento deste último indica o início do processo de vitelogênese (Figura 13 B).

Estádio 3

Macroscopicamente, os ovários apresentaram-se túrgidos, ocupando de 2/3 a mais da cavidade celomática, com vascularização sanguínea evidente e coloração verde-acinzentado. A olho nu observaram-se ovócitos grandes e translúcidos. Microscopicamente, observam-se as lamelas repletas de ovócitos IV, além de ovócitos I, II, III e ovogônias (Figuras 13 C e 13 D).

Essas classificações macro e microscópicas dos diferentes estádios de maturação são variáveis de acordo com diferentes autores. A classificação utilizada neste trabalho foi utilizada por diversos autores, entre eles Crepaldi et al. (2006), para *Pseudoplatystoma coruscans*, e Rodriguez et al., (2005), para *Acestrorhynchus pantaneiro*.

5.3.2 Período reprodutivo

A frequência relativa por época do ano, dos estádios do ciclo reprodutivo de fêmeas de *L. obtusidens*, encontra-se na Figura 14. Fêmeas em repouso e maturação inicial ocorreram durante todo o período de estudo.

No fim do inverno já se observa o ciclo reprodutivo, com o aparecimento de algumas fêmeas em estágio de maturação avançada, o que pode ser devido à proximidade da primavera, quando usualmente ocorre o início da estação chuvosa e temperatura e fotoperíodo alcançam valores elevados. Período reprodutivo em estação chuvosa também foi observado por Diniz (1997), para algumas espécies de *Leporinus*, Costa (1999), para *Leporinus copelandii*, Lourenço et al. (2008), para *Moenkhausia sanctaefilomenae*, Ribeiro et al.

(2007), para *Steindachnerina insculpta* e Querol et al. (2004), para *Loricariichthys platymetopon* (Cascardo).

O período do outono até meados do inverno provavelmente está ligado ao período de repouso gonadal, quando ocorre a preparação dos indivíduos para o próximo ciclo reprodutivo, pois não se pode afirmar que se trata do início do recrutamento para o período reprodutivo devido à baixa porcentagem de animais em estágio de maturação inicial e avançada. Porém, a observação de fêmeas nestes estádios provavelmente demonstra a persistência de fatores abióticos e bióticos que proporcionam estímulos para o desenvolvimento dos ovócitos.

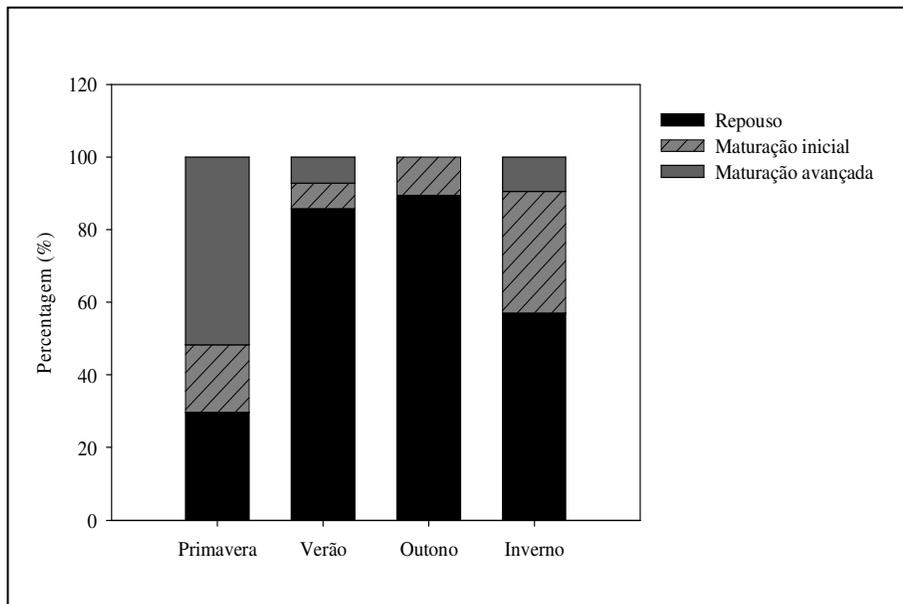


FIGURA 14 Frequência relativa por estação do ano dos estádios do ciclo reprodutivo de fêmeas de *Leporinus obtusidens* capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007

A presença de fêmeas em maturação avançada no fim do inverno, com pico na primavera, permite dizer que a partir do inverno foi possível observar fêmeas aptas à reprodução, podendo, assim, ser caracterizado o início do período reprodutivo da espécie na área de estudo, o qual se estende até o verão, quando ainda é possível observar fêmeas em estágio de maturação avançada.

O início do aparecimento de fêmeas aptas à reprodução coincidiu com o primeiro pico das chuvas (início da primavera). Logo após ocorre um decréscimo da precipitação pluviométrica na região, no período do outono. A temperatura do ar também apresentou tendência de elevação a partir do fim do inverno (Figura 15).

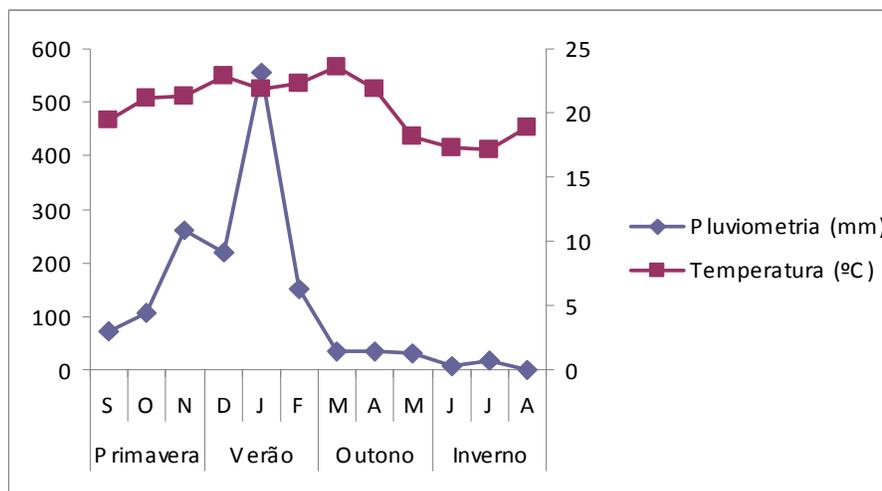


FIGURA 15 Valores médios, por estação do ano, da temperatura do ar (°C) e pluviosidade (mm) da região, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007.

Fonte: Estação Meteorológica da UFLA

Segundo Vazzoler (1996), as variáveis ambientais atuam sobre os indivíduos de modo que as condições na época de desova sejam favoráveis à sobrevivência e crescimento da prole. Segundo Silva (1988), a temperatura e as

precipitações pluviométricas estão entre os fatores abióticos que têm merecido maior atenção nos estudos realizados.

Uma relação direta entre a desova e o período chuvoso também foi observada para a traíra (*Hoplias malabaricus*) por Caramashi (1979) e Barbieri (1989), o que sugere a influência do aumento da pluviosidade sobre a desova da espécie.

A não observação do estágio desovado nas fêmeas capturadas permite sugerir que a área de coleta pode ser considerada como rota migratória para a espécie estudada. No entanto, não se pode afirmar que esta região represente sítio reprodutivo de *L. obtusidens*.

A ausência de fêmeas desovadas e o alto índice de animais em repouso no verão podem ser um reflexo da ação da barragem sobre os indivíduos, pois as fêmeas geralmente são mais sensíveis a alterações ambientais porque os processos de maturação gonadal e desova são mais complexos devido a fatores como vitelogênese, aumento celular evidente entre outros. Então, podemos inferir que fatores externos podem ter atuado de forma inibidora nas fêmeas, as quais não conseguiram atingir a maturação final durante o verão e, assim, a desova.

Agostinho et al. (1992), trabalhando com as espécies de peixes existentes no reservatório de Itaipu, observou que entre as trinta e uma espécies para as quais foi possível observar atividade reprodutiva, onze apresentaram as primeiras evidências somente após o quarto ano do represamento. Além disso, constatou-se a presença de dezoito espécies com capturas relevantes durante os anos de coleta, mas que não demonstravam atividade reprodutiva no reservatório. Entre elas podemos destacar grandes migradores, como *Salminus brasiliensis* e *Leporinus obtusidens*.

5.3.3 Índice gonadosomático

Os valores (média) do IGS, por época do ano, de fêmeas de *L. obtusidens* são apresentados na Figura 16. Foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) no IGS durante as estações do ano.

O IGS das fêmeas de *Leporinus obtusidens* apresentou a maior média durante a primavera e diferiu significativamente das outras estações, sugerindo o período como sendo o reprodutivo. O verão e o outono apresentaram as menores médias ($P < 0,05$) e diferiram estatisticamente do inverno e da primavera

De acordo com os resultados, a primavera, quando foi observada a maior média do IGS, foi a época que correspondeu ao aparecimento de um maior número de animais em maturação avançada. No verão e no outono foram observadas as menores médias do IGS, o que provavelmente se deve ao fato de que a maioria dos animais já se encontravam em repouso. No inverno o IGS volta a se elevar, e este é o período em que já foi possível observar algumas fêmeas em maturação avançada.

Quando a análise do ciclo reprodutivo anual foi realizada a partir do comportamento dos valores médios mensais de IGS, revelou que no período de verão houve uma queda no número de fêmeas em maturação avançada e que o outono e o início do inverno provavelmente estão associados a uma fase de recuperação gonadal do ciclo reprodutivo anterior e à sua reorganização para o subsequente, seguindo, assim, uma tendência da frequência reprodutiva.

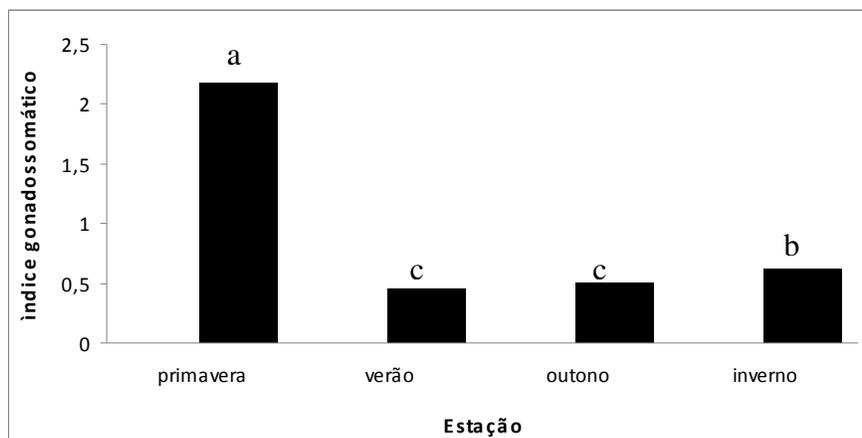


FIGURA 16 Valores médios do índice gonadosomático (IGS) por estação do ano, de fêmeas de *Leporinus obtusidens*, capturadas a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil no período de setembro de 2006 a agosto de 2007.

Os resultados de IGS obtidos parecem estar diretamente relacionados com os valores médios da temperatura e pluviosidade onde se observou que no mês de setembro onde terminam o inverno e se inicia a primavera a temperatura e a pluviosidade aumentam sendo a época de maior incidência de animais em maturação avançada e o maior IGS, e no outono e princípio do inverno, período em que a temperatura média mensal e pluviosidade tendem a diminuir, é observado um grande número de animais em repouso e um baixo IGS (Figura 15).

Para a região, observou-se que o verão foi a época que apresentou temperatura e precipitação pluviométrica mais elevadas durante todo o ano, apresentando uma queda na presença de animais em maturação avançada. Esse fato provavelmente ocorre porque as espécies possuem um limiar ideal entre todos os fatores exógenos que atuam no processo de reprodução. Na Figura 15 pode-se observar que na primavera ocorreu um pico na temperatura e pluviosidade e posterior queda; provavelmente, para esta espécie, a temperatura

e a precipitação pluviométrica observadas em novembro sejam ideais para a reprodução.

O valor máximo individual do IGS observado entre os exemplares capturados para o presente trabalho foi de 6,56, cuja fêmea apresentava-se em estágio de maturação avançada. Fêmeas de *Leporinus striatus* (Diniz, 1997), atingiram valor máximo de IGS igual a 7,33 na represa de Camargos, enquanto as de *Leporinus copelandii* (Costa, 1999), apresentaram valor máximo de 15,07. Segundo Lê Cren (1951), para cada estação do ano, o peso das gônadas representa uma porcentagem constante do peso do corpo.

O IGS variou de acordo com o estágio de maturação da gônada, de forma que atingiu seus valores máximos no estágio de maturação avançada, o que também foi mostrado por Chellappa et al. (2003), trabalhando com *Cichla monoculus* (Tucunaré) na represa de Campo Grande, Ganeco et al. (2001), para *Brycon orbignyanus*, na represa de Volta Grande e Braga (2001), trabalhando com 26 espécies na represa de Volta Grande. De acordo com Diniz (1997), o período reprodutivo se inicia logo após o pico do IGS, o que ocorreu na primavera, corroborando o resultado acima.

As gônadas dos peixes de ciclo reprodutivo anual são, de modo geral, submetidas a variações marcantes devido ao avanço do processo de maturação ovocitária, aumentando de volume e, conseqüentemente, de peso. Quando estudado o IGS médio da população, ao longo das quatro estações do ano, verificou-se que este variou, atingindo o valor máximo do IGS na época de reprodução, convertendo-se, então, num bom índice para determinação deste período.

5.3.4 Índice hepatossomático

Os valores (média) do IHS, para *Leporinus obtusidens*, apresentaram a mesma tendência do IGS, ou seja, parecem dependentes, embora não tenha sido

observada correlação significativa. Lenhardt (1992) e Zimmermann (1997), também observaram essa tendência entre estas duas variáveis para as espécies *Esox lucios* (Lúcio) e *Atheresthes stomias*, respectivamente. Os valores (média) do IHS por estação do ano encontram-se na Figura 17. Foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) no IHS durante as estações do ano

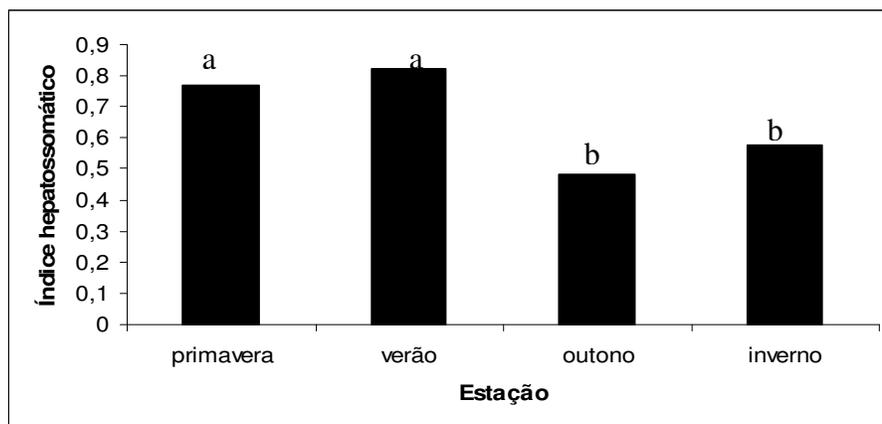


FIGURA 17 Valores médios do índice hepatossomático (IHS) por estação do ano, de fêmeas de *Lepornus obtusidens* capturadas a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007.

O IHS das fêmeas de *Lepornus obtusidens* apresentou as maiores médias durante a primavera e o verão e diferiram significativamente do outono e do inverno, que apresentaram as menores médias observadas ($P < 0,05$).

De acordo com os resultados, entre as estações que apresentaram os maiores valores médios do IHS, a primavera foi a época em que correspondeu ao aparecimento de um maior número de animais em maturação avançada, e no verão a maior parte dos animais encontravam-se em repouso.

Marcon (2008) sugere que durante a maturação gonadal ocorre uma possível participação do fígado na síntese e secreção de substâncias hepáticas

para formação do vitelo no processo de maturação ovocitária, e sendo esta uma espécie de piracema, durante o período de migração para desova ocorre a utilização de glicogênio e lipídeos devido ao gasto energético.

Devido, então, a todos esses fatores, alguns autores, como Costa (1999), para *Leporinus copelandii*; Tavares (1986), para *Leporinus piau*, Alvarenga et al. (2006), para *Curimatella lepidura* (Curimatá) e Santos et al. (2004), para *Iheringichthys labrosus* (Mandi Beijudo), observaram uma queda no IHS no período em que o animal se encontrava em maturação avançada, devido à grande atividade metabólica.

Na primavera o aumento do IHS no período reprodutivo pode ser explicado devido à presença de folículo atrésico. Pode-se inferir que o desenvolvimento gonadal estava ocorrendo, mas os animais não atingiram o estágio de maturação final e, conseqüentemente, desovar, havendo uma reabsorção dos ovócitos, alterando todo o metabolismo do animal.

No verão, a maioria dos animais já se encontrava em repouso. Podemos inferir que neste momento, como houve uma queda no número de animais em maturação avançada, a participação do fígado na síntese e secreção de substâncias hepáticas para formação do vitelo foi interrompida, ocorrendo, então, o aumento deste índice.

Segundo Ribeiro et al. (2007), o IHS pode variar de espécie para espécie devido às diferenças na capacidade de armazenar reserva energética, à adaptação a novas condições ambientais, às condições fisiológicas, habitats, disponibilidade de alimento e hábitos alimentares.

5.3.5 Índice de gordura celomática

Os maiores valores do IGC foram observados no inverno e no verão, decrescendo no período da primavera e no outono (Figura 18). Foi observada uma queda do IGC durante a primavera e no outono. Esse menor acúmulo de

gordura durante a primavera pode ser devido à ocorrência de animais em processo de maturação gonadal, sugerindo um consumo dos recursos obtidos a partir do alimento ingerido e, principalmente, das reservas energéticas depositadas na forma de gordura.

Godinho (1994), afirma que o desenvolvimento de gordura tem ligação com a reprodução, quando ocorre a mobilização de reservas energéticas durante o desenvolvimento das gônadas. Esse fato foi constatado por Alvarenga et al. (2006), trabalhando com *Curimatella lepidur* na Bacia do Rio São Francisco, no reservatório de Juramento; por Carmassi et al. (2008), para *Cyprocarax modestus*, no reservatório de Ribeirão Claro; e por Santos et al. (2004), trabalhando com *Iheringichthys labrosus* no reservatório de Furnas.

Houve correlação significativa entre IGC e o IHS, sendo que, com o aumento do IGC, o IHS demonstrou a mesma tendência.

Segundo Bazzoli (2003), a observação da presença de gordura celomática no início da maturação gonadal, e uma diminuição no fim do período reprodutivo, indicam a utilização dessas reservas no processo de vitelogênese e/ou migração reprodutiva no caso de espécies reofílicas.

Para *Leporinus obtusidens* foi observado pouco acúmulo de gordura celomática no período de repouso gonadal (outono), o que indica que estes animais não sofreram preparação adequada para o período reprodutivo no que diz respeito ao acúmulo de reservas energéticas, visto que o esperado é que neste período se tenha grande acúmulo de gordura, pois esta reserva é necessária para ser utilizada nos processos reprodutivos.

O aumento da gordura celomática ocorreu quando alguns animais já se encontravam em maturação inicial durante o inverno e também no verão, quando a maioria dos animais já se encontrava em repouso.

Esse fato pode ser devido à ação da barragem sobre os indivíduos, a qual, como atuou sobre o ciclo reprodutivo da espécie, provavelmente interferiu na dinâmica alimentar e, conseqüentemente, no depósito de gordura.

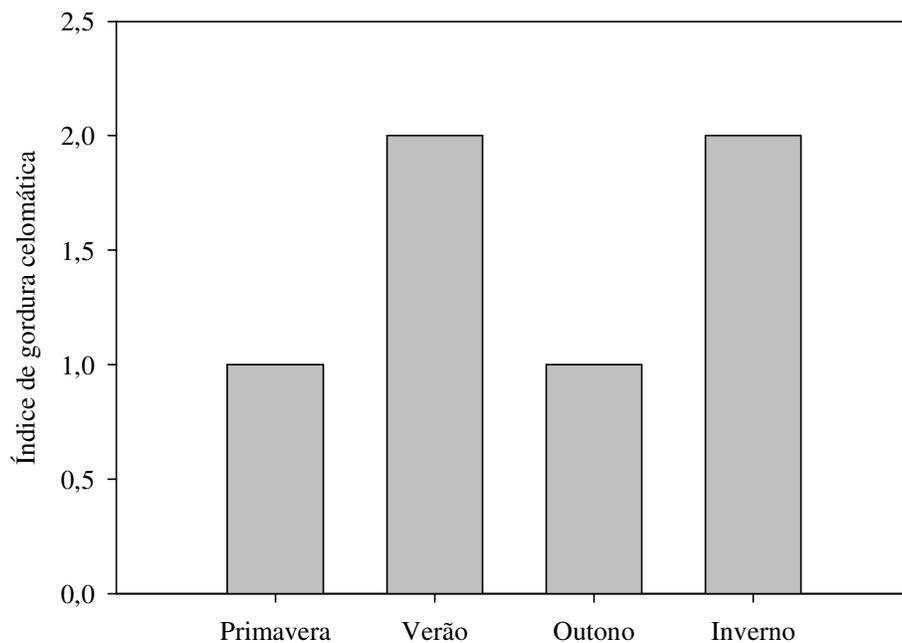


FIGURA 18 Valores do índice de gordura celomática (IGC) por estação do ano, de fêmeas de *Leporinus obtusidens* capturadas a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007.

Em fêmeas de *Steindachnerina insculpta* (Sagüiru) (Ribeiro et al., 2007) e de *Astyanax bimaculatus* (Lambari) (Barreto et al. 1998), foram observados níveis elevados de gordura celomática antes do período reprodutivo, relatando intenso consumo destas reservas graxas durante a maturação gonadal.

Para Ribeiro et al. (2007), o aumento da gordura celomática está relacionado à quantidade de alimento ingerido. Para *Leporinus obtusidens*, esse

fato provavelmente ocorreu, o que permite inferir que quando ocorre um aumento do consumo alimentar, ocorre um acúmulo da gordura celomática.

Diante de todos os fatores envolvidos no processo de reprodução, pode-se supor que a partir do momento em que as gônadas começam a maturar, os recursos energéticos deixam de ser investidos no crescimento e passam a ser utilizados para a reprodução, o que foi indicado na seqüência de menor armazenamento de gordura e ocorrência de reprodução.

Para Nikolski (1963), o conteúdo de gordura de um peixe pode quantificar o bem-estar do indivíduo, e suas variações sazonais estão intimamente ligadas à alimentação e à reprodução da espécie. No caso de animais reofílicos, o conteúdo de gordura é diretamente proporcional ao comprimento do curso de migração e à velocidade da corrente do rio que o indivíduo tem que transpor.

5.3.6 Fator de Condição

Os valores (média) do Fator de condição total (K1) e somático (K2) por estação do ano encontram-se na Figura 19. Foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) no Fator de condição durante as estações do ano.

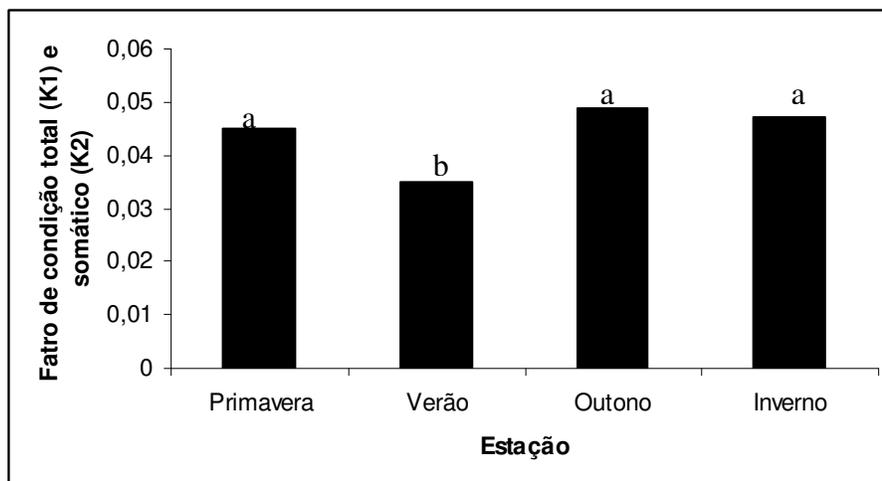


FIGURA 19 Valores médios do Fator de condição total (K_1) e somático (K_2) de fêmeas de *Leporinus obtusidens*, capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil no período de setembro de 2006 a agosto de 2007

Os valores obtidos a partir da aplicação do K_2 apresentam mesma tendência dos calculados a partir do método que inclui a massa das gônadas (K_1) no valor da massa total dessas fêmeas. Isso indica que não houve influência do peso das gônadas na determinação do K da espécie, observando-se que K_1 e K_2 apresentaram a mesma tendência de variação ao longo de todas as estações do ano.

O K das fêmeas de *Leporinus obtusidens* apresentou as maiores médias durante a primavera, o outono e o inverno e diferiram significativamente do verão ($P < 0,05$) que apresentou a menor média observada.

De acordo com os resultados, segundo os quais as médias se mantiveram elevadas durante a maior parte do ano, podemos inferir que os indivíduos apresentaram boas condições corporais durante quase todo o ano, havendo uma queda pouco acentuada somente no verão, quando a maioria dos animais já se encontravam em repouso.

Analisando o fator de condição gonadal como indicador do período de reprodução das fêmeas de *L. obtusidens*, observou-se que durante a primavera a maioria dos animais se encontrava em maturação avançada. No verão observaram-se valores médios menores, semelhante aos resultados do IGS, mas durante o outono e o inverno, quando se observam valores médios elevados, como na primavera, nota-se que essas variáveis não apresentaram o mesmo padrão de variação sazonal, podendo-se dizer que o K não se apresentou como um indicador do período reprodutivo.

Agostinho et al. (1990), trabalhando com *Rhinelepis áspera* e Lima Junior & Goitein (2006), trabalhando com *Pimelodus maculatus*, também observaram que a influência das gônadas não foi significativa, permitindo a utilização do peso total para o cálculo do K.

Costa (1999) observou, em *Leporinus copelandii*, a redução nos valores do K na época de reprodução, fato não observado para *Leporinus obtusidens*, para a qual os índices do K se mantiveram altos durante o inverno e a primavera, épocas em que foi observado o período reprodutivo.

Barbieri (1992), estudando *Astyanax scabripinnis*, espécie de desova parcelada, observou que os maiores valores do K ocorreram durante o período reprodutivo.

Segundo Vazzoler (1996), calcular o K1 e o K2 é muito importante quando o objetivo é analisar tais variações em função da dinâmica reprodutiva, isto porque ocorre uma transferência das reservas energéticas, acumuladas nas vísceras, musculatura e/ou fígado para suprir o desenvolvimento das gônadas, que culminará coma desova. Além do desvio destas reservas, as espécies que apresentam migrações reprodutivas consomem uma parcela das reservas energéticas somáticas nesse processo, que se reflete nas variações do K2.

5.4 Avaliação reprodutivas dos machos

5.4.1 Morfologia dos testículos

As características morfológicas dos testículos observadas são semelhantes às descritas por Amaral (1999), para *Leporinus macrocephalus* (Piauçu), Takahashi (2006), para *Salminus hilari*; e Andrade et al. (2006), para *Leporinus copelandii*.

Macroscopicamente, observaram-se modificações no volume, na forma e na coloração durante as diferentes fases do ciclo reprodutivo. A coloração dos testículos de *L. obtusidens* foi observada como vermelho-translúcido no estágio de repouso, modificando-se para branco-leitoso no estágio de maturação avançada.

Microscopicamente, os testículos de *L. obtusidens* são revestidos por uma camada de tecido conjuntivo fibroso, denominada túnica albugínea, que emite septos para o interior dos mesmos, separando e sustentando os túbulos seminíferos. Dentro dos testículos foram encontrados cistos de células espermatogênicas em diferentes fases de desenvolvimento. Aparentemente, dentro de um mesmo cisto, todas as células estavam na mesma fase do processo de espermatogênese.

O tecido conjuntivo dos testículos em maturação e maduros apresentou-se bastante vascularizado, tanto no tecido intertubular como na periferia. Nos testículos maduros o ducto espermático se apresentou repleto de espermatozóides. Estas características morfológicas observadas para *L. obtusidens* são também relatadas por Romagosa et al. (2000), para *Brycon cephalus* (Matrinxã) e Crepaldi et al. (2006), para *Pseudoplatystoma coruscans* (Surubim).

5.4.1.1 Desenvolvimento das células germinativas masculinas

Nos observações, foi possível identificar cinco tipos de células germinativas, de acordo com as fases de desenvolvimento gonadal.

Espermatogônias primárias

Foram identificadas como as maiores células germinativas encontradas nesta espécie. Apresentavam citoplasma claro e abundante. O núcleo apresentou-se grande e esférico, localizado na região central da célula. Essas células foram encontradas em todos os estádios do ciclo reprodutivo, apresentando-se isoladas ou em duplas, sempre na periferia dos túbulos (Figura 20). Nos testículos em início de maturação, elas aparecem associadas às células císticas ou de Sertoli.

A mesma descrição é fornecida por Takahashi (2006), em estudos com *Salminus hilarii*; Andrade & Godinho (1983), para *Leporinus silvestrii*, Amaral (1999), para *Leporinus macrocephalus* e Bizzoto & Godinho (2007), para *Hoplias malabaricus* (Traíra).

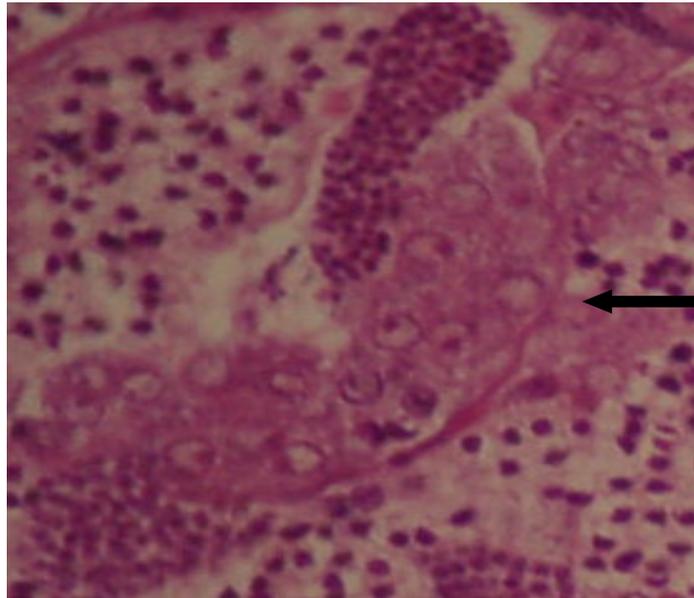


FIGURA 20 Seção transversal de testículo de *Leporinus obtusidens*. Espermatogônias primárias (seta) - 40x. Coloração hematoxilina/eosina.

Espermatogônias secundárias

As espermatogônias secundárias são originadas da divisão das espermatogônias primárias. São semelhantes às anteriores, porém com um núcleo um pouco mais basofílico, ocupando quase todo o volume da célula. Apresentaram-se agrupadas em cistos com número variável de células (Figura 21).

Classificação e descrição semelhantes são fornecidas por vários autores, como Andrade et al. (2006), para *Leporinus copelandi* e Aires et al. (2000), para *Brycon orbignyana*.

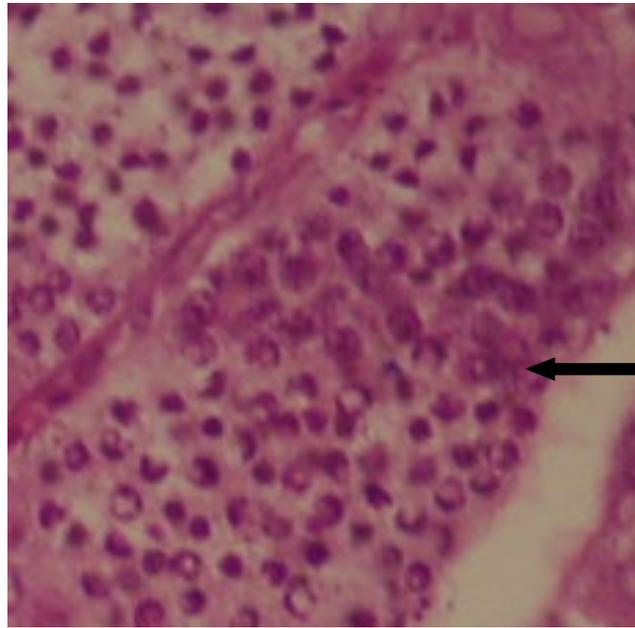


FIGURA 21 Seção transversal de testículo de *Leporinus obtusidens*. Espermatogônias secundárias (seta) - 40x. Coloração hematoxilina/eosina.

Espermatócitos

Os espermatócitos são menores que as espermatogônias secundárias e também apareceram agrupados em cistos, com núcleo mais basofílico que na fase anterior e citoplasma pouco distinguível. Foram visualizados os espermatócitos primários propriamente ditos, e quando estavam se dividindo em espermatócitos secundários, não foi possível identificá-los corretamente, o que pode ser explicado pela curta duração dos mesmos, que logo se dividem para formar as espermátides. Isso faz com que seja difícil visualizá-los em cortes histológicos (Figura 22).

Esta estrutura também foi observada por Amaral (1999), para *Leporinus macrocephalus*; Takahashi (2006), em estudos com *Salminus hilarii*, e Cruz & Santos (2004), para *Pimelodus maculatus* (Mandi), *Iheringichthys labrosus* e *Conorhynchus conirostris* (Pirá).

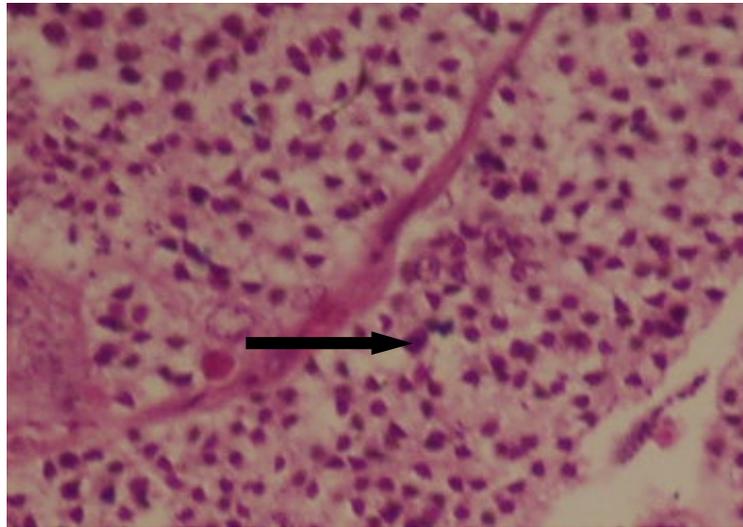


FIGURA 22 Seção transversal de testículo de *Leporinus obtusidens*. Espermatócitos (seta) - 40x. Coloração hematoxilina/eosina.

Espermátides

As espermátides são bem menores que os espermatócitos primários, apresentaram limite indistinguível, núcleo arredondado e bem basofílico. Também foram observadas em cistos, apresentando-se em grande número (figura 23).

Observação semelhante foi relatada por Takahashi (2006), trabalhando com *Salminus hilarii* e Amaral (1999), para *Leporinus macrocephalus*.

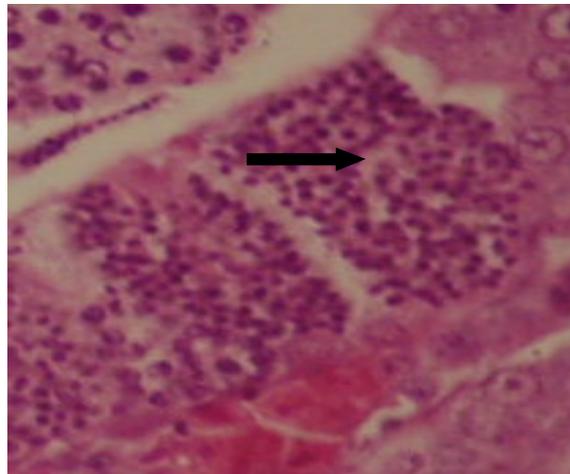


FIGURA 23 Seção transversal de testículo de *Leporinus obtusidens*. Espermátides (seta) - 40x. Coloração hematoxilina/eosina.

Espermatozóides

Os espermatozóides são as menores células da linhagem germinativa. Visualizados ocupando a região central dos túbulos seminíferos, eles são liberados para a luz tubular através do rompimento dos cistos. Apresentam núcleo arredondado e bem basofílico (Figuras 24).

Além das células germinativas, foram observadas as células de Sertoli ou Císticas, caracterizadas pelo citoplasma escasso, núcleo bem basofílico e evidente, estando associadas às espermatogônias primárias ou aos cistos das

células germinativas. No interstício foram observadas as células de Leydig ou intersticiais, geralmente agrupadas, com núcleo arredondado e bem basofílico e próximos aos capilares sanguíneos.

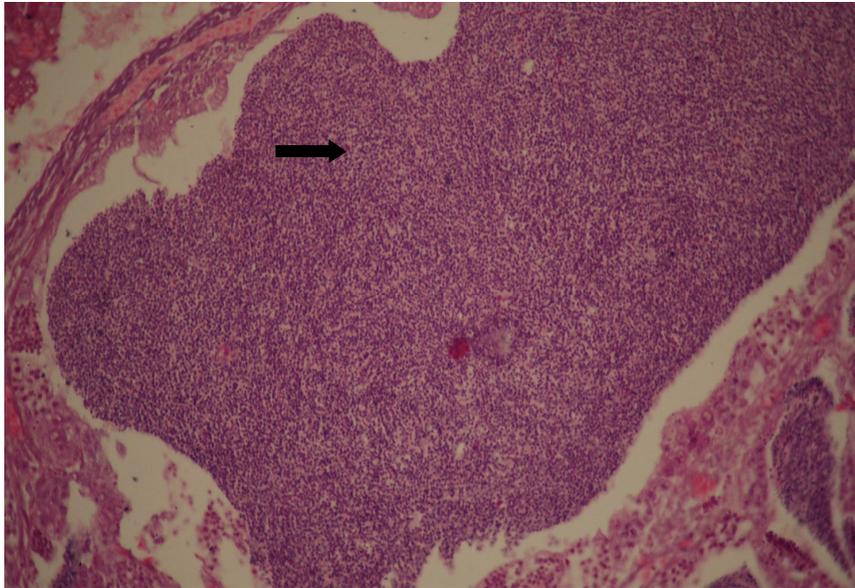


FIGURA 24 Seção transversal de testículo de *Leporinus obtusidens*. Espermatozóides (seta) - 40x. Coloração hematoxilina/eosina.

5.4.1.2 Estádios do ciclo reprodutivo dos machos

Foram identificados os seguintes estádios do ciclo reprodutivo para machos de *L. obtusidens*: repouso (estádio 1); maturação inicial (estádio 2); maturação avançada (estádio 3) e espermiado (estádio 4). Neste trabalho não foram observados machos imaturos, pois foram selecionados animais somente acima de 19cm, o que, segundo Vazzoler (1996), corresponde ao tamanho da primeira maturação sexual para a espécie (Figura 25).

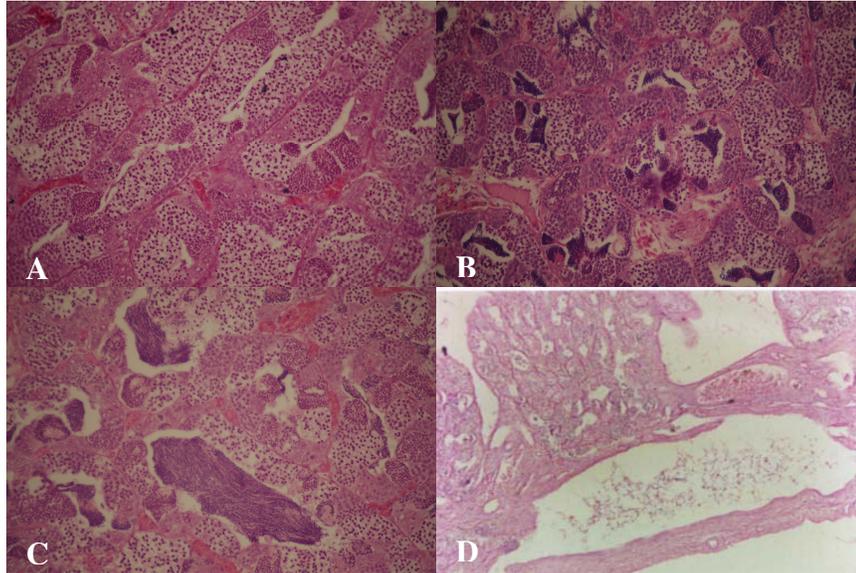


FIGURA 25 Secções transversais de testículos de *Leporinus obtusidens*. A) testículo no estágio de repouso - 40x; B) testículo no estágio de maturação inicial - 40x; C) testículo no estágio de maturação avançada - 40x; D) testículo no estágio espermiado - 40x. Coloração hematoxilina/eosina:

Estádio 1

Na observação macroscópica, os testículos de *L. obtusidens* apresentaram-se finos, translúcidos com tom róseo.

Microscopicamente foram observados túbulos seminíferos fechados. Foram observadas muitas espermatogônias primárias e alguns cistos de espermatogônias secundárias e espermatócitos provavelmente remanescentes do período espermiado (Figura 25 A).

Estádio 2

Macroscopicamente, os testículos apresentam-se mais volumosos e esbranquiçados. Microscopicamente, observou-se o lume dos túbulos relativamente estreito, com alguns espermatozóides no seu interior. Nos cistos

observam-se células da linhagem germinativa em diferentes fases do desenvolvimento, sendo observadas espermatogônias primárias e secundárias. Cistos com espermátócitos e espermátides também estão presentes (Figura 25 B).

Estádio 3

Macroscopicamente, os testículos ocupavam um grande espaço na cavidade abdominal e apresentavam a coloração branco-leitosa.

Microscopicamente, observam-se os lumes dos túbulos seminíferos repletos de espermatozóides. Os cistos não apresentavam diferentes células germinativas, apenas espermatogônias primárias isoladas (Figura 25 C).

Essa classificação macro e microscópica dos diferentes estádios de maturação, como foi observado nas fêmeas, é variável de acordo com diferentes autores.

Estádio 4

Macroscopicamente, os testículos apresentaram-se com áreas hemorrágicas, flácidos e coloração esbranquiçada.

Microscopicamente, foram observados túbulos seminíferos vazios ou com espermatozóides residuais. O tecido conjuntivo estava mais evidente e puderam ser observadas espermatogônias primárias junto às paredes dos túbulos (Figura 25 D).

5.4.2 Período reprodutivo

A frequência relativa, por época do ano, dos estádios do ciclo reprodutivo de machos de *L. obtusidens* é apresentada na Figura 26. Machos em repouso e maturação inicial ocorreram durante todo o período de estudo. Na primavera, observa-se o início do recrutamento reprodutivo com o aparecimento

de alguns machos em estágio de maturação avançada se estendendo até o outono, o que se deve, possivelmente, ao início da estação chuvosa, quando temperatura e fotoperíodo alcançam valores elevados.

No período do inverno ocorreram apenas animais em estágio de repouso e maturação inicial, sendo este um período provavelmente ligado à recuperação gonadal. Durante as estações da primavera, verão e outono foram observados animais em estágio espermiado. Esses dados foram observados após o período em que os animais se encontravam em estágio de maturação avançada, prontos para a liberação dos gametas. O aparecimento de machos em maturação avançada na primavera nos permite dizer que a partir desta época foi possível observar machos aptos à reprodução.

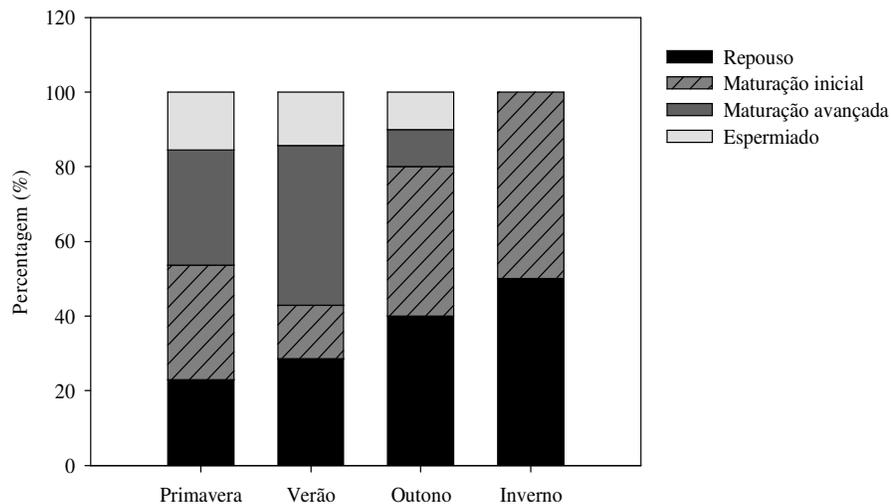


FIGURA 26 Frequência relativa por estação do ano dos estágios do ciclo reprodutivo de machos de *Leporinus obtusidens* capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007.

Nas fêmeas foi possível observar que, durante o inverno, já se encontravam espécimes em maturação avançada, o que pode ser devido ao fato

de que, segundo Chaves (1991), na época que antecede o período reprodutivo as fêmeas tendem a se deslocar para a cabeceira dos rios antecipadamente em relação aos machos, pois normalmente são as fêmeas que determinam a época de desova.

Em estudo realizado por Vazzoler & Menezes (1992) para os Characiformes da Bacia do Paraná, a reprodução inicia-se na primavera e a maior frequência de espécies em reprodução ocorre no verão, quando a temperatura elevada associa-se ao nível pluviométrico alto. Andrade (2006), trabalhando com *Leporinus copelandii* (piauí-vermelho) nos rios Muriaé e Paraíba do Sul, se enquadrava em parte aos resultados descritos por este estudo. Porém, nem todos os anos apresentam uniformidade climática. Chuvas atrasam ou adiantam em anos distintos e isso pode alterar os processos biológicos de reprodução.

Segundo Chaves (1991), normalmente são as fêmeas que determinam a época de desova, já que os machos costumam estar em estágio maduro por um longo período de tempo. Assim, pode-se fazer uma inferência sobre os resultados encontrados, segundo os quais a ocorrência de exemplares machos em maturação avançada de *L. obtusidens* se estende por um período mais longo do que o observado para as fêmeas, assim como a ocorrência de animais em maturação inicial durante todas as estações do ano.

O início do aparecimento de machos aptos à reprodução coincidiu com o primeiro pico das chuvas (primavera), que se estendeu até o outono, quando ocorreu um decréscimo da precipitação pluviométrica e da temperatura na região (Figura 15).

Paiva (1983), ressalva que o fato de os peixes apresentarem período reprodutivo na época de maior ocorrência pluviométrica ocorre por causa de um aumento da área da margem da represa, devido à ocorrência de chuvas, o que amplia a área disponível para a liberação dos gametas. De acordo com Leão et

al. (1991), estes fatos também sugerem que ocorre a expansão da área de vegetação submersa durante este período, que forma abrigo contra predadores aos indivíduos recém-eclodidos e maior disponibilidade de alimento.

Uma relação direta entre a reprodução e o período chuvoso também foi observada por Amaral (1999), trabalhando com *Leporinus macrocephalus*, Romagosa et al. (2000), para *Brycon cephalus*, e Andrade et al. (2006), para *Leporinus copelandii*, entre outros, o que sugere a influência do aumento da pluviosidade sobre a desova dessas espécies.

Braga (2001), trabalhando com 26 espécies no reservatório de Volta Grande, também observou a intensidade reprodutiva das espécies na época em que as temperaturas são mais elevadas e as chuvas, mais intensas, contribuindo para os processos indutores da desova e espermição.

5.4.3 Índice gonadossomático

Os valores (média) do IGS, por época do ano, de machos de *Leporinus obtusidens* são apresentados na Figura 27. Foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) no IGS durante as estações do ano.

O IGS apresentou a maior média durante a primavera e diferiu significativamente das outras estações sugerindo o período como sendo o reprodutivo. O outono apresentou a menor média ($P < 0,05$) em relação ao verão e primavera. O inverno não se diferiu estatisticamente do outono e do verão.

De acordo com os resultados, o maior valor médio do IGS possivelmente ocorreu na primavera por ser esta a estação em que se começa a observar animais em maturação avançada, mas este valor médio não se torna tão acentuado devido à presença de animais já espermiados. Com isso, na estação do verão ocorre um decréscimo do IGS; apesar do aumento no número de machos em maturação avançada, percebe-se a ocorrência de animais espermiados, fato já observado na primavera, o que leva a este decréscimo.

A ocorrência de animais no estágio espermiado se estende até o outono, quando ainda é possível observar animais em maturação avançada, mas ambos representando apenas 20% dos animais coletados.

O valor máximo individual do IGS observado entre os exemplares capturados foi de 2,15, cujo macho apresentava-se em estágio de maturação avançada, durante a primavera. Segundo Chaves (1991), o valor do IGS pode variar de espécie para espécie; além disso, os machos alcançam valores de IGS relativamente mais baixos, comparados com as fêmeas durante o período reprodutivo.

Segundo Vazzoler (1996), quando estudado o IGS, juntamente com análises macroscópicas e microscópicas, verifica-se que este varia atingindo o máximo na época de reprodução, como foi observado para *Leporinus obtusidens*, convertendo-se em um bom indicador da atividade reprodutiva de peixes.

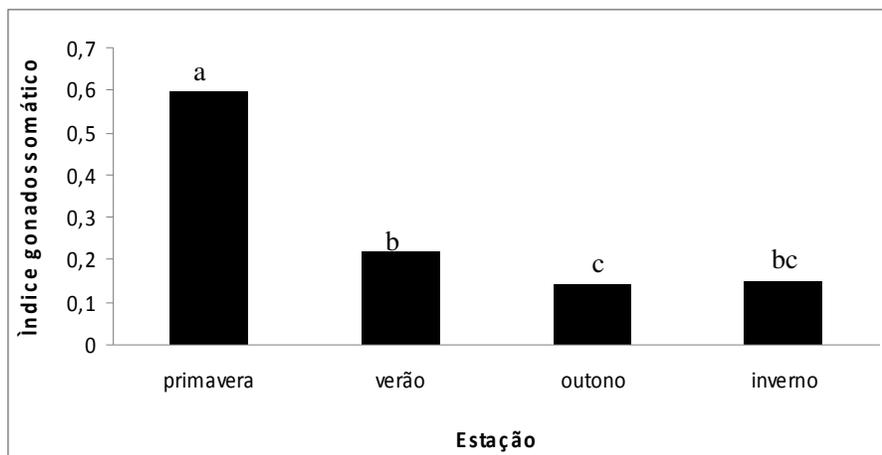


FIGURA 27 Valores médios do índice gonadosomático (IGS) por estação do ano, de machos de *Leporinus obtusidens* capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007

Quando a análise do ciclo reprodutivo anual foi realizada a partir do comportamento dos valores médios mensais de IGS, revelou que os maiores valores médios do IGS e a presença de indivíduos maduros ocorrem na primavera, sendo que, a partir do verão, observou-se um declínio do IGS devido, provavelmente, à presença de animais espermiados, e no outono, devido à diminuição de animais em estágio de maturação avançada. O inverno provavelmente está associado a uma fase de recuperação testicular do ciclo reprodutivo anterior e à sua reorganização, para o subsequente, coincidindo com os resultados obtidos para o período reprodutivo.

Os resultados observados também coincidem com os valores médios da temperatura e pluviosidade, segundo os quais observa que outono e inverno são o período em que a temperatura média mensal e a pluviosidade tendem a diminuir, e no mês de setembro, quando inicia a primavera, a temperatura e a pluviosidade começam a aumentar, se estendendo até o verão, sendo as épocas de maior incidência de animais em maturação avançada e o maior IGS (Figura 15).

O peso é um dos mais importantes parâmetros relacionados com a condição das gônadas, pois com o avanço do processo de maturação gonadal, este órgão aumenta seu volume e, conseqüentemente, seu peso, atingindo seus valores máximos no estágio de maturação avançada, indicando um estágio biológico deste órgão (Nikolski, 1963). Isso foi mostrado por Alvarenga et al. (2006), trabalhando com *Curimatella lepidura* no Reservatório de Juramento, Querol et al. (2002) e Querol et al. (2004), para *Loricariichthys platymetopon* e Marques et al. (2001), para *Hoplias malabaricus* no Rio Gramame.

De acordo com Diniz (1997), o período reprodutivo se inicia logo após o pico do IGS, o que ocorreu na primavera, corroborando a observação acima. Resultados semelhantes foram observados por Andrade et al. (2006), para *Leporinus Copelandii* e Querol et al. (2004), para *Loricariichthys platymetopon*.

Segundo Takahashi (2006), o maior valor de IGS observado para *Salminus hilarii* foi de 9,00, para um macho no verão; e Andrade et al. (2006), trabalhando com *L. copelandii*, observou um valor máximo de 9,08 para um macho em estágio de maturação avançada. Godoy (1975) relata que o peso dos ovários para algumas espécies pode alcançar de 15% a 20% do peso do animal quando plenamente desenvolvidos.

5.4.4 Índice hepatossomático

Os valores (média) do IHS, para *L. obtusidens*, apresentaram a mesma tendência do IGS, ou seja, parecem dependentes, embora não tenha sido observada correlação significativa.

Os valores (média) do IHS por estação do ano encontram-se na Figura 28. Foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) no IHS durante as estações do ano.

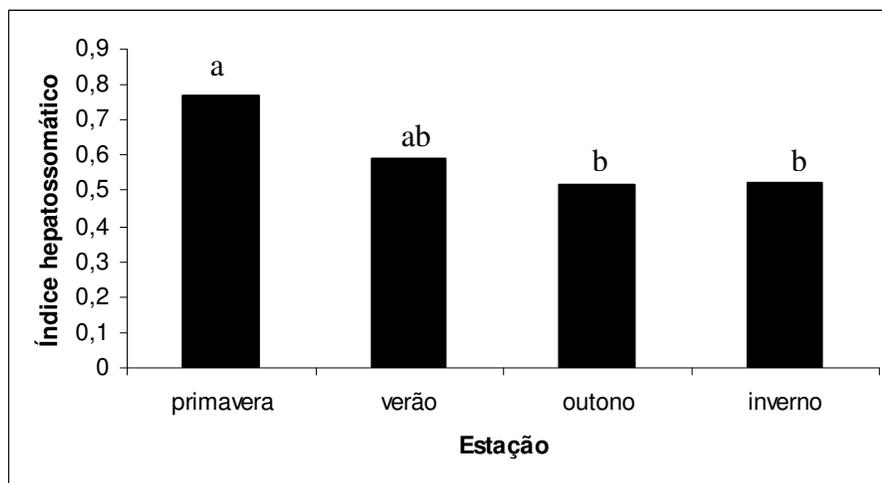


FIGURA 28 Valores médios do índice hepatossomático (IHS) por estação do ano, de machos de *Leporinus obtusidens* capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007.

O IHS dos machos de *Leporinus obtusidens* apresentou a maior média durante a primavera e se diferiu significativamente do outono e do inverno, que apresentaram as menores médias observadas, mas não diferiu estatisticamente do verão.

De acordo com os resultados, pode-se observar que os maiores valores médios do IHS ocorreram na primavera, uma época em que se observou o aparecimento de animais em maturação avançada. O verão apresentou um valor médio menor em relação à primavera, mas não diferiu estatisticamente desta estação, o que pode ser devido ao aumento de animais em maturação avançada e ao aparecimento de animais espermiados. No outono, o decréscimo do valor médio do IHS em relação à primavera provavelmente ocorreu devido à observação de animais ainda espermiados e em maturação avançada.

Andrade et al. (2006), sugere que durante a maturação testicular e a espermição ocorre uma possível participação do fígado como fornecedor de energia (via glicogênio) para o processo de reabsorção e reorganização testicular (espermiado), e também na transferência de substâncias hepáticas para o metabolismo envolvido na produção de gametas nos testículos (maturação testicular); e sendo esta uma espécie de piracema, durante o período de migração para espermição ocorre a utilização de glicogênio e lipídeos devido ao gasto energético.

Essa tendência é compartilhada por Saint-Paul (1984), que declara que os peixes vivos apresentam 0,5 a 1,5% do peso em glicogênio hepático e essa reserva é mobilizada principalmente quando ocorre demanda súbita de energia.

Observação semelhante à deste trabalho foi descrita por Andrade et al. (2006), trabalhando com *L. copelandii* Querol et al. (2002), trabalhando com *Loricariichthys platymetopon* Ribeiro et al. (2007), trabalhando com *Steindachnerina insculpta* Tavares (1986), para *Leporinus piau* e Chellappa et al. (2003), trabalhando com *Cichla monoculus*, os quais observaram uma queda

no IHS no período em que o animal se encontrava em maturação avançada, devido à grande atividade metabólica.

5.4.5 Índice de gordura celomática

Os valores do IGC por estação do ano encontram-se na Figura 29. Os maiores valores do IGC foram observados ao longo do inverno, primavera e verão, decrescendo apenas no período do outono. Essa deposição de gordura durante este período pode ser devida ao aumento do consumo alimentar nesta época do ano.

Como pode ser observado, as épocas em que se mantiveram os maiores valores observados do IGC foram o período em que os animais observados haviam passado por todo o processo de maturação gonadal até espermiados, sendo que, no período do outono, quando apenas 20% dos animais coletados se encontravam em maturação avançada e espermiados, ocorreu o menor valor do IGC. Isso nos sugere um consumo dos recursos obtidos a partir do alimento ingerido, e principalmente das reservas energéticas depositadas na forma de gordura, durante o processo reprodutivo, refletindo no período de menor atividade gonadal. Esse fato foi constatado por Godinho et al. (1997), para *Plagioscion squamosissimu*; e Carmassi et al. (2008), para *Cyphocarax modestus*.

Nikolski (1963), afirma que o conteúdo de gordura de um peixe, tanto no aspecto quantitativo quanto qualitativo, é um coeficiente de igual importância na quantificação do estado de bem-estar do indivíduo, e suas variações sazonais estão intimamente ligadas à alimentação e à reprodução da espécie.

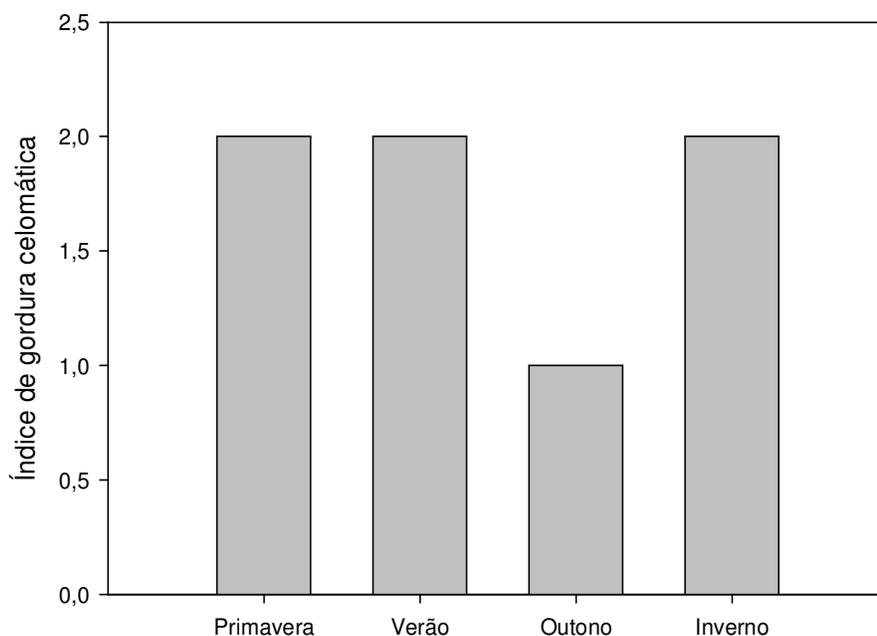


FIGURA 29 Valores do índice de gordura celomática (IGC) por estação do ano, de machos de *Leporinus obtusidens* capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007

Ribeiro et al. (2007), trabalhando com machos de *Steindachnerina insculpta*, observaram que os níveis de IGC foram inferiores no fim do ciclo reprodutivo, fato provavelmente atribuído ao consumo de lipídeos durante a espermição, sendo que, nos teleósteos, durante o ciclo reprodutivo ocorre uma conversão de reserva de gordura para a maturação gonadal, convertendo os recursos energéticos para a reprodução.

Para os machos de *Leporinus obtusidens* observou-se um acúmulo maior de gordura celomática durante a primavera em relação às fêmeas. Esse fato pode ser devido à ação da barragem sobre os indivíduos, pois um efeito inevitável de qualquer represamento sobre a fauna aquática são as alterações físicas, químicas e biológicas, que podem modificar a interação entre as espécies, provavelmente

interferindo sobre a dinâmica alimentar e, conseqüentemente, no depósito de gordura.

Outro fato que pode ter atuado de forma diferente sobre os indivíduos são os processos de maturação gonadal e liberação dos gametas, que ocorrem de forma distinta entre os sexos. Para os machos, esse processo é algo menos complexo, consistindo basicamente de divisão celular, enquanto, para as fêmeas, ocorrem processos mais complexos, como a produção de vitelo.

Não houve correlação significativa entre IGC e o IGS, os quais, em alguns períodos do ano, não seguiram uma mesma tendência. Entretanto, o IGC apresentou correlação significativa ($P < 0,05$) com o IHS.

5.4.6 Fator de condição

Os valores (média) do K_1 por estação do ano encontram-se na Figura 30. Foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) no Fator de condição durante as estações do ano.

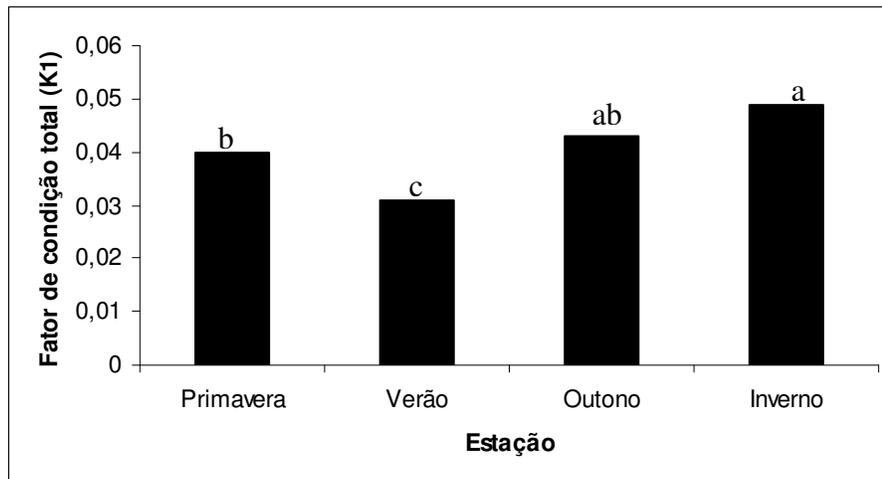


FIGURA 30 Valores médios do Fator de condição total (K_1) de machos de *Leporinus obtusidens* capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil, no período de setembro de 2006 a agosto de 2007.

Para os machos não foi adotada a utilização do K2, pois a observação do desvio de algumas reservas energéticas, acumuladas nas vísceras, musculatura e/ou fígado para suprir o desenvolvimento das gônadas, é observado com maior intensidade em fêmeas, assim como a possível influência do peso das gônadas na determinação do fator de condição da espécie, pois em machos, as variações morfológicas das gônadas, como peso e volume, são menos expressiva.

O K dos machos de *Leporinus obtusidens* apresentou a maior média ($P < 0,05$) durante o inverno e diferiu significativamente da primavera e do verão, mas não se diferiu do outono. O verão apresentou a menor média e diferiu estatisticamente das outras estações.

De acordo com os resultados, podemos inferir que os indivíduos não apresentaram as médias da mesma forma como foi observado nas fêmeas, nas quais ocorreu uma uniformidade durante as estações. Porém, de acordo com os valores de K dos indivíduos coletados, observou-se que estes se apresentaram dentro dos valores médios que são relatados para a maioria das espécies de peixes. Então, podemos concluir que os machos de *Leporinus obtusidens* apresentaram boas condições corporais durante quase todo o ano, sendo observada a menor média no verão, quando a maioria dos animais já se encontravam em repouso.

Analisando o K como indicador do período de reprodução dos machos de *L. obtusidens*, observou-se que durante o inverno os animais se encontravam apenas em repouso e maturação inicial. No outono, época em que as médias não diferiram estatisticamente do inverno, ainda eram observados animais espermiados, mas em pequena porcentagem, indicando o fim do ciclo reprodutivo para os machos da espécie. O verão, quando foram observados os menores valores médios do K, foi a época do ano em que a maioria dos animais se encontravam em maturação avançada. A partir desses dados nota-se que essas variáveis não apresentaram o mesmo padrão de variação sazonal do IGS,

podendo-se dizer que o K não se apresentou, neste trabalho, como um indicador do período reprodutivo.

Para *Loricariichthys platymetopon*, Querol et al. (2002), observaram um aumento no K1 ao longo de todo o ciclo reprodutivo. Resultados semelhantes também foram descritos por Alvarenga et al. (2006), para *Curimatella lepidura*, Santos et al. (2004), para *Iheringichthys labrosus*, Morais et al. (2007), para *Astyanax bimaculatu* e Ribeiro et al. (2007), para *Steindachnerina insculpta*.

6 CONCLUSÕES

Os estudos realizados sobre a atividade reprodutiva do *Leporinus obtusidens* na Bacia do Rio Grande permitiram concluir que:

- Fêmeas aptas à reprodução foram observadas no período do fim do inverno até o verão;
- O local de coleta do presente trabalho não representou sítio reprodutivo da espécie, sugerindo que a mesma realize migração reprodutiva;
- Por meio da observação do comportamento dos valores por estação do ano do IGS, o pico de reprodução ocorreu durante a primavera para as fêmeas e os machos;
- As fêmeas capturadas a jusante da barragem estariam aptas a receber indução hormonal;
- A barragem pode estar atuando diretamente na reprodução devido à ausência de animais desovados e à incidência de atresia folicular;
- Machos aptos à reprodução foram observados no período da primavera até o outono;

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os fatores de condição total e somático foram bons indicadores do bem-estar das fêmeas;
- Nas fêmeas ocorreu acúmulo de gordura celomática durante e após o ciclo reprodutivo, indicando a preparação da espécie para o desenvolvimento gonadal e/ou migração;
- O fator de condição total foi um bom indicador do bem-estar dos machos;
- Nos machos ocorreu acúmulo de gordura celomática durante o ciclo reprodutivo e maturação das gônadas, indicando a preparação da espécie para o desenvolvimento gonadal e/ou migração;
- Para uma visão mais completa da biologia da espécie no local de coleta, seria ideal a disposição de outros pontos de coleta onde se possam observar o deslocamento dos peixes e possíveis locais de desova;
- Por meio da observação do comportamento dos valores por estação do ano do IHS dos machos, pode-se sugerir possível participação do fígado como fornecedor de reservas para a migração e reabsorção testicular;
- Nas fêmeas, o IHS apresentou-se de forma diferente dos machos, podendo ter sido influenciado pela presença de folículos atresícos, ocorrendo uma alteração do metabolismo das fêmeas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO, A. A.; BARBIERI, G.; VERANI, J. R.; HAHN, N. S. Variação do fator de condição e do índice hepatossomático e suas relações com o ciclo reprodutivo em *Rhinelepis aspera* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Loricariidae) no rio Paranapanema, Porecatu, PR. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 42, n. 9, p. 711-714, 1990.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007. 501 p.
- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JÚNIOR, H. F.; BORGUETTI, J. R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso : reservatório de Itaipu. **Revista UNIMAR**, Maringá, v.14, p. 89-107, 1992. Suplemento.
- AGOSTINHO, A. A.; NARAHARA, M. Y.; GODINHO, H. M. Morfologia dos ovários de *Plecostomus commersonii* (Valenciennes, 1840) Osteichthyes-Loricariidae: desenvolvimento dos ovócitos e escala de maturidade. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 47, n.3, p. 71-77, 1982.
- AGOSTINHO, A. A.; ZALEWSKI, M. **A planície alagável do alto rio Paraná: importância e preservação**. Maringá: Eduem, 1996. 100 p.
- AIRES, E. D.; STEFANINI, M. A.; ORSI, A. M. Características ultra-estruturais e diferenciativas das espermatídes de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) durante a espermiogênese. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 37, n. 3, p.1-9, 2000.
- ALVARENGA, E. R.; BAZZOLI, N.; SANTOS, G. B.; RIZZO, E. Reproductive biology and feeding of *Curimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann) (Pisces, Curimatidae) in Juramento reservoir, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 23, n. 2, p. 314-322, June 2006.
- ALVES, C. B. M.; SILVA, L. G. M.; GODINHO, A. L. Radiotelemetry of a female jaú, Zungaro jahu (Ihering, 1898) (Siluriformes: Pimelodidae), passed upstream of Funil Dam, rio Grande, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 229-232, July 2007.

- AMARAL, A. A. **Ciclo reprodutivo anual em machos de *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988) (Pisces, Characiformes, Anostomidae).** 1999. 64 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo.
- ANDRADE, D. R.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E.; SATO, Y. Continuous gametogenesis in the neotropical freshwater teleost, *Bryconops affinis* (Pisces: Characidae). **Tissue & Cell**, Amsterdã, Holanda, v. 33, n. 5, p. 524-532, Oct. 2001.
- ANDRADE, D. R.; GODINHO, H. P. Annual male reproductive cycle of the brazilian teleost fish *Leporinus silvestrii* (Boulenger, 1902). **Archives and Biology Bruxeles**, Bruxelas, v. 94, p. 1-14, 1983.
- ANDRADE, D. R.; PEREIRA, M. C.; VIDAL JÚNIOR, M. V.; COSTA, A. P. R.; YASUI, G. S. Acompanhamento de um ciclo reprodutivo anual em machos de piau-vermelho (*Leporinus copelandii*, Pisces, Anostomidae) em ambiente natural. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p. 41-49, jan./fev. 2006.
- ANDRADE, D. R. **Variação cíclica anual da espermatogênese em *Leporinus silvestrii* (Boulenger, 1902) peixe teleósteo.** 1980. 87 p. Dissertação (Mestrado em Morfologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- ARAÚJO LIMA, C. A. R. M.; AGOSTINHO, A. A.; FABRÉ, N. N. Trophic aspects of fish communities in brazilian rivers and reservoirs. In. TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Ed.). **Limnology in Brazil**. São Paulo: ABC/SBI, 1995. p. 105-136.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixe aplicada á piscicultura.** Santa Maria: UFSM. 2002. 212 p.
- BALL, J. N. Reproduction in female bony fishes. **Symposia of the Zoological Society of London**, London, v. 1, p. 105-134, 1960.
- BARBIERI, G. Fecundidade e tipo de desova de *Gymnotus carapo* (Linnaeus, 1758) na Represa do Lobo. São Paulo (Pisces, Gymnotidae). **Jornal Brasileiro de Ciências**, São Paulo, v. 2, n. 7, p. 25-29, 1982.

BARBIERI, G. Dinâmica da reprodução e crescimento de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Erythrinidae) da represa do Monjolinho, São Paulo/SP. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 225-233, 1989.

BARBIERI, G. Biologia de *Astyanax scabripinnis paranae* (Characiformes, Characidae) do Ribeirão do Fazzari, São Carlos estado de São Paulo : II. aspectos quantitativos da reprodução. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 52, n.1, p. 589-596, 1992.

BARBIERI, M. C.; BARBIERI, G.; MARINS, M. de A. Sobre a anatomia e histologia de ovário de *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) na represa do Lobo, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 1, p. 163-168, 1981.

BARBIERI, M. C.; BARBIERI, G. Reprodução de *Gymnotus carapo* (Linnaeus, 1758) na represa do Lobo (SP) : morfologia e histologia de ovário : variação sazonal. (Teleostei, Gymnotidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 1/2, p. 3-12, 1985.

BARBIERI, G.; VERANI, J. R. O fator de condição como indicador do período de desova em hypostomus aff. Plecostomus (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes, Loricariidae), na represa de Monjolinho (São Carlos, SP). **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 39, n. 7, p. 655-658, 1987.

BARRETO, B. P.; RATTON, T. F.; RICARDO, M. C. P.; ALVES, C. B. M.; VONO, V.; VIEIRA, F.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. Biologia reprodutiva do lambari *Astyanax bimaculatus* (Pisces, Characidae) no rio do Carmo, bacia do rio Grande, São Paulo. **Bios**, Belo Horizonte, v. 6, n. 6, p.121-130, 1998.

BAZZOLI, N. **Biologia reprodutiva do peixe-cachorro *Acestrorhynchus lacustris* (Reinhardt, 1874) (Characidae, Acestrorhynchinae) da represa de Três Marias, Rio São Francisco, MG.** 1985. 149 p. Dissertação (Mestrado em Morfologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

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

BAZZOLI, N. **Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora:** águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas/CNPq-PADCT, 2003. v. 1, p. 291-306.

BENJAMIN, L. A. **Biologia reprodutiva e estudo ultra-estrutural da parede de folículos ovarianos de *Schizodon nasutus* (Pisces, Anostomidae) nos reservatórios de Furnas e Estreito, Rio Grande, MG.** 1996. 135 p. Dissertação (Mestrado em Morfologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BIZZOTTO, P. M.; GODINHO, H. P. Morphometric evaluation of the spermatogenesis in trahira *Hoplias malabaricus* (Bloch) (Characiformes, Erythrinidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 24, n. 3, p. 541-544, 2007.

BRAGA, F. M. S. Reprodução de peixes (Osteichthyes) em afluentes do reservatório de Volta Grande, Rio Grande, Sudeste do Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, n. 91, p. 67-74, nov. 2001.

CARAMASCHI, E. M. P. **Reprodução e alimentação de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) na represa do Rio Pardo (Botucatu, SP) (Osteichthyes, Cypriniformes, Erythrinidae).** 1979. 144 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

CARAMASCHI, E. P.; GODINHO, H. M.; FORESTI, F. Reprodução *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Teleostei, Erythrinidae) na represa do Rio Pardo (Botucatu, SP) : I. histologia e escala de maturação do ovário. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 635-640, 1982.

CARMASSI, A. L.; SILVA, A.T.; RONDINELI, G. R.; BRAGA, F. M. S. Biologia populacional de *Cyphocarax modestus* (Osteichthyes, Curimatidae) no córrego Ribeirão Claro, município de rio Claro (SP). **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 8, n. 1, p.100-113, jan./mar. 2008.

CECILIO, B. E.; AGOSTINHO, A. A. Estrutura das populações de peixes do reservatório de segredo. In: AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Ed.). **Reservatório de segredo: bases ecológicas para o manejo.** Maringá: EDUEM, 1997. p. 113-139.

CHAVES, P. T. C.; OTTO, G. Aspectos biológicos de *Diapterus rhombeus* (cuvier) (teleostei, Gerreidae) na baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 289-295, 1998.

CHAVES, P. T. C. Testículos: estrutura e dinâmica de maturação – hermafroditismo: configuração e ocorrência. In: SEMANA SOBRE HISTOLOGIA DE PEIXES, 1., Jaboticabal, 1991. **Resumos...** Jaboticabal: FACV/UNESP, 1991. p. 39-46.

CHELLAPPA, S.; CÂMARA, M. R.; CHELLAPPA, N. T.; BEVERIDGE, M. C.; HUNTINGFORD, F. A. Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 63, n. 1, p. 17-26, Feb. 2003.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Guia ilustrado de peixes da bacia do rio Grande**. Belo Horizonte: CEMIG/CETEC, 2000. 144 p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Guia ilustrado de peixes do rio São Francisco de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2006. 118 p.

COPELANDET, K. C.; NAIR, K. S. Acute growth hormone effects on amino acid and lipid metabolism. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, New York, v. 78, n. 5, p.1040-1047, May 1994.

COSTA, A. P. R. **Aspectos da biologia reprodutiva de fêmeas do piau-vermelho *Leporinus copelandii* Steindachner, 1875 (Pisces, Anostomidae), na Bacia do baixo rio Paraíba do Sul (RJ)**. 1999. 113 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.

COWARD, K.; BROMAGE, N. R.; HIBBITT, O.; PARRINGTON, J. Gamete physiology, fertilization and egg activation in teleost fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, Holanda, v. 12, n. 1, p. 33-58, Mar. 2002.

CREPALDI, D. V.; FARIA, P. M. C.; TEIXEIRA, E. de A.; RIBEIRO, L. P.; COSTA, A. P. P.; MELO, D. C.; CINTRA, A. P. R.; PRADO, S. de A.; COSTA, F. A. A.; DRUMOND, M. L.; LOPES, V. E.; MORAES, V. E. Biologia reprodutiva de surubim (*Pseudoplatystoma coruYnscans*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 30, n. 3/4, p. 159-167, jul./dez. 2006.

CRUZ, R. J. G.; SANTOS, J. E. Testicular structure of three species of neotropical freshwater pimelodids (pisces, pimelodidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 267-271, June 2004.

DE VLAMING, V. L. Oocyte development patterns and hormonal involvements among teleosts. In: RANKIN, J. C.; PITCHER, T. T.; DUGGAN, R. T. (Ed). **Control processes in fishes physiology**. Londres: Crom Helm, 1983. p. 176-199.

DICKEY, J. T.; SWANSON, P. Effects of salmon gonadotropin-releasing hormone on follicle stimulating hormone secretion and subunit gene expression in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **General and Comparative Endocrinology**, London, v. 118, n. 3, p. 436-449, June 2000.

DINIZ, C. C. **Dinâmica reprodutiva de *Leporinus striatus* e histologia do ovário de cinco espécies do gênero *Leporinus* spix 1829 (Osteichthyes, Characiformes, Anostomidae) na represa de Camargos, MG**. 1997. 69 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ESPER, L. M. P.; MENEZES, M. S.; ESPER, W. Escala de desenvolvimento gonadal e tamanho de primeira maturação de fêmeas de *Mugil platanus* Günther, 1880 da Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, v. 29, n.1, p. 255-263, 2000.

ESTAY, F.; NEIRA, R.; DIAZ, N. F.; VALLADARES, L.; TORRES, A. Gametogenesis and sex steroid profiles in cultured *Coho Salmon* (*Oncorhynchus kisutch*, walbaum). **Journal of Experimental Zoology Part A : Ecological Genetics and Physiology**, Washington, v. 280, n. 4/5, p. 420-436, Nov./Dec. 1998.

FRAGOSO, E. N. **Caracterização biológica de *Astyanax scabripinis paranae* (Eigenmann, 1914) (Characiformes, Characidae) do córrego da Lagoa, São Carlos, SP**. 2000. 195 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

GANECO, L. N.; NAKAGH, L. S. O.; URBINATI, E. C.; DUMONT NETO, R.; VASQUES, L. H. Análise morfológica do desenvolvimento ovocitário de piracanjuba, *Brycon orbignyanus*, durante o ciclo reprodutivo. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 27, n. 2, p.131-138, nov. 2001.

GARAVELLO, J. C. **Revisão taxonômica do gênero *Leporinus* SPIX, 1829 (Ostariophysi, Anostomidae)**. 1979. 455 p. Tese (Doutorado em Zoologia) - Universidade de São de Paulo, São Carlos.

- GODINHO, H. M.; BASILE-MARTINS, M. A.; FENERICH, N. A.; NARAHARA, M. Y. Fecundidade e tipo de desova do mandi *Pimelodus maculatus* Lacèpède 1803 (Pisces, Siluroidei). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 4, p. 737-744, 1977.
- GODINHO, H. M. Biologia reprodutiva da piaba-facão, *Triportheus guentheri* (Characiformes, Characidae) e o manejo hidrológico da represa de Três Marias. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, p. 515-524, 1994.
- GODINHO, H. P. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aqüicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 31, n. 3, p. 351-360, jul./dez.2007.
- GODINHO, P.; SANTOS, G.; ASSIS, E. C. Some aspects of the reproduction of female corvine fish *plagioscion squamosissimus* Heckel, 1840 (Scienidae) in a reservoir of southern Brazil. **Tropical Freshwater Biology**, Nigéria, v. 6, p. 17-26, 1997.
- GODOY, M. P. **Peixes do Brasil**: subordem Characoidei: bacia do Mogi Guassu. Piracicaba: Franciscana, 1975. v. 2, p. 398.
- GURAYA, S. S. Gonadal development and production of gametes in fish. **Proceedings Indian Natural Science Academy**, New Delhi, v. 60, n. 1, p. 15-32, 1994.
- HOAR, W. S. Reproduction. In: HOAR, W. S.; RANDALL, D. J. (Ed.). **Fish physiology**. London: Academic, 1969. v. 3, p. 1-72.
- HOJO, R. E. S.; SANTOS, G. B.; BAZZOLI, N. Reproductive biology of *Moenkhausia intermeida* (Eigenmann) (Pisces, Characiformes) in Itumbiara Reservoir, Goiás, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 21, n. 3, p. 519-524, Mar. 2004.
- KHAKOO, Z.; BHATIA, A.; GEDAMU, L.; HABIBI, H. R. Functional specificity for salmon gonadotropin-releasing hormone (GnRH) and chicken GnRH-II coupled to the gonadotropin release and subunit messenger ribonucleic acid level in the goldfish pituitary. **Endocrinology**, Connecticut, v. 134, n. 2, p. 838-847, Feb.1994.

KOULISH, S.; KRAMER, C. R.; GRIER, H. J. Organization of the male gonad in a protogynous fish, *Thalassoma bifasciatum* (Teleostei: Labridae). **Journal of Morphology**, New York, v. 254, n. 3, p. 254-292, Dec. 2002.

LACERDA, S. M. S. N. **Transplante de espermatogônias:** a tilápia-nilótica (*oreochromis niloticus*) como modelo experimental. 2006. 61p. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LEÃO, E. L. M.; LEITE, R. G.; CHAVES, P. de T. da C.; FERRAZ, E. Aspectos da reprodução, alimentação e parasitofauna de uma espécie rara de piranha, *Serrasalmus altuvei* Ramirez, 1965 (Pisces, Serrasalminidae) do Baixo Rio Negro. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 3, p. 545-553, 1991.

LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and conditions in the perch *Perca fluviatilis*. **The Journal Animal Ecology**, Cambridge, v. 20, n. 2, p. 201-219, 1951.

LE GAC, F.; LOIR, M. Male reproductive system, fish. In: KNOBIL, E.; NEILL, J. D. (Ed.). **Encyclopedia of reproduction**. San Diego: Academic, 1999. v. 3, p. 20-30.

LEHRI, G. K. Cyclical changes in the ovary of the catfish *Clarias batrachus* (Linn.). **Acta Anatômica**, Basel, v. 69, n. 1, p. 105-124, 1968.

LENHARDT, M. Seasonal changes in some blood chemistry parameters and in relative liver and gonad weights of pike (*Esox Lucius L.*) from the river Danube. **Journal of Fish Biology**, London, v. 40, n. 5, p. 709-718, May 1992.

LIMA JUNIOR, S. E. Determination of a method for calculation of Allometric Condition Factor of fish. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 24, n. 2, p. 397-400, 2002.

LIMA JUNIOR, S. E.; GOITEIN, R. Fator de condição e ciclo gonadal de fêmeas de *Pimelodus maculatus* (Osteichthyes, Pimelodidae) no rio Piracicaba (SP, Brasil). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 87-94, out. 2006.

LIMA, R. V. A.; BERNARDINO, G.; VAL-SELLA, M. V.; MORAES, F. F. de; SCHEMY, R. A.; BORELLA, M. I. Tecido germinativo ovariano e cilco reprodutivo de Pacus (*Piaractus mesopotamicus* HOLMBERG, 1887) mantidos em cativeiro. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, SP, v. 4, n. 1, p. 1-46, 1991.

LOURENÇO, L. S.; MATEUS, L. A.; MACHADO, N. G. Sincronia na reprodução de *Moenkhausia sanctaefilomenae* (Steindachner) (Characiformes: Characidae) na planície de inundação do rio Cuiabá, Pantanal Mato-Grossense, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 20-27, Mar. 2008.

LUIZ, E. A.; GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A.; BULLA, C. K. Influência de processos locais e regionais nas assembléias de peixes em reservatórios do Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 107-114, 2003.

MAGALHÃES, A. L. B.; BAZZOLI, N.; SANTOS, G. B.; RIZZO, E. Reproduction of the South American dogfish characid *Galeocharax Knerii* two reservoir from Upper Paraná River basin, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, Corvallis, EUA, v. 70, n. 4, p. 415-425, Aug. 2004.

MARCON, L. **Morfologia ovariana no lambari *Astyanax bimaculatus* sob efeito do hormônio de crescimento**. 2008. 77 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

MAZZONI, R.; CARAMASHI, E. P. Size structure, sex ratio and onset of sexual maturity of two species of hypostomos. **Journal of Fish Biology**, London, v. 47, n. 5, p. 841-849, Nov. 1995.

MIRANDA, A. C. L. **Reprodução de *Astyanax bimaculatus lacustris* em viveiros e estudo histológico e ultra-estrutural da atresia folicular de *A. bimaculatus lacustris* e *Leporinus reinhardtii* em gaiolas de aquíicultura**. 1996. 139 p. Dissertação (Mestrado em Morfologia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

- MITSUIKI, D. **Aspectos morfofuncionais das células de Sertoli de peixes teleósteos**. 2002. 42 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Centro de Aqüicultura (CAUNESP), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- MORAIS, A. L. N. S.; MENDONÇA, M. C. F. B.; GAVILAN-LEANDRO, S. A. C.; SOUZA, I. M. M. Biologia reprodutiva de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characidae, Characiformes), presente na lagoa do Piató, em Assú, RN, Brasil. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu, MG. **Anais...** Caxambu, MG, 2007. p. 1-2.
- MURGAS, L. D. S.; VIVEIROS, A. T. M.; MARIA, A. N.; FREITAS, R. T. F.; FREATO, T. A.; SANTOS, V. B. **Reprodução/espécies próprias para a piscicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. p. 28. Curso Qualificação Profissional – à distância.
- NAGAHAMA, Y. The functional morphology of teleost gonads. In: HOAR, W. S.; RANDALL, D. J.; DONALDSON, E. M. (Ed). **Fish physiology**. New York: Academic, 1983. v. 9, p. 233-275.
- NARAHARA, M. Y. **Estrutura da população e reprodução de *Rhamdia hilarii* (Valenciennes, 1940) (Osteichthyes, Siluriformes, Pimelodidae)**. 1983. 220 p. Tese (Doutorado em Biociências) – Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo.
- NARAHARA, M. Y. Histofisiologia do ovário de teleósteos. In: _____. **Histologia de peixes**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. p. 39-46.
- NIKOLSKY, G. V. **The ecology of fishes**. London: Academic, 1963. 352 p.
- NOGUEIRA, B. P.; BAZZOLI, N.; SANTOS, J. E.; BARROS, M. D. M. Biologia reprodutiva de *Bryconops cf. affinis* = *Cretochanes affinis* (Gunther, 1864) (Teleostei: Characiformes) na lagoa do Pantaninho, Lagoa da Prata, Minas Gerais. **Bios**, Belo Horizonte, v. 5, n. 5, p. 43-51, 1997.
- O'BRIEN, W. J. Perspectives on fish in reservoir limnology. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Ed.). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. New York: J. Wiley, 1990. cap. 8, p. 209-225.
- PAIVA, P. M. Impacto das grandes represas sobre o meio ambiente. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 35, n. 9, p. 1274-1282, set. 1983.

PARMA, J. M. C. Crescimento de *Leporinus obtusidens* (Val.) (Pisces, Anostomidae) bajo diferentes dietas artificiales. **Revista de La Asociacion de Ciências Naturales del Litoral**. Santa Fé, n. 11, p. 1-11, 1980.

QUEROL, M. V. M.; QUEROL, E.; GOMES, N. N. A. Fator de condição gonadal, índice hepatossomático e recrutamento como indicadores do período de reprodução de *Loricariichthys platymetopon* (Osteichthyes, Loricariidae), bacia do rio Uruguai Médio, sul do Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 92, n. 3, p. 79-84, set. 2002.

QUEROL, M.V. M.; QUEROL, E.; PESSANO, E. F. Influência de fatores abióticos sobre a dinâmica da reprodução do cascudo viola *Loricariichthys platymetopon* (Isbrucker & Nijssen, 1979) (Osteichthyes, Loricariidae), no reservatório da Estância Nova Esperança, Uruguaiana, bacia do rio, RS, Brasil. **Biodiversidade Pampeana**, Uruguaiana, v. 2, n. 1 p. 24-29, dez. 2004.

RAMOS, L. A.; KONRAD, H. G. Biologia reprodutiva de *Hemiancistrus* sp. (Osteichthyes, Loricariidae) do rio dos sinos, RS. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 25, p. 45-50, mar. 1999.

RANDUZ NETO, J.; LAZZARI, R.; PEDRON, F. R.; VEIVERBERG, C. A.; BERGAMIN, G. T.; CORRÊIA, V.; FILIPETTO, J. E. S. Alimentação da piava (*Leporinus obtusidens*) com diferentes fontes protéicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1611-1616, set./out. 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 15 dez. 2008.

REZENDE, A. P. S.; ALVES, C. B. M.; SILVA, M. O. B.; MELLO, C. B. M. Avaliação da maturação gonadal e indução da reprodução de peixes coletados no rio Grande, a jusante da UHE Itutinga, MG. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 48, n. 1 p. 39-46, jan. 1996.

RIBEIRO, V. M. A.; SANTOS, G. B.; BAZZOLI, N. Reproductive biology of *steindachnerina insculpta* (Fernandez-Yépez) (teleostei, Curimatidae) in Furnas reservoir, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 71-76, Mar, 2007.

RICARDO, M. C. P.; AGUIAR, C. A.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. Morfologia da micrópila e da célula micropilar em teleósteos neotropicais de água doce. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 48, n. 1, p. 17-24, 1996.

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**, Uruguaiana, v. 3, n. 1, p. 11-18, dez. 2005.

ROMAGOSA, E.; NARAHARA, M. Y.; AYROZA, L. M. da S.; BORELLA, M. I.; FENERICH-VERANI, N. Reproductive cycle of male matrinxã, *Brycon Cephalus* (Gunther, 1869) (Teleostei: Characidae). **Brazilian Journal of Morphological Sciences**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 101-105, Mar. 2000.

ROMAGOSA, E.; PAIVA, P.; GODINHO, H. M.; STORFER, E. B. Desenvolvimento dos ovócitos de *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (= *Colossoma mitrei* Berg, 1895) em condições de cultivo intenso. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 40, p. 60-64, 1988.

ROYCE, W. F. **Introduction to the fisheries science**. London: Academic, 1972. 351 p.

SAINT-PAUL, U. Investigations on the seasonal changes in the chemical composition of the liver and conditional from a neotropical characoid fish *Colossoma macropomum* (Serrasalminae) **Amazoniana**, Munique, Alemanha, v. 9, n. 1, p. 147-158, Jan. 1984.

SALLUM, W. B. **Reprodução artificial das principais espécies de peixes de caráter reofílico**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 56. Curso Qualificação Profissional – a distância.

SAMPAIO, K. H. **Superfície ovocitária e desenvolvimento inicial de quatro espécies de peixes de interesse comercial da bacia do rio São Francisco**. 2006. 53 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANTOS, E. P. Sobre a análise da curva de maturação. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, v.1, n.7, p. 55-62, abr. 1972.

SANTOS, J. E.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E.; SANTOS, G. B. Reproduction of the catfish *Iheringichthys labrosus* (Lütken) (Pisces, Siluriformes) in Furnas reservoir, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 193-200, June 2004.

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

SILVA, M.; GODINHO, H. P. Timing of some events of the gametogenesis in the male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Archive of Anatomy Microscopic**, New York, v. 72, p. 231-237, 1983.

SILVA, S. H.; MEURER, S.; ZANIBONI FILHO, E. Biologia alimentar e reprodutiva do peixe-cachorro (*Oligosarcus jenynsii* Günther, 1864) na região do alto rio Uruguai – Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 175-179, 2004.

SOARES, M. C. F. S.; URBINATI, E. C.; SENHORINI, J. A. Variação periódica da triiodotironina (T₃) plasmática e sua ação na reprodução induzida do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) em cativeiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1825-1834, nov./dez. 2003. Suplemento 2.

SUMPTER, J. P.; LINCOLN, R. F.; BYE, V. J.; CARRAGHER, J. F.; LE BAIL, P. Y. Plasma growth hormone levels during sexual maturation in diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **General and Comparative Endocrinology**, London, v. 83, n. 1, p.103-110, July 1991.

SPRANDO, R. L.; HEIDINGER, R. C.; RUSSELL, L. D. Spermiogenesis in the bluegill (*Lepomis macrochirus*): a study of cytoplasmic events including cell volume changes and cytoplasmic elimination. **Journal of Morphology**, New York, v. 198, n. 2, p. 165-77, Feb. 1988.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS. **SAS Procedures guide for computers**. 6. ed. Cary, NC, 1999. v. 3, 373 p.

STORER, T. I.; USINGER, R. L.; STEBBINS, R. C.; NYBAKKEN, J. W. Biologia animal geral, reprodução e desenvolvimento. **Zoologia geral**. 6. ed. São Paulo: Nacional, 1998. v. 8, p.155-176.

TAKAHASHI, E. L. H. **Ciclo reprodutivo da tabarana, *Salminus hilarii* (Valenciennes, 1849) (Characidae, Salmininae) na região do baixo rio Sorocaba, SP.** 2006. 58 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TAVARES, E. F. **Biologia reprodutiva do piau-gordura *Leporinus piau* Fowler, 1941 (Pisces, Anostomidae) da represa de Três Marias, rio São Francisco, MG.** 1986. 108 p. Dissertação (Mestrado em Morfologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TAVARES, E. F.; GODINHO, H. P. Ciclo reprodutivo do peixe piau-gordura (*Leporinus piau* Fowler, 1941) da represa de Três Marias, rio São Francisco. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 233, n. 41, p. 28-35, 1994.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Mapa com a localização da Bacia do Rio Grande.** Disponível em: <<http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/ClimaRH/rgrande/RGprincipal.htm#Bacia%20do%20Rio%20Grande>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

USINA HIDRELÉTRICA DO FUNIL. **Mapa com a localização da barragem do Funil.** Disponível em: <<http://www.ahefunil.com.br/home/usina/localiza.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

VAZZOLER, A. E. A. de M.; AMADIO, S. A.; CARACIOLO-MALTA, M. C. Aspectos biológicos de peixes amazônicos : XI. reprodução das espécies do gênero *semaprochilodus* (Characiformes, Prochilodontidae) no baixo rio Negro, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 1 p. 165-173, 1989.

VAZZOLER, A. E. A. de M. **Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes; reprodução e crescimento.** Brasília: CNPq/ Programa Nacional de Zoologia, 1982. 108 p.

VAZZOLER, A. E. A. M. de; MENEZES, N. A. Síntese de conhecimento sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 4, p. 627-640, 1992.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes, reprodução e crescimento**. Brasília: CNPq, 1981. 106 p.

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

WALLACE, R. A.; SELMAN, K. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. **American Zoologist**, New Orleans, v. 21, n. 2, p. 325-343, Feb. 1981.

WOYNAROVICH, T. U.; HORVÁTH, L. **A propagação artificial de peixes de águas tropicais: manual de extensão**. Brasília: FAO/CODEVASF/CNPq, 1983. 220 p.

YARON, Z.; GUR, G.; MELAMED, P.; ROSENFELD, H.; ELIZUR, A.; LEVAVI-SIVAN, B. Regulation of fish gonadotropins. **International Review Cytology**, San Diego, v. 85, n. 225, p. 231, 2003.

YUAN, E. C. de; PIGNALBERI, C. Fish populations in the Paraná river: 2. Santa Fé and corrientes areas. **Hydrobiologia**, Holanda, v. 77, n. 3, p. 261-272, Feb. 1981.

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

ZANIBONI FILHO, E.; RESENDE, E. R. K. de. Anatomia de gônadas, escala de maturação e tipo de desova do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) (Teleostei: Characidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 4, p. 833-844, 1988.

ZIMMERMANN, M. Maturity and fecundity of arrowtooth flounder, *Atheresthes stomias*, from the Gulf of Alaska. **Fishery Bulletin**, Seattle, v. 95, n. 3, p. 598-611, Dec. 1997.

ANEXOS

QUADRO 1	Análise de variância do diâmetro médio do ovócito tipo I e II por estágio do ciclo reprodutivo de <i>L. obtusidens</i>	106
QUADRO 2	Análise de variância do diâmetro médio do ovócito tipo III por estágio do ciclo reprodutivo de <i>L. obtusidens</i>	106
QUADRO 3	Análise de deviance do IGC de machos e fêmeas por estação do ano	106
QUADRO 4	Análise de variância do K de fêmeas por estação do ano	106
QUADRO 5	Análise de variância do K de machos por estação do ano	107
TABELA 1	Valores das correlações de Spearman para as variáveis IGS, IHS e IGC de fêmeas de <i>Leporinus obtusidens</i> capturadas a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil durante o período de setembro de 2006 a agosto de 2007	107
TABELA 2	Valores das correlações de Spearman para as variáveis IGS, IHS e IGC de machos de <i>Leporinus obtusidens</i> capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil durante o período de setembro de 2006 a agosto de 2007	107
	Análises histológicas: Confeção das lâminas.....	107

ANEXOS

QUADRO 1 - Análise de variância do diâmetro médio do ovócito tipo I e II por estágio do ciclo reprodutivo de *L. obtusidens*

F.V.	G.L.	Quadrado médio	
		I	II
Estádio de maturação	2	841	5597*
Resíduo	77	855	1115

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 2 - Análise de variância do diâmetro médio do ovócito tipo III por estágio do ciclo reprodutivo de *L. obtusidens*

F.V.	G.L.	Quadrado médio
		III
Estádio de maturação	1	61248*
Resíduo	29	7396

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 3 - Análise de deviance do IGC de machos e fêmeas por estação do ano

F.V.	G.L.	Deviance	
		Machos	Fêmeas
		IGC	IGC
Estação	3	9,246*	12,576*

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 4 - Análise de variância do K de fêmeas por estação do ano

FV	g.l.	SQ	QM	F	P>F
Estação	3	0.00159557	0.00053186	4.76	
Resíduo	59	0.00659882	0.00011184		

QUADRO 5 - Análise de variância do K de machos por estação do ano

FV	g.l.	SQ	QM	F	P>F
Estação	3	0.00151455	0.00050485	9.70	
Resíduo	38	0.00197835	0.00005206		

TABELA 1 - Valores das correlações de Spearman para as variáveis IGS, IHS e IGC de fêmeas de *Leporinus obtusidens* capturadas a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil durante o período de setembro de 2006 a agosto de 2007

	IGC	IGS	IHS
IGC	1.00		
IGS	-0.15	1.00	
IHS	0.04*	0.39	1.00

* Correlação significativa a 5% de significância

TABELA 2 - Valores das correlações de Spearman para as variáveis IGS, IHS e IGC de machos de *Leporinus obtusidens* capturados a jusante da Usina Hidrelétrica do Funil durante o período de setembro de 2006 a agosto de 2007

	IGC	IGS	IHS
IGC	1.00		
IGS	-0.27	1.00	
IHS	0.02*	0.45	1.00

* Correlação significativa a 5% de significância

- Análises histológicas: Confeção das lâminas
 - Corte histológico dos ovários: Após a fixação das gônadas e a sua conservação em álcool 70% para o estudo histológico, as gônadas de cada

exemplar foram seccionadas novamente e cada fragmento teve em torno de 1,5 cm, quando foi feita a inclusão de rotina em parafina.

- Desidratação: As peças foram submetidas às técnicas de rotina de desidratação em soluções alcoólicas, na seguinte ordem e tempo:

Álcool 80% 20 minutos

Álcool 95% 20 minutos

Álcool Absoluto I 15 minutos

Álcool Absoluto II 15 minutos

Álcool Absoluto III 15 minutos

- Diafanização: Foi feita em baterias de xilol:

Xilol I 15 minutos

Xilol II 15 minutos

Xilol III 15 minutos

- Impregnação e inclusão: Foi feita em parafina com ponto de fusão (57 °C) e a temperatura da estufa variou entre 57 e 60 °C.

Parafina I 20 minutos

Parafina II 20 minutos

A inclusão em parafina foi realizada colocando-se a peça em posição horizontal. Os blocos foram identificados.

- Corte e montagem: Os cortes foram realizados com espessura de 3 a 5 µm, em micrótomo Reichert. As fitas de parafina foram colocadas em água morna (40° C) para provocar a distensão. Em seguida, esses cortes foram colocados em lâminas e transferidos para uma estufa a 37°C, por 2 a 4 horas.

- Desparafinação: Após retirar da estufa, os cortes foram submetidos em soluções de xilol:
 - Xilol I..... 15 minutos
 - Xilol II 15 minutos

- Hidratação: Foi feita uma bateria alcoólica de ordem decrescente:
 - Álcool Absoluto 5 minutos
 - Álcool 95 % 5 minutos
 - Álcool 80 % 5 minutos
 - Álcool 70 %..... 5 minutos

- Coloração: Para esse estudo foi utilizada a coloração hematoxilina-eosina:
 - Hematoxilina de Harris..... 1 minuto
 - Água corrente..... 15 minutos
 - Eosina alcoólica 1 minuto
 - Água corrente..... 10 minutos
 - Água corrente..... lavar rapidamente

- Desidratação: Foram utilizadas soluções alcoólicas em ordem crescente:
 - Álcool 70%..... 3 minutos
 - Álcool 80%..... 5 minutos
 - Álcool 90%..... 5 minutos
 - Álcool Absoluto I 5 minutos
 - Álcool Absoluto II 5 minutos
 - Álcool Absoluto III..... 5 minutos

- Diafanização, montagem e secagem:
 - Xilol I 10 minutos
 - Xilol II 10 minutos

Após a diafanização foram realizadas a montagem da lâmina, utilizando Entellan, e a secagem à temperatura ambiente.