



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Felipe Braz de Lima

**Reprodução de peixes de riachos: uma abordagem comparativa entre as
estratégias “r” e “K”**

Rio de Janeiro

2012

Felipe Braz de Lima

Reprodução de peixes de riachos: uma abordagem comparativa entre as estratégias “r” e “K”



Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ecologia

Orientadora: Prof^a. Dra. Rosana Mazzoni

Rio de Janeiro

2012

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

L732

Lima, Felipe Braz de.

Reprodução de peixes de riachos: uma abordagem comparativa entre as estratégias "r" e "K" / Felipe Braz de Lima. – 2012.

62f : il.

Orientadora: Rosana Mazzoni. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

Inclui bibliografia.

1. Peixe – Reprodução – Ubatiba, Rio (RJ) - Teses. 2. Peixe – Reprodução – Maricá (RJ) – Teses. 3. *Astyanax* (Peixe) – Ubatiba, Rio (RJ) – Teses. I. Mazzoni, Rosana. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 597(815.3)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

Assinatura

Data

Felipe Braz de Lima

Reprodução de peixes de riachos: uma abordagem comparativa entre as estratégias “r” e “K”

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ecologia

Aprovado em 28 de fevereiro de 2012

Orientadora:

Profª Dra. Rosana Mazzoni
Departamento de Ecologia da UERJ

Banca Examinadora:

Profª Dra. Evanilde Benedito
Departamento de Ecologia da UEM

Profª. Dra. Miriam Plaza Pinto
Departamento de Ecologia da UERJ

Profª. Dra Beatriz Fleury
Departamento de Ecologia da UERJ

Rio de Janeiro

2012

AGRADECIMENTOS

Sinto-me muito feliz pela realização deste trabalho. A oportunidade de realizá-lo trouxe-me experiências realmente incríveis que me fizeram crescer imensamente em diferentes áreas de minha vida, tanto na profissional quanto na pessoal. Por isso agradeço de maneira mais do que especial a cada uma das pessoas que citarei abaixo:

Agradeço primeiramente a meus pais por todo o apoio psicológico, financeiro e, principalmente, afetivo. Agradeço muito Deus por tê-los em minha vida.

A minha noiva Carolina, pelo amor e compreensão em todos os momentos em que tive que me ausentar para a realização deste trabalho.

Aos meus irmãos João, Júlio e Luciano pelas palavras de incentivo dados em todos os momentos.

A cada um dos meus amigos e colegas de laboratório. Levarei cada um de vocês para sempre no meu coração. Obrigado pelo apoio irrestrito sempre que solicitados, assim como todos os momentos de alegria e conquistas compartilhados: Maíra, Raquel, Piatã, Luíza, Jean, Michel, Túlio e Bruno.

Ao pessoal da secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução pelo carinho e atenção sempre dispensados: Sônia e Henrique.

A cada um dos professores das diversas disciplinas que cursei. Obrigado pelo conhecimento e vivência, tão importantes em um curso de ecologia.

Agradeço também aos órgãos CAPES e FAPERJ pelo apoio financeiro concedido sob a forma de bolsa de mestrado e projeto de pesquisa, respectivamente.

Obrigado a cada integrante da minha banca por terem aceitado o meu convite: prof^a Evanilde Benedito, prof^a Beatriz Fleury, prof^a Miriam Pilz Albrecht e prof^a Miriam

Plaza Pinto. Agradeço ainda, mais uma vez, à prof Míram Plaza pela perfeita revisão deste trabalho.

E finalmente, a grande responsável por todo o meu crescimento ao longo deste curso, como também pela realização e conclusão deste trabalho: Rosana Mazzoni. Muito obrigado por todos os conselhos, conhecimento, experiência e apoio irrestritos a tudo o que foi idealizado e feito neste trabalho.

É preciso coragem para crescer e
tornar-se o que você realmente é.

E. E. Cumming

RESUMO

LIMA, Felipe Braz de. **Reprodução de peixes de riachos:** uma abordagem comparativa entre as estratégias “r” e “K”. 2012. 62f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Instituto de Biologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

No presente trabalho, objetivou-se caracterizar a estratégia reprodutiva, enfatizando o investimento energético, de duas espécies de peixe do rio Ubatiba, Maricá, Rio de Janeiro: *Parotocinclus maculicauda* (K-estrategista) e *Astyanax hastatus* (r-estrategista). Foram realizadas coletas bimestrais de Junho de 2010 a Abril de 2011 totalizando 236 exemplares amostrados de *A. hastatus* e 234 de *P. maculicauda*. Para cada exemplar foram registrados os dados de comprimento padrão (Cp, cm), peso total (Pt, g), peso gonadal (Pg, g), sexo e estágio de maturação. Através da estrutura de tamanho, observamos que as fêmeas atingem maior comprimento, em relação aos machos, para as duas espécies. A relação peso/comprimento evidenciou para ambas as espécies, crescimento alométrico negativo (inferior a 3), demonstrando crescimento mais longilíneo. Para a proporção sexual, o teste χ^2 foi aplicado e indicou que, para as duas espécies, há significativamente mais fêmeas. A distribuição sexual no ano mostrou que as fêmeas se mantêm em maioria durante todo o ano para *P. maculicauda*. Para *A. hastatus* este padrão também se mantém, porém com exceção do bimestre Novembro/Dezembro, quando o número de machos torna-se um pouco maior. O tamanho de primeira maturação mostrou-se o mesmo para ambas as espécies (2,5 a 3,0 cm). A variação temporal da frequência de indivíduos reprodutivos e não reprodutivos juntamente com a distribuição temporal dos valores individuais de IGS mostrou que *P. maculicauda* se reproduz com maior intensidade nas estações chuvosas (Setembro a Abril), reduzindo sua atividade reprodutiva de maneira significativa nas estações secas (Maio a Agosto). Já *A. hastatus* demonstrou regular atividade reprodutiva durante todo o ano com pequeno pico no bimestre Novembro/Dezembro. Desova do tipo total foi registrada para *Astyanax*, enquanto que para *Parotocinclus* registrou-se desova parcelada em três lotes. Em ambas as espécies foi observada relação inversa entre volume e a quantidade de ovócitos produzidos, com *A. hastatus* produzindo muitos ovócitos (fecundidade: 463 ± 213 ovócitos/grama de peixe) de reduzido volume (diâmetro = $800 \mu\text{m}$ e volume = $0,26 \text{ mm}^3$) e *P. maculicauda* produzindo número bem inferior (fecundidade: 47 ± 13 ovócitos/grama de peixe), porém com volume superior (diâmetro = $1.600 \mu\text{m}$ e volume = $2,14 \text{ mm}^3$). Com isso o valor energético relativo também se mostrou superior, com *A. hastatus* produzindo ovócitos vitelogênicos com $0,4 \pm 0,08$ cal/unidade e *P. maculicauda* produzindo os mesmos ovócitos com $1,8 \pm 1,1$ cal/unidade. Para a produção energética total investida na produção de gametas, foi considerado o tipo de desova de cada espécie, com *Astyanax* investindo $50,5 \pm 24$ calorias/grama/grama de peixe e *Parotocinclus* investindo $88,4 \pm 72,46$ cal/grama/grama de peixe, porém sem diferenças significativas (Mann-Whitney; $U = 235,0$, $p = 0,08$), indicando, portanto que independente da estratégia adotada (r ou K), o gasto energético na produção de ovócitos é a mesma.

Palavras-chave: Reprodução. Peixes. Estratégia. Energia.

ABSTRACT

The present study aimed to characterize reproductive strategy, focusing on energy investment, of two fish species present in the river Ubatiba (22°50', 22°55'S e 42°43', 42°50'W), Maricá, Rio de Janeiro: *Parotocinclus maculicauda* (K-strategist) and *Astyanax hastatus* (r-strategist). Were collected bimonthly from June 2010 to April 2011, in two sites, totaling 236 specimens for *A. hastatus* and 234 specimens for *P. maculicauda*. For each sample were recorded standard length (Ls, cm), total weight (Wt, g), gonad weight (Wg, g), sexes and maturity stage. Through the size structure, we observed that females reach a greater length, compared to males of both species. The relation weight / length for both species showed a negative allometric growth (below 3). For sex ratio, the χ^2 test was applied and indicated that, for both species, there are significantly more females. The distribution sexes in the year showed that females remain in the majority throughout the year for *P. maculicauda*, with the exception of November / December for the *A. hastatus*, when the number of males becomes greater. The size at first maturity indicated values in the same length class (2.5 to 3.0 cm). The temporal variation in the frequency of non-reproductive and reproductive individuals along with the temporal distribution of individual values of GSI showed that *Parotocinclus* is reproduced with greater intensity in the rainy seasons (September to April), reducing their reproductive activity significantly in the dry seasons (May to August). *Astyanax* showed regular reproductive activity throughout the year with a small peak in November / December. Spawning of total type was found for *Astyanax*, while for *Parotocinclus*, spawning is split into three lots. In both species was observed an inverse relationship between volume and number of oocytes produced, with *Astyanax* producing many oocytes (fecundity: 463 ± 213 oocytes / g fish) and reduced volume (diameter = 800 μm e volume = 0.26 mm^3) and *Parotocinclus* producing a much lower number (fecundity: 47 ± 13 oocytes / gram of fish) but with volume so much higher in vitellogenic oocytes (diameter = 1.600 μm e volume = 2.14 mm^3). Thus the relative energy value was also much higher, with *Astyanax* producing vitellogenic oocytes with 0.4 ± 0.08 cal / unit and *Parotocinclus* producing the same oocytes with 1.8 ± 1.1 cal / unit. For the total investment in the production of oocytes to be spawned, was considered the type of spawning of each species, *Astyanax* spending 50.5 ± 24 calories/gram/gram of fish and *Parotocinclus* spending 88.4 ± 72.46 cal/gram/gram of fish. The Mann-Whitney test was used and showed no significant differences in energy investment (Mann-Whitney; $U = 235.0$, $p=0.08$), indicating therefore that regardless of the strategy (r or K), energy expenditure in the production of oocytes is the same.

Keywords: Reproduction. Fish. Strategy. Energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Espécime de <i>Parotocinclus maculicauda</i>	14
Figura 2 -	Espécime de <i>Astyanax hastatus</i>	15
Figura 3 -	Localização do rio Ubatiba (22°50' a 22°55'S e 42°43' a 42°50'W), Maricá, RJ, estacando os dois pontos de amostragem (P1 e P2).....	23
Figura 4 -	Imagem ilustrativa da técnica de coleta utilizada.....	24
Figura 5 -	Ovocitômetro utilizado para a quantificação dos ovócitos por tamanho.....	27
Figura 6 -	Calorímetro Ika 200 utilizado na queima das amostras.	29
Figura 7 -	Estrutura de tamanho para machos (n=71) e fêmeas(n=160) de <i>A. hastatus</i> do rio Ubatiba, Maricá – RJ.	31
Figura 8 -	Estrutura de tamanho para machos (n=64) e fêmeas (n=148) de <i>P. maculicauda</i> do rio Ubatiba, Maricá – RJ.	31
Figura 9 -	Relação entre peso total (Pt) e comprimento padrão (Cp) de machos de <i>A. hastatus</i> no rio Ubatiba, Maricá – RJ. Para n=71.....	32
Figura 10 -	Relação entre peso total (Pt) e comprimento padrão (Cp) de fêmeas de <i>A. hastatus</i> no rio Ubatiba, Maricá – RJ. Para n=159.....	32
Figura 11 -	Relação entre peso total (Pt) e comprimento padrão (Cp) de machos de <i>P. maculicauda</i> no rio Ubatiba, Maricá – RJ. Para n=64.....	33
Figura 12 -	Relação entre peso total (Pt) e comprimento padrão (Cp) de fêmeas de <i>P. maculicauda</i> no rio Ubatiba, Maricá – RJ. Para n=147.....	33
Figura 13 -	Proporção sexual de <i>A. hastatus</i> do rio Ubatiba, Maricá – RJ.	34
Figura 14 -	Proporção sexual de <i>P. maculicauda</i> do rio Ubatiba, Maricá – RJ.....	34
Figura 15 -	Distribuição sexual de <i>A. hastatus</i> no rio Ubatiba, Maricá – RJ.	35

Figura 16 -	Distribuição sexual de <i>P. maculicauda</i> do rio Ubatiba, Maricá – RJ.	35
Figura 17 -	Distribuição da frequência percentual (%), por classe de tamanho (Cp, cm), do total de exemplares adultos (machos e fêmeas) em relação ao número de jovens de <i>A. hastatus</i> do rio Ubatiba, Maricá – RJ.....	36
Figura 18 -	Distribuição da frequência percentual (%), por classe de tamanho (Cp, cm do total de exemplares adultos (machos e fêmeas) em relação ao número de jovens de <i>P. maculicauda</i> do rio Ubatiba, Maricá – RJ.....	37
Figura 19 -	Distribuição de frequência dos diâmetros dos ovócitos de gônadas de <i>A. hastatus</i> em diferentes estádios de maturação.	38
Figura 20 -	Distribuição de frequência dos diâmetros dos ovócitos de gônadas de <i>P. maculicauda</i> em diferentes estádios de maturação.....	39
Figura 21 -	Variação temporal da frequência de indivíduos reprodutivos e não reprodutivos de <i>A. hastatus</i> , rio Ubatiba, Maricá – RJ.	40
Figura 22 -	Distribuição temporal dos valores individuais do índice gonadossomático (IGS) de fêmeas adultas de <i>A. hastatus</i> , rio Ubatiba, Maricá – RJ.	41
Figura 23 -	Distribuição temporal dos valores individuais do índice gonadossomático (IGS) de machos adultos de <i>A. hastatus</i> , rio Ubatiba, Maricá – RJ.	41
Figura 24 -	Variação temporal da frequência de indivíduos reprodutivos e não reprodutivos de <i>P. maculicauda</i> , rio Ubatiba, Maricá – RJ.	42
Figura 25 -	Distribuição temporal dos valores individuais do índice gonadossomático (IGS) de fêmeas adultas de <i>A. hastatus</i> , rio Ubatiba, Maricá – RJ.	42
Figura 26 -	Distribuição temporal dos valores individuais do índice gonadossomático (IGS) de machos adultos de <i>P. maculicauda</i> , rio Ubatiba, Maricá – RJ.	43

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	13
1	ESTRATÉGIA REPRODUTIVA	16
2	ECOLOGIA ENERGÉTICA	18
2.1	Energética ligada à atividade reprodutiva	18
3	HIPÓTESE	21
4	OBJETIVOS	22
5	MATERIAL E MÉTODOS	23
5.1	Área de estudo	23
5.2	Método de amostragem	23
6	ESTRUTURA POPULACIONAL E ASPECTOS DA BIOLOGIA REPRODUTIVA	25
6.1	Estrutura de tamanho de machos e fêmeas	25
6.2	Relação peso X comprimento	25
6.3	Proporção sexual e sua distribuição no tempo	25
6.4	Tamanho médio de 1ª maturação (Cp₅₀)	26
6.5	Tipo de desova	26
6.6	Determinação da estação reprodutiva	27
7	A LOCAÇÃO DE ENERGIA	28
7.1	Fecundidade e volume dos ovócitos	28
7.2	Energia Total na Produção Gonadal	28
8.	RESULTADOS	30
8.1	Estrutura populacional e aspectos da biologia reprodutiva	30
8.1.1	<u>Estrutura de tamanho de machos e fêmeas</u>	30
8.1.2	<u>Relação peso X comprimento</u>	32
8.1.3	<u>Proporção sexual e sua distribuição no tempo</u>	33
8.1.4	<u>Tamanho médio de 1ª maturação (Cp₅₀)</u>	36
8.1.5	<u>Tipo de desova</u>	37
8.1.6	<u>Determinação da estação reprodutiva</u>	40
8.2	Alocação de energia	43
8.2.1	<u>Fecundidade e volume dos ovócitos</u>	43

8.2.2	<u>Energia total investida na produção gonadal</u>	44
9	DISCUSSÃO	45
9.1	Estrutura populacional e aspectos da biologia reprodutiva	45
9.1.1	<u>Estrutura de tamanho de machos e fêmeas</u>	45
9.1.2	<u>Relação peso X comprimento</u>	46
9.1.3	<u>Proporção sexual e sua distribuição no tempo</u>	47
9.1.4	<u>Tamanho médio de 1ª maturação (Cp₅₀)</u>	48
9.1.5	<u>Tipo de desova</u>	49
9.1.6	<u>Determinação da estação reprodutiva</u>	50
9.2	Alocação de energia	52
9.2.1	<u>Fecundidade e volume dos ovócitos</u>	52
9.2.2	<u>Energia total investida na produção gonadal</u>	54
10	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	57

INTRODUÇÃO

Os peixes representam aproximadamente 50% dos vertebrados do planeta, englobando cerca de 24.000 espécies que vivem nos mais diversos tipos de ambientes aquáticos. Deste número, 23.400 são teleósteos, dos quais 41% são encontrados em ambientes de água doce (Vazzoler 1996). No Brasil, esta ictiofauna de água doce encontra-se entre as mais ricas e diversificadas do planeta, compreendendo mais de 2.500 espécies (Buckup *et al.*, 2007). No sudeste, a ictiofauna de riachos compõe um conjunto de espécies pouco conhecido e ameaçado pela ação antrópica (Menezes *et al* 1990).

Em termos de diversidade taxonômica e biomassa, a fauna de peixes de águas continentais sul-americanas é dominada por peixes da superordem Ostariophysi (peixes que vivem ou têm história evolutiva relacionada à água doce), alcançando cerca de 87% das espécies conhecidas. As ordens Siluriformes e Characiformes compreendem a maior parte das espécies que compõem a superordem, com 47% e 37%, respectivamente (Fowler 1954; Goldstein 1973; Burgess 1989 *apud* Mazzoni 1993). A ordem Siluriformes constitui-se de um grupo megadiverso, distribuído mundialmente e composto principalmente por peixes de água doce, com 3425 espécies descritas até o momento. Só nos últimos 10 anos 931 espécies já foram descritas (Eschmeyer and Fong 2011). A família Loricariidae é uma das maiores e mais especializadas desta ordem (Isbrucker 1980), possuindo 818 espécies descritas, das quais 117 pertencem à subfamília Hypoptopomatinae ao qual pertence o gênero *Parotocinclus* (Eschmeyer and Fong 2011), objeto de pesquisa do presente estudo.

A monofilia de Loricariidae baseia-se em muitas sinapomorfias como a assimetria da dentição bicúspide, a presença de dois ligamentos entre o mesetmóide e a pré-maxila, a presença do músculo retractor palatini, a subdivisão posterior do músculo extensor tentaculi e a expansão do disco mesetmoideal (De Pinna 1998). Além disso, os loricarídeos estão cobertos por placas ósseas dérmicas, e suas bocas são ventralmente orientadas para a raspagem (pastagem) de algas e do biofilme de superfícies, onde se apoiam ao substrato, sendo encontrados próximos ao fundo de riachos sobre rochas, troncos e vegetais submersos (Suzuki 2000; Casatti 2002). O cascudo *Parotocinclus maculicauda* (Figura 1) pertencente a esta

família e também é uma das espécies deste estudo. Pode ser encontrado em riachos de áreas costeiras entre o Rio de Janeiro e Santa Catarina (Schaefer 2003).



Figura 1 - Espécime de *Parotocinclus maculicauda* (cascudo)
Foto: Rosana Mazzoni.

A ordem Characiformes possui 1967 espécies descritas, das quais 1114 pertencem à família Characidae (Eschmeyer and Fong 2011) que, em sua maioria, são espécies de pequeno porte. No Brasil são conhecidos como lambaris, piquiras, piabas ou matupiris (Buckup 1999). Atualmente há muita discussão a respeito da composição desta família, sendo esta família, então, considerada como *Incertae Sedis*, devido à falta de trabalhos conclusivos em relação à sua monofilia, o que segundo Buckup (1999) se deve à sua grande diversidade, ao grande número de espécies não descritas, mal descritas ou pouco conhecidas, e também à falta de revisão. Este grupo compreende espécies com uma grande diversidade morfológica em que a evolução convergente também é comum (Nelson 2006). Por esses motivos, a identificação taxonômica à nível de espécie é bastante difícil nesta família.

O gênero *Astyanax* é um dos 88 gêneros de caraciformes classificados como *Incertae Sedis*, possuindo, 86 espécies descritas (Lima *et al.* 2003). As espécies deste grupo ocupam os mais diversos habitats nas bacias hidrográficas brasileiras (Garutti and Britski 2000). *Astyanax hastatus* (Figura 2), também objeto de pesquisa deste estudo, pode ser encontrada em rios costeiros do estado do Rio de Janeiro (Lima *et al.* 2003).



Figura 2 - Espécime de *Astyanax hastatus* (lambari)
Foto: Rosana Mazzoni

1 ESTRATÉGIA REPRODUTIVA

O comportamento reprodutivo, fator determinante do ciclo de vida das espécies, envolve o conhecimento de vários elementos que, juntos, determinam estratégias (Wootton 1984) específicas. O termo estratégia foi cunhado baseado na arte militar de planejar combates durante a guerra (Wootton 1984) e refere-se à arte de aplicar os meios disponíveis ou, ainda, explorar condições favoráveis de modo a alcançar objetivos específicos (Ferreira 2008). Quando associada à reprodução, a palavra estratégia reúne importantes características que têm por finalidade o sucesso reprodutivo de uma espécie. Estas características são denominadas táticas reprodutivas (tipo de desova, proporção sexual, comprimento de primeira maturação sexual, etc.) e algumas delas podem variar de acordo com as condições do ambiente (Vazzoler 1996).

O investimento reprodutivo é um atributo de extrema importância na estratégia reprodutiva de qualquer espécie, pois a alocação de energia se dá através deste investimento, gerando um *trade-off* entre as diferentes características que compõem a estratégia reprodutiva, tais como comportamento migratório, tempo de reprodução, fecundidade e tamanho dos ovos, por exemplo. Estas características estão intimamente relacionadas ao investimento reprodutivo (Kinnison *et al.* 2001), com o objetivo de garantir a manutenção e equilíbrio da população (Vazzoler 1996).

Recursos destinados a uma característica não estão disponíveis para as outras, por isso o termo *trade-off* aplica-se muito bem a esta relação de alocação de recursos entre características da história de vida, porque o aumento em uma característica geralmente é associado com redução na outra (Begon *et al.* 2007).

Esses *trade-offs* pressupõem compensações na alocação de energia e caracterizam a posição das espécies ao longo do eixo r-K. Tal conceito, proposto inicialmente por MacArthur & Wilson (1967) e mais tarde elaborado por Pianka (1970) designou-se estratégia r e K. Embora tenha sido amplamente criticado em sua essência, o conceito r-K ainda pode ser considerado como uma ferramenta de análise bastante didática e eficiente para se tratar das questões relativas à alocação de energia para os diferentes aspectos da história de vida das espécies (Winemiller 1992).

A seleção *r* indica indivíduos que são favorecidos por sua habilidade de se reproduzir rapidamente, possuindo, portanto, altas taxas de crescimento (*r*). Por isso, em um ambiente imprevisível (Begon *et al.* 2007) o melhor pode ser investir a energia produzindo um elevado número de descendentes a cada ciclo reprodutivo, ainda que cada um tenha poucas chances individuais de sobreviver até a idade adulta. A seleção *K* indica indivíduos que são favorecidos por sua habilidade para fazer uma grande contribuição proporcional a uma população que permanece perto da capacidade de suporte (Begon 2007), sendo, portanto bons competidores. Em um ambiente saturado, no qual os efeitos da densidade são pronunciados e a competição é muito forte, a melhor estratégia pode ser dedicar mais energia a competição, produzindo poucos descendentes com capacidade competitiva maior (Pianka 1982).

É importante ressaltar que nenhum organismo se ajusta completamente a qualquer um dos dois extremos da estratégia *r-K*, e que trata-se de um contínuo ao longo do qual os diferentes organismos podem ser caracterizados (Pianka 1982). As histórias de vida variam ao longo desse contínuo lento-rápido, alternando seu sucesso reprodutivo e manutenção, tanto de acordo com o habitat e as condições ambientais como também com a variação de outros aspectos da história de vida (Ricklefs 2003), como por exemplo, a fecundidade que é um parâmetro importante da estratégia e que tem uma relação linear com o tamanho do corpo do animal ou ainda com o diâmetro dos ovócitos.

2 ECOLOGIA ENERGÉTICA

A Ecologia Energética é um ramo da ciência que trata das inter-relações dentro de ecossistemas, ajudando não somente a compreender as transformações energéticas que ocorrem dentro destes ecossistemas como também a maneira como os organismos otimizam seu gasto de energia na realização das suas atividades vitais (Phillipson 1977; Doria and Andrian 1997). Por isso, o entendimento rigoroso de qualquer sistema biológico que sofre alguma variação requer uma quantificação de suas propriedades termodinâmicas e cinéticas (O'Brien and Haq 2004). Isto pode ser feito através da calorimetria que é uma importante ferramenta na obtenção de dados referentes ao investimento energético das espécies, medindo diretamente a quantidade de calor liberado no processo da combustão da matéria com a ajuda de um aparelho (calorímetro) e do oxigênio como agente de oxidação (Doria and Andrian 1997).

Trabalhos relacionados à Ecologia Energética têm sido realizados com diversos grupos taxonômicos, entretanto é na ictiologia que se encontra a maioria dos trabalhos. Isso se deve ao grande sucesso evolutivo do grupo, suas adaptações aos mais variados habitats aquáticos culminando em uma grande variedade de formas e padrões de ciclos de vida, permitindo que ocupem praticamente todos os níveis tróficos possíveis (Benedito-Cecílio 2005).

2.1 Energética ligada à atividade reprodutiva

Considerando que cada espécie de peixe vive em um conjunto único de condições ecológicas, estas devem então desenvolver uma única estratégia reprodutiva, com adaptações anatômicas, comportamentais, fisiológicas e energéticas especiais (Moyle and Cech 1982). Neste contexto, a utilização dos recursos exercerá um papel importante na alocação da energia, de modo que esta seja particionada entre uma série de processos fisiológicos e comportamentais, terminando com a deposição de substâncias no corpo do organismo que serão refletidas no crescimento, somático ou reprodutivo (Benedito-Cecílio 2005).

É através da alimentação que os peixes adquirem a energia necessária para a manutenção metabólica, excreção de produtos nitrogenados e síntese de tecidos. A alimentação é fundamental para sobrevivência, crescimento e reprodução dos peixes, porém o sucesso dependerá da habilidade de armazenagem e da utilização das reservas energéticas diante das variações ambientais. Em resposta a essas flutuações, os peixes são capazes de ajustar suas táticas reprodutivas, promovendo desta forma o sucesso reprodutivo (Wootton 1990; Vazzoler 1996; Moreira 2004).

O equilíbrio na alocação de energia assimilada para o metabolismo ou crescimento somático e reprodutivo tem importantes implicações para a sobrevivência e reprodução dos peixes (Wootton 1990). Esta é feita de forma distinta ao longo do desenvolvimento: enquanto os jovens utilizam a energia para a produção somática, os adultos a investem principalmente nos processos reprodutivos (Tytler and Calow, 1985; Vazzoler 1996).

A maturação das gônadas e/ou atividade reprodutiva implicam na utilização de recursos obtidos através da alimentação e reserva energética depositada em diferentes partes do corpo (Tytler and Calow 1985), de modo que um aumento no esforço reprodutivo pode levar a uma diminuição da produção somática e/ou no metabolismo. Este é um *trade-off*, que ao mesmo tempo que aumenta a fecundidade, diminui o crescimento, podendo ainda reduzir o período de vida (Wootton 1990). As reservas energéticas, acumuladas nas vísceras, musculatura e fígado, podem ser transferidas, de modo a suprir o desenvolvimento gonadal, culminando com a desova (Vazzoler 1996).

Entre peixes há uma enorme variação da quantidade de energia investida em vários aspectos reprodutivos como migração de desova, comportamento de corte, cuidado parental e produção de ovos e esperma. Entre os fatores que contribuem nesta variação estão: o esforço reprodutivo, idade de início da reprodução, fecundidade, sobrevivência e frequência de reprodução (Moyle and Cech 1982; Wootton 1990). Para determinados autores, alguns destes aspectos são invariantes entre espécies de um mesmo grupo taxonômico (Charnov and Berrigan 1991; Charnov 1993; Charnov *et al.* 2001).

Assim, o conteúdo energético dos componentes somático e reprodutivo pode ser um bom indicador das condições fisiológicas de um peixe em razão de refletirem fatores ambientais, fisiológicos e nutricionais (Cui and Wootton 1988), constituindo um fator importantíssimo no estudo da energia investida na reprodução.

No presente estudo, foi avaliada a estratégia reprodutiva de uma espécie considerada “K” estrategista (*Parotocinclus maculicauda* – Siluriforme) e de outra considerada “r” estrategista (*Astyanax hastatus* – Characiforme) a partir dos padrões de variação dos diferentes parâmetros que compõem a história de vida de cada população. Alguns destes parâmetros foram relacionados à energia utilizada na produção gonadal das duas espécies. O presente trabalho será apresentado em duas etapas. A 1^a etapa relativa à uma abordagem descritiva sobre a estrutura das populações e alguns aspectos da biologia reprodutiva das mesmas e a 2^a relativa ao teste de hipótese sobre às estratégias reprodutivas adotadas pelas duas espécies de peixes em questão.

3 HIPÓTESE

Com base no fato de que existe uma quantidade limitada de energia disponível para o indivíduo realizar sua atividade reprodutiva e assim contribuir com a manutenção de sua população, sugere-se que o total de energia envolvido na produção gonadal é estabelecido por regras conservadoras e não varia entre as espécies de peixes, independente de serem “r” ou “K” estrategistas. As principais diferenças específicas se referem à forma de utilização e a alocação da energia, mas no somatório final a quantidade de energia investida na produção de gametas é a mesma para qualquer estratégia.

4 OBJETIVOS

Para a abordagem descritiva serão avaliados: (i) Estrutura de Tamanho, (ii) relação peso-comprimento, (iii) proporção sexual total e sua variação temporal, (iv) tamanho médio da 1ª maturação (Cp50), (v) tipo de desova e (vi) estação reprodutiva. Para o teste de hipótese serão quantificados os seguintes parâmetros: (i) fecundidade relativa, tamanho/volume dos ovócitos maduros, (ii) energia total investida na produção gonadal.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

O sistema fluvial do rio Ubatiba, Maricá, RJ, compreende uma microbacia que drena a vertente leste da Serra do Mar. Possui cerca de 18km, até desembocar no sistema lagunar do município de Maricá, RJ (Figura 3) e inclui riachos de, no máximo, 3ª ordem. Ao longo de seu percurso ocorrem áreas desmatadas utilizadas, principalmente, para a agricultura e pecuária. Apesar disso, ainda é encontrado alguns trechos de Mata Atlântica secundária em áreas de cabeceira.

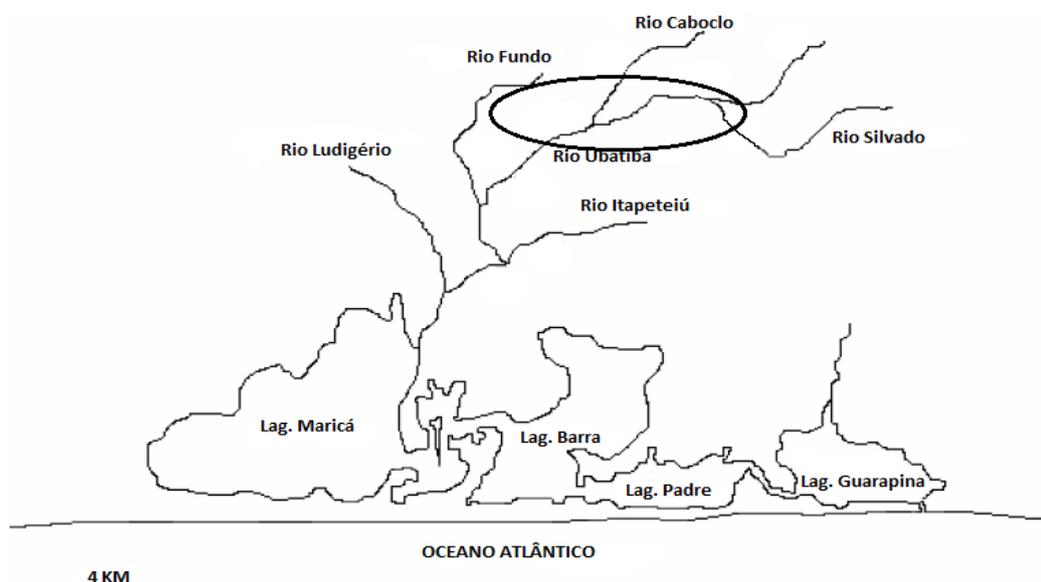


Figura 3 - Localização do rio Ubatiba (22°50' a 22°55'S e 42°43' a 42°50'W), Maricá, RJ, destacando o ponto de amostragem.

Fonte: Adaptado de Mazzoni et. al. (2006).

5.2 Método de amostragem

No presente trabalho, duas localidades no rio Ubatiba, RJ, foram amostradas bimestralmente, entre Junho de 2010 e Abril de 2011, através do método da pesca elétrica conforme Mazzoni *et al* (2000a) (Figura 4). Este método consiste primeiramente na delimitação do trecho amostrado com redes de fechamento para uma distância de 100 m entre elas. O deslocamento do trecho é realizado contra o fluxo da água por uma pessoa segurando um puçá elétrico ligado a um gerador

Honda EU20i, este localizado externamente ao rio, e por um assistente com um puçá comum (sem corrente). O coletor que está na frente com o puçá elétrico coleta as espécies desejadas e passa para o assistente que os coloca um em caixote flutuante com redes em volta, de modo a permitir a passagem da água. A coleta foi feita até que se atingisse o número mínimo de 35 indivíduos de cada espécie.

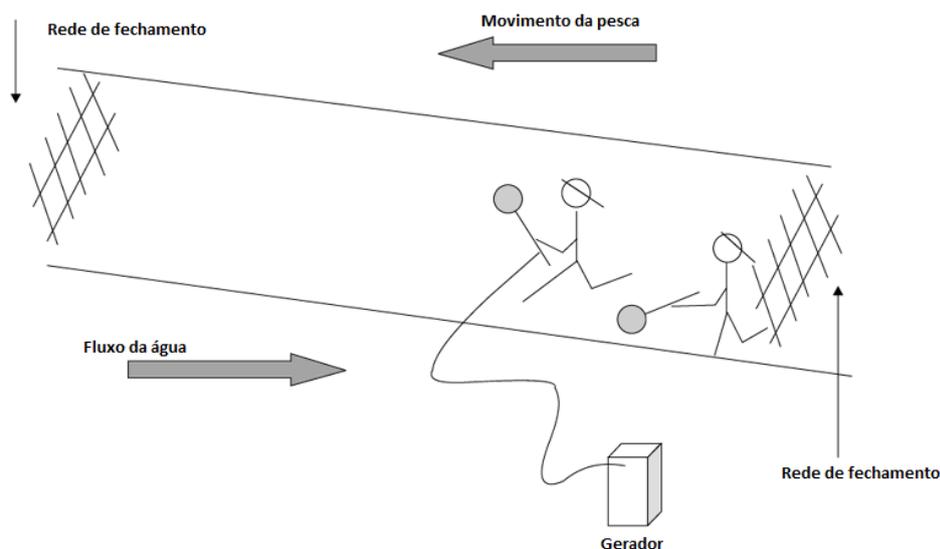


Figura 4 - Imagem ilustrativa da técnica de coleta utilizada.
Fonte: Mazzoni *et al.*(2000a)

Após coletados, os peixes foram acondicionados em gelo e transportados ao laboratório de Ecologia de Peixes de Água Doce (UERJ). Cada exemplar foi medido (comprimento padrão-Cp; cm) utilizando-se um ictiômetro, pesado (peso total-Pt, g) com uma balança de precisão e dissecado para registro do peso das gônadas (Pg, g), sexo e estágio de maturação. Os estágios de maturação foram determinados macroscopicamente de acordo com: (I) vascularização das gônadas e respectiva ocupação na cavidade abdominal, para ambos os sexos; (II) tamanho e coloração dos ovócitos, para as fêmeas e (III) liberação espontânea de esperma, para machos. Com base nessas características a seguinte classificação foi considerada: imaturos, maturação, maduros, semi-desovadas/semi-esgotados, desovados/esgotados, recuperação e recuperados (Vazzoler 1996)

As gônadas das fêmeas maduras foram retiradas, acondicionadas em papel alumínio e congeladas, para posterior determinação do número de ovócitos e quantificação da energia.

6 ESTRUTURA DA POPULAÇÃO E ASPECTOS DA BIOLOGIA REPRODUTIVA

6.1 Estrutura de tamanho corporal de machos e fêmeas

Foi estabelecida para cada espécie a estrutura de tamanho corporal através da distribuição do comprimento padrão (cm) de machos e fêmeas por classes de tamanho (Vazzoler 1981, 1996). A distância entre os pontos das classes de tamanho, para ambas as espécies, foi de 0,3 cm. O menor tamanho foi obtido de acordo com o menor indivíduo de cada espécie.

6.2 Relação peso x comprimento

Foi avaliada a relação peso (Pt) e comprimento (Cp) por regressão linear, descrita pela fórmula (Le Cren, 1951):

$$Pt = a Cp^b \quad (1)$$

Onde:

Pc= peso corpóreo,

Cp= comprimento padrão,

“a” e “b” = constantes da relação, sendo o

“b” reconhecido como coeficiente de alometria que indica o tipo de crescimento, alométrico ou isométrico do peixe.

6.3 Proporção sexual e sua distribuição no tempo

A proporção sexual foi estabelecida de acordo com Vazzoler (1996) para a totalidade da amostra, testando-se a frequência relativa de cada sexo através do

teste G (usando nível de significância $p > 0,05$) para ambas as espécies, com uma proporção esperada de 1:1. Esta análise foi realizada também ao longo do ano, considerando-se cada bimestre separadamente.

6.4 Tamanho médio da 1ª maturação (cp_{50})

O tamanho médio de primeira maturação (Cp_{50}) foi determinado de acordo com Vazzoler (1981). Para ambas as espécies, os indivíduos foram agrupados e classificados em adultos (indivíduos com qualquer sinal de gônada em desenvolvimento ou recuperação) e jovens (indivíduos sem sinais de gônadas reprodutivas ou pós reprodutivas). Para cada classe foi estabelecida a frequência relativa dos indivíduos jovens e adultos e considerado como tamanho da 1ª maturação a classe de tamanho em que a frequência de adultos for igual ou superior a 50% dos indivíduos.

6.5 Tipo de desova

O tipo de desova foi estabelecido a partir da distribuição do número de ovócitos de gônadas em diferentes estádios de maturação, em diferentes classes de tamanho. Esta separação se deu através de um ovocitômetro (Figura 5), aparelho este composto por um recipiente de acrílico retangular de dimensões 10cm X 10cm X 18cm contendo água e telas de malhas de diâmetros distintos distribuídas verticalmente, dispostas em sentido decrescente e sustentadas por duas torres de metal. Foram utilizadas malhas de 200 a 800 μm para o lambari e de 200 a 1600 μm para o cascudo.



Figura 5 - Ovocitômetro utilizado para a quantificação dos ovócitos por tamanho

Os ovários foram agitados em um pequeno tubo de vidro com tampa com o objetivo de facilitar o processo de dissociação dos ovócitos, antes de introduzi-los no aparelho. A seguir, os ovócitos dissociados foram então introduzidos no ovocitômetro com água e aguardado o tempo necessário para que se desse a completa sedimentação dos mesmos. Feito isto, foi contado o número de ovócitos obtidos em cada uma das malhas. O tipo de desova foi, então, estabelecido através das distribuições das frequências relativas de cada tamanho em três estádios reprodutivos: maturação inicial, maturação final e maduro.

6.6 Determinação da estação reprodutiva

O período reprodutivo foi estabelecido a partir da distribuição temporal do índice gonadossomático ($IGS = Pg/Pt * 100$) de exemplares adultos e da distribuição temporal da frequência de ocorrência dos exemplares reprodutivos (indivíduos adultos ($Cp > Cp_{50}$) com gônadas nos estádios: maduros, semi-desovadas/esgotados, desovadas/esgotados) e não reprodutivos (indivíduos adultos ($Cp < Cp_{50}$) com gônadas nos estádios: maturação inicial, recuperação e recuperados).

7 ALOCAÇÃO DE ENERGIA

7.1 Fecundidade e volume dos ovócitos

A fecundidade relativa foi estabelecida de acordo com o tipo de desova da espécie. Para a desova total a fecundidade foi estimada como o número de ovócitos vitelogênicos por unidade de peso total de gônadas maduras. Considerou-se como ovócitos vitelogênicos aqueles que ficaram retidos nas duas primeiras malhas (maiores) do ovocitômetro. Para a desova total a fecundidade relativa foi estimada como o somatório total dos ovócitos retidos até a malha 300 μm do ovocitômetro, por unidade de peso total. Para ambos os casos, ovócitos com diâmetro igual ou inferior a 200 μm foram considerados como ovócitos do estoque de reserva. O volume de ovócitos maduros de ambas as espécies foi calculado a partir da fórmula do volume da esfera, considerando o formato arredondado dos ovócitos:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \quad (2)$$

onde :

V= Volume da esfera,

r= Raio

7.2 Energia total investida na produção gonadal

Para ambas as espécies os ovócitos vitelogênicos foram acondicionados em papel alumínio e em seguida colocados em estufa a 60° C até atingirem um peso seco constante. O conteúdo resultante foi macerado, utilizando-se para isso cadinho e pistilo, de modo a se obter um pó fino. Este conteúdo foi então armazenado em pequenos potes de plástico com etiqueta de identificação. Posteriormente o conteúdo energético foi estabelecido em calorímetro (Ika200) (Figura 6), para cada gônada separadamente. A queima foi realizada no vaso de decomposição do aparelho que também foi preenchido com gás oxigênio a uma pressão de 30 Kgf/m². O vaso foi colocado no interior do aparelho, preso ao gatilho de iniciação da queima

e um tempo de aproximadamente 8 minutos foi esperado para que todo o processo de queima fosse realizado para cada uma das amostras.



Figura 6 - Calorímetro Ika 200 utilizado na queima das amostras.
Fonte: Labcontrol.

Foi estimada a quantidade de energia por ovócito, baseada na energia obtida através da queima para aquela quantidade amostral dividida pelo número de ovócitos que compunham a amostra. A energia investida na gônada de cada espécie foi estimada multiplicando-se a energia contida em um ovócito pela fecundidade absoluta. A energia relativa ficou estabelecida como esse valor dividido pelo peso total obtendo-se, assim, a energia total por grama de peixe. A existência de diferenças significativas para o total de energia investida na produção de ovócitos das duas espécies foi testada pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney.

8 RESULTADOS

8.1 Estrutura populacional e aspectos da biologia reprodutiva

8.1.1 Estrutura de tamanho corporal de machos e fêmeas

Machos e fêmeas de ambas as espécies apresentaram padrão de tamanho semelhante no qual as fêmeas ocorreram, com maior frequência, nas maiores classes de tamanho (Figuras 7 e 8), demonstrando, portanto, o dimorfismo apresentado pelas espécies, com fêmeas sendo maiores do que os machos. Os maiores tamanhos registrados para machos e fêmeas de *A. hastatus* foram 4,6 cm e 5,6 cm, respectivamente. Para esta espécie, foram medidos 71 machos ($3,7 \pm 0,42$ cm) e 160 fêmeas ($4,2 \pm 0,49$ cm). A análise de variância indicou que há diferenças significativas quando os sexos são comparados (ANOVA; $p < 0,05$; $F = 43,80$). Para *P. maculicauda* o maior valor encontrado foi de 4,4 cm para ambos os sexos. Foram medidos 64 machos ($3,4 \pm 0,37$ cm) e 148 fêmeas ($3,6 \pm 0,3$ cm). A análise de variância também indicou diferenças no tamanho para os sexos (ANOVA; $p < 0,05$; $F = 17,97$). Quanto à diferença de tamanho entre as espécies, de maneira geral, *A. hastatus* ($4,2 \pm 0,57$ cm) é significativamente maior do que *P. maculicauda* ($3,5 \pm 0,34$ cm) (ANOVA; $p < 0,05$; $F = 216$).

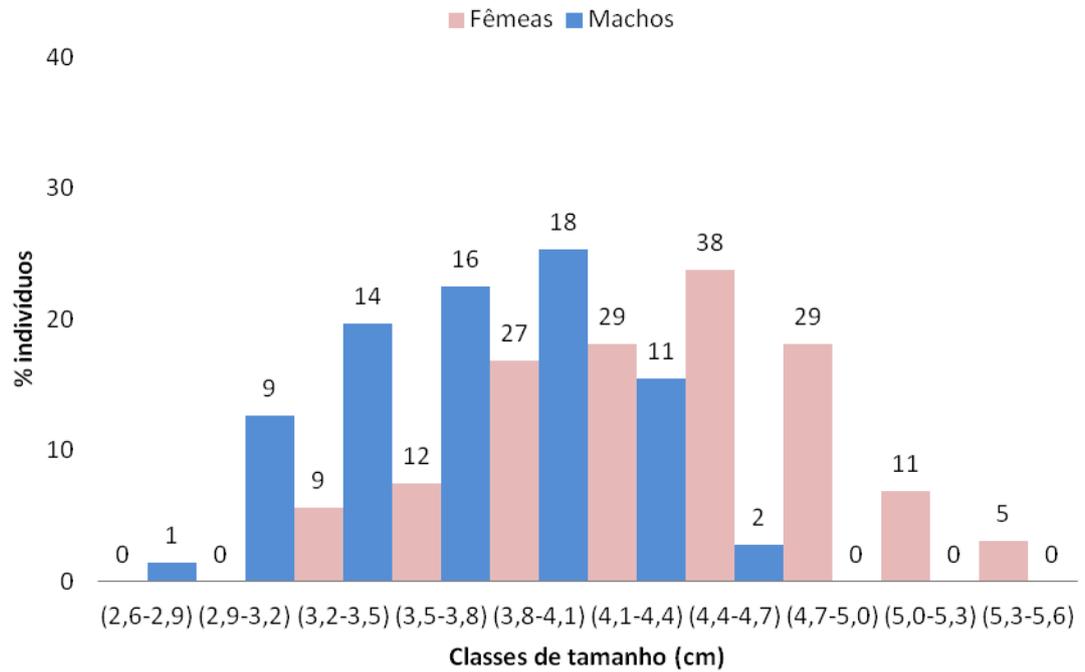


Figura 7 - Estrutura de tamanho (Cp) para machos (n=71) e fêmeas (n=160) de *A. hastatus* do rio Ubatiba, Maricá – RJ.

Nota: Os números acima das barras indicam o número de indivíduos amostrados.

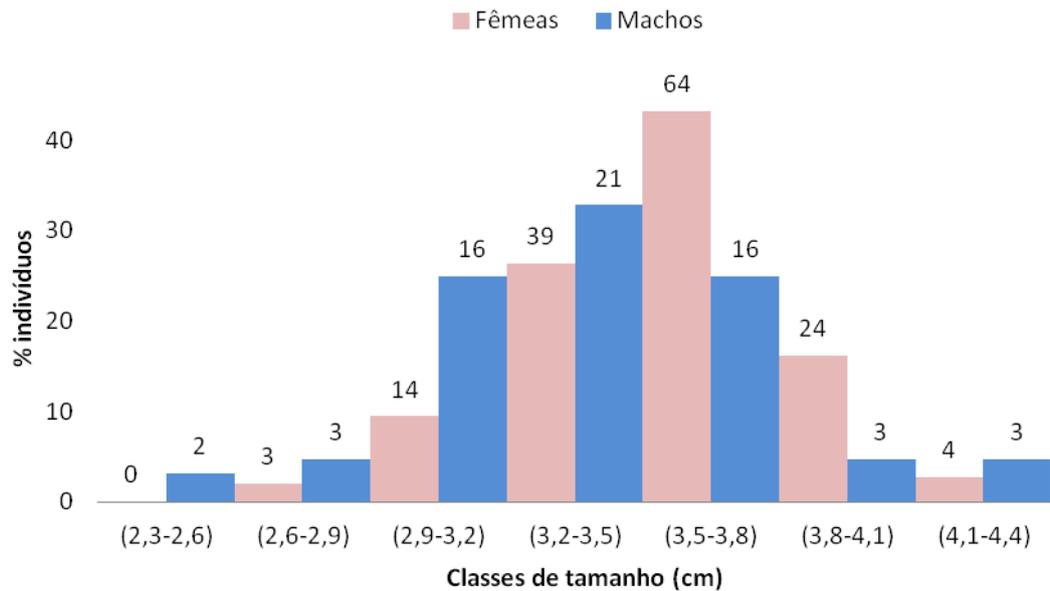


Figura 8 - Estrutura de tamanho (Cp) para machos (n=64) e fêmeas (n=148) de *P. maculicauda* do rio Ubatiba, Maricá – RJ.

Nota: Os números acima das barras indicam o número de indivíduos amostrados.

8.1.2 Relação peso x comprimento

Os resultados da relação entre o peso e o comprimento padrão para *Astyanax hastatus* (figuras 9 e 10) e *Parotocinclus maculicauda* (11 e 12) são expressos para machos e fêmeas, respectivamente. Suas respectivas equações e coeficientes alométricos indicaram valores próximos para machos (2,77) e fêmeas (2,80) de *P. maculicauda*, não havendo, portanto diferenças entre os sexos. Para *A. hastatus* a diferença nos valores de coeficiente alométrico foi mais acentuada, sendo de 2,82 para fêmeas e 2,49 para machos.

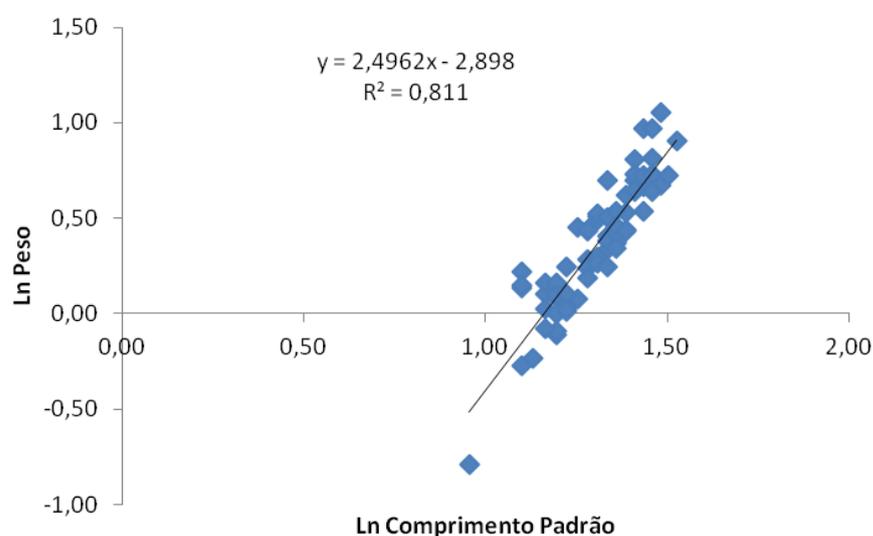


Figura 9 - Relação entre peso total (Pt) e comprimento padrão (Cp) de machos de *A. hastatus* no rio Ubatiba, Maricá – RJ (n=71).

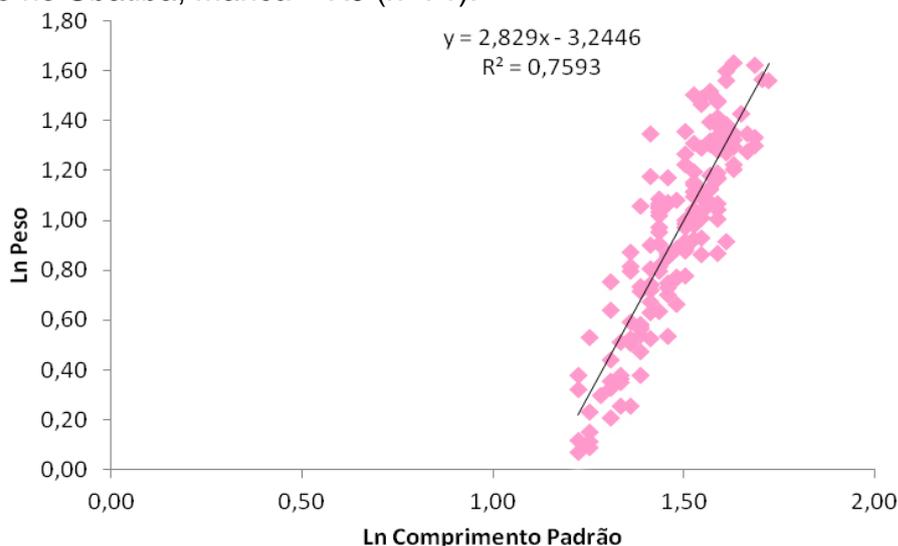


Figura 10 - Relação entre peso total (Pt) e comprimento padrão (Cp) de fêmeas de *A. hastatus* no rio Ubatiba, Maricá – RJ (n=159).

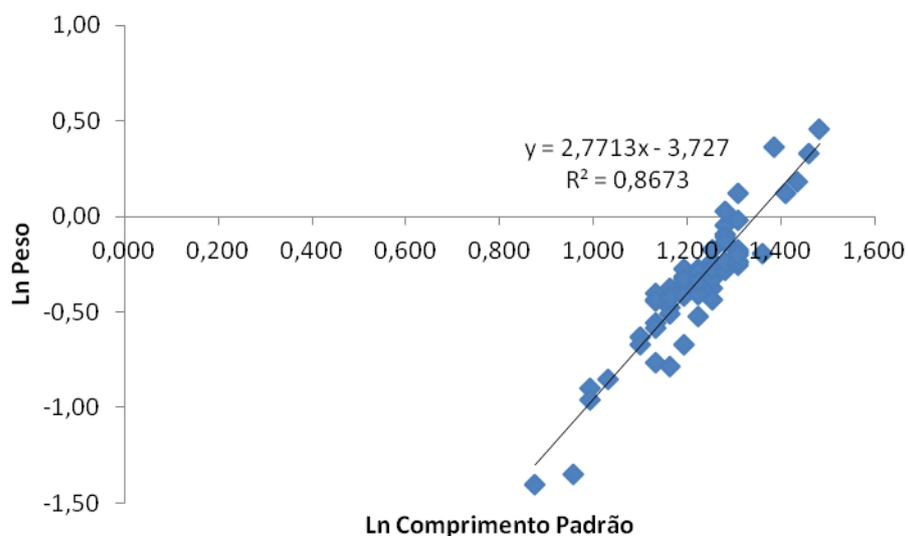


Figura 11- Relação entre peso total (Pt) e comprimento padrão (Cp) de machos de *P. maculicauda* no rio Ubatiba, Maricá – RJ (n=64).

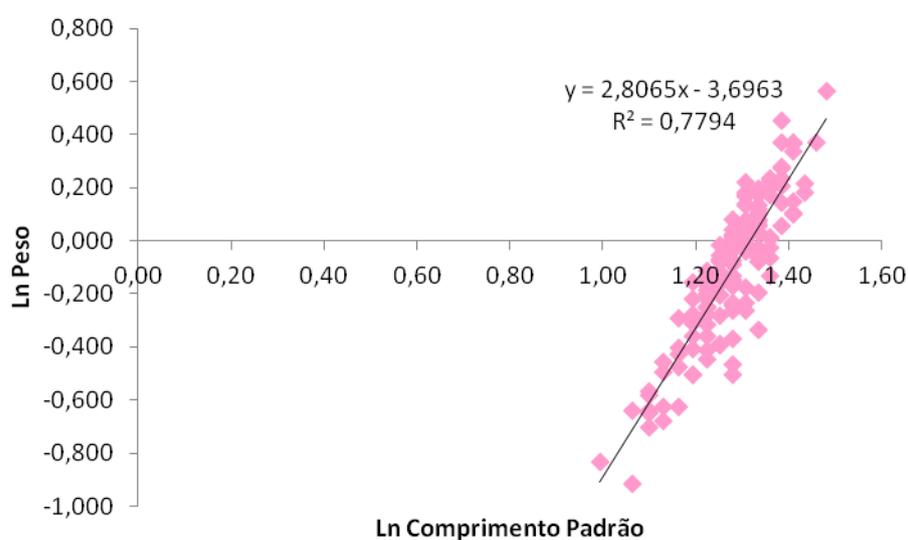


Figura 12 - Relação entre peso total (Pt) e comprimento padrão (Cp) de fêmeas de *P. maculicauda* no rio Ubatiba, Maricá – RJ (n=147).

8.1.3 Proporção sexual e sua distribuição no tempo

Para *A. hastatus*, um total de 236 exemplares foi analisado, sendo 160 fêmeas e 72 machos (Figura 13) em diferentes estádios reprodutivos, além de 4 indivíduos que não puderam ser identificados quanto ao sexo, sendo 2 deles

imaturos. A proporção sexual foi de 2,2 fêmeas para cada macho (2,2:1) com diferença significativa ($G=34,22$; $G.L= 1$; $P >0,01$) da proporção esperada de 1:1.

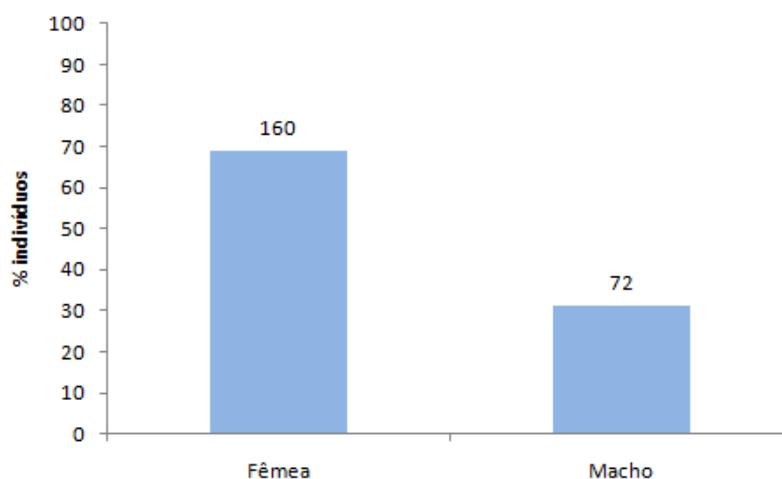


Figura 13 - Proporção sexual de *A. hastatus* do rio Ubatiba, Maricá – RJ.
Nota: Os números acima das barras indicam o número de indivíduos observados.

Para *P. maculicauda* foram capturados 234 indivíduos, sendo 148 fêmeas e 64 machos (figura 14) também em diferentes estádios reprodutivos. Não puderam ser identificados quanto ao sexo 22 indivíduos, sendo 14 deles imaturos. A proporção sexual foi de 2,3 fêmeas para cada macho (2,3:1) com diferença significativa ($G= 34,21$; $G.L= 1$; $P >0,01$) da proporção esperada de 1:1.

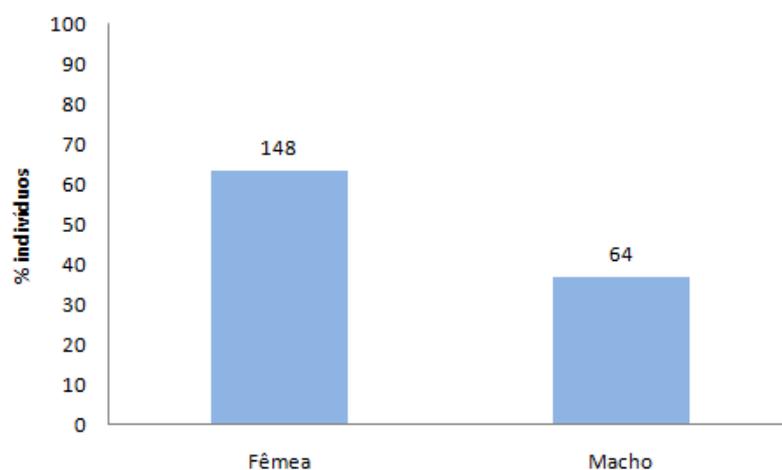


Figura 14 - Proporção sexual de *P. maculicauda* do rio Ubatiba, Maricá – RJ.
Nota: Os números acima das barras indicam a quantidade de indivíduos amostrados.

A distribuição temporal da proporção sexual, para ambas as espécies, foi baseada apenas em indivíduos adultos pela falta de informações a respeito do sexo de indivíduos jovens. De acordo com os dados obtidos para *A. hastatus*, nos meses

de Janeiro a Outubro foi registrada a maior quantidade de fêmeas com um pico em Março/Abril. Apenas em Novembro/Dezembro houve predominância de machos (Figura 15).

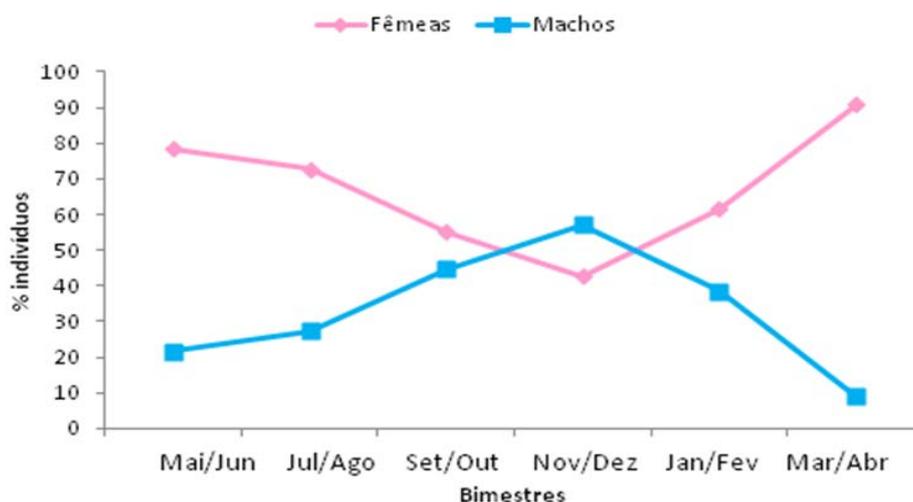


Figura 15 - Distribuição sexual de *A. hastatus* no rio Ubatiba, Maricá – RJ.

P. maculicauda apresentou uma distribuição sexual semelhante, porém com fêmeas se mantendo mais representativas durante todo o ano, com pico no bimestre Novembro/Dezembro e depois, novamente, em Março/Abril (Figura 16).

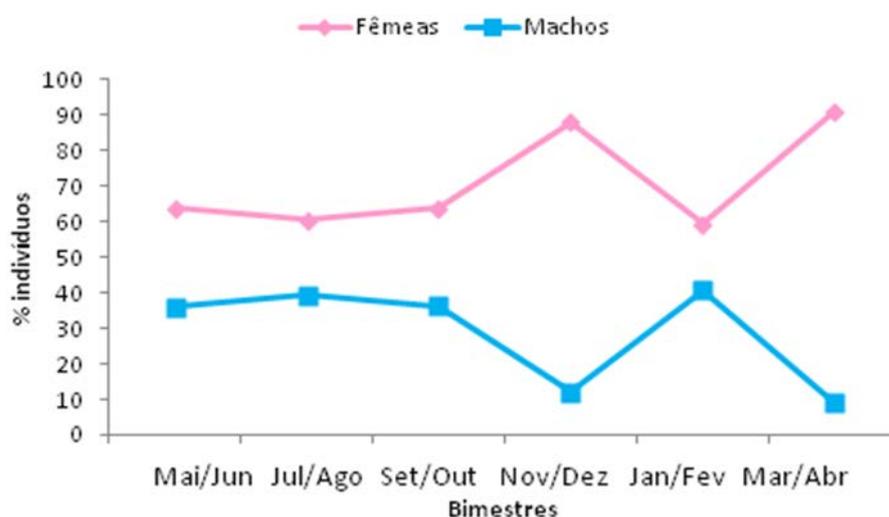


Figura 16 - Distribuição sexual de *P. maculicauda* do rio Ubatiba, Maricá – RJ.

8.1.4 Tamanho médio da 1ª maturação

Para ambas as espécies, o tamanho médio de primeira maturação (Cp_{50}) ficou compreendido na classe de tamanho entre 2,5 cm e 3,0 cm (representada neste trabalho pelo ponto médio da classe de tamanho = 2,75cm) da população como um todo (Figuras 17 e 18). Considerando o menor exemplar reprodutivo de cada espécie observou-se que os indivíduos de *A. hastatus* alcançam a maturidade com tamanhos superiores para fêmeas ($Cp = 3,4$ cm), mas não para machos ($Cp = 3,0$ cm) em relação aos indivíduos de *P. maculicauda* ($Cp = 3,2$ cm para fêmeas e 3,3 para machos).

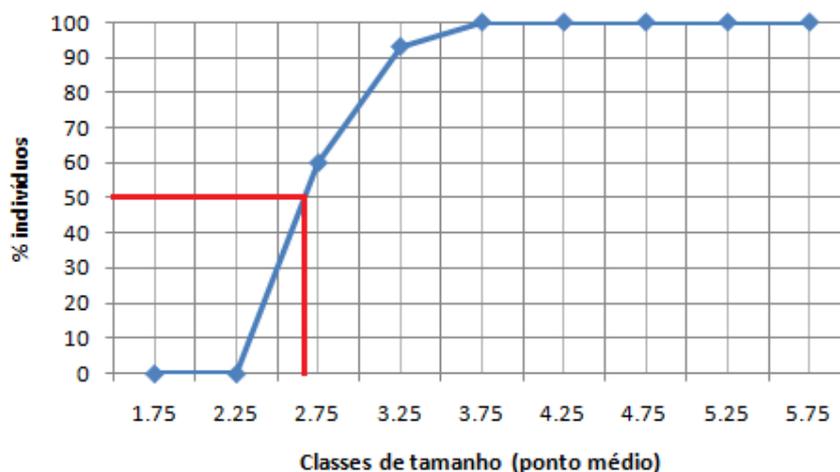


Figura 17 - Distribuição da frequência percentual (%), por classe de tamanho (Cp , cm), do total de exemplares adultos (machos e fêmeas) em relação ao número de jovens de *A. hastatus* do rio Ubatiba, Maricá – RJ.

Nota: A linha vermelha indica o tamanho de 1ª maturação.

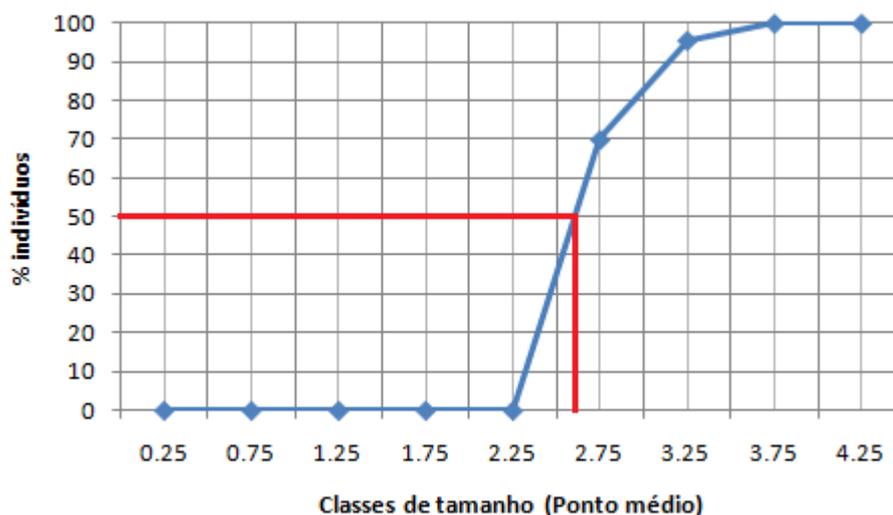


Figura 18 - Distribuição da freqüência percentual (%), por classe de tamanho (C_p , cm do total de exemplares adultos (machos e fêmeas) em relação ao número de jovens de *P. maculicauda* do rio Ubatiba, Maricá – RJ.

Nota: A linha vermelha indica o tamanho de 1ª maturação.

8.1.5 Tipo de desova

A distribuição de tamanho dos ovócitos de gônadas de *A. hastatus* em diferentes estádios de maturação (Figura 19) demonstrou a presença de uma única moda de diâmetro de ovócitos nas gônadas maduras indicando que a desova da espécie é do tipo total.

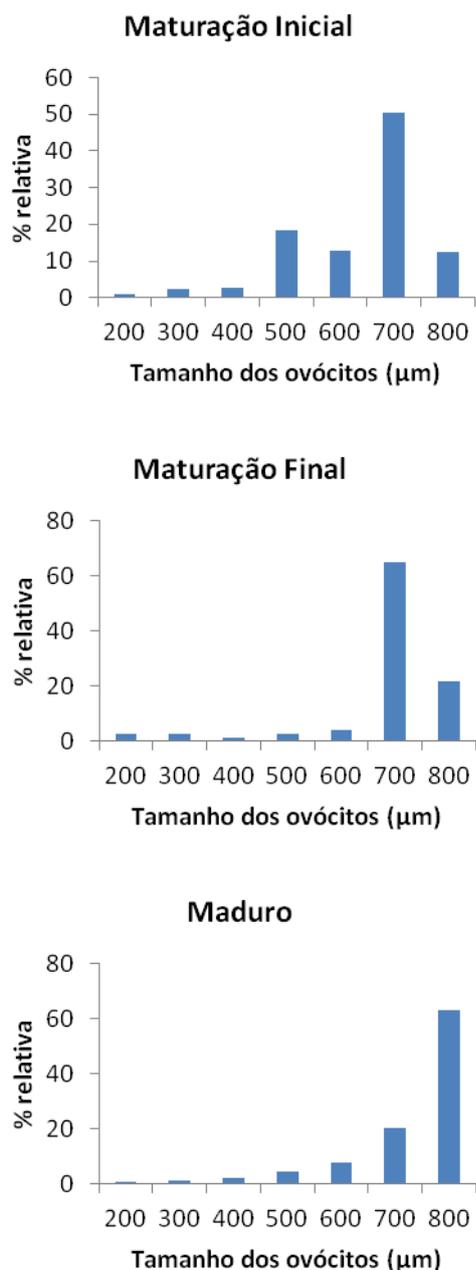


Figura 19 - Distribuição de frequência dos diâmetros dos ovócitos de gônadas de *A. hastatus* em diferentes estádios de maturação.

A distribuição de tamanho dos ovócitos de gônadas de *P. maculicauda*, em diferentes estádios de maturação (Figura 20) demonstra a presença de três modas de diâmetros que evoluem em tamanho desde o estágio de maturação inicial até o estágio maduro sugerindo que a desova da espécie é do tipo parcelada de três lotes.

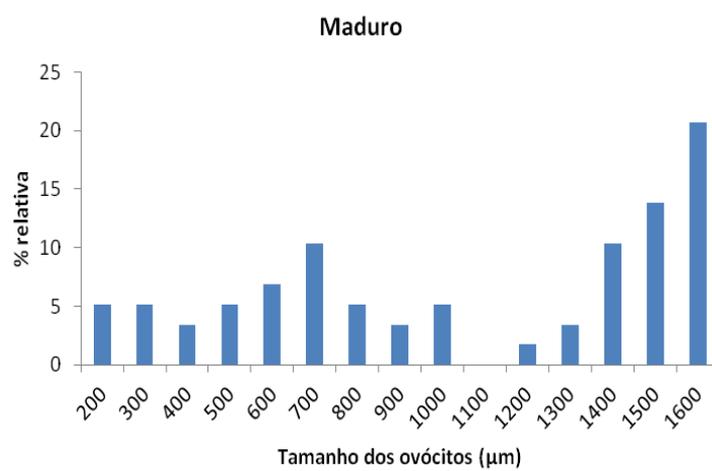
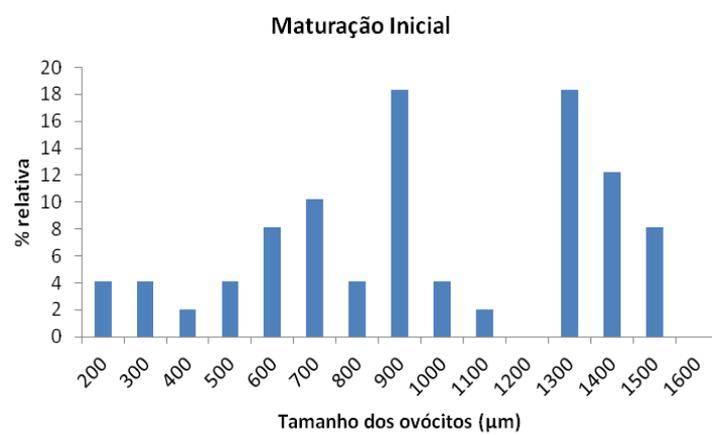
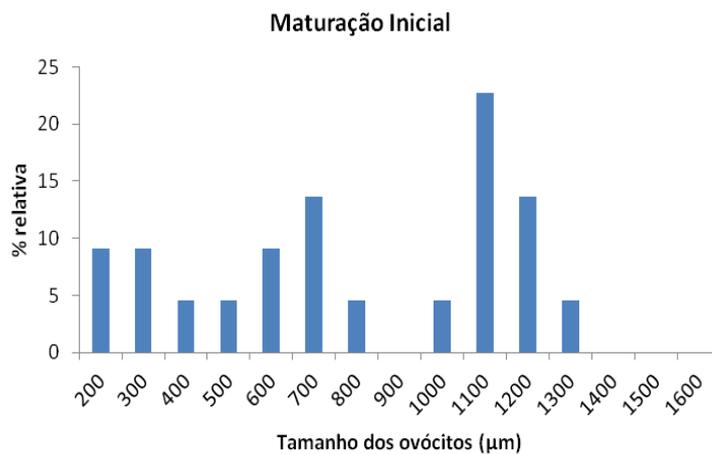


Figura 20: Distribuição de frequência dos diâmetros dos ovócitos de gônadas de *P. maculicauda* em diferentes estádios de maturação.

8.1.6 Determinação da estação reprodutiva

Os resultados da variação temporal da frequência de ocorrência de indivíduos reprodutivos e não reprodutivos e do IGS de ambas as espécies são apresentados para os dados agrupados de todo o período de estudo (Junho de 2010 à Abril de 2011). Esses resultados sugerem que *A. hastatus* apresentou atividade reprodutiva em todos os meses do ano, com pico em Novembro/Dezembro (Figura 21)

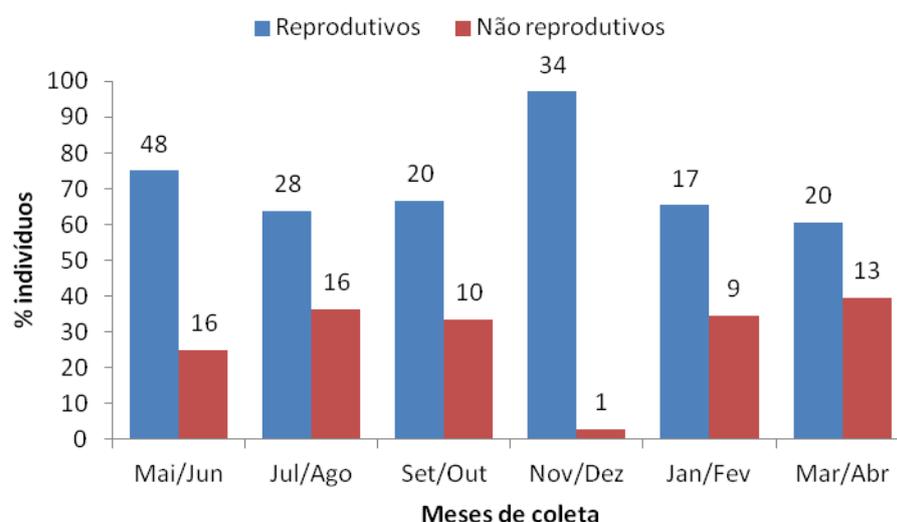


Figura 21- Variação temporal da frequência de indivíduos reprodutivos (indivíduos adultos ($C_p > C_{p50}$) com gônadas nos estádios: maduros, semi-desovadas/esgotados, desovadas/esgotados) e não reprodutivos (indivíduos adultos ($C_p < C_{p50}$) com gônadas nos estádios: maturação inicial, recuperação e recuperados) de *A. hastatus*, rio Ubatiba, Maricá – RJ.

Nota: Os números acima das barras indicam o número de indivíduos observados.

O gráfico com a distribuição dos valores de IGS (Figura 22 e 23) corrobora o da figura 21, demonstrando não somente que o período reprodutivo se estende durante todo o ano, como também o pico reprodutivo no bimestre Novembro/Dezembro.

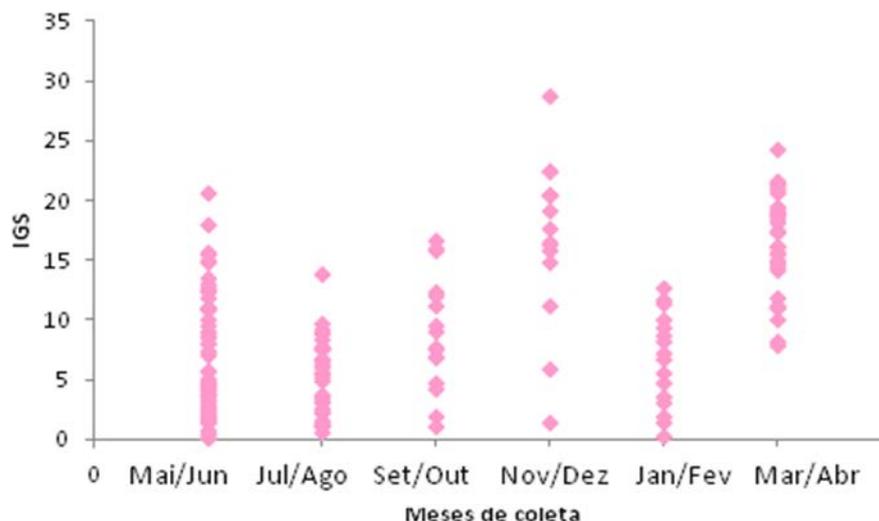


Figura 22 - Distribuição temporal dos valores individuais do índice gonadosomático (IGS) de fêmeas adultas de *A. hastatus*, rio Ubatiba, Maricá – RJ.

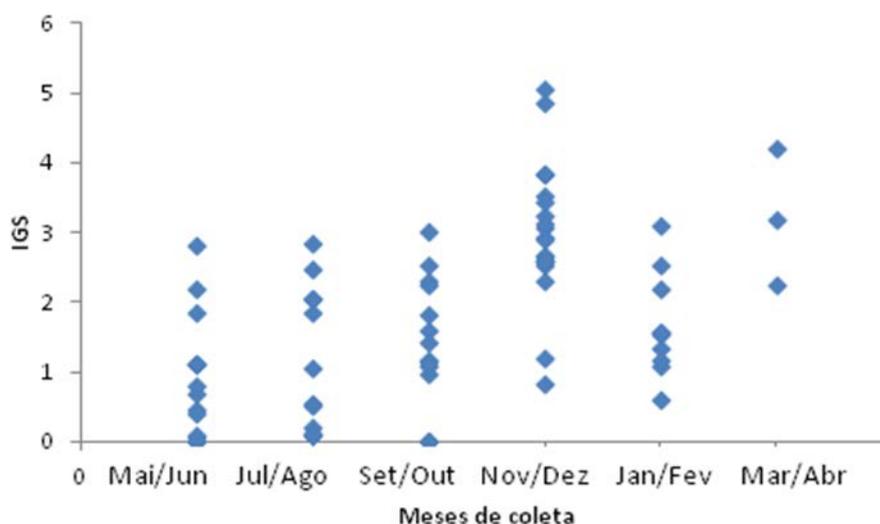


Figura 23 - Distribuição temporal dos valores individuais do índice gonadosomático (IGS) de machos adultos de *A. hastatus*, rio Ubatiba, Maricá – RJ.

A distribuição dos estádios de maturação de *P. maculicauda* demonstrou que a reprodução ocorre com maior frequência, e de maneira regular, durante a estação chuvosa (Setembro a Março). Já na estação seca (Maio a Agosto) a reprodução cai acentuadamente, principalmente no bimestre Maio/Junho (Figura 24)

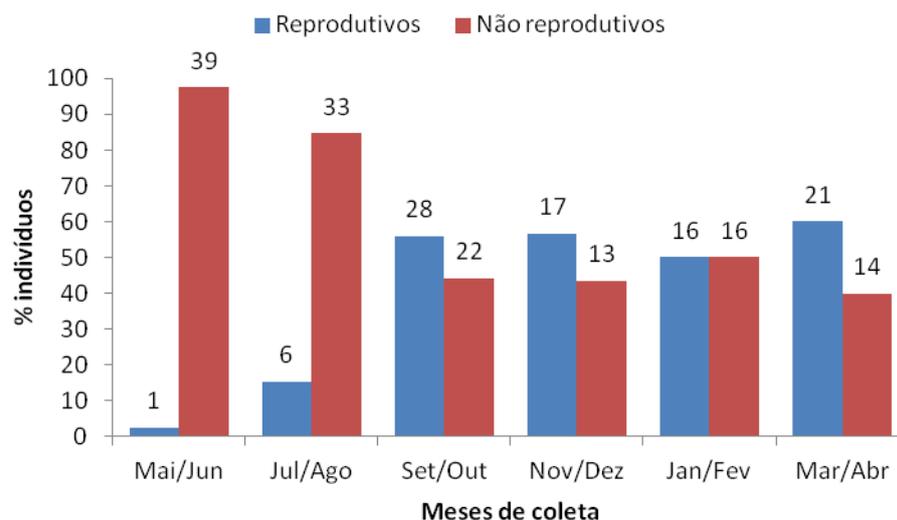


Figura 24 - Variação temporal da frequência de indivíduos reprodutivos (indivíduos adultos ($C_p > C_{p50}$) com gônadas nos estádios: maduros, semi-desovadas/esgotados, desovadas/esgotados) e não reprodutivos (indivíduos adultos ($C_p < C_{p50}$) com gônadas nos estádios: maturação inicial, recuperação e recuperados) de *P. maculicauda*, rio Ubatiba, Maricá – RJ.

Nota: Os números acima das barras indicam o número de indivíduos observados.

A distribuição temporal dos valores de IGS também demonstrou que a reprodução diminui de maneira brusca nos meses de outono/inverno (25 e 26). Essa relação é melhor observada, principalmente, quando o IGS das fêmeas é analisado.

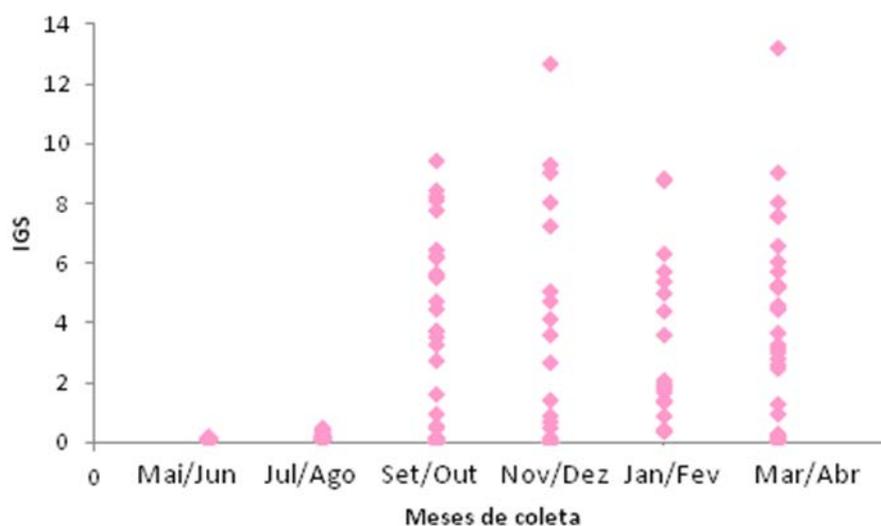


Figura 25 - Distribuição temporal dos valores individuais do índice gonadosomático (IGS) de fêmeas adultas de *A. hastatus*, rio Ubatiba, Maricá – RJ.

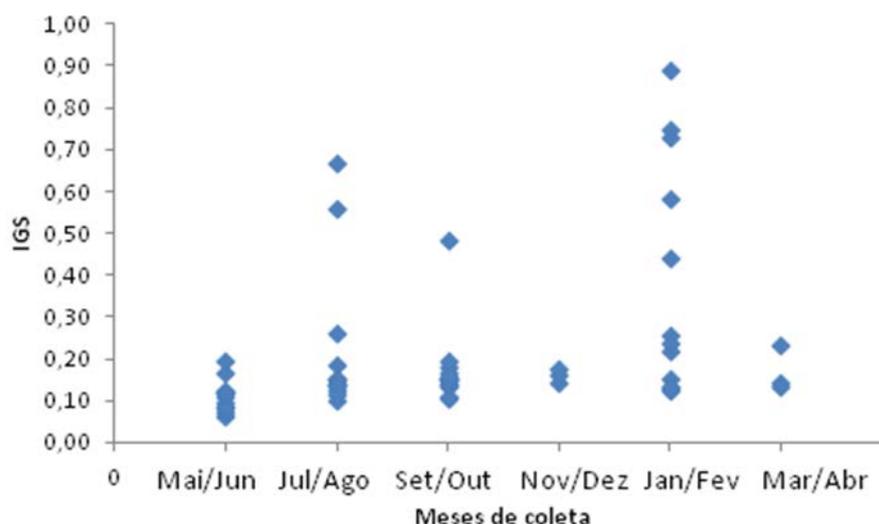


Figura 26 - Distribuição temporal dos valores individuais do índice gonadossomático (IGS) de machos adultos de *P. maculicauda*, rio Ubatiba, Maricá – RJ.

8.2 Alocação de energia

8.2.1 Fecundidade e volume dos ovócitos

A fecundidade relativa de *A. hastatus* e *P. maculicauda* apresentou diferenças significativas ($p < 0,01$). *Astyanax hastatus* apresentou, em média, 463 ± 213 ovócitos/gr de peixe e *P. maculicauda* apresentou, em média 47 ± 13 ovócitos/gr de peixe. A análise de variância indicou que a diferença entre as espécies é significativa (ANOVA; $p < 0,05$; F: 80,32) Os volumes dos ovócitos vitelogênicos também foram distintos entre as espécies. *Astyanax hastatus* apresentou pequenos ovócitos com diâmetro e volume de $800 \mu\text{m}$ e $0,26 \text{ mm}^3$, respectivamente enquanto *P. maculicauda* apresentou ovócitos maiores com diâmetro e volume de $1.600 \mu\text{m}$ e $2,14 \text{ mm}^3$, respectivamente.

8.2.2 Energia total investida da produção gonadal

A energia acumulada em cada ovócito vitelogênico diferiu significativamente quando comparadas as duas espécies. *Astyanax hastatus* produziu ovócitos vitelogênicos com valor calórico individual de $0,4 \pm 0,08$ cal/ovócito, enquanto que *P. maculicauda* produz ovócitos com valor calórico individual de $1,8 \pm 1,1$ cal/ovócito. A análise de variância indicou que a diferença no investimento é significativa (ANOVA; $p < 0,05$; F: 46,32)

Foi verificado também, que o valor energético médio dos ovócitos de *Astyanax* foi $50,05 \pm 24$ cal/g/g de peixe e o de *Parotocinclus* foi $38,40 \pm 29,47$ cal/g/g de peixe, com diferenças significativas (U=196; $p = 0,013$). No entanto, se for considerado, para *P. maculicauda*, a totalidade de ovócitos presentes nas gônadas maduras (ovócitos vitelogênicos do 1º lote + os demais ovócitos do 2º e 3º lotes) o valor energético médio da espécie foi de $88,15 \pm 72,46$ cal/g/g de peixe sem diferenças significativas entre as espécies (U=235, $p = 0,08$). Essa diferença ocorre porque na primeira análise não foram computados todos os ovócitos que serão utilizados na estação reprodutiva de *Parotocinclus* (esta espécie possui desova parcelada e, portanto, devem ser considerados todos os ovócitos que se tornarão vitelogênicos até o final da estação reprodutiva).

9 DISCUSSÃO

9.1 Estrutura populacional e aspectos da biologia reprodutiva

9.1.1 Estrutura de tamanho de machos e fêmeas

A estrutura de tamanho de uma população é uma característica que responde ao ambiente e pode variar de ano para ano. Assim, as espécies de peixes se mantêm sob condições continuamente dinâmicas e a estrutura de comprimento pode ser alterada dentro de limites típicos da espécie. Essa flexibilidade de táticas representa um ajuste às mudanças do meio dentro das condições de sobrevivência (Nikolsky 1969). Tais diferenças de tamanho podem afetar de forma distinta os machos e fêmeas de uma população e são a forma mais frequente de expressão de dimorfismos sexuais (Nikolsky 1963)

Neste trabalho, *A. hastatus* apresentou fêmeas maiores do que machos, sendo elas, também mais freqüentes nas maiores classes de tamanho. Para *P. maculicauda*, também foi encontrado um maior número de fêmeas nas maiores classes de tamanho, porém o maior indivíduo fêmea encontrado teve o mesmo tamanho do maior macho encontrado, de 4,4 cm.

Taxas de crescimento diferenciadas entre os sexos podem explicar os maiores tamanhos atingidos pelas fêmeas, assim como sua prevalência nas classes maiores (Vazzoler 1971). No presente trabalho, foram registrados maiores tamanhos para as fêmeas de 5,6 cm e 4,6 cm para os machos, resultado semelhante ao observado para a mesma população de *A. hastatus* (= *Deuterodon hastatus*) (Mazzoni and Petito 1999). Neste trabalho, as fêmeas alcançaram 6,0 cm de comprimento e machos 4,4 cm. Isso sugere que essa característica da história de vida de *A. hastatus* tem se mantido ao longo do tempo. Maior abundância de fêmeas nas classes de maior tamanho, também foi verificado para *A. janeiroensis*, também no rio Ubatiba (Mazzoni *et al.* 2005). No entanto, resultado diferente foi encontrado para *A. fasciatus* registrando machos com tamanhos superiores aos das fêmeas (Gurgel 2004).

Predomínio de fêmeas nas maiores classes de tamanho também foi observado para *P. maculicauda* do presente estudo e para outra população dessa mesma espécie estudada no rio Mato Grosso (Saquarema – RJ) (Lima 2009). Um estudo de *Harttia loricariformis*, espécie da mesma família que *P. maculicauda*, registrou maior frequência de machos nas maiores classes de tamanho, além de uma maior amplitude de tamanho para os indivíduos desse sexo (Menezes *et al.* 1998). Taxas distintas de mortalidade podem explicar o predomínio de um dos sexos sobre o outro nas diferentes classes de comprimento. Os maiores tamanhos de fêmeas também podem ser explicados pela vantagem de um maior tamanho corporal na produção de maior número de ovócitos (Vincent and Giles 2003).

9.1.2 Relação peso x comprimento

A relação entre o peso e o comprimento reflete a forma de crescimento dos indivíduos de uma população, bem como as condições alimentares recentes do peixe, podendo ser, portanto, um indicador quantitativo do grau de bem estar do peixe (Le Cren 1951; Vazzoler 1996). O coeficiente de alometria b , proveniente dessa relação, é utilizado como indicativo do tipo de crescimento dos indivíduos da população e varia de 2,5 a 4,0, assumindo valor 3,0 para um “peixe ótimo”, que mantém a mesma forma durante o crescimento ontogenético (isometria); valores inferiores e superiores a 3,0 são indicativos de que o peixe, ao longo do crescimento, se torna mais “longilíneo” (alometria negativa) e mais “arredondado” (alometria positiva), respectivamente (Le Cren 1951).

Para *P. maculicauda*, os coeficientes alométricos dos machos e das fêmeas foram bem próximos e indicaram que os indivíduos da população tem crescimento alométrico negativo, tornando-se, assim, mais longilíneos com o aumento da idade. *A. hastatus* também apresentou crescimento alométrico negativo. Verificamos então que as duas espécies estudadas apresentaram maior crescimento em comprimento, o que pode ser visto como uma vantagem evolutiva, pois fêmeas maiores tendem a produzir maior número de ovócitos do que indivíduos menores, deixando mais descendentes do que estes (Vazzoler 1996; Lobon-Cevia *et al.* 1997; Duarte and Araújo 2002; Mazzoni *et al.* 2005). Outro estudo registrou coeficiente alométrico

próximo do encontrado no presente trabalho (2,59) para *A. fasciatus* (Gurgel, 2004) e um estudo com outra população de *P. maculicauda*, também registrou coeficiente alométrico negativo (1,4). (Lima 2009).

9.1.3 Proporção sexual e sua distribuição no tempo

A proporção sexual é uma importante ferramenta na caracterização da estrutura de uma população, servindo também como subsídio no estudo do potencial reprodutivo, além de estimativas do tamanho do estoque (Vazzoler 1996). Um aspecto importante no estudo da estrutura populacional de peixes é que, na maioria dos casos, a proporção sexual é de 1:1 (Nikolski 1969), entretanto, esta mesma pode variar consideravelmente de espécie para espécie, podendo também variar na mesma população, de um ano para outro.

No presente trabalho, tanto *A. hastatus* quanto *P. maculicauda*, apresentaram proporção sexual significativamente diferente de 1:1, sendo de 2,2 para o primeiro e de 2,3 para o segundo, com o número de fêmeas superior ao de machos para ambas as espécies. A maior proporção de fêmeas pode ser interpretada como uma característica de espécies com fecundação externa e sem cuidado parental (Nikolsky 1963), ambas características de *A. hastatus*. Seria, portanto, uma forma de produzir um maior número de ovócitos e assim, garantir o sucesso reprodutivo (Nikolsky 1963). Fêmeas seriam predominantes também quando o alimento é abundante (Nikolsky 1963). Além destes, outros fatores também podem influenciar a proporção sexual, como comportamento diferencial, crescimento, mortalidade e período reprodutivo (Nikolsky 1963; Vazzoler 1996; Araújo and Gurgel 2002).

A proporção sexual não divergiu de 1:1 em uma população de *Astyanax fasciatus* (Gurgel, 2004), apesar de a diferença ter sido significativa quando essa relação foi avaliada por trimestre, ocorrendo um número de fêmeas maior na época reprodutiva. Em um estudo com *Astyanax janeiroensis* não houve diferença significativa da proporção esperada de 1:1 (Mazzoni *et al.* 2005). *Bryconamericus microcephalus*, espécie da mesma família que *Astyanax*, possui mesma proporção sexual encontrada para *Astyanax hastatus* neste trabalho (Mazzoni and Silva 2006).

A predominância de fêmeas, de uma maneira geral, também pode ser explicada por estas se encontrarem mais pesadas, em razão do maior volume gonadal ou mesmo em função de estarem sempre ativas, à procura de locais para desova, estando, portanto mais suscetíveis à captura (Gurgel 2004)

Quanto à distribuição sexual no ano, foi verificado que *A. hastatus* apresentou predominância de fêmeas durante quase todo o ano, com exceção do bimestre Novembro/Dezembro, quando machos tornam-se um pouco mais freqüentes do que fêmeas. Este fato coincide com o pico reprodutivo que ocorre neste período. Este comportamento seria vantajoso, pois um maior número de machos teria chances maiores de fecundar um maior número de ovócitos. Apesar disso, fatores de pressão ambiental podem deslocar positivamente ou negativamente a efetividade da espécie no ambiente, alterando a proporção sexual (Wooton 1998).

Em relação a *P. maculicauda*, verificou-se que para *Loricariichthys spixii* (Araújo *et al.* 1998) e *Pseudotothyris obtusa* (Takeuti *et al.* 1999) a divergência na proporção sexual foi significativa, com o número de fêmeas superior ao de machos. Esta proporção se manteve durante todo o ano, assim como no presente trabalho. No entanto o estudo de outra população de *Parotocinclus maculicauda* no rio Mato Grosso, Saquarema, Rio de Janeiro, registrou proporção inversa a encontrada neste trabalho, com machos sendo significativamente numerosos em relação ao número de fêmeas, com proporção de 1,4:1 (Lima 2009).

9.1.4 Tamanho médio da 1ª maturação (Cp_{50})

O tamanho médio de primeira maturação (Cp_{50}) é uma medida na qual 50% dos indivíduos iniciam seu primeiro ciclo reprodutivo, passando então, da fase juvenil para a adulta (Vazzoler 1996). É um parâmetro importante no manejo racional dos recursos pesqueiros, pois constitui uma informação necessária para a determinação do tamanho mínimo de captura e do tamanho de malhas (Agostinho and Gomes 1997). Este parâmetro varia inter e intraespecificamente em função das condições do ambiente, e em decorrência de taxas de crescimento diferenciadas (Nikolsky 1963; Wooton 1984; Vazzoler 1996), dependendo da alocação relativa de energia entre crescimento somático e gonadal (Mann *et al.* 1984).

Tanto para *Astyanax* quanto para *Parotocinclus* foi registrado Cp_{50} na mesma classe de tamanho, com ponto médio de 2,75 cm. Esse valor se aproxima do encontrado para a mesma população de *Astyanax* no rio Ubatiba ($Cp_{50}=2,8$) (Mazzoni and Petito 1999) e com o encontrado para outra população do cascudo no rio Mato Grosso (Lima 2009). Há registros de valores de 1ª maturação bem superiores para *Hypostomus affinis* e *Hypostomus luetkeni* (14,4 cm e 160 cm, respectivamente) (Mazzoni and Caramaschi 1995), assim como para *Hypostomus punctatus* (entre 10 cm e 11,5 cm) (Menezes and Caramaschi 1994). Observou-se também para *Astyanax janeiroensis* um tamanho de primeira maturação de 5,5 cm (Mazzoni *et al.* 2005) e para *Astyanax scabripinnis* valor em torno de 5 cm (Verengue and Orsi 2003).

9.1.5 Tipo de desova

O tipo de desova refere-se ao modo como as fêmeas liberam os ovócitos maduros dentro do seu período reprodutivo. Este é determinado pela interação entre a dinâmica do desenvolvimento ovocitário, freqüência de desova dentro do período de reprodução e do número desses períodos durante a sua vida, podendo ser, total ou parcelada (Vazzoler 1996). Diferentes conjuntos de fatores ambientais influenciam a desova. Fatores como fotoperíodo, tipo de substrato apropriado ou mesmo variações no fluxo da água ou temperatura podem atuar estimulando a desova (Reay 1984).

Para peixes que possuem desova total, a fecundidade da estação reprodutiva e o lote de fecundidade são os mesmos, entretanto, para peixes que apresentam desova parcelada ou em lotes, a fecundidade da estação reprodutiva dependerá do número de vezes que a fêmea desova durante a estação (Wootton 1990). A desova parcelada ou múltipla representa um importante mecanismo de otimização da fecundidade de um peixe. Quando o tamanho é um fator que limita a produção elevada de um maior número de ovócitos, a solução pode ser aumentar a fecundidade produzindo então uma maior quantidade de ovócitos em parcelas (Vazzoler 1996).

Por outro lado, espécies com desova total eliminam um único lote de ovócitos maduros em um curto intervalo de tempo. Essa é uma característica de espécies com longas migrações (Vazzoler 1996). No presente estudo, a espécie *Astyanax hastatus* apresentou desova total e, apesar de não realizar longas migrações, recentes observações de campo ainda não publicadas, sugerem que a espécie realiza movimento de deslocamento para montante durante a estação reprodutiva (Rosana Mazzoni comunicação pessoal). Foi identificado o mesmo tipo de desova para esta mesma população do Ubatiba, há pouco mais de 10 anos (Mazzoni and Petito 1999). Também houve observação de desova total na espécie *Characidium sp.*, outra espécie de Characidae do rio Ubatiba, Maricá, RJ (Mazzoni *et al.* 2002a).

A estratégia da desova parcelada foi adotada por *Parotocinclus maculicauda*, que produziu ovócitos em três parcelas ou lotes, de modo que sua baixa fecundidade, por lote, é compensada pelos diferentes episódios de postura. O estudo de outra população de *P. maculicauda* do rio Mato Grosso (Saquarema, RJ) também encontrou desova parcelada para a população local (Lima 2009). Este tipo de estratégia é comum em Loricarídeos que além de possuírem fecundidade reduzida e ovócitos de tamanho relativamente grande praticam o cuidado parental como forma de compensar as perdas oriundas da baixa fecundidade (Vazzoler 1996).

9.1.6 Determinação da estação reprodutiva

Variações no tamanho absoluto e relativo dos ovários durante o ciclo reprodutivo refletem amplamente o aumento do desenvolvimento dos ovócitos (Wootton 1990). Por isso uma maneira bastante eficaz de se determinar o período reprodutivo de uma espécie é associando a variação temporal da frequência das gônadas em distintos estádios de maturidade à de indicadores quantitativos da fase em que a gônada se encontra. Isto pode ser feito, por exemplo, através do Índice Gonadossomático (IGS), uma vez que valores elevados deste índice correspondem ao período reprodutivo, pois grande parte da energia acumulada pelo indivíduo deve ter sido canalizada para o desenvolvimento das gônadas (principalmente ovários) e/ou para migrações ou outros comportamentos reprodutivos (Vazzoler 1996).

A espécie *A. hastatus* apresentou um padrão reprodutivo consistente durante todo o ano, com pico reprodutivo em Novembro/Dezembro. Já a reprodução de *P. maculicauda* ocorreu durante quase todo o ano com uma frequência extremamente reduzida de Maio à Julho (estações frias e secas), com poucos indivíduos reprodutivos encontrados neste período.

O complexo de adaptações comportamentais para a reprodução não fazem sentido se as condições ambientais não são favoráveis à sobrevivência de indivíduos jovens (Moyle and Cech 1982). Em razão disso, alguns autores sugerem que estas condições bióticas e abióticas podem trazer desvantagens para a progênie, ocorrendo redução do suprimento alimentar e dos locais de abrigo, além do aumento da predação (Goulding 1989).

Astyanax hastatus parece não sofrer muito com as variações no ambiente, fato este corroborado pela reprodução durante todo o ano. Pode ser observado, inclusive, um pico reprodutivo no início do verão, provavelmente provocado pelo aumento de luminosidade e temperatura, fatores importantes que podem ativar, diretamente ou através de órgão sensoriais, glândulas produtoras de hormônios, realizando uma resposta fisiológica e comportamental apropriada (Wootton 1984; Moyle and Cech 1996). Esses determinantes abióticos são chamados de fatores preditivos, que estão diretamente ligados a tais fatores endógenos (Vazzoler 1996). Uma das questões mais discutidas, hoje, é saber qual destes dois fatores é, de fato, o mais importante no controle do ciclo reprodutivo das espécies (Sumpter 1990).

Algumas outras espécies de Siluriformes também parecem apresentar período reprodutivo bem semelhante à *P. maculicauda*, aproveitando épocas em que o rio encontra-se mais volumoso para se reproduzirem. *Hoplosternum littorale*, por exemplo, demonstrou uma reprodução bem marcada na época de cheia (Santos *et al.* 2010), assim como *Genidens genidens*, que aproveita os meses de chuva para se reproduzir (Mazzoni *et al.* 2000b). Foram encontradas também espécies de caraciformes que, assim como *A. hastatus*, reproduzem-se durante todo o ano com pico reprodutivo nos meses de chuva (Mazzoni *et al.* 2002a; Gurgel 2004). A própria espécie *A. hastatus* parece não ter variado muito o seu período reprodutivo (Mazzoni and Petitto 1999; Mazzoni and Iglesias-Rios 2007).

9.2 Alocação de energia

9.2.1 Fecundidade e volume dos ovócitos

Há dois tipos de fecundidade: a fecundidade absoluta, total ou individual que é o número de ovócitos contidos nos ovários de uma fêmea e a fecundidade relativa, que é o número de ovócitos por unidade de comprimento ou peso (Vazzoler 1981). De maneira geral, a fecundidade aumenta com o tamanho do corpo da fêmea, determinando com que fêmeas maiores produzam mais ovócitos do que fêmeas menores (Moyle and Cech 1996; Mazzoni and Silva 2006).

Entretanto, há uma relação direta entre o número de ovócitos produzidos (fecundidade) e o volume ocupado por eles nos ovários. Essa relação fecundidade/volume deve variar, então, de acordo com o comportamento reprodutivo de cada espécie (Vazzoler 1996). Para muitas espécies menores, que possuem uma menor cavidade abdominal para acomodação de ovos maduros, o tamanho dos ovócitos tende a diminuir de maneira a aumentar a fecundidade (Wooton 1990). Por isso, ovócitos de menor diâmetro tendem a possuir um maior número em um dado volume fixo, ao contrário do que acontece com ovócitos maiores (Godinho *et al.* 1977). Entretanto, nem sempre ovos grandes são produzidos a um custo que leve a uma diminuição da fecundidade (Wooton 1990).

A produção de ovos tem dois principais componentes: quantidade de ovócitos produzidos e sua viabilidade (qualidade) (Reay 1984; Wooton 1990). Sendo assim, espécies r-estrategistas, com fecundação externa e sem cuidado parental têm fecundidades elevadas e diâmetros/volume reduzidos. Já espécies K-estrategistas, com fecundação externa e cuidado parental têm fecundidades baixas e ovócitos maiores, que possibilitam o desenvolvimento de larvas maiores, com boca, capacidade de natação e outras características mais desenvolvidas, possibilitando a exploração de uma maior gama de presas, sendo também menos susceptíveis à predação, além de terem o período de cuidado pelos pais reduzido (Vazzoler 1996).

No presente estudo, *Astyanax hastatus* apresentou um valor de fecundidade muito superior ao de *Parotocinclus maculicauda* (463/gr de peixe ovócitos e 47/gr de peixe ovócitos, respectivamente). Além disso, o volume dos ovócitos também demonstrou bem essa diferença na estratégia reprodutiva, pois os ovócitos maduros

(vitelogênicos) de *A. hastatus* são muito menores quando comparados ao tamanho dos mesmos ovócitos de *P. maculicauda* (2,14 mm³ e 0,26 mm³, respectivamente). Isso demonstra uma nítida diferença em relação ao tipo de investimento energético na produção dos ovócitos, onde *A. hastatus* investe muito mais na quantidade, evidenciando uma estratégia do tipo r e *P. maculicauda* investe muito mais na qualidade, evidenciando uma estratégia do tipo K.

Um estudo de loricarídeos no rio Paraná encontrou diferenças significativas no tipo de estratégia reprodutiva adotada por cada uma das espécies. Neste estudo *Rhinelepis aspera* produziu muito mais ovócitos do que todas as outras espécies de loricarídeos, porém o volume destes foi extremamente reduzido em comparação com o das outras espécies (Suzuki *et al.* 2000). Isto se deve ao tipo de estratégia adotada por essa espécie que foi muito semelhante à adotada por *A. hastatus*, sem cuidado parental e com desova total.

Outros estudos abordando *trade-off* entre tamanho e número de ovócitos também foram feitos, um deles para a espécie *Salmo trutta*, na bacia do rio Esva, Espanha, que identificou uma forte correlação negativa entre esses dois fatores. Outro estudo foi feito comparando este efeito para dois ambientes, um de lagoa e outro de riacho para a espécie *Geophagus brasiliensis* e também indicou esta correlação negativa entre número e tamanho dos ovócitos. Segundo os autores, esta compensação seria uma resposta fenotípica para fatores específicos dos locais de coleta e estariam, portanto ligados a características de estabilidade/instabilidade ambiental, com alimento limitado em alguns deles (Lobon-Cervia 1997; Mazzoni and Iglesias-Rios 2002b).

Fica claro, portanto, que existe uma relação negativa constante entre a fecundidade relativa (número de ovócitos / grama de peixe) e o volume dos ovócitos maduros entre as espécies e que a relação de compensação (*trade-off*) possibilita que isso ocorra, de forma que as espécies compensem uma possível perda momentânea (redução do número de ovócitos ou perda de volume) com um ganho futuro (aumento do volume ou aumento no número de ovócitos) igualando as espécies em termos de investimento na produção de ovócitos.

9.2.2 Energia total investida na produção gônadal

Como qualquer organismo pode ocupar uma posição no contínuo r-K em um ambiente determinado e em um instante determinado (Pianka 1970) e este ambiente também pode sofrer modificações e estas provocarem uma resposta adaptativa (fenotípica) desses organismos, estes mesmo organismos podem ajustar sua estratégia reprodutiva com o ambiente, havendo, portanto uma compensação energética.

Com base na afirmação de que existe uma relação de compensação no gasto energético com a reprodução entre as espécies, pode-se esperar, portanto, que diferentes espécies tenham o mesmo investimento energético na produção de ovócitos, ou seja, uma espécie com estratégia r gasta a mesma quantidade de energia para produzir seus ovócitos que uma espécie com estratégia K. Esta tendência é relatada nos dados de alguns trabalhos no qual se nota claramente esta relação (Lobon-Cervia 1997; Suzuki 1999; Suzuki *et al.* 2000; Mazzoni and Iglesias-Rios 2002b). Um trabalho recente, também no rio Ubatiba, realizou uma comparação entre duas espécies de caraciformes que possuem estratégias reprodutivas diferentes. Identificou-se neste trabalho que as duas espécies (*A. janeiroensis* e *A. hastatus*) apresentaram o mesmo gasto na produção de gametas, com uma das espécies produzindo em média 364 ovócitos, com volume de 0,54mm³ e a outra produzindo em média 702 ovócitos com volume de 0,27mm³ (Mazzoni and Iglesias-Rio 2007).

No presente trabalho foi identificada essa semelhança no investimento com o processo reprodutivo, no qual *A. hastatus*, espécie sem cuidado parental, com grande produção de ovócitos de tamanho reduzido e desova do tipo total apresenta o mesmo investimento energético na produção de seus ovócitos que o cascudo *P. maculicauda*, espécie com estratégia reprodutiva oposta, com cuidado parental, pequena produção de ovócitos atingindo grandes volumes e desova do tipo parcelada.

De acordo com análise realizada, *A. hastatus* apresentou um gasto médio de energia de 50,05 calorias/grama/grama de peixe enquanto que o cascudo apresentou um gasto médio de 88,14 calorias/grama/grama de peixe. Embora tenha havido essa diferença entre as médias de investimento energético das espécies, esta não foi significativa, o que corrobora a hipótese deste trabalho.

10 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com o estudo comparativo da estratégia reprodutivas das espécies *A. hastatus* e *P. maculicauda*, presentes no rio Ubatiba, Maricá, RJ, permitem as seguintes conclusões:

- i. Através da estrutura de tamanho, foi observado que as fêmeas atingem um maior comprimento, em relação aos machos, para as duas espécies.
- ii. A relação peso/ comprimento evidenciou para ambas as espécies, um crescimento alométrico negativo (coeficiente angular “b” inferior a 3), demonstrando por isso, um crescimento mais longelíneo, ou seja, crescem mais em comprimento do que em largura.
- iii. Nas duas espécies há significativamente mais fêmeas e a distribuição sexual no período amostrado demonstrou que as fêmeas se mantêm em maioria durante todo o ano para *A. hastatus*, enquanto que para *P. maculicauda* este padrão também se mantém, porém com exceção do bimestre Novembro/Dezembro, quando o número de machos torna-se um pouco maior.
- iv. O tamanho de primeira maturação mostrou-se semelhante quando comparamos as duas espécies, ocorrendo entre 2,5 e 3,0 cm.
- v. A variação temporal da freqüência de indivíduos reprodutivos e não reprodutivos juntamente com a distribuição temporal de valores individuais de IGS mostrou que *P. maculicauda* se reproduz com maior intensidade nas estações chuvosas, reduzindo sua atividade reprodutiva nas estações secas. Já *A. hastatus* demonstrou regular atividade reprodutiva durante todo o ano com pequeno pico no bimestre Novembro/ Dezembro.
- vi. O tipo de desova encontrado para *A. hastatus* é do tipo total, enquanto que para *P. maculicauda* foi registrada desova do tipo parcelada em três lotes.
- vii. Em ambas as espécies foi observada relação inversa entre volume e quantidade de ovócitos produzidos, com o lambari produzindo muitos ovócitos (fecundidade: 463 ± 213 ovócitos/grama de peixe) (r-estrategista) e o cascudo produzindo um número bem inferior (fecundidade: 47 ± 13 ovócitos/grama de peixe) (K-estrategista), porém com um volume muito superior nos ovócitos vitelogêncios.

viii. O valor energético por ovócito também foi superior para o cascudo, com o lambari produzindo ovócitos vitelogênicos com $0,4 \pm 0,08$ cal/g de peso seco e o cascudo produzindo os mesmos ovócitos com $1,8 \pm 1,1$ cal/g de peso seco.

ix. Em relação à produção energética total investida para a produção dos ovócitos que serão desovados, foi considerado o tipo de desova de cada espécie, com *Astyanax* gastando $50,5 \pm 24$ calorias/grama/grama de peixe e *Parotocinclus* gastando $88,4 \pm 72,46$ cal/grama/grama de peixe, sem diferenças significativas.

REFERÊNCIAS

- Agostinho AA, Gomes LC. 1997. Manejo e monitoramento de recursos pesqueiros: perspectivas para o reservatório de Segredo. In: Agostinho AA, Gomes LC, editores. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: Eduem. p 319-364.
- Araújo FG, Fichberg I, Duarte S. 1998. Ciclo reprodutivo de *Loricariichthys spixii* (Steindachner, 1882) na Represa de Ribeirão das Lajes, RJ. Acta Biologica Leopoldensia. 20(2): 309-318.
- Araújo AS, Gurgel HCB. 2002. Aspectos da biologia de *Prochilodus cearensis* (Steindachner, 1911) (Characiformes, Prochilodontidae) no açude Itans/Caicó, Rio Grande do Norte. Revista Brasileira de Zootecnia. 4(1): 85-96.
- Begon M., Townsend CR, Harper JL. 2007. Ecology. Tradução de Adriano Sanches Melo, Júlio César Bicca-Marques, Paulo Luiz de Oliveira e Sandra Maria Hartz. Título traduzido: Ecologia: De Indivíduos a Ecossistemas. Rio Grande do Sul: Artmed. 770p
- Dourado ECS, Benedito-Cecílio E. 2005. Ecologia energética de peixes: influência de fatores abióticos e bióticos. Maringá: Eduem. 53p.
- Buckup PA. 1999. Sistemática e biogeografia de peixes de riachos. In: Érica Pellegrini Caramaschi, Rosana Mazzoni e Pedro Rodrigues Peres-Neto, editores. Ecologia de Peixes de Riachos. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ. p 91-138.
- Buckup PA, Menezes NA, Ghazzi MS. 2007. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 195p.
- Burgess WE. 1989 *apud* Mazzoni, R. 1993. Estratégia reprodutiva de duas espécies de *Hypostomus* Lacépède, 1803 (Osteichthyes, Loricariidae) do trecho inferior do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.
- Casatti L. 2002. Alimentação do peixes de um riacho do parque estadual morro do diabo, bacia do alto rio Paraná, sudeste do Brasil. Biota Neotropical. 2(2): 1-14.
- Charnov EI, Berrigan D. 1991. Evolution of life history parameters in animals with indeterminate growth, particularly fish. Evolutionary Ecology. 5: 63-68.
- Charnov EI. 1993. Life History Invariants. Oxford: Oxford University Press. 167p.
- Charnov EL, Turner TF, Winemiller KO. 2001. Reproductive constraints and the evolution of life histories with indeterminate growth. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 98(16): 9460-9464.
- Cui Y, Wootton RJ. 1988. Effects of ration, temperature and body size on the body composition, energy content and condition of minnow, *Phoxinus phoxinus* (L). Journal of Fish Biology. 32:749-764.

De Pinna, MCC. 1998. Phylogenetic relationships of Neotropical Siluriformes (Teleostei: Ostariophysi): historical overview and synthesis of hypotheses. In: L. R. Malabarba, R. E. Reis, R. P. Vari, Z. M. S. Lucena, C. A. S. Lucena, editors. *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Porto Alegre: Edipucrs. p 279-330.

Doria CRC, Andrian IF. 1997. Variation in energy content of somatic and reproductive tissues, related to the reproductive cycle and feeding of female *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes, Pimelodidae) and *Schizodon borellii* Boulenger, 1895 (Characiformes, Anostomidae). *Revista Unimar*. 19: 421-437.

Duarte S, Araújo FG. 2002. Fecundity of *Hypostomus affinis* (Siluriformes, Loricariidae) in the Lajes Reservoir, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*. 50(1): 193-197.

Eschmeyer, W. N. & J. D. Fong. 2011. "Catalog of Fishes". Species of Fishes by family/subfamily [Internet] [cited 2011 August 3] Disponível em: <<http://research.calacademy.org/redirect?url=http://researcharchive.calacademy.org/research/lchthyology/catalog/fishcatmain.asp>>

Ferreira ABH. 2008. Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 2 ed. Curitiba: Positivo. 544p.

Fowler HW. 1954 *apud* Mazzoni, R. 1993. Estratégia reprodutiva de duas espécies de *Hypostomus* Lacépède, 1803 (Osteichthyes, Loricariidae) do trecho inferior do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.

Garutti V, Britski HA. 2000. Descrição de uma espécie nova de *Astyanax* (Teleostei: Characidae) da bacia do alto rio Paraná e considerações sobre as demais espécies do gênero na bacia. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS*. 13: 65-88.

Godinho HM, Basile-Martins MA, Fenerich NA, Narahara NY. 1977. Fecundidade e tipo de desova do mandi, *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Pisces, Siluroidei). *Revista Brasileira de Biologia*. 37(4): 737-44.

Goldestein RJ. 1973 *apud* Mazzoni, R. 1993. Estratégia reprodutiva de duas espécies de *Hypostomus* Lacépède, 1803 (Osteichthyes, Loricariidae) do trecho inferior do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 135p.

Goulding M. 1989. Amazon the flooded forest. London: BBC Books. 208p.

Gurgel HCB. 2004. Estrutura populacional e época de reprodução de *Astyanax fasciatus* (Cuvier) (Chacidae, Tetragonopterinae) do Rio Céara Mirim, Poço Branco, Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 21(1): 131-135.

Isbrücker IJH. 1980. Classification and catalogue of the mailed Loricariidae (Pisces, Siluriformes). *Verslagen Techn Gegevens*. 22:1-181.

Kinnison MT, Unwin MJ, Hendry AP, Quinn TP. 2001. Migratory costs and the evolution of egg size and number in introduced and indigenous Salmon populations. *Evolution*. 55(8): 1656-1667.

Le Cren ED. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*. 20: 201-219.

Lima BL. 2009. Ecologia reprodutiva do cascudo *Parotocinclus maculicauda* (Osteichthyes, Loricariidae) no rio Mato Grosso, Saquarema, Rio de Janeiro. Monografia de Bacharelado - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, 2009. 58p.

Lima, F.C.T., Malabarba L.R, Buckup PA, Silva JFP, Vari RP, Harold A, Benine R, Oyakawa OT, Pavanelli CS, Menezes NA, Lucena CAS, Malabarba MCSL, Lucena ZMS, Reis RE, Langeani F, Casatti L, Bertaco VA, Moreira C & Lucinda PHF. 2003. Genera Incertae Sedis in Characidae. In: R. E. Reis, S. O. Kullander & C. J. Ferraris-Jr, editors. Check List of Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre: Edipucrs. p 106-169.

Lobon-Cervia J, Utrilla CG, Rincon PA & Amezcua F. 1997. Environmentally induced spatio-temporal variations in the fecundity of brown trout *Salmo trutta* L.: trade-offs between egg size and number. *Freshwater Biology*. 38: 277-288.

MacArthur R, Wilson EO. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton: University Press. 201p.

Mann RHK, Mills CA, Crisp DT. 1984. Geographical variation in the life-history tactics of some species of freshwater fishes. In: Potts GW, Wootton RJ, editors. *Reproduction: Strategies and Tactics*. London: Academic Press. p 171-186.

Mazzoni R, Caramaschi EP. 1995. Size, structure, sex ratio and onset of sexual maturity of two species of *Hypostomus*. *Journal of Fish Biology*. 47: 841-849.

Mazzoni R, Petito JT. 1999. Reproductive biology of a Tetragonopterinae (Osteichthyes, Characidae) of the Ubatiba fluvial system, Maricá, RJ. *Brazilian Achieves of Biology and Technology*. 42(4): 455-461.

Mazzoni R, Fenerich-Verani N, Caramaschi EP. 2000a. Electrofishing as a sampling technique for coastal stream fish populations and communities in the Southeast of Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*. 60(2):205-216.

Mazzoni R, Petito J, Miranda JC. 2000b. Reproductive biology of *Genidens genidens*, a catfish from the Maricá Lagoon, RJ. *Ciência e Cultura*. 52(3): 121-126.

- Mazzoni R, Caramaschi EP, Fenerich-Verani N. 2002a. Reproductive biology of a characidiinae (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, Maricá – RJ. *Brazilian Journal of Biology*. 62(3):487-494.
- Mazzoni R, Iglesias-Rios R. 2002b. Environmentally related life history variations in *Geophagus brasiliensis*. *Journal of Fish Biology*. 61: 1606-1618.
- Mazzoni R, Mendonça RS, Caramaschi EP. 2005. Reproductive biology of *Astyanax janeiroensis* (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, Marica, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 65(4): 643-649.
- Mazzoni R, Silva APF. 2006. Aspectos de história de vida de *Bryconamericus microcephalus* (Miranda Ribeiro) (Characiformes, Characidae) de um riacho costeiro de Mata Atlântica, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23(1): 228-233.
- Mazzoni R, Iglesias-Rios R. 2007. Patterns of investment of the reproductive strategy of two stream-dwelling Characidae. *Brazilian Journal of Biology*. 67(4):695-699.
- Menezes NA, Castro RMC, Weitzman SH, Weitzman MJ. 1990. Peixes de riacho da floresta costeira Atlântica brasileira: um conjunto pouco conhecido e ameaçado de vertebrados. In: II Simpósio de ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: estrutura, função e manejo. Academia de Ciências do Estado de São Paulo..1: 290-295.
- Menezes MS, Caramaschi EP. 1994. Características reprodutivas de *Hypostomus punctatus* no rio Ubatiba, Maricá – RJ (Osteichthyes, Siluriformes). *Revista Brasileira de Biologia*. 54: 503-513.
- Menezes MS, Aranha JM, Caramaschi EP. 1998. Ocorrência e aspectos da biologia reprodutiva de *Harttia loricariformis* (Loricariinae) no trecho inferior do rio Paraíba do Sul. (Rio de Janeiro, Brasil). *Acta Biológica Paranaense*. 27 (1-4): 15-26.
- Moreira SS. 2004. Relações entre o ciclo hidrológico, atividade alimentar e táticas reprodutivas de peixes piscívoros e detritívoros na área do Catalão, Amazônia Central. 2004. Universidade Federal do Amazonas, INPA. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas. 108p.
- Moyle PB, Cech JJ. 1982. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 559p.
- Nelson JS. 2006. *Fishes of the World*. New York: John Wiley & Sons. 523p.
- Nikolskii GV. 1963. *The ecology of fishes*. London & New York: Academic Press. 352p.
- Nikolskii, GV. 1969. *Theory of fish population dynamics*. Edinburgh: Oliver & Boyd. 323p.

- O'Brien R, Haq I. 2004. Applications of biocalorimetry: binding, stability and enzyme kinetics. In: John E. Ladbury and Michael L. Doyle, editors. *Biocalorimetry 2: Applications of Calorimetry in the Biological Sciences*. England: John Wiley & Sons. 259p.
- Phillipson J. 1977. *Ecologia Energética*. São Paulo: Editora Nacional. 93p.
- Pianka, ER. 1970. On r and K selection. *American Naturalist*. 104 (951): 592-597.
- Pianka, ER. 1982. *Ecologia evolutiva*. Barcelona: Omega. 365p.
- Reay PJ. 1984. Reproductive Tactics: A Non-event in Aquaculture? In: Potts GW., Wootton RJ, editors. *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*. London: Academic Press. p 291-309.
- Ricklefs, RE. 2003. *A economia da natureza*. Guanabara Koogan. 503p.
- Schaefer SA. 2003. *Hypoptopomatinae*. In: Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ, editors. *Check list of the freshwater fishes of South America*. Edipucrs, Porto Alegre. 321-329.
- Sumpter, JP. 1990. General concepts of seasonal reproduction. In: Munro AD, Scott AP, Lam TJ, editors. *Reproductive Seasonality in Teleosts: Environmental Influences*. Florida: CRC Press. p 13–28.
- Suzuki HI. 1999. *Estratégias reprodutivas de peixes relacionadas ao sucesso na colonização em dois reservatórios do rio Iguçu*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos. 97p.
- Suzuki HI. 2000. Relationship between oocyte morphology and reproductive strategy in loricariid catfishes of the Paraná River, Brazil. *Journal of Fish Biology*. 57(3): 791-807.
- Takeuti DF, Verani JR, Aranha JMR, Menezes MS. 1999. Population structure and condition factor of *Pseudotothyris obtusa* (Hypoptopomatinae) from three coastal streams in southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 42 (92): 379-403.
- Tytler P, Calow P. 1985. *Fish energetics: new perspectives*. London: Croom Helm. 349p.
- Vazzoler AEAM. 1971. Diversificação fisiológica e morfológica de *Micropogon furnieri* (Desmarest, 1822) ao sul de Cabo Frio, Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. 20 (2): 1-70.
- Vazzoler AEAM. 1981 *Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: Reprodução e crescimento*. Brasília: CNPq. 108p.

Vazzoler, AEAM. 1996. *Biologia e reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM. 169p.

Veregue AML, Orsi ML. 2003. *Biologia reprodutiva de Astyanax scabripinnis paranae* (Eigenmann) (Osteichthyes, Characidae), do ribeirão das Marrecas, bacia do rio Tibagi, Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*. 20 (1): 97-105.

Vincent ACJ, Giles BG. 2003. *Correlates of reproductive success in a wild population of Hippocampus whitei*. *Journal of Fish Biology*. 63: 344-355.

Winemiller KO. 1992. *Life-history strategies and the effectiveness of sexual selection*. *Oikos*. 63(2): 318-327.

Wootton RJ. 1984. *Introduction: strategies and tactics in fish reproduction*. In: G. W. Potts and Robert J, editors. *Fish Reproduction strategies: and tactics*. Wootton. London:Academic Press. p 1-12.

Wootton, R. J. 1990. *Ecology of teleost fishes*. London: Chapman and Hall. 404p.