



Pós-Graduação
ZOOLOGIA
MPEG/UFPA



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM ZOOLOGIA**

**ASPECTOS REPRODUTIVOS E ALIMENTARES DA PIRANHA
Serrasalmus gouldingi FINK & MACHADO-ALLISON, 1992
(CHARACIFORMES: SERRASALMIDAE) EM RIOS AFOGADOS DA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Bruno da Silveira Prudente

**Orientador: Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag
Instituto de Ciências Biológicas/UFPA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia, nível Mestrado, do Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zoologia.

**BELÉM, PARÁ
2012**

BRUNO DA SILVEIRA PRUDENTE

**ASPECTOS REPRODUTIVOS E ALIMENTARES DA PIRANHA
Serrasalmus gouldingi FINK & MACHADO-ALLISON, 1992
(CHARACIFORMES: SERRASALMIDAE) EM RIOS AFOGADOS DA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Banca avaliadora:

Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag (Presidente)

Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Fabrice Duponchelle

Institut de Recherche pour le Développement (IRD), France

Prof^a. Dr^a. Clarice Bernhardt Fialho

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Ronaldo Borges Barthem

Museu Paraense Emílio Goeldi

Prof. Dr. Mauricio Cetra

Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Francisco Manoel de Souza Braga

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

BELÉM, PARÁ

2012

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Mauricio e Carime, a quem devo
minha formação moral, e ao meu irmão Arthur.*

*Meu eterno reconhecimento pelo amor
incondicional e pelo carinho e atenção durante
toda essa jornada.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos Professores Dr^a. Ana Lucia Costa Prudente e Dr. Wolmar Benjamin Wosiacki pela oportunidade dada de conhecer e trabalhar na região amazônica, e principalmente pelo incentivo e amizade ao longo de toda essa jornada.

Ao meu orientador Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag (Miúdo), pela orientação, amizade, confiança depositada e pela enorme paciência ao transmitir, durante esses dois anos, seu conhecimento em ecologia de peixes amazônicos.

Não poderia deixar de agradecer à Prof^a. Dr^a. Maricê Thereza Correa Domingues Heubel (USC), pessoa pela qual agradeço a todos os professores e técnicos do curso de Ciências Biológicas da Universidade Sagrado Coração, por despertarem em mim a paixão pela ciência em especial aos ecossistemas naturais, me incentivando constantemente durante o início da minha carreira científica.

Aos pesquisadores Prof. Dr. Ronaldo Borges Barthem (MPEG), Dr. Luiz Rodolfo Ferreira da Costa (MPEG) e Prof. Dr. Gleomar Fabiano Maschio (UFPA), por comporem a banca de qualificação do presente trabalho, dando valiosas contribuições para um melhor desenvolvimento do mesmo.

Aos Professores Dr. Miguel Petrere Junior (UEA) e Dr. Ronaldo Angelini (UFRN) pelas valiosas contribuições durante os seminários de Pós-Graduação em Zoologia do convênio Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi.

As professoras Dr^a. Maria Auxiliadora Ferreira (UFPA) e Dr^a. Rossineide Martins da Rocha (UFPA), por valiosos ensinamentos dos métodos e técnicas histológicas e constantes discussões sobre aspectos reprodutivos de peixes neotropicais, pessoas pelo qual agradeço a todos os alunos e amigos dos laboratórios de Imunohistoquímica e Biologia do desenvolvimento e Ultraestrutura Celular em especial a técnica Lia Priante pela paciência e ensinamento durante a execução dos trabalhos laboratoriais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa durante o desenvolvimento deste projeto.

Ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio – Amazônia Oriental) pelo financiamento de parte de minhas expedições de campo.

A Estação Científica Ferreira Penna pelo apoio logístico durante minhas expedições de campo, em especial aos auxiliares de campo Sr. Benedito Brazão (Bené) e Sr. Renato Calisto, pessoas pela qual agradeço a todos os auxiliares que certa forma contribuiu para realização desse trabalho, pelos ensinamentos e momentos de trabalho e descontração em campo.

À curadoria da coleção de peixes do MPEG nas pessoas da MSc. Izaura M. Maschio, e Alberto Bezerra pela disponibilidade sempre que necessária.

À ictióloga MSc. Valéria de Albuquerque Oliveira (UFPA/MPEG) pela leitura destas e pelas valiosas contribuições

Aos amigos ictiólogos do Laboratório de Zoologia e Ecologia de Vertebrados do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará e do setor de Ictiologia do Museu Paraense Emílio Goeldi, em especial aos amigos de mestrado: Bruno Ayres dos Santos, Luiz Antônio Wanderley Peixoto, Marina Barreira Mendonça, Naraiana Loureiro Benone, Thiago Augusto Barbosa, Tiago Octavio Begot Ruffeil e, pelos preciosos momentos de discussão, e descontração.

A MSc. Annelise Batista D'Angiolella, pessoa na qual tenho uma enorme admiração, pelo amor, carinho e companheirismo que obtive ao longo de toda essa jornada, me apoiando e incentivando durante os períodos difíceis, te amo.

Aos amigos ictiólogos, e irmãos MSc. Tiago Magalhães da Silva Freitas e MSc. Guilherme Moreira Dutra pelos conselhos, incentivo e companheirismo de todas as horas e por estarem sempre presentes em momentos de descontração e de muita cantoria.

Por fim agradeço a todas aquelas pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para o desenvolvimento dessa dissertação, meu sincero “MUITO OBRIGADO!”.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	3
AGRADECIMENTOS	4
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
APRESENTAÇÃO	13
CAPÍTULO 1	16
Resumo	16
Abstract	17
Introdução	18
Material e métodos	19
Área de estudo	19
Coleta e análise de dados	22
Resultados	24
Discussão.....	36
Agradecimentos.....	40
Referências	40
CAPÍTULO 2	48
Resumo	48
Abstract	49
Introdução	50
Material e Métodos	52
Área de estudo	52
Coleta e análise de dados	54
Resultados	56
Discussão.....	64
Agradecimentos.....	68
Referências	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS (Apresentação)	77

LISTA DE FIGURAS

Apresentação

Figura 1- Exemplar adulto (superior) e juvenil (inferior) de *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes: Serrasalminidae) coletados em rios afogados da região do baixo Rio Anapu. Foto: L. F. A. Montag..... 14

Aspectos reprodutivos e fator de condição da piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes: Serrasalminidae) em rios afogados da Amazônia Oriental

Figura 2 - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã com destaque para os principais rios amostrados: Rio Caxiuanã, Rio Curuá, Rio Puraquequara e Rio Caquajó. Alguns pontos podem representar mais de um local de coleta. 20

Figura 3 - Variação fluviométrica dos rios da região do Baixo Anapu, na Floresta Nacional de Caxiuanã no período de julho de 2010 a maio de 2011. Dados obtidos através da estação fluviométrica da Agencia Nacional de Águas (ANA). 21

Figura 4 - Variação bimestral da proporção sexual de machos e fêmeas de *Serrasalmus gouldingi* de rios afogados da região do baixo Rio Anapu, Pará, Brasil no período de Julho de 2010 a Maio de 2011. Diferenças significativas são representadas pelo símbolo (*). 25

Figura 5 - Estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas de *S. gouldingi*. Imaturo (a) , Em Maturação (b), Maduro (c), Detalhe do Ovócito Maduro (d), Desovado (e), Repouso (f); Ovogônias (*). Ovócitos pré-vitelogênicos (pv). Ovócitos em vitelogênese Inicial (vi). Ovócitos vitelogênese avançada (va). Núcleo (n). Alvéolos corticais (ac). Córion (c). Células Foliculares (f). Ovócito vitelogênico (v). folículos atrésicos (at). Folículos pós ovulatórios (po)..... 27

Figura 6 - Estágios de desenvolvimento gonadal de machos de *S. gouldingi*. Imaturo (a), Em Maturação (b), Maduro (c), Espermiado (d), Células germinativas primordiais (g). Espermatogônias (sg). Espermatócitos (sc). Espermátides (st). Espermatozóides (sz). Túbulos espermáticos (t). Lúmen (l)..... 29

Figura 7 - Variação bimestral do Índice Gonadossomático (IGS%) para fêmeas (a) e machos (b) de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011. Períodos sinalizados por símbolos diferentes representam diferenças significativas dessa variação. 31

Figura 8 - Variação bimestral da frequência dos estágios de maturação gonadal de fêmeas (a) e machos (b) de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011. 32

Figura 9 - Estimativa do comprimento de primeira maturação sexual (L_{50}) de fêmeas (A) e machos (B) de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011. 33

Figura 10 - Relação peso-comprimento (a) e distribuição regular dos resíduos proporcionais (b) de *Serrasalmus gouldingi* de rios afogados da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011. 34

Figura 11 - Variação do fator de condição total, K_1 (a) e parcial K_2 (b) de fêmeas; e total, K_1 (c) e parcial, K_2 (d) de machos de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu, no período de julho de 2010 a maio de 2011. Onde, períodos sinalizados por símbolos diferentes representam diferenças significativas dessa variação. 35

Influência do pulso de inundação na ecologia alimentar da piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes: Serrasalmidae) em rios afogados da Amazônia Oriental

Figura 12 - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã com destaque para os principais rios amostrados: Rio Caxiuanã, Rio Curuá, Rio Puraquequara e Rio Caquajó. Alguns pontos podem representar mais de um local de coleta. 52

Figura 13 - Variação fluviométrica dos rios da região do Baixo Anapu, na Floresta Nacional de Caxiuanã no período de julho de 2010 a maio de 2011. Dados obtidos através da estação fluviométrica da Agencia Nacional de Águas (ANA). 53

Figura 14 - Ordenação resultante da análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) da dieta de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011. Diferentes formas geométricas representam os diferentes períodos hidrológicos: ▲ Vazante; ○ seca; ■ Enchente; ● Cheia (a). Contribuição (expressa de acordo com o tamanho do círculo) de fragmento de peixes (b), frutos e sementes (c) e artrópodes alóctones (d). 60

Figura 15 - Variação do Índice de Repleção (IR%) de fêmeas (a) e machos (b) de *Serrasalmus gouldingi* em rios da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011. Períodos sinalizados por símbolos diferentes representam diferenças significativas dessa variação. 62

Figura 16 - Amplitude de nicho trófico da piranha *S. gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu, em relação aos diferentes períodos hidrológicos no período de julho de 2010 a maio de 2011. 63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de Importância Alimentar (IA_i) dos itens alimentares da dieta da piranha <i>Serrasalmus gouldingi</i> em rios afogados da região do Baixo Anapu , no período de Julho de 2010 a Maio de 2011 (M = macho; F = fêmea; Total = para Machos e Fêmeas).....	58
--	----

RESUMO

Prudente, B. S. 2012. **Aspectos reprodutivos e alimentares da piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-allison, 1992 (Characiformes: Serrasalminidae) em rios afogados da Amazônia Oriental.** Dissertação de Mestrado, Universidade do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, 78p.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a biologia reprodutiva, fator de condição e ecologia alimentar da piranha *Serrasalmus gouldingi* em relação a variações fluviométricas de rios afogados da região do baixo Rio Anapu, Amazônia Oriental, Pará, Brasil. Foram analisados 275 exemplares coletados bimestralmente de julho 2010 a maio 2011. Após coletados, os indivíduos foram mensurados quanto ao comprimento total, massa total e eviscerados para obtenção da massa da gônada e do estômago. As gônadas foram verificadas histologicamente quanto ao sexo e estágio de maturação, e os estômagos avaliados através da identificação do conteúdo estomacal. Quanto aos aspectos reprodutivos, a proporção sexual observada não diferiu de 1:1 para o período estudado como um todo, enquanto que para os diferentes períodos amostrados, verificou-se o predomínio de fêmeas durante os períodos transicionais de enchente e vazante. A espécie apresentou uma desova do tipo parcelada com dois picos de atividade reprodutiva nos períodos que antecederam os principais aumentos na fluviometria local. O L_{50} foi estimado em 12,24cm para machos e 16,13cm para fêmeas. O crescimento da espécie mostrou-se do tipo alométrico positivo, com um maior incremento de peso em relação ao comprimento e um fator de condição que, quando analisado ao longo do período amostrado, apresentou um decréscimo principalmente durante o período de desova. A dieta de *S. gouldingi* foi composta de 32 itens, agrupados em 10 categorias alimentares. Baseado em sua composição os resultados indicaram uma dieta onívora com forte tendência à piscivoria com um predomínio no consumo da categoria fragmentos de peixe, seguida por frutos e sementes e artrópodes alóctones. Diferenças na composição da dieta foram verificadas entre diferentes períodos hidrológicos, contudo, não houve diferença entre o sexo e estágio de maturação. Para o índice de repleção, machos e fêmeas apresentaram um mesmo padrão de variação, mostrando uma alimentação mais intensa durante os períodos de aumento do nível dos rios, e uma atividade menos intensa durante os períodos transicionais de vazante e enchente. A espécie também demonstrou variação em sua especificidade alimentar com uma dieta mais especialista durante o período de cheia, atribuída ao consumo quase que exclusivo de frutos e sementes.

Palavras chave: peixes, Caxiuanã, reprodução, fator de condição, dieta.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the reproductive biology, condition factor and feeding ecology of *Serrasalmus gouldingi* in relation to fluviometric variations of lower Anapu River, in “drowned” rivers of Caxiuanã National Forest, Eastern Amazonia, Pará, Brazil. 275 specimens were bimonthly collected during July 2010 to May 2011 and their total length, total weight, gonad and stomach weight were measured. The gonads were analysed histologically to verify the sex and maturation degree, while the stomachs were evaluated through the identification of the consumed items. The sexual proportion did not differ from 1:1 considering the studied period as a whole, however the females were more frequent during the transitional periods of drawdown and filing. The species spawning was “*parcelada*”, showing two peaks of reproductive activity during the periods which preceded the increase in the local fluviometry. The L_{50} was estimated in 12.24cm for males and in 16.13cm for females. The species growth was positively allometric, showing a gain of weight in relation to length, and the condition factor, when analysed along the entire sample period, decreased mostly during the spawning. The diet of *S. gouldingi* was composed of 32 items, grouped in 10 categories. The composition indicated an omnivorous diet with a strong tendency to piscivory, once fish fragments were the most predominant item, followed by fruits and seeds and allochthonous arthropods. The distinct hydrological periods were significantly different in relation to diet composition, although no significant difference was detected among sex and maturation degree. Males and females showed the same variation pattern of repletion index, with a more intense feeding during the increase of the river’s level, while it was less intense during the transitional periods (drawdown and filing). The species also showed some variation in their breadth niche, with lower values during the wet period, attributed to the almost exclusive consumption of fruits and seeds.

Key-words: Fish ecology, Caxiuanã, reproduction, condition factor, diet.

APRESENTAÇÃO

Estudos envolvendo aspectos ecológicos de peixes da região tropical têm revelado uma gama de estratégias ecológicas que ocorrem em resposta às variações espaciais e temporais na estrutura e funcionalidade dos habitats (Winemiller *et al.*, 2008). Sendo assim, o conhecimento dessas estratégias frente à heterogeneidade de habitats encontrados ao longo de toda a Bacia Amazônica mostra-se de extrema importância na elaboração de planos de manejo e conservação das espécies, bem como das comunidades em que estas estão inseridas.

Ocorrendo em águas continentais em toda a América do Sul, as espécies da Família Serrasalminidae (Characiformes) (*sensu* Miranda, 2010) ocupam uma vasta gama de ambientes e apresentam inúmeras adaptações, principalmente relacionadas a seu hábito alimentar (Machado-Alisson, 1983). Desta forma, é possível identificar guildas tróficas predominantemente herbívoras, como os representantes do gênero *Piaractus*, até espécies consideradas predominantemente carnívoras, representadas pelas espécies dos gêneros *Pygopristis* Muller & Troschel, 1844; *Pristobrycon* Eigenmann, 1915; *Pygocentrus* Muller & Troschel, 1844 e *Serrasalmus* La Cepède, 1803, conhecidas popularmente como piranhas ou pirambebas (Machado-Alisson, 1983; Correa *et al.*, 2007).

Estudos envolvendo a relação entre aspectos alimentares e suas adaptações morfológicas foram tradicionalmente discutidos como características diagnósticas para os serrasalmídeos, o que resultou em inúmeras confusões taxonômicas encontradas no grupo (Eigenmann, 1915; Gery, 1977). Por outro lado, o surgimento de novas informações envolvendo aspectos ecológicos da família permitiu elucidar questões relacionadas às adaptações dessas espécies a ambientes altamente dinâmicos, como em áreas periodicamente inundadas presentes ao longo da Bacia Amazônica (Goulding, 1980).

Atualmente, estudos de aspectos ecológicos nos permitem evidenciar que apesar das piranhas terem uma distribuição restrita a drenagens de baixa altitude e estarem altamente relacionadas filogeneticamente e quanto a aspectos morfológicos, essas podem apresentar uma alta diversificação quanto ao tipo de habitat, preferência alimentar (Goulding, 1980; Nico & Taphorn, 1988; Leão *et al.*, 1991; Pompeu, 1999; Costa *et al.*, 2005; Piorsk *et al.*, 2005; Carvalho *et al.*, 2007; Behr & Signor, 2008; Trindade & Juca-Chagas, 2008), táticas de forrageio, comportamento social (Sazima e Machado 1990; Nico & Taphorn, 1988) e modos

reprodutivos (Cruz *et al.*, 1996; Lamas & Godinho, 1996; Agostinho, 2003; Duponchelle *et al.*, 2007; Queiroz *et al.*, 2010; Maciel *et al.*, 2011), sendo esses aspectos, muitas vezes, associados a mudanças sazonais do ambiente (Lowe-McConnell, 1999).

A piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes, Serrasalmidae) (Figura 1), conhecida regionalmente como piranha-tinga, possui uma distribuição ao longo das bacias dos Rios Amazonas e Orinoco, onde é caracterizada por habitar ambientes predominantemente lânticos e de águas pretas (Fink & Machado-Allison, 1992). Na região do baixo Rio Anapu, na Amazônia Oriental, a espécie ocorre com elevada abundância, e juntamente com as demais espécies de piranha, são responsáveis por 67% do pescado de subsistência da região (Montag *et al.*, 2009).



Figura 1- Exemplar adulto (superior) e juvenil (inferior) de *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes: Serrasalmidae) coletados em rios afogados da região do baixo Rio Anapu. Foto: L. F. A. Montag.

Para uma melhor interpretação e discussão das informações relacionadas aos aspectos ecológicos da piranha *S. gouldingi* a presente dissertação foi dividida em dois capítulos. O primeiro capítulo é intitulado **“Aspectos reprodutivos e fator de condição da piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes: Serrasalmidae) em rios afogados da Amazônia Oriental”** e conta com a participação dos co-autores, Prof^ª. Dr^ª. Maria Auxiliadora Ferreira (UFPA), Prof^ª. Dr^ª. Rossineide Martins da Rocha (UFPA) e Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag (UFPA). Este capítulo descreve parâmetros como tipo de desova, período de atividade reprodutiva, proporção sexual, tamanho de primeira maturação sexual e fator de condição alométrico, tendo como objetivo obter uma melhor compreensão da influência de variações fluviométricas observadas em rios afogados da região do baixo Anapu no ciclo de vida da espécie.

O segundo capítulo é intitulado **“Influência do pulso de inundação na ecologia alimentar da piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes: Serrasalmidae) em rios afogados da Amazônia Oriental”** e conta com a participação dos co-autores, Pedro Carneiro-Marinho (PIBIC/MPEG), Prof^ª. Dr^ª. Roberta de Melo Valente (UFPA) e Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag (UFPA). Este capítulo descreve aspectos quali-quantitativos da dieta de *S. gouldingi*, avaliados através do índice de importância alimentar (IA_i); índice de repleção (IR%) e amplitude de nicho trófico, quanto a variação entre os sexos, estágios de maturação e períodos hidrológicos. Sendo assim, o segundo capítulo dessa dissertação teve como objetivo descrever alterações em aspectos alimentares de *Serrasalmus gouldingi* em função da variação fluviométrica observada em rios afogados da região do baixo Rio Anapu.

CAPÍTULO 1

Aspectos reprodutivos e fator de condição da piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes: Serrasalmidae) em rios afogados da Amazônia Oriental

Bruno da Silveira Prudente¹; Maria Auxiliadora Ferreira²; Rossineide Martins da Rocha³ e Luciano Fogaça de Assis Montag¹

¹Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados – Ictiologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. CEP 66075-110. Caixa postal, 479. Belém - Pará - Brasil. Correio eletrônico: brunoprudente8@gmail.com (BSP); montag@ufpa.br (LFAM).

²Laboratório de Imunohistoquímica e Biologia do desenvolvimento, Instituto Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. CEP 66075-110. Caixa postal, 479. Belém - Pará - Brasil. Correio eletrônico: auxi@ufpa.br;

³Laboratório de Ultraestrutura Celular, Instituto Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. CEP 66075-110. Caixa postal, 479. Belém - Pará - Brasil. Correio eletrônico: rmrocha@ufpa.br

Resumo

Serrasalmus gouldingi, regionalmente conhecida como piranha-tinga, tem se mostrado um importante componente da ictiofauna do baixo Rio Anapu estando entre os predadores mais abundantes da região, representando, juntamente com outras espécies de piranhas, 67% do pescado de subsistência local. O presente trabalho descreve a biologia reprodutiva e o fator de condição de *S. gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu, Amazônia Oriental, Pará, Brasil. Foram amostrados 262 exemplares sendo, 113 machos e 149 fêmeas, no período de julho de 2010 a maio de 2011. Estes foram caracterizados histologicamente quanto ao sexo e estágio de maturação, e verificados quanto à proporção sexual, índice gonadossomático (IGS%), frequência dos estágios de maturação, tamanho de primeira maturação sexual e fator de condição, que posteriormente foram avaliados em relação à variação da fluviometria local. A proporção sexual observada não diferiu de 1:1 para o período estudado como um todo, enquanto que para os diferentes períodos amostrados, verificou-se o predomínio de fêmeas durante os períodos transicionais de enchente e vazante. A espécie evidenciou dois picos de atividade reprodutiva, ocorrendo nos períodos que antecederam um aumento da fluviometria local. O L₅₀ foi estimado em 12,24cm para machos e 16,13cm para fêmeas. O crescimento da espécie mostrou-se do tipo alométrico positivo, com um maior incremento de peso em relação ao comprimento e um fator de condição que, quando analisado ao longo do período amostrado, apresentou um decréscimo principalmente durante os períodos de maior atividade reprodutiva.

Palavras-chave: Peixes, Período de desova, ciclo reprodutivo, primeira maturação.

Reproductive aspect and factor condition of piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes: Serrasalmidae) in “drowned” rivers of the Eastern Amazon

Abstract

Serrasalmus gouldingi, regionally known as piranha-tinga, has been an important component of the ichthyofauna of the lower Anapu river. This species is among the most abundant predators of the region, representing, along with other species of piranhas, 67% of the local subsistence fishing. This paper describe the reproductive biology and the condition factor of the piranha-tinga in “drowned” rivers of Caxiuanã National Forest, Eastern Amazon, Pará, Brazil. A total of 262 specimens (113 males and 149 females) were sampled from July 2010 to May 2011 , being characterized histologically by sex, stage of maturation, and checked for sex ratio, gonadosomatic index (IGS%), frequency of stage maturation, size of sexual maturity and factor condition, all parameters were measured in relation to the local fluvioimetric variation. The observed sex ratio did not differ from 1:1 for the period studied as a whole, with a predominance of females during both transitional periods (drawdown and filling) considering the different sampling periods. The species showed two peaks of reproductive activity in the periods with some fluvioimetric variation. The L_{50} was estimated at 12.24 for males and 16.13 for females. The species showed a positive allometric growth, with a greater gain of weight in relation to its the length, which allowed us to calculate the factor condition that decreases during the period of higher reproductive activity when analyzed over the period sampled.

Key-words: fishes, spawning season, reproductive cycle, fist maturity

Introdução

Estudos envolvendo a biologia reprodutiva de peixes teleósteos têm revelado uma variedade de estratégias do ciclo de vida destes, que em sua grande maioria resultam de adaptações a fatores bióticos e abióticos como disponibilidade de alimento, pressão de predação, regime hidrológico, temperatura e fotoperíodo (Vazzoler, 1996). Deste modo, a compreensão de mecanismos adaptativos de uma determinada população, bem como dos fatores ambientais reguladores desses mecanismos, são de grande importância na elaboração de ações de conservação, manejo e exploração de estoques naturais (Nikolsky, 1969; Barbieri *et al.*, 2004).

Informações a respeito da reprodução em populações naturais de peixes de águas doce no Brasil são bastante amplas, no entanto apresentam diversas lacunas em seu conhecimento (Becker *et al.*, 2010). Um exemplo disso são os estudos envolvendo espécies da Família Serrasalminidae (*sensu* Miranda, 2010), que apesar de terem grande parte de sua diversidade representada em rios da bacia amazônica (Jegú, 2003), possuem a maioria de seus estudos, relacionados à biologia reprodutiva, realizados em reservatórios das regiões sul e sudeste do Brasil onde muitas dessas espécies foram introduzidas (Cruz *et al.*, 1996; Lamas & Godinho, 1996; Fujihara, 1997; Tales & Godinho, 1997; Agostinho, 2003). Tal fato resulta em um conhecimento insatisfatório a respeito do ciclo de vida dessas espécies, sob influências abióticas de seu ambiente natural.

Diversos autores têm associado alterações em estratégias do ciclo de vida dos peixes a constantes variações de parâmetros ambientais como tipo de hábitat (lótico ou lêntico), temperatura, fotoperíodo, pluviosidade e fluviometria (Agostinho *et al.*, 2004; Barbieri *et al.*, 2004; Suzuki *et al.*, 2004; Alvarenga *et al.*, 2006; Guerrero *et al.*, 2009; Godinho *et al.*, 2010). Em rios da região tropical essa sazonalidade é modelada principalmente por oscilações hidrológicas, onde os alagamentos regulares de planícies de inundações proporcionam condições favoráveis aos peixes, como o aumento na disponibilidade de alimento e novos microhábitats, utilizados como área de crescimento em fases iniciais do desenvolvimento de muitas espécies bem como áreas de crescimento e recuperação de indivíduos adultos (Junk, 1989; Lowe-McConnell, 1999; Bailly *et al.*, 2008).

Na região amazônica, diversos estudos têm sido realizados com o intuito de verificar o efeito do pulso de inundação na biologia reprodutiva dos peixes (Goulding, 1980; Ruffino & Isaac, 1995; Fernandes, 1997; Queiroz *et al.*, 2010; Freitas *et al.*, 2011; Maciel *et al.*, 2011). No

entanto, devido a sua extensão, a bacia Amazônica apresenta uma grande heterogeneidade ambiental, onde as características dos rios são influenciadas pela distribuição desigual da pluviosidade e alterações derivadas da paisagem de sua bacia de drenagem como, história geológica, climática e cobertura vegetal, refletindo diretamente na composição e em aspectos ecológicos da ictiofauna como um todo (Lowe-McConnell, 1999).

A região do baixo Rio Anapu (Amazônia Oriental), destaca-se por suas peculiaridades hidrográficas em relação à grande parte dos ecossistemas aquáticos amazônicos (Hida *et al.*, 1999). Caracterizada como uma “ria fluvial”, a região apresenta um represamento natural de seus rios e igarapés, que juntamente com as influências da maré e da vazão do Rio Anapu, resultou na perda de grande parte de suas planícies de inundação e em um ciclo anual de cheias pouco marcante (Hida *et al.*, 1999; Behling & Costa, 2000; Costa *et al.*, 2002).

A piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes, Serrasalminae), conhecida regionalmente como piranha-tinga, possui uma distribuição ao longo das bacias dos Rios Amazonas e Orinoco, caracterizada por habitar ambientes predominantemente lênticos e de águas pretas (Fink & Machado-Allison, 1992). Na região do baixo Rio Anapu a espécie ocorre com elevada abundância, e juntamente com as demais espécies de piranha, são responsáveis por 67% do pescado de subsistência da região (Montag, *et al.*, 2009).

Com base nas informações acima, nossas previsões foram que de certa forma, a variação fluviométrica, juntamente com as peculiaridades hidrológicas do ambiente, podem influenciar de maneira diferenciada em aspectos reprodutivos da piranha *S. gouldingi*. Neste sentido o objetivo do presente trabalho foi realizar a bionomia reprodutiva da espécie, respondendo o seguinte questionamento: Qual a influência da variação fluviométrica de rios afogados da Amazônia Oriental na atividade reprodutiva e no fator de condição da piranha *S. gouldingi*?

Material e métodos

Área de estudo

As coletas foram realizadas em rios afogados do baixo Rio Anapu, entre os rios Xingu e Tocantins, na área da Floresta Nacional de Caxiuanã, Amazônia Oriental, Brasil (Soares & Lisboa, 2009) (Figura 2).

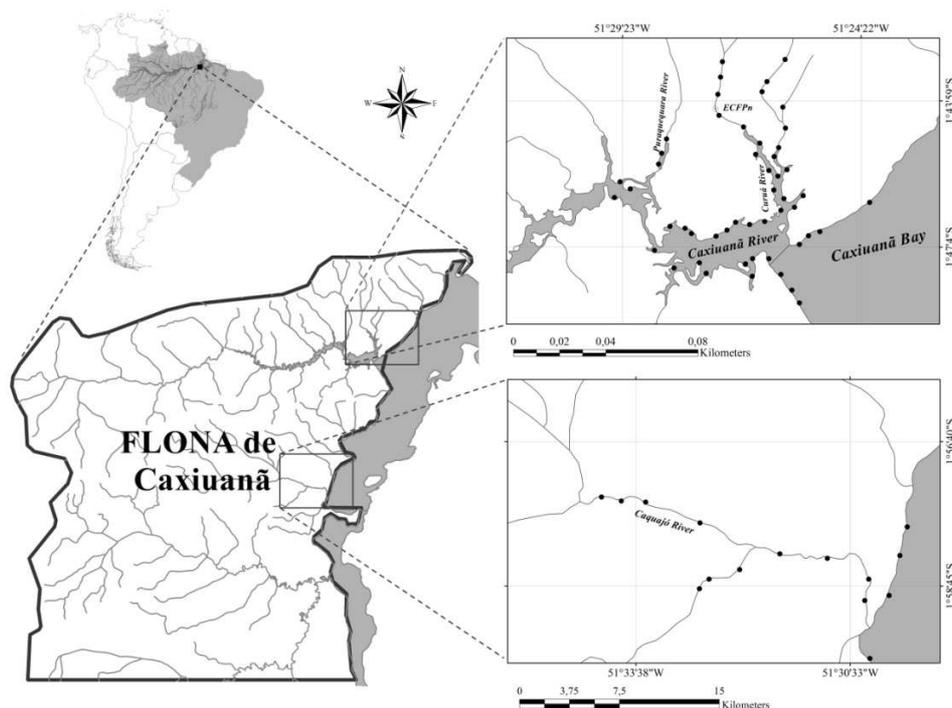


Figura 2 - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã com destaque para os principais rios amostrados: Rio Caxiuanã, Rio Curuá, Rio Puraquequara e Rio Caquajó. Alguns pontos podem representar mais de um local de coleta.

Pertencente à planície amazônica e situada a poucos metros acima do nível de mar, a região do baixo Rio Anapu, formada pelas baías de Caxiuanã e dos Botos, apresenta uma hidrografia peculiar em relação à grande parte dos ecossistemas aquáticos amazônicos. Caracterizada como “ria fluvial”, a região se formou devido ao evento geológico de afogamento de vale do Rio Anapu, ocorrido durante o Holoceno, há cerca de 7.000 anos, no qual seus rios e igarapés sofreram um represamento natural, resultando na perda de grande parte de suas planícies de inundações marginais, com áreas de terra firme bem próxima a borda dos “rios-lago” (IBGE, 1977; Behling & Costa, 2000; Costa *et al.*, 2002).

Devido a sua localização geográfica, a região sofre influências tanto da maré quanto da vazão do Rio Anapu, que somado ao evento de afogamento de vale, resulta em um ciclo anual de cheias pouco marcante (Hida *et al.*, 1999). No entanto, é possível evidenciar para a região quatro períodos hidrológicos distintos, caracterizados como: vazante (junho a setembro), seca (outubro a dezembro), enchente (janeiro a fevereiro) e cheia (março a maio) (Figura 3).

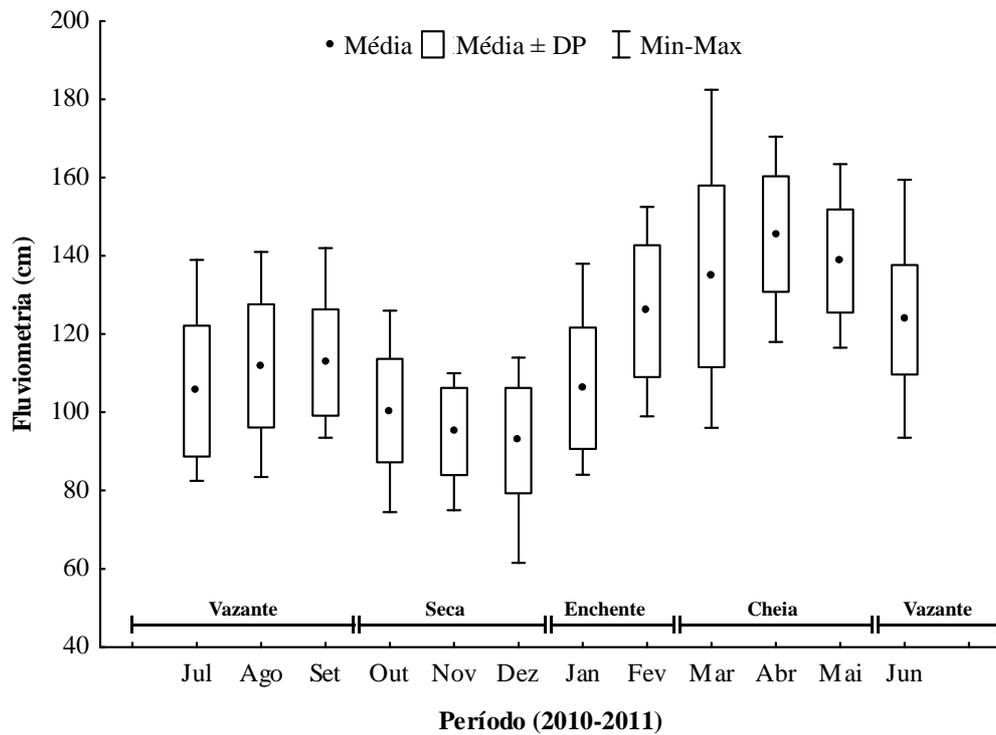


Figura 3 - Variação fluviométrica dos rios da região do Baixo Anapu, na Floresta Nacional de Caxiuanã no período de julho de 2010 a maio de 2011. Dados obtidos através da estação fluviométrica da Agencia Nacional de Águas (ANA).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo tropical quente e úmido, pertencente ao subtipo climático “Am” com curta estação seca entre agosto e novembro (Moraes *et al.*, 2009). Apesar de uma distribuição regular das chuvas durante todo o ano, apresenta uma sazonalidade bem definida (Costa *et al.*, 2009), com uma precipitação média anual em torno de 2.020mm. (Moraes *et al.*, 2009).

Os rios e igarapés da região apresentam pouco material em suspensão, e têm sido classificados como rios de água preta devido à presença de material orgânico solúvel de coloração marrom ou avermelhada (ácidos húmicos e fúlvicos) produzido pela decomposição da matéria orgânica proveniente da floresta (Sioli, 1984).

Coleta e análise de dados

Foram realizadas expedições bimestrais no período de julho de 2010 a maio de 2011, sendo os pontos de coletas estabelecidos, com o auxílio de um pescador local, ao longo dos rios da região do baixo Rio Anapu na área da FLONA de Caxiuanã (Figura 2).

Os exemplares de *S. gouldingi* foram capturados utilizando-se duas baterias de redes de espera com um comprimento de 100 m e aproximadamente 1,5m de altura, com malhas variando de 3 a 12cm entre nós opostos, que permaneceram expostas nos períodos de 4h as 8h da manhã e das 16h as 20h da noite.

Em laboratório, os espécimes foram mensurados quanto a massa corporal total (M_t) em gramas e comprimento total (C_t) em centímetros. Posteriormente estes foram eviscerados, através de uma incisão longitudinal na região ventral para retirada das gônadas, as quais foram verificadas quanto a massa total (M_g) com precisão de 0,001 g. Após a pesagem, as gônadas foram fixadas em formol a 10% por 48h, e submetidas ao processamento histológico de rotina para inclusão em parafina. Estas foram seccionadas a 5 μ m de espessura, coradas em Hematoxilina-Eosina (HE) e identificadas quanto ao sexo e estágio de maturação gonadal de cada indivíduo.

A determinação dos estágios de maturação gonadal foi realizada avaliando-se os tipos e a frequência de células das linhagens ovogênica e espermatogênica e a organização de estruturas gonadal derivadas (p. ex. folículo pós-ovulatório), utilizando-se uma escala adaptada dos estágios de maturidade propostos por Núñez & Duponchelle (2009). Espécimes testemunhos foram fixados em formol a 10%, e após 48 horas transferidos para álcool 70%, sendo posteriormente depositados na coleção ictiológica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG, Belém, Pará) sob os números de tombo, MPEG18935 a MPEG18940; MPEG18942 a MPEG18943; MPEG18949; MPEG19186 a MPEG19189; MPEG19199; MPEG19299; MPEG19301 a MPEG19306; MPEG19310 a MPEG19315; MPEG22923 a MPEG22933; MPEG22939 a MPEG22968.

A proporção sexual foi estabelecida com base na frequência absoluta de machos e fêmeas, considerando o período estudado como um todo, bem como nos diferentes períodos amostrados, e avaliada através do teste Qui-quadrado (χ^2), com nível de significância de 5%, baseado na hipótese nula de que a proporção sexual da população não difere de 1:1 como proposto por Vazzoler (1996).

As variações na atividade reprodutiva foram evidenciadas para machos e fêmeas de *S. gouldingi* com base no índice gonadosomático IGS% obtido através da equação $IGS\% = (Mg/Mt)100$ onde: Mg é a massa da gônada e Mt a massa total do indivíduo (Nikolsky, 1963). Os valores de IGS%, desconsiderando indivíduos imaturos, foram verificados quanto às premissas estatísticas, e testados quanto à variação entre períodos hidrológicos distintos, através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (H) com nível de significância de 5%, seguido pelo teste *a posteriori* de comparação múltipla (Zar, 1999). A atividade reprodutiva também foi avaliada por meio da distribuição da frequência relativa dos estágios de maturação gonadal de machos e fêmeas, verificando como estes se comportam ao longo dos períodos estudados.

O comprimento médio da primeira maturação sexual (L_{50}), onde 50% dos indivíduos encontram-se aptos a reproduzir, foi estimado para machos e fêmeas baseado na frequência de espécimes juvenis (estágio imaturo) e adultos (demais estágios). Para tal, obteve-se um diagrama de dispersão entre o comprimento total (classes de comprimento, com intervalo de um centímetro) e a porcentagem de espécimes adultos, no qual foi ajustada, pelo método não linear dos mínimos quadrados, com base na ferramenta Solver do Software Microsoft Office Excel[®]2007, através da equação logística $P = 1/(1 + e^{(r \cdot (Ct - L_{50}))})^{-1}$, onde P é proporção de indivíduos adultos em cada classe de comprimento; r é parâmetro de taxa relacionado a velocidade de mudança de indivíduos juvenis para adultos; Ct é o comprimento total em centímetros e L_{50} o comprimento médio de primeira maturação sexual.

A relação peso-comprimento foi obtida para machos e fêmeas seguindo o modelo modificado por Huxley (1924), $Mt = a \cdot Ct^b$, onde Mt é Massa total (g); Ct o comprimento total; a o coeficiente de proporcionalidade, e b o coeficiente alométrico. A equação foi ajustada através da rotina Solver do Software Microsoft Office Excel[®]2007, e os resíduos proporcionais ([massa observada - massa esperado]/massa observada) para ambos os sexos foram plotados em relação ao comprimento total, e posteriormente testados, através de um teste t ($\alpha = 5\%$), verificando possíveis diferença no padrão de crescimento entre machos e fêmeas.

O fator de condição alométrico foi calculado com base na equação $K = Mt/Ct^b$ onde, Mt é massa total do espécime; Ct o Comprimento total do espécime e b o coeficiente alométrico obtido através da relação peso-comprimento. Com o intuito de diagnosticar tendências no fator de condição relacionadas a atividades reprodutivas, calculou-se o fator de condição parcial, com a remoção da massa relativa às gônadas, a partir da equação $K_2 = (Mt - Mg) / Ct^b$ onde, Mg é

massa da gônada, com o valor de b sendo o mesmo utilizado no cálculo de K_1 , considerando que a diferença entre eles reflete a parcela de reservas energéticas utilizada no processo de maturação gonadal (Camara *et al.*, 2011). Os valores de K_1 e K_2 , obtidos separadamente para machos e fêmeas, foram testados quanto à variação temporal através de uma análise de variância (ANOVA) com um nível de significância de 5% (Zar, 1999), e posteriormente avaliados em relação a variação da atividade reprodutiva da espécie.

Resultados

Foram analisados 262 exemplares de *S. gouldingi*, sendo 113 machos, com um comprimento total médio de 15,5 cm ($\pm 2,9$), variando entre 9,10 e 25,6 cm, e 149 fêmeas com um comprimento total médio de 15,9 cm ($\pm 3,5$), variando entre 9,60 e 29,40 cm, que mantiveram, para o período estudado como um todo uma proporção sexual de 1:1 ($\chi^2 = 0,94$; $p > 0,05$).

Considerando os diferentes períodos hidrológicos amostrados, a distribuição de frequência de ocorrência de machos e fêmeas registrou um predomínio de fêmeas durante o período de vazante (julho) ($\chi^2 = 6,12$; $p < 0,05$), com 67,5% de ocorrência, e início da enchente (janeiro) ($\chi^2 = 5,21$; $p < 0,05$), com 65,6%, período esses que precedem as principais variações fluviométricas locais. O predomínio de machos, também foi observado durante o final do período de vazante (setembro) ($\chi^2 = 4,21$; $p = 0,05$) com 64,5%, no qual se observa um sutil aumento do nível dos rios (Figura 4).

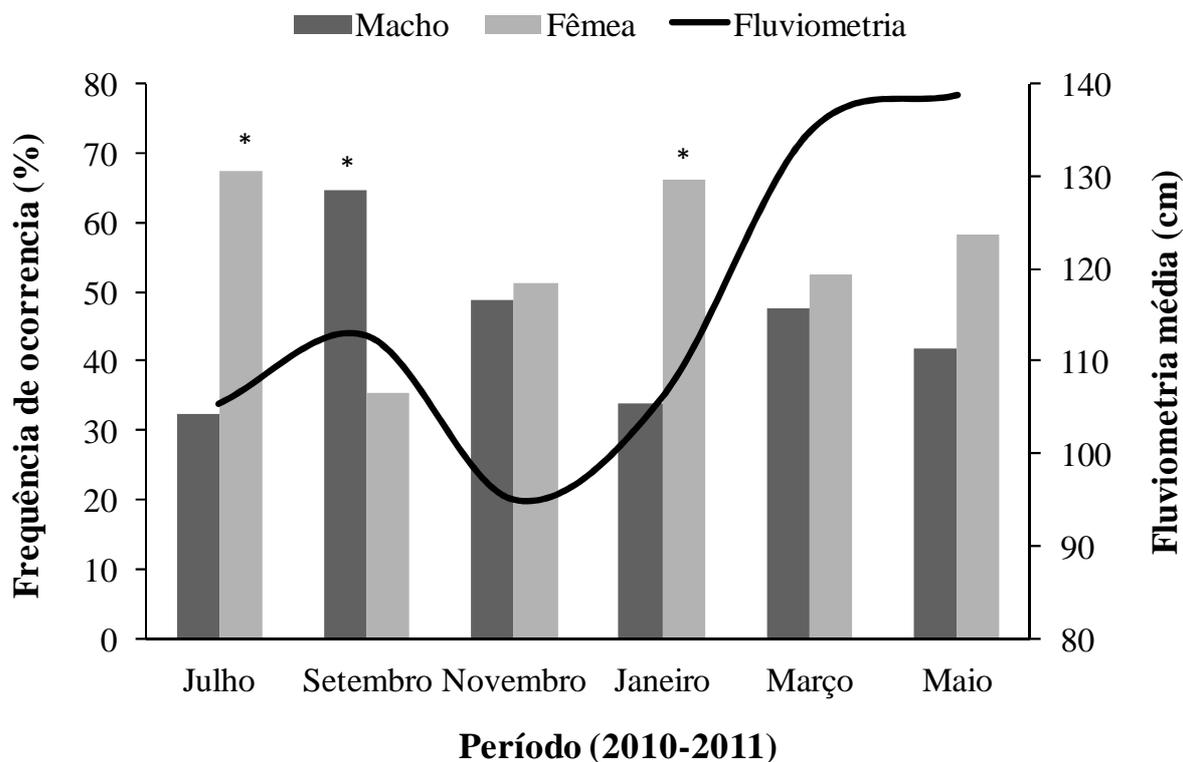


Figura 4 - Variação bimestral da proporção sexual de machos e fêmeas de *Serrasalmus gouldingi* de rios afogados da região do baixo Rio Anapu, Pará, Brasil no período de Julho de 2010 a Maio de 2011. Diferenças significativas são representadas pelo símbolo (*).

As análises histológicas das gônadas de fêmeas de *S. gouldingi* permitiram a caracterização de cinco estágios de maturação (imaturo, em maturação, maduro, desovado e repouso), descritos da seguinte forma (ver Figura 5):

Imaturas: Diagnosticadas pela presença de lamelas ovíferas contendo ovogônias caracterizadas por pequenas células aderidas a parede das lamelas e ovócitos previtelogênicos que apresentaram um citoplasma basófilo e homogêneo com núcleos centrais e nucléolos evidentes (Figura 5a).

Em maturação: Nesse estágio, foi observada presença de poucos ovócitos previtelogênicos, ovócitos em vitelogênese inicial caracterizado pela presença de alvéolos corticais na periferia da célula, e ovócitos em vitelogênese avançada cujas células apresentaram núcleo central, citoplasma acidófilo ocupado por vitelo e alvéolos corticais. Envolvendo algumas dessas células, foi possível verificar a presença do córion e de células foliculares. (Figura 5b).

Maduro: Foi observada a presença de todos os tipos celulares citados anteriormente, porém, houve um predomínio de ovócitos vitelogênicos caracterizados pela presença de um citoplasma preenchido por vitelo, e núcleo pouco visível (Figura 5c). Envolvendo estas células foi observada a presença de córion e células foliculares evidentes (Figura 5d).

Desovado: Caracterizado pelo aparecimento de ovócitos em vitelogênese inicial, avançada e alguns maduros. No entanto, foi verificada a presença de folículos pós-ovulatórios e alguns ovócitos atrésicos, os quais não completaram a sua maturação (Figura 5e).

Por fim, o estágio de **repouso** foi caracterizado por apresentar um tecido mais desorganizado com trama fibrilar entre as células. Verificando ainda, o predomínio de ovócitos previtelogênicos e presença de folículos pós-ovulatórios, além da presença de alguns ovócitos atrésicos (Figura 5f).

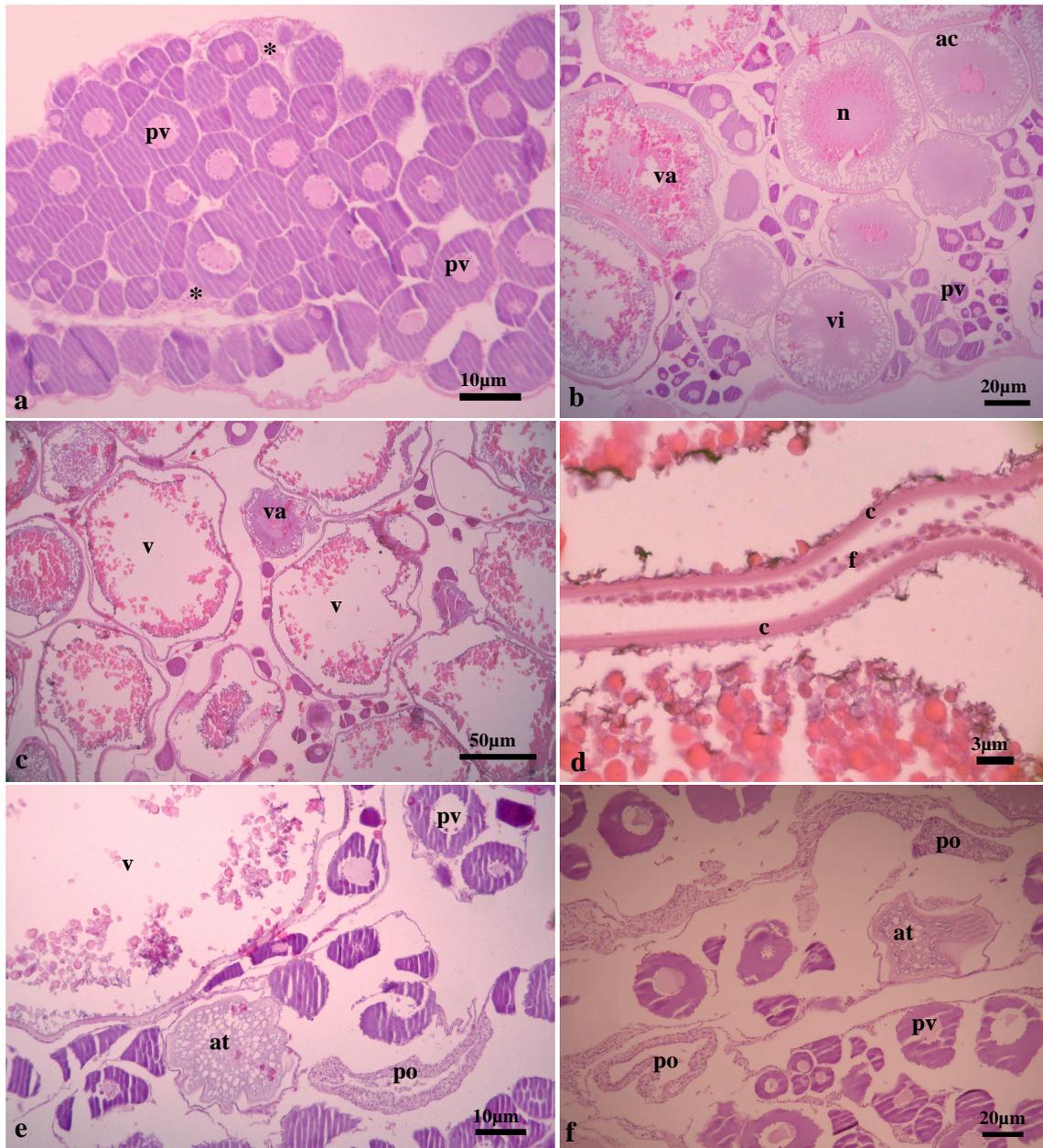


Figura 5 – Estágios de desenvolvimento gonadal de fêmeas de *S. goudingi*. Imaturo (a) , em maturação (b), maduro (c), detalhe do ovócito maduro (d), desovado (e), repouso (f); ovogônias (*), ovócitos pré-vitelogênicos (pv), ovócitos em vitelogênese Inicial (vi), ovócitos em vitelogênese avançada (va), núcleo (n), alvéolos corticais (ac), córion (c), células foliculares (f), ovócito vitelogênico (v), folículos atrésicos (at) e folículos pós ovulatórios (po).

Para os machos de *S. gouldingi* as análises histológicas permitiram diagnosticar quatro estágios de maturação (imaturo, em maturação, maduro e espermiado) descritos da seguinte forma (Figura 6):

Imaturo: Caracterizados pela presença de células germinativas indiferenciadas e espermatogônias envolvidas por uma grande quantidade de tecido conjuntivo (Figura 6a).

Em maturação: Caracterizados pela presença de numerosos e bem organizados cistos ou túbulos espermáticos. No interior desses túbulos foram observadas diferentes células da linhagem espermatogênica: espermatogônias, espermatócitos e espermátides, além da presença de uma pequena quantidade de espermatozóides que foram encontrados livres no lúmen dos túbulos espermáticos (Figura 6b).

Maduros: Foi observada a presença de túbulos espermáticos de tamanho irregulares completamente preenchidos por espermatozóides. As demais células da linhagem espermatogênica foram encontradas em menor quantidade na periferia dos túbulos (Figura 6c).

E por fim o estágio **espermiado**, caracterizado por apresentar testículos com predomínio de túbulos vazios. No entanto, foram encontrados túbulos espermáticos com menor quantidade de espermatozóides e pequena quantidade das demais células da linhagem espermatogênica. Ainda foi encontrado um tecido gonadal com aspecto mais frouxo (Figura 6d).

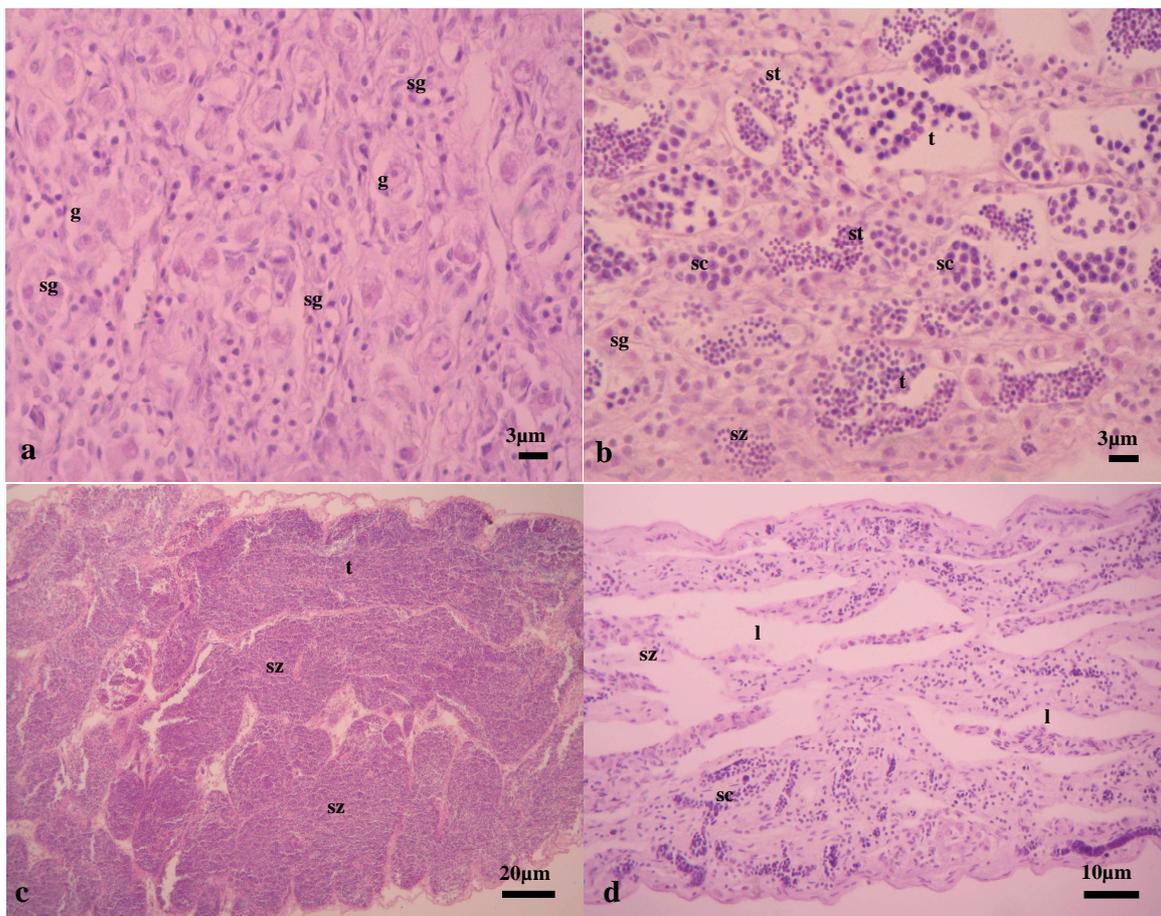


Figura 6 – Estágios de desenvolvimento gonadal de machos de *S. goudingi*. Imaturo (a), em maturação (b), maduro (c), espermiado (d), células germinativas primordiais (g), espermatogônias (sg), espermatócitos (sc), espermatídes (st), espermatozóides (sz), túbulos espermáticos (t) e lúmen (l).

A variação nos valores de IGS% para fêmeas evidenciou uma maior atividade de maturação gonadal nos períodos transicionais de vazante (julho) e enchente (janeiro), com o período de enchente diferindo do início do período de cheia (março), que obteve os menores valores de IGS% ($H_{(5;55)} = 15,6558$; $p < 0,05$). (Figura 7a). Da mesma maneira, a variação temporal de frequência dos diferentes estágios de maturação, apesar da grande ocorrência de indivíduos imaturos, evidenciou um aumento de atividade reprodutiva nos períodos transicionais de vazante (julho e setembro), e enchente (janeiro), com uma elevada frequência dos estágios maduro e em maturação, enquanto que nos períodos de seca (novembro) e cheia (março e maio) verificou-se a elevada ocorrência dos estágios desovado e repouso respectivamente (Figura 8a).

Para machos a variação nos valores de IGS% também destaca, de forma mais evidente, os períodos transicionais de vazante (julho) e enchente (janeiro) como sendo os períodos de maior atividade reprodutiva ($H_{(5,92)} = 21,680$; $p < 0,05$), com os menores valores registrados durante o pico das estações seca (novembro) e cheia (maio) (Figura 7b). A variação temporal das frequências dos estágios de maturação evidencia a presença de machos em todos os estágios de maturação ao longo de todo o período amostrado, com uma maior proporção de machos maduros durante os períodos de vazante (julho) com 41,66%, e início da cheia (março) com 38,88% (Figura 8b), seguidos por uma elevada frequência de indivíduos espermiados também nos períodos de vazante (setembro) e cheia (maio), com 47,36 e 38,88% respectivamente.

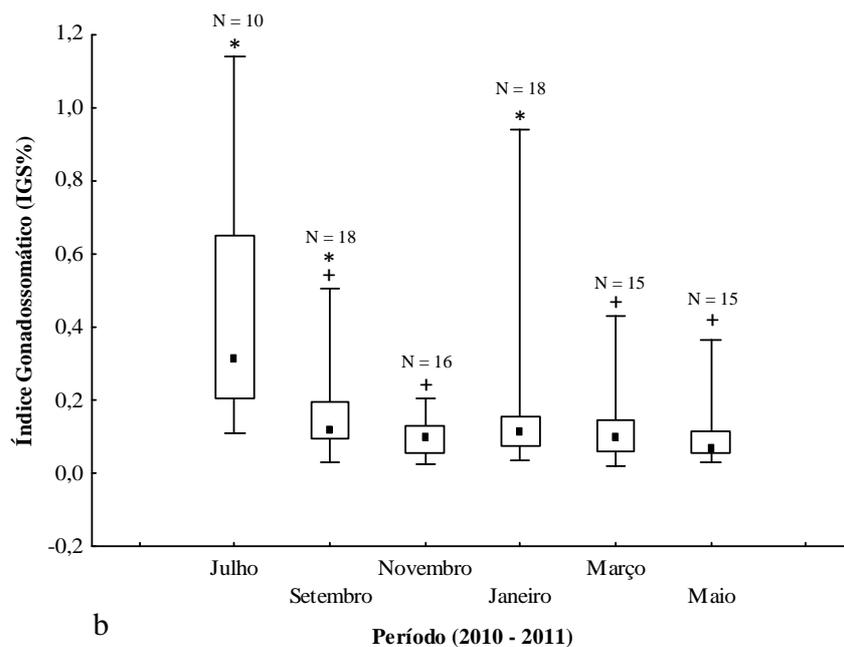
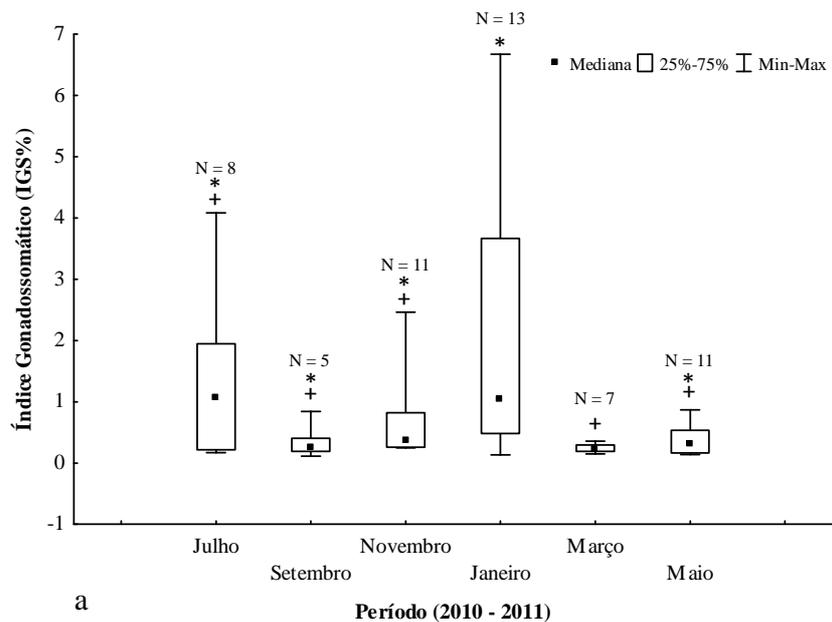


Figura 7 - Variação bimestral do Índice Gonadosossomático (IGS%) para fêmeas (a) e machos (b) de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011. Períodos sinalizados por símbolos diferentes representam diferenças significativas dessa variação.

Os dados obtidos no presente estudo apontam para dois períodos de maior atividade reprodutiva que ocorreram nos períodos transicionais de vazante (julho e setembro), onde se observou um sutil aumento no nível dos rios, enchente (janeiro) e início do período de cheia (março), que antecede o período de maior fluviometria para região.

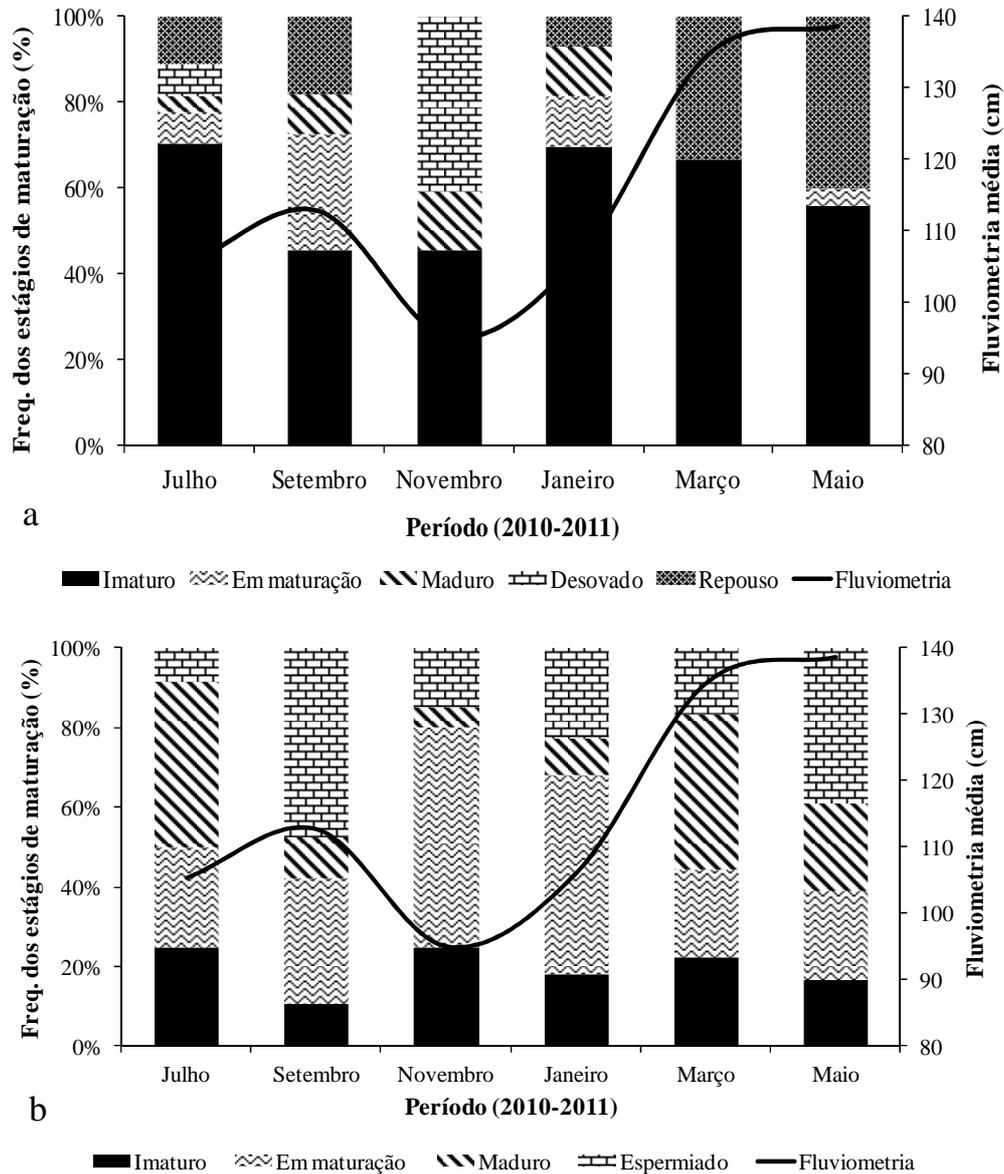


Figura 8 - Variação bimestral da frequência dos estágios de maturação gonadal de fêmeas (a) e machos (b) de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011.

A relação entre indivíduos adultos e o comprimento total dos mesmos, resultou em uma estimativa de tamanho médio de primeira maturação sexual, no qual 50% da população encontram-se aptas a reproduzir, de 16,13 cm para fêmeas (Figura 9a), sendo aproximadamente 4 cm maior do que o comprimento total estimado para machos, que foi de 12,24 cm (Figura 9b).

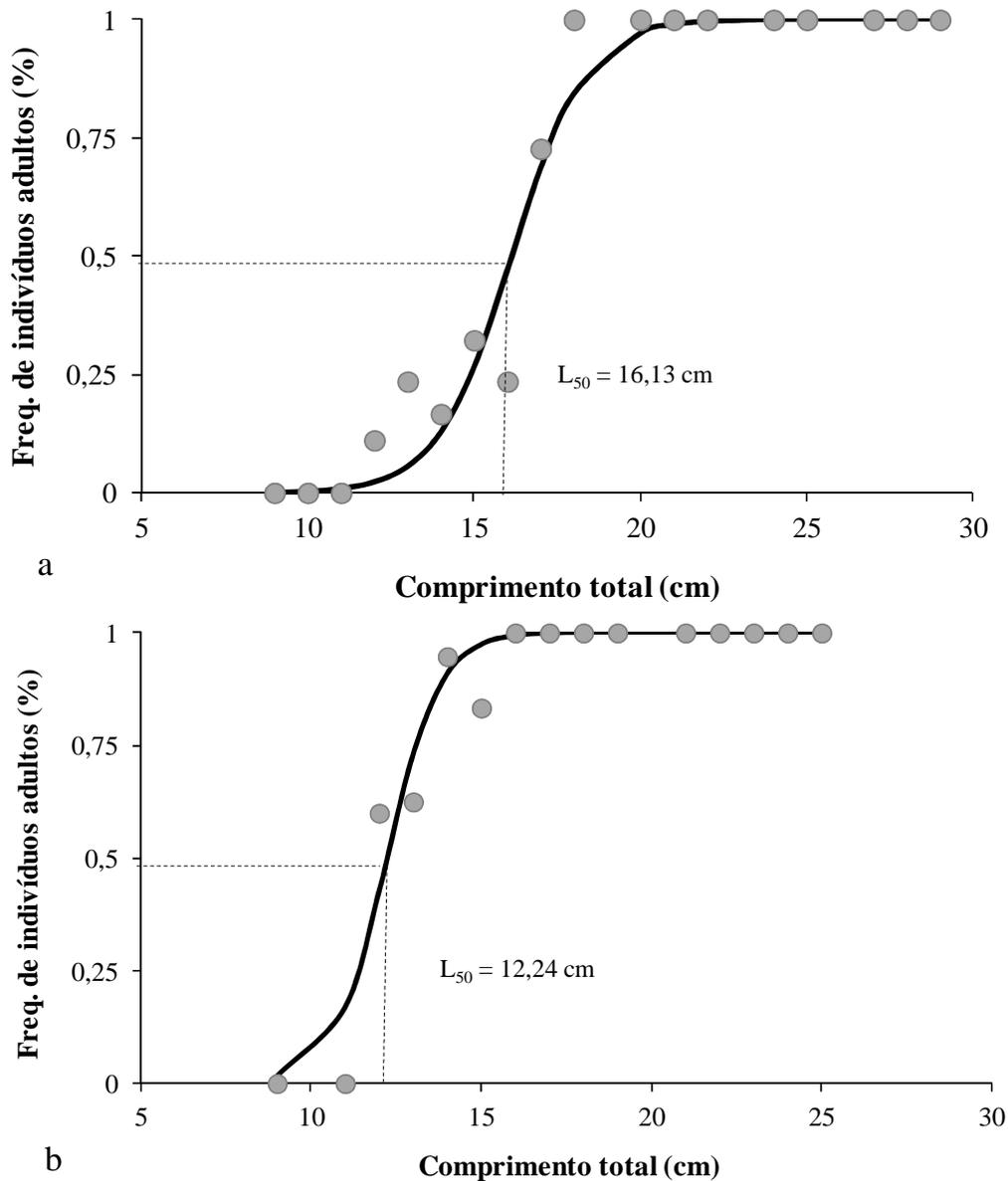


Figura 9 - Estimativa do comprimento de primeira maturação sexual (L_{50}) de fêmeas (a) e machos (b) de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011.

Quanto aos aspectos morfológicos da piranha *S. gouldingi*, fêmeas apresentaram, em média, um comprimento total de 0,43cm e massa total de 14,06g maiores do que machos. A relação peso comprimento assumiu a seguinte equação: $Pt=0,004*Ct^{3,47}$. Sendo assim, verificou-se para a população como um todo um crescimento alométrico positivo (Figura 10a), considerando que a variação dos resíduos proporcionais não evidenciou diferença no padrão de crescimento de machos e fêmeas ($t = -0,52$; $gl = 258$; $p > 0,05$) (Figura 10b).

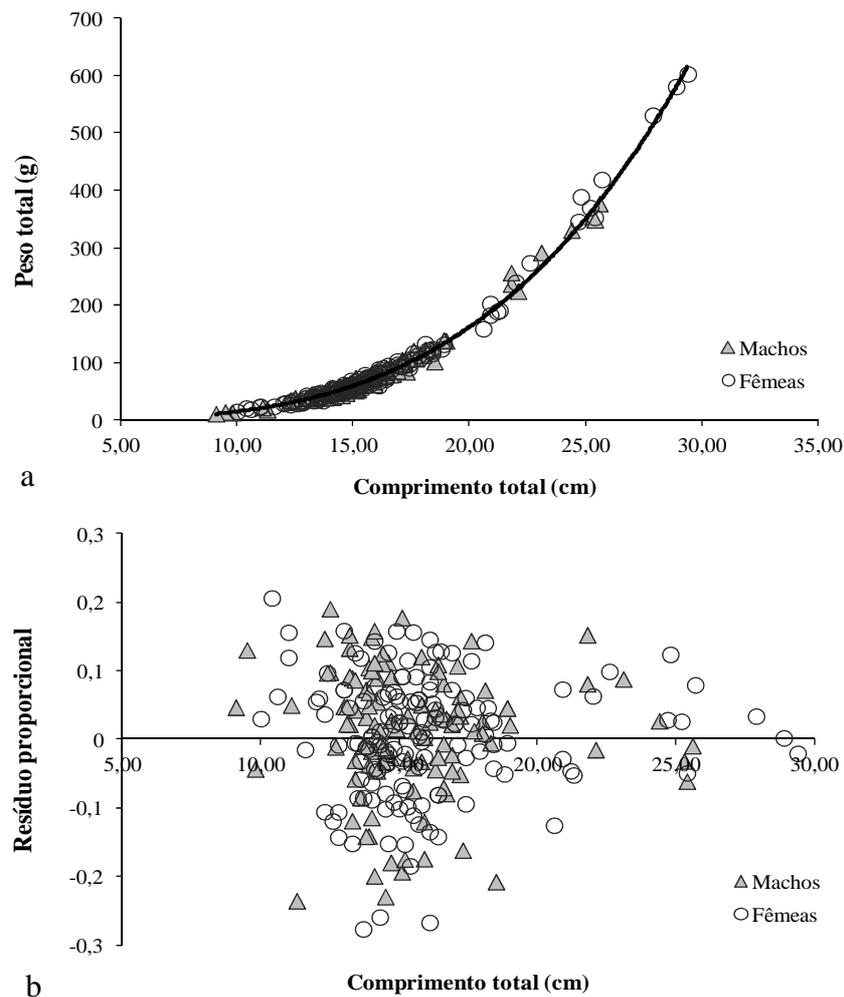


Figura 10 - Relação peso-comprimento (a) e distribuição regular dos resíduos proporcionais (b) de *Serrasalmus gouldingi* de rios afogados da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011.

As análises dos fatores de condição total (K_1) e parcial (K_2) indicaram que, apesar das sutis diminuições destes para machos durante os períodos de vazante (julho) e início de cheia (março) entes não diferem dos demais períodos amostrados ($F_{(5;107)} = 1,0689$; $p > 0,05$). Por outro lado, os resultados obtidos para fêmeas indicaram, para ambos os fatores de condição, uma diminuição significativa ($F_{(5, 140)} = 4,15$; $p < 0,01$), durante o período transicional de vazante (julho), que não difere apenas do início do período de cheia (março), onde também foi observada uma sutil diminuição desses fatores (Figura 11).

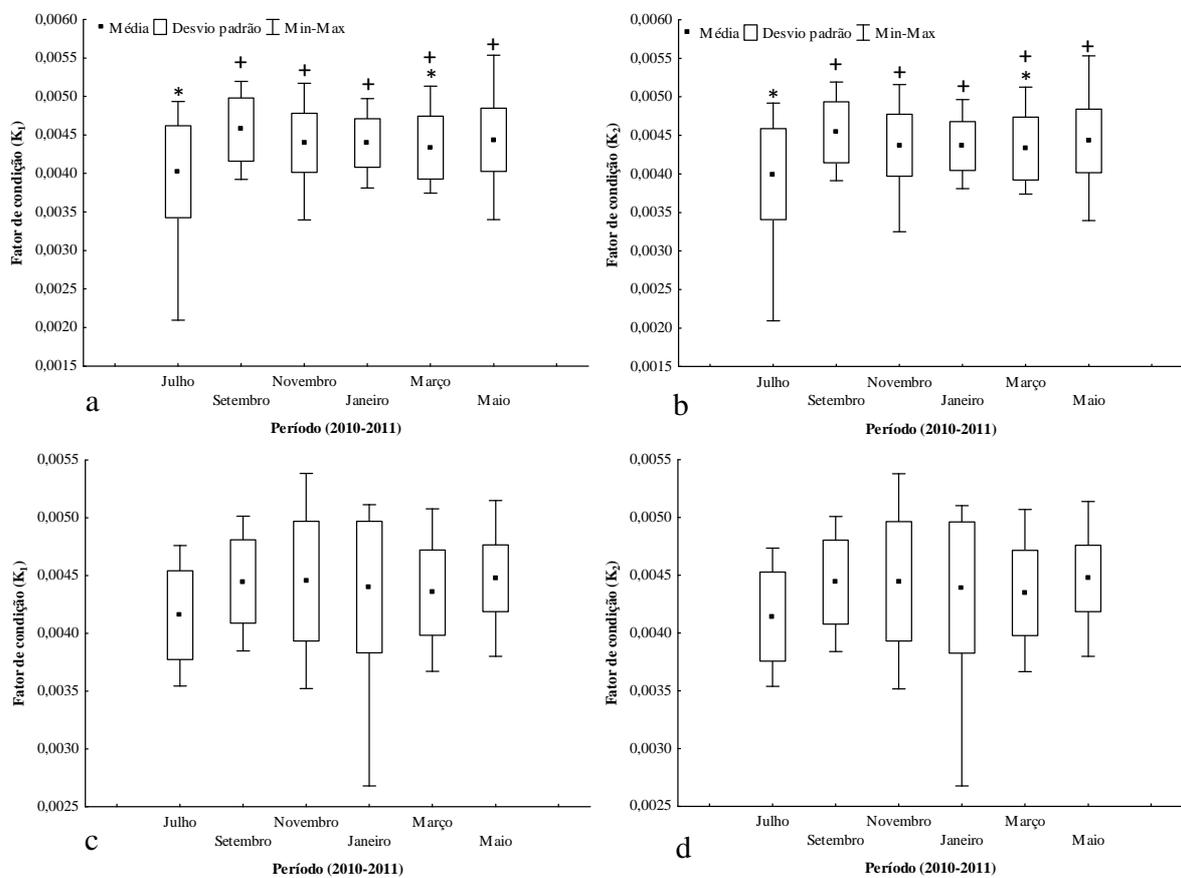


Figura 11 - Variação do fator de condição total, K_1 (a) e parcial K_2 (b) de fêmeas; e total, K_1 (c) e parcial, K_2 (d) de machos de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu, no período de julho de 2010 a maio de 2011. Onde, períodos sinalizados por símbolos diferentes representam diferenças significativas dessa variação.

Discussão

O efeito das inundações periódicas observadas em rios da região tropical tem sido constantemente discutido em relação a aspectos reprodutivos dos peixes (Goulding, 1980; Junk, 1989; Lowe-McConnell, 1999; Agostinho *et al.*, 2004). O aumento do nível das águas podem desencadear a maturação de um grande número de espécies com diferentes estratégias reprodutivas (Bailly *et al.*, 2008), e tem se mostrado um importante fator a influenciar no período reprodutivo de muitos caracídeos neotropicais (Goulding, 1980; Vazzoler & Menezes, 1992). Nos períodos de cheia observa-se a formação de ambientes favoráveis ao desenvolvimento de larvas e juvenis de peixes, enquanto que nos períodos secos a transparência das águas ocasiona uma maior exposição dos ovos e a concentração de predadores pode afetar negativamente o sucesso reprodutivo das espécies (Agostinho *et al.*, 2004).

Variações na proporção sexual dos peixes são observadas ao longo de todo o ciclo de vida, podendo ser atribuídas a diversos fatores como, taxa crescimento, mortalidade, comportamento ou até mesmo seletividade do método de captura, que atuam de forma distinta sobre indivíduos dos diferentes sexos (Vazzoler, 1996; Raposo & Gurgel, 2001).

Estudos que evidenciaram a proporção sexual da piranha *Serrasalmus spilopleura* (Kner 1858) em diferentes regiões hidrográficas observaram diferentes variações nas proporções sexuais. Enquanto Fujihara (1997), na represa de Jurumirim (Alto Rio Paranapanema, SP) observou uma razão de duas fêmeas para cada macho de *S. spilopleura*, o estudo realizado por Raposo & Gurgel (2001), para a mesma espécie, no lago Extremoz (Natal, RN), observou que esta não diferiu da proporção esperada de 1:1, corroborando com a ideia de que este parâmetro pode variar entre diferentes populações, refletindo possíveis estratégias reprodutivas que estão intimamente relacionadas com as variações do ambiente (Nikolsky, 1969; Agostinho *et al.*, 2007).

O predomínio de fêmeas em uma população pode estar associado a fatores como a alta disponibilidade de alimento, sendo esta uma estratégia para acelerar o crescimento populacional (Vasconcelos *et al.*, 2011). No presente trabalho, o predomínio de fêmeas de *S. gouldingi* em períodos de maior atividade reprodutiva mostrou-se similar aos resultados obtidos por Dantas *et al.* (2010) para *Serrasalmus brandtii* (Rheinhardt & Lütken *et al.*, 1874) na bacia do Rio de Contas, drenagem costeira do nordeste brasileiro.

Considerando a presença de um comportamento agregado, com formação de pequenos cardumes descrita para as espécies do gênero *Serrasalmus* (Sazima & Machado, 1990), o resultado obtido nos permite inferir sobre um possível comportamento onde um único macho pode fecundar ovócitos de mais de uma fêmea. Além disso, a variação na proporção sexual da população pode refletir diferenças na distribuição espacial entre os sexos, onde as fêmeas, em determinado período, passam a habitar áreas periodicamente alagadas que são deficientemente amostradas com determinados métodos de coleta, principalmente se consideramos que algumas espécies de piranha utilizam da vegetação marginal para construção de ninhos e deposição dos seus ovos (Ledecy, 1966; Géry, 1977 Honorato-Sampaio *et al.*, 2009).

Quanto ao tipo de desova, *S. gouldingi* evidenciou um desenvolvimento assincrônico de seus ovócitos, sugerindo uma desova em lotes ao longo do período reprodutivo (Núñez & Duponchelle, 2009), corroborando com dados obtidos para outras espécies do gênero, tais como *S. spilopleura* em um reservatório do Rio Paranaíba (Lamas & Godinho, 1996); *S. altuvei* (Ramírez, 1965) na região do baixo Rio Negro (Leão *et al.*, 1991) e *S. brandtii* nas represas de Três Marias e Juramento, Rio São Francisco (Tales & Godinho, 1997; Honorato-Sampaio *et al.*, 2009). Além de outras espécies de Serrasalmidae, tais como as piranhas *Pygocentrus nattereri* Kner 1858, na bacia dos Rios Iténez e Marmoré (afluentes do Rio Madeira) (Duponchelle *et al.*, 2007) e *Pygocentrus piraya* (Cuvier, 1819), na represa de Três Marias, bacia do Rio São Francisco (Ferreira *et al.*, 1996).

Uma desova em lotes pode ser uma estratégia bastante viável para essas espécies, podendo aumentar o número de ovócitos produzidos durante o período reprodutivo, bem como reduzir a competição por recursos durante os estágios iniciais de desenvolvimento dos espécimes (Vazzoler, 1996). Esta estratégia também apoia o fato de *S. gouldingi* iniciar suas atividades reprodutivas durante o aumento do nível dos rios, permitindo assim que suas desovas sejam realizadas em períodos favoráveis ao desenvolvimento de sua prole.

No presente estudo, *S. gouldingi* apresentou indivíduos maduros ao longo de todos os períodos amostrados. No entanto, a variação do índice gonadosomático juntamente com a frequência de ocorrência dos estágios de maturação gonadal nos permite inferir a respeito de dois picos de maior atividade reprodutiva, ocorrendo nos períodos transicionais, que antecedem as maiores variações de fluviometria para a região, padrão esse que pode ser mais facilmente visualizados em machos.

A presença de mais de um pico de atividade reprodutiva para *S. gouldingi* mostra-se uma característica peculiar entre os estudos com espécies do gênero na região amazônica, tais como *S. altuvei* (Leão *et al.*, 1991) e *S. spilopleura* no complexo lacustre Lago Grande Rio Manacapuru, estado do Amazonas (Maciel *et al.*, 2011), que evidenciaram um único pico reprodutivo ocorrendo no período de elevação do nível dos rios. Tal peculiaridade pode estar relacionada a condições hidrográficas da região, que devido à suas características de “rios lago” apresenta uma constante interação entre ambientes aquático e terrestre, onde uma pequena elevação no nível dos rios pode fornecer condições favoráveis à reprodução da espécie. A presença de mais de um pico reprodutivo também foi evidenciada para *Pygocentrus nattereri* da Reserva de Mamirauá (Amazônia Central), sendo o segundo pico atribuído ao aumento súbito do nível dos rios, sem chuvas significativas, conhecidos com “repiquete” (Queiroz *et al.*, 2010).

Alterações do nível dos rios podem acarretar em mudanças na estrutura do hábitat, bem como na disponibilidade de recursos, podendo afetar diversos parâmetros da reprodução de uma espécie. O tamanho de primeira maturação sexual dos peixes tem sido um importante parâmetro populacional no estabelecimento de medidas de controle e preservação de estoques naturais dos ecossistemas (Cruz *et al.*, 1996; Barbieri *et al.*, 2004). De acordo com Vazzoler (1996) esse parâmetro pode refletir características populacionais como competição intraespecífica e diferentes taxas de crescimento e mortalidade, podendo também variar em consequência de variações ambientais como disponibilidade de alimento (Duponchelle *et al.*, 2007).

No presente trabalho, os machos atingiram a primeira maturação sexual com um comprimento inferior ao de fêmeas, o que representa 47,83% do comprimento total do maior macho e 54,86% da maior fêmea amostrada, apoiando a hipótese de que a maioria dos peixes neotropicais atinge a fase adulta com um comprimento que corresponde de 40 a 50% do seu tamanho máximo registrado (Agostinho *et al.*, 1992). A presença de machos com um comprimento médio de primeira maturação sexual inferior ao de fêmeas também tem sido registrado para outras espécies do gênero, tais como *Serrasalmus marginatus* Valenciennes, 1837, com 11,5cm para machos e 12,2cm para fêmeas; *S. maculatus*, com 9,8cm para machos e 10,8cm para fêmea (Suzuki *et al.*, 2004) e *S. brandtii* com 13,5cm para machos e 14,5cm para fêmeas (Honorato-Sampaio *et al.*, 2009), além de outras espécies de piranhas como *P. nattereri* (Duponchelle *et al.*, 2007; Queiroz *et al.*, 2010) e *P. piraya* (Cruz *et al.*, 1996).

Apesar do tamanho de primeira maturação sexual ser um parâmetro bastante sensível ao ciclo de vida dos animais (Schaffer, 1974; Barbieri *et al.*, 2004), o fato de machos atingirem sua primeira maturação sexual com um comprimento inferior ao de fêmeas tem sido constantemente observado dentre os peixes neotropicais (Araujo & Garutti, 2002; Barbieri *et al.*, 2004; Nunes, *et al.*, 2004; Gomiero *et al.*, 2007; Freitas *et al.*, 2011). De modo que, o fato de fêmeas maturarem com um comprimento maior, pode estar relacionado à necessidade de um maior investimento energético para suas atividades reprodutivas (Bromley, 2003).

Variações temporais no fator de condição alométrico (K) tem sido outro parâmetro bastante utilizado na interpretação de alterações de parâmetros biológicos tais como, aspectos nutricionais, acúmulo de gordura e desenvolvimento gonadal dos peixes (Le Cren, 1951; Froese, 2006; Ellen *et al.*, 2011).

Ao avaliar o fator de condição (K) de nove espécies de caracídeos em planícies alagadas do alto Rio Paraná, Lizama & Ambrósio (2002) associaram a redução deste parâmetro a períodos de altas taxas metabólicas, observadas durante os períodos de maior atividade gonadal e início do de desova, onde muitas espécies apresentam uma redução na sua intensidade alimentar e utilizam grande parte de suas reservas energéticas presentes em forma de gordura. Neste sentido, a variação encontrada pra *S. gouldingi*, corrobora com os dados apresentados acima, onde os menores valores de K foram observados nos períodos de maior atividade reprodutiva, que foram registrados para os períodos de vazante (julho), enchente (janeiro) e início do período de cheia (março), seguido por um aumento do fator de condição nos períodos em que foi registrado um início da atividade de desova.

Apesar de ambos os sexos apresentarem uma redução do fator de condição, diferenças significativas dessa variação foram verificadas apenas para fêmeas. Essa variação pode ser atribuída ao fato de fêmeas apresentarem uma maior necessidade energética no processo de maturação gonadal em relação aos machos, considerando que cada ovócito necessita de um massivo investimento citoplasmático (Wootton, 1999) reforçando a hipótese de que o investimento energético pode se dar de forma diferenciada entre os sexos como já evidenciado por alguns autores (Vazzoler, 1996; Santos *et al.*, 2004; Abelha & Gulart, 2008).

Desta maneira, os resultados obtidos no presente estudo nos permitiram evidenciar que o pulso de inundação, apesar de ocorrer de forma sutil na região estudada, com uma constante interação entre os ecossistemas aquáticos e terrestres, continua sendo importante parâmetro a

influenciar na biologia reprodutiva de *S. gouldingi* da região do baixo Rio Anapu. Apesar da presença de indivíduos em atividade reprodutiva ao longo de todo período amostrado, o aumento no nível dos rios esteve associado não só a uma maior atividade reprodutiva da piranha *S. gouldingi*, como também variações no fator de condição, que reflete a utilização de reservas energéticas, decorrente de atividades como alimentação e maturação gonadal.

Agradecimentos

A Estação Científica Ferreira Penna (EFCFP) pelo apoio logístico, ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio – Amazônia Oriental) pelo financiamento de parte das expedições de campo, a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor do presente trabalho, ao programa de pós-graduação em Zoologia do convênio entre Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), ao laboratório de técnicas histológicas da UFPA em especial a técnica Lia Priante e a todos que de certa forma contribuíram para realização deste trabalho.

Referências

Abelha, M. C. F. & Goulart, E. 2008. Population structure, condition factor and reproductive period of *Astyanax paranae* (Eigenmann, 1914) (Osteichthyes: Characidae) in a small and old brazilian reservoir. *Brazilian Archives of biology and technology*, 51(3): 503-512.

Agostinho, A. A., H. F. Julio Jr. & J. R. Borghetti. 1992. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: Reservatório de Itaipu. *Revista da Unimar*, 14: 89-107.

Agostinho, A. A., L. C. Gomes & F. M. Pelicice, 2007. *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá, Eduem, 501p.

Agostinho, A. A., L. C. Gomes, S. V. Veríssimo, & E. K. Okada. 2004. Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 14(1): 11-19.

Agostinho, C. S. 2003. Reproductive aspects of piranhas *Serrasalmus spilopleura* and *Serrasalmus marginatus* into the upper Paraná River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63(1): 1-6.

Alvarenga, É. R., B. Nilo, G. B. Santos & E. Rizzo. 2006. Reproductive biology and feeding of *Curimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann) (Pisces, Curimatidae) in Juramento reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(2): 314-322.

Araujo, R. B. & Garutti. 2002. Biologia reprodutiva de *Aspidoras fuscoguttatus* (Siluriformes: Callichthyidae) em riachos de cabeceira da bacia do alto Rio Paraná. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, 92(4): 89-98.

Bailly, D., A. A. Agostinho & H. I. Suzuki. 2008. Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different strategies in the Cuiabá River, upper Pantanal, Brazil. *River Research and Applications*, 24: 1218-1229.

Barbieri, G., F. A. Salles, M. A. Cestarolli & A. R. Teixeira-Filho. 2004. Estratégias reprodutivas do dourado, *Salminus maxillosus* e do curimatá, *Prochilodus lineatus* no Rio Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, com ênfase nos parâmetros matemáticos da dinâmica populacional. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 26(2): 169-174.

Becker, F., L. C. C. de Fries, T. R. F. Guimarães & B. A. Meseses. 2010. Pesquisa sobre reprodução de populações naturais de peixe no Brasil (2001-2010): um breve panorama sobre tendências e lacunas. *Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia*, 100: 40-44.

Behling, H., M. L. & Costa. 2000. Holocene Environmental Changes from the Rio Curua Record in the Caxiuana Region, Eastern Amazon Basin. *Quaternary Research* 53: 369–377.

Bromley, P. J. 2003. The use of market sampling to generate maturity ogives and to investigate growth, sexual dimorphism and reproductive strategy in central and south-western North Sea sole (*Solea solea* L.). *ICES Journal of Marine Science*, 60: 52-65.

Camara, E. M., E. P. Caramaschi & A. C. Petry. 2011. Fator de condição: Bases conceituais, aplicações e perspectivas de uso em pesquisas ecológicas com peixes. *Oecologia Australis*, 15(2): 249-274.

Costa, A. C. L., S. S. Almeida, C. R. Carvalho, P. Meir, Y. Malhi, R. F. Costa, J. A. S. Junior, M. C. Costa, T. B. Tanaka, R. A. Fisher, E. D. Sott, L. L. Oliveira, H. L. Gonçalves, A. P. Braga & P. N. Barreto. 2009. Experimento Eseciflora - LBA em Caxiuanã. Pp. 45-90 In: Lisboa, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: Desafio para a conservação em uma Floresta Nacional na Amazônia. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 672p.

Costa, M. L., D. C. Kern, H. Behling, & M. S. Borges. 2002. Geologia. Pp. 179-205. In: Lisboa, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 734p.

Cruz, A. M. G., Y. Sato, E. Rizzo, G. B. Santos & N. Bazzoli. 1996. Maturação sexual da piranha *Pygocentrus piraya* (Cuvier, 1820) (Pisces, Characidae) na represa de Três Marias, Minas Gerais. Cadernos do Departamento de Ciências Biológicas da PUC-Minas, 4(4): 17-21.

Dantas, R. S., R. T. S. Félix & S. William. 2010. Aspectos reprodutivos de duas espécies de Serrasalminae (Teleostei, Characidae) no Rio de Contas, BA, Brasil. Jornada de Pesquisa e Extensão, JUPEX-2010.

Duponchelle, F., F. Lino, N. Hubert, J. Panfili, J. F. Renno, E. Baras, J. P. Torrico, R. Dugue & J. Núñez. 2007. Environment-related life-history trait variations of the red-bellied piranha *Pygocentrus nattereri* in two river basins of the Bolivian Amazon. Journal of Fish Biology, 71: 1113–1134.

Ellen, M. C., E. P. Caramaschi & A. C. Petry. 2011. Fator de condição: Bases conceituais, aplicações e perspectivas de uso em pesquisas ecológicas com peixes. Oecologia Australis, 15(2): 249-274.

Ferenandes, C. C. 1997. Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. Ecology of Freshwater Fish, 6: 36-44.

Ferreira, R. M. A., N. Bazzoli, E. Rizzo & Y. Sato. 1996. Aspectos reprodutivos da piranha. *Pygocentrus piraya* (Teleostei, Characiforme), espécie nativa da bacia do Rio São Francisco. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 48(1): 71-76.

- Fink, W. L. & A. Machado-Allison. 1992. Three new species of piranha from Brazil e Venezuela (Teleostei: Characiformes). *Ichthyology Exploration of Freshwaters*, 3(1): 55-71.
- Freitas, T. M. S, V. H. C. Almeida, L. F. A. Montag, R. M. Rocha & N. F. Fontoura. 2011. Seasonal changes in the gonadossomatic index, allometric condition factor and sex ratio of an auchenipterid catfish from eastern Amazonia. *Neotropical Ichthyology*, 9(4): 839-847.
- Frose, R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 241–253.
- Fujihara, C. Y. 1997. Aspectos da estrutura populacional, dinâmica da reprodução e da nutrição e o tipo de crescimento da piranha, *Serrasalmus spilopleura* Kner, (1860), no reservatório de Jurumirim, alto Rio Paranapanema, SP. Unpublished Msc. Dissertation, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Botucatu. 118 p.
- Géry, J. Characoids of the world. 1977. New Jersey, THF Publ., 672 p.
- Godinho, A. L., I. R. Lamas & H. P. Godinho. 2010. Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 87:143-162.
- Gomiero, L. M., P. S. Ursulla & F. M. S. Braga. 2007. Reprodução e alimentação de *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) em rios do Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, SP. *Biota Neotropica*, 7(3): 127-133.
- Goulding, M. 1980. *The fishes and Forest: explorations in Amazon natural history*. Berkeley: University of Califórnia Press, U.S.A. 280p.
- Guerrero H. Y., E. Cardillo, G. Poleo & D. Marcano. 2009. Reproductive biology of freshwater fish from the Venezuelan floodplains. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35:189-196.
- Hida, N., J.G. Maia, M. Hiraoka, O. Shimm & M. Nobuaki. 1999. River water level changes of the Amazon Estuary: at Breves, Caxiuanã and Abaetetuba. *Manaus'99 - Hydrological and geochemical processess in large scale river basins*, p.1-9.

Honorato-Sampaio, K., G. B. Santos, N. Bazzoli & E. Rizzo. 2009. Observation of seasonal breeding biology and fine structure of the egg surface in the white piranha *Serrasalmus brandtzi* from the São Francisco River basin, Brazil. *Journal of Fish Biology*. 75: 1874-1882.

Huxley, J. S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature* 14: 896–897.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, 1977. *Geografia do Brasil: Região Norte 1*. SERGRAF; IBGE, Rio de Janeiro. Brasil, 466p.

Jégu, M. 2003. Subfamily Serrasalminae (pacus and piranhas). Pp. 182-196 In: Reis, R.E., S.O. Kullande & C.J.Jr. Ferraris. (Eds.), *Check list of Freshwater Fishes of South and Central America*. Edipucrs, Porto Alegre, Brazil, 729p.

Junk, W. J., P. B. Bayley & R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Pp. 110-127. In: Dodge, D. P. (Ed.). *Proceedings of the International Large River Symposium*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106p.

Lamas, I. R. & A. L. Godinho. 1996. Reproduction in the piranha *Serrasalmus spilopleura*, a neotropical fish with an unusual pattern of sexual maturity. *Environmental Biology of Fishes*, 45: 161-168.

Le Cren, E. D. 1951. The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20(2): 201-219.

Leão, E. L. M., R. G. Leite, P. T. C. Chaves & E. Ferraz. 1991. Aspectos da reprodução, alimentação e parasitofauna de uma espécie rara de piranha, *Serrasalmus altuvei* Ramírez, 1965 (Pices, Serrasalmidae) do baixo Rio Negro. *Revista Brasileira de Biologia*, 51(3): 545-553.

Ledecky, E., 1966. Spawning piranhas. *Tropical Fish Hobbyist*, 14: 5-14.

Lizama, M. de los A. & Ambrósio A. M. 2002. Condition factor in nine species of fish of the Characidae family in the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 62(1): 113-124.

- Lowe-McConnell, R. H. 1999. Estudos ecológicos em comunidades de peixes tropicais. São Paulo: EDUSP, 534p.
- Maciel, H. M., M. G. M. Soares & L. Prestes. 2011. Reprodução da piranha-amarela *Serrasalmus spilopleura* Kner, 1858, em lagos de várzea, Amazonas, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(2): 2-6.
- Mirande, J. M. 2010. Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes): from characters to taxonomy. *Neotropical ichthyology*, 8(3): 385-568.
- Montag, L. F. A., W. B. Wosiacki & R. B. Barthem. 2009 A ecologia da pesca na Floresta Nacional de Caxiuanã. Pp. 629-647. In: Lisboa, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: Desafio para a conservação em uma Floresta Nacional na Amazônia. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 672p.
- Moraes, B. C., R. M. Silva, J. B. M. Ribeiro & M. L. P. Ruivo. 2009. Variabilidade de precipitação na floresta de Caxiuanã. Pp. 91-97. In: Lisboa, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: Desafio para a conservação em uma Floresta Nacional na Amazônia. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 672p.
- Nikolsky, G. 1963. The ecology of fishes. New York, Academic Press, 351p.
- Nikolsky, V. 1969. Theory of fish population dynamics. Edinburgh, Oliver e Boyd, 323p.
- Nunes, D. M., M. Pellanda, & S. M. Hartz. 2004. Dinâmica reprodutiva de *Oligosarcus jenynsii* e *Oligosarcus robustus* (Characiformes, Characidae) na lagoa Fortaleza, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia - Série Zoologia*, Porto Alegre, 94(1): 5-11.
- Núñez, J. & F. Duponchelle. 2009. Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35:167–180.
- Queiroz, H. L., M. B. Sobanski & A. E. Magurran. 2010. Reproductive strategies of Red-bellied Piranha *Pycocentrus nattereri* (Kner, 1858) in the white waters of the Mamirauá flooded forest, central Brazilian Amazon. *Environmental Biology of Fishes*, 89: 11-19.

- Raposo, R. M. G. & H. C. B. Gurgel. 2001. Estrutura populacional de *Serrasalmus spilopleura* Kner, 1860 (Pisces, Serrasalmidae) da lagoa de Extremoz, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Acta Scientiarum*, 23(2): 409-414.
- Ruffino M. L. & Issac V. J. 1995. Life cycle and biological parameters of several Brazilian Amazon fish species. *NAGA, The ICLARM Quarterly* 18: 41-45.
- Santos, A. F. G. N., L. N. Santos & F. G. Araujo. 2004. Water level influences on body condition of *Geophagus brasiliensis* (Perciformes: Cichlidae) in a Brazilian oligotrophic reservoir. *Neotropical Ichthyology*, 2(3):151-156.
- Sazima, I. & F. A. Machado. 1990. Underwater observations of piranhas in western Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 28: 17-31.
- Schaffer, W. M. 1974. Selection for optimal life histories: the effects of age structure. *Ecology*, New York, 5: 291-303.
- Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses and river types. Pp 127-165 In: Sioli, H. (Ed.). *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht, Dr. Junk Publ.
- Soares, A. C. L. & P. L. B. Lisboa. 2009. A Estação Científica Ferreira Penna/EFCFPn (2002-2008). Pp. 23-42. In: Lisboa, P. L. B. (Org.). *Caxiuanã: desafios para a conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 672p.
- Suzuki, H. I., A. E. A. M. Vazzoler, E. E. Marques, M. A. P. Lizama & P. Inada. 2004. Reproductive ecology of the fish assemblage. Pp. 271-291. In: Thomaz, S. M., A. A. Agostinho, & N. S. Hahn (Eds.). *The upper Paraná River and its Floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation*. Leiden, Backhuys Publishers. 291p.
- Tales, M. E. O. & H. P. Godinho. 1997. Ciclo reprodutivo da piranha *Serrasalmus brandtii* (Teleostei, Characidae) na Represa de Três Marias, Rio São Francisco. *Revista Brasileira de Biologia*, 57(2): 177-184.

Vasconcelos, L. P., Y. R. Suárez & S. E. Lima-Junior. 2011. Population aspects of *Bryconamericus stramineus* in streams of the upper Paraná River basin, Brazil. *Biota Neotropica*, 11(2): 2-8.

Vazzoler A. E. A. M. 1996. *Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática*. EDUEM: Maringá. 169p.

Vazzoler, A. E. A. de M. & N. A. Menezes, 1992. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). *Revista Brasileira de Biologia*, 52(4): 627-640.

Wootton, R. J. (1999), *Ecology of teleost fishes*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 386p

Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis* 4th edition. New Jersey, Prentice-Hall, 663p.

CAPÍTULO 2

Influência do pulso de inundação na ecologia alimentar da piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 (Characiformes: Serrasalminidae) em rios afogados da Amazônia Oriental

Bruno da Silveira Prudente¹; Pedro Carneiro-Marinho¹; Roberta de Melo Valente² e Luciano Fogaça de Assis Montag¹

¹Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados - Ictiologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. CEP 66075-110. Caixa postal, 479. Belém - Pará - Brasil. brunoprudente8@gmail.com (BSP); pedromarin28@gmail.com (PCM); montag@ufpa.br (LFAM)

²Laboratório de Invertebrados, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. CEP 66075-110, Caixa postal, 479. Belém - Pará - Brasil. rvalente@ufpa.br (RMV)

Resumo

O presente estudo tem como objetivo descrever alterações em aspectos alimentares da piranha *Serrasalmus gouldingi* em função da variação fluviométrica observada em rios afogados da região do baixo Rio Anapu, Amazônia Oriental, Brasil. Foram analisados 275 indivíduos (147 fêmeas e 128 machos), coletados bimestralmente entre julho de 2010 e maio de 2011, abrangendo quatro períodos hidrológicos distintos (vazante, seca, enchente e cheia). Os espécimes foram avaliados quanto a composição de sua dieta, através do índice de importância alimentar IAI%; atividade alimentar, através do índice de repleção IR% e amplitude de nicho trófico (índice de Levins), em relação ao sexo, estágio de maturação e períodos hidrológicos distintos. Foram identificados 32 itens alimentares, agrupados em dez categorias. Os resultados indicaram uma dieta onívora com forte tendência à piscivoria com um predomínio no consumo da categoria fragmentos de peixe, seguida por frutos e sementes e artrópodes alóctones. Diferenças na composição da dieta foram verificadas para períodos hidrológicos distintos, contudo, essa não diferiu entre o sexo e estágio de maturação. Quanto a intensidade alimentar, ambos os sexos apresentaram um mesmo padrão de variação, com uma alimentação mais intensa durante os períodos de aumento do nível dos rios, e menos intensa durante os períodos transitórios de vazante e enchente. A espécie também demonstrou uma variação em sua especificidade alimentar com uma dieta mais especialista durante o período de cheia, atribuída ao consumo quase que exclusivo de frutos e sementes.

Palavras-chave: Dieta, Caxiuanã, períodos hidrológicos.

Influence of flood pulse on the feeding ecology of piranha *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Allison, 1992 in drowned rivers of eastern Amazonia

Abstract

The present study aimed to describe the diet variation of Piranha *Serrasalmus gouldingi* in relation to the fluviometric alterations seen in “drowned rivers” of lower Anapu River, western Amazonia, Brazil. 275 individuals (147 females and 128 males) were bimonthly collected during July 2010 and May 2011, considering four hydrological periods (drawdown, dry, filing, flood). The specimens were analyzed in relation to diet composition using the alimentary index $IA_i\%$, feeding activity by repletion index $IR\%$ and niche range (Levins index), all parameters were evaluated in relation to sex, maturation degree and hidrological periods. 32 items were identified and categorized in 10 categories. The results show an omnivorous diet with a high tendency to piscivory, once fish fragments were the most predominant item, followed by fruits and seeds and allochthonus arthropods. The distinct hidrological periods were significantly different in relation to diet composition, although no difference was detected among sex and maturation degree. Males and females showed the same variation pattern of repletion index, with a more intense feeding during the increase of the river’s level, while it was less intense during the transitional periods (drawdown and filing). The species also showed some variation in their breadth niche, with lower values during the wet period, attributed to the almost exclusive consumption of fruits and seeds.

Key-words: Diet, Caxiuanã, hydrological seasons

Introdução

Os pulsos de inundação, caracterizados por alagamentos periódicos de extensas áreas de terra, devido à flutuação do nível dos rios, tem sido considerados como a principal força responsável pela estruturação das comunidades de peixes (Sousa & Freitas, 2008). O aporte de nutrientes derivados das variações entre os períodos de seca e cheia, bem como a expansão dos ambientes aquáticos, proporcionados pelo alagamento de áreas adjacentes influencia fortemente na disponibilidade de recursos alimentares, bem como na disponibilidade de áreas de forrageio para as espécies (Junk *et al.*, 1989).

O aumento no nível dos rios, observados na maioria dos ecossistemas aquáticos amazônicos, também tem mostrado forte relação com o período de frutificação de muitas espécies de árvores que habitam áreas periodicamente alagadas (Ferreira & Parolin, 2007). Os frutos e sementes produzidos, ao caírem nos rios tornam-se uma importante fonte energética na dieta de muitas espécies de peixes, onde, seu consumo tem se mostrado associado à alta disponibilidade desses no ambiente (Goulding, 1980; Claro-Jr *et al.*, 2004; Correa *et al.*, 2007). Considerando que grande parte dos recursos alimentares tem sua disponibilidade sujeita a variações sazonais, muitas espécies de peixes apresentam um hábito alimentar onívoro com certa sazonalidade em suas dietas (Lowe-McConnel, 1999; Wootton, 1990; Winemiller *et al.*, 2008).

A Bacia Amazônica, devido a sua alta complexidade estrutural e funcional, apresenta uma grande variedade de habitats e micro-habitats, que influenciam de forma diferenciada em aspectos ecológicos da maioria das espécies de peixes que habitam suas águas (Barletta *et al.*, 2010). Além de aspectos estruturais, muitas espécies de peixes neotropicais apresentam mudanças em suas estratégias de vida associadas, a variações sazonais do ambiente, que em rios da região tropical são modeladas principalmente por oscilações hidrológicas como, chuvas e pulsos de inundação, que podem ocorrer em diferentes regiões com diferentes intensidades (Junk *et al.*, 1989; Lowe-McConnel, 1999).

Dentre a heterogeneidade dos habitats aquáticos amazônicos, a região do baixo Rio Anapu (Amazônia Oriental), caracterizada como uma “ria fluvial”, destaca-se por suas peculiaridades hidrográficas, pois apresenta um represamento natural de seus rios e igarapés, que juntamente com as influências de maré e da vazão do Rio Anapu, resultou na perda de grande parte de suas planícies de inundação e em um ciclo anual de cheias pouco marcante (Hida *et al.*, 1999; Behling & Costa, 2000; Costa *et al.*, 2002).

Estudos sobre aspectos da ecologia trófica dos peixes têm se mostrado uma importante ferramenta na compreensão das interações entre uma determinada espécie e o meio em que vive, bem como de seu comportamento perante as variações ambientais, disponibilidade de recursos e sua acessibilidade. Em decorrência dessas interações, é possível verificar diversas adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais que possibilita a utilização desses recursos da melhor maneira possível (Silva, 1993; Zavala-Camin, 1996).

Ocorrendo em drenagens de baixa altitude em toda a América do Sul, as espécies da Família Serrasalminidae (Characiformes) (*sensu* Miranda, 2010) ocupam uma vasta gama de ambientes e apresentam inúmeras adaptações, principalmente relacionadas a seu hábito alimentar, que nos permite identificar guildas tróficas bastante distintas (Machado-Alisson, 1983). Envolvendo espécies dos gêneros, *Pygopristis* Muller & Troschel, 1844; *Pristobrycon* Eigenmann, 1915; *Pygocentrus* Muller & Troschel, 1844 e *Serrasalmus* La Cepède, 1803, as piranhas têm sido frequentemente estudadas quanto a seus aspectos alimentares em diferentes regiões, tais como, planícies amazônicas (ex. Goulding, 1980; Leão *et al.*, 1991), pantanal matogrossense (Sazima & Machado, 1990; Carvalho *et al.*, 2007), bacia do Rio São Francisco (Pompeu, 1999); baixada maranhense (Piorsk *et al.*, 2005), além de reservatórios de aproveitamento hidroelétrico, onde muitas dessas espécies foram introduzidas (Oliveira *et al.*, 2004).

As piranhas, assim como outros grandes predadores, apresentam uma grande contribuição na manutenção da estrutura das comunidades aquáticas, podendo interferir em processos como o de exclusão competitiva de espécies presas e conseqüentemente influenciando na diversidade, distribuição e composição local das assembléias de peixes de água doce Neotropical (Nico & Taphorn, 1988).

Entre as espécies de Serrasalminidae, *Serrasalmus gouldingi* Fink & Machado-Alisson, 1992, conhecida regionalmente como piranha-tinga, possui uma distribuição ao longo das bacias dos Rios Amazonas e Orinoco, onde é caracterizada por habitar exclusivamente ambientes lênticos e de águas pretas (Fink & Machado-Alisson, 1992). Na região do baixo Rio Anapu, além de ocorrerem em elevada abundância *S. gouldingi*, juntamente com as demais espécies de piranhas, também são responsáveis por 67% do pescado de subsistência, estando entre a principal fonte de proteína animal de comunidades ribeirinhas (Montag, *et al.*, 2009a), sem qualquer informação ecológicas a seu respeito.

Sendo assim o presente trabalho visa caracterizar aspectos da ecologia trófica de *S. gouldingi* respondendo as seguintes perguntas: (I) Qual a influência do pulso de inundação de rios afogados na amplitude de nicho trófico e em aspectos quali-quantitativos da dieta da piranha *S. gouldingi*? (II) Qual a influência do sexo e estágio de maturação em aspectos quali-quantitativo da dieta da piranha *S. gouldingi*?

Material e Métodos

Área de estudo

Os exemplares de *S. gouldingi* foram amostrados em rios afogados do baixo Rio Anapu, na área da Floresta Nacional de Caxiuanã, entre os rios Xingu e Tocantins nos municípios de Melgaço e Portel, Amazônia Oriental, Brasil (Soares & Lisboa, 2009) (Figura 12).

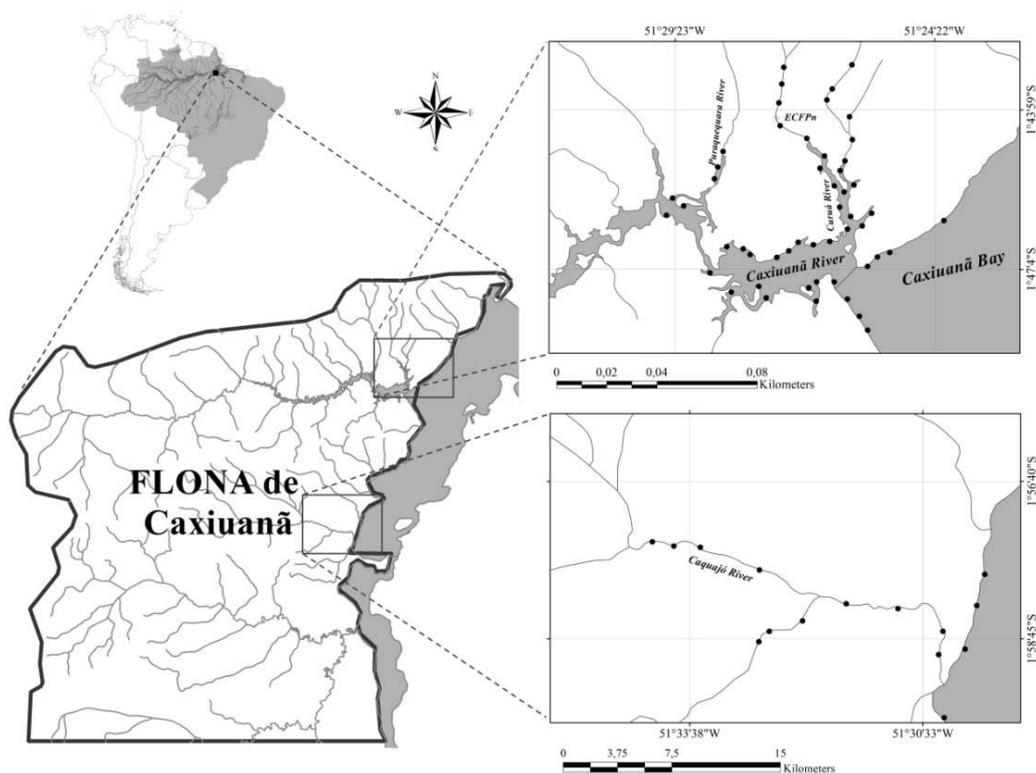


Figura 12 - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã com destaque para os principais rios amostrados: Rio Caxiuanã, Rio Curuá, Rio Puraquequara e Rio Caquajó. Alguns pontos podem representar mais de um local de coleta.

Pertencente à planície amazônica e situada a poucos metros acima do nível do mar, a região do baixo Rio Anapu, apresenta uma hidrografia peculiar em relação à grande parte dos ecossistemas aquáticos amazônicos. Caracterizada como “ria fluvial”, a região se formou devido ao evento geológico de afogamento de vale do Rio Anapu, durante o Holoceno, há cerca de 7.000 anos, fazendo com que seus rios e igarapés sofressem um represamento natural, resultando na perda de grande parte de suas planícies de inundações marginais, com áreas de terra firme bem próxima a borda dos “rios-lago” (IBGE, 1977; Behling & Costa, 2000; Costa *et al.*, 2002).

Devido a sua localização geográfica, a região também sofre influências tanto da maré quanto da vazão do Rio Anapu, que somado ao evento de afogamento de vale, resultou em um ciclo anual de cheias pouco marcante (Hida *et al.*, 1999). No entanto, é possível evidenciar para a região quatro períodos hidrológicos distintos, caracterizados como: vazante (junho – setembro), seca (outubro – dezembro), enchente (janeiro – fevereiro) e cheia (março – maio) (Figura 13).

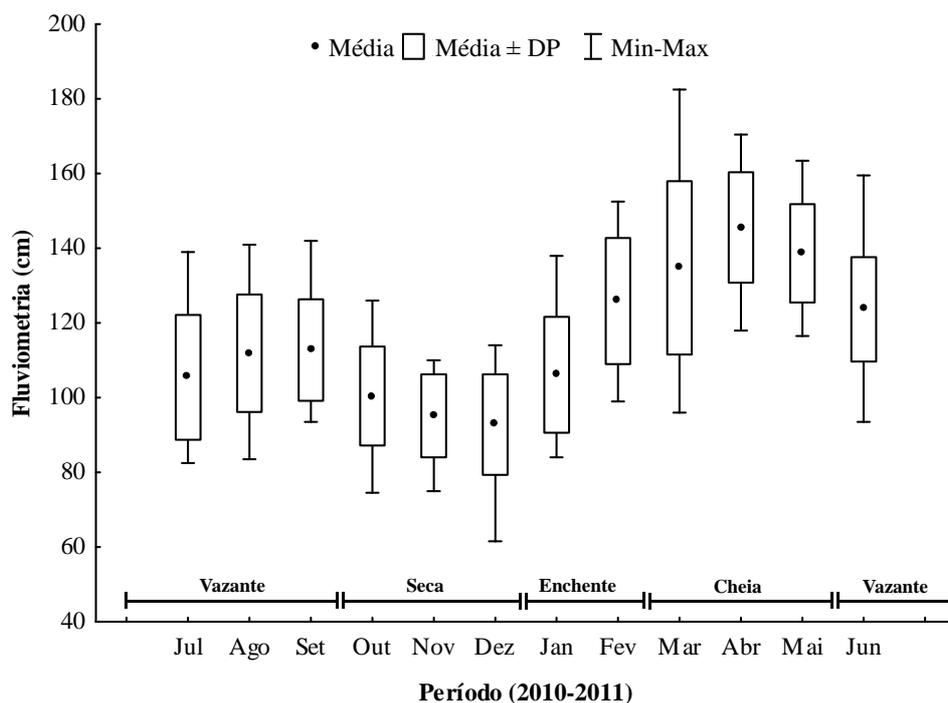


Figura 13 - Variação fluviométrica dos rios da região do Baixo Anapu, na Floresta Nacional de Caxiuanã no período de julho de 2010 a maio de 2011. Dados obtidos através da estação fluviométrica da Agencia Nacional de Águas (ANA).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo tropical quente e úmido, pertencente ao subtipo climático “Am” com uma curta estação seca entre agosto e novembro (Moraes, *et al.*, 2009). Apesar de uma distribuição regular das chuvas durante todo o ano, a região apresenta uma sazonalidade bem definida (Costa *et al.*, 2009), com uma precipitação média anual em torno de 2.020mm (Moraes *et al.*, 2009).

Os rios e igarapés da região apresentam pouco material em suspensão, sendo classificados como rios de água preta devido à presença de material orgânico solúvel de coloração marrom ou avermelhada (ácidos húmicos e fúlvicos), produzido pela decomposição da matéria orgânica proveniente da floresta (Sioli, 1984).

Coleta e análise de dados

Foram realizadas expedições bimestrais no período de julho de 2010 a maio de 2011, sendo os pontos de coletas estabelecidos, com o auxílio de um pescador local (Figura 12). Os espécimes foram capturados utilizando-se duas baterias de redes de espera com 100m de comprimento e aproximadamente 1,5m de altura, com malhas variando de 3 a 12 cm entre nós opostos, expostas nos períodos de 4h às 8h da manhã e das 16h às 20h da noite.

Em laboratório, os espécimes foram mensurados quanto a massa corporal total (M_t) em gramas e comprimento padrão (C_p) em centímetros. Posteriormente, foram eviscerados, através de uma incisão longitudinal na região ventral, para remoção do estômago, que foi mensurado quanto a sua massa (M_e) em gramas, fixado em formol a 4% durante 24h e acondicionado em álcool a 70% para posterior análise do conteúdo estomacal. Para avaliar a dieta de *S. gouldingi* em relação aos diferentes sexos e estágios de maturação, foram utilizadas as informações disponíveis no Capítulo 1 desta dissertação. Espécimes testemunhos foram fixados em formol a 10% por 48 horas, acondicionados em álcool 70% e depositados na coleção ictiológica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG, Belém, Pará) sob os números de tombo, MPEG18935 a MPEG18940; MPEG18942 a MPEG18943; MPEG18949; MPEG19186 a MPEG19189; MPEG19199; MPEG19299; MPEG19301 a 19306; MPEG19310 a MPEG19315; MPEG22923 a MPEG22933; MPEG22939 a MPEG22968.

Os espécimes tiveram seu conteúdo estomacal analisado, sob estereomicroscópio (ZEISS, modelo StemiDV4; 32x de aumento), sendo esse material identificado até o menor nível taxonômico possível, utilizando-se de literatura especializada (Borror *et al.*, 1992; Costa *et al.*,

2006). Os itens alimentares foram pesados em balança de precisão de 0,00001g e analisados quanto a frequência de ocorrência ($FO_i\%$) (Hyslop, 1980) e frequência de massa ($M_i\%$) (Hynes, 1950). Ambos os métodos foram combinados para obtenção do Índice de Importância Alimentar (IA_i) (Kawakami & Vazzoler, 1980) descrito pela equação: $IA_i = (FO_i\% * M_i\% / \sum FO_i\% * FM_i\%) * 100$, onde: ($IA_i\%$) representa o índice de importância alimentar do item i , ($FO_i\%$) a frequência de ocorrência do item i e ($M_i\%$) a frequência de massa do item i .

Para verificar as variações na dieta de *S. gouldingi* entre períodos hidrológicos, sexos e estágios de maturidades, os itens alimentares foram agrupados em dez categorias alimentares, a saber: artrópodes alóctones; fragmento de mamíferos; insetos autóctones; crustáceos; fragmento de peixe; fragmentos de frutos e sementes; outros fragmentos de vegetais superiores; algas; fragmento de artrópodes (origem desconhecida) e material inorgânico (origem desconhecida), que foram posteriormente exploradas através da técnica de ordenação, a análise de escalonamento multidimensional não-métrica (NMDS) (Clarke & Warwick, 2001).

Os valores de importância de cada categoria alimentar foram transformados através da raiz quadrada para obtenção da matriz de similaridade, baseada no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis, e posteriormente agrupados através da análise de Cluster e explorados através da análise de escalonamento multidimensional não-métrica (NMDS), utilizando-se o programa PRIMER[®] 6 (Clarke & Gorley, 2006). Esta análise calculou a distorção ou “stress” entre a matriz de similaridade e a ordenação produzida na representação gráfica dos eixos, que nos permite avaliar a confiabilidade na interpretação dos resultados (Clarke & Warwick, 2001).

Para testar as hipóteses nulas (H_0) de que o sexo, períodos hidrológicos, e estágio de maturação não exercem influência na composição da dieta de *S. gouldingi*, foi realizada uma análise de similaridade não paramétrica (ANOSIM), análoga a uma análise de variância, processada através do programa computacional PRIMER[®] 6 (Clarke & Gorley, 2006). Nesta análise calculou-se o valor de R , uma medida comparativa do grau de separação das amostras, que irá auxiliar no aceite ou a rejeição da H_0 , e a probabilidade (p) que representa a porcentagem de risco de ocorrer erro Tipo I (Clarke & Warwick, 2001).

Para verificar a intensidade alimentar, os espécimes de *S. gouldingi* foram analisados quanto ao índice de repleção estomacal ($IR\%$) com base na equação modificada por Santos (1979): $IR\% = (Me/Mt).100$, onde: (Me) representa a massa total do estômago (dado pela somatória do peso dos itens) e (Mt) a massa total do indivíduo (Zavala-Camin, 1996). Para testar

a hipótese nula (H_0), de que a variação na intensidade alimentar de *S. gouldingi* independe do período hidrológico bem como do estágio de maturação, os valores de IR% foram analisados através do teste de Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5% (Zar, 1999).

Por fim, para estimar o nível relativo de especialização da dieta da espécie foi utilizado o índice padronizado de Levins adaptado por Hurlbert (1978) obtido através da equação: $Ba = [(\sum jP^2_{ij}) - 1]^{-1}(n - 1)^{-1}$, onde: (Ba) é amplitude do nicho trófico; (P_{ij}) a proporção da categoria alimentar j na dieta da espécie i , e (n) o número total de categorias alimentares. Tal amplitude varia de zero, quando uma espécie consome itens de uma única categoria alimentar, a um, quando uma espécie consome de forma similar itens de todas as categorias alimentares, sendo essa variação, posteriormente avaliada, de forma descritiva, em relação à variação fluviométrica local.

Resultados

Foram analisados 275 estômagos de *S. gouldingi* sendo 147 de fêmeas, 128 de machos. A dieta da espécie foi composta por 32 itens alimentares, dos quais 53,12% foram de origem autóctone e 37,50% de origem alóctone, com apenas 9,38% de origem desconhecida. Considerando as categorias alimentares para o período estudado como um todo, a dieta da piranha *S. gouldingi* foi composta, predominantemente, fragmentos de peixe ($IA_i = 63,71\%$), seguido por fragmentos de frutos e sementes ($IA_i = 29,14\%$) e artrópodes alóctone ($IA_i = 3,66\%$), com as demais (fragmento de mamíferos; insetos autóctones; crustáceos; outros fragmentos de vegetais superiores; algas; fragmento de artrópode [origem desconhecida] e material inorgânico [origem desconhecida]) apresentando valores de importância alimentar inferiores a 2% (Tabela 2).

Dentre os itens pertencentes à categoria fragmentos de peixes, apesar do alto nível de digestão e fragmentação, foi possível evidenciar o predomínio no consumo de peixes da ordem Characiformes, seguido por Siluriformes, Synbranchiformes e Gymnotiformes, embora o principal item a compor essa categoria tenha sido identificado apenas como fragmento de peixe ($IA_i = 59,15\%$). Dentre os artrópodes alóctones, verificou-se um predomínio da Ordem Isoptera ($IA_i = 0,78\%$) que obteve uma maior importância durante o período de cheia (março e maio), seguido por fragmento de insetos ($IA_i = 0,42\%$).

Para os itens de origem vegetal, a categoria fragmentos de frutos e sementes, apesar de considerada a segunda mais consumida para o período estudado como um todo se mostrou a mais importante na dieta da piranha *S. gouldingi* durante o período de cheia. Todavia, para fêmeas a categoria fragmentos de frutos e sementes mostrou-se a mais importante apenas no início deste período (março) ($IA_i = 74,79\%$), enquanto que para machos esta mostrou-se mais importante durante todo o período de cheia (março e maio) com $IA_i = 81,73\%$ e $64,82\%$ respectivamente.

Tabela 1 - Índice de Importância Alimentar (IA_i) dos itens e categorias alimentares da dieta de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do Baixo Anapu, de julho de 2010 a maio de 2011 (M = macho; F = fêmea; Total = para Machos e Fêmeas).

Itens alimentares	Cheia/Seca			Seca			Seca/Cheia			Cheia			Total						
	jul/10		set/10	nov/10		jan/11		mar/11		mai/11									
	M	F	Total																
Origem Animal (Alóctone)																			
Artópodes Terrestres	2,888	5,988	3,519	5,985	3,194	2,955	1,413	2,305	2,131	0,958	0,071	0,322	0,023	0,506	0,191	5,410	33,172	18,264	3,66311
Fragmento de insetos	0,101	1,174	0,539	2,704	2,359	2,562	0,892	0,599	0,691	1,635	0,058	0,391	0,025	0,195	0,087	-	0,021	0,005	0,423
Aranae	-	-	-	0,015	-	0,006	-	-	-	0,003	-	0,000	-	-	-	-	-	-	0,000
Orthoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,072	0,010	-	-	-	0,001
Coleoptera	0,641	0,821	0,626	-	0,004	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,015	0,002	0,008	0,020
Heteroptera	-	-	-	0,043	0,080	0,055	-	0,003	0,001	-	0,006	0,003	-	-	-	0,007	0,003	0,005	0,004
Hymenoptera	-	-	-	-	-	-	-	0,090	0,039	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,001
Trichoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000	-	-	-	0,000
Isoptera	0,121	0,170	0,124	-	-	-	0,061	0,091	0,093	-	-	-	-	-	-	3,834	29,717	14,414	0,781
Fragmentos de Mamífero	0,259	-	0,035	-	-	0,000	8,197	-	0,951	-	0,249	0,119	-	-	-	-	-	-	0,101
Pelo	0,153	-	0,036	0,000	-	0,000	0,516	-	0,061	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,008
Frag. Mamífero	-	-	-	-	-	-	7,730	-	0,909	-	0,179	0,097	-	-	-	-	-	-	0,039
Origem Animal (Autóctone)																			
Insetos autóctones	0,006	6,588	2,615	0,964	0,058	0,269	0,140	1,496	0,793	3,969	0,237	0,995	3,356	11,508	5,430	0,429	-	0,096	1,770
Fragmento de insetos	-	-	-	0,146	-	0,058	-	0,038	0,016	-	0,104	0,057	0,001	-	0,000	-	-	-	0,014
Larva de inseto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,044	-	0,003	-	-	-	-	-	-	0,000
Ephemeroptera (Ninfa)	-	-	-	0,004	0,080	0,024	-	0,246	0,105	-	0,000	0,000	-	0,032	0,005	0,018	-	0,005	0,013
Ephemeridae	0,875	2,900	1,468	-	-	-	0,094	-	0,011	2,458	0,001	0,227	2,777	8,071	4,158	0,062	-	0,016	0,819
Oligoneuridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,087	-	0,007	0,001	-	0,000	-	-	-	0,001
Diptera (Larva)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,001	0,000	-	-	-	-	-	-	0,000
Chironomidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,100	0,005	0,021	0,001	0,008	0,003	0,009	-	0,002	0,004
Larva Odonata	-	0,303	0,060	-	-	-	-	0,067	0,029	0,234	-	0,018	-	-	-	0,012	-	0,003	0,013
Crustáceo	0,592	6,417	4,931	2,337	0,799	1,564	-	-	-	0,031	-	0,006	0,036	-	0,012	-	-	-	0,234
Crustacea (Brachyura)	0,242	1,419	0,677	0,619	0,066	0,361	-	-	-	-	-	-	0,040	-	0,013	-	-	-	0,047
Crustacea (Caridea)	1,737	1,356	2,055	0,442	1,088	0,636	-	-	-	0,066	-	0,010	-	-	-	-	-	-	0,106
Fragmentos de Peixe	93,745	64,614	76,669	73,873	90,134	87,543	80,429	91,094	89,709	93,386	85,297	89,399	14,695	12,030	13,886	28,987	54,274	42,521	63,712
Fragmento de Peixe	92,641	76,787	82,574	86,661	81,830	85,667	80,910	94,252	91,522	84,708	78,081	81,989	5,432	9,710	6,711	29,567	53,069	40,827	59,157
Characiformes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,911	1,242	2,098	0,906	-	0,305	-	-	-	0,231
Siluriformes	-	-	-	0,109	3,942	1,125	-	-	-	2,212	-	0,168	-	-	-	-	-	-	0,050
Doradidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,871	0,221	0,008
Symbranchus	-	-	-	-	0,088	0,012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000
Gymnoptiforme	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,199	0,028	-	-	-	-	0,002
Origem Vegetal (Alóctone)																			
Frag. de Frutos e Sementes	0,769	13,735	9,402	2,106	3,299	3,195	3,917	2,848	3,226	0,144	13,360	8,170	81,734	74,799	80,049	64,822	11,724	38,512	29,141
Frag. de Frutos e Sementes	0,943	13,464	9,752	1,250	7,034	4,076	3,940	2,756	3,292	0,309	19,214	13,320	90,654	80,689	88,257	66,118	15,238	43,804	36,629
Outros Vegetais Superiores	1,145	0,728	0,890	8,838	0,364	2,255	4,803	0,666	1,517	1,217	0,713	0,873	0,098	0,631	0,276	0,241	0,724	0,504	0,899
Outros Vegetais Superiores	1,424	0,714	0,923	5,242	0,495	2,877	4,832	0,548	1,548	2,614	1,025	1,423	0,109	0,681	0,304	0,246	0,941	0,573	1,130
Origem Vegetal (Autóctone)																			
Alga	0,160	0,146	0,138	2,461	2,153	1,587	0,935	1,571	1,623	0,279	0,032	0,085	0,031	0,000	0,010	0,009	0,104	0,055	0,281
Origem desconhecida																			
Fragmento de Artrópode	0,436	1,784	1,801	3,417	0,000	0,628	0,165	0,020	0,050	0,016	0,033	0,028	0,016	0,348	0,089	-	-	-	0,180
Fragmentos de Exoesqueleto	-	0,333	0,141	0,088	-	0,035	0,052	-	0,006	0,015	0,007	0,010	0,005	0,088	0,023	-	-	-	0,027
Fragmentos de insecto	0,931	0,416	0,882	1,204	-	0,476	0,031	0,017	0,022	0,004	0,018	0,013	0,004	0,064	0,021	-	-	-	0,096
Material Inorganico	-	-	-	0,020	-	0,004	-	-	-	-	0,009	0,004	-	0,011	0,178	0,102	0,003	0,047	0,018

A ordenação gerada através do NMDS evidenciou, durante o período de cheia, uma dieta dissimilar em relação aos demais períodos hidrológicos, com exceção de fêmeas amostradas no final desse período (maio 2011), que diferiram de ambos os grupamentos obtidos, principalmente devido ao incremento de artrópodes alóctones ($IA_i = 33,17\%$) em uma dieta, até então, composta predominantemente por fruto e semente. A análise de similaridade (ANOSIM) evidenciou a diferenciação na dieta da espécie no período de cheia em relação aos demais períodos ($R = 0,88$; $p = 0,02$), com um stress de 0,06 e grupamentos formados com 70% de similaridade entre si (Figura 14).

Baseado na análise de SIMPER verificou-se que nos períodos transicionais e seco a categoria fragmento de peixes contribuiu com 65,83% da dieta da espécie seguido por frutos e sementes com 9,07% e artrópodes terrestres com 7,99%. Enquanto que, no período de cheia houve uma inversão dessa dieta, onde a categoria “frutos e sementes” contribuiu com 50,40%, seguido por fragmento de peixes com uma contribuição de 33,58% e artrópodes terrestres com 5,91% (Figura 14).

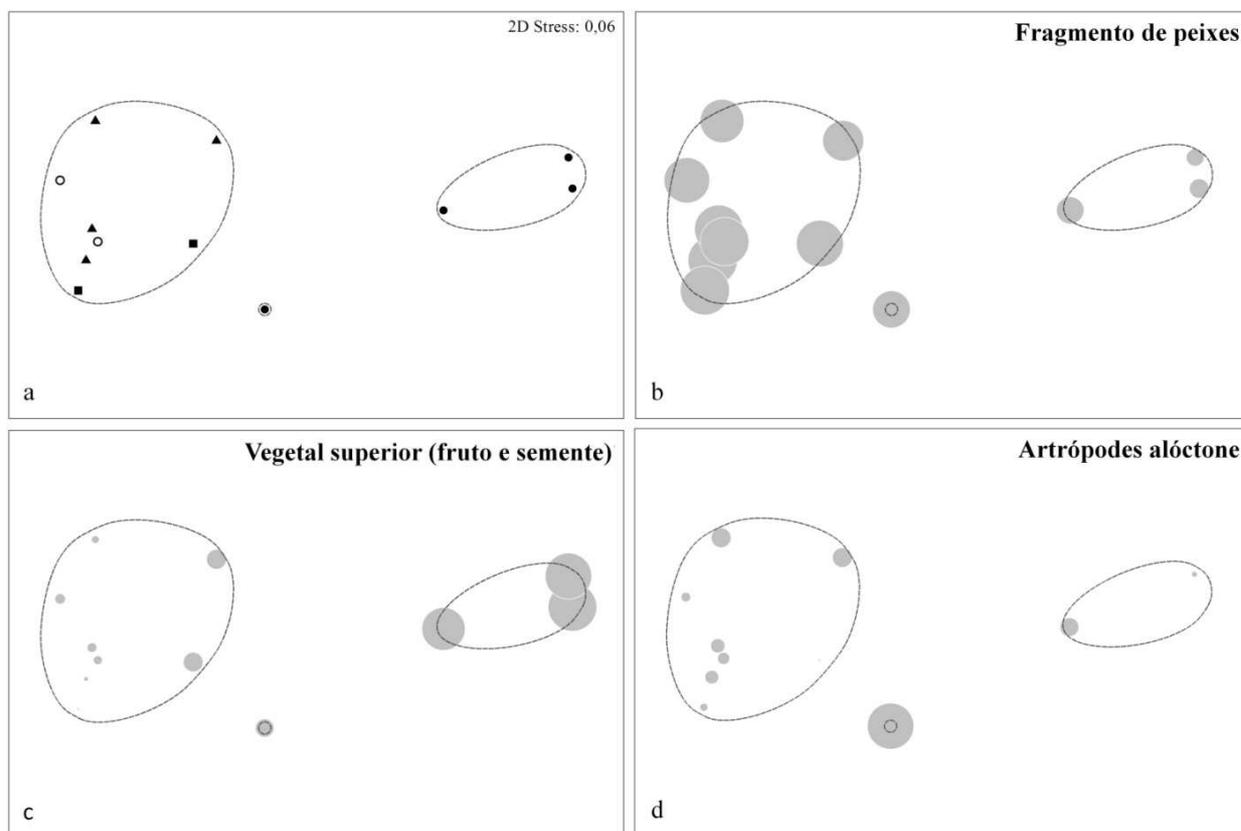


Figura 14 – Ordenação resultante da análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) da dieta de *Serrasalmus gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011. Diferentes formas geométricas representam os diferentes períodos hidrológicos: ▲ Vazante; ○ seca; ■ Enchente; ● Cheia (a). Contribuição (expressa de acordo com o tamanho do círculo) de fragmento de peixes (b), frutos e sementes (c) e artrópodes alóctones (d).

Quanto à hipótese nula de que a composição da dieta não difere entre machos e fêmeas, esta foi aceita pela análise de similaridade (SIMPER) ($R = -0,10$; $p = 0,81$; stress = 0,06). Do mesmo modo, a variação na composição da dieta não diferiu entre os estágios de maturação ($R = 0,75$; $p = 0,20$; stress = 0,00), embora tenha sido possível verificar, através da ordenação, uma sutil distinção na composição dieta de indivíduos maduros em relação aos demais estágios. Esta diferença se deu principalmente devido ao consumo da categoria fragmentos de frutos e semente

por indivíduos maduros, ($IA_i = 60\%$) que nos demais estágios mostrou ser a segunda categoria mais importante, menor apenas do que fragmentos de peixes.

Para ambos os sexos verificou-se um aumento da intensidade alimentar nos períodos de vazante (setembro), onde se observa um sutil aumento no nível dos rios, e cheia (março e maio). Para fêmeas, o aumento na intensidade alimentar, observado durante o período de cheia, diferiu significativamente dos períodos transitórios de vazante (julho) e enchente (janeiro) ($H_{(5,143)} = 19,37; p < 0,01$) (Figura 15a), enquanto que para machos, apenas o início do período de cheia (março) diferiu do período de vazante (julho) ($H_{(5, N=122)} = 13,11; p < 0,05$) (Figura 15b). Para os diferentes estágios de maturação não houve diferença na intensidade alimentar ao longo dos diferentes períodos hidrológicos ($H_{(4, N=256)} = 2,12; p > 0,05$).

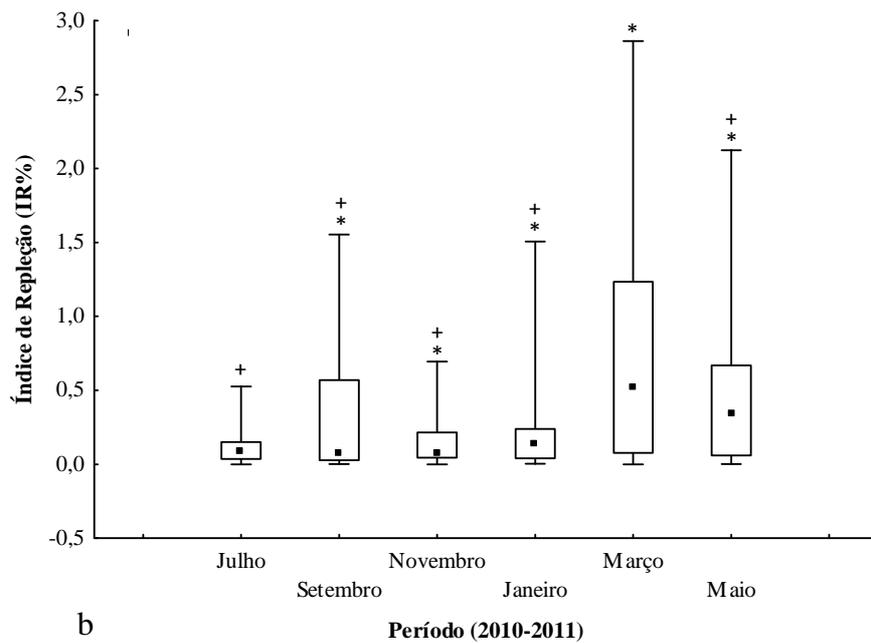
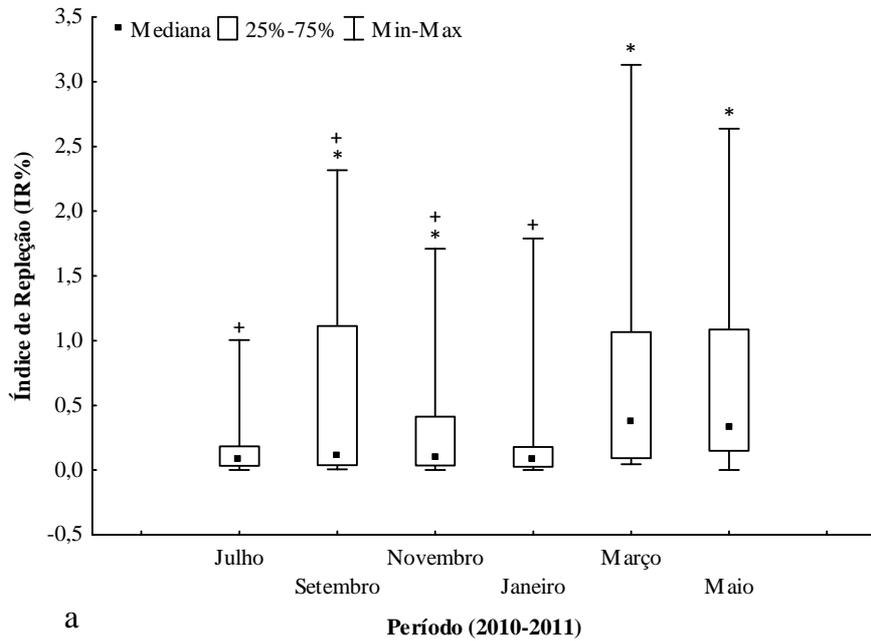


Figura 15 – Variação do Índice de Repleção (IR%) de fêmeas (a) e machos (b) de *Serrasalmus gouldingi* em rios da região do baixo Rio Anapu no período de julho de 2010 a maio de 2011. Períodos sinalizados por símbolos diferentes representam diferenças significativas dessa variação.

A piranha *S. gouldingi*, apresentou, de modo geral, uma dieta com um alto grau de especialização, evidenciada pelos baixos valores de amplitude de nicho trófico ao longo de todo o período estudado ($< 0,07$). Apesar disso, para fêmeas, os menores valores de amplitude de nicho trófico foram registrados durante os períodos de seca (novembro) e início de cheia (março), ambos com uma amplitude de 0,02, e os maiores valores obtidos durante o período de cheia ($B_a = 0,07$) (maio) seguido pelos períodos transicionais de enchente ($B_a = 0,06$) (janeiro 2011) e vazante ($B_a = 0,05$) (julho e setembro). Para machos os menores valores foram obtidos durante os períodos de vazante ($B_a = 0,02$) (julho) e ($B_a = 0,03$) (setembro), e cheia ($B_a = 0,01$) (março) e ($B_a = 0,03$) (maio), com maiores valores nos períodos de seca ($B_a = 0,05$) (novembro) e enchente ($B_a = 0,06$) (janeiro) (Figura 16).

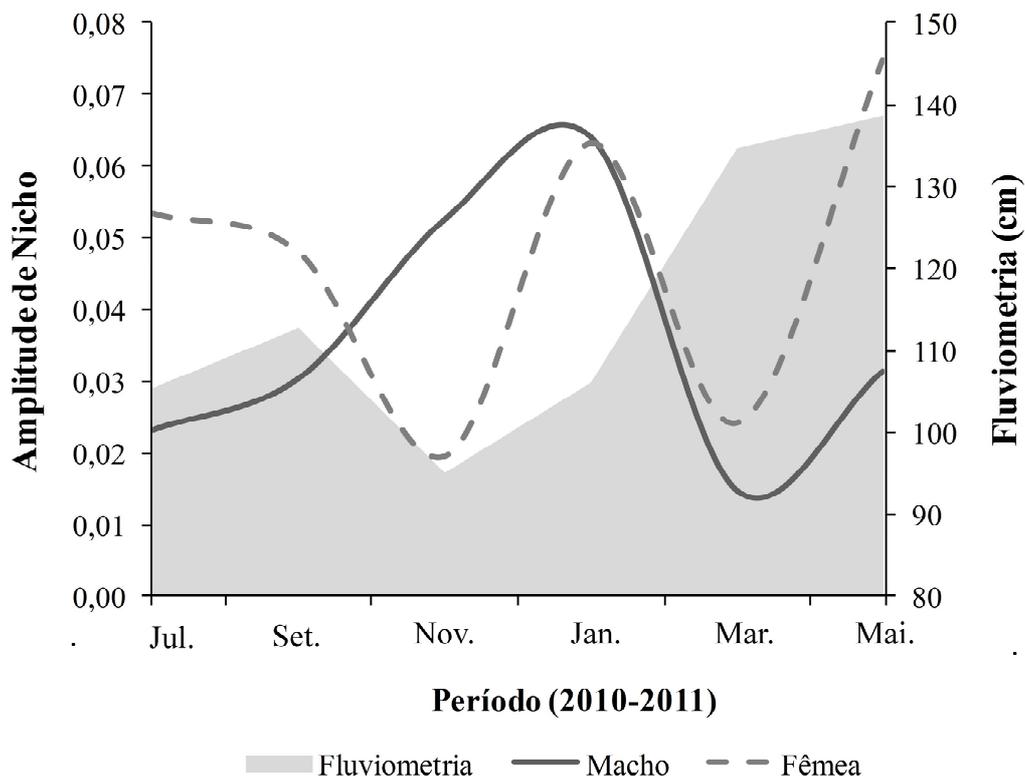


Figura 16 – Amplitude de nicho trófico da piranha *S. gouldingi* em rios afogados da região do baixo Rio Anapu, em relação aos diferentes períodos hidrológicos no período de julho de 2010 a maio de 2011.

No início do período de vazante (julho 2010) machos mostraram-se mais especialistas do que fêmeas, o que pode ser explicado devido ao consumo quase que exclusivo de fragmento de peixes ($IA_i = 93,74\%$), enquanto que fêmeas apresentaram uma dieta composta de fragmento de peixes ($IA_i = 64,61\%$) já com incremento de frutos e sementes ($IA_i = 13,73\%$). Enquanto que, no final do mesmo período (setembro 2010) o nível de especialização da dieta mostrou-se mais similar entre machos e fêmeas.

No período de seca (novembro 2010), observa-se uma inversão dessa amplitude entre os sexos, onde fêmeas mostraram-se mais especialistas, com uma dieta composta predominantemente por fragmento de peixes ($IA_i = 91,09\%$), enquanto machos apresentaram uma dieta composta de fragmento de peixes ($IA_i = 80,42\%$) seguida por, fragmento de mamífero ($IA_i = 8,19\%$), outros vegetais superiores ($IA_i = 4,80\%$) e fruto e semente ($IA_i = 3,91\%$).

Nos períodos de enchente e cheia ambos os sexos apresentaram uma variação de amplitude de nicho trófico muito similar. Machos e fêmeas mostraram-se mais generalistas no período de enchente (janeiro 2011), com uma dieta composta predominantemente por fragmento de peixes ($IA_i = 93,38\%$ e $85,29\%$ respectivamente), tornando-se mais especialistas durante o pico do período de cheia (março 2011), onde o principal item consumido foi frutos e sementes ($IA_i = 81,73\%$ e $74,79\%$).

Por fim, no final do período de cheia (maio 2011), verificou-se que a população tende a retornar a um hábito mais generalista. Entretanto, esse retorno ocorreu mais rapidamente em fêmeas que apresentam uma dieta composta por fragmentos de peixes ($IA_i = 54,27\%$), artrópodes alóctone ($IA_i = 33,17\%$) e frutos e sementes ($IA_i = 11,72\%$), do que em machos, que permaneceram com uma dieta composta predominantemente por frutos e sementes ($IA_i = 64,82\%$) juntamente com , fragmentos de peixes ($IA_i = 28,98\%$), tendo artrópode alóctones com uma importância de apenas 5,40%.

Discussão

O crescente número de estudos, envolvendo aspectos da ecologia trófica de serrasalmídeos, tem revelado que, apesar de habitarem ambientes predominantemente lênticos, com características estruturais e funcionais muito similares entre si, essas espécies podem apresentar uma grande variedade de hábitos alimentares (Goulding, 1980; Nico & Tophorn,

1988; Carvalho *et al.*, 2007; Behr & Signor, 2008) e táticas de forrageio (Sazima & Machado, 1990).

No presente estudo *S. gouldingi* apresentou uma dieta predominantemente piscívora, com um elevado consumo de fragmento de peixes em grande parte dos períodos amostrados. No entanto, o consumo de frutos e sementes, avaliado como a segunda categoria mais importante ao longo de todo o período amostrado e considerado a categoria mais importante durante o período de cheia, nos permite caracterizá-la, em rios afogados da região do baixo Rio Anapu, como uma espécie onívora com uma forte tendência a piscivoria, como já evidenciado por estudos envolvendo piranhas do gênero *Serrasalmus* em rios de diversas regiões, tais como na bacia Amazônica (Leão *et al.*, 1991), bacia do Rio Paraná (Almeida *et al.*, 1998; Agostinho *et al.*, 2003), bacia do Rio São Francisco (Pompeu, 1999) e bacia do Rio Mearim (Piorsk *et al.*, 2005).

O predomínio no consumo de fragmentos de peixes por *S. gouldingi* na maioria dos períodos amostrados corrobora com diversos estudos sobre aspectos alimentares do gênero *Serrasalmus*, tais como, *S. marginatus* Valenciennes, 1837 em planícies alagada do alto Rio Paraná (Almeida *et al.*, 1998); *S. maculatus* (Kner 1858) no Rio Ibicui (afluente do Rio Uruguai) (Behr & Signor, 2008); *S. brandti* (Lütken, 1875) em lagoas marginais do médio Rio São Francisco (Pompeu, 1999) bem como no lago de Viana (Rio Pindaré, afluente do Rio Mearim) (Piorski *et al.*, 2005), e *S. altuvei* (Ramírez, 1965) do baixo Rio Negro (Leão *et al.*, 1991). De forma que, o predomínio no consumo de peixes da ordem Characiformes é atribuído à alta diversidade específica da ordem, que também pode ser encontrada em rios da região do baixo Rio Anapu (Montag *et al.*, 2009b).

Apesar das evidências de adaptações morfológicas, que nos permite inferir a respeito de um hábito alimentar predominantemente piscívoro para espécies do gênero *Serrasalmus* (Machado-Allison & Garcia, 1986), a presença de itens de origem vegetal como, fragmento de plantas, frutos e sementes, ocorrendo com diferentes intensidades, tem sido constantemente registrada na dieta de muitas espécies de piranha (Goulding, 1980; Nico & Taphorn, 1988; Leão *et al.*, 1991; Oliveira *et al.*, 2004; Carvalho *et al.*, 2007; Behr & Signor, 2008; Trindade & Juca-Chagas, 2008; Villares Junior *et al.*, 2008). Entretanto, o conhecimento restrito a respeito do comportamento alimentar dessas espécies, tem gerado discussões a respeito de como esses itens são ingeridos, e qual sua importância para espécie.

Para muitos autores a presença de itens de origem vegetal no trato digestivo de piranhas tem sido considerada acidental, sendo atribuída a táticas alimentares empregadas por algumas espécies, que ao consumirem presas que habitam áreas próximas a vegetação marginal, ou com elevada abundância de macrófitas aquáticas, acabam por ingerir uma grande quantidade dessas (Nico & Taphorn, 1988; Costa *et al.*, 2005; Carvalho *et al.*, 2007; Behr & Signor, 2008). Por outro lado, o consumo de itens como frutos e sementes tem sido considerado uma estratégia de maximizar o ganho energético de algumas espécies, pois são recursos com alta disponibilidade em determinados períodos, facilmente predados e com altas taxas de proteína e gordura, podendo auxiliar em aspectos reprodutivos de algumas espécies de peixe (Goulding, 1980; Correa *et al.*, 2007).

Outra abordagem relacionada ao consumo de frutos e sementes por espécies da família Serrasalminidae inclui uma perspectiva evolutiva onde o hábito frugívoro apresenta-se como uma característica derivada de uma dieta onívora com predomínio de insetos e outros invertebrados, que foi posteriormente adquirido devido suas vantagens nutricionais e disponibilidade sazonal (Correa *et al.*, 2007). Nesse contexto, as relações filogenéticas baseadas na presença de itens de origem vegetal na dieta de serrasalmídeos corroboraram com variações morfológicas, tais como dentição e estrutura do aparato bucal, que estão associadas a especializações na dieta dessas espécies (Correa *et al.*, 2007).

De acordo com Wootton (1990) a dieta dos peixes representa a interação entre a preferência, disponibilidade e acessibilidade do alimento na natureza. Desta maneira, a ingestão de fruto e sementes pela piranha *S. gouldingi* pode ser considerada como não acidental, e sim devido ao aumento na disponibilidade deste recurso durante o período de cheia, pois é durante este período que muitas espécies de árvores das áreas ripárias produzem grande quantidade de frutos, que ao caírem na água podem ser consumidos ou dispersados por muitas espécies de peixes (Claro-Jr *et al.*, 2004; Ferreira & Parolin, 2007). Nesse sentido, o presente estudo corrobora com dados obtidos para espécies do gênero *Serrasalmus* na região amazônica, tais como, *S. serrulatus* (Valenciennes, 1850) e outros três morfoespécies do gênero na região do alto Rio Madeira (Goulding, 1980) e *S. altuvei* na região do baixo Rio Negro (Leão *et al.*, 1991), que observaram um maior consumo de frutos e sementes durante os períodos de cheia.

No que diz respeito à atividade alimentar da piranha *S. gouldingi*, as diferenças observadas entre períodos hidrológicos distintos, com uma maior intensidade alimentar durante o

aumento do nível dos rios, corroboram com a ideia de que o pulso de inundação é um importante fator a contribuir em aspectos quali-quantitativos da alimentação de muitas espécies de peixes (Junk, 1980; Junk *et al.*, 1989), mesmo em áreas onde essa variação ocorre com menor intensidade, como no caso de rios afogados. Durante os períodos de cheia o alagamento de áreas adjacentes, como vegetação ripária, não só contribui com o aporte de nutrientes ao ecossistema aquático, como também permite que muitas espécies de peixes utilizem essas áreas para obtenção de recursos (Junk, 1989; Lowe-McConnel, 1999).

Apesar da variação na intensidade alimentar de *S. gouldingi* entre períodos hidrológicos distintos, o fato dessa não diferir significativamente, principalmente entre os períodos de seca e cheia, pode ser atribuído ao hábito alimentar com forte tendência a piscivoria. Durante o período de seca, apesar de uma diminuição de recursos provenientes de áreas adjacentes, observa-se uma elevada abundância de presas, tais como peixes, que devido à diminuição do nível dos rios, permanecem restritos ao canal principal do mesmo, permitindo uma melhor capacidade de captura por parte dos predadores (Winemiller & Jepsen, 1998; Lowe-McConnel, 1999; Luz-Agostinho *et al.*, 2008).

A amplitude de nicho trófico tem sido uma relevante informação à complementar dados de composição da dieta dos peixes, auxiliando na compreensão de como a especificidade alimentar pode variar ao longo de um determinado período. Os baixos valores de amplitude aqui observados corroboraram com diversos estudos envolvendo peixes de hábitos que tendem à piscivoria, tais como, espécies dos lagos de planícies de inundação do Rio Mamoré, Bolívia (Pouilly *et al.*, 2004); do complexo de lagoas e áreas de várzea da porção superior do pantanal matogrossense (bacia do Rio Cuiabá) (Corrêa *et al.*, 2011) e espécie de planícies de inundações do Alto Rio Paraná, onde também foi observado que esses valores reduzidos se mantiveram independente do desenvolvimento da espécie (Bozza & Hahn, 2010).

A elevada especificidade alimentar de algumas espécies de peixe pode ser atribuída à alta disponibilidade de presas no ambiente, no caso de peixes predominantemente piscívoros, ou devido à alta disponibilidade de determinado recurso em determinado período, para peixes que consomem em abundância mais de um item alimentar, indicando uma possível seleção desses recursos (Crowder & Cooper, 1982; Novakowski *et al.*, 2008).

Os valores de amplitude de nicho trófico obtidos para *S. gouldingi*, com diferentes padrões de variação entre machos e fêmeas, também nos permite inferir sobre uma possível

diferenciação no uso de habitats entre os sexos. Dentre os aspectos comportamentais que possam influenciar na diferenciação no uso de habitat entre os sexos, para espécies do gênero *Serrasalmus*, destaca-se a evidência de movimentos migratórios em diferentes períodos hidrológicos (Winemiller, 1989; Sazima & Machado, 1990) bem como a utilização da vegetação adjacente, por fêmeas, para construção de ninhos durante o período de desova (Ledecky, 1966; Géry, 1977). Essa migração pôde ser inferida no Capítulo 1 do presente estudo com base nas variações de proporção sexual em relação aos períodos de maior atividade reprodutiva da espécie.

Estudos realizados com o objetivo de estabelecer padrões na variação da amplitude de nicho trófico de peixes predominantemente piscívoros encontraram resultados bastante divergentes. Enquanto alguns estudos evidenciam a presença de uma dieta mais generalista nos períodos de cheia (Luz-Agostinho *et al.*, 2008; Corrêa *et al.*, 2011), outros contrastam com esses resultados, registrando um dieta mais especialista durante o mesmo período (Winemiller, 1989; Novakowski *et al.*, 2008). Desta maneira, os resultados obtidos no presente estudo, corroboram com a hipótese de que não existe um padrão sazonal único no uso de recursos e que provavelmente existam vários padrões baseados nas peculiaridades do ambiente estudado (Novakowski *et al.*, 2008).

Sendo assim, os resultados obtidos no presente estudo indicaram que, apesar de adaptações morfológicas para uma dieta predominantemente piscívora, a piranha *S. goudingi*, em rios afogados da região do baixo Rio Anapu, pode ser caracterizada como uma espécie onívora com forte tendência a piscivoria, onde o pulso de inundação descrito para região, apesar de pouco marcante, apresentou uma forte influência na ecologia alimentar da espécie.

Agradecimentos

A Estação Científica Ferreira Penna (ECFP) pelo apoio logístico, ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio – Amazônia Oriental) pelo financiamento de parte das expedições de campo e a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor do presente trabalho.

Referências

- Agostinho, C. S., N. S. Hahn, & E. E. Marques. 2003. Patterns of food resource use by two congeneric species of piranhas (*Serrasalmus*) on the upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, 63(2):177-182.
- Almeida, V. L. L., N. S. Hahn, & C. S. Agostinho. 1998. Stomach content of juvenile and adult piranhas (*Serrasalmus marginatus*) in the Paraná floodplains, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna & Environment*, 33: 100-105.
- Barletta, M., A. J. Jaureguizar, C. Baigun, N. F. Fontoura, A. A. Agostinho, V. M. F. Almeida-Val, A. L. Val, R. A. Torres, L. F. Jimenes-Segura, T. Giarrizzo, N. N. Fabré, V. S. Batista, C. Lasso, D. C. Taphorn, M. F. Costa, P. T. Chaves, J. P. Vieira & M. F. M. Corrêa. 2010. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*, 76: 2118-2176.
- Behling, H., M. L. & Costa. 2000. Holocene Environmental Changes from the Rio Curua Record in the Caxiuanã Region, Eastern Amazon Basin. *Quaternary Research* 53: 369–377.
- Behr, E. R. & C. A. Signor. 2008. Distribuição e alimentação de duas espécies simpátricas de piranhas *Serrasalmus maculatus* e *Pygocentrus nattereri* (Characidae, Serrasalminae) do Rio Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 98(4): 501-507.
- Borror, D. J., C. A. Triplehorn, N. F. Johnson. 1992. *An Introduction to the Study of Insects*. 6a. ed. Saunders College Publishing. Philadelphia. 875p.
- Bozza, A. N. & N. S. Hahn. 2010. Uso de recursos alimentares por peixes imaturos e adultos de espécies piscívoras em uma planície de inundação neotropical. *Biota Neotropica*, 10(13): 217-223.
- Carvalho, L. N., R. Arruda, J. Raizer & K. Del-Claro. 2007. Feeding habits and habitat use of three sympatric piranha species in the Pantanal Wetland of Brazil. *Ichthyological Exploration Freshwaters*, 18(2): 109-116.

Clarke, K. R. & R. M. Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth, Plymouth Marine Laboratory. 859p.

Clarke, K. R. & R. N. Gorley, 2006. Software PRIMER v6. Plymouth, PRIMER-E. UK.

Claro-Jr., L., E. Ferreira, J. Zuanon & C. Araujo-Lima. 2004. O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazonica*, 34(1): 133-137.

Corrêa C. E., M. P. Albrecht & N. S. Hahn. 2011. Patterns of niche breadth and feeding overlap of the fish fauna in the seasonal Brazilian Pantanal, Cuiabá River basin. *Neotropical Ichthyology*, 9(3): 637-646.

Correa, S. B., K. O. Winemiller, H. López-Fernández & M. Galetti. 2007. Evolutionary Perspectives on Seed Consumption and Dispersal by Fishes. *BioScience* 57:748-756.

Costa, A. C. L., S. S. Almeida, C. R. Carvalho, P. Meir, Y. Malhi, R. F. Costa, J. A. S. Junior, M. C. Costa, T. B. Tanaka, R. A. Fisher, E. D. Sott, L. L. Oliveira, H. L. Gonçalves, A. P. Braga & P. N. Barreto. 2009. Experimento Eseciflora-LBA em Caxiuanã. Pp. 45-90 In: Lisboa, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: Desafio para a conservação em uma Floresta Nacional na Amazônia. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 672p.

Costa, A. C., L. F. S. Junior, F. F. T. Domingos, & M. L. Fonseca. 2005. Alimentação da pirambeba *Serrasalmus spilopleura* Kner, 1858 (Characidae; Serrasalminae) em um reservatório do Sudeste brasileiro. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 27(4): 365-369.

Costa, C., Ide, S. & C. E. Simonka. 2006. Insetos Imaturos: Metamorfose e Identificação. Ribeirão Preto: Holos, 249p.

Costa, M. L., D. C. Kern, H. Behling, & M. S. Borges. 2002. Geologia. Pp. 179-205. In: Lisboa, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 734p.

Crowder, L. B. & W. E. Cooper. 1982. Habitat structural complexity and the interaction between bluegills and their prey. *Ecology*, 63: 1802-1813.

- Ferreira, L. V., P. Parolin. 2007. Tree phenology in Central Amazonian Floodplain forests: effects of water level fluctuation and precipitation at community and population level. *Botânica*, 58: 139-156.
- Fink, W. L. & A. Machado-Allison. 1992. Three new species of piranha from Brazil e Venezuela (Teleostei: Characiformes). *Ichthyol. Explor. Freshwater*, 3(1): 55-71.
- Géry, J. 1977. *Characoids of the world*. T.F.H. Publ., Neptune, USA, 672 p
- Goulding, M. 1980. *The fishes and Forest: explorations in Amazon natural history*. Berkeley: University of Califórnia Press, U.S.A. 280p.
- Hida, N., J.G. Maia, M. Hiraoka, O. Shimm & M. Nobuaki. 1999. River water level changes of the Amazon Estuary: at Breves, Caxiuanã and Abaetetuba. *Manaus'99 - Hydrological and geochemical processess in large scale river basins*, p.1-9.
- Hurlbert, S. H. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 59: 67-77.
- Hynes, H. B. N. 1950. The food of fresh water Sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the fishes. *Journal of Animal Ecology*, 19: 36-58.
- Hynes, H. B. N. 1950. The food of fresh water Sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the fishes. *Journal of Animal Ecology*, 19: 36-58.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17: 411-429.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. 1977. *Geografia do Brasil: Região Norte 1*. SERGRAF; IBGE, Rio de Janeiro. Brasil, 466p.
- Junk, W. J. 1980. Áreas inundáveis: um desafio para a limnologia. *Acta Amazonica*, 10(4): 775-796.

- Junk, W. J., P. B. Bayley, & R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fishers and Aquatic*, 106: 110-127.
- Kawakami, E. & G. Vazzoler. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 29: 205-207.
- Leão, E. L. M., R. G. Leite, P. T. C. Chaves, & E. Ferraz. 1991. Aspectos da reprodução, alimentação e parasitofauna de uma espécie rara de piranha *Serrasalmus altuvei*, Ramíres, 1965 (Pisces: Serrasalminidae) do baixo Rio Negro. *Revista Brasileira de Biologia*, 51(3): 545-553.
- Ledecky, E. 1966. Spawning piranhas. *Tropical Fish Hobbyist*, 14: 5-14.
- Lowe-McConnell, R. H. 1999. Estudos ecológicos em comunidades de peixes tropicais. São Paulo, EDUSP, 534p.
- Luz-Agostinho, K. D. G., A. A. Agostinho, L. C. Gomes & H. F. Júlio Jr. 2008. Influence of flood pulses on diet composition and trophic relationships among piscivorous fish in the upper Parana River floodplain. *Hydrobiologia* 607:187–198.
- Machado-Alisson, A. 1983. Estudios sobre la sistemática de la subfamilia Serrasalminae (Teleostei: Characidae). Parte II. Discusion sobre la condicion monofiletica de la Subfamilia. *Acta Biologica Venezuelica*, 11(4): 145-195.
- Machado-Allison, A. & C. Garcia. 1986. Food habits and morphological changes during ontogeny in three Serrasalmin species of Venezuelan flood plain. *Copeia* 1:93-96.
- Mirande, J. M. 2010. Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes): from characters to taxonomy. *Neotropical ichthyology*, 8(3): 385-568.
- Montag, L. F. A., T. M. S. Freitas, N. C. Castro, W. B. Wosiacki, R. B. Barthem. 2009b. Ictiofauna: diversidade e conservação. Pp. 605-627. In: Lisboa, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: Desafio para a conservação em uma Floresta Nacional na Amazônia. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 672p.

- Montag, L. F. A., W. B. Wosiacki & R. B. Barthem. 2009a A ecologia da pesca na Floresta Nacional de Caxiuanã. Pp. 629-647. In: Lisboa, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: Desafio para a conservação em uma Floresta Nacional na Amazônia. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 672p.
- Moraes, B. C., R. M. Silva, J. B. M. Ribeiro & M. L. P. Ruivo. 2009. Variabilidade de precipitação na floresta de Caxiuanã. In: Lisboa, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: Desafio para a conservação em uma Floresta Nacional na Amazônia. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 672p.
- Nico, L. G. & D. C. Taphorn, 1988. Food habits of piranha in the low Llanos of Venezuela. *Biotropica*, 20(4): 311-321.
- Novakowski, G. C., N. S. Hahn & R. Fugii. 2008. Diet seasonality and food overlap of the fish assemblage in a Pantanal pond. *Neotropical Ichthyology*, 6: 567-576.
- Oliveira, A. K., M. C. C. Alvim, A. C. Peret, & C. B. M. Alves. 2004. Diet shifts related to body size of the pirambeba *Serrasalmus brandtii* Lütken, 1875 (Osteichthyes, Serrasalminae) in the Cajuru reservoir, São Francisco River basin, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 64(1):117-124.
- Piorski, N. M., J. R. L. Alves, M. R. B. Machado, & M. M. F. Correia. 2005. Alimentação e ecomorfologia de duas espécies de piranhas (Characiformes: Characidae) do lago de Viana, estado do Maranhão, Brasil. *Acta Amazônica* 35(1): 63-70.
- Pompeu, P. S. 1999. Dieta da pirambeba *Serrasalmus brandtii* Reinhardt (Teleostei, Characidae) em quatro lagoas marginais do Rio São Francisco, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 16(supl. 2):19-26.
- Pouilly, M., T. Yunoki, C. Rosales & L. Torres. 2004. Trophic structure of fish assemblages from Mamoré river floodplain lakes (Bolivia). *Ecology of Freshwater Fish*, 13: 245-257.
- Santos, E.P. 1979. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. São Paulo, HUCITEC. Ed. Universidade de São Paulo, 129p.

- Sazima, I. & F. A. Machado. 1990. Underwater observations of piranhas in western Brazil. *Environmental Biology of Fishes* 28:17-31.
- Silva, C. P. D. 1993. Alimentação e distribuição espacial de algumas espécies de peixes do igarapé do candiru, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 23(2-3); 271-285.
- Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses and river types. Pp 127-165 In: Sioli, H. (Ed.). *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht, Dr. Junk Publ.
- Soares, A. C. L. & P. L. B. Lisboa. 2009. A Estação Científica Ferreira Penna/ECFPn (2002-2008). Pp. 23-42. In: Lisboa, P. L. B. (Org.). *Caxiuanã: desafios para a conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 672p.
- Sousa R. G. C. & C. E. C. Freitas. 2008. The influence of flood pulse on fish communities of floodplain canals in the Middle Solimões River, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6(2): 249-255.
- Trindade, M. E. J. & R. Jucá-Chagas. 2008. Diet of two serrasalmin species, *Pygocentrus piraya* and *Serrasalmus brandtii* (Teleostei: Characidae), along a stretch of the Rio de Contas, Bahia, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6(4):645-650.
- Villares-Junior, G. A., L. M. Gomiero & R. Goiten. 2008. Alimentação de *Serrasalmus maculatus* (Kner, 1858) (Characiformes; Serrasalminidae) no trecho inferior bacia do rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 30(3): 267-273.
- Winemiller, K. O. & D. B. Jepsen. 1998. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology*, 53(Suplemento A): 267-296.
- Winemiller, K. O., A. A. Agostinho & E. P. Caramaschi. 2008. Fish Ecology in Tropical Streams. Pp. 107-146. In: Dudgeon, D.(Ed.). *Tropical Streams Ecology*. Londres, Elsevier. 305p.
- Winemiller, K.O. 1989. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan llanos. *Environmental Biology of Fish*, 26(3):177-199.
- Wootton, R. J. 1990, *Ecology of teleost fishes*. Chapman & Hall, London, 404p.

Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. 4ªed. New Jersey, Prentice-Hall, 663p.

Zavala-Camin, L. A. 1996. Introdução aos estudos sobre alimentação natural de peixes. Maringá, EDUEM, 129p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado obtido no presente trabalho nos permite concluir que apesar da região estudada se mostrar peculiar quanto a sua hidrografia, em relação à grande parte dos ecossistemas amazônicos, a variação na fluviometria local continua sendo um importante fator a influenciar na biologia da piranha *S. gouldingi*, que devido a seu importante papel como predador na taxocenose de peixes, possibilita inferir sobre um efeito da fluviometria em grande parte da ictiofauna da região do baixo Rio Anapu.

De um modo geral as informações obtidas para *S. gouldingi* nos permitiu inferir sobre uma desova em lotes, com dois picos de maior atividade reprodutivas, ocorrendo durante os períodos de vazante (de julho a setembro) e enchente (janeiro) se estendendo até o início do período de cheia (março). Ambos os picos de atividade reprodutiva antecederam os principais picos de fluviometria observados para região. Nesse mesmo período, observou-se um aumento no fator de condição alométrico da espécie, que passou a diminuir no início dos períodos de desova. Além disso, nos períodos citados acima, registrou-se também uma variação na proporção sexual, atribuído a possíveis diferenças de uso de hábitat entre os sexos.

Após os períodos de maior atividade reprodutiva, durante os picos de fluviometria, a espécie demonstrou um aumento na intensidade alimentar e uma dieta altamente especialista, atribuída à alta disponibilidade de frutos e sementes que ocorre devido ao período de frutificação de muitas espécies arbóreas que habitam as planícies de inundação, classificando *S. gouldingi* como altamente oportunista. A grande importância de frutos e sementes na dieta de *S. gouldingi*, juntamente com fragmento de peixes, também nos permitiu classificá-la como uma espécie onívora com forte tendência a piscivoria.

REFERÊNCIAS (Apresentação)

- Agostinho, C. S. 2003. Reproductive aspects of piranhas *Serrasalmus spilopleura* and *Serrasalmus marginatus* into the upper Paraná River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63(1): 1-6.
- Behr, E. R. & C. A. Signor, 2008. Distribuição e alimentação de duas espécies simpátricas de piranhas *Serrasalmus maculatus* e *Pygocentrus nattereri* (Characidae, Serrasalminae) do Rio Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 98(4): 501-507.
- Carvalho, L. N., R. Arruda, J. Raizer & K. Del-Claro, 2007. Feeding habits and habitat use of three sympatric piranha species in the Pantanal Wetland of Brazil. *Ichthyology Exploration Freshwater*, 18(2): 109-116.
- Correa, S. B., K. O. Winemiller, H. López-Fernández & M. Galetti. 2007. Evolutionary Perspectives on Seed Consumption and Dispersal by Fishes. *BioScience* 57:748-756.
- Costa, A. C., L. F. S. Junior, F. F. T. Domingos, & M. L. Fonseca, 2005. Alimentação da pirambeba *Serrasalmus spilopleura* Kner, 1858 (Characidae; Serrasalminae) em um reservatório do Sudeste brasileiro. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 27(4): 365-369.
- Cruz, A. M. G., Y. Sato, E. Rizzo, G. B. Santos & N. Bazzoli. 1996. Maturação sexual da piranha *Pygocentrus piraya* (Cuvier, 1820) (Pisces, Characidae) na represa de Três Marias, Minas Gerais. *Cadernos do Departamento de Ciências Biológicas da PUC-Minas*, 4(4): 17-21.
- Duponchelle, F., F. Lino, N. Hubert, J. Panfili, J. F. Renno, E. Baras, J. P. Torrico, R. Dugue & J. Núñez. 2007. Environment-related life-history trait variations of the red-bellied piranha *Pygocentrus nattereri* in two river basins of the Bolivian Amazon. *Journal of Fish Biology*, 71: 1113–1134.
- Eigenmann, C. 1915. The Serrasalminae and Mylinae. In: *Carnegie Mus Pittsburgh* 9(85): 266-272.
- Fink, W. L., A. Machado-Allison, 1992. Three new species of piranha from Brazil e Venezuela (Teleostei: Characiformes). *Ichthyology Exploration Freshwater*, 3(1): 55-71.

Géry, J. 1977. Characoids of the world. T.F.H. Publ., Neptune, USA, 672 p

Goulding, M. 1980. The fishes and Forest: explorations in Amazon natural history. Berkeley: University of California Press, U.S.A. 280p.

Lamas, I. R. & A. L. Godinho. 1996. Reproduction in the piranha *Serrasalmus spilopleura*, a neotropical fish with an unusual pattern of sexual maturity. *Environmental Biology of Fishes*, 45: 161-168.

Leão, E. L. M., R. G. Leite, P. T. C. Chaves & E. Ferraz. 1991. Aspectos da reprodução, alimentação e parasitofauna de uma espécie rara de piranha, *Serrasalmus altuvei* Ramírez, 1965 (Pices, Serrasalminidae) do baixo Rio Negro. *Revista Brasileira de Biologia*, 51(3): 545-553.

Lowe-McConnell, R. H. 1999. Estudos ecológicos em comunidades de peixes tropicais. São Paulo, EDUSP, 534p.

Machado-Alisson, A. 1983. Estudios sobre la sistemática de la subfamilia Serrasalminae (Teleostei: Characidae). Parte II. Discusion sobre la condicion monofiletica de la Subfamilia. *Acta Biologica Venezuelica*, 11(4): 145-195.

Maciel, H. M., M. G. M. Soares & L. Prestes. 2011. Reprodução da piranha-amarela *Serrasalmus spilopleura* Kner, 1858, em lagos de várzea, Amazonas, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(2): 2-6.

Mirande, J. M. 2010. Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes): from characters to taxonomy. *Neotropical ichthyology*, 8(3): 385-568.

Montag, L. F. A., W. B. Wosiacki & R. B. Barthem. 2009 A ecologia da pesca na Floresta Nacional de Caxiuanã. Pp. 629-647. In: Lisboa, P. L. B. (Org.). Caxiuanã: Desafio para a conservação em uma Floresta Nacional na Amazônia. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 672p.

Nico, L. G. & D. C. Taphorn, 1988. Food habits of piranha in the low Llanos of Venezuela. *Biotropica*, 20(4): 311-321.

Piorski, N. M., J. R. L. Alves, M. R. B. Machado, & M. M. F. Correia, 2005. Alimentação e ecomorfologia de duas espécies de piranhas (Characiformes: Characidae) do lago de Viana, estado do Maranhão, Brasil. *Acta Amazônica*, 35(1): 63-70.

Pompeu, P. S. 1999. Dieta da pirambeba *Serrasalmus brandtii* Reinhardt (Teleostei, Characidae) em quatro lagoas marginais do Rio São Francisco, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 16(supl. 2): 19-26.

Queiroz, H. L., M. B. Sobanski & A. E. Magurran. 2010. Reproductive strategies of Red-bellied Piranha *Pycocentrus nattereri* (Kner, 1858) in the white waters of the Mamirauá flooded forest, central Brazilian Amazon. *Environmental Biology of Fishes*, 89: 11-19.

Sazima, I. & F. A. Machado. 1990. Underwater observations of piranhas in western Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 28: 17-31.

Trindade, M. E. J. & R. Jucá-Chagas, 2008. Diet of two serrasalmin species, *Pygocentrus piraya* and *Serrasalmus brandtii* (Teleostei: Characidae), along a stretch of the Rio de Contas, Bahia, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6(4): 645-650.

Winemiller, K. O., A. A. Agostinho & E. P. Caramaschi 2008. Fish Ecology in Tropical Streams. Pp. 107-146. In: Dudgeon, D. (Ed.). *Tropical Streams Ecology*. Londres, Elsevier. 305p.