

## Bioecologia reprodutiva e alimentar do peixe elétrico *Sternarchella calhamazon* (Gymnotiformes) da bacia do rio Madeira

Keile Alves Fonsêca <sup>1\*</sup>, Débora Gomes Figueiredo <sup>2</sup>, Ariana Cella-Ribeiro <sup>3</sup>, Carolina Rodrigues da Costa Doria <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Pesquisadora voluntária no Laboratório de Ictiologia e Pesca – LIP, Pós-graduanda em Piscicultura: Sanidade e desenvolvimento sustentável, pela Universidade Estadual de Maringá – UEM. ORCID: 0000-0001-6002-4010

<sup>2</sup> Laboratório de Ictiologia e Pesca – UNIR, Universidade Federal de Rondônia – UNIR. ORCID: 0000-0001-7469-4701

<sup>3</sup> Pesquisadora colaboradora em Laboratório de Ictiologia e Pesca – UNIR; ONG Ação Ecológica Guaporé- Ecoporé; Centro Universitário Aparício Carvalho – FIMCA. ORCID: 0000-0002-4656-224X

<sup>4</sup> Coordenadora do Laboratório de Ictiologia e Pesca – UNIR e associado IV da Universidade Federal de Rondônia, docente do Departamento de Biologia, do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente e da Rede Bionorte. ORCID: 0000-0003-1638-0063

\*Autor para correspondência: E-mail: keilealves1@gmail.com

### Resumo

Os rios Amazônicos são fortemente influenciados pela variação sazonal de seca e cheia influenciando na composição alimentar, reprodutiva e populacional da maioria da ictiofauna desses rios. Porém, pouco se sabe sobre a resposta da ictiofauna bentônica a essas variações. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar se o pulso de inundação exerce influência na bioecologia alimentar e reprodutiva de *Sternarchella calhamazon*. Foram analisados 520 espécimes de *S. calhamazon* capturados no período de dezembro de 2004 a agosto de 2013, e avaliados quanto a ocorrência sazonal, atividade alimentar, fator de condição, atividade reprodutiva e estrutura em comprimento. Os alimentos encontrados na dieta desta espécie foram classificados em 23 itens, sendo estes agrupados em 10 grandes categorias. A estrutura em comprimento predominante demonstrou que a população é formada principalmente por indivíduos de pequeno porte (menor que 10 cm). Os alimentos que tiveram maior importância alimentar foram os insetos imaturos de origem autóctones e vegetais de origem alóctones. Esses dois itens tiveram as mesmas proporções tanto em época de seca quanto em época de cheia. Desta forma, verificou-se que a composição alimentar de *S. calhamazon*, não foi influenciada pelo período hidrológico (seca e cheia). Também não foi observada diferença temporal significativa para o fator de condição das espécies. Diante do exposto, conclui-se que a ocorrência e a atividade alimentar dessa espécie bentônica parecem fugir ao padrão das demais espécies amazônicas que apresentam forte dependência do pulso de inundação. Contudo, a reprodução parece ocorrer preferencialmente no período próximo as águas altas no rio Madeira.

**Palavras-chave:** Amazônia, ecologia trófica; peixe bentônico; ecologia reprodutiva

### Abstract

The Amazon rivers are strongly influenced by the seasonal variation of drought and flood that directly influences the food, reproductive and population composition of the fish. However, little is known about a benthonic Ichthyofauna response such as these changes. In this context, the present study aims to assess the food and reproductive bioecology of *Sternarchella calhamazon* and to assess whether the flood pulse influences these variables. We analyzed 520 examples of *S. calhamazon* were captured from December 2004 to August 2013, and charged for seasonal occurrence, food activity, condition factor, reproductive activity and length structure. The foods found in the diet of this species were classified into 23 items, which were grouped into 10 major categories. A structure in predominant length demonstrated that the population is formed mainly by individuals of small size

(less than 10 cm). The foods that had the greatest dietary importance were immature insects of autochthones origin and vegetables of allochthones origin. These two items had the same proportions both during the dry season and during the flood season. Thus, it was found that the food composition of *S. calhamazon*, was not influenced by the hydrological period (dry and flood). There was also no significant seasonal difference for the condition factor of the species. In view of the above, it is concluded that the occurrence and feeding activity of this benthic species can be affected as the pattern of other Amazonian species, that are strongly dependent on the flood pulse. However, reproduction seems to occur preferentially in the period following high waters in the Madeira River.

**Keywords:** Amazon, trophic ecology; benthic fish; reproductive ecology

## Introdução

A bacia Amazônica detém uma heterogeneidade de ambientes, conseqüentemente uma alta diversidade de espécies (Junk, 1989). Neste cenário, o rio Madeira, se destaca como o maior tributário do Amazonas por apresentar alta complexidade de habitats e nichos ecológicos, com corpos d'água de diversas origens ao longo da bacia (McClain *et al.*, 1995), e uma rica e diversa ictiofauna (Queiroz *et al.*, 2013), composta atualmente por 1067 espécies descritas e depositadas na coleção do Laboratório de Ictiologia e Pesca – LIP/UNIR (Ohara *et al.*, 2015).

Estudos realizados na região amazônica até meados da década de 80 focaram nas espécies pelágicas de médio e grande porte e de interesse da pesca comercial (Smith, 1979; Paiva, 1983; Ferreira *et al.*, 1998; Sabino & Zuanon, 1998; Lowe-McConnell, 1999). Apenas ao final da década de 80, com o advento de nova metodologia apropriada para captura de peixes no fundo dos canais dos grandes rios, (Lopez-Rojas *et al.*, 1984), as assembleias presentes neste habitat passaram a ser relatadas na literatura e revelou uma rica ictiofauna bentônica e a ocorrência frequente de espécies até então consideradas raras (Lopez-Rojas *et al.*, 1984; Stewart *et al.*, 1987; Cox-Fernandes *et al.*, 2004; Thomé-Souza & Chão, 2004; Ferreira *et al.*, 2007; Rapp Py-Daniel *et al.*, 2007).

A ictiofauna bentônica dos grandes rios Amazônicos é dominada pela ordem Siluriformes (bagres), seguida por Gymnotiformes (sarapós) (Bessa, 2007; Thomé-Souza & Chao, 2004; Rapp Py-Daniel *et al.*, 2007; Queiroz *et al.*, 2013). Lopez-Rojas *et al.* (1984) demonstraram que na calha do rio Orinoco há uma alta incidência de Gymnotiformes em águas com até 20 metros de profundidade, evidenciando a adaptação do grupo à grande profundidade e ausência de luz.

O rio Madeira não foge a este padrão, apresentando uma ictiofauna bentônica singular composta principalmente por Gymnotiformes e Siluriformes (Cella-Ribeiro, 2010; Queiroz *et al.*, 2013). Dentre elas destaca-se em ocorrência a *Sternarchella calhamazon*, Lundberg, Cox Fernandes, Campos-da-Paz & Sullivan, 2013. *S. calhamazon* possui corpo alongado e deprimido lateralmente, ausência de nadadeira dorsal, nadadeira anal longa e pedúnculo caudal, este diferenciando-a das demais espécies da família (Lundberg *et al.*, 2013). Suas características ecológicas, biológicas e a relação com a dinâmica sazonal do sistema aquático ainda são desconhecidas.

A composição e distribuição populacional, atividade reprodutiva e alimentar dos peixes amazônicos são fortemente influenciados pelo pulso de inundação -variação sazonal de seca e cheia, nas áreas de sistemas rio-planície de inundação que influenciam diretamente a disponibilidade de alimento e abrigo para os peixes (Junk *et al.*, 1989; Lowe-McConnell, 1999). O ciclo hidrológico da bacia amazônica oscila, podendo até ser considerado como umas das principais forças controladoras da biota, (Junk *et al.*, 1989), e é caracterizado pela quantidade de chuva e a alteração do nível do rio podendo ser unimodal ou bimodal (Capobianco *et al.*, 2001). A sazonalidade amazônica influenciada

pelo ciclo hidrológico contribui para mudanças de disponibilidade de alimento e consequentemente nos períodos reprodutivos de diversas espécies (Queiroz *et al.*, 2013).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a bioecologia alimentar e reprodutiva de *S. calhamazon* e avaliar se o pulso de inundação exerce influência sob tais parâmetros.

## Material e Métodos

### *Espécie alvo*

A ordem Gymnotiformes abrange os peixes conhecidos popularmente como “peixes elétricos” e “sarapó”, capazes de gerar corrente elétrica por tecidos especializados que formam um órgão elétrico. Os peixes da ordem estudada vivem em córregos, pequenos canais e lagoas isoladas, lugares onde suportam condições baixas de O<sub>2</sub> no período de seca (Albert & Crampton, 2005; Crampton, 1998). Muitas espécies também são adaptadas a viver no fundo dos canais de grandes rios, como os rios Madeira e Solimões/Amazonas (Queiroz *et al.*, 2013). A maioria dos Gymnotiformes possui hábitos noturnos ou crepusculares, tornando assim as descargas elétricas importantes para navegar, forragear, e se orientar em águas com pouca visibilidade (Giora, 2004).

A família Apterontidae é a maior e mais diversa dentre os Gymnotiformes, com 96 espécies válidas (Fricke *et al.*, 2020). As espécies dessa família se distinguem de outras da mesma ordem por apresentarem nadadeira caudal, um filamento carnosos eletroreceptivo aderido a um sulco na porção médio-dorsal do corpo, e um órgão elétrico neurogênico, que é capaz de “gerar” cargas elétricas mais fortes que os órgãos elétricos mioelétricos de outros Gymnotiformes, Crampton & Albert, (2006).

Podemos encontrar na literatura um volume considerável de estudos sobre espécies dessa família (Bernt *et al.*, 2018; Cox Fernandes, 2002; Evans *et al.*, 2018; Hilton *et al.*, 2006; Ho *et al.*, 2013a; Ho *et al.*, 2013b; Ivanyisky & Albert, 2014; Petzold *et al.*, 2016; Rossoni, 2005; Santana & Lehmann, 2006; Smith, *et al.*, 2016; Turner *et al.*, 2007), porém em relação a dados sobre a biologia reprodutiva, os trabalhos são escassos e inexistentes para a maioria das espécies.

A espécie *S. calhamazon* (Figura 1) foi descrita por Lundberg *et al.* (2013). Estudos ao longo da calha principal do rio Solimões/Amazonas e seus principais afluentes demonstraram que esta espécie é bastante distribuída e abundante, sendo encontrada em 12 dos 13 afluentes do rio Amazonas (Lundberg *et al.*, 2013) e com aparente preferência por rios de águas brancas (ricos em sedimento, cf. Sioli, 1967). Assim como outros peixes que habitam o fundo do canal dos rios, *S. calhamazon* apresenta olhos reduzidos e a pouca pigmentação associada com a ausência de luz (Crampton, 2007; Hilton *et al.*, 2007).



**Figura 1.** Exemplar de *Sternarchella calhamazon*, preservado em álcool 70%. 150 mm de comprimento. Foto: LIP-UNIR.

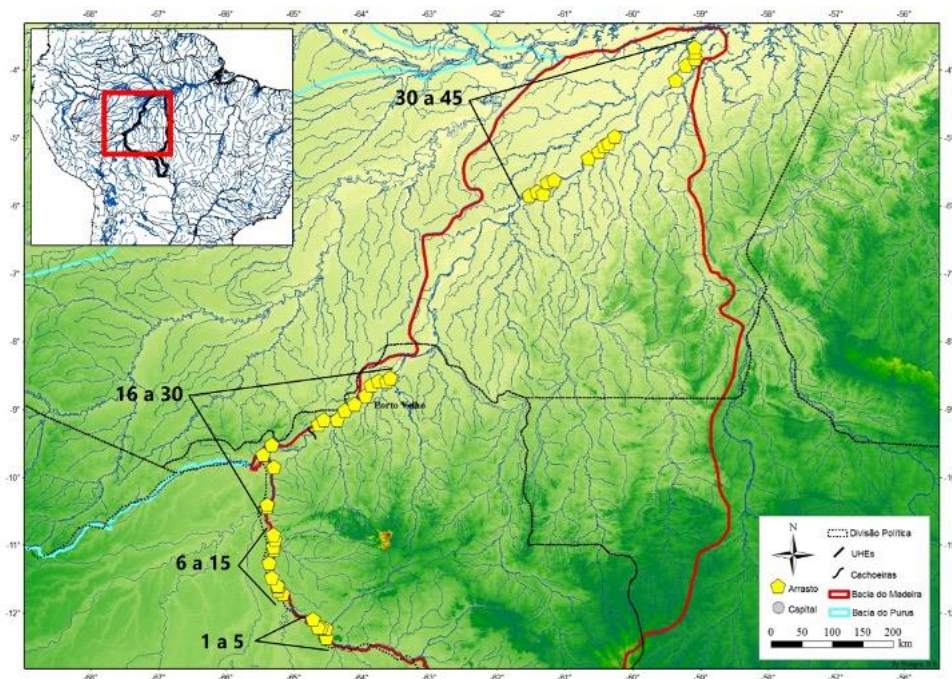
### Área de coleta e periodicidade das coletas

O rio Madeira é considerado um dos maiores rios do mundo em extensão territorial (Goulding, 1979), e o quarto maior em termos de vazão (Latrubesse *et al.*, 2005). É responsável por 15% da vazão total do rio Amazonas para o Atlântico, tornando-se, assim, o maior contribuinte desta bacia hidrográfica, cobre cerca de 1.380.000 km<sup>2</sup> incluindo o Brasil, a Bolívia e o Peru, sendo formado por inúmeros rios e pequenos igarapés (Goulding *et al.*, 2003).

Em função da grande quantidade de sedimentos oriundos dos Andes, a água deste rio foi classificada como do tipo branca, a qual é altamente turva, de cor amarelada a ocre, pH neutro e com alta capacidade de transportar nutrientes para a porção baixa da bacia (Sioli, 1967). Além disso, este rio possui altas concentrações de salinidade e material em suspensão, uma das mais elevadas dentre os rios amazônicos (Goulding, 1979).

O trecho estudado no rio Madeira localiza-se entre as cidades de Costa Marques em Rondônia, e Nova Olinda do Norte no Amazonas, compreendendo aproximadamente 1000 km de extensão.

As coletas foram realizadas entre novembro de 2008 e agosto de 2013, em 45 locais, distribuídos ao longo da bacia do rio Madeira, abrangendo a calha dos rios Guaporé, Mamoré e Madeira (Figura 2). Por questões logísticas devido à grande extensão da área, a periodicidade das coletas diferiu entre os locais amostrados. Dentre os 45 locais amostrados, cinco eram na calha do rio Guaporé (locais 1 a 5), e dez na calha do rio Mamoré (6 a 15), com coletas nos meses de novembro (2008), julho e setembro (2009), janeiro e junho (2010), janeiro e julho (2011), janeiro e setembro (2012) e janeiro (2013); 15 locais eram na calha do trecho de corredeiras do rio Madeira (locais 16 a 30) com coletas realizadas mensalmente (novembro/2008 à abril/2010) e bimestralmente (junho/2010 à agosto/2013); e por fim 15 locais na calha do baixo rio Madeira (locais 31 a 45), com coletas nos meses de novembro (2008), julho e outubro (2009), janeiro e agosto (2010), janeiro e julho (2011), janeiro e setembro (2012) e março (2013). Totalizando 825 arrastos realizados na área estudada.



**Figura 2.** Localização da área de estudo no rio Madeira com as principais cachoeiras marcadas e os 45 locais de amostragem.

### Captura dos peixes

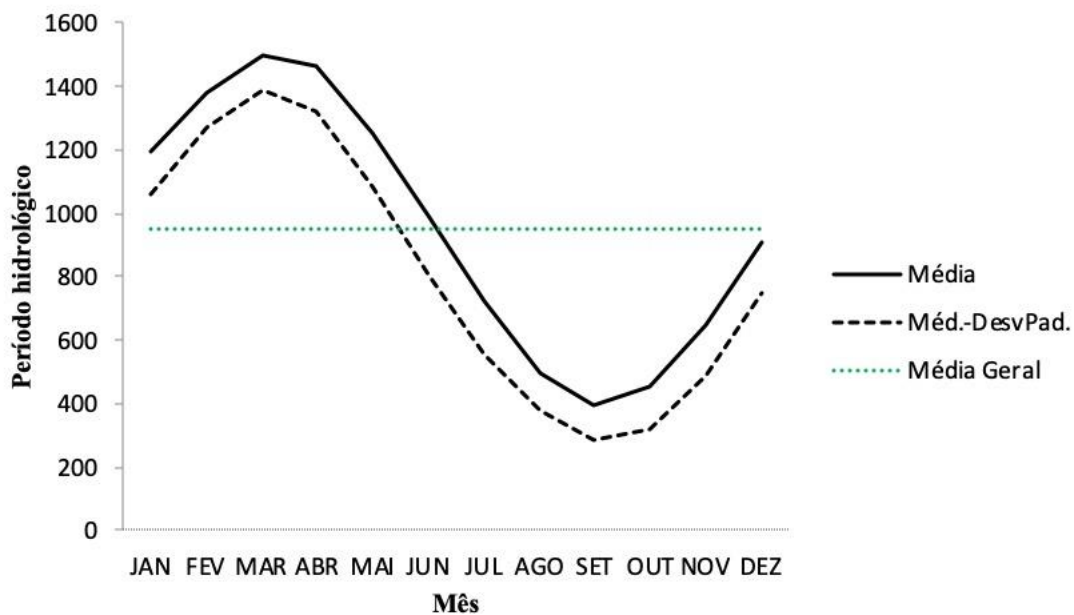
Em cada local de amostragem foi realizado um arrasto bentônico com duração de 10 minutos, utilizando rede tipo "bottom trawl net" (rede de arrasto bentônico) com 3 m x 1 m de largura, arrastada atrás de um barco (motor de 40Hp), conforme descrito por López-Rojas *et al.* (1984). A rede possuía um saco interno revestido por malha de 5 mm e uma rede externa de malha de 1 mm. Os peixes coletados foram imediatamente preservados em formalina 10% e levados para o Laboratório de Ictiologia e Pesca da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) para triagem e identificação. Os exemplares foram armazenados em álcool a 70%, identificados até o nível de espécie por meio de consultas a chaves de identificação e/ou com auxílio de especialistas (Queiroz *et al.*, 2013). Após a identificação e contagem do número de exemplares por espécie, exemplares de *S. calhamazon* foram separados para posterior análise de material biológico. Uma parte dos lotes, os peixes apenas com tomada de dados biométricos, foram tombados na Coleção de Peixes da UNIR.

### Coleta de dados biológicos

Foram obtidos dados biométricos de comprimento padrão (mm) – da parte anterior da cabeça até o final da coluna vertebral com o auxílio de um paquímetro digital e um estereomicroscópio. O peso total (g) de cada indivíduo foi obtido com uma balança de precisão. Com bisturi e auxílio de um estereomicroscópio foi feita uma incisão abdominal para coleta dos estômagos e gônadas, que foram preservados em álcool 70% para posterior análise e classificação dos itens alimentares e reprodutivos.

### Análise dos dados

Para determinar os períodos hidrológicos (seca e cheia), primeiramente foi feita uma análise gráfica do nível hidrológico do rio Madeira através dos valores de médias mensais e médias menos o desvio padrão de cada mês considerando os anos de 1967 a 2013. Posteriormente, foi calculada a média geral de todos os valores obtidos em todos os meses e anos incluídos (Figura 3).



**Figura 3.** Média mensal do nível hidrológico do rio Madeira entre os anos de 1967 até 2013.

### Ocorrência sazonal

A análise sazonal considerando dois períodos hidrológicos, a seca e a cheia, a partir do nível hidrológico do rio Madeira foi determinada conforme Cella-Ribeiro (2010), e definiu-se que todos os valores abaixo da cota de 950 cm representam o período de águas baixas no rio, com cota abaixo do valor médio para o rio Madeira, e representando a seca (junho até dezembro) nas análises do presente estudo. Valores de cota acima de 950 representam o período de águas altas do rio Madeira, sendo a cheia (janeiro até maio) nas análises do presente estudo.

### Estrutura em comprimento da população

Para determinar a estrutura em comprimento da população de *S. calhamazon* foi utilizada a metodologia descrita por Vazzoler (1996), agrupando classes de comprimentos individuais para obtenção das frequências relativas (%) de cada uma, e obtidos dados para o período total.

### Dieta e categoria trófica

Para determinação da categoria trófica foi feita a análise da dieta de *S. calhamazon*, os itens alimentares foram analisados com auxílio de estereomicroscópio, e identificados ao menor nível taxonômico possível, consultando literatura especializada. Os itens foram classificados em: vegetal de origem alóctone (folhas, galhos, pedaços de tronco, semente não identificada, vegetal terrestre não identificado), insetos imaturos – autóctones (cabeça, mandíbula, segmentos, pernas, larvas de insetos não identificadas, Trichoptera, Díptera, Coleóptera, Chironomidae, Hydropsychidae, abrigo de Trichoptera), restos de insetos não identificados, insetos adultos (asas), algas (Zygnemaphyceae e algas não identificadas), larvas de peixes (larvas de Pimelodidae e não identificadas), escamas, detritos, microcrustáceos e nematódeos.

Posteriormente, a dieta foi avaliada através da combinação dos métodos de frequência de ocorrência (Fo; %), determinando-se a frequência de determinado item alimentar e o método volumétrico (V; %), o qual fornece o volume que cada item ocupa no estômago (Hyslop, 1980).

Estes dados foram combinados no Índice de Importância Alimentar (IA<sub>i</sub>), proposto por Kawakami & Vazzoler (1980). A categoria trófica de *S. calhamazon* foi determinada através do item predominante na dieta (IA<sub>i</sub>>0,7 do espectro alimentar).

Em seguida foi realizada análise temporal, aplicando os testes ANOSIM e NMDS, para observar se a composição alimentar desse peixe bentônico varia sazonalmente. Aplicou-se o teste não paramétrico de Análise de Similaridade (ANOSIM) utilizando uma matriz de composição da dieta (volume dos itens). Este procedimento usa o teste estatístico R baseado na diferença entre a média de todos os rankings de similaridade das amostras entre grupos períodos hidrológicos; rB) e a média dos rankings de similaridade entre os objetos dentro desses grupos (rW) (Quinn & Keough, 2002).

O n significa o número total de unidade amostral, e o valor de R varia de +1 a -1. Valores de R maiores que zero significam maior dissimilaridade entre grupos do que dentro dos grupos. Quando o valor de R é igual a zero, isso significa que a hipótese nula é verdadeira; valores negativos de R indicam que as dissimilaridades dentro dos grupos são maiores do que entre os grupos. Depois disso, foi realizada uma análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrica (NMDS) (Faith, 1987; Minchin, 1987).

### *Atividade alimentar*

Primeiramente foi determinado o grau de repleção estomacal (GR), conforme escala proposta por Hahn *et al.* (1999), onde: “0”: Estômago vazio, “1”: até 25% do estômago preenchido por alimento, “2”: de 25 a 75% do estômago preenchido por alimento, “3”: mais de 75% do estômago preenchido por alimento.

Para observar possíveis diferenças na atividade alimentar de *S. calhamazon*, nos períodos hidrológicos estudados, realizou-se o teste t de Student, com o grau médio de repleção estomacal, calculado a partir da equação proposta por Santos (1982).

### *Fator de condição*

Primeiramente foi estimada relação peso-comprimento ( $Pt=aCpb$ ) da espécie, para obtenção do coeficiente angular da relação (b). Em seguida, considerando os exemplares com medidas de comprimento padrão (mm) e peso (g), definiu-se o fator de condição seguindo a equação proposta por Le Cren (1951).

Devido à grande extensão da área estudada, que apresenta um trecho de corredeiras intermediando as planícies do alto e do baixo Madeira (Queiroz *et. al.*, 2013), primeiramente testamos o fator de condição separando as coletas realizadas trecho de corredeiras (considerando os locais 16 ao 30) e planícies (considerando os locais 1 ao 15 e 31 ao 45). Foi aplicado o teste de Análise de Variância Unifatorial (ANOVA) oneway, Zar (1996), com o objetivo de testar se existiam diferenças no fator de condição da espécie entre os ambientes encontrados na área de estudo (corredeiras vs planícies). Frente à diferença observada na condição corporal da espécie entre estes ambientes, este mesmo teste foi realizado separadamente para a avaliação sazonal, considerando o trecho de corredeiras (considerando os locais 16 ao 30) e planícies (considerando os locais 1 ao 15 e 31 ao 45).

As análises estatísticas foram realizadas no programa R, a nível de significância de 5% para toda as análises.

### *Período reprodutivo*

Para determinar o período reprodutivo da espécie em estudo foi estimada a frequência dos estádios de maturidade de machos e fêmeas durante o período estudado. E para aferir a amplitude do período de reprodução foi utilizada a distribuição de frequências relativas dos indivíduos nos diferentes estádios de maturação (Vazzoler, 1996).

### *Proporção sexual*

Para avaliar as variações ao longo do ciclo de vida de *S. calhamazon* entre a proporção de machos e fêmeas foi realizado o teste G para verificar se as proporções observadas concordam com os valores esperados de 1:1.

## **Resultados**

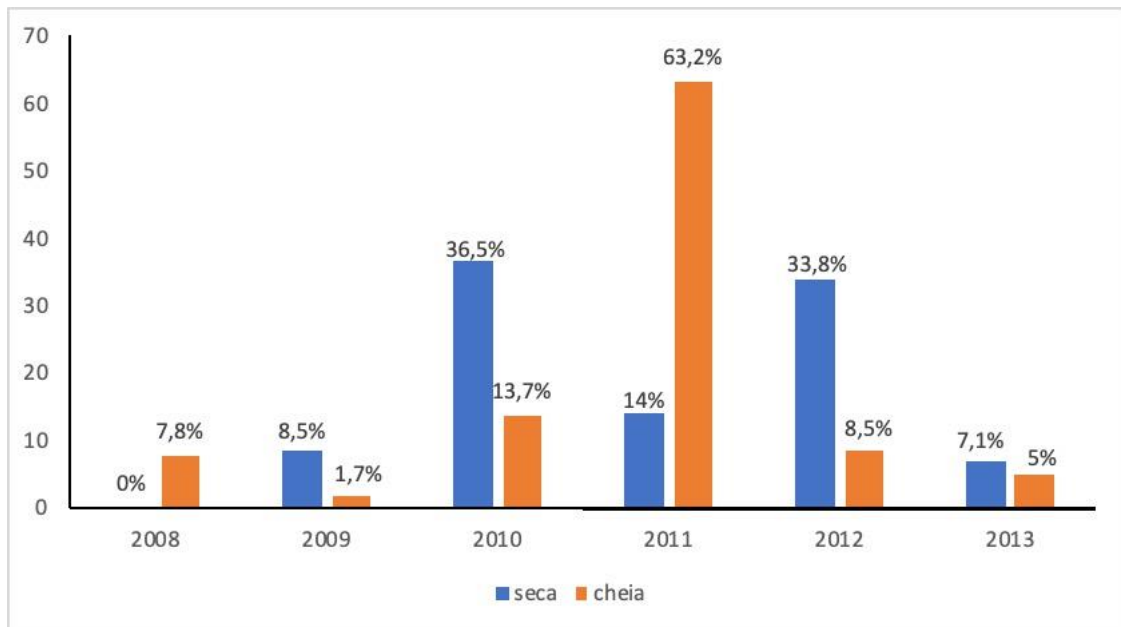
Foram capturados 520 espécimes de *S. calhamazon* no período de novembro de 2008 a agosto de 2013, com média de 1,5 indivíduos por amostra. Dentre os espécimes capturados, foram utilizados 461 para análises de ocorrência espacial e sazonal e estrutura em comprimento da população, 366

espécimes para análises de conteúdo estomacal e 172 espécimes para determinação do período reprodutivo, caracterização da morfologia das gônadas e avaliação da proporção sexual.

#### Ocorrência sazonal

No ano de 2008, foram capturados 31 (7,8%) indivíduos no período de cheia e nenhum indivíduo (0%) no período de seca, no ano seguinte foram 7 (1,7%) indivíduos na cheia e 31 (8,5%) na seca. Os anos de maior ocorrência de indivíduos foram 2010 e 2011 perfazendo um total de 100 indivíduos coletados no período de seca (36,4%) e 41 no período de cheia (13,7%) no ano de 2010, já no ano de 2011 foram coletados 32 no período de seca (14%) e 157 na cheia (63,2%). Os anos de 2012 e 2013 foram coletados, 77 (33,82%) indivíduos na seca e 21 (8,4%) na cheia, e 13 (7,1%) na seca e 10 (5%) na cheia, respectivamente.

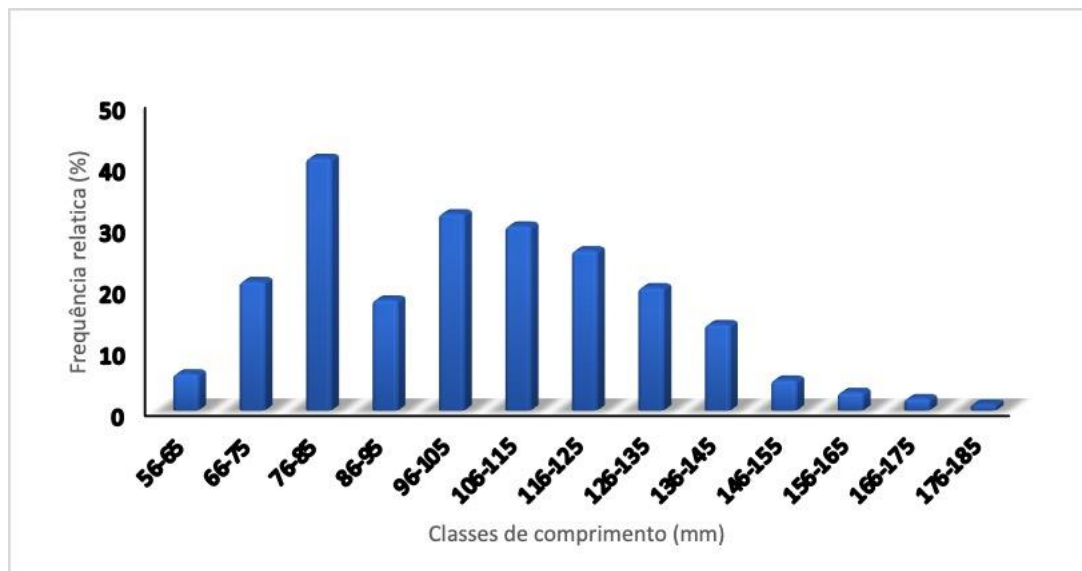
Nas análises de ocorrência sazonal observamos que os maiores números de indivíduos foram capturados no período de cheia com um destaque para o ano de 2011 (63,2%) (Figura 4).



**Figura 4.** Ocorrência sazonal de exemplares de *Sternarchella calhamazon* capturadas na calha do rio Madeira.

O menor exemplar de *S. calhamazon* capturado mediu 56 mm e o maior 178 mm de comprimento padrão. A análise de estrutura em comprimento da espécie estudada demonstrou que a classe de comprimento padrão predominante encontrava-se entre 76 e 85 mm (Figura 5).





**Figura 5.** Distribuição de frequência das classes de comprimento padrão em milímetros de exemplares de *Sternarchella calhamazon* capturadas na bacia do rio Madeira.

#### *Dieta e categoria trófica*

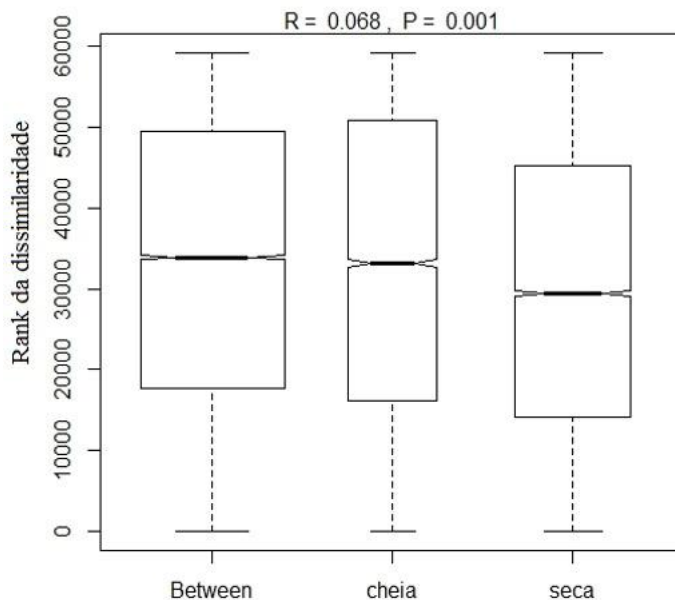
Foram analisados os conteúdos estomacais de 366 exemplares de *S. calhamazon*, dos quais 210 representam o período da seca e 156 o período da cheia. Foram identificados 23 itens alimentares na dieta da espécie, sendo estes agrupados em 10 grandes categorias (Tabela 1).

Insetos imaturos autóctones e vegetais de origem alóctone tiveram maiores frequência de ocorrência e volume nos dois períodos hidrológicos analisados. Estes dois itens também foram os mais representativos da dieta, em ambos os períodos hidrológicos, conforme o Índice de Importância Alimentar (IAi). Não foram observadas diferenças na composição da dieta de *S. calhamazon* entre os períodos hidrológicos (ANOSIM,  $R^2 = 0,068$ ,  $p = 0,001$ ) (Figura 5) e (NMDS,  $R^2 = 0,53$ ,  $\text{stress} = 0,211$   $K = 2$ ). Apesar de não existirem diferenças significativas na composição, os rankings de importância entre eles se inverteram entre os períodos hidrológicos, ocorrendo, para o período de seca principalmente insetos imaturos de origem autóctone (IAi=0,50), seguido de vegetal (IAi=0,42), e na estação cheia, vegetal (IAi=0,40) foi o item de maior representatividade na dieta, seguido de insetos imaturos (IAi=0,30) (Figura 8). Ademais, durante a estação cheia estes dois itens apresentaram redução na importância alimentar, fator atribuído ao incremento de outros itens na dieta, como larvas de peixes (IAi=0,15) e detritos (IAi=0,13).

Devido a não predominância de um único item alimentar na dieta *S. calhamazon* (IAi>0,7), foram agrupados os itens com maiores importância alimentar (insetos imaturos de origem autóctone e vegetais de origem alóctone), que juntos, compuseram 92% e 70% da dieta nos períodos hidrológicos de seca e cheia, respectivamente. Dessa forma, *S. calhamazon* foi classificada como onívora.

**Tabela 1.** Categorização dos itens alimentares consumidos por *Sternarchella calhamazon* no rio Madeira.

Categoria alimentar	Caracterização dos itens alimentares	IAi %		Frequência de ocorrência	
		seca	cheia	seca	cheia
Vegetal de origem alóctone	Sementes não identificadas, tronco, galhos, folhas, vegetal digerido	0,42142	0,391716	42%	39%
Insetos imaturos - autóctones	(cabeça, mandíbula, segmentos, pernas)	0,500358	0,294311	50%	29%
Insetos NI	Não identificado	0,000085	0,000187	0%	0%
Insetos adultos	Asas	0,007242	0,001522	1%	0%
Larvas de peixes	Pimelodidae, larvas não identificadas	0,005648	0,149808	1%	15%
Algas	Não identificado	0,000076	0,000005	0%	0%
Escamas	Não identificado	0,016214	0,020327	2%	2%
Detritos	Pedras, areias, lama	0,042749	0,131059	4%	13%
Microcrustáceo	Não identificado	0,006206	0,011059	1%	1%
Nematódes		0,000002	0,000005	0%	0%



**Figura 6.** Análise de Similaridade (ANOSIM) da dieta de *Sternarchella calhamazon* nos períodos de seca e cheia no rio Madeira.

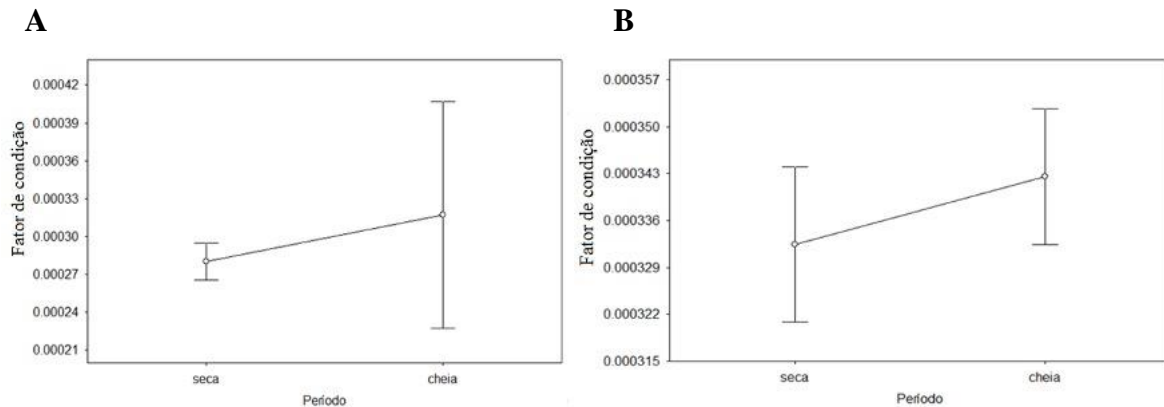
#### Atividade alimentar

Dos 366 estômagos analisados de *S. calhamazon*, 360 continham alimento, o que representa 98% dos espécimes estudados, 204 da seca e 156 da cheia. Assim, não houve diferença significativa na atividade alimentar entre os períodos hidrológicos (Teste t de Student; N=8; p=0,42).

#### Fator de condição

O fator de condição foi avaliado para 407 exemplares, a relação peso comprimento de *S. calhamazon* foi determinada a partir da equação  $Pt=5,49Cp3,03$ .

O fator de condição (K) foi significativamente diferente para a espécie entre os ambientes de corredeiras e planícies presentes na área estudada (ANOVA;  $F=22,632$ ,  $p<0,001$ ), assim, a avaliação temporal foi realizada separadamente entre os dois ambientes. Na avaliação temporal, não foram observadas diferenças significativas no valor de K entre os períodos de seca e cheia, tanto para o ambiente de corredeiras (ANOVA;  $F=0,653$ ,  $p=0,42$ ), como para as áreas de planícies (ANOVA;  $F=1,670$ ,  $p=0,19$ ) (Figura 7).

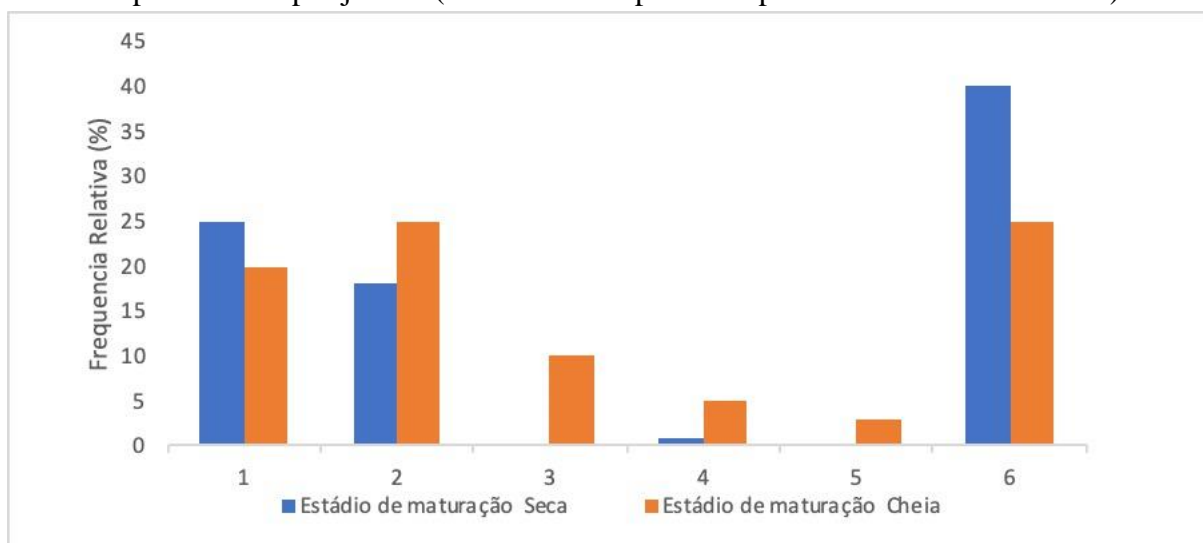


**Figura 7.** (A) Condição fisiológica de *Sternarchella calhamazon* nos períodos de seca e cheia no trecho de corredeiras (COR) do rio Madeira. (B) nas planícies (ACM e ACJ) do rio Madeira.

#### Atividade reprodutiva

A proporção sexual observada foi de 1 macho para 2 fêmeas (1:2). A maior ocorrência de fêmeas foi no estágio 6 e 2, enquanto de machos foi no estágio 1 e 6 (Figura 8).

Avaliando a distribuição dos estádios de maturação gonadal de fêmeas e machos agrupados, observou-se que ocorreram durante todo o ano exemplares com gônadas em recuperação. Porém apenas dezesseis exemplares com gônadas em início de maturação e apenas três em maturação avançada, aptas a se reproduzirem. A menor fêmea madura mediu 140 mm e o menor macho maduro mediu 138 mm. Se considerarmos estes tamanhos mínimos para reprodução da espécie no trecho estudado da calha do rio Madeira, observamos que a maioria dos exemplares amostrados no presente estudo são representados por jovens (classes de comprimento padrão entre 106 e 130 mm).



**Figura 8.** Frequência de estádios de maturidade gonadal dos exemplares de fêmeas e machos de *Sternarchella calhamazon* capturadas na calha do rio Madeira ao longo dos meses.

## Discussão

A distribuição da *S. calhamazon* no trecho estudado não está relacionada a estação hidrológica. Os exemplares foram encontrados durante todo o ano na área estudada, sugerindo que não há uma relação entre a captura de indivíduos com o regime hidrológico. A média de 1,5 exemplar da espécie por amostra durante os quase cinco anos do presente estudo demonstra que as coletas de arrasto bentônico no rio Madeira resultaram em uma abundância muito baixa de peixes em comparação com outros estudos realizados nas bacias Amazônica e Orinoco (López-Rojas *et al.*, 1984; Cox-Fernandes *et al.*, 2004; Thomé-Souza & Chao, 2004). Estes trabalhos utilizaram o mesmo equipamento e protocolo de amostragem, as vezes com menor tempo de duração dos arrastos (cinco minutos), e mesmo assim apresentam maior abundância nas capturas. A baixa abundância de *S. calhamazon* nas amostras do presente estudo corroboram com Cella-Ribeiro *et al.* (2015) que apresentam baixas abundâncias para larvas e juvenis do gênero *Brachyplatystoma* spp. capturadas com arrasto bentônico, e com Torrente-Vilara *et al.* (2011) que apresentaram baixa abundância de peixes capturados com redes malhadeiras, ambos estudos realizados ao longo do trecho de corredeiras do rio Madeira. No presente estudo, um pico de maior abundância observado na cheia de 2011 reflete a captura de cardume da espécie em determinadas amostras, tendo uma única amostra, em janeiro de 2011 na calha do rio Mamoré, capturado 40 exemplares.

O pulso de inundação também não influenciou na atividade alimentar de *S. calhamazon*, possivelmente pelo fato de viverem restritas ao canal principal do rio (calha) e não utilizarem as planícies inundáveis sazonais diretamente no ciclo de vida (Thomé-Souza & Chão, 2004; Ferreira *et al.*, 2007; Rapp Py-Daniel *et al.*, 2007). Ao contrário do observado para várias espécies amazônicas de meia-água que possuem alimentação com dependência direta das planícies alagáveis (itens alóctones), como o pacu —*Mylossoma duriventre* (Cuvier, 1818) —, pirapitinga — *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) — e tambaqui — *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) (Lowe-McConnell, 1999). É conhecido que diversos caracídeos amazônicos que apresentam alimentação sazonal e utilizam áreas de planícies durante a cheia dos rios, quando grande quantidade de frutos e sementes (ex. seringueiras e palmeiras) servem de alimento. Já na estação seca, estas espécies sazonais apresentam restrições ambientais para conseguir alimentos (Claro-Jr. *et al.*, 2004).

Para a espécie bentônica aqui estudada, a frequência alta de estômagos com alimento ao longo do ano demonstrou que não ocorre restrição alimentar no decorrer do pulso de inundação. Isso demonstra que, mesmo no sistema rio-planície de inundação do rio Madeira, a calha principal disponibiliza alimento o ano inteiro para ictiofauna bentônica. Este fato foi observado por Freitas (2007) na calha principal do rio Trombetas (PA), onde os estômagos da maioria das espécies bentônicas estavam preenchidos com alimento durante todo o ciclo hidrológico. A calha principal dos grandes rios concentra grandes quantidades de material autóctone e alóctone carreados das áreas de planícies e que servem de alimento e sustentam uma fauna bentônica acessível aos peixes do canal (Nunes, 2016).

A dieta composta tanto por itens de origem vegetal e animal permite classificar a *S. calhamazon* como onívora. Diferindo do observado por Freitas (2007) na calha do rio Trombetas (PA), onde a maioria das espécies de peixes bentônicos pertencentes as famílias Apterontidae, Hypopomidae, Rhamphichthyidae e Sternopygidae foram classificadas como insetívoras. Apesar de onívora, *S. calhamazon* não apresentou substituição significativa de itens alimentares entre a seca e cheia, apesar de ser observado diferenças numéricas entre os períodos para alguns itens, como por exemplo as larvas de peixes. Acredita-se que a calha do rio sirva como um grande “ralo” durante todo o ano, por

onde são constantemente carregados materiais de origem alóctone e autóctone, sendo assim, este ambiente é frequentemente estável quando comparado às planícies sazonalmente alagadas.

O efeito da sazonalidade não influenciou na composição alimentar de *S. calhamazon*. Thomé-Souza (2005) ao estudar as fontes autotróficas de energia para peixes da calha principal na bacia do médio rio Negro (AM) verificou que quanto mais restrito ao canal é um grupo de peixes, menor será sua dependência da energia diretamente proveniente da floresta, como frutos e insetos alóctones. Consequentemente, a dependência da sazonalidade para estas espécies é menor quando comparado às espécies de meia-água das áreas de planícies. *S. calhamazon* é capturada exclusivamente na calha de grandes rios amazônicos, especialmente os de águas brancas, em profundidades variando de dois a 30 metros (Cox-Fernandes *et al.*, 2004; Lundberg *et al.*, 2013; Crampton & Cella-Ribeiro, 2013). Por isso, sua alimentação mesmo apresentando itens de origem alóctone, não foi influenciada pela sazonalidade, uma vez que esse material alóctone está disponível sendo carregado pela calha do rio. Insetos de origem autóctone e vegetais de origem alóctone foram os itens predominantes na dieta desta espécie ao longo do ciclo hidrológico tanto na estação seca quanto cheia, o que provavelmente está relacionado à maior disponibilidade destes itens no canal do rio Madeira durante todo o ano.

Durante a estação cheia ocorreu, ainda, incremento na dieta com larvas de peixes, predominantemente de bagres da família Pimelodidae (Siluriformes) e detritos. O aparecimento da grande quantidade de larvas de peixes em época de cheia na dieta de *S. calhamazon* provavelmente ocorreu devido ao fato de que espécies de peixes pertencentes à família Pimelodidae que habitam canal dos grandes rios, possuem estratégia reprodutiva sazonal, com desova durante a enchente (Rocha & Zuanon, 2013). Na Amazônia, a ocorrência de ciclos de inundação sazonais favorece o sincronismo reprodutivo de grande parte dos peixes que habitam rios com planície de inundação (Winemiller, 1989; Lowe-McConnell, 1999). É também em época de cheia que grande quantidade de detritos se torna abundante no canal dos rios. Os detritos acumulados no fundo do canal tornam-se disponíveis para alimentação de peixes bentônicos (Vannote *et al.*, 1980). A bacia do rio Madeira recebe grande quantidade de material em suspensão oriundos dos Andes que são transportados para a porção baixa da bacia, servindo como fonte de nutrientes para a fauna aquática (Goulding, 1979).

A espécie ao longo do rio Madeira chega ao tamanho máximo de 20 cm (Crampton & Cella-Ribeiro, 2013) podendo ser considerada como de pequeno porte. No trecho estudado a classe de comprimento predominante demonstrou que a população é formada principalmente por indivíduos de pequeno porte (< 10 cm).

Na relação peso-comprimento o valor do coeficiente de alometria ( $b=3,03$ ) encontrado na *S. calhamazon* indica que a espécie apresenta crescimento isométrico, ou seja, cresce e ganha peso proporcionalmente. E a ausência de diferenças sazonais significativas reforça a afirmação de que atividade alimentar é constante durante as estações estudadas.

Em relação a atividade reprodutiva era esperado que a espécie seguisse os padrões da maioria das espécies da bacia Amazônica, que respondem a fatores sazonais (Vazzoler & Menezes, 1992; Lowe-McConnell, 1999; Bittencourt & Amadio, 2007), onde o pulso de inundação é um dos principais controladores da biota (Junk *et al.*, 1989). Em função da maior disponibilidade de alimento e abrigo na época da cheia, a maioria das espécies neotropicais se reproduzem na enchente e cheia (Vazzoler, 1996; Andrade *et al.*, 2015). Para *S. calhamazon* do rio Madeira foram encontrados poucos indivíduos aptos a se reproduzirem (maduros) na época de cheia, e um número bem maior de indivíduos já desovados nesse mesmo período (enchente-cheia, início das águas altas do rio Madeira). O que permite sugerir duas hipóteses para o período reprodutivo da espécie: 1) ocorre no período de águas altas, quando a maioria dos peixes amazônicos se reproduzem (Lowe McConnell, 1999); inclusive em Gymnotiformes como *Gymnotus carapo*, *Eigenmannia trilineata* e *Brachyhypopomus draco*

(Cognato & Fialho, 2006; Giora & Fialho, 2009; Shaan, Giora & Fialho, 2009; Giora & Fialho, 2017), ou 2) *S. calhamazon* tenha desovado no período da enchente e apresente um período reprodutivo maior, que não seja exclusivo do período de águas altas, com possibilidade de apresentar desova parcelada. Reforçando esse último a hipótese que atividade reprodutiva da espécie assim como a alimentar não é influenciado pelo pulso de inundação. Porém, para afirmar a desova parcelada estudos histológicos precisam ser realizados para a verificação.

Apesar de não ter sido possível afirmar o tamanho de primeira maturação da espécie, podemos sugerir que a maioria dos indivíduos capturados são ainda jovens (menores que 14 cm), utilizando como base aos resultados o tamanho da menor fêmea e machos maduros (♀ 14 cm e ♂ 13,8 cm).

A predominância de fêmeas sobre os machos (2:1) pode estar relacionado a fatores bióticos e abióticos de cada região, ou ser resultado de predação diferenciada de indivíduos, disputa territoriais entre outros fatores (Vazzoler, 1996). O predomínio de fêmeas pode representar uma maior produção de ovos, resultado em maiores taxas de fecundidade para garantir o sucesso reprodutivo da prole (Vazzoler, 1996).

## Conclusão

A ocorrência e a atividade alimentar da espécie parecem fugir ao padrão das demais espécies amazônicas que apresentam forte dependência do pulso de inundação. A calha de grandes rios apresenta um ambiente mais estável quando comparado as planícies sazonalmente alagadas e permitem as espécies com ciclo de vida completo nesses ambientes, uma adaptação sem variações significativas na alimentação. Entretanto, a reprodução parece obedecer ao padrão amazônico e ocorrendo preferencialmente no período próximo as águas altas no rio Madeira. Novos estudos precisam ser desenvolvidos sobre a reprodução da espécie para permitir análises mais conclusivas.

## Referências

- Albert, J. S. & Crampton, W. G. (2005). Diversity and phylogeny of Neotropical electric fishes (Gymnotiformes). In *Electroreception* (pp. 360-409). Springer, New York, NY.
- Andrade, E. D. S., de Andrade, E. A., Felizardo, V. D. O., Paula, D. A. D. J., Veras, G. C. & Murgas, L. D. S. (2015). Biologia reprodutiva de peixes de água doce. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 195-201.
- Bittencourt, M. M. & Amadio, S. A. (2007). Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazonica*, 37(2), 303-308.
- Brown-Peterson, N. J., Wyanski, D. M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B. J. & Lowerre-Barbieri, S. K. (2011). A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, 3(1), 52-70.
- Capobianco, J. P. R. (2001). Biodiversidade na Amazônia Brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios. São Paulo: Instituto Socioambiental: Estação Liberdade, 540 p.
- Cella-Ribeiro, A. (2010). Variação espacial e temporal na estrutura e composição de assembleias de peixes bentônicos em um trecho do Alto rio Madeira, Rondônia. Manaus: [s.n.], 2010. XIII, p. 81. Dissertação (Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

- Cella-Ribeiro, A., Hauser, M., Nogueira, L. D., Doria, C. R. C. & Torrente-Vilara, G. (2015). Relações peso-comprimento de peixes do rio Madeira, Amazônia brasileira, antes da construção de usinas hidrelétricas, *Journal of Applied Ichthyology*; 31 (5): 939-945.
- Cella-Ribeiro, A., Torrente-Vilara, G., Lima-Filho, J. A. & Doria, C. R. C. (2016). Ecologia e Biologia de peixes do Rio Madeira, EDUFRO, Porto Velho, RO.
- Cella-Ribeiro, A., Assakawa, L. F., Torrente-Vilara, G., Zuanon, J., Leite, R. G., Doria, C. & Duponchelle, F. (2015). Temporal and spatial distribution of young *Brachyplatystoma* spp. (Siluriformes: Pimelodidae) along the rapids stretch of the Madeira River (Brazil) before the construction of two hydroelectric dams. *Journal of Fish Biology*, 86(4), 1429-1437.
- Claro-Jr, L., Ferreira, E., Zuanon, J. & Araujo-Lima, C. (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.
- Crampton, W. G. R. (1996). Gymnotiform fish: an important component of Amazonian floodplain fish communities. *Journal of Fish Biology*, 48(2), 298-301.
- Crampton, W. G. R. (1998). Effects of anoxia on the distribution, respiratory strategies and electric signal diversity of gymnotiform fishes. *Journal of Fish Biology*, 53, 307-330.
- Crampton, W. G. R. & Cella-Ribeiro, A. (2013). Apterontidae. In: Queiroz L. J.; Torrente-Vilara G; Ohara, W. M.; Pires, T.; Zuanon, J. A. S.; Doria, C. R. C. (2013). Peixes do rio Madeira, Diaeto, São Paulo, SP.
- Crampton, W. G. R., Thorsen, D. H. & Albert, J. S. (2005). Three new species from a diverse, sympatric assemblage of the electric fish *Gymnotus* (Gymnotiformes: Gymnotidae) in the lowland Amazon Basin, with notes on ecology. *Copeia*, 2005(1), 82-99.
- De Santana, C. D. & Lehmann A, P. (2006). *Apteronotus camposdapazi*, a new species of black ghost electric knifefish, from the Rio Tocantins basin, Brazil (Gymnotiformes: Apterontidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 17(3), 261.
- Doria, C. D. C. & Lima, M. A. L. (2015). Rio Madeira: seus peixes e sua pesca, EDUFRO/RIMA, Porto Velho, RO.
- Evans, K. M., Savage, A. M. & Albert, J. S. (2018). Spinal abnormalities in a specimen of the Panamanian knifefish *Apteronotus rostratus* (Apterontidae: Gymnotiformes) with comments on Gymnotiform locomotion. *Copeia*, 106(1), 130-134.
- Fernandes, C. C. (1995). Diversity, distribution and community structure of electric fishes (Gymnotiformes) in the channels of the Amazon River System, Brazil (Doctoral dissertation, Duke University).
- Fernandes, C. C., Lundberg, J. G. & Sullivan, J. P. (2009). *Oedemognathus exodon* and *Sternarchogiton nattereri* (Apterontidae, Gymnotiformes): the case for sexual dimorphism and conspecificity. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 158(1), 193-207.
- Fernandes, C. C., Lundberg, J. G. & Riginos, C. (2002). Largest of all electric-fish snouts: hypermorphic facial growth in male *Apteronotus hasemani* and the identity of *Apteronotus anas* (Gymnotiformes: Apterontidae). *Copeia*, 52-61.
- Fernandes, C. C., Podos, J. & Lundberg, J. G. (2004). Amazonian ecology: tributaries enhance the diversity of electric fishes. *Science*, 305(5692), 1960-1962.
- Fernandes, C. C., Podos, J. & Lundberg, J. G. (2004). Amazonian ecology: tributaries enhance the diversity of electric fishes. *Science*, 305(5692), 1960-1962.

- Figueiredo, D. G. (2014). Influência do pulso de inundação na dieta, atividade alimentar e condição corporal de *Sternarchella calhamazon*, rio Madeira, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Rondônia.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Fong, J. D. (2020). Espécies por Família / Subfamília. Disponível em:  
<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>.  
Versão eletrônica acessada em: 07 de julho de 2020.
- Giora, J. (2004). Biologia reprodutiva e hábito alimentar de *Eigenmannia trilineata* López & Castello, 1966 (Teleostei, Sternopygidae) do Parque Estadual de Itapuã, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Giora, J. (2008). Análise comparada de caracteres reprodutivos e diversidade do gênero *Brachyhypopomus* Mago-Leccia, 1994 no Rio Grande do Sul. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Giora, J., Tarasconi, H. M. & Fialho, C. B. (2012). Reproduction and feeding habits of the highly seasonal *Brachyhypopomus bombilla* (Gymnotiformes: Hypopomidae) from southern Brazil with evidence for a dormancy period. *Environmental biology of fishes*, 94(4), 649-662.
- Gouding, M. (1980). The fishes and forest, exploration in Amazonian natural history. London University of California Press, 280p.
- Hilton, E. J. & Fernandes, C. C. (2006). Sexual dimorphism in *Apteronotus bonapartii* (Gymnotiformes: Apteronotidae). *Copeia*, 2006(4), 826-833.
- Ho, W. W., Turner, C. R. & Smith, G. T. (2013). Transition across polymorphic phenotypes observed in a male *Sternarchogiton nattereri* (Gymnotiformes: Apteronotidae). *Journal of fish biology*, 83(3), 667-670.
- Ho, W. W., Turner, C. R., Formby, K. J. & Smith, G. T. (2013). Sex differences in the electrocommunication signals of *Sternarchogiton nattereri* (Gymnotiformes: Apteronotidae). *Journal of ethology*, 31(3), 335-340.
- Ivanyisky III, S. J. & Albert, J. S. (2014). Systematics and biogeography of *Sternarchellini* (Gymnotiformes: Apteronotidae): Diversification of electric fishes in large Amazonian rivers. *Neotropical Ichthyology*, 12(3), 565-584.
- Jardim de Queiroz, L., Torrente-Vilara, G., Quilodran, C., Rodrigues da Costa Doria, C. & Montoya-Burgos, J. I. (2017). Multifactorial genetic divergence processes drive the onset of speciation in an Amazonian fish. *PloS one*, 12(12). doi.org/10.1371/journal.pone.0189349.
- Junk, W. J., Bayley, P. B. & Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, 106(1), 110-127.
- Lopez-Rojas, H., Lundberg, J. G. & Marsh, E. (1984). Design and operation of a small trawling apparatus for use with dugout canoes. *North American Journal of Fisheries Management*, 4(3), 331-334.
- Lundberg, J. G., Fernandes, C. C., Campos-Da-Paz, R. & Sullivan, J. P. (2013). *Sternarchella calhamazon* n. sp., the Amazon's most abundant species of apteronotid electric fish, with a note on the taxonomic status of *Sternarchus capanemae* Steindachner, 1868 (Gymnotiformes, Apteronotidae). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 162(1), 157-173.
- McClain, M. E., Richey, J. E. & Victoria, R. L. (1995). Andean contributions to the biogeochemistry of the Amazon river system. *Bull. Inst. fr. études andines*, 24(3), 425-437.
- Ohara, W. M., de Queiroz, L. J., Zuanon, J., Torrente-Vilara, G., Vieira, F. G. & Doria, C. R. C. (2015). Fish collection of the Universidade Federal de Rondônia: its importance to the knowledge of Amazonian fish diversity. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, 37(2), 251-258.



- Petzold, J. M., Marsat, G. & Smith, G. T. (2016). Co-adaptation of electric organ discharges and chirps in South American ghost knifefishes (Apteronotidae). *Journal of Physiology-Paris*, 110(3), 200-215.
- Quagio-Grassiotto, I., Wildner, D. D. & Ishiba, R. (2013). Gametogênese em peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo. *Revista brasileira de reprodução animal*, 181-191.
- Queiroz, L. J.; Torrente-Vilara, G.; Ohara, W. M.; Pires T.; Zuanon, J. A. S. & Doria, C. R. C. (2013). Peixes do rio Madeira, Dialetto, São Paulo, SP.
- Rapp Py-Daniel, L. H., Deus, C. P., Henriques, A. L., Pimpão, D. & Ribeiro, O. M. (2007). Biodiversidade do médio Madeira: bases científicas para propostas de conservação. Manaus: INPA.
- Rocha, S. M. & Zuanon, J. (2013). Pimelodidae. In: Queiroz, L. J., Torrente-Vilara, G., Ohara, W. M., Pires, T., Zuanon, J. A. S. & Doria, C. R. C. *Peixes do rio Madeira*, Dialetto, São Paulo, SP.
- Sioli, H. (1967). Studies in Amazonian waters. In Atas do simpósio sobre a biota amazônica. Conselho Nacional de Pesquisas Rio de Janeiro, Vol. 3, pp. 9-50.
- Smith, A. R., Proffitt, M. R., Ho, W. W., Mullaney, C. B., Maldonado-Ocampo, J. A., Lovejoy, N. R., & Smith, G. T. (2016). Evolution of electric communication signals in the South American ghost knifefishes (Gymnotiformes: Apteronotidae): a phylogenetic comparative study using a sequence-based phylogeny. *Journal of Physiology-Paris*, 110(3), 302-313.
- Thomé-Souza, M. J. & Chao, N. L. (2004). Spatial and temporal variation of benthic fish assemblages during the extreme drought of 1997-98 (El Niño) in the middle rio Negro, Amazonia, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 2(3), 127-136.
- Turner, C. R., Derylo, M., de Santana, C. D., Alves-Gomes, J. A., & Smith, G. T. (2007). Phylogenetic comparative analysis of electric communication signals in ghost knifefishes (Gymnotiformes: Apteronotidae). *Journal of Experimental Biology*, 210, 4104-4122. Doi: 10.1242/jeb.007930.
- Vazzoler, A. E. A. M. (1996). Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: Eduem, 169.
- Vazzoler, A.E. A.de M. (1992). Reprodução de peixes In: Agostinho, A. A.; Benedito-Cecílio, E. (Eds.). Situação atual e perspectivas da Ictiologia no Brasil. Sessão I. Estado atual do conhecimento da Ictiologia no Brasil. Universidade Estadual de Maringá. 1-17 p.