



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**THAIS MAIA TORRES**

**CRESCER MAIS OU REPRODUZIR PRIMEIRO? ANÁLISE DE HISTÓRIA DE  
VIDA DE TRÊS ESPÉCIES DE OSTEICHTHYES DO SEMIÁRIDO**

**FORTALEZA**

**2018**

THAIS MAIA TORRES

CRESCER MAIS OU REPRODUZIR PRIMEIRO? ANÁLISE DE HISTÓRIA DE VIDA  
DE TRÊS ESPÉCIES DE OSTEICHTHYES DO SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Feitosa  
Silva

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

T649c Torres, Thais Maia.

Crescer mais ou reproduzir primeiro? Análise de história de vida de três espécies de osteichthyes do semiárido / Thais Maia Torres. – 2018.

81 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. José Roberto Feitosa Silva.

1. Serrapinnus. 2. Poecilia. 3. Rios intermitentes. 4. Investimento reprodutivo. 5. Investimento somático. I. Título.

CDD 577

---

THAIS MAIA TORRES

CRESCER MAIS OU REPRODUZIR PRIMEIRO? ANÁLISE DE HISTÓRIA DE VIDA  
DE TRÊS ESPÉCIES DE OSTEICHTHYES DO SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Feitosa Silva

Aprovado em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Roberto Feitosa Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Carminda Sandra Brito Salmito Vanderley  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Profa. Dra. Caroline Vieira Feitosa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ao meu pai. Sempre.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu pai, Nonato, aquele que sempre me incentivou a nunca desistir dos meus sonhos, a ser grande e a não deixar nenhuma dificuldade atrapalhar meus caminhos. Toda minha dedicação aos estudos eu devo a ele. Gostaria que pudesse presenciar em vida mais uma conquista.

À minha mãe, Tereza, sempre presente e dedicada. Durante esse período de mestrado me compreendeu e me ajudou a continuar mesmo nos momentos de maiores dificuldades.

Ao meu irmão Dyego e à minha cunhada Juliana, por estarem sempre comigo e por gerarem os dois seres mais preciosos do mundo: meus sobrinhos. Mateus e Eduardo ainda não nasceram mas me deram mais um motivo pra viver.

Ao meu namorado, Pedro Henrique, por estar comigo em mais esse difícil caminho, me entendendo e me apoiando.

Ao meu amigo Francisco, que mesmo distante se faz presente.

Às primas-amigas, Cíntia e Raissa, por estarem sempre ao meu lado.

Ao meu orientador, Professor Roberto Feitosa, por aceitar me orientar nesse trabalho, por ser sempre tão humilde, positivo e otimista, e por nunca me deixar perder o foco e a calma.

Aos meus colegas do Laboratório de Ecologia de Ecossistemas Aquáticos, pelas contribuições científicas e pelos tão importantes, mas subestimados, momentos de descontração que muitas vezes me ajudaram a continuar o dia.

Aos meus colegas e orientadora de iniciação científica, no Laboratório de Biotecnologia da Reprodução de Peixes da UECE, sou grata a tudo que me ensinaram durante minha graduação e por me ajudarem a construir a base científica que me sustenta até hoje.

Aos meus colegas de turma do mestrado, pelas contribuições, descontrações e palavras de incentivo.

Às professoras que compõem a banca, Sandra Salmito, Caroline Feitosa e Carla Rezende, por aceitarem compartilhar seus conhecimentos para a melhoria deste trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro através da bolsa de mestrado concedida.

"Faça ou não faça. Tentativa não há."  
(Mestre Yoda, Star Wars: O Império  
Contra-Ataca).

## RESUMO

O estudo dos atributos de história de vida direcionados ao crescimento e reprodução de animais do semiárido podem facilitar o entendimento de como os indivíduos se mantêm em condições ambientais que influenciam sua sobrevivência. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo analisar como se dá o investimento reprodutivo e somático de espécies de peixes dos gêneros *Serrapinnus* e *Poecilia* em dois hidroperíodos de um rio intermitente, e comparar esses investimentos não somente interespecificamente como também intra e intergenericamente. Exemplares das espécies foram coletados na bacia do rio Mundaú para então serem avaliados atributos de história de vida relacionados a crescimento (peso, comprimento e a relação entre os parâmetros) e reprodução (sexo, estágio de maturação macroscópico e histológico e relação gonadossomática). A reprodução de *S. heterodon* indicou ocorrer durante a cheia, enquanto no período seco a espécie investe em crescimento. A espécie *S. piaba*, assim como a de mesmo gênero, também demonstrou reproduzir-se no período cheio do rio, entretanto investiu em crescimento e manutenção somática em ambas as épocas. Já *Poecilia vivipara* mostrou resultados diferentes dos encontrados para as duas anteriores, com fêmeas maduras e grávidas em ambos os períodos, sendo mais fêmeas fertilizadas encontradas na época seca e mais ovócitos maduros durante a cheia. Quanto ao crescimento, a espécie indicou investir mais durante a cheia. Como as fêmeas das três espécies analisadas possuem comprimento de primeira maturação menores que encontrados na literatura, em outros locais, pode-se indicar que o ambiente de rio intermitente seleciona indivíduos de modo a anteciparem tamanho de maturação.

**Palavras-chave:** *Serrapinnus*. *Poecilia*. Rios intermitentes. Investimento reprodutivo. Investimento somático.

## ABSTRACT

The study of the life history attributes directed to the growth and reproduction of semiarid animals may facilitate the understanding of how individuals remain in environmental conditions that influence their survival. The aim of this work was to analyze how occur the reproductive and somatic investment of *Serrapinnus* and *Poecilia* fish species in two hydroperiods of an intermittent stream, and to compare these investments not only interspecifically but also intra and intergenerally. Specimens of the species were collected in the Mundaú river basin to evaluate life history attributes related to growth (weight, length and relation between parameters) and reproduction (sex, stage of macroscopic and histological maturation and gonadosomatic relation). The reproduction of *S. heterodon* indicated to occur during the flood, while in the dry period the species invests in growth. The *S. piaba* species, as well as of the same genus, also showed to reproduce in the full river period, however invested in growth and somatic maintenance in both periods. *Poecilia vivipara* showed different results from those found for the two previous ones, with mature and pregnant females in both periods, with more fertilized females found in the dry season and more mature oocytes during the flood. Concerning to growth, *P. vivipara* indicated to invest more during the flood. It can also be observed that the females of the three analyzed species have a smaller maturation size than those found in the literature, and may indicate that the intermittent river environment selects individuals that anticipate their maturation size.

**Keywords:** *Serrapinnus*. *Poecilia*. Intermittent stream. Reproductive investment. Somatic investment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Rio Cruxati, um rio intermitente do Estado do Ceará, no período de seca.....27
- Figura 2 - Rio Cruxati, um rio intermitente do Estado do Ceará, no período de cheia. ....28
- Figura 3 - Ganchos na nadadeira anal de macho de *Serrapinnus potiguar* com escala de 1 mm (A) e *Serrapinnus heterodon* com escala de 20 µm (B). ....29
- Figura 4 - Desenho esquemático e imagem real mostrando a presença de gonopódio em macho de *Poecilia vivipara*. ....29
- Figura 5 - Espécie *Serrapinnus heterodon* capturada no Rio Cruxati, um rio intermitente do Estado do Ceará .....37
- Figura 6 - Espécie *Serrapinnus piaba* capturada no Rio Cruxati, um rio intermitente do Estado do Ceará .....39
- Figure 7 - Espécie *Poecilia vivipara* capturada no Rio Cruxati, um rio intermitente do Estado do Ceará .....42
- Figure 8 - Representação macroscópica do estágio gonadal imaturo (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*. ....52
- Figura 9 - Representação microscópica do estágio gonadal imaturo em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*. Pode-se observar os ovócitos jovens (OJ) de estoque de reserva, a inserção das lamelas ovíferas, indicada pela seta (LO) e células germinativas (CG). (Objetiva de 10X). ....53
- Figura 10 - Representação macroscópica do estágio gonadal em maturação (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*. ....53
- Figura 11 - Representação microscópica do estágio gonadal em maturação final em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*. Pode-se visualizar ovócitos em diferentes estágios do desenvolvimento: ovócitos

jovens (OJ) de estoque de reserva, ovócitos em vitelogênese lipídica (VL) e completa (VC). (Objetiva de 10X). .....	54
Figura 12 - Representação macroscópica do estágio gonadal maduro (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, em indivíduos de <i>Serrapinnus heterodon</i> e <i>Serrapinnus piaba</i> .....	55
Figura 13 - Representação microscópica do estágio gonadal maduro em indivíduos de <i>Serrapinnus heterodon</i> e <i>Serrapinnus piaba</i> , com grande parte dos ovócitos em vitelogênese completa (VC). (Objetiva de 10X). .....	55
Figura 14 - Representação macroscópica do estágio gonadal esvaziado/em repouso (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, em indivíduos de <i>Serrapinnus heterodon</i> e <i>Serrapinnus piaba</i> .....	56
Figure 15 - Representação microscópica do estágio gonadal esvaziado em indivíduos de <i>Serrapinnus heterodon</i> e <i>Serrapinnus piaba</i> . Podendo-se observar um padrão de desorganização, ninhos de células germinativas (NG), folículos vazios (F), restos de ovócitos em absorção (OR), e ovócitos jovens (OJ) do estoque de reserva. (Objetiva de 10X). .....	57
Figura 16 - Representação do estágio gonadal maduro (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, em indivíduos de <i>Poecilia vivipara</i> .....	58
Figura 17 - Representação de fêmeas dissecadas em gestação (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, de <i>Poecilia vivipara</i> .....	59
Figura 18 - Embriões no sexto estágio de desenvolvimento, seguindo classificação sugerida por Haynes (1995), retirados de fêmea em gestação de <i>Poecilia vivipara</i> .....	59
Figura 19 - Embriões no nono estágio de desenvolvimento, seguindo classificação sugerida por Haynes (1995), retirados de fêmea em gestação de <i>Poecilia vivipara</i> .....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Pluviosidade média nos meses de coleta dos anos de 2015 e 2017, de acordo com dados obtidos no site da Fundação cearense de meteorologia e recursos hídricos (FUNCEME).....36
- Gráfico 3 - Frequência de fêmeas de *S. heterodon* encontradas em cada classe de comprimento nas estações cheia e seca do rio Cruxati.....39
- Gráfico 4 - Comprimento padrão dos indivíduos capturados da espécie *S. piaba* nas estações cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes. ....40
- Gráfico 5 - Frequência de fêmeas de *S. piaba* encontradas em cada classe de comprimento nas estações cheia e seca do rio Cruxati.....41
- Gráfico 6 - Média e desvio padrão de comprimento padrão dos indivíduos capturados da espécie *P. vivipara* nas estações cheia e seca do rio Cruxati. ....42
- Gráfico 7 - Frequência de fêmeas de *P. vivipara* encontradas em cada classe de comprimento nas estações cheia e seca de um rio intermitente. ....43
- Gráfico 8 - Relação peso-comprimento dos indivíduos coletados da espécie *S. heterodon* nos períodos de cheia (a) e seca (b) do rio Cruxati. ....44
- Gráfico 9 - Relação peso-comprimento dos indivíduos coletados da espécie *S. piaba* nos períodos de cheia (a) e seca (b) do rio Cruxati. ....45
- Gráfico 10 - Relação peso-comprimento dos indivíduos coletados da espécie *P. vivipara* nos períodos de cheia (a) e seca (b) do rio Cruxati.....46
- Gráfico 11 - Fator de condição dos indivíduos coletados da espécie *S. heterodon* nos períodos de cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes. ....47
- Gráfico 12 - Média e desvio padrão do fator de condição dos indivíduos coletados da espécie *S. piaba* nos períodos de cheia e seca do rio Cruxati. ....48

Gráfico 13 - Fator de condição dos indivíduos coletados da espécie <i>P. vivipara</i> nos períodos de cheia e seca do rio Cruxati. . Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes. ....	49
Gráfico 14 - Frequência de fêmeas de <i>S. heterodon</i> em cada estágio de maturação nas estações cheia e seca. ....	50
Gráfico 15 - Frequência de fêmeas de <i>S. piaba</i> em cada estágio de maturação nas estações cheia e seca. ....	51
Gráfico 16 - Frequência de fêmeas de <i>P. vivipara</i> em cada estágio de desenvolvimento gonadal ou grávidas nas estações cheia e seca. ....	58
Gráfico 17 - Índice gonadossomático de fêmeas de <i>S. heterodon</i> durante as estações cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes. ....	61
Gráfico 18 - Índice gonadossomático de fêmeas de <i>S. piaba</i> durante as estações cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes. ....	62
Gráfico 19 - Índice gonadossomático de fêmeas de <i>P. vivipara</i> durante as estações cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes. ....	63
Gráfico 20 - Comprimento de primeira maturação (L50) de <i>S. heterodon</i> no rio Cruxati. ....	64
Gráfico 21 - Comprimento de primeira maturação (L50) de <i>S. piaba</i> no rio Cruxati. ....	64
Gráfico 22 - Comprimento de primeira maturação (L50) de <i>P. vivipara</i> no rio Cruxati. ....	65

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	19
2.1	Teoria de história de vida .....	19
2.2	Rios intermitentes.....	21
2.3	Espécies estudadas .....	23
3	OBJETIVOS .....	25
3.1	Objetivo Geral .....	25
3.2	Objetivos Específicos .....	25
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	26
4.1	Área e período de estudo .....	26
4.2	Análises morfométricas para estudo do investimento somático .....	28
4.3	Análises macroscópicas para estudo reprodutivo .....	30
4.4	Análises histológicas .....	31
4.5	Análise de dados .....	33
5	RESULTADOS .....	36
5.1	Coletas e caracterização ambiental.....	36
5.2	Análises de crescimento.....	37
5.3	Aspectos reprodutivos .....	49
6	DISCUSSÃO .....	66
6.1	Coletas e caracterização ambiental.....	66
6.2	Crescimento .....	66
6.3	Reprodução.....	68
7	CONCLUSÕES .....	72
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
	REFERÊNCIAS .....	75

## 1 INTRODUÇÃO

A teoria de história de vida estuda como a evolução age sob organismos para que atinjam sucesso reprodutivo, estando essa ação sujeita às variações ambientais e às características intrínsecas dos indivíduos (Stearns; Hockstra, 2003). Ou seja, os organismos manifestarão determinados fenótipos dependendo de como o ambiente se apresenta, estando dependente também de suas restrições genóticas. Dentro dessa teoria, destaca-se o conceito de demanda conflitante, que sugere que existem traços que, em determinadas condições, são beneficiados enquanto outros são negligenciados (Partridge; Harvey, 1988). Normalmente a demanda conflitante é evidenciada entre os traços de crescimento e reprodução, visto que o organismo, em virtude de seus recursos limitantes, não pode priorizar ambos (Vazzoler, 1996).

Os rios intermitentes, localizados no semiárido brasileiro, são caracterizados por seus extremos de inundação e seca. Neles, a comunidade animal presente enfrenta limitações adicionais, quando comparado aos rios perenes, devido a frequente perda de água (Williams, 1996). Essa característica permite estudar os organismos quanto a suas adaptações fisiológicas, morfológicas e de história de vida em ambientes adversos (Larned et al., 2010). Sendo assim, animais encontrados nesses ambientes são adequados a testar hipóteses ecológicas que levem a compreensão das estratégias de sobrevivência e portanto, o entendimento da seleção natural (Medeiros; Ometto; Silva, 2010).

*Serrapinnus* é um gênero pertencente à família Characidae e a subfamília Cheirodontinae, abrangendo cerca de dez espécies de peixes neotropicais (Malabarba, 2003). Na região Nordeste do Brasil duas espécies são comumente encontradas: *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*. *S. heterodon* é um peixe normalmente apenas citado em estudos de composição da ictiofauna de rios brasileiros, entretanto com sua biologia pouco conhecida. No Brasil, os poucos estudos com essa espécie concentram-se na região Sudeste. A espécie *S. piaba* é pequena, tendo sido registrada com o máximo de 3,5 cm (Malabarba, 2003), e possui fertilização externa, sendo encontrada desde a bacia do rio São Francisco e os rios do Nordeste até o estado do Espírito Santo (Silvano, et al., 2003).

Em relação às espécies pertencentes a família Poecillidae, possuem um pequeno tamanho, tendo a espécie *Poecilia vivipara* sido registrada com um tamanho máximo de 7,8 cm (da Costa et. al, 2013), e são encontradas em um amplo espectro de habitats, ocupando zonas temperadas e tropicais, mostrando-se extremamente adaptáveis (Meffe; Snelson, 1989). A espécie *Poecilia vivipara*, conhecida popularmente como peixe Guaru, é encontrada desde o Ceará até o Rio de Janeiro, bem como no México e na Guatemala. Possui fertilização interna e é bastante estudada no mundo.

A teoria de história de vida assume que espécies filogeneticamente próximas apresentam respostas semelhantes às variações ambientais. Entretanto, conhecendo a distribuição de espécies do rio Cruxati, um rio intermitente cearense, percebe-se que as espécies pertencentes ao gênero *Serrapinnus* (*S. heterodon* e *S. piaba*) parecem apresentar diferença em sua distribuição mesmo sendo do mesmo gênero e estando sob as mesmas condições ambientais (Teixeira et. al, 2017). Por outro lado, as espécies *P. vivipara* e *S. heterodon*, apesar de tão distintas morfo e fisiologicamente, parecem apresentar uma distribuição semelhante.

Todas as observações anteriormente pontuadas levaram ao questionamento de como essas espécies respondem às variações ambientais ocorrentes em rio intermitente em relação a parâmetros ligados ao crescimento e à reprodução, sendo eles investigados a partir do estudo de suas histórias de vida. Além disso, questiona-se se realmente as espécies filogeneticamente mais próximas estão possuindo respostas semelhantes às variações ambientais. Então, este trabalho teve como propósito entender como atributos de história de vida relacionados a morfometria e investimento reprodutivo de espécies de peixe dos gêneros *Poecilia* e *Serrapinnus* são evidenciados ao longo do hidroperíodo no semiárido.

Assim, a hipótese a ser testada é a de que as espécies *S. heterodon* e *S. piaba* possuem respostas semelhantes e investem em reprodução durante a época de cheia, já que são animais de fertilização externa e necessitam de condições ótimas para a sobrevivência de sua ninhada, enquanto mobilizam esforços para a manutenção somática durante a seca, preparando-se para o próximo período reprodutivo. A espécie *P. vivipara* possui alto investimento reprodutivo em ambas as épocas, por possuir fertilização interna e a possibilidade de armazenar o sêmen do

macho, e investe pouco em crescimento, visto que o animal prioriza a reprodução durante toda a vida, apresentando então respostas diferentes ao encontrado no gênero *Serrapinnus*. Com isso, tem-se seguintes previsões:

1. A espécie *P. vivipara* apresentará valores de índice gonadossomático (IGS) invariáveis durante as estações seca e cheia, enquanto que as espécies do gênero *Serrapinnus* apresentarão um maior valor de IGS durante o período cheio.
2. Os exemplares de *S. heterodon* e *S. piaba* se encontrarão em estágio final de maturação ou maduros apenas na época cheia, enquanto que as fêmeas de *P. vivipara* poderão ser encontradas maduras ou em gestação em ambas as épocas.
3. A espécie *P. vivipara* apresentará um crescimento alométrico positivo em ambas as épocas, com o peso aumentando mais que o comprimento, enquanto que as espécies do gênero *Serrapinnus* o crescimento será isométrico, em que o peso aumenta de maneira proporcional ao crescimento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Teoria de história de vida

A teoria de história de vida baseia-se no estudo de como a evolução age sob os organismos para que atinjam o sucesso reprodutivo, sendo essa ação considerada uma solução para problemas ecológicos encontrados no ambiente, e estando sempre sujeita a restrições intrínsecas dos indivíduos (Stearns; Hockstra, 2003). Os traços de história de vida são determinantes fundamentais da performance populacional, por isso os estudos nesse tema são essenciais tanto para a ecologia teórica quanto para o manejo de recursos (Winemiller; Rose, 1992).

A base da teoria, segundo Stearns (1989), é a capacidade do indivíduo de otimizar sua resposta ao ambiente baseado em variações restritas. Mais especificamente, as histórias de vida são moldadas por fatores intrínsecos, bem como extrínsecos ao organismo. Os fatores extrínsecos são os impactos ecológicos na sobrevivência e reprodução, enquanto os intrínsecos referem-se a demanda conflitante entre determinados traços de história de vida, e as restrições genéticas dos organismos às mudanças no fenótipo (Roff, 1992; Stearns; Hockstra, 2003).

A demanda conflitante representa uma mudança benéfica em um traço associada a uma mudança prejudicial em outro. Essas trocas são realizadas em resposta às pressões seletivas e em benefício do *fitness* (Stearns; Hockstra, 2003), ou seja, a capacidade de deixar relativamente mais descendentes (Begon; Townsend; Harper, 2007). Geralmente essas trocas estão relacionadas aos traços de reprodução e crescimento, já que a possibilidade de combinação entre eles é limitada por possuírem altos custos energéticos, fazendo com que o organismo busque beneficiar o mais vantajoso naquele momento em detrimento do outro (Partridge; Harvey, 1988).

De acordo com Vazzoler (1996) reprodução e crescimento competem entre si pelos mesmos limitados recursos e, dependendo da estratégia usada por determinado organismo, um ou outro será mais beneficiado. Essas estratégias são conhecidas didaticamente como *r* e *K*, beneficiando a reprodução e o crescimento, respectivamente. Sendo assim, indivíduos considerados de estratégias distintas respondem diferentemente às pressões ambientais.

Indivíduos são capazes de variar, quanto aos seus traços de história de vida, tanto entre populações quanto dentro de uma (Ricklefs; Wikelski, 2002), sendo assim, predições de história de vida podem ser testadas através da avaliação de padrões de covariação entre populações heteroespecíficas ou espécies semelhantes que habitam ambientes com diferentes condições por longos períodos (Winemiller, 1989). Além disso, quanto às espécies diferentes, cada uma irá responder diferentemente a um problema semelhante, uma vez que modificações nos traços de história de vida são direcionadas por fatores genéticos (Partridge; Harvey, 1988). Segundo Sibly (1996), é por causa da plasticidade fenotípica que indivíduos em ambientes heterogêneos possuem a habilidade de modificar seus fenótipos de acordo com o habitat em que se encontram. Essa plasticidade contribui para o sucesso das espécies, já que as mantêm viáveis no ambiente em que se encontram.

Sabe-se então que as variações ambientais geram respostas dos organismos em suas histórias de vida. Tais respostas podem incluir modificações em traços que aumentam a plasticidade reprodutiva e diminuem as restrições relativas ao tempo de permanência em determinados estágios do desenvolvimento do indivíduo (Larned et al., 2010). Os estudos relacionados a essa teoria normalmente visam responder certas questões referentes ao tamanho dos indivíduos, sua maturação, seu período de vida, a geração de suas proles, entre outras (Stearns; Hockstra, 2003). Com o intuito de responder a questionamentos como esses, as análises geralmente são realizadas em parâmetros de história de vida relacionados ao crescimento, à sobrevivência e à reprodução dos organismos.

Segundo Roff (1992) existem dois conceitos centrais na análise de história de vida: o cronograma de nascimentos e mortes e os custos da reprodução. Para a análise desses dois conceitos o autor afirma que geralmente quatro componentes são usados: idade e tamanho na maturação, esforço reprodutivo, tamanho da ninhada e tamanho da prole. Em seu trabalho em 2011, Grabowska e colaboradores analisaram, no peixe invasor *Amur sleeper*, parâmetros de idade e tamanho na maturação, fecundidade, índice gonadossomático, duração da época de desova e modo de desova, além de estrutura etária e taxa de crescimento. Os parâmetros citados são os mais utilizados para o embasamento dessa teoria, como mostra também o trabalho de Riginella e colaboradores (2016), em que foram analisadas a morfologia da gônada (macroscopicamente e histologicamente) para verificar

maturidade, além da análise de fecundidade, idade, crescimento e mortalidade, tamanho e idade na primeira maturação e proporção sexual. Descrevendo aspectos da ecologia reprodutiva de peixes migratórios em reservatórios do semiárido brasileiro, Chellappa e colaboradores (2009), avaliaram a maturidade gonadal de cinco espécies, relacionando-a com variáveis hidrológicas e pluviosidade.

Em relação às secas sazonais, pelo fato destas serem previsíveis, diversas espécies desenvolveram suas características de história de vida para melhorarem suas chances de sobrevivência e recuperação (Yount; Niemi, 1990). Sendo assim, existe certa necessidade em analisar traços biológicos das espécies para prever como comunidades residentes de rios intermitentes irão responder à seca (Robson; Chester; Austin, 2011). O estudo dos atributos de história de vida dos organismos permite prever como as populações irão responder a mudanças no ambiente. Além disso, a possibilidade de entender a diversidade de história de vida significa encarar questões fundamentais sobre o funcionamento dos organismos (Partridge; Harvey, 1988).

## **2.2 Rios intermitentes**

No semiárido brasileiro, grande parte dos rios são intermitentes, sendo estes rios conhecidos por suas variações no fluxo de água durante o ano (Cardoso et al, 2012; Medeiros; Ometto; Silva, 2010). São considerados rios intermitentes todos aqueles rios que sequecem ou tenham seu fluxo interrompido em algum momento ou espaço (Datry et. al, 2014). Afirmam ainda esses autores que apesar de constituírem mais da metade dos rios do mundo, os estudos de ecologia iniciaram, e ainda se concentram, em rios perenes.

Os eventos extremos de inundação e seca que ocorrem nos rios intermitentes são agentes importantes do distúrbio natural (Fisher; Grimm, 1991). Uma vez que a variação sazonal é algo comum na maioria dos rios, inclusive nos perenes, a comunidade animal presente em rios intermitentes enfrenta limitações adicionais em decorrência da perda de água (Williams, 1996). Além disso, nas regiões tropicais, o regime de chuvas e a variação hidrológica têm um papel importante na adaptação dos organismos visto que eles não sofrem com grandes variações na temperatura durante o ano, como ocorre em outras localidades do planeta (Kortmulder, 1987).

Assim, evidenciar respostas dos indivíduos à essas limitações subsidiará a compreensão da dinâmica das espécies em decorrência das alterações ambientais.

As respostas dos organismos aquáticos em rios temporários seguem duas trajetórias: às secas e às inundações (Larned et al., 2010). Pesquisas realizadas nesses rios normalmente tratam da resistência e resiliência dos organismos ao período de secagem do rio (Leigh et al., 2016); gerando conhecimento relacionados às adaptações fisiológica e comportamental e de história de vida em ambientes adversos (Larned et al., 2010). Esses estudos vêm corroborar o que foi sugerido por Lake (2003) ao indicar que impactos diretos e indiretos da seca podem levar a alterações nas histórias de vida dos organismos.

As assembleias de Osteichthyes, táxon de vertebrados que designa os peixes ósseos, em rios intermitentes são influenciadas diretamente pelo fluxo de água e regimes hidrológicos (Poff; Allan, 1995). Além disso, períodos alternados de secas e cheias podem gerar uma grande variação na disponibilidade de alimento e espaço físico, restringindo a reprodução de peixes a determinadas estações ou períodos do ciclo hidrológico, sugerindo portanto, que o hidroperíodo tem grande importância no processo reprodutivo desses organismos (Kortmulder, 1987). A chuva, que leva a cheia do rio, tem se mostrado o mais importante fator ambiental relacionado ao ciclo reprodutivo dos peixes (Chellappa e Costa, 2003; Chellappa et. al, 2009).

Quando as correntes secam e restam apenas poças, os peixes normalmente conseguem sobreviver mesmo com as intempéries do ambiente presentes nestes locais (Labbe e Fausch, 2000). As poças, apesar das condições adversas que possuem, como baixa disponibilidade de alimento, redução do oxigênio dissolvido e limitação do espaço para locomoção, conseguem então abrigar diversas espécies de peixes (Matthews, 1998). Sendo então provável que esses ambientes sejam importantes locais para a reprodução, e conseqüentemente desempenhem um importante papel na recolonização (Medeiros; Maltchik, 2000; Davey; Kelly, 2007).

As características peculiares dos rios intermitentes fazem deles locais adequados para o teste de hipóteses e teorias ecológicas (Medeiros; Ometto; Silva, 2010). Entretanto, como afirmam Lake (2003) e Robson, Chester e Austin (2011), de modo geral, dados referentes à ecologia da seca em sistemas de água doce têm sido reunidos casualmente. Apesar disso, nos últimos anos o interesse dos

pesquisadores por rios intermitentes vem crescendo. Isso representa um avanço positivo na área, visto que além de sua importância ecológica esses rios podem representar uma parcela ainda maior no futuro, tendo em vista que diversos rios perenes estão se tornando, e outros podem ainda se tornar, intermitentes, principalmente devido às mudanças climáticas e a ações humanas (Datry et al., 2016).

### 2.3 Espécies estudadas

*Serrapinnus* é um gênero pertencente à família Characidae e a subfamília Cheirodontinae, e que abrange cerca de dez espécies de peixes neotropicais, encontrado na América do Sul (Malabarba, 2003). No Nordeste brasileiro são comumente encontradas duas espécies pertencentes a esse gênero, *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba* (Malabarba; Jerep, 2014), tendo uma terceira sido identificada por Dias e Fialho (2009) no Rio Ceará-mirim, no estado do Rio Grande do Norte, chamada de *Serrapinnus potiguar*.

A espécie *S. heterodon* é uma espécie normalmente encontrada em estudos de composição da ictiofauna de rios brasileiros, entretanto com sua biologia pouco conhecida. Existem raros estudos com essa espécie no Brasil, sendo eles normalmente no sudeste brasileiro. Dentre os trabalhos encontrados destaca-se o de Gonçalves, Souza e Braga (2011), que estudaram aspectos populacionais, de dieta e reprodução dessa espécie, em um reservatório da hidrelétrica Mogi Guaçu em São Paulo. Nesse estudo, os resultados sugeriram que *S. heterodon* possui uma preferência por ambientes lânticos, já que na barragem estudada verificou-se boas condições para a manutenção da espécie.

*S. piaba* é um pequeno peixe, tendo sido registrado com o máximo de 3,5 cm (Malabarba, 2003), de fertilização externa sendo encontrado desde a bacia do rio São Francisco e os rios da costa do Nordeste até o estado do Espírito Santo (Silvano, et al., 2003). A espécie esteve inserida no gênero *Cheirodon* até os estudos de Malabarba (1998), que a transferiu para o gênero atual. Dentre os poucos estudos no Nordeste brasileiro referentes a essa espécie, encontra-se o trabalho desenvolvido por Silvano e colaboradores (2003), que descreveram seu

período reprodutivo no rio Ceará Mirim, localizado no estado do Rio Grande do Norte, correlacionando-o com dados abióticos e estimando sua fecundidade.

As espécies pertencentes à família Poeciliidae são encontrados em um amplo espectro de habitats, ocupando zonas temperadas e tropicais, possuem um pequeno tamanho, tendo a espécie *Poecilia vivipara* sido registrada com um tamanho máximo de 7,8 cm (da Costa et. al, 2013), e são distribuídos em regiões tropicais e subtropicais, áreas desérticas, rios, nascentes, pântanos e manguezais (Meffe; Snelson, 1989). Essa diversidade de ambientes que ocupam mostra que são extremamente adaptativos. Ainda de acordo com Meffe e Snelson, esses indivíduos são onívoros, capazes de consumir uma ampla gama de recursos. São animais de fertilização interna, em que os machos possuem a nadadeira anal modificada, formando o gonopódio, possibilitando a inseminação. Além disso, a fêmea é capaz de estocar o sêmen depositado, podendo usá-lo mais de uma vez (Houde, 1997).

A espécie *P. vivipara* é encontrada desde o Ceará até o Rio de Janeiro, bem como no México e na Guatemala. Dentre os trabalhos desenvolvidos com essa espécie no nordeste do país está o de Nascimento e Gurgel (2000), em que investigam aspectos relacionados à estrutura populacional e possíveis influências de fatores abióticos nesse aspecto, no rio Ceará Mirim, no estado do Rio Grande do Norte. No Ceará, Arcanjo e colaboradores (2014) investigaram macro e microscopicamente o desenvolvimento embrionário de espécimes de *P. vivipara* pertencentes ao rio Acaraú, e o padrão de nutrição do embrião durante a gestação, visto ser essa, uma espécie placentária.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

- Descrever os atributos de história de vida: reprodução e crescimento somático das espécies *Serrapinnus heterodon*, *Serrapinnus piaba* e *Poecilia vivipara* durante o hidroperíodo em um rio intermitente.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Analisar o investimento reprodutivo das espécies *S. heterodon*, *S. piaba* e *P. vivipara* em cada etapa do ciclo hidrológico.
- Analisar o investimento em crescimento somático das espécies *S. heterodon*, *S. piaba* e *P. vivipara* ao longo do ciclo hidrológico.
- Comparar resultados obtidos relativos aos parâmetros relacionados a reprodução e crescimento entre os períodos cheio e seco do rio.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área e período de estudo

Inicialmente o projeto de pesquisa foi submetido à plataforma online do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) para liberação de licença de coleta (nº 56948-1). O trabalho foi desenvolvido no rio Cruxati, no município de Itapipoca, localizado a 136 quilômetros de Fortaleza, no Estado do Ceará. O rio pertence à bacia hidrográfica do rio Mundaú, localizada na porção Centro Norte do Estado. Os indivíduos das espécies *Serrapinnus heterodon*, *Serrapinnus piaba* e *Poecilia vivipara* foram amostrados durante os períodos seco e cheio do rio, sendo utilizada rede de arrasto com malha de 5 mm e tamanho de 4 x 2 metros para a coleta dos exemplares. O período seco foi considerado quando houve baixa pluviosidade havendo formação de poças onde anteriormente corria o rio. Já o período cheio foi considerado quando a taxa pluviosidade era mais elevada com o rio corrente.

Durante o período seco (Figura 1), foram realizadas duas campanhas, uma no mês de fevereiro e outra no mês de setembro de 2017, para coleta de indivíduos nas poças que se formam ao longo do curso do rio. Durante essas coletas foram amostradas cinco poças presentes ao longo de um perímetro de pelo menos 100 metros, em que o arrasto foi realizado pelo menos três vezes em cada uma delas. No período cheio (Figura 2), em que também foram realizadas duas campanhas, nos meses de março e abril de 2017, os indivíduos foram coletados ao longo do rio corrente, em que foram escolhidos cinco pontos ao longo do mesmo perímetro de 100 metros, com o arrasto também em três vezes em cada ponto. Os exemplares coletados foram fixados em formol 10% e então, após 24 horas, transferidos para solução de etanol 70%. Para que houvesse réplica anual, além dos indivíduos coletados durante essas campanhas foram ainda utilizados espécimes já capturados no ano de 2015, já preservados, também obedecendo duas campanhas para cada período, tendo as coletas de seca sido realizadas em janeiro e novembro de 2015 e as de cheia em março e julho de 2015. Para a caracterização do ambiente de estudo quanto a pluviosidade foram utilizados os dados mensais desse parâmetro disponibilizados no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme).

Figura 1: Rio Cruxati, um rio intermitente do Estado do Ceará, no período de seca.



Fonte: Keilo Teixeira

Figura 2: Rio Cruxati, um rio intermitente do Estado do Ceará, no período de cheia.

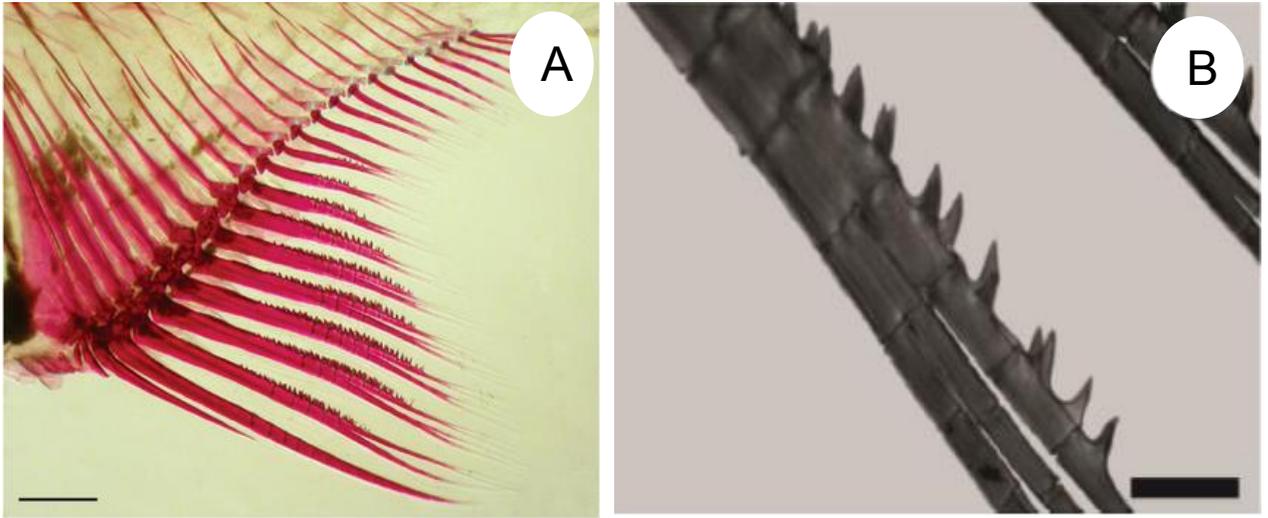


Fonte: Bianca Terra

#### 4.2 Análises morfométricas para estudo do investimento somático

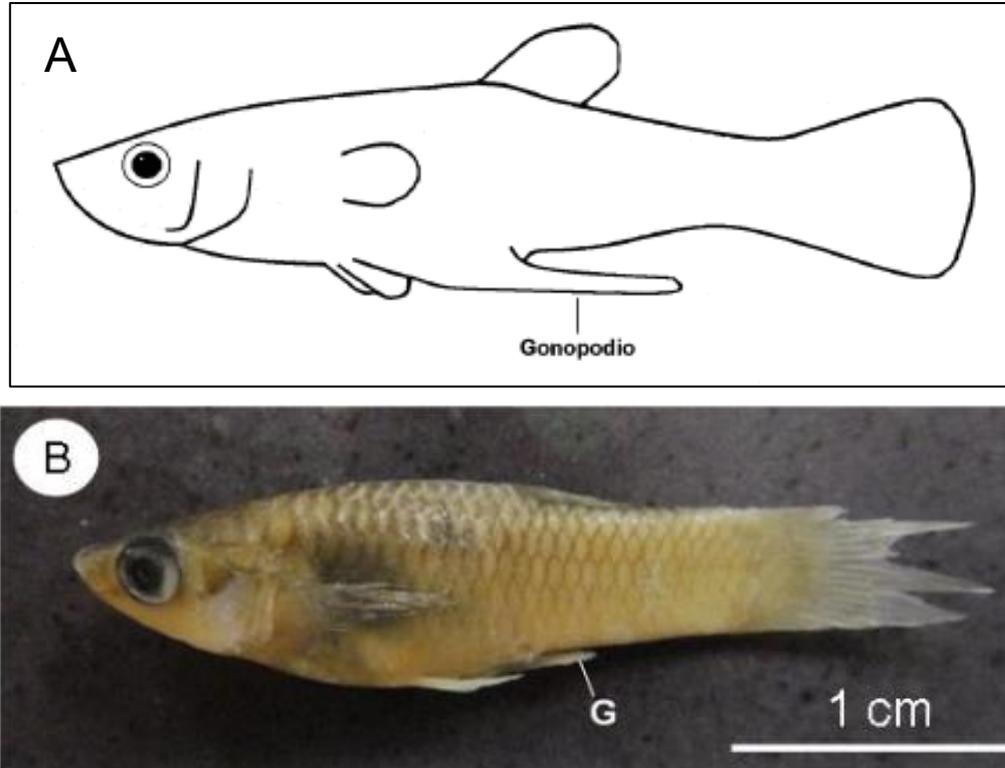
Em cada uma das coletas realizadas, as três espécies foram identificadas e separadas, e todos os animais capturados foram analisados quanto a comprimento total (em milímetros, com duas casas decimais de precisão) com o auxílio de um paquímetro, e peso total (em gramas, com três casas decimais de precisão) utilizando balança de precisão. Foi também realizada, quando possível, observação de caracteres externos indicadores do sexo, em que nas espécies de *Serrapinnus* a observação de ganchos na nadadeira anal é uma característica masculina (Figura 3), e no caso da *P. vivipara* a presença de gonopódio é o indicativo masculino (Figura 4). Os dados obtidos nessa etapa foram utilizados para as análises de estrutura das populações, relação peso-comprimento e fator de condição.

Figura 3: Ganchos na nadadeira anal de macho de *Serrapinnus potiguar* com escala de 1 mm (A) e *Serrapinnus heterodon* com escala de 20  $\mu$ m (B).



Fonte: (A) Jerep e Malabarba, 2014 modificado; (B) Vieira, Bartolette e Brito, 2016 modificado)

Figura 4: Figura 4: Desenho esquemático e imagem real mostrando a presença de gonopódio em macho de *Poecilia vivipara*.



Fonte: (A) Velázquez-Velázquez et. al, 2010 modificado; (B) Arcanjo, 2011 modificado)

Para a análise dos parâmetros relativos aos aspectos reprodutivos em cada campanha foi obtida uma subamostra de pelo menos 15 fêmeas da população coletada de cada espécie. Para a obtenção dessa subamostra, os animais foram divididos em classes de comprimento, certificando-se de que todos os tamanhos seriam analisados.

### **4.3 Análises macroscópicas para estudo reprodutivo**

As 15 fêmeas selecionadas de cada espécie em cada campanha de coleta foram dissecadas para a retirada de suas gônadas. Foi então realizada a confirmação de seu sexo e a classificação macroscópica de seu estágio de maturação sexual com o auxílio de estereomicroscópio. Para a verificação do sexo dos indivíduos, seguindo o sugerido por Vazzoler (1996), foi observado se havia presença de ovócitos ou sêmen, bem como a forma, o tamanho e a coloração, sendo o testículo mais filiforme, fino e esbranquiçado, enquanto o ovário apresenta normalmente uma cor amarelada e ovócitos aparente.

Para a análise de maturação sexual das fêmeas das espécies *S. heterodon* e *S. piaba*, que possuem fertilização externa, os ovários foram classificados em imaturos (A), em maturação (B), maduros (C) ou esvaziados "em recuperação" (D), seguindo o sugerido também por Vazzoler (1996). Consideram-se imaturos (A) ovários pequenos, filamentosos, translúcidos, sem sinais de vascularização e quando não é possível observar ovócitos a olho nú. Além disso, as gônadas não atingem o poro urogenital, estando ligadas por oviductos de pequeno diâmetro. Os ovários em maturação (B) ocupam de um a dois terços da cavidade celomática, são intensamente vascularizados e aproximam-se mais do poro urogenital que o observado no estágio A. Em adição, o oviducto nesse estágio apresenta-se como uma lâmina delgada em forma de tubo, e a olho nú, já pode-se perceber a presença de ovócitos opacos pequenos e médios. Já os maduros (C) incluem a observação de ovários túrgidos ocupando praticamente toda a cavidade celomática, a presença de grande número de ovócitos ocupando os oviductos e uma reduzida ou imperceptível vascularização. No estágio considerado esvaziado (D) observa-se ovários flácidos com membranas distendidas, de tamanho grande mas não volumosa. Observam-se ainda poucos ovócitos que formam grumos esbranquiçados, além da presença de zonas hemorrágicas.

No caso da espécie *P. vivipara*, a única com fertilização interna, foi avaliado o estágio de desenvolvimento dos ovários e, caso as fêmeas estivessem fertilizadas, foi avaliado o desenvolvimento embrionário. Esses aspectos foram identificados e classificados macroscopicamente seguindo o sugerido por Haynes (1995). São sugeridos 11 estágios de maturação, sendo a fêmea pertencente ao estágio 1 considerada imatura, ao 2 em processo de maturação e ao 3 madura. A partir do estágio 4 são analisados aspectos embrionários pós-fertilização de acordo com o desenvolvimento do embrião.

As gônadas de todas as espécies tiveram seu peso, em gramas, registrado, com o intuito principal de calcular o índice gonadossomático, que indica quanto a gônada representa em relação ao peso total do animal e é dada como a divisão do peso da gônada pelo peso corporal total (Vazzoler, 1996). Os dados relacionados a maturação gonadal foram também utilizados para a análise do comprimento de primeira maturação ( $L_{50}$ ), comprimento em que pelo menos metade das fêmeas estão aptas a reprodução, mostrando o início da reprodução da espécie.

#### **4.4 Análises histológicas**

As amostras de gônadas retiradas foram fixadas em formol por no mínimo 24 horas e posteriormente conservadas em álcool 70% para análises histológicas. Estas foram realizadas a fim de confirmar o estágio de maturação sexual previamente verificado pela análise macroscópica gonadal. O protocolo de preparação de tecidos seguiu o sugerido por Junqueira e Carneiro (2008) para análise em microscópio de luz. De acordo com esses autores o fragmento do órgão é primeiramente fixado em formaldeído 10% por pelo menos 24 horas para então ser transferido para o álcool 70%, começando assim a bateria de desidratação, em que o tecido é levado a uma sequência de concentrações crescentes de álcool etílico, desde álcool 70% até álcool absoluto, onde toda a água do fragmento é retirada. Em cada etapa de diluição do álcool, o fragmento permanece por uma hora. O material então passa por uma mistura de álcool-xilol (1:1) por no mínimo uma hora, indo posteriormente para duas soluções de xilol absoluto onde permanece por duas horas em cada etapa, processo conhecido como diafanização, em que o fragmento do órgão fica translúcido, cujos interstícios teciduais foram preenchidos com xilol, facilitando portanto a infiltração em parafina. A seguir, o tecido é

transferido para duas imersões em parafina líquida (em estufa, a temperatura média de 50°C, por duas horas cada imersão). Esta etapa é denominada de impregnação, em que os espaços deixados pela água na etapa de desidratação foram preenchidos pela parafina, facilitados pela presença do xilol, já que o álcool é imiscível com a parafina. Após isso, o material passa pela etapa de inclusão em que o fragmento é mergulhado em um recipiente contendo também parafina líquida e deixado a temperatura ambiente por 24 horas até que se solidifique totalmente e possa estar pronto para ser seccionado em fatias bem finas.

Os blocos de parafina contendo o tecido inserido são levados para o micrótomo para a realização de cortes com 5 µm de espessura. Cada secção do corte é colocada em banho maria, contendo água em temperatura de 45°C para que distendam e possam ser colocados em lâminas de vidro. Com a secção na lâmina, segue-se para a etapa de coloração e possibilitar assim, a análise ao microscópio de luz. Foi utilizado o método de coloração Tricrômico Gomori, que permite melhor distinção dos diferentes tecidos, em que as fibras colágenas e tecido conjuntivo propriamente dito coram-se em verde e o epitélio e fibras musculares em vermelho. Concluída a coloração, cada lâmina passa pelo processo de montagem permanente, com o uso de gota de resina ou verniz sobre o corte para aderência da lamínula. Assim o material pode ser então levado para análise em microscópio de luz.

Os ovários foram classificados microscopicamente quanto ao seu estágio de desenvolvimento de acordo com Vazzoler (1996). Os **ovários imaturos** são caracterizados pela organização das lamelas ovígeras em disposição paralela que partem da região da capsula próximo aos grandes vasos, sendo essas lamelas recobertas por células basófilas. Além disso observa-se a presença de ovócitos do estoque de reserva (fase II). Nos **ovários em maturação** inicialmente tem-se os ovócitos em fase II e em vitelogênese lipídica (fase III) que então evoluem posteriormente para a vitelogênese lipídica e proteica (fase IV), sendo na **maturação final** possível observar também os ovócitos com vitelogênese completa (fase V). Entretanto, alguns ovócitos ainda mantêm-se nas fases anteriores, por isso no estágio em maturação são observados ovócitos nessas diversas fases simultaneamente. Os **ovários maduros** apresentam alta frequência de ovócitos na fase V e possui as lamelas ovígeras distendidas para fornecer mais espaço a esses

ovócitos maduros e volumosos. Estão presentes colados à lamela ovócitos em fase II bem separados entre si, e os em fase III e IV são escassos. O **estágio esvaziado** é caracterizado por possuir um aspecto desorganizado, tendo ainda as lamelas ovígeras bem distendidas mas agora mostrando grandes espaços vazios. Podem ser visualizados vasos sanguíneos dilatados, sendo comum o derrame de sangue. Além disso, observa-se ninho de células germinativas (fase I) e alguns ovócitos em fase II, indicando o reinício do ciclo. Os dados de estágio de maturação obtidos serão essenciais para a análise dos diversos parâmetros de história de vida relacionados à reprodução.

#### 4.5 Análise de dados

Os dados de peso total, em gramas, e comprimento total, em centímetros, foram utilizados para a análise da relação de peso-comprimento das estações seca e cheia, sendo esse um importante parâmetro para a verificação do crescimento do animal. Para esse parâmetro foi seguida a fórmula  $y=ax^b$ , sendo o peso a variável dependente (y) e o comprimento a variável independente (x). Com isso, o tipo de crescimento foi caracterizado de acordo com o valor que b assumir como sugerido por Huxley (1924). Se o valor for igual a três significa que o animal possui um crescimento isométrico, ou seja, o peso aumenta proporcionalmente com o crescimento. Se b assumir um valor maior que três o crescimento será alométrico positivo, em que o indivíduo se torna mais pesado a medida que cresce, podendo indicar que o indivíduo acumula mais energia e cresce de maneira menos acelerada. Já se o valor assumido for menor que três o crescimento é considerado alométrico negativo que, ao contrário do anterior, mostra um aumento mais significativo no comprimento do indivíduo, podendo ser um indicativo de pouco investimento em acúmulo de energia, mostrando que o indivíduo possivelmente prioriza mais o seu crescimento. Para verificar se o valor de b encontrado é estatisticamente diferente de três foi realizado um teste t utilizando uma regressão linear, com a logaritimização dos valores, no programa *R Studio* com o pacote *FSA*.

O fator de condição, indicador do grau de hígidez e bem estar animal, representa um valor que mostra condições nutricionais e de gasto de reserva de energia, que pode ser relacionado ao comportamento dos indivíduos ou ao ambiente (Vazzoler, 1996). Esse fator foi calculado ( $K=P/C^b$ ) para ambas as épocas e a

comparação entre elas, seca e cheia, foi realizada utilizando o teste não-paramétrico de Mann-Whitney para *S. heterodon* e *P. vivipara*, quando os dados não foram normais, e o teste t para a espécie *S. piaba*, que obteve dados normais para esse parâmetro.

Utilizando os dados de comprimento total foi ainda verificado, para cada espécie, se há diferença significativa quanto a esse parâmetro entre as estações seca e cheia. Para isso os dados foram testados quanto a normalidade, e então comparados entre as duas estações utilizando o teste t, no caso da espécie *P. vivipara* (em que os dados obedeceram a normalidade), e o teste não-paramétrico de Mann-Whitney para as outras duas espécies, utilizando o programa *Past*. Os indivíduos foram também separados em classes de comprimento e verificado qual a classe mais frequente em cada estação.

O comprimento médio de primeira maturação, ou seja, tamanho em que 50% dos indivíduos estão iniciando sua reprodução ( $L_{50}$ ), foi analisado utilizando os dados de comprimento total, sexo e estágio de maturação, como sugerido por Vazzoler (1996). Primeiramente os indivíduos foram classificados em jovens, agrupando indivíduos imaturos e em maturação, e adultos, classe representada pelos demais estágios de maturação. Foram então estabelecidas classes de comprimento, certificando-se de abranger desde o menor ao maior indivíduo de cada população. Após isso, foi estabelecida a frequência relativa de indivíduos jovens e adultos para cada classe de tamanho, e, com isso, foi realizado um gráfico com os dados de indivíduos adultos, bem como utilizados erros, porcentagens esperadas e a função solver do programa Excel.

Esses parâmetros são importantes para identificar o tamanho em que cada espécie inicia seu ciclo reprodutivo. Isso é essencial para que seja feita uma relação entre o investimento em crescimento e em reprodução, uma vez que espécies que maturam com um menor comprimento possivelmente estão priorizando o aspecto reprodutivo em detrimento do somático.

Foi ainda determinado se as espécies estudadas reproduzem-se durante o período seco ou cheio do rio utilizando o índice gonadossomático (IGS), que é calculado para cada indivíduo nas duas estações obedecendo a fórmula  $IGS = Pg/Pt$

x 100, sendo Pg o peso gonadal e Pt o peso total, ambos em gramas. Os valores obtidos para cada estação foram testados quanto a normalidade pelo teste Shapiro-Wilk e então, comparados entre as estações utilizando o teste não-paramétrico de Mann-Whitney. Com isso, o período com maiores valores de IGS correspondeu ao período reprodutivo de cada espécie, sendo possível verificar se há uma tendência a reproduzir-se em algum dos períodos analisados. Foi ainda verificada a frequência de cada estágio de maturação em ambas as épocas, para as espécies estudadas.

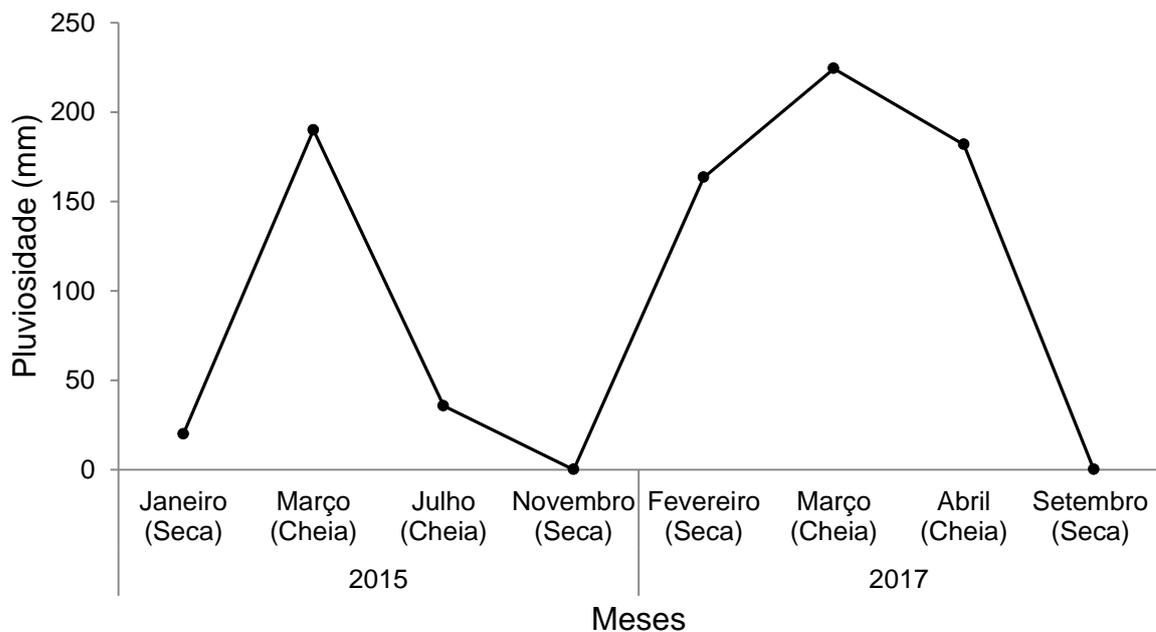
## 5 RESULTADOS

### 5.1 Coletas e caracterização ambiental

Ao todo foram realizadas oito campanhas de amostragem. Quatro campanhas foram realizadas durante o período seco, compreendendo os meses de janeiro e novembro de 2015 e fevereiro e setembro de 2017. Enquanto no período cheio os espécimes foram obtidos também em quatro diferentes coletas, nos meses de março e julho de 2015, e março e abril de 2017.

Em relação à pluviosidade do período seco, no mês de janeiro de 2015 houve uma média de 19,9 mm, enquanto no mês de novembro do mesmo ano a média foi de 0 mm. No mês de fevereiro de 2017, ainda representando o período seco, houve uma média de 163,4 mm, enquanto que em setembro do mesmo ano foi verificada uma média de 0 mm. Já em relação à pluviosidade do período chuvoso, no mês de março de 2015 houve uma média de 189,9 mm, enquanto em julho do mesmo ano a média foi de 35,6 mm. No período chuvoso de 2017, houve uma média de 224,3 mm para o mês de março e 181,8 mm no mês de abril (Gráfico 1).

Gráfico 1: Pluviosidade média nos meses de coleta dos anos de 2015 e 2017, de acordo com dados obtidos no site da Fundação cearense de meteorologia e recursos hídricos (FUNCEME).



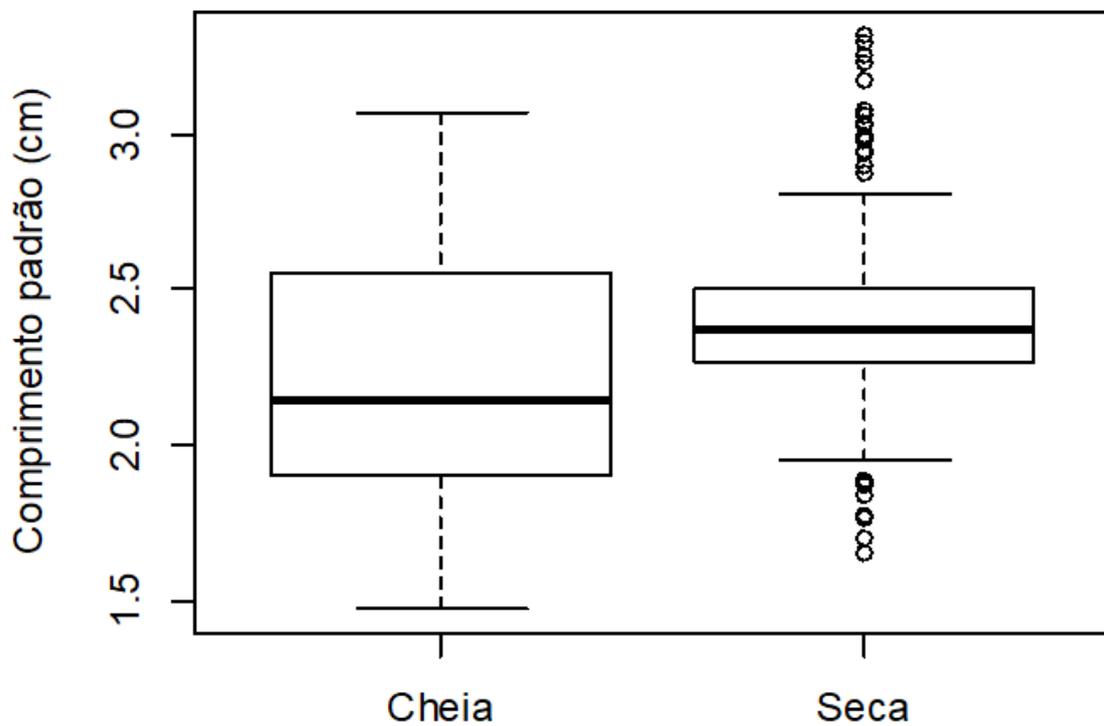
## 5.2 Análises de crescimento

Ao todo foram amostrados 748 indivíduos de *Serrapinnus heterodon* (Figura 5), dos quais 524 foram utilizados para as análises referentes a crescimento. No período seco o comprimento padrão variou de 1,6 a 3,3 cm, com mediana de 2,37, sendo maior ( $p=1.18E-08$ ) que o encontrado para o período cheio, em que o comprimento variou de 1,5 a 3,07 cm, com mediana de 2,15, mostrando que os animais capturados do período seco apresentam-se maiores em relação aos encontradas no período cheio (Gráfico 2).

Figura 5: Espécie *Serrapinnus heterodon* capturada no Rio Cruxati, um rio intermitente do Estado do Ceará

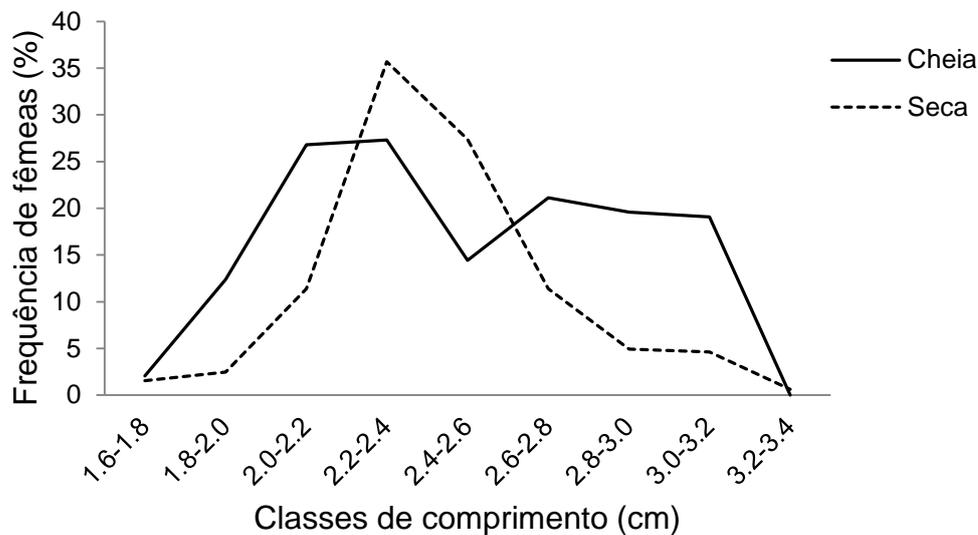


Gráfico 2: Comprimento padrão dos indivíduos capturados da espécie *S. heterodon* nas estações cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes.



As classes de comprimento, para *S. heterodon*, mais frequentemente encontradas na estação chuvosa é a que abrange indivíduos entre 2 - 2,2 e 2,2 - 2,4 cm, nas quais apresentam-se 54% das fêmeas. No período seco, percebe-se que a maioria das fêmeas (63%) estão inseridas nas classes que abrangem indivíduos entre 2,2 e 2,6 cm (Gráfico 3).

Gráfico 3: Frequência de fêmeas de *S. heterodon* encontradas em cada classe de comprimento nas estações cheia e seca do rio Cruxati.



Em relação a espécie *S. piaba* (Figura 6) foram ao todo estudados 132 indivíduos, dos quais 125 foram analisados quanto ao crescimento. Nessa espécie foi encontrada uma diferença significativa ( $p=2.04E-10$ ) em relação ao comprimento padrão entre os períodos cheio e seco (Gráfico 4), sendo semelhante ao encontrado para *S. heterodon*. No período seco os comprimentos variaram de 1,6 a 3,3 cm, em que a mediana (2,5 cm) apresentou-se superior ao encontrado no período cheio, no qual houve uma variação de 1,7 a 2,9 cm, tendo como mediana 2,1 cm.

Figura 6: Espécie *Serrapinnus piaba* capturada no Rio Cruxati, um rio intermitente do Estado do Ceará

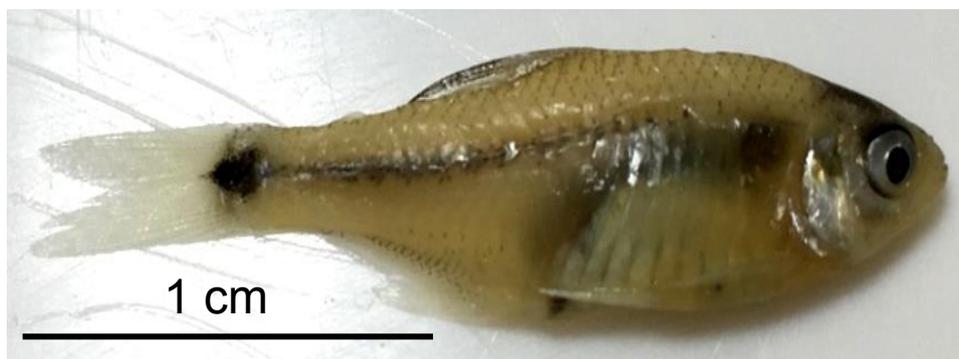
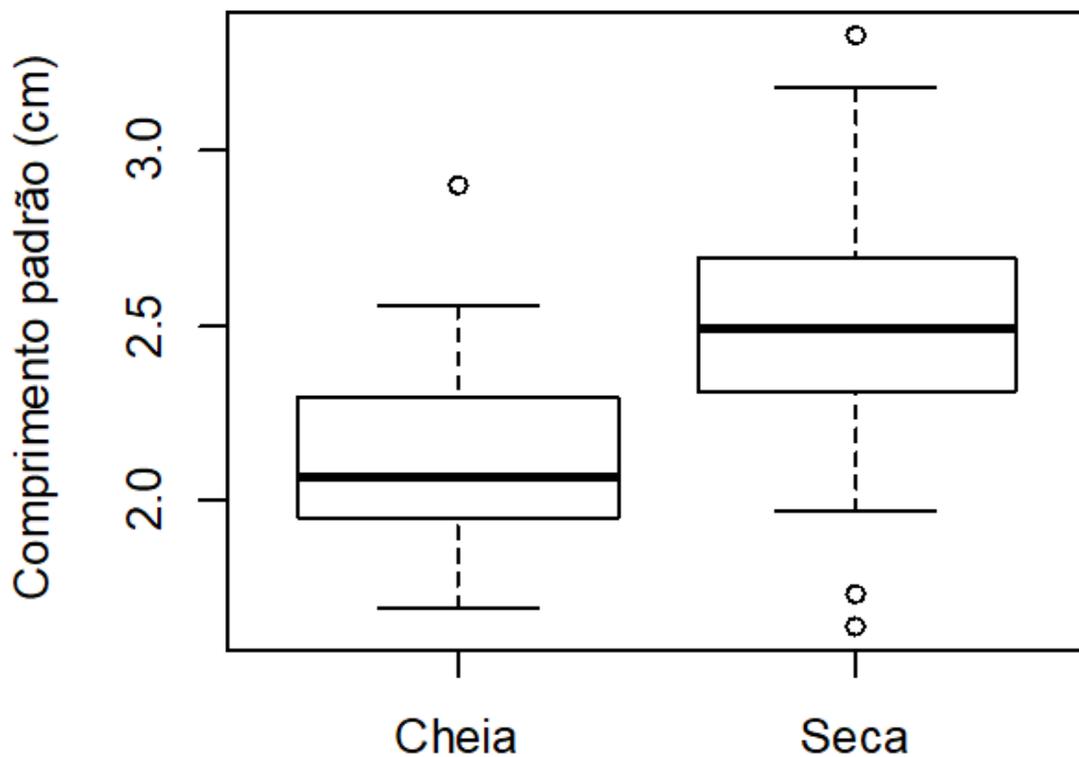


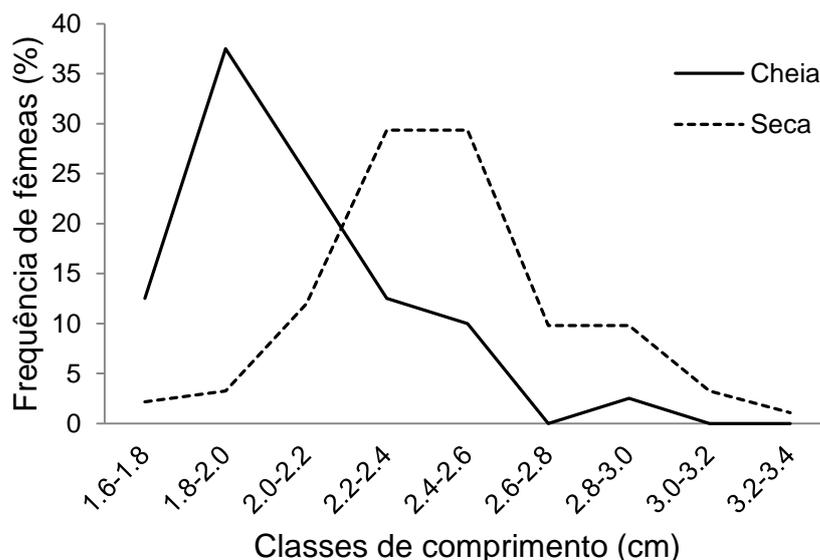
Gráfico 4: Comprimento padrão dos indivíduos capturados da espécie *S. piaba* nas estações cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes.



Para a espécie *S. piaba*, durante o período cheio do rio, a maior frequência de indivíduos (50%) foi observada nas classes que abrangem os menores comprimentos, entre 1,6 e 2 cm, havendo uma diminuição da frequência de indivíduos nas classes posteriores (Gráfico 5). Nesse aspecto há uma diferença em relação ao que foi observado para a espécie *S. heterodon*, uma vez que havia uma distribuição mais homogênea entre as classes de tamanho durante esse período. Em relação a estação seca, assim como observado anteriormente para a espécie de

mesmo gênero *S. heterodon*, houve uma maior frequência (58,7%) de indivíduos pertencentes a classes medianas (2,2 a 2,6 cm), com poucos indivíduos pertencentes as menores e maiores classes (Gráfico 5).

Gráfico 5: Frequência de fêmeas de *S. piaba* encontradas em cada classe de comprimento nas estações cheia e seca do rio Cruxati.

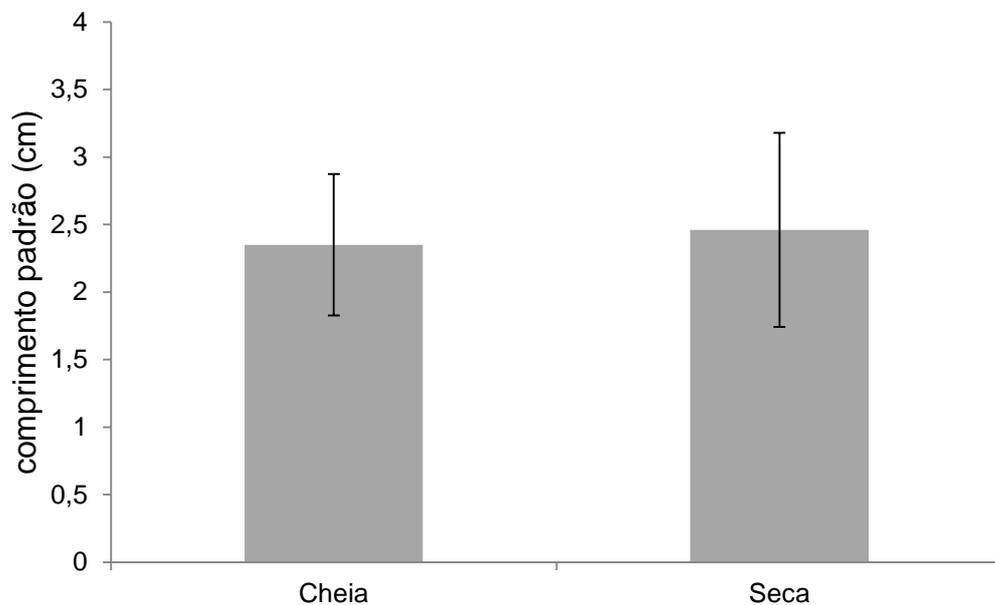


Em relação a espécie *P. vivipara* (Figura 7), foram ao todo estudados 909 indivíduos, entretanto muitas vezes não foi possível a identificação do sexo dos indivíduos através do gonopódio devido à relativa dificuldade em afirmar a ausência dessa estrutura. Além disso outros estudos verificaram que esse dimorfismo sexual só é verificado em machos acima de 1,5 cm (Mendonça e Andreatta, 2001). Sendo assim, para o estudo dessa espécie foram utilizadas apenas as fêmeas que foram dissecadas tendo seu sexo confirmado. Para os parâmetros relacionados ao crescimento foram então analisadas 151 fêmeas, em que, os valores de comprimento não diferiram entre as estações (Gráfico 6). Não houve uma diferença significativa ( $p=0,1332$ ) em relação ao comprimento padrão dessa espécie, sendo a média encontrada no período cheio do rio ( $2,35 \pm 0,524$  cm) estatisticamente igual ao seco ( $2,46 \pm 0,719$  cm). Além disso, durante a cheia houve uma variação no comprimento de 1,46 a 3,76 cm, enquanto no período seco foram capturados indivíduos entre 1,1 e 4,04 cm.

Figura 7: Espécie *Poecilia vivipara* capturada no Rio Cruxati, um rio intermitente do Estado do Ceará

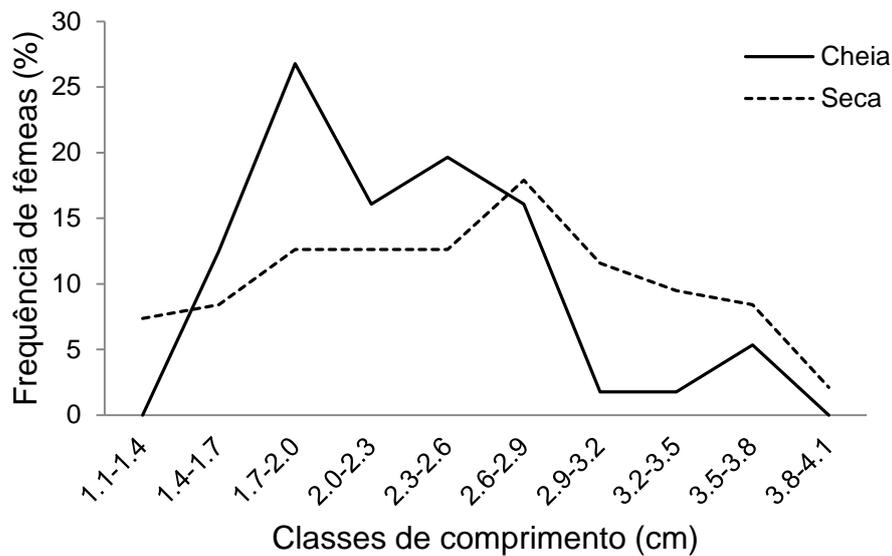


Gráfico 6: Média e desvio padrão de comprimento padrão dos indivíduos capturados da espécie *P. vivipara* nas estações cheia e seca do rio Cruxati.



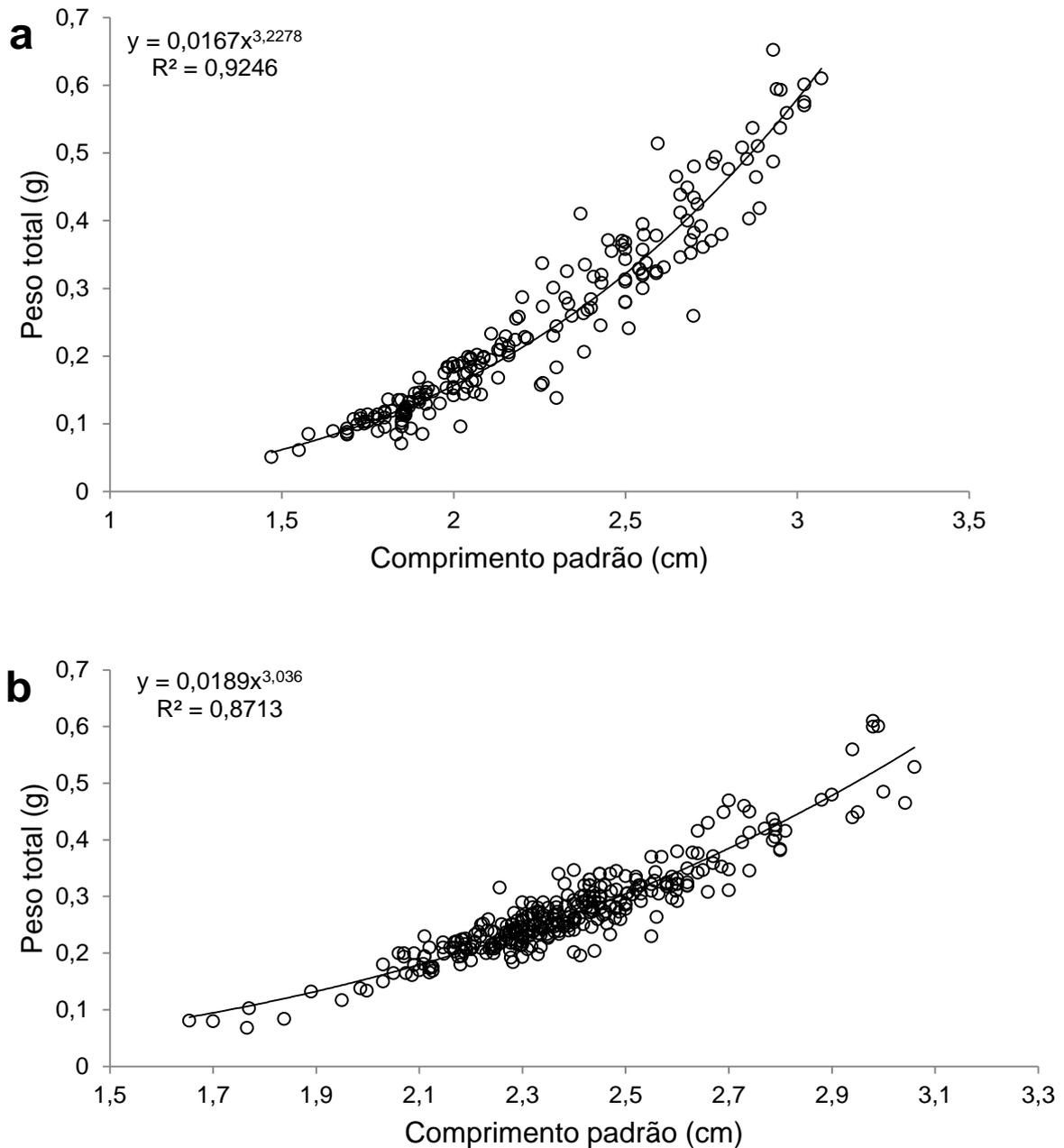
Observa-se que a frequência em cada classe de tamanho da espécie *Poecilia vivipara* variou entre as estações. No período cheio houve uma predominância da classe que abrange comprimentos entre 1,7 e 2 cm, representando 26,79% do total para essa estação (Gráfico 7). No período seco, houve uma distribuição homogênea entre as classes que abrangem comprimentos de 1,7 a 3,2 cm, com um pequeno pico (17,9%) na classe de 2,6 a 2,9 cm, mostrando uma maior frequência de indivíduos de maior porte.

Gráfico 7: Frequência de fêmeas de *P. vivipara* encontradas em cada classe de comprimento nas estações cheia e seca de um rio intermitente.



A relação peso-comprimento de *S. heterodon* no período cheio foi estabelecida através da equação  $Pt = 0.0167 \times Cp^{3.2278}$  ( $R^2 = 0.9246$ ; Gráfico 8a), mostrando um crescimento alométrico positivo (com valor de  $b=3,228$  sendo estatisticamente ( $p=0,00076$ ) maior que 3), em que o peso aumenta desproporcionalmente em relação ao comprimento. No período seco a relação, da mesma espécie, foi estabelecida pela equação  $Pt = 0.0189 \times Cp^{3.036}$  ( $R^2 = 0.8713$ ; Gráfico 8b), apresentando um crescimento isométrico ( $b= 3,04$ ) não havendo diferença significativa ( $p=0,58440$ ) em relação ao valor de  $b=3$ ), em que o peso aumenta de maneira proporcional ao crescimento.

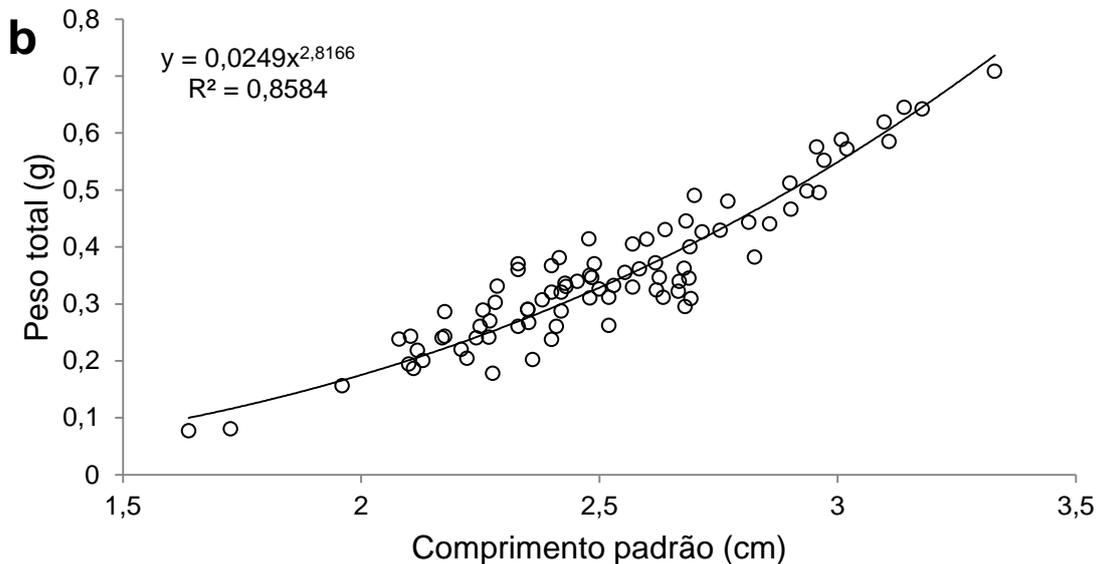
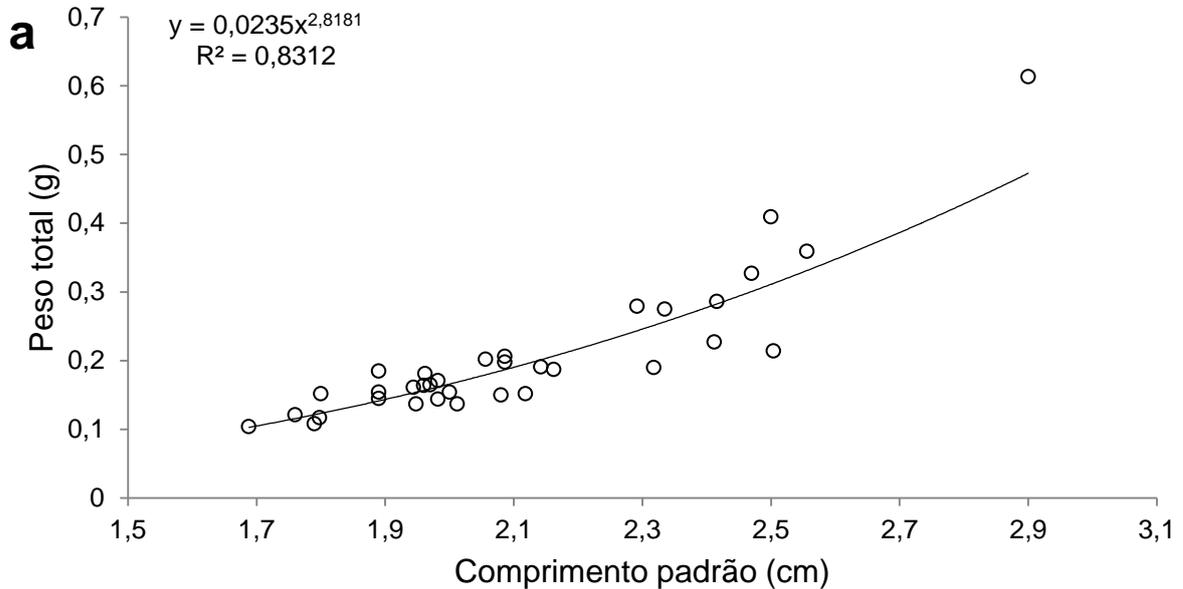
Gráfico 8: Relação peso-comprimento dos indivíduos coletados da espécie *S. heterodon* nos períodos de cheia (a) e seca (b) do rio Cruxati.



Para a espécie *S. piaba* a relação peso-comprimento no período cheio foi estabelecida através da equação  $Pt = 0.0235 \times Cp^{2.8181}$  ( $R^2 = 0,8312$ ; Gráfico 9a), mostrando um crescimento isométrico visto que o valor de  $b$  (2,81) não foi diferente significativamente ( $p=0,4238$ ) de 3. Nesse tipo de crescimento o peso aumenta proporcionalmente em relação ao comprimento. No período seco a relação da mesma espécie foi estabelecida pela equação  $Pt = 0.0249 \times Cp^{2.8166}$  ( $R^2 = 0.8584$ ;

Gráfico 9b), apresentando um crescimento também isométrico ( $b= 2,82$ , ou seja, não diferindo ( $p=0,1430$ ) do valor de  $b=3$ ).

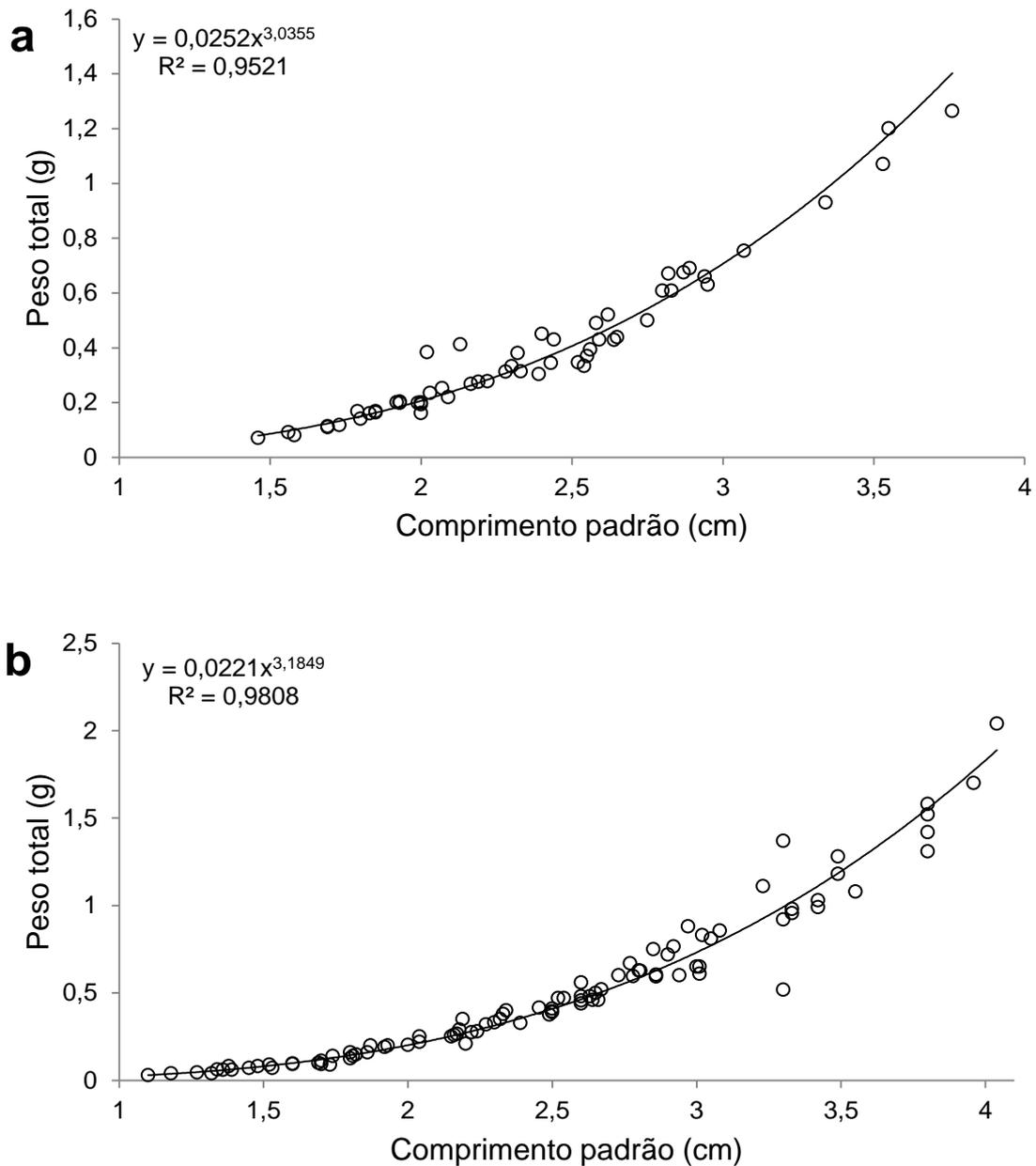
Gráfico 9: Relação peso-comprimento dos indivíduos coletados da espécie *S. piaba* nos períodos de cheia (a) e seca (b) do rio Cruxati.



Para a espécie *P. vivipara* observou-se no período cheio um crescimento isométrico ( $b= 3,04$ ), não havendo diferença significativa ( $p=0,7033$ ) para  $b=3$ ). A relação peso-comprimento obedeceu a equação  $Pt = 0.0252 \times Cp^{3.0355}$  ( $R^2 = 0.9521$ ; Gráfico 10a). Enquanto na estação seca observou-se um crescimento alométrico positivo ( $b= 3,18$ ). Estatisticamente superior ( $p=5,5406e-12$ ) em relação ao valor de

b=3), em que o peso aumenta mais que o comprimento. A relação peso-comprimento foi estabelecida pela equação  $Pt = 0.0221 \times Cp^{3.1849}$  ( $R^2 = 0.9808$ ; Gráfico 10b).

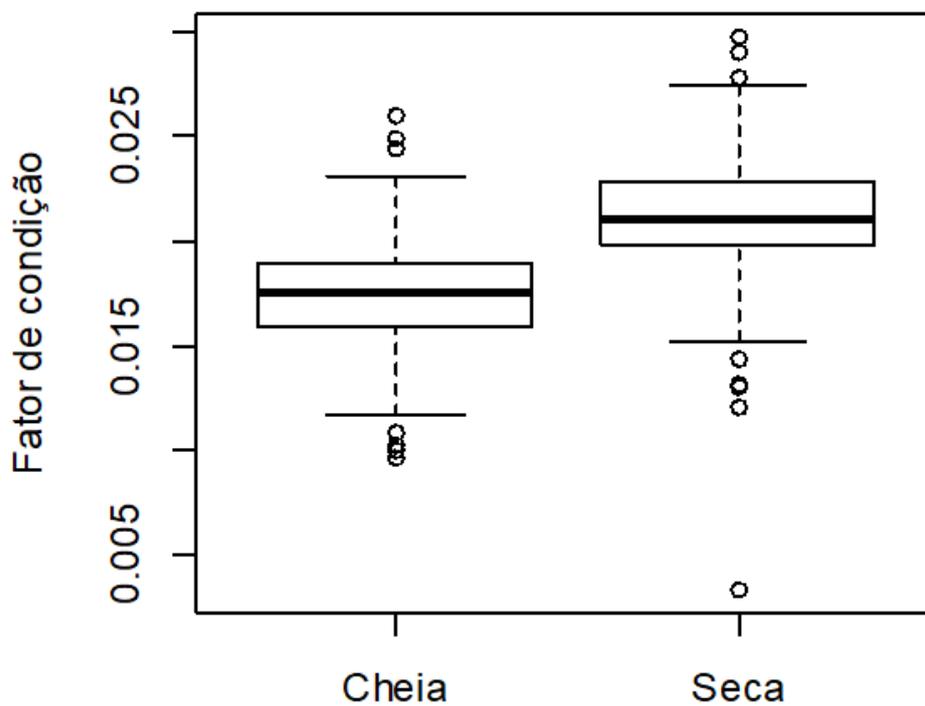
Gráfico 10: Relação peso-comprimento dos indivíduos coletados da espécie *P. vivipara* nos períodos de cheia (a) e seca (b) do rio Cruxati.



Foi constatada uma diferença significativa do fator de condição dos indivíduos de *S. heterodon* analisados entre as estações cheia e seca (Gráfico 11), em que os indivíduos capturados durante o período seco apresentaram um valor mediano (0.0210) superior ( $p=1.94E-46$ ) ao encontrado para o período cheio (0.0175),

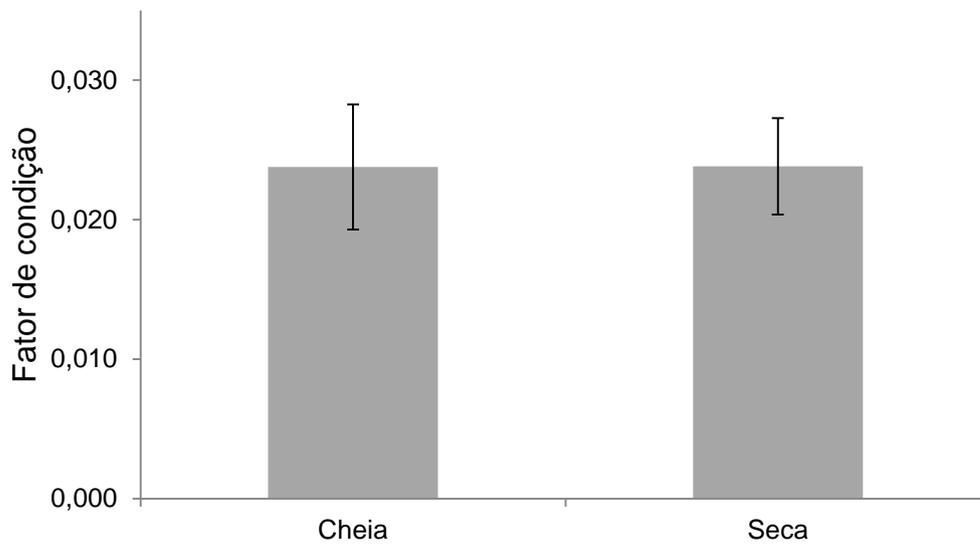
mostrando que durante a estação seca os indivíduos mostraram um maior grau de hígidez.

Gráfico 11: Fator de condição dos indivíduos coletados da espécie *S. heterodon* nos períodos de cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes.



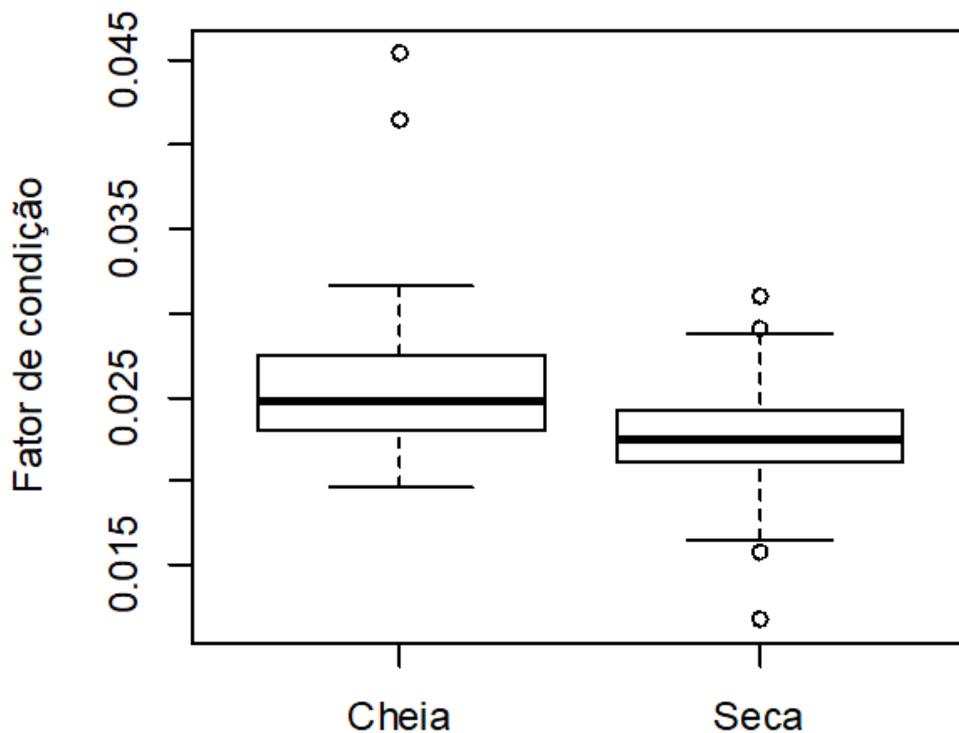
Em relação ao fator de condição da espécie *S. piaba*, não houve diferença significativa entre as médias das estações cheia ( $0.0238 \pm 0.0045$ ) e seca ( $0.0238 \pm 0.0035$ ), sendo esse parâmetro estatisticamente igual ( $p=0,4779$ ) em ambos os períodos. Esse resultado mostra que o grau de hígidez não é influenciado pela estação (Gráfico 12), diferentemente do encontrado para a espécie *S. heterodon*, a qual tem seu alto fator de condição associado ao período cheio.

Gráfico 12: Média e desvio padrão do fator de condição dos indivíduos coletados da espécie *S. piaba* nos períodos de cheia e seca do rio Cruxati.



Quanto ao fator de condição da espécie *P. vivipara* foi observada uma diferença significativa entre as épocas estudadas ( $p=2,626E-7$ ). Entretanto, diferentemente do encontrado para *S. heterodon*, os maiores valores foram verificados no período cheio, com uma mediana de 0,0248, enquanto no período seco a mediana foi de 0,0224 (Gráfico 13).

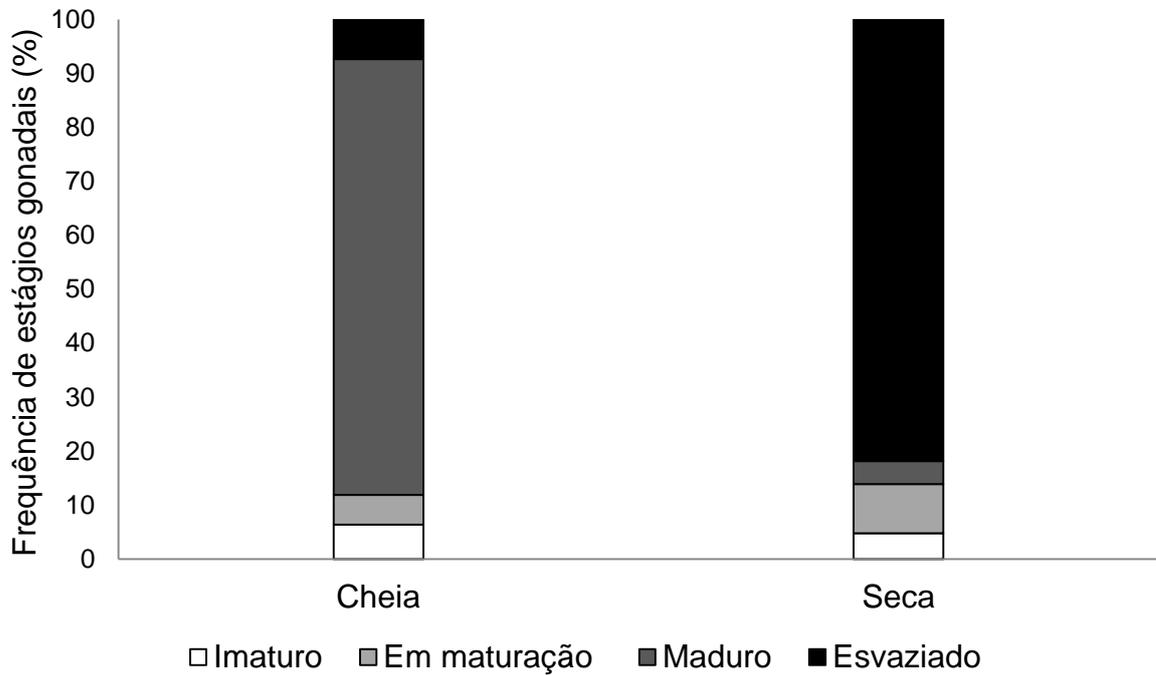
Gráfico 13: Fator de condição dos indivíduos coletados da espécie *P. vivipara* nos períodos de cheia e seca do rio Cruxati. . Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes.



### 5.3 Aspectos reprodutivos

Os aspectos reprodutivos foram analisados em 296 fêmeas de *Serrapinnus heterodon*. Em relação aos estágios de maturação gonadal, no período cheio foram observadas majoritariamente fêmeas maduras (80,7%) enquanto na estação seca a maioria (81,8%) das fêmeas encontraram-se esvaziadas/em repouso. Em relação a indivíduos imaturos e em maturação houve pouca diferença entre as épocas. No entanto observou-se uma maior frequência de indivíduos imaturos no período cheio do rio (6,4%) quando comparado com o seco (4,8%), e uma maior porcentagem de fêmeas em maturação durante o período seco, representando 9,1% do total, enquanto que na estação cheia foram encontradas 5,5% de fêmeas nesse estágio. (Gráfico 14).

Gráfico 14: Frequência de fêmeas de *S. heterodon* em cada estágio de maturação nas estações cheia e seca.



Para o estudo dos aspectos reprodutivos de *S. piaba* foram analisadas 113 fêmeas. Durante o período cheio a maioria (59,46%) das fêmeas observadas estavam maduras, entretanto uma considerável porcentagem (29,73%) era imatura. Já na estação seca, foram observadas principalmente fêmeas no estágio esvaziado/em repouso (73,68%), com 15,79% de imaturas. Em relação aos indivíduos em maturação, na estação seca 3,95% estavam nesse estágio enquanto no período cheio apenas 8,11% foram encontradas (Gráfico 15). Esse resultado foi então semelhante ao observado para a espécie *S. heterodon* em relação ao padrão de fêmeas maduras durante o período cheio, com uma grande quantidade de fêmeas no estágio esvaziado/em repouso no período seco.

Gráfico 15: Frequência de fêmeas de *S. piaba* em cada estágio de maturação nas estações cheia e seca.

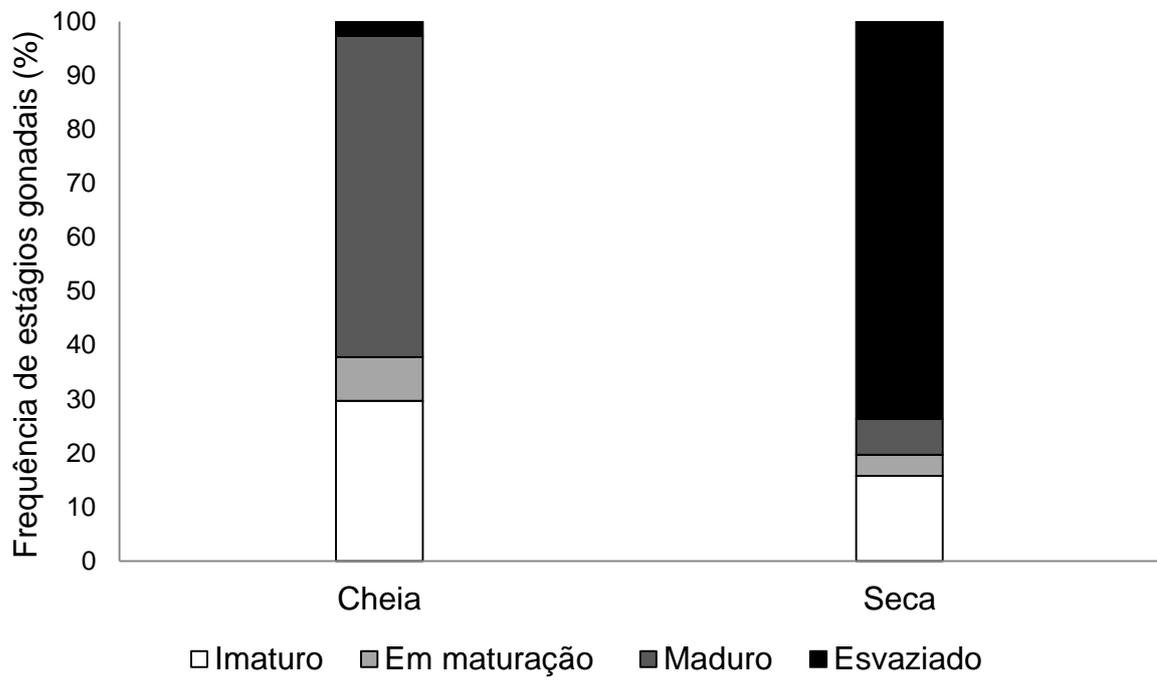
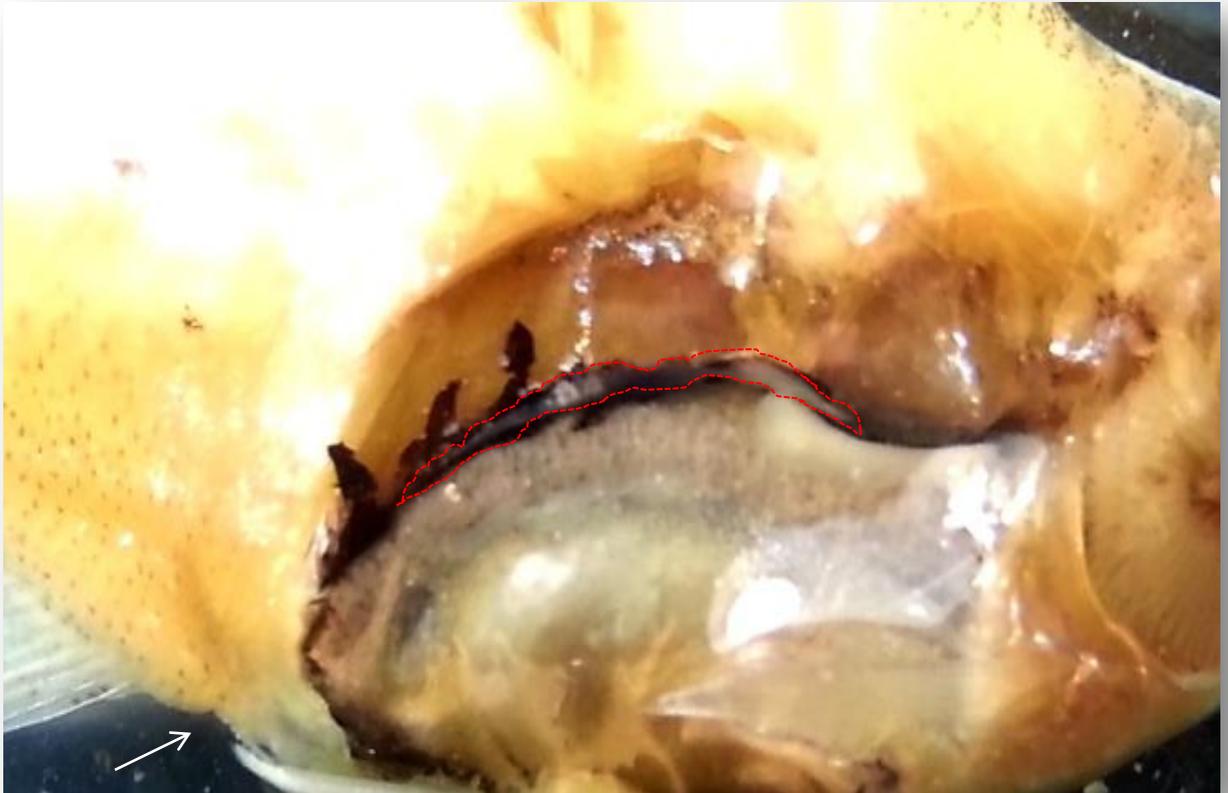


Figura 8: Representação macroscópica do estágio gonadal imaturo (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*.



Fonte: Victor Gonçalves Távora.

Figura 9: Representação microscópica do estágio gonadal imaturo em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*. Pode-se observar os ovócitos jovens (OJ) de estoque de reserva, a inserção das lamelas ovíferas, indicada pela seta (LO) e células germinativas (CG). (Objetiva de 10X).

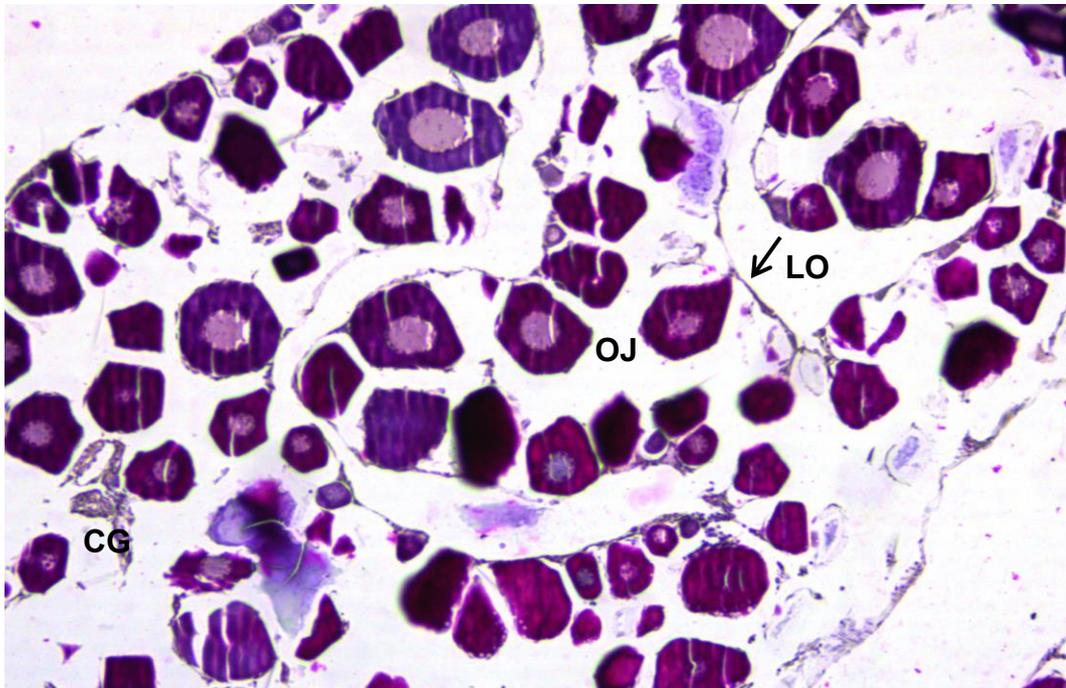


Figura 10: Representação macroscópica do estágio gonadal em maturação (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*.

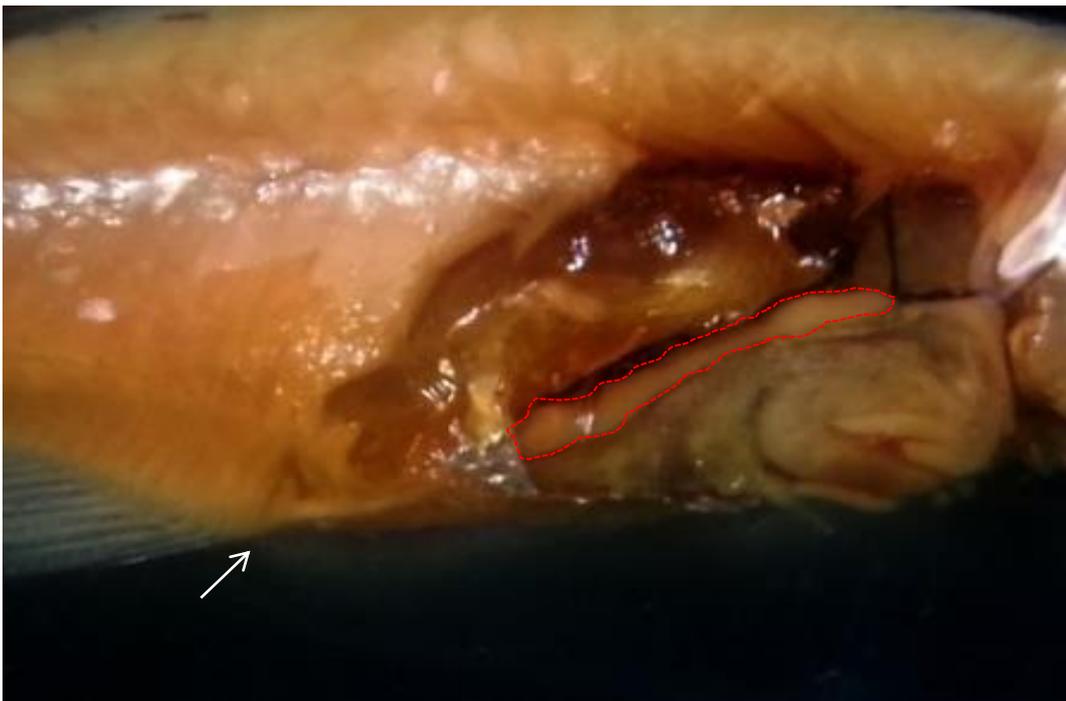


Figura 11: Representação microscópica do estágio gonadal em maturação final em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*. Pode-se visualizar ovócitos em diferentes estágios do desenvolvimento: ovócitos jovens (OJ) de estoque de reserva, ovócitos em vitelogenese lipídica (VL) e completa (VC). (Objetiva de 10X).

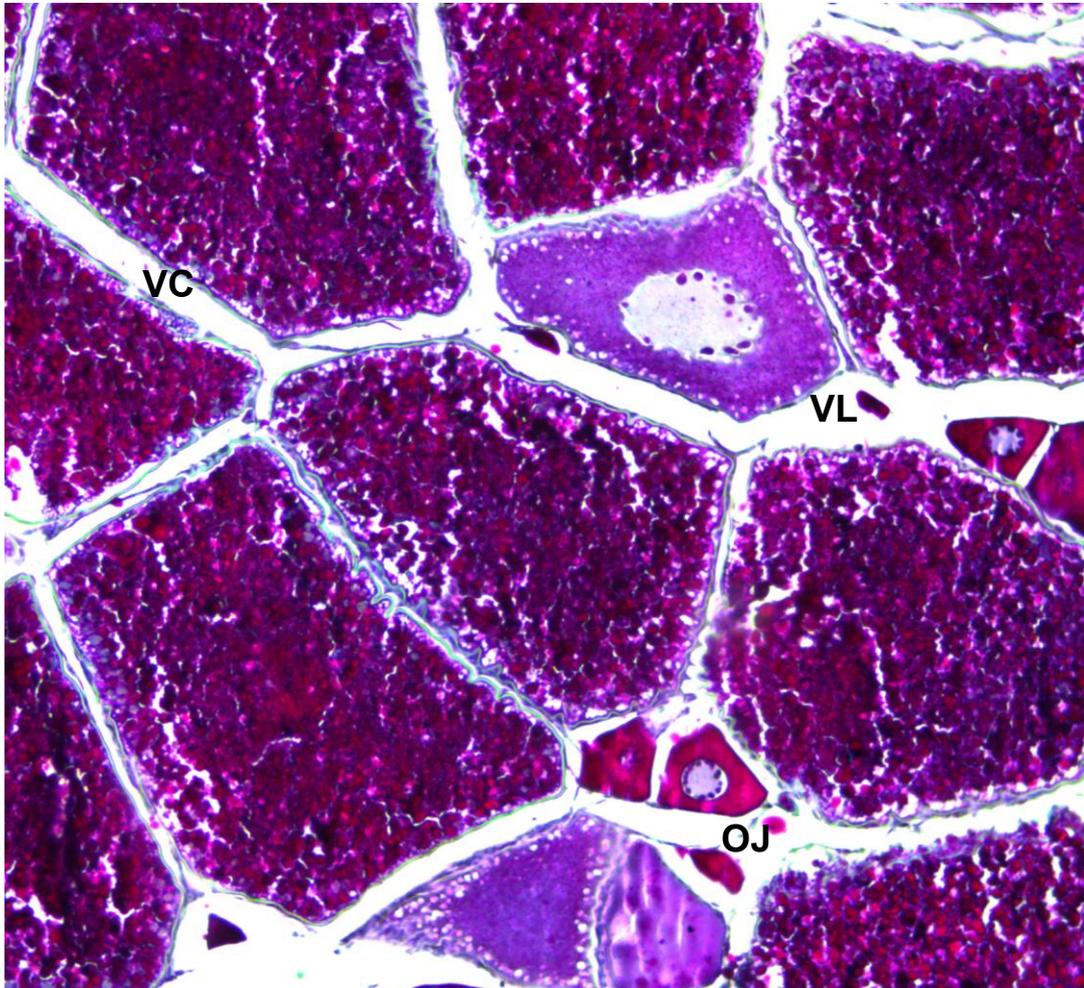


Figura 12: Representação macroscópica do estágio gonadal maduro (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*.

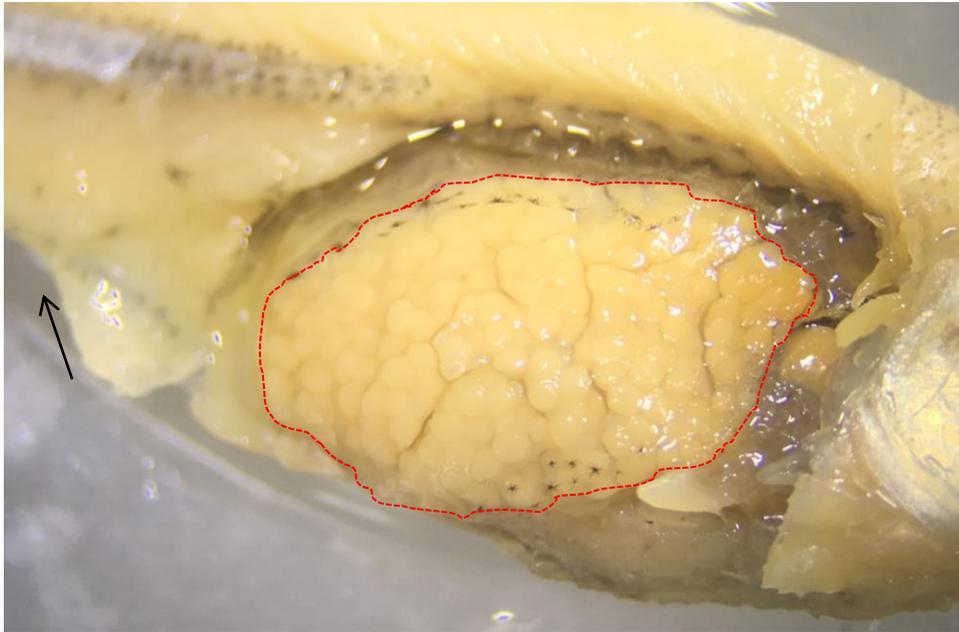


Figura 13: Representação microscópica do estágio gonadal maduro em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*, com grande parte dos ovócitos em vitelogenese completa (VC). (Objetiva de 10X).

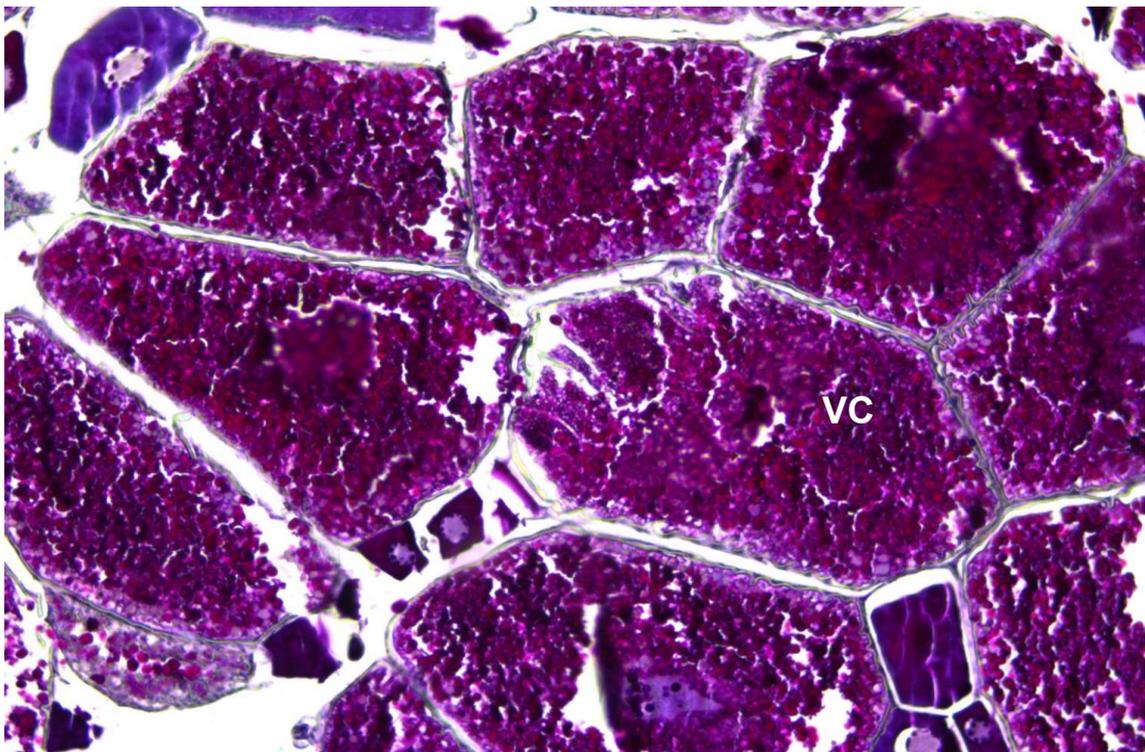


Figura 14: Representação macroscópica do estágio gonadal esvaziado/em repouso (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*

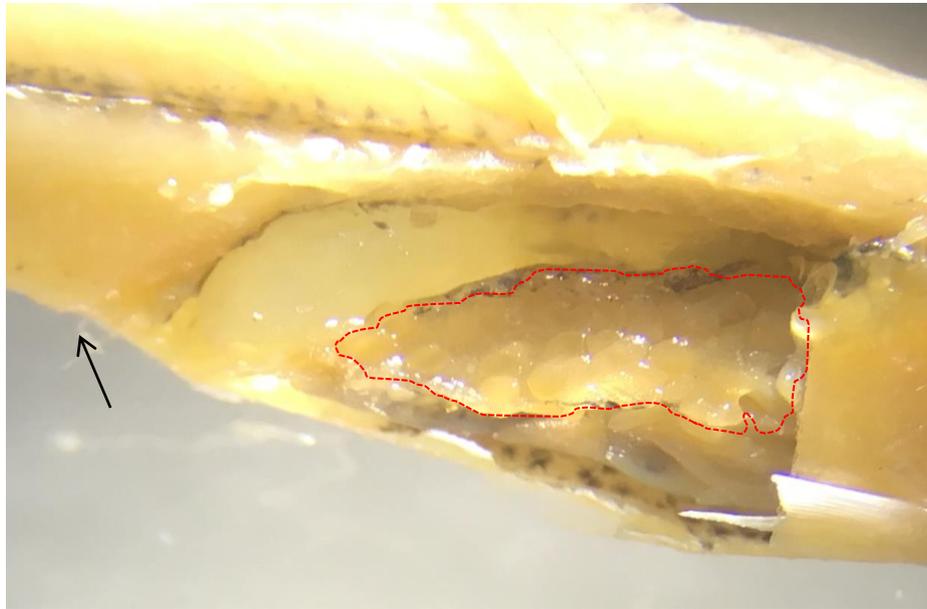
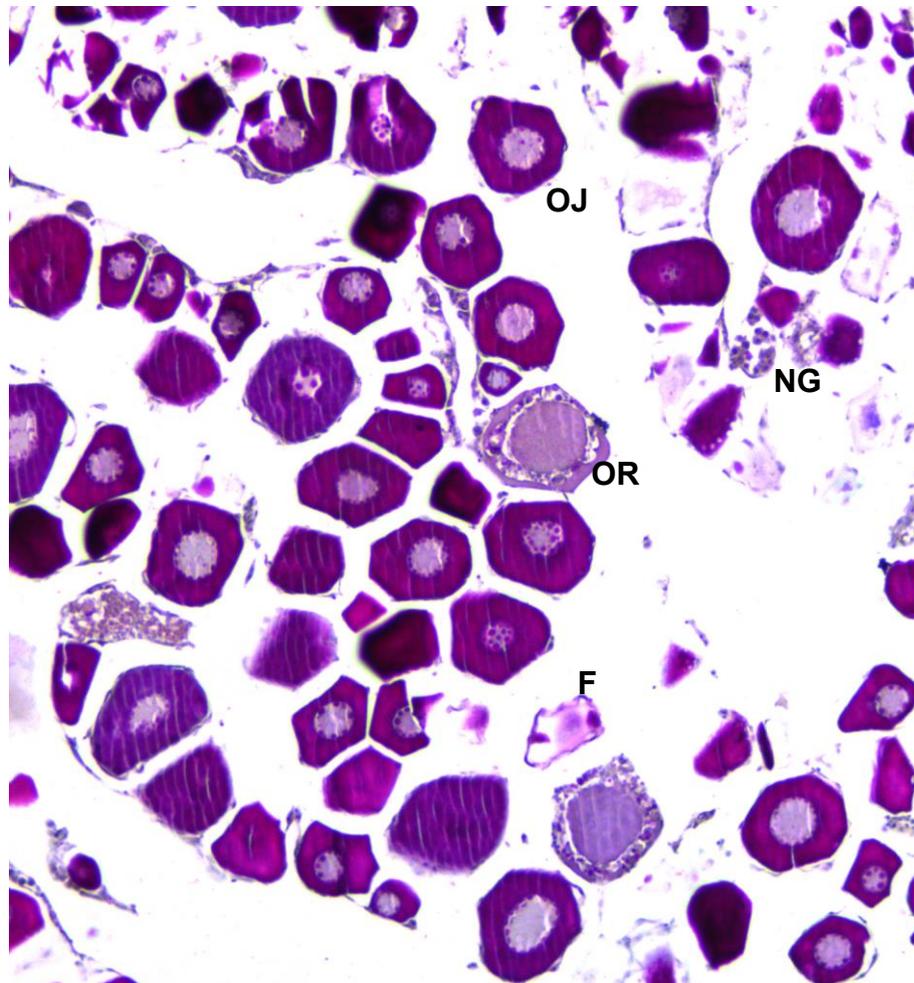


Figura 15: Representação microscópica do estágio gonadal esvaziado em indivíduos de *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*. Podendo-se observar um padrão de desorganização, ninhos de células germinativas (NG), folículos vazios (F), restos de ovócitos em absorção (OR), e ovócitos jovens (OJ) do estoque de reserva. (Objetiva de 10X).



As análises reprodutivas de *P. vivipara* foram realizadas em 143 fêmeas dessa espécie. Para verificar a quantidade de fêmeas grávidas, todos os estágios que indicavam desenvolvimento embrionário (estágios 4 a 11) foram agrupados e diferenciados dos estágios imaturo, em maturação e maduros (Gráfico 16). Dessa forma, observou-se que no período seco houve uma maior frequência de fêmeas grávidas, tendo esse estágio representado 64,21% do total de fêmeas analisadas, enquanto que no período cheio apenas 42,86% estavam grávidas, sendo a maioria das fêmeas encontradas nesse período imaturas, em processo de maturação ou maduras.

Gráfico 16: Frequência de fêmeas de *P. vivipara* em cada estágio de desenvolvimento gonadal ou grávidas nas estações cheia e seca.

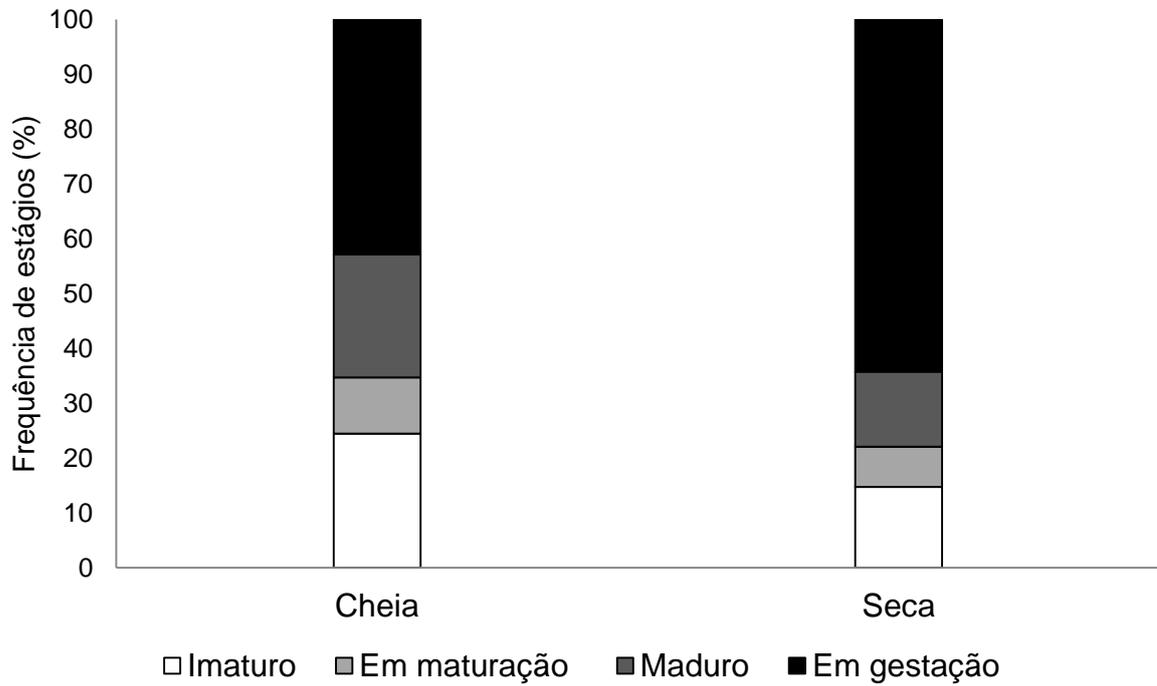


Figura 16: Representação do estágio gonadal maduro (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, em indivíduos de *Poecilia vivipara*.

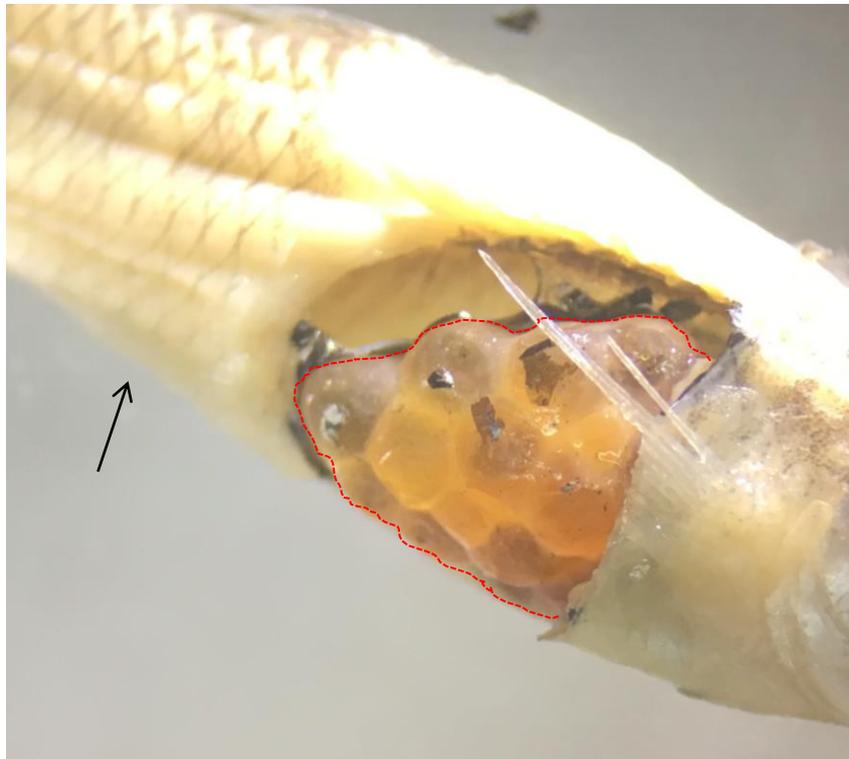


Figura 17: Representação de fêmeas dissecadas em gestação (destacado em pontilhado), com seta indicando a posição do poro urogenital, de *Poecilia vivipara*

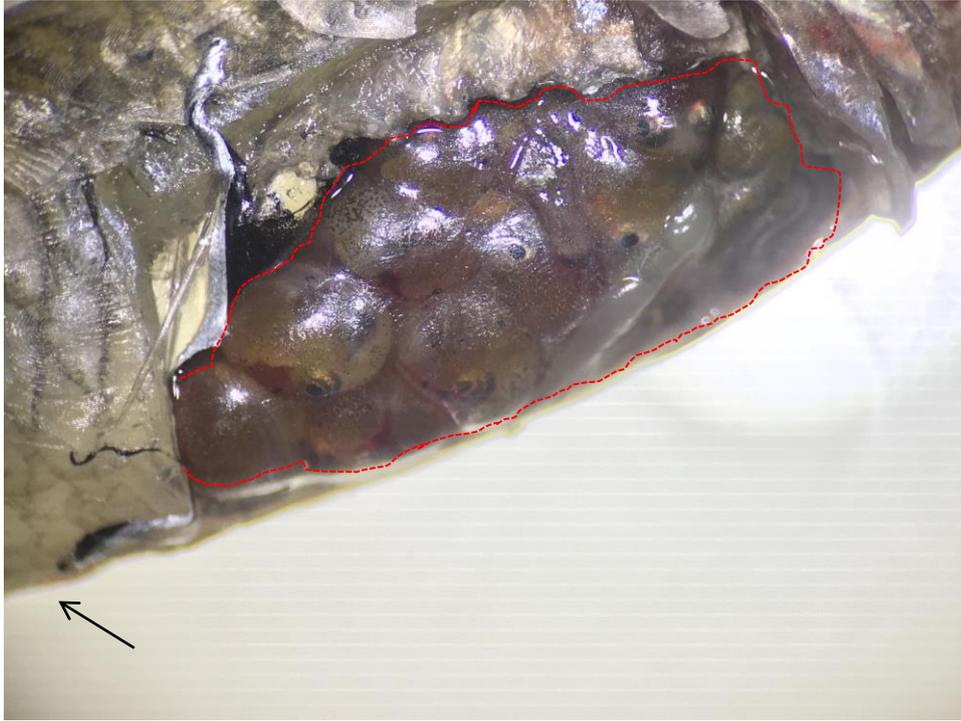


Figura 18: Embriões no sexto estágio de desenvolvimento, segundo classificação sugerida por Haynes (1995), retirados de fêmea em gestação de *Poecilia vivipara*.

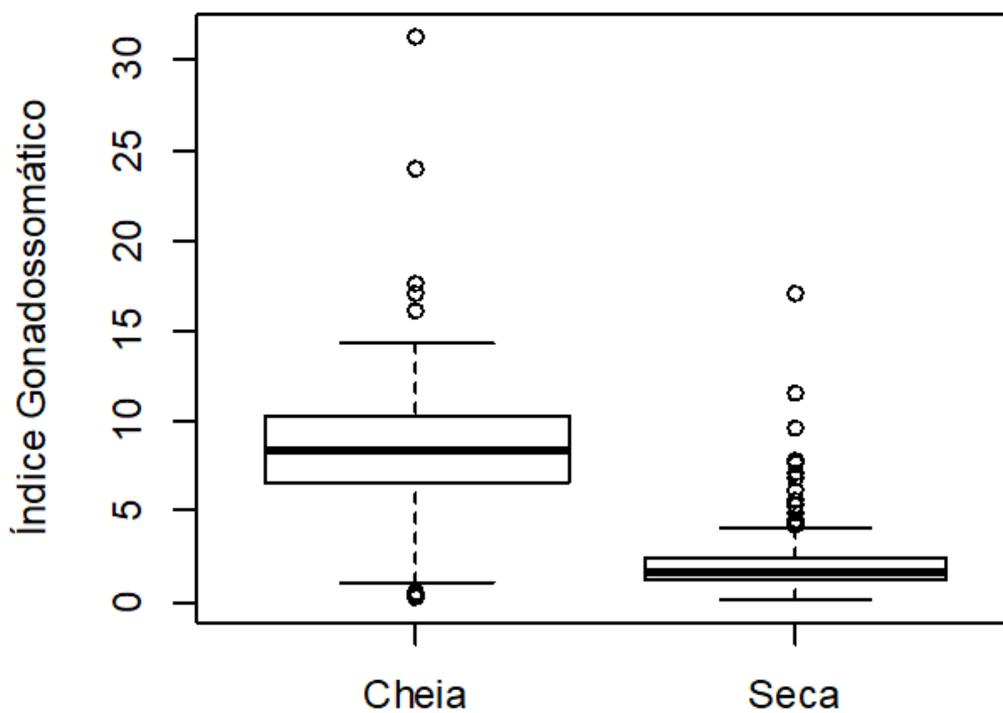


Figura 19: Embriões no nono estágio de desenvolvimento, seguindo classificação sugerida por Haynes (1995), retirados de fêmea em gestação de *Poecilia vivipara*.



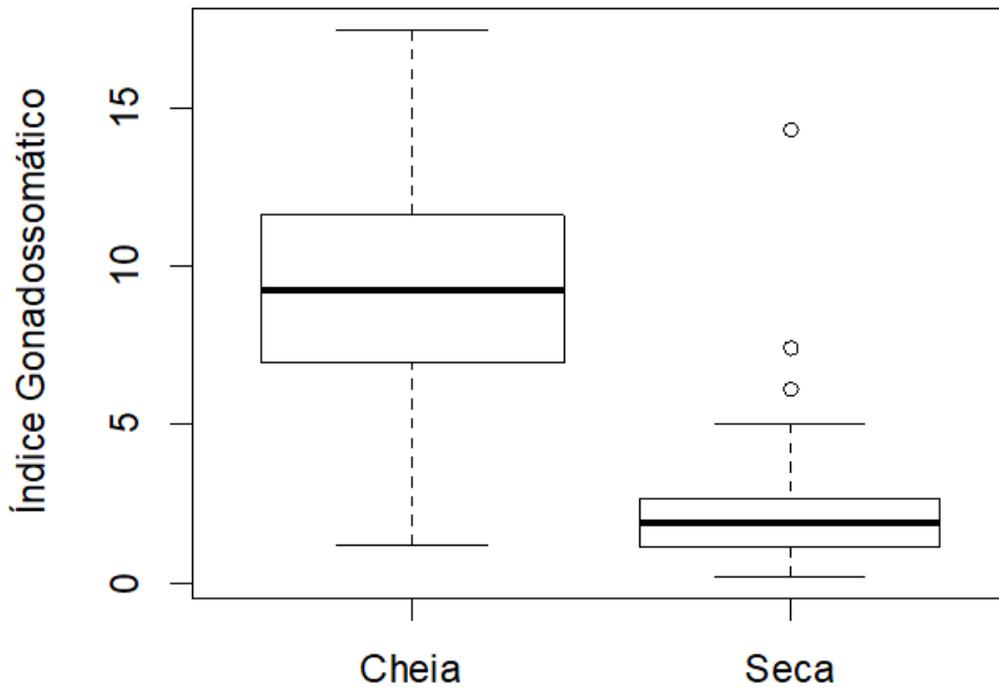
Quanto ao Índice gonadossomático (IGS) de *S. heterodon* houve uma diferença significativa ( $p = 5.05E-25$ ) em relação aos períodos estudados, em que o período cheio apresentou um valor mediano (8,42) superior ao encontrado na época seca (1,59; Gráfico 17).

Gráfico 17: Índice gonadosossomático de fêmeas de *S. heterodon* durante as estações cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes.



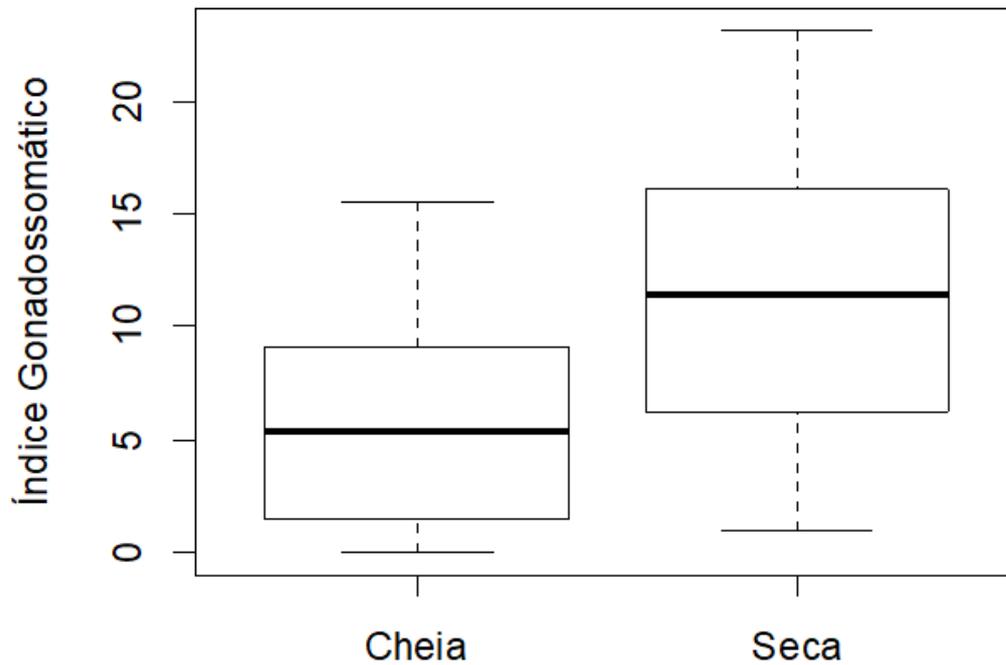
O IGS de *S. piaba* apresentou-se de forma semelhante ao encontrado para *S. heterodon*, descrito anteriormente. Houve uma diferença significativa ( $p=6.54E-08$ ) em relação a esse parâmetro (Gráfico 18), tendo o período cheio uma maior mediana (9,2) quando comparado com a estação seca (1,9). Esse resultado indica o período cheio como a época reprodutiva da espécie.

Gráfico 18: Índice gonadossomático de fêmeas de *S. piaba* durante as estações cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes.



O IGS de *P. vivipara*, diferentemente do encontrado para as duas espécies do gênero *Serrapinnus*, foi significativamente ( $p=1.28E-06$ ) maior na estação seca, quando foi observada uma mediana de 11,48 enquanto no período cheio do rio verificou-se uma mediana de 5,38 (Gráfico 19).

Gráfico 19: Índice gonadossomático de fêmeas de *P. vivipara* durante as estações cheia e seca do rio Cruxati. Em que, no boxplot, a linha escura central representa os valores das medianas. A barra pontilhada indica os limites, inferior e superior e os círculos representam os outliers, ou seja, os discrepantes.



O comprimento de primeira maturação ( $L_{50}$ ), ou seja o tamanho corporal em que as fêmeas estão inicialmente aptas à reprodução, observado para a espécie *S. heterodon* foi estimado ser de 1,75 cm (Gráfico 20). Já para a espécie de mesmo gênero *S. piaba* as fêmeas iniciam sua reprodução com 1,92 cm (Gráfico 21). Quanto a espécie *P. vivipara*, seu  $L_{50}$  foi observado no comprimento de 1,86 cm (Gráfico 22).

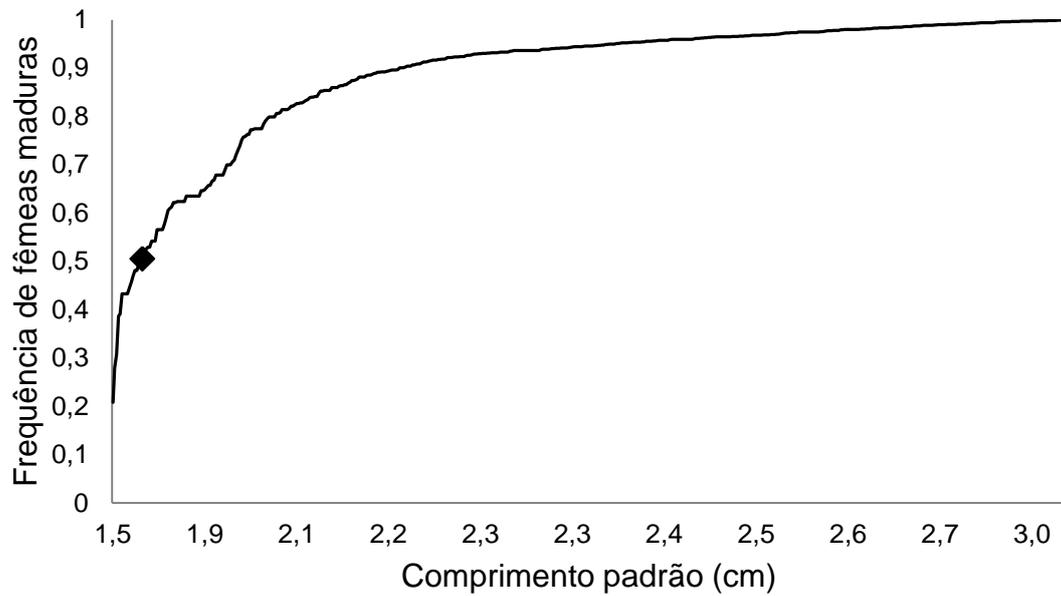
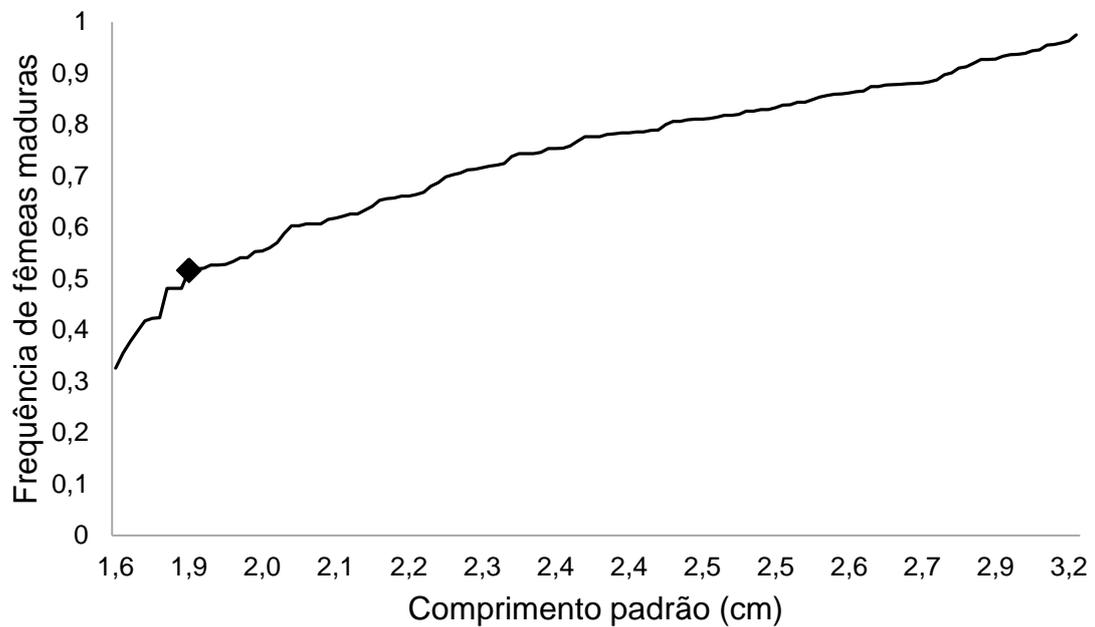
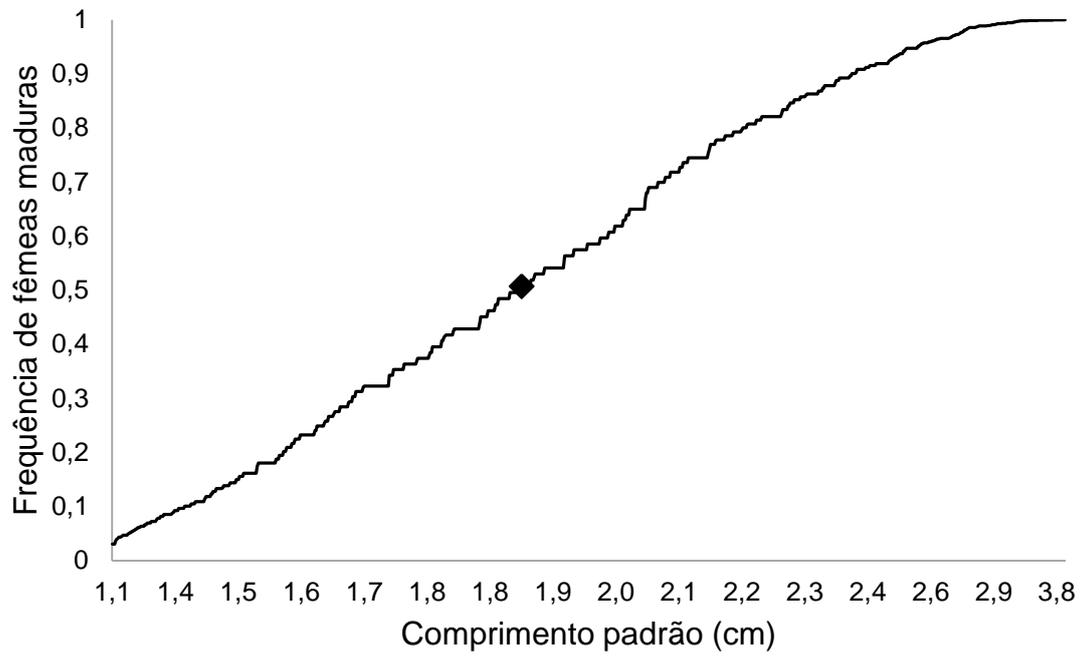
Gráfico 20: Comprimento de primeira maturação (L50) de *S. heterodon* no rio Cruxati.Gráfico 21: Comprimento de primeira maturação (L50) de *S. piaba* no rio Cruxati.

Gráfico 22: Comprimento de primeira maturação (L50) de *P. vivipara* no rio Cruxati.

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Coletas e caracterização ambiental

As coletas foram realizadas no período chuvoso, nos meses de março e julho de 2015 e março e abril de 2017, bem como no período seco, nos meses de janeiro e novembro de 2015 e fevereiro e setembro de 2017. De acordo com Chellappa & Chellappa (2004), a sazonalidade em ambientes de água doce no semiárido é caracterizada por curtos períodos de chuva intensa que ocorrem entre os meses de março e julho, com um subsequente período seco durante o resto do ano, podendo-se perceber que o período seco inicia-se a partir de agosto se estendendo até fevereiro. Desta forma, observa-se que as coletas abrangeram diferentes períodos em cada estação, visto que ocorreram no início, meio e fim de cada uma das épocas, isso pode explicar a variação da pluviosidade mesmo dentro de cada estação.

Os rios intermitentes são caracterizados pela interrupção de seu fluxo por um determinado período de tempo ou em alguma localidade (Datry et. al, 2014). No caso dos rios intermitentes do semiárido, como é o caso do rio estudado, o Cruxati, esse fluxo é interrompido pela falta de chuvas na região, fazendo com que haja a formação de poças no local. As coletas, dos períodos de seca e cheia, foram realizadas nos mesmos locais, com isso pode-se perceber as diferenças entre cada estação de maneira mais efetiva. No período seco, quando as coletas foram realizadas nas poças, apesar do clima mais severo houve uma maior facilidade de captura de indivíduos com a rede de arrasto, visto que os animais já estavam concentrados e encurralados. Já no período chuvoso, de cheia do rio, necessitou-se maiores esforços para a captura dos indivíduos devido à dificuldade de entrada no local e à administração da rede de arrasto em um rio corrente, entretanto a rede de arrasto se mostrou efetiva na captura de indivíduos em ambas as situações de poça e rio corrente.

### 6.2 Crescimento

Foi observado um maior comprimento padrão durante o período seco do rio quando comparado com o cheio tanto para espécie *S. heterodon* quanto para *S. piaba*. Isso pode ser devido ao fato de que no período cheio houve uma contribuição maior de indivíduos imaturos, que são mais frequentes possivelmente por a

reprodução ter ocorrido nessa época. Foi observado também, para ambas as espécies, que na estação seca há um maior número de indivíduos com comprimentos medianos, podendo essa estação atuar na mortalidade de indivíduos maiores, tendo em vista que ambientes severos diminuem a longevidade da espécie. Portanto, a maturação é antecipada (Paiva, 1978). Para a espécie *P. vivipara* não houve diferença entre os comprimentos dos indivíduos analisados entre as estações, indicando que ela apresenta-se de maneira semelhante em ambas as estações não fazendo distinção entre seca e cheia. Isso pode ser um indicativo de resistência ao período de seca, não havendo diferença na mortalidade de indivíduos maiores em relação ao período de cheia.

A alometria positiva encontrada em fêmeas indica a estratégia de maximizar a reprodução, em que as fêmeas acumularam uma grande quantidade de energia para que haja um maior investimento na gônada (Keane & Neira 2004, Wolf et al. 2007). Sendo assim, percebe-se que a espécie *S. heterodon* apresenta um maior acúmulo de energia, por possuir alometria positiva, durante o período de cheia, sendo nessa época que provavelmente ocorrerá o maior investimento em reprodução. Já a espécie *P. vivipara* possuiu um crescimento alométrico positivo durante o período de seca, indicando acúmulo de energia nesse período e, assim, um maior investimento em reprodução, diferindo do período para *S. heterodon*. *S. piaba*, parece então não canalizar seus investimentos para a criação de reservas energéticas em nenhuma das estações.

Os indivíduos de *S. piaba* apresentaram um crescimento isométrico durante ambas as estações estudadas. *S. heterodon* apresentou esse tipo de crescimento durante a estação seca, enquanto que *P. vivipara* apresentou esse crescimento durante a cheia, diferindo das outras duas. Esse tipo de crescimento indica que a energia ganha é direcionada para um investimento balanceado em crescimento e peso, e está normalmente associado a condições ambientais favoráveis visto que o organismo não necessita criar reservas energéticas (Tondato et. al, 2012). *S. heterodon* e *S. piaba*, então, vão contra o senso comum de que a seca representa um ambiente adverso, apresentando isomeria durante essa estação. Entretanto existem indícios de que esse período é responsável pela manutenção somática e crescimento de peixes de rios intermitentes para que estejam aptos a serem recrutados para a reprodução na próxima cheia (Medeiros e Maltchik, 1998).

Os resultados da relação peso comprimento de *S. heterodon* vão de encontro aos resultados relacionados ao fator de condição visto que durante a estação cheia, em que há um crescimento alométrico positivo, houve um menor valor para o fator de condição. Isso pode ser um indicativo de menor investimento em crescimento somático, tendo utilizado os recursos adquiridos para ganho em peso e reserva energética. No período de seca, em que essa espécie apresenta um crescimento isométrico, há um maior fator de condição, indicador de bem estar animal e indicando uma fase de crescimento rápido, em que os indivíduos direcionam os produtos de sua alimentação para a construção do corpo (Gomiero et. al, 2010). A mesma relação entre alto fator de condição associado a um crescimento isométrico, e um menor fator de condição associado a alometria positiva é identificado na espécie *P. vivipara*, entretanto em estações opostas, visto que é durante a seca que há um menor fator de condição e na cheia um maior valor para esse parâmetro. Há uma relação entre esses resultados também para a espécie *S. piaba*, entretanto em seu caso, ambas as épocas possuíram o crescimento isométrico associado a um fator de condição sem variação. Isso pode indicar que a espécie investe em crescimento e manutenção somática em ambas as épocas e uma consequência desse fato pode ser o baixo investimento em reprodução, visto que a espécie não forma reserva energética para utilizar durante esse período. Essa pode ser uma explicação para o fato dessa espécie se apresentar de forma menos abundante no ambiente quando comparada a de mesmo gênero *S. heterodon*.

### 6.3 Reprodução

Quanto aos aspectos reprodutivos de *S. heterodon*, verifica-se que é durante a estação cheia que há um maior número de indivíduos maduros, bem como o maior IGS encontrado. Isso vai de encontro aos resultados obtidos por Gonçalves, Souza & Braga (2011), que associaram a estação chuvosa no sul do Brasil, com a época reprodutiva de *S. heterodon*. Em relação ao semiárido, Nascimento e colaboradores (2013), estudando a espécie *Leporinus piau*, verificaram a estação chuvosa como época reprodutiva da espécie. Bem como maiores valores de IGS na estação cheia foram verificados por Chellappa e colaboradores (2009), analisando quatro espécies de peixe do semiárido. Os resultados relativos aos parâmetros reprodutivos verificados no presente trabalho se relacionam com os parâmetros de crescimento da espécie, visto que é durante a cheia que a espécie apresenta reserva energética,

que é associada a uma necessidade de investimento em reprodução, bem como um menor fator de condição, indicando pouco investimento em manutenção metabólica e crescimento somático. Na estação seca encontra-se para *S. heterodon* um menor valor de IGS e uma intensa quantidade de fêmeas com suas gônadas em estágio de repouso. Isso parece estar associado aos dados de crescimento analisados anteriormente, visto que é durante essa estação que a espécie prioriza sua manutenção somática e se prepara para o próximo recrutamento. Essas observações indicam a demanda conflitante ocorrendo entre o investimento em reprodução e o investimento em crescimento, sendo, em ambas as estações, o investimento em um associado à negligência do outro. Esses resultados levam a crer que a reprodução de *S. heterodon* ocorre durante o período cheio do rio, quando os primeiros fluxos servem como gatilhos ambientais para a maturação da gônada e posterior desova (Medeiros & Maltchick, 2000).

Baseado nos dados reprodutivos de *S. piaba* observa-se um maior número de indivíduos maduros durante a cheia e valores maiores de IGS durante o mesmo período. Silvano e colaboradores, 2003 observaram o maior desenvolvimento das gônadas de *S. piaba* durante os meses de maiores pluviosidades bem como uma correlação positiva do IGS com o período chuvoso. De acordo com os mesmos autores, peixes que habitam ambientes localizados em baixas latitudes, como o nordeste do Brasil, tendem a possuir seus períodos reprodutivos associados ao aumento das chuvas. Além disso, os peixes tropicais possuem grande plasticidade e podem alocar recursos para a reprodução de acordo com o regime de chuvas (Chellappa, 2009). Na estação seca verifica-se que a maioria das fêmeas encontram-se em estágio de repouso, estando essa estação associada também a menores valores de IGS. Dessa forma, esses dados evidenciam a estação cheia como provável período reprodutivo dessa espécie. Entretanto, em ambas as épocas *S. piaba* parece possuir um alto investimento em crescimento, devido sua isometria e fator de condição sem variação. Verifica-se que, possivelmente, mesmo durante seu período reprodutivo *S. piaba* investe majoritariamente em sua manutenção metabólica e crescimento somático, não apresentando uma demanda conflitante tão aparente.

Quanto aos aspectos reprodutivos de *P. vivipara*, verifica-se que é durante a época seca que a maioria das fêmeas encontram-se em gestação e possuem

também um maior valor de IGS. Esse resultado para a estação seca está associado a um crescimento alométrico positivo, que indica maior reserva energética para investimento em reprodução. Entretanto, segundo Pires e colaboradores (2011), as fêmeas de *P. vivipara* investem em reprodução no período anterior a sua fertilização, época em que a fêmea está mobilizando esforços para a maturação e desenvolvimento dos ovos. É no período cheio que o desenvolvimento dos ovócitos mostrou-se ocorrer, em que a maioria das fêmeas estavam com suas gônadas em estágio final de maturação ou maduras. Entretanto, no período de cheia a espécie apresentou um crescimento isométrico e um maior fator de condição, o que normalmente está associado a um investimento em manutenção do organismo, sem reservas para utilizar no investimento reprodutivo.

As fêmeas de *P. vivipara* são lecitotróficas, ou seja, seus embriões são mantidos quase que exclusivamente pelos nutrientes contidos no vitelo (Arcanjo et. al, 2014). Dessa forma, no período de gestação as fêmeas deveriam investir em manutenção do seu metabolismo, enquanto que no período de maturação e desenvolvimento dos ovócitos elas deveriam investir suas reservas em reprodução (Pires et. al, 2011), diferindo do encontrado. O maior IGS encontrado para essa espécie no período seco deve-se ao fato de que durante essa estação a maioria das fêmeas encontradas estavam grávidas e seus embriões possuíam um peso mais elevado que os ovócitos maduros e em maturação que foram os mais encontrados durante o período cheio do rio. Wiebe (1968), verificou, em peixes vivíparos, que quanto mais desenvolvidos os embriões estavam mais a gônada era representativa no peso total do animal, tendo assim um maior IGS, em relação a estágios menos desenvolvidos ou ovócitos não fecundados, devido ao peso dos embriões. Mendonça & Andreato (2001) estudando *P. vivipara* em uma lagoa no sudeste do Brasil, verificaram que a espécie reproduzia-se durante todo o ano, bem como mostrava-se adaptada a locais perturbados.

O valor de  $L_{50}$  encontrado para a espécie *S. heterodon*, 1,75 cm, e para a espécie *S. piaba*, 1,92 cm, foram bastante inferiores ao encontrado em um estudo realizado em um trecho lântico de um rio no estado de Sergipe, em que só foram encontradas fêmeas de *S. heterodon* maduras a partir de 2,44 cm (Vieira, 2014). Para *P. vivipara* o  $L_{50}$  de 1,86 cm diferiu do encontrado no sudeste brasileiro, quando Mendonça & Andreato (2001), estudando uma lagoa no estado do Rio de Janeiro,

associaram a classe de 4,8 a 5,3 cm ao tamanho ótimo de maturação gonadal, afirmando ainda que nenhuma das fêmeas analisadas iniciou sua reprodução antes dos 2,9 cm. Para a espécie de mesmo gênero *P. reticulata* em um estudo no norte do Brasil, Montag e colaboradores (2011) verificaram 2,04 cm como sendo o comprimento de primeira maturação das fêmeas. Com isso, percebe-se que as fêmeas das três espécies analisadas possuem comprimento de primeira maturação menores que encontrados na literatura, podendo indicar que o ambiente de rio intermitente seleciona indivíduos que antecipem seu tamanho de maturação. A maturidade antecipada reduz a chance de morte do indivíduo antes que ele se reproduza, bem como reduz o tempo de uma geração em que os descendentes nascem antes e começam a reproduzir-se mais rapidamente (Stearns & Hoekstra, 2003). Isso pode indicar que o ambiente de rio intermitente possui taxa elevada de mortalidade, fazendo com que as fêmeas antecipem sua reprodução para que haja maiores chances de deixar descendentes. Há uma variação em relação ao tamanho e idade de maturação entre espécies próximas, entre populações dentro de espécies e até mesmo entre indivíduos de uma mesma população, sendo assim percebe-se que esses parâmetros respondem rápido à seleção natural (Stearns & Hoekstra, 2003).

## 7 CONCLUSÕES

Dessa forma, baseando-se nos resultados discutidos anteriormente, os indícios mostram que a reprodução de *S. heterodon* ocorre durante a cheia, enquanto a espécie utiliza o período seco para manter-se metabolicamente e investir em crescimento. A espécie *S. piaba*, assim como a de mesmo gênero, também demonstrou reproduzir-se no período cheio do rio, entretanto investiu em crescimento e manutenção somática em ambas as épocas. *P. vivipara* mostrou resultados diferentes dos encontrados para as duas anteriores, já que possuiu fêmeas maduras e grávidas em ambos os períodos, sendo mais fêmeas fertilizadas encontradas na época seca e mais ovócitos maduros durante a cheia. Quanto ao crescimento, a espécie indicou investir mais durante a cheia.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos referentes a rios intermitentes ainda são escassos quando comparados a rios perenes, por isso a grande importância de estudar e conhecer esses ambientes que podem ser vistos de diversas formas ao redor do mundo, e que são comuns no semiárido brasileiro com a interrupção do fluxo por conta da falta de chuvas durante alguns meses do ano. Estudar aspectos relacionados à história de vida de organismos que ocorrem nesses rios leva a oportunidade de conhecer suas estratégias de sobrevivência, bem como comparar e discutir com resultados encontrados em outros ambientes, verificando assim traços que sejam selecionados em diferentes ecossistemas.

A análise de atributos de história de vida leva a oportunidade de criar bancos de dados que ajudem, futuramente, a traçar padrões evolutivos e elaborar planos de conservação das espécies. Além disso, alguns estudos mostram que determinados rios perenes têm a possibilidade de tornarem-se intermitentes devido à mudanças climáticas e ações humanas. Tendo dados de estudos anteriores nesse tipo de rio podem auxiliar no manejo dessas novas formas de rios intermitentes, bem como prever riscos para as espécies ali presentes.

Os parâmetros reprodutivos e de crescimento utilizados nesse trabalho foram utilizados em pesquisas anteriores estudando diferentes táxons ou ambientes. Isso é importante visto que, no futuro, será possível uma melhor comparação e entendimento dos resultados. O índice gonadossomático (IGS) é considerado um parâmetro padrão quando o objetivo é definir período reprodutivo. Ele mostra a época em que a gônada encontra-se mais desenvolvida podendo indicar a reprodução da espécie. Apesar de muito efetivo para espécies com fertilização externa, pode haver necessidade de uma adaptação ou relativização quando se trata de espécies vivíparas, visto que os maiores valores de IGS estão relacionados não apenas com o desenvolvimento das gônadas mas também com o peso dos embriões. A avaliação de estágios de maturação tanto macro quanto microscopicamente ajudam então no entendimento dos valores do índice, bem como são essenciais para a caracterização das espécies. Já o tamanho de primeira maturação tem como sua principal importância a oportunidade de avaliar a pressão do ambiente quando comparando esse dado com outros ambientes, por isso a importância da formação de bancos de dados das espécies. Os parâmetros de

crescimento mostram o bem-estar animal e suas condições de comprimento e ganho de peso, revelando-se importantes para o entendimento de como as espécies reagem a cada estação vivenciada no rio.

Como os estudos de história de vida necessitam de dados por um longo período de tempo é importante que tenhamos dados futuros com essas espécies corroborando os já encontrados para o ambiente do semiárido.

## REFERÊNCIAS

- Arcanjo, R.B.; Souza, L.P.; Rezende, C.F.; Silva, J.R.F., 2014. Embryonic development and nourishment in the viviparous fish *Poecilia vivipara* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Acta Zoologica*, 95:493-500.
- Arcanjo, R.B., 2011. Desenvolvimento embrionário de *Poecilia vivipara* Bloch & Schneider, 1801 (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) como tática reprodutiva no Rio Acaraú, Ceará. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Begon, M.; Townsend, C.R.; Harper, J.L., 2007. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Porto Alegre: Artmed, 752p.
- Cardoso, M.M.L.; Souza, J.E.R.T.; Crispim, M.C.; Siqueira, R., 2012. Diversidade de peixes em poças de um rio do semiárido paraibano, Brasil. *Biotemas*, 25(3):161-171.
- Chellappa, N.T., Costa, M.A.M., 2003. Dominant and co-existing species of Cyanobacteria from a eutrophicated reservoir of Rio Grande Norte State, Brazil. *Acta Oecol.* 24, 3–10.
- Chellappa, S., Chellappa, N.T., 2004. Ecology and reproductive plasticity of the Amazonian cichlid fishes introduced to the freshwater ecosystems of the semi- arid Northeastern Brazil. In: Kaul, B.L. (Ed.), *Advances in Fish and Wildlife Ecology and Biology*, Vol. 3. Daya Publishing House, New Delhi, pp. 49–57.
- Chellappa, S.; Bueno, R. M. X.; Chellappa, T.; Chellappa, N. T.; VAL, V. M. F. A., 2009: Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. *Limnologica* 39, 325–329.
- da Costa, M.R., H.H. Pereira, L.M. Neves and F.G. Araújo, 2014. Length-weight relationships of 23 fish species from Southeastern Brazil. *J. Appl. Ichthyol.* 30:230-232.
- Datry T., Larned S.T., Tockner K., 2014. Intermittent rivers: a challenge for freshwater ecology. *BioScience*, 64, 229–235.
- Datry, T.; Fritz, K.; Leigh, C. 2016. Challenges, developments and perspectives in intermittent river ecology. *Freshwater biology*, 61: 1171-1180.
- Davey, A.J.H.; Kelly, D.J., 2007. Fish community responses to drying disturbances in an intermittent stream: a landscape perspective. *Freshwater Biology*, 52:1719-1733.
- Dias, T.S.; Fialho, C.B., 2009. Biologia Alimentar de quatro espécies simpátricas de Cheirodontinae (Characiformes, Characidae) do rio Ceará Mirim, Rio Grande do Norte. *Ilheringia, Série Zoológica*, 99(3):242-248.
- Fisher, S.G.; Grimm, N.B., 1991. Streams and disturbance: are cross-ecosystems comparisons useful? p. 196-221. In: *Comparative Analysis of ecosystems: patterns,*

mechanisms, and theories. (Cole, J.C., Lovet, G.M & Findlay, S.E.G., eds). New York: Springer-Verlag.

Gomiero, L. M.; Villares-Junior, G. A.; Braga F. M. S. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 1, p. 101-105. 2010.

Gonçalves, C.S.; Souza, U.P.; Braga, F.M.S., 2011. Population structure, feeding and reproductive aspects of *Serrapinnus heterodon* (Characidae, Cheirodontinae) in a Mogi Guaçu reservoir (SP), upper Paraná river basin. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 23:13-22.

Grabowska, J.; Pietraszewski, D.; Przybylski, M.; Tarkan A. S.; Marszal, L.; Lampart-Kaluzniacka, M., 2011. Life-history traits of Amur sleeper, *Perccottus glenii*, in the invader Vistula River: early investment in reproduction but reduced growth rate. *Hydrobiologia*. 661(1):197-210.

Haynes, J. L. 1995. Standardized classification of poeciliid development for life-history studies. – *Copeia* 1995: 147–154.

Houde, A. E., 1997. Sex, Color, and Mate Choice in Guppies. Princeton: Princeton University Press.

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

Jerep, F.C. and L.R. Malabarba, 2014. A new species of *Serrapinnus* Malabarba, 1998 (Characidae: Cheirodontinae) from Rio Grande do Norte State, northeastern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 12(2):301-308.

Junqueira, L.C.; Carneiro, J., 2008. *Histologia Básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 524p.

Keane, J.P. & Neira, F.J. 2004. First Record of mosquitofish, *Gambusia affini*, in Tasmania, Australia: stock structure and reproductive biology. *New Zeal J. Mar. Fresh.* 38:852-867.

Kortmulder, K., 1987: Ecology and behaviour in tropical freshwater fish communities. *Archiv für Hydrobiologie*, 28:503-513.

Labbe, T.R.; Faush, K.D., 2000. Dynamics of intermittent stream habitat regulate persistence of a threatened fish at multiple scales. *Ecological Applications*, 10(6):1774-1791.

Lake, P. S., 2003. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology*, 48: 1161–1172.

Larned, S. T.; Datry, T.; Arscott, D. B.; Tockner, K., 2010. Emerging concepts in temporary-river ecology. *Freshwater Biology*, 55: 717-738.

- Leigh C., Boulton A.J., Courtwright J.L., Fritz K., May C.L., Walker R.H. 2016. Ecological research and management of intermittent rivers: an historical review and future directions. *Freshwater Biology*, 61, 1181–1199.
- Malabarba, L. R., Jerep, F. C., 2014. Review of the species of the genus *Serrapinnus* Malabarba, 1998 (Teleostei: Characidae: Cheirodontinae) from the rio Tocantins-Araguaia basin, with description of three new species. *Zootaxa*, 3847(1): 57-79.
- Malabarba, L.R., 2003. Subfamily Cheirodontinae (Characins, tetras). pp. 215–221. In: Check list of the freshwater fishes of South and Central America, (Reis, R.E., Kullander, S.O. & Ferraris Jr., C., eds.). Porto Alegre: Edipucrs.
- Malabarba, L.R., 1998. Monophyly of the Cheirodontinae, characters and major clades (Ostariophysi: Characidae). pp. 193–233 In: Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes (Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, Z.M.S. & Lucena, C.A.S., eds.). Porto Alegre: Edipucrs.
- Matthews, W. J., 1998. Patterns in freshwater ecology. Massachusetts: Chapman & Hall, 784 p.
- Medeiros, E. S. F. e Maltchik, L., 1998: Implications of hydrological extremes in fish reproductive period in a temporary river of Brazilian semiarid (Taperoá, PB) - Anais do Simpósio de Ecossistemas Brasileiros Vol. II: 329-339.
- Medeiros, E. S. F. e Maltchik, L., 2000. Influence of hydrological disturbance on reproduction of a fish community in an intermittent stream from Brazilian semiarid region. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und Angewandte Limnologie*, 27: 906-911.
- Medeiros, E. S. F.; Ometto, J.; Silva, D. J., 2010. Isótopos estáveis indicam origens do carbono que mantém diversidade do ambiente aquático. *Ciência Hoje*, 46: 33-39.
- Meffe, G.K.; Snelson Jr, F.F., 1989. An ecological overview of poeciliid fishes, pp. 13-32. In: Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae) (Snelson Jr., F.F.; Meffe, G.K. eds). New Jersey: Prentice Hall.
- Mendonça, J.P.; Andreatta, J.V., 2001. Aspectos reprodutivos de *Poecilia vivipara* (Bloch & Schneider) (Poeciliidae) da Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 18 (4): 1041 – 1047.
- Montag, L.F.A.; Freitas, T.M.F.; Raiol, R.D.O.; Silva, M.V., 2011. Length-weight relationship and reproduction of the guppy *Poecilia reticulata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in urban drainage channels in the Brazilian city of Belém. *Biota Neotropical* 11 (3): 93 – 97.
- Nascimento, R.S.S.; Gurgel, H.C.B., 2000. Estrutura populacional de *Poecilia vivipara* Bloch & Schneider, 1801 (Atheriniformes, Poeciliidae) do rio Ceará-Mirim - Rio Grande do Norte. *Acta Scientiarum*, 22(2):415-422.

- Nascimento, S. W.; Araújo, A.S.; Chellappa, N.T.; Chellappa, S., 2013. Reproductive strategy of *Leporinus piau* (Fowler, 1941), a neotropical freshwater fish from the semi-arid region of Brazil. *Journal of Applied Ichthyology* 29: 877-880.
- Paiva, M.P., 1978. A ictiofauna e as grandes represas brasileiras. *Revista DAE Sabesp* 38 (116): 49-56.
- Pamplona, L.G.C.; Alencar, C.H.; Lima, J.W.O.; Heukelbach, J., 2009. Reduced ovoposition of *Aedes aegypti* gravid females in domestic containers with predatory fish. *Tropical Medicine & International Health*, 14(11):1347-1350.
- Partridge, L.; Harvey, P. H., 1988. The ecological context of life history evolution. *Science*, 241:1449 – 1456.
- Pires, M.N.; Banet, A.I.; Pollux, B.J.A.; Reznick, D.N. 2011. Variation and evolution of reproductive strategies. In: Evans, J.P.; Pilastro, A.; Schlupp, I. Ecology and Evolution of Poeciliid Fishes. Chicago and London: University of Chicago Press. Chapter 3, p.28-37.
- Poff, N.L.; Allan, J.D., 1995. Functional organization of stream fish assemblages in relation to hydrological variability. *Ecology*, 76(2): 606-627.
- Ricklefs, R. E.; Wikelski, M., 2002. The physiology/life-history nexus. *Trends in Ecology and Evolution*, 17(10):462 – 468.
- Riginella, E.; Mazzoldi, C.; Ashford, J.; Jones, C.D.; Morgan, C.; La Mesa, M., 2016. Life history strategies of the Scotia Sea icefish, *Chaenocephalus aceratus*, along the Southern Scotia Ridge. *Polar Biology*, 39:497-509.
- Robson, B.J.; Chester, E.T.; Austin, C.M., 2011. Why life history information matters: drought refuges and macroinvertebrate persistence in non-perennial streams subject to a drier climate. *Marine and Freshwater Research*, 62:801-810.
- Roff, D.A., 1992. The Evolution of Life Histories: Theory and Analysis. New York: Chapman and Hall, 537p.
- Sibly, R.M., 1996. Life history evolution in heterogeneous environments: a review of theory. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B*, 351:1349-1359.
- Silvano, J.; Oliveira, C.L.C.; Fialho, C.B.; Gurgel, H.C.B., 2003. Reproductive period and fecundity of *Serrapinnus piaba* (Characidae: Cheirodontinae) from the rio Ceará Mirim, Rio Grande do Norte, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 1(1):61-66.
- Stearns, S. C., 1989. Trade-offs in life history evolution. *Functional Ecology*, 3(3):259 – 268.
- Stearns, S.C; Hoekstra, R.F., 2003. Evolução: Uma introdução. São Paulo: Atheneu Editora.

- Tondato, K.K., Fialho, C.B. and Suárez, Y.R. Life history traits of *Odontostilbe pequirá* (Steindachner, 1882) in the Pantanal of Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Oecologia Australis*, 2012, 16(4), 878-890.
- Vazzoler, A.E.A.M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM, 169p.
- Velázquez-Velázquez, E.; López Vila, J.M.; Ruiz Velasco, J.C. 2010. *Peces de la reserva ecológica El Canelar, Chiapas, México*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Vieira, Carolina Santos. *Estratégia reprodutiva e a expressão de caracteres sexuais secundários em Serrapinnus heterodon Eigenmann, 1915 (Characidae:Cheirodontinae)*. 2014. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.
- Vieira, C.S.; Bartolette, R.; Brito, M.F.G. 2016. Comparative morphology of bony hooks of the anal and pelvic fin in six neotropical characid fishes (Ostariophysi: Characiformes). *Zoologischer Anzeiger*. 260: 57–62
- Wiebe, J.P. 1968. The reproductive cycle of the viviparous seaperch, *Cymatogaster aggregata* Gibbons. *Canadian Journal of Zoology*, 46. 1221.
- Williams, D. D., 1996. Environmental constraints in temporary fresh waters and their consequences for the insect fauna. *Journal of the North American Benthological Society*, 15(4): 634–650.
- Winemiller, K.O., 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81: 225-241.
- Winemiller, K.O; Rose, K.A., 1992. Patterns of life-history diversification in North American fishes: implications for population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 49: 2196-2218.
- Wolf, L.L., Hreciuk, E.R., Viana, D., Zaleski, T. & Donatti, L. 2007. Population structure of *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868) (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) collected on a brook in Guarapuava, PR. *Braz. Arch. Biol. Techn.* 50(3):417-423.
- Yount D.D.; Niemi G.D., 1990. Recovery of lotic communities and ecosystems from disturbance – a narrative view of case studies. *Environmental Management*, 14:547–569.