



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**ALEXANDRE DA GAMA FERNANDES VIEIRA JÚNIOR**

**EFEITOS DA SALINIDADE NA ECOLOGIA TRÓFICA DO PEIXE-REI *Atherinella  
brasiliensis* (QUOY & GAIMARD, 1824) EM DOIS ESTUÁRIOS TROPICAIS DO  
NORDESTE DO BRASIL**

CAMPINA GRANDE – PB

AGOSTO DE 2018

**ALEXANDRE DA GAMA FERNANDES VIEIRA JÚNIOR**

**Efeitos da salinidade na ecologia trófica do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) em dois estuários tropicais do Nordeste do Brasil**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de Licenciado em Biologia.

**Orientação:** Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

V657e Vieira Junior, Alexandre da Gama Fernandes.  
Efeitos da salinidade na ecologia trófica do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) em dois estuários tropicais do nordeste do Brasil [manuscrito] / Alexandre da Gama Fernandes Vieira Junior. - 2018.  
23 p.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2018.  
"Orientação : Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."  
1. Estuários tropicais. 2. Atherinopsidae. 3. Hábitos alimentares. 4. Peixes juvenis. 5. Hábitos alimentares. I. Título  
21. ed. CDD 639.3

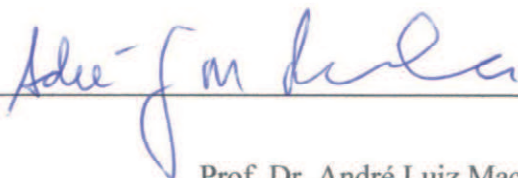
ALEXANDRE DA GAMA FERNANDES VIEIRA JÚNIOR

Efeitos da salinidade na ecologia trófica do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) em dois estuários tropicais do Nordeste do Brasil

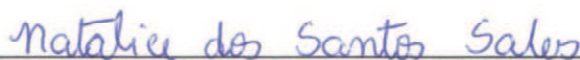
Aprovado em 27/08/2018

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Biologia.

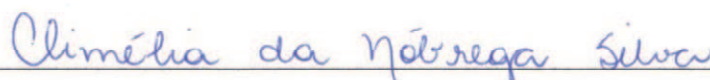
Área de concentração: Ecologia Marinha



Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha (Orientador)



MSc. Natalice dos Santos Sales (UEPB)



MSc. Climélia da Nóbrega Silva (UEPB)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por tornar tudo possível!

Agradeço a minha família, por sempre ter acreditado em mim, não ter me deixado faltar nada e não ter deixado eu desistir nunca, sempre me dando forças. Amo vocês.

Agradeço a Diele, por sempre estar me apoiando, me ajudando no que preciso, me acalmando (mesmo não sendo a pessoa mais calma, kkk). Você é a alegria dos meus dias, um presente que Deus me deu. Te amo.

Agradeço ao pessoal do LEP, que durante todo esse tempo tem sido como uma segunda família. Estes sempre me aturando, nas doídices, chatices, festividades e tantas outras ocasiões. Agradeço a todos aqueles que estão presentes no meu dia: Adara, Beth, Bia, Breno, Henrique, Letícia, Lili, Lucas, Malu, Mara, Maysa 1, Maysa 2, Renaly, Ronnie, Ahyanna, Viviane e Zé. Agradeço também por todos aqueles que já passaram pelo LEP mas que agora estão distantes: Tony, Gabi, Rayssa, Renato, Ahyanna, Carol, Fernando, Yasmin. Agradeço por todo conhecimento que vocês me proporcionaram, obrigado a todos!

Agradeço aqueles que se tornaram para mim como irmãos, que estão na caminhada comigo desde o início, Coloral (Tijolinho, ferrugem, vulgo Juan), Irailson (que me introduziu nas coletas), Adailton (Dada - o homão da porra!), Édén (Ligeirinho, parceiro para todas as horas), Cássio (Tamo junto parceiro), Gitá (Galã de cinema), Xení (Putão do subsolo, quase pastor), Alf (Agradece a xení por cuidar de tu). Não sei nem o que falar de vocês, todos os momentos de alegria, tristeza, fofocas e coletas estarão guardados para sempre. O que precisarem estarei por aqui para ajudar no que for preciso.

Agradeço também as meninas que para mim são muito importantes e que me auxiliaram para a vida, obrigado Natalice (Padrinho!), obrigado Manu, obrigado Lili. Vocês são essenciais em minha vida, obrigado por todos os conselhos e ensinamentos.

Agradeço a André, por ter aceitado aquele jovem aprendiz com olhos marejados de lágrimas dizendo que tinha um sonho (mesmo dizendo que não tinha mais vagas para ninguém, kkk). Obrigado André, por todo conhecimento, todos os momentos de alegria e por todas as broncas (todas foram bem-vindas), continue sendo esse pai para todos que necessitam de uma orientação tanto para vida acadêmica como para a vida.

## SUMÁRIO

<b>1 Introdução</b> .....	5
<b>2 Material e métodos</b> .....	7
2.1 Área de estudo.....	7
2.2 Desenho amostral.....	8
2.3 Análise de dados .....	9
<b>3 Resultados</b> .....	10
3.1- Dieta geral.....	10
3.2- Variações ontogenéticas .....	12
<b>4 Discussão</b> .....	13
<b>5 Referências</b> .....	17

## RESUMO

A variação de salinidade nos ambientes estuarinos influencia a distribuição das espécies de peixes bem como a disponibilidade dos recursos alimentares a serem utilizados pelos mesmos durante o seu desenvolvimento e crescimento. O objetivo do presente estudo foi verificar a dieta de *Atherinella brasiliensis* e as mudanças de acordo com o regime de salinidade entre um estuário positivo e outro hipersalino na costa do Nordeste do Brasil. Para captura dos indivíduos, as amostragens foram realizadas utilizando a metodologia de arrasto de praia (*beach seine*) em duas áreas dos estuários (zona superior e zona inferior) durante os períodos de chuva e de seca da região. Para o estudo e a comparação da dieta foi utilizado o Índice Volumétrico e as presas foram identificadas ao menor nível taxonômico. Foram examinados um total 2549 estômagos (1124 para o estuário positivo e 1425 para o estuário hipersalino), e os resultados indicaram uma dissimilaridade de 92,7% da dieta entre os ambientes: no estuário positivo houve maior predação dos itens Calanoida, Gastropoda, Hymenoptera, Larva de Ceratopogonidae e Larva de Decapoda, enquanto que Alga, Material Vegetal e Cyclopoida caracterizaram a dieta no estuário hipersalino. Entretanto, a variação ontogenética da dieta entre e dentro os estuários não foi evidente. As variações entre os ambientes reforçam o efeito da salinidade no mecanismo fisiológico das populações encontradas nos diferentes estuários, uma vez que as maiores proporções de estômagos cheios nos ambientes hipersalinos indicam a necessidade de grande e constante ingestão de presas para garantir assim, o maior gasto energético com a osmorregulação no estuário hipersalino.

*Palavras-chave:* Atherinopsidae, peixes juvenis, hábitos alimentares.

## 1 Introdução

Estuários são ecossistemas complexos com ampla disponibilidade de habitats e variações das condições abióticas, que são responsáveis por influenciar na composição das assembleias de peixes ao longo do gradiente (Guinder et al., 2010; Contente et al., 2011a). Possui grande quantidade de recursos essenciais para reprodução, refúgio e alimentação das espécies de peixes, e por tais características, são consideradas importantes áreas de berçários (Figueiredo; Pessanha, 2015; Tietze; Gerald, 2016). Na zona tropical pode-se encontrar estuários positivos e hipersalinos: os primeiros são caracterizados pelo aporte de água doce proveniente dos rios, gerando assim um gradiente de características físico-químicas, enquanto os hipersalinos são encontrados principalmente em regiões costeiras áridas e semiáridas, onde são registrados um baixo índice pluviométrico e uma alta evaporação (Potter et al., 2010; Silva et al., 2016). Todas essas características acabam por influenciar a distribuição e abundância das espécies de peixes nesses dois tipos de ambientes costeiros.

As características físicas e químicas do ambiente funcionam como filtros para selecionar as espécies de peixes e também de outros táxons, permanecendo as que apresentarem melhores adaptações a estas condições abióticas do habitat no qual fazem parte (Nagelkerken et al., 2008). Dentre os principais filtros destaca-se a salinidade, considerada como um condicionante ambiental determinante por influenciar nas questões osmorregulatórias para a distribuição e abundância de presas e predadores nos estuários (Hindell et al., 2004; Silva et al. 2016). No caso dos estuários hipersalinos, os organismos que habitam tais ambientes têm maiores gastos energéticos como na manutenção dos mecanismos osmorregulatórios, em contraposição aos que vivem nos estuários positivos, e nesse caso pode ocorrer um maior investimento das espécies para as interações (e.g. predação e competição), crescimento e reprodução (Villar et al., 2011).

Estudos comparativos da dieta em peixes generalistas em estuários com características físico-químicas distintas evidenciaram variações na composição dos principais itens alimentares (Sarre et al., 1999; Yeager et al., 2014; Silva et al., 2016). Segundo Sarre et al. (1999) os peixes em salinidade mais altas apresentaram uma dieta composta principalmente por macrophytas, seguidos por crustáceos, enquanto que em salinidades menores a dieta foi composta principalmente por moluscos, seguido por macrophytas. Silva et al. (2016) também observou mudanças na dieta de representantes de Gerreidae em estuários hipersalinos tropicais, destacando a importância dos itens de origem vegetal na dieta das espécies principalmente em locais com salinidade maior que 40. Estas características evidenciam como as espécies de peixes eurihalinas utilizam de sua capacidade adaptativa para ampliar o seu nicho, bem como apresentam uma maior flexibilidade alimentar (Ley et al., 1994). Além disso, os indivíduos utilizam habitats que ofereçam presas com um maior benefício energético, que de acordo com a teoria do forrageamento ótimo, permite o aumento na amplitude de itens alimentares quando se tem uma diminuição das presas preferenciais (Stephens & Krebs 1986; Rodel et al., 2004).

O peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* apresenta distribuição por todo o litoral brasileiro com predominância em águas costeiras e estuarinas, sendo considerados residentes e com uma grande importância na cadeia alimentar destes ecossistemas (Contente et al., 2011a; Pichler et al., 2017). A espécie é caracterizada por apresentar um crescimento acelerado (Expectativa de vida de 3,5 anos) e possuir uma desova parcelada ao longo do ano (Pessanha & Araújo, 2001; Carvalho et al., 2017). A habilidade da espécie *A. brasiliensis* em suportar uma ampla variação de salinidade lhe permite ter vantagens no ambiente estuarino, como por exemplo, explorar maior amplitude de recursos (disponibilidade de alimento e



refúgios, ampliação de nicho) baseado no balanceamento entre as suas satisfações bióticas e outros fitness relacionados, como exemplo um maior aumento para chegar ao estágio de maturação sexual em um menor tempo ou uma maior incorporação da biomassa (Billerbeck et al., 2001; Bucking et al., 2012; Schultz & McCormick, 2012; Wishingrad et al., 2014; Tietze & Gerald, 2016).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar as diferenças na composição da dieta de *Atherinella brasiliensis* entre dois estuários tropicais com níveis de salinidade distintos, bem como verificar possíveis variações nas presas de acordo com o desenvolvimento ontogenético da espécie para a manutenção das populações em nesses ambientes.

## **2 Material e métodos**

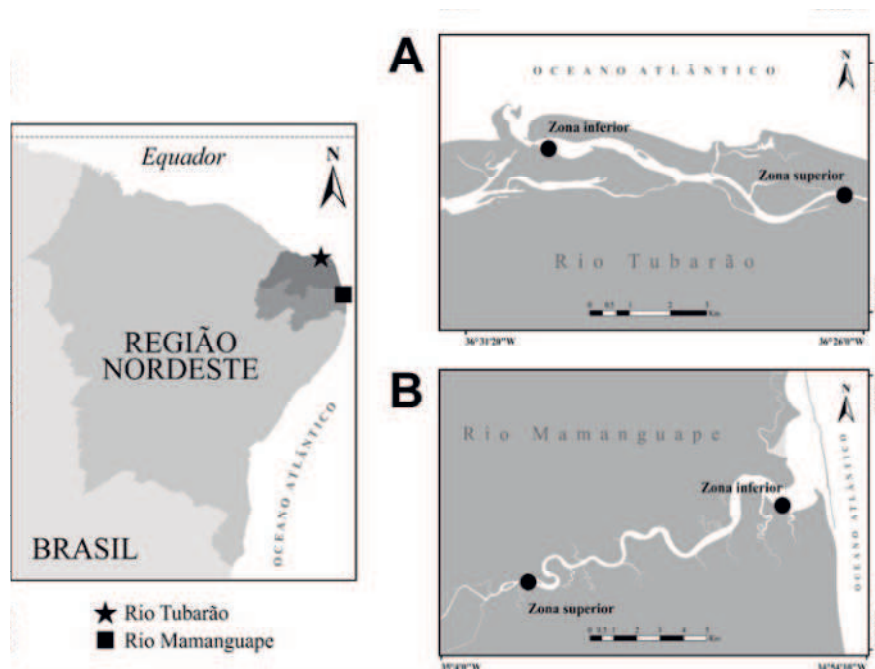
### **2.1 Área de estudo**

O estuário do rio Mamanguape está localizado no litoral norte do estado da Paraíba (6° 43' 02"S e 35° 67' 46" O) (Figura 1B), numa área com 16.400 hectares de manguezal dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) de Barra de Mamanguape (CERHPB, 2004). O clima da região é quente e úmido (AS' de Köppen) (Alvares et al., 2014), com a estação chuvosa entre fevereiro e julho e a seca entre agosto e Janeiro. A precipitação anual normal situa-se entre 1750 e 2000 mm anuais, e a temperatura média de 24-26 °C (Alvares et al., 2014). Nesse estuário a salinidade varia entre 2 a 35, da região superior para região inferior.

O estuário do rio Tubarão está localizado no litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte (5°04'37"S e 36°27'24"O) (Figura 1A). Compreende cerca de 10 km de extensão e está inserido nos limites da RDS Ponta do Tubarão. O estuário é cercado por uma vegetação de mangue e está inserido em uma região caracterizada pelo clima semi-árido (Alvares et al., 2014), com o período chuvoso compreendendo os meses de fevereiro a julho e o período de seca compreendendo os meses de agosto a janeiro. Com alta taxa de evaporação e baixo índice pluviométrico (média anual de 537,5 mm) (IDEMA 1999), onde nesse estuário são registradas salinidades variando entre 30 e 50 (Sales et al., 2017). Apesar de estar inserida em uma região explorada para diferentes fins, a costa setentrional do Rio Grande do Norte representa uma das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade brasileira (MMA 2002), sendo considerada de importância biológica muito alta. E mesmo com todo o histórico

de exploração econômica, esta área ainda é insuficientemente conhecida no tocante a sua biodiversidade.

**Figura 1** Áreas de estudo: A – estuário do rio Tubarão - RN (estuário hipersalino), e B – estuário do rio Mamanguape - PB (estuário positivo), com as respectivas marcações das zonas de coleta, superior e inferior.



## 2.2 Desenho amostral

O programa de amostragens foi realizado durante o período de chuva e seca em cada um dos estuários, sendo que as amostragens no rio Mamanguape foram realizadas em 2011 e do estuário do rio Tubarão em 2012. A captura dos peixes foi realizada utilizando-se uma rede beach seine (10 m de comprimento e 1,5 m de altura, com uma malha de 5 mm) ou rede de picaré, a qual foi arrastada a uma extensão de aproximadamente 30 metros a uma profundidade máxima de 1,5 metros em cada ponto amostral. Os peixes foram capturados nas zonas superior e inferior de cada estuário, onde podemos observar as seguintes faixas de salinidade: no estuário do rio Mamanguape registramos salinidade de 18–37 para a Zona Inferior e 2 a 25 na Zona Superior (Figueiredo & Pessanha, 2015), enquanto para o rio Tubarão registramos 30 a 45 para a Zona Inferior e 40 a 50 na Zona Superior (Sales et al., 2018). Os peixes coletados foram acondicionados em sacos plásticos, etiquetados e fixados

em formol 10% para posterior identificação no laboratório. Após a identificação, os peixes foram medidos (Total Length in mm) e pesados (grams).

### 2.3 Análise de dados

Para análise da dieta os estômagos foram retirados para visualizar o grau de repleção e o conteúdo estomacal. Cada item alimentar foi identificado até o menor nível taxonômico possível (Anexo I), com cada item contado e retirado o seu volume através do método das placas (Alvares et al., 2014). A percentagem volumétrica para cada item foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:  $FV = \text{quantidade do item no estômago} / \text{volume total dos itens} * 100$  (Hyslop 1980). O método volumétrico foi escolhido nesse estudo para quantificar os itens alimentares por ser um método mais adequado especialmente quando há grande ingestão de material vegetal pela espécie. Os estômagos foram ainda classificados de acordo com o grau de repleção (vazio, semi-cheio e cheio (Soares et al., 2016), e posteriormente calculado o índice de vacuidade ( $IV = \text{estômagos vazios} / \text{estômagos cheios} + \text{cheios} * 100$ ) (Figura 2) (La Mesa et al., 2006).

A análise de conteúdo foi realizada utilizando um microscópio estereoscópico, os itens alimentares foram identificados ao menor nível taxonômico possível e posteriormente agrupados nas seguintes categorias taxonômicas: Material Vegetal (planta e restos de algas); Zooplâncton (larvas de Decapoda, copépodos Calanoida e Cyclopoida, invertebrados e ovos de peixe); Insetos; Polychaeta; Peixe (escamas e peixe); Moluscos (Bivalvia, Gastropoda e Scaphopoda); Decapoda (caranguejos e camarão); Crustáceos bênticos ou epibênticos (isopoda, Tanaidacea, Ostracoda, anfípodes de Caprella, Mysidacea, anfípodes de Gammaridea, copépodos Harpacticoida e Cirripedia); Infauna (Foraminifera, Sipuncula, Nematoda e Trematoda); e Phytobenthos (diatomáceas).

Para investigar a distribuição da classe de tamanho nos estuários, as classes foram definidas de acordo com Freire et al. (2012), e os indivíduos foram divididos nas seguintes classes: Juvenis Pequenos (<50 mm); Juvenis ( $\geq 50$  a 81 mm) e adultos ( $\geq 82$  mm).

Escala multidimensional não-métrica (nMDS) ordenação do volume de itens alimentares foi aplicada para representar a dieta graficamente. Antes da ordenação de nMDS, as contribuições volumétricas de cada presa foram transformadas em quarta raiz e uma matriz de similaridade construída usando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Análise de similaridade unidirecional (ANOSIM) foi realizada na matriz de similaridade para testar se a composição da dieta diferiu significativamente entre os estuários. Percentuais de similaridade (SIMPER) foram utilizados para determinar quais itens dietéticos contribuíram mais para a

similaridade entre as amostras para diferentes estuários. As análises multivariadas foram realizadas com o pacote de software PRIMER, versão 6.0 (Clarke, 1993).

Uma análise de agrupamento não-hierárquica, baseada no método de ligação UPGMA (Método Médio de Grupo Par Não Ponderado), foi usada para construir um dendrograma para identificar mudanças ontogenéticas na dieta entre classes de tamanho (Figura 4). Uma análise de correlação copenética foi empregada para aumentar a confiabilidade das conclusões tiradas da interpretação do dendrograma. Adotamos  $rc = 0,80$  como critério de fidelidade para esta análise (ROMESBURG, 1984, KOPP et al., 2007).

### **3 Resultados**

#### **3.1- Dieta geral**

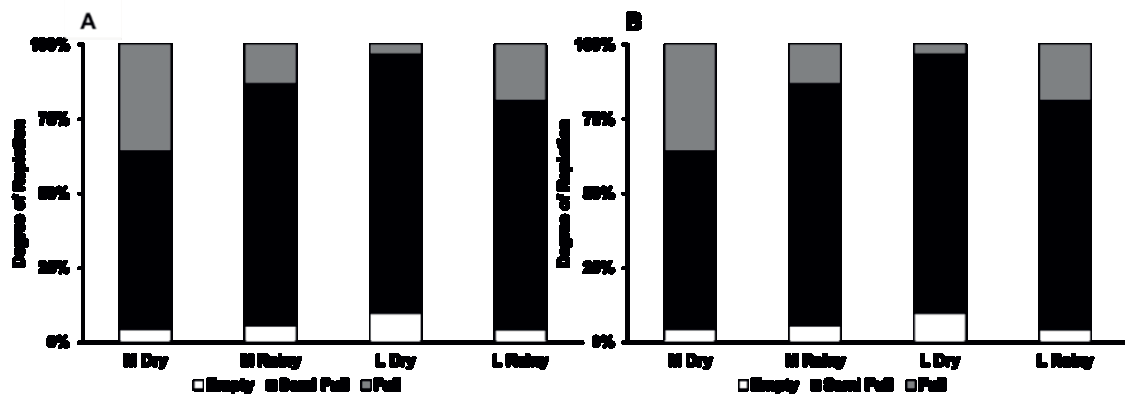
Foram examinados um total 2549 estômagos, sendo 1124 para o estuário do rio Mamanguape e 1425 para o estuário do rio Tubarão. No estuário do rio Mamanguape, a dieta foi composta de 44 itens, nas quais se destacaram por seu percentual de volume, Gastropoda, pupa de Ceratopogonidae, larva de Decapoda, Hymenoptera, Calanoida e Decapoda. No estuário do rio Tubarão a dieta foi composta de 47 itens, onde os que apresentaram uma maior porcentagem volumétrica foram de Alga filamentosa, alga, material vegetal, peixe, Cyclopoida e Decapoda.

Espaço-temporalmente foram verificadas diferenças no volume das principais presas nos estômagos de acordo com a área do estuário. No estuário do rio Mamanguape, na área mais salina os principais itens ( $PV > 3\%$ ) no período de chuva, respectivamente, foram Larva de Brachyura, Hymnoptera, Calanoida, Brachyura, Cyclopoda, Larva de Inseto e Ovos de peixe, enquanto na área menos salina tivemos a maior contribuição de Hymnoptera, Polychaeta, Calanoida, Larva de Ceratopogonidae, Diatomacea, Peixe, Brachyura e Larva de Brachyura. Já durante o período de seca, na parte mais salina destacaram-se os itens Gastropoda, Pupa de Ceratopogonidae e Calanoida, enquanto na área menos salina destaque para Material Vegetal, Ovos de peixes, Diptera, Calanoida, Brachyura, Cyclopoida, Peixe e Hymnoptera. O índice de Vacuidade apresentou menor valor na zona menos salina (3,96%), devido à alta porcentagem de estômagos cheios e semicheios durante todo o período estudado no estuário do rio Mamanguape.

No estuário do rio Tubarão, durante o período chuvoso os itens Alga, Cyclopoida, Peixe, Gastropoda e Brachyura destacaram-se na dieta na zona mais salina, enquanto Alga,

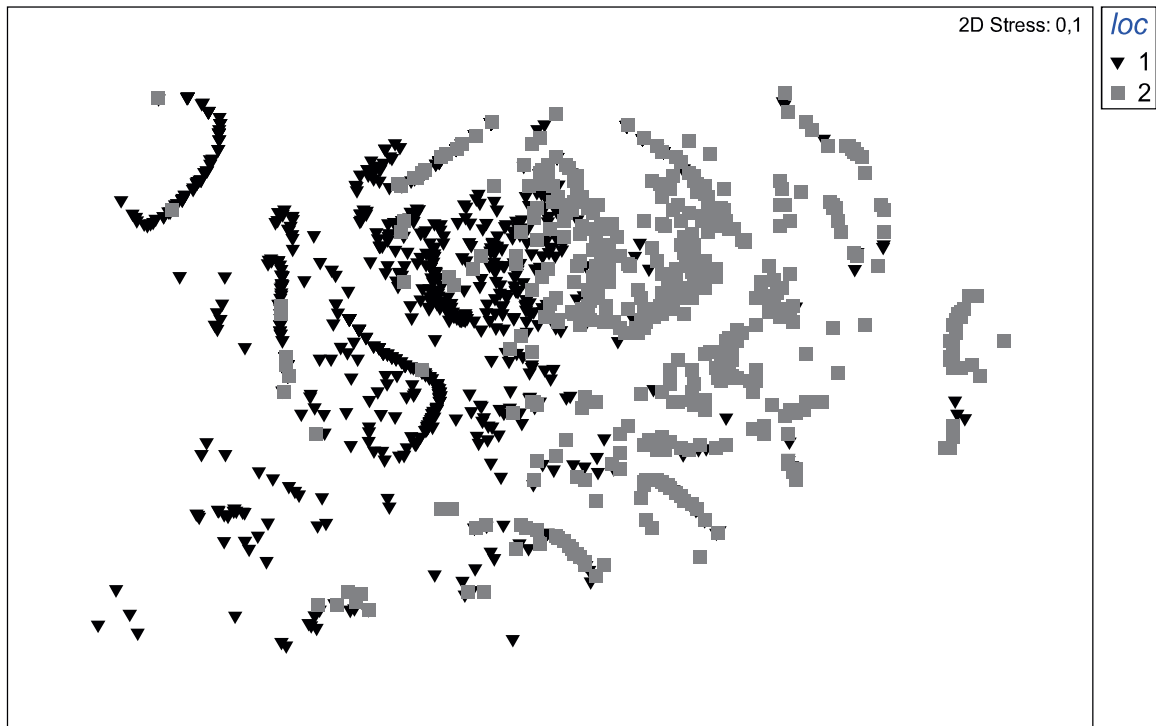
Cyclopida, Brachyura e Gammarideo para a zona menos salina. Já durante o período de seca, na zona mais salina houve um consumo somente de Algas, enquanto na parte menos salina destacaram-se os itens Peixe, Alga, Gammarideo, Brachyura, Caprella e Calanoida. No estuário do rio Tubarão o índice de vacuidade também apresentou baixos valores, acompanhando a tendência de maiores percentuais de estômagos semicheios. Entretanto, o grau de repleção do estágio cheio foi maior nos estômagos dos peixes na parte mais salina do estuário do rio Tubarão, indicando ingestão de alimento durante todo o período de seca.

**Figura 2-** Grau de Repleção estomacal de *Atherinella brasilienses* nos estuários do rio Tubarão (A) e do rio Mamanguape (B) nas estações de seca e chuva. M= high salinity L= Lower salinity.



O nMDS (Figura 3) evidenciou diferenças na dieta entre os dois estuários analisados com as amostras do estuário do Mamanguape localizados a esquerda do diagrama e as amostras do estuário do Tubarão na parte direita. O ANOSIM apresentou diferenças significativas na dieta entre os dois estuários (Global R= 0,157; P= 0,001). O SIMPER indicou que as presas consumidas pelo peixe-rei diferem entre si em 92.7% entre os dois estuários. No estuário do rio Mamanguape os itens Calanoida, Gastropoda, Hymenoptera, Larva de Ceratopogonidae e Larva de Decapoda, apresentaram os maiores volumes, enquanto que Alga, Material Vegetal e Cyclopoida caracterizaram a dieta no estuário do rio Tubarão.

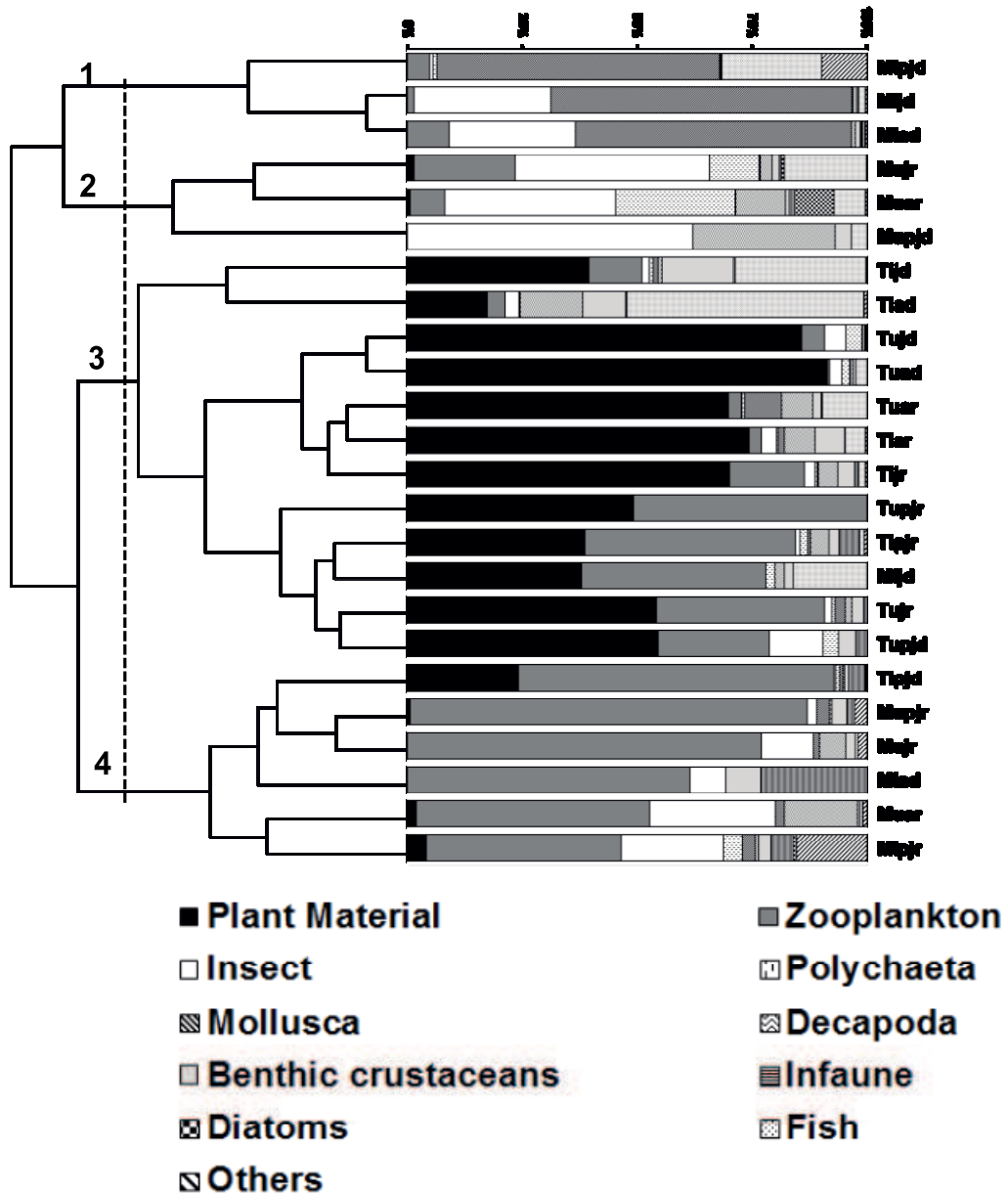
**Figura 3** – Ordenação multidimensional não Métrica (nMDS) para os itens da dieta de *Atherinella brasiliensis* nos estuários do rio Tubarão (triângulo preto) e do rio Mamanguape (quadrado cinza).



### 3.2- Variações ontogenéticas

A variação ontogenética da dieta de *A. brasiliensis* entre e dentre os estuários não foi evidente pela análise de agrupamento. O dendrograma apresentou quatro grupos (coeficiente cofenético= 0.83), nos quais representou muito mais a similaridade na dieta entre estuários e áreas que as variações ontogenéticas na dieta de *A. brasiliensis*. O grupo 1 foi formado pela percentagem volumétrica das classes de tamanho que consumiram molusco durante a seca na área inferior do estuário do rio Mamanguape, enquanto o grupo 2 foi formado pelas classes que consumiram insetos na parte superior desse mesmo estuário na época das chuvas. Já o grupo 3 foi representado por todas as classes de tamanho de estuário do rio Tubarão, uma vez que em todas as classes houve um grande volume ingerido de material vegetal, representado principalmente por Algas, em toda área do estuário. Já o grupo 4 foi formado por classes de tamanho do estuário do Mamanguape que consumiram grandes volumes dos itens do Zooplâncton, principalmente pelos pequenos juvenis e juvenis.

**Figura 4** – Dendrograma com os dados da dieta para as diferentes classes de tamanho de *Atherinella brasiliensis* nos estuários do rio Tubarão (T) e do rio Mamanguape (M). Legenda: l= zona inferior, u= zona superior; pj= pequeno juvenil, j= juvenil e a=adulto; r= chuva e d= seca.



#### 4 Discussão

Embora a espécie *Atherinella brasiliensis* apresente uma ampla plasticidade trófica, as condições ambientais do habitat em que elas estão inseridas podem influenciar na composição da sua dieta (Hossain et al., 2017). Nos dois estuários estudados, foi evidenciado diferenças na preferência das presas capturadas, que foi suportado pelos resultados do nMDS e SIMPER. Mesmo apresentando uma abundância de recursos proteicos no estuário do rio Tubarão (Sales et al., 2016), a população de *A. brasiliensis* ingeriu um maior percentual volumétrico de

presas de origem vegetal, em contraposição ao estuário do rio Mamanguape cuja preferência foi de presas de origem animal. Esta escolha, por determinado tipo de presa, pode ser explicada pela maior disponibilidade deste tipo de presa em ambientes hipersalinos (Sarre et al., 1999; Almeida-Silva et al., 2015; Sales et al., 2016; Silva et al., 2016), tendo em vista que a espécie é caracterizada por apresentar um hábito generalista-oportunista (Horn et al., 2006; Contente et al., 2011b). O mesmo foi observado por Alves et al., (2014), indicando que *A. brasiliensis* pode funcionar como indicador do ambiente devido ao hábito de predação o que está em maior abundância no ambiente no qual está inserida.

O gasto energético para suprir a demanda das necessidades biológicas (e.g. crescimento, reprodução, predação) e fisiológicas (e.g. osmorregulação) é essencial para a vida dos peixes que habitam os estuários (Chizinski et al., 2007; Nunn et al., 2011). No estuário do rio Mamanguape, o gasto energético com a osmorregulação pode ser melhor gerenciada pelos indivíduos utilizando sua energia de outras formas, como por exemplo em percorrer uma maior área para ir atrás de suas presas preferenciais. Já no estuário do rio Tubarão o estresse ambiental será maior, de forma que seria inviável se ter uma perda de energia a procura de presas em uma maior área de forrageamento (Essington et al., 2014). Esta diferença no uso de recursos alimentares entre os estuários tem uma influência no fator de condição para a espécie.

Desta forma, os resultados são reflexos na mudança da dieta explicados devido a diferença da salinidade nos dois estuários, indicando que estas diferenças refletem uma diferença do fitness (Yager et al., 2014), uma vez que as espécies optam por investir em um rápido crescimento para chegar ao estágio de maturação, em ambientes com um maior grau de perturbação, num curto espaço de tempo (Chizinski et al., 2007). Logothetis (2001) observou em uma espécie da família Atherinopsidae que seus indivíduos possuem enzimas capazes de digerir material vegetal com taxas de eficiência similares a outros peixes herbívoros. Também segundo o mesmo autor, por serem presas de menor qualidade, a dieta a base de macroalgas necessita de uma ingestão contínua.

Outro fator que explica a diferença nos padrões de desenvolvimento do modelo de forrageamento ótimo que o peixe-rei desempenha nos dois estuários é o número de itens principais que compõe a dieta encontrada em nossos resultados: no estuário do rio Mamanguape foram encontradas 29 principais presas enquanto que no estuário do rio Tubarão apenas 19 principais presas. Estudos realizados verificaram que outras espécies eurihalinas tendem a ter este comportamento de consumir um maior volume de presas de origem vegetal



em ambientes mais salinos para complementar sua demanda energética (Ley et al., 1994; Silva et al., 2016), corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

Para as variações temporais na dieta, foram observadas diferenças na composição nos estuários. Nossos resultados indicaram que, para o estuário do rio Mamanguape, Calanoida, Hymenoptera e larva de Decapoda predominaram na dieta do peixe-rei para estação chuvosa, enquanto que para estação seca permaneceu apenas Calanoida entre os principais itens que compõe a dieta. Essa diferença pode ser atribuída pela abundância destes recursos durante o período chuvoso. Segundo Silva (2016), a abundância de zooplankton em estuários tropicais é maior em períodos de chuva, indo de encontro ao que foi observado em nossos resultados. Já o grande consumo de Hymenopteras deve-se ao fato que as chuvas acarretam a queda destes indivíduos no estuário proporcionando uma alta abundância de recursos alóctones (Contente et al., 2011b). Entretanto, no estuário do rio Tubarão as presas de origem vegetal (filamentous algae e plant material) estiveram entre as mais comuns no período chuvoso, não diferindo tanto do período da seca. Esta pouca variação entre as principais presas escolhidas pode ser explicada pelo clima local (Silva et al., 2016; Sales et al., 2016). Devido à pouca precipitação na região, não existe uma grande descarga de matéria orgânica provenientes das chuvas, de forma que não se tenha recursos suficientes para que ocorra o aumento significativo na abundância do zooplankton e de recurso alóctones nesta área (Contente et al., 2011b; Atwood et al., 2012).

Estudos descrevem que os padrões de desenvolvimento ontogenético acarretam alterações de recursos explorados em várias espécies de peixes generalistas (Pessanha & Araújo, 2013). Estas mudanças de nicho, para captura de presas maiores devido ao aumento da boca e do tamanho do indivíduo, são interpretadas como adaptações para a demanda energética dos peixes em diferentes classes de tamanho (Ross et al., 2006; Pessanha & Araújo, 2013; Carvalho & Spach, 2015). Esta plasticidade entre as diferentes classes de tamanho pode ser uma estratégia utilizada pelos peixes para evitar a competição intraespecífica. Entretanto, nossos dados não apresentaram mudanças significativas entre as classes de tamanho para os dois estuários. Por exemplo, no estuário do rio Mamanguape Gastropoda e Calanoida ficaram entre os principais itens da dieta nas três classes de tamanho observadas. O mesmo ocorreu no estuário do rio Tubarão, onde as três classes de tamanho apresentaram, entre as presas principais consumidas, as de origem vegetal. Contente (2011b) também observou isto em seus resultados, uma vez que, mesmo os indivíduos maiores de *A. brasiliensis* apresentaram como item principal Calanoida. Outros estudos demonstram uma linearidade entre tamanho da boca e tamanho das presas consumidas (Unger & Lewis, 1983;

Mendoza-Carranza & Vieira, 2009; Mogensen & Post, 2012; D'Aguillo et al., 2014). Estas características na alimentação entre as classes de tamanho só reforçam que a espécie *A. brasiliensis* apresentam um hábito generalista-oportunista, alimentando-se do que estiver em abundância no estuário.

## **ABSTRACT**

Salinity variation in estuarine environments influences the distribution of fish species as well as the availability of food resources to be used by them during their development and growth. The objective of the present study was to verify the diet of *Atherinella brasiliensis* and the changes according to the salinity regime between a positive estuary and another hypersaline estuary in the northeast coast of Brazil. Sampling was carried out using the beach seine method in two areas of the estuaries (upper and lower zone) during rainy and dry periods of the region. For the study and comparison of the diet, the Volumetric Index was used and the prey were identified at the lowest taxonomic level. A total of 2549 stomachs (1124 for the positive estuary and 1425 for the hypersaline estuary) were examined, and the results indicated a dissimilarity of 92.7% of the diet among the environments: in the positive estuary there was more predation of the items Calanoida, Gastropoda, Hymenoptera, Larva of Ceratopogonidae and Larva of Decapoda, while Alga, Plant Material and Cyclopoida characterized the diet in the hypersaline estuary. However, the ontogenetic variation of diet among and among the estuaries was not evident. The variations between the environments reinforce the effect of salinity on the physiological mechanism of the populations found in the different estuaries, since the larger proportions of filled stomachs in hypersaline environments indicate the need for large and constant ingestion of prey to guarantee, therefore, the greater energy expenditure with osmoregulation in the hypersaline estuary.

Key words: Atherinopsidae, juvenile fish, eating habits.

## 5 Referências

- ALMEIDA-SILVA, P. H. et al. Trophic ecology and food consumption of fishes in a hypersaline tropical lagoon. **Journal Of Fish Biology**, v. 86, n. 6, p.1781-1795, 2015.
- ALVES, V. E. N. et al. Do different degrees of human activity affect the diet of Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis*? **Journal Of Fish Biology**, v. 89, n. 2, p.1239-1257, 2016.
- ATWOOD, Trisha B.; WIEGNER, Tracy N.; MACKENZIE, Richard A.. Effects of hydrological forcing on the structure of a tropical estuarine food web. **Oikos**, v. 121, n. 2, p.277-289, 2011.
- Billerbeck, J. M.; Lankford Jr., T. E.; Conover, D. O. 2001. Evolution of intrinsic growth and energy acquisition rates. i. trade-offs with swimming performance in *Menidia menidia*. **The Society for the Study of Evolution**. 55, 1863-1872.
- BUCKING, C.; WOOD, C. M.; GROSELL, M.. Diet influences salinity preference of an estuarine fish, the killifish *Fundulus heteroclitus*. **Journal Of Experimental Biology**, v. 215, n. 11, p.1965-1974, 2012.
- MAICHAK DE CARVALHO, Barbara; LOUIS SPACH, Henry. Habitat use by *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) in intertidal zones of a subtropical estuary, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 37, n. 2, 2015.
- CARVALHO, BARBARA M. et al. Growth of the silverside *Atherinella brasiliensis* in a subtropical estuary with some insights concerning the weight-length relationship. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n. AHEAD, p. 0-0, 2017.
- CHIZINSKI, Christopher J. et al. Intraspecific resource partitioning by an opportunistic strategist, inland silverside *Menidia beryllina*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 23, n. 2, p. 147-151, 2007.
- CONTENTE, Riguel Feltrin; STEFANONI, Marina Freitas; SPACH, Henry Louis. Fish assemblage structure in an estuary of the Atlantic Forest biodiversity hotspot (southern Brazil). **Ichthyological research**, v. 58, n. 1, p. 38-50, 2011a.
- CONTENTE, R. F.; STEFANONI, M. F.; SPACH, H.L. Feeding ecology of the Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) in a sub-tropical estuarine ecosystem. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 91, n. 6, p. 1197-1205, 2011b.
- D'AGUILLO, M. C.; HAROLD, A. S.; DARDEN, T. L. Diet composition and feeding ecology of the naked goby *Gobiosoma bosc* (Gobiidae) from four western Atlantic estuaries. **Journal of fish biology**, v. 85, n. 2, p. 355-373, 2014.
- ESSINGTON, Timothy E. et al. A novel model of predator-prey interactions reveals the sensitivity of forage fish: Piscivore fishery trade-offs to ecological conditions. **ICES Journal of Marine Science**, v. 72, n. 5, p. 1349-1358, 2014.
- FIGUEIREDO, G. G. A. A.; PESSANHA, A. L. M. Comparative study of trophic organization of juvenile fish assemblages of three tidal creeks in a tropical semi- arid estuary. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 680-695, 2016.

- GUINDER, Valeria A. et al. Long-term changes in phytoplankton phenology and community structure in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. **Marine Biology**, v. 157, n. 12, p. 2703-2716, 2010.
- HINDELL, J. S.; JENKINS, G. P. Spatial and temporal variability in the assemblage structure of fishes associated with mangroves (*Avicennia marina*) and intertidal mudflats in temperate Australian embayments. **Marine Biology**, v. 144, n. 2, p. 385-395, 2004.
- HORN, M. H. et al. Structure and function of the stomachless digestive system in three related species of New World silverside fishes (Atherinopsidae) representing herbivory, omnivory, and carnivory. **Marine Biology**, v. 149, n. 5, p. 1237-1245, 2006.
- HOSSAIN, Md Afzal et al. Diet overlap and resource partitioning among three forage fish species in Coorong, the largest inverse estuary in Australia. **Environmental Biology of Fishes**, v. 100, n. 6, p. 639-654, 2017.
- HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. **Journal of fish biology**, v. 17, n. 4, p. 411-429, 1980.
- LEY, Janet A.; MONTAGUE, Clay L.; MCLVOR, Carole C. Food habits of mangrove fishes: a comparison along estuarine gradients in northeastern Florida Bay. **Bulletin of Marine Science**, v. 54, n. 3, p. 881-899, 1994.
- LINKE, T. E.; PLATELL, M. E.; POTTER, I. C. Factors influencing the partitioning of food resources among six fish species in a large embayment with juxtaposing bare sand and seagrass habitats. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 266, n. 2, p. 193-217, 2001.
- LOGOTHETIS, E. A.; HORN, M. H.; DICKSON, K. A. Gut morphology and function in *Atherinops affinis* (Teleostei: Atherinopsidae), a stomachless omnivore feeding on macroalgae. **Journal of Fish Biology**, v. 59, n. 5, p. 1298-1312, 2001.
- MENDOZA-CARRANZA, Manuel; VIEIRA, João Paes. Ontogenetic niche feeding partitioning in juvenile of white sea catfish *Genidens barbatus* in estuarine environments, southern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 89, n. 4, p. 839-848, 2009.
- MIKHEEV, V. N.; AFONINA, M. O.; PAVLOV, D. S. Habitat heterogeneity and fish behavior: units of heterogeneity as a resource and as a source of information. **Journal of Ichthyology**, v. 50, n. 5, p. 386-395, 2010.
- MOGENSEN, Stephanie; POST, John R. Energy allocation strategy modifies growth—survival trade-offs in juvenile fish across ecological and environmental gradients. **Oecologia**, v. 168, n. 4, p. 923-933, 2012.
- NAGELKERKEN, I. S. J. M. et al. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: a review. **Aquatic botany**, v. 89, n. 2, p. 155-185, 2008.
- NUNN, Andy D.; TEWSON, Lauren H.; COWX, Ian G. The foraging ecology of larval and juvenile fishes. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 22, n. 2, p. 377-408, 2012.
- PESSANHA, André Luiz Machado; ARAÚJO, Francisco Gerson. Recruitment of the silverside, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard)(Atheriniformes, Atherinopsidae), in

- continental margin of Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 4, p. 1265-1274, 2001.
- PESSANHA, André Luiz Machado; ARAÚJO, Francisco Gerson. Spatial and size feeding niche partitioning of the rhomboid mojarra *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) in a tropical Brazilian Bay. **Marine Biology Research**, v. 8, n. 3, p. 273-283, 2012.
- PESSANHA, André Luiz Machado; ARAÚJO, Francisco Gerson. Shifts of the feeding niche along the size dimension of three juvenile fish species in a tidal mudflat in southeastern Brazil. **Marine biology**, v. 161, n. 3, p. 543-550, 2014.
- PICHLER, H. A. et al. Seasonal and environmental influences on recruitment patterns and habitat usage among resident and transient fishes in a World Heritage Site subtropical estuary. **Journal of fish biology**, v. 90, n. 1, p. 396-416, 2017.
- POTTER, Ian C. et al. The concept of an estuary: a definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 87, n. 3, p. 497-500, 2010.
- RÖDEL, H. G.; VÖLKL, W.; KILIAS, H. Winter browsing of brown hares: evidence for diet breadth expansion. **Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde**, v. 69, n. 6, p. 410-419, 2004.
- ROSS, L. G. et al. Determination of feeding mode in fishes: the importance of using structural and functional feeding studies in conjunction with gut analysis in a selective zooplanktivore *Chirostoma estor estor* Jordan 1880. **Journal of Fish Biology**, v. 68, n. 6, p. 1782-1794, 2006.
- SALES, N. S. et al. Dependence of juvenile reef fishes on semi- arid hypersaline estuary microhabitats as nurseries. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 661-679, 2016.
- SCHULTZ, Eric T.; MCCORMICK, Stephen D. Euryhalinity in an evolutionary context. In: **Fish physiology**. Academic Press, 2012. p. 477-533.
- SILVA, Rayssa S.; CARVALHO, Kamila D.; PESSANHA, André LM. Distribution and feeding ecology of three juvenile mojarras in a hypersaline tropical estuary in Northeastern Brazil. **Marine ecology**, v. 37, n. 6, p. 1266-1281, 2016.
- STEPHENS, David W.; KREBS, John R. **Foraging theory**. Princeton University Press, 1986.
- TIETZE, S. M.; GERALD, G. W. Trade- offs between salinity preference and antipredator behaviour in the euryhaline sailfin molly *Poecilia latipinna*. **Journal of fish biology**, v. 88, n. 5, p. 1918-1931, 2016.
- VILAR, Ciro Colodetti; SPACH, Henry Louis; JOYEUX, Jean Christophe. Spatial and temporal changes in the fish assemblage of a subtropical estuary in Brazil: environmental effects. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 91, n. 3, p. 635-648, 2011.
- YEAGER, L. A.; LAYMAN, C. A.; HAMMERSCHLAG- PEYER, C. M. Diet variation of a generalist fish predator, grey snapper *Lutjanus griseus*, across an estuarine gradient: trade-offs of quantity for quality?. **Journal of fish biology**, v. 85, n. 2, p. 264-277, 2014.

WISHINGRAD, Van; CHIVERS, Douglas P.; FERRARI, Maud CO. Relative cost/benefit trade-off between cover-seeking and escape behaviour in an ancestral fish: the importance of structural habitat heterogeneity. **Ethology**, v. 120, n. 10, p. 973-981, 2014.



Errantia Polychaeta	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38	1,08	4,80	20,55	7,02	2,53	3,94	0,62	1,43	0,50	1,95	0,37
Sedentary Polychaeta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,17
<b>Spider</b>	0,31	0,01	0,44	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Crustacea</b>																
Calanoida	32,71	3,21	47,56	12,66	14,28	9,78	11,85	7,50	14,04	0,87	19,69	2,52	12,47	3,08	11,73	1,56
Cyclopoida	20,56	2,84	5,70	25,00	9,52	6,52	7,37	2,10	33,88	2,49	45,67	7,78	13,08	4,65	24,34	5,44
Harpacticoida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,75	0,41	0,01	0,79	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Ostracoda	38,00	0,81	11,94	0,82	4,76	2,17	2,24	0,31	0,82	0,03	5,51	0,19	1,43	0,09	3,26	0,17
Decapoda	10,59	0,54	2,65	11,52	2,38	1,08	2,88	4,02	0,00	0,00	2,36	3,85	1,63	4,73	3,04	4,02
Decapoda Larvae	3,42	0,07	13,05	32,47	0,00	0,00	3,20	3,79	0,41	0,01	0,00	0,00	0,20	0,10	0,65	0,18
Brachyura	0,00	0,00	0,44	0,86	0,00	0,00	0,32	2,14	1,23	0,30	0,00	0,00	1,02	2,85	0,00	0,00
Caprellidae	0,62	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,04	0,00	0,00	7,09	0,56	4,70	3,37	1,95	0,76
Gammaridae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,13	0,37	6,30	1,07	5,52	8,25	5,65	3,52
Isopoda	1,24	0,09	0,66	0,04	2,38	1,08	0,32	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,02	0,00	0,00
Cirripedia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,02	0,79	0,06	0,00	0,00	0,65	1,19
Tanaidacea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,01	0,00	0,00	0,20	0,02	0,21	0,02
Mysidacea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,13	0,79	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Insecta</b>																
Hymenoptera	9,34	0,07	11,50	13,95	2,38	5,43	17,30	23,59	5,37	0,90	0,79	0,09	2,45	0,59	3,91	1,57
Diptera	0,62	0,08	2,43	0,46	9,52	10,86	2,88	0,89	5,37	2,27	0,79	0,02	1,02	0,63	2,17	0,79
Ceratopogonidae larvae	0,00	0,00	0,66	0,11	4,76	2,17	8,33	6,52	0,82	0,09	1,57	0,23	0,00	0,00	0,65	0,08
Ceratopogonidae pupae	21,80	24,47	0,88	1,12	0,00	0,00	1,60	0,44	2,06	0,42	0,00	0,00	0,40	0,06	0,43	0,07
Coleoptera	0,93	0,03	1,10	2,14	0,00	0,00	1,92	2,94	1,23	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,06



Hemiptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tabanidae larvae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Insecta larvae	0,00	0,00	2,43	3,65	0,00	0,00	2,24	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,01
<b>Invertebrate eggs</b>	8,41	1,04	7,30	1,21	0,00	0,00	1,60	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	0,35	2,60	0,36
<b>Teleostei</b>																
Fish	0,31	0,07	0,00	0,00	2,38	6,52	1,28	5,63	0,41	1,16	3,15	7,63	4,70	39,51	1,95	2,96
Scales	7,47	2,09	2,87	0,55	4,76	3,26	9,93	3,66	0,82	0,12	0,00	0,00	0,61	0,26	3,69	0,62
Fish eggs	7,47	0,71	15,48	3,18	2,38	14,13	1,28	0,17	0,41	0,03	0,00	0,00	0,81	0,72	0,43	0,32
<b>Plantae</b>																
Plant material	1,55	0,02	1,54	0,50	14,28	20,65	4,48	1,02	18,18	4,76	14,17	4,87	11,65	15,02	14,56	22,03
Seeds	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,17
Algae	0,00	0,00	0,44	1,10	0,00	0,00	0,64	0,08	28,09	60,71	7,09	4,27	8,79	8,26	5,00	3,78
Filamentous Algae	0,31	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,35	21,92	53,54	57,29	3,27	3,96	28,91	45,72