

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
COORDENADORIA ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA  
GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

Caroline Rosa Leão da Costa

**COMPORTAMENTO ALIMENTAR E DIETA DO PEIXE *ABUDEFDUF*  
*SAXATILIS* NOS RECIFES DO SUDOESTE DO ATLÂNTICO**

Florianópolis

2020

Caroline Rosa Leão da Costa

**COMPORTAMENTO ALIMENTAR E DIETA DO PEIXE *ABUDEFDUF*  
*SAXATILIS* NOS RECIFES DO SUDOESTE DO ATLÂNTICO**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Oceanografia do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Sergio Ricardo Floeter, Dr.

Coorientador: Lucas Nunes Teixeira, Dr.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Costa, Caroline Rosa Leão da  
Comportamento alimentar e dieta do peixe *Abudefduf saxatilis* nos recifes do sudoeste do Atlântico / Caroline Rosa Leão da Costa ; orientador, Sergio Ricardo Floeter, coorientador, Lucas Teixeira Nunes, 2020.  
35 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Graduação em Oceanografia, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Ecologia Alimentar . 3. Pomacentridae . 4. Uso do habitat . 5. Peixes-donzela . I. Floeter, Sergio Ricardo. II. Nunes, Lucas Teixeira . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Oceanografia. IV. Título.

Caroline Rosa Leão da Costa

**Comportamento alimentar e dieta do peixe *Abudefduf Saxatilis* nos recifes do sudoeste do Atlântico**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Oceanografia

Florianópolis, 10 de Novembro de 2020.

---

Prof. Felipe Mendonça Pimenta, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Sergio Ricardo Floeter, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Lucas Nunes Teixeira, Dr.  
Coorientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Renato Hajenius Aché de Freitas, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Bruno Renaly Souza Figueiredo, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado ao meu avô Vicente.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meu pais, Roberto e Márcia, pelo amor incondicional, por todo apoio, por terem me ensinado a sempre seguir meus sonhos, posso dizer que sou um reflexo de todos os ensinamentos, princípios e dos caminhos que vocês ajudaram a traçar. Agradeço à minha irmã, Marcella, por estar sempre ao meu lado, mesmo estando longe. Obrigado por ser me ensinar constantemente a evoluir, sou grata por todas as conversas e ao apoio e fé que você tem em mim.

Agradeço meu orientador Sergio Floeter, por constantemente me mostrar a importância da ciência no mundo de hoje. Seu amor pelo conhecimento é admirável e posso dizer que sou uma pessoa melhor graças ao seu conhecimento passado através de inúmeras conversas sobre ciência e sobre a vida. Agradeço também, meu coorientador Lucas Nunes, por toda paciência, pelas conversas, risadas e cafés passados durante esses anos. Obrigado por ser essa pessoa sempre disposta a ajudar e capaz de nos guiar mesmo quando me encontrava a beira de um surto. Sergio e Lucas vocês me ajudaram a moldar a cientista que sou e planejo ser e por isso só tenho a agradecer.

Agradeço ao meu namorado, Fabiano, por ouvir meus desabafos e por tornar meu mundo mais leve, esses três anos com você me ensinaram e continuam me ensinando a ver a vida de uma forma diferente, a ter mais paciência e ser uma pessoa melhor a cada dia. Obrigado por me apoiar em todas as decisões tomadas nesses últimos anos, e por me amar incondicionalmente. Quero agradecer também aos meus amigos Bianca, Gabi, Juana e Marco, por todos esses anos em que moramos juntos, pelas risadas, choros, surtos, por todas as conversas malucas e inspiradoras. Morar com vocês durante esses anos me fez admirá-los cada vez mais.

Quero agradecer também a todos os meus amigos de graduação, além dos já citados, Ariane, Ariadne, Amanda, Bárbara, Caetano, Caio, Karina, Lucas, Paulo, por estarem presentes na minha vida durante a graduação, por tornarem até os momentos mais difíceis simples, por me mostrarem a beleza da vida universitária e como, apesar das dificuldades que encontramos ao longo do caminho, podemos escolher não nos deixarmos desanimar, pelas inúmeras festas, brincadeiras e risadas. Minha graduação foi inesquecível em grande parte graças a vocês.

Aos meus amigos do LBMM, Isa, Gabriel, Angela, Debora, Fer, Jaque, Mazza, Fiuza, muito obrigada pelas conversas, risadas, mijos no meio da madrugada, por alimentarem cada vez mais meu vício por café. Obrigada pelas inúmeras vezes que vocês me ajudaram com coisas simples e complexas também, por ajudarem a me guiar no caminho da ciência e por todos os

momentos vividos no laboratório. Quero agradecer também a todos os professores da graduação que contribuíram para minha formação, o amor de vocês pela Oceanografia e a vontade de mudar o mundo me inspiraram constantemente.

Obrigada!

“A ciência é cometida por erros, mas por erros úteis a serem cometidos, porque pouco a pouco, eles levam à verdade.”

Júlio Verne.

## RESUMO

Estudos de ecologia alimentar são importantes para compreender a transferência de energia nos ecossistemas. Poucos estudos utilizam uma abordagem integrada entre o comportamento alimentar da espécie ao longo do dia e sua dieta de modo a compreender a sua ecologia alimentar. O presente estudo buscou analisar o comportamento e dieta da espécie *Abudefduf saxatilis* em dois recifes brasileiros para avaliar suas variações no hábito alimentar. Utilizando o método animal focal, um indivíduo foi seguido e ao realizar a primeira mordida o seu comprimento, horário e substrato de forrageio foi anotado de modo a avaliar se: 1) há diferenças no substrato de forrageio ao longo do dia nos locais analisados; 2) há diferença no substrato de forrageio entre as classes de tamanho. O conteúdo estomacal foi analisado de modo a quantificar e qualificar a dieta da espécie e determinar se a dieta reflete seu comportamento alimentar. Foram utilizados o teste de Friedman para avaliar as diferenças na periodicidade do dia e ontogenia considerando o uso do substrato, uma PCoA e PERMANOVA foram utilizadas para avaliar a diferença da dieta entre as populações e o Índice de Pianka com um modelo nulo foram utilizados para quantificar a sobreposição das dietas das populações. Sete substratos foram utilizados pela espécie, sendo a coluna d'água o substrato predominante utilizado onde foram registrados 90% das mordidas em Arraial do Cabo e 60% das mordidas em SC. As análises demonstraram não haver diferenças significativas na periodicidade do dia ou classes de tamanhos considerando os substratos em Arraial do Cabo e em Santa Catarina houve diferenças apenas entre duas classes de horários e entre as classes de tamanho CT2 e CT4. Houve uma tendência da espécie de se alimentar na coluna d'água no período da manhã e no substrato bentônico no período da tarde. Classes de tamanho menores tenderam a se alimentar majoritariamente na coluna d'água, já classes de tamanho maiores investiram em todos os tipos de substratos. Foram encontrados 12 itens na dieta da espécie e houve uma alta sobreposição da dieta entre as duas populações (Índice de Pianka = 0,83). A dieta refletiu o comportamento alimentar, com a espécie se alimentando de itens do substrato bentônico e planctônico, com o item Algas sendo o de maior volume, compondo 37,22% e 53,18% da importância alimentar em Arraial do Cabo e Santa Catarina, respectivamente. O item Detrito foi o de maior importância alimentar em ambos os locais. A variação da periodicidade pode estar relacionada a variação da qualidade nutricional dos itens ao longo do dia e ao comportamento oportunista da espécie. As diferentes demandas energéticas de acordo com o crescimento podem explicar as tendências de forrageio das classes de tamanho da espécie. A dieta da espécie confirmou sua classificação onívora oportunista, uma vez que se alimentou de itens de mais de um nível trófico. A alto volume de algas encontrados na dieta da espécie pode ser atribuído ao seu tempo de digestão, a alta importância do item detrito pode ser justificada por seu alto valor proteico. Este trabalho demonstra a importância de uma abordagem integrada para análise da ecologia trófica de espécie.

**Palavras-chave:** Ecologia alimentar. Comportamento. Dieta. *Abudefduf saxatilis*.

## ABSTRACT

Studies on feeding ecology are a key aspect to understand the energy flow in ecosystems. Few studies use an integrated approach between feeding behavior throughout the day and diet in order to understand species feeding ecology. The present study analyzed the behavior and diet of the species *Abudefduf saxatilis* in two Brazilian reefs in order to assess the species variability in eating habits. To understand the species feeding behavior, using the focal animal method, an individual was followed until the first bite, when the bitten substrate, total length and time were recorded in order to access: 1) if there are differences in the foraging substrate throughout the day in both localities; 2) if there is a difference in the ontogeny considering the usages of substrate. Stomach content were analyzed in order to quantify and qualify the species diet and determine whether the diet will reflect its feeding behavior. The Friedman test was used to evaluate the differences in periodicity and ontogeny considering the use of the substrate, a PCoA and PERMANOVA were used to evaluate the difference in the diet between population and the Pianka Index with a null model were used to quantify the overlapping between populations' diet. Seven substrates were used by the species, with the water column being the predominant substrate used with 90% of bites in Arraial do Cabo and 60% of bites in SC. The analysis showed no significant differences in the periodicity of the day or size classes considering the substrates in Arraial do Cabo and in Santa Catarina, there were differences only between two classes of time and between the size classes CT2 and CT4. The species presented a tendency of foraging in the water column in the morning and on the benthic substrate in the afternoon, and smaller size classes tended to feed mostly on the water column, whereas larger size classes invested in all substrate types. There were 12 items found in the species diet. The Pianka Index showed a high overlap between the diets of the two populations (Pianka Index = 0,83). The diet reflected the feeding behavior, with the species feeding on items of the benthic and planktonic substrate, with the item Algae representing the largest volume, making up 37,22% AND 53,18% of the importance in Arraial do Cabo and Santa Catarina, respectively. The item Detritus represented the most important food item in both localities. The variation in the periodicity can be related with the nutritional quality of the items throughout the day and by the opportunistic behavior of the species. The different energy demands according to growth may explain the foraging tendencies of the size classes of the fish. The species diet confirms its opportunistic omnivorous classification, since it fed on items of more than one trophic level. The high volume of algae found in the species diet can be attributed to the digestion time and the high importance of the item Detritus can be justified by the high value of protein in this food item. This work demonstrates the importance of an integrated approach for analyzing the trophic ecology of species.

**Keywords:** Feeding ecology. Behavior. Diet. *Abudefduf saxatilis*.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** A) Indivíduo adulto de *Abudefduf saxatilis*; B) Cardume se alimentando na coluna d'água; C) indivíduo próximo ao substrato bentônico; D) macho reprodutivo defendendo a desova. (Fotos de: Lucas Nunes, Thiago Fiuza e Amanda Góes/Barracudas)..... 17
- Figura 2.** Mapa dos locais de amostragem. Losango vermelho representa Arraial do Cabo - RJ e losango azul representa Santa Catarina. .... 19
- Figura 3.** Metodologia usada para mensurar volume dos itens alimentares (Imagem de Miguel Hall). .... 21
- Figura 4.** Proporção de indivíduos forrageando em diferentes substratos (cores) em Arraial do Cabo e Santa Catarina. Proporção se refere a cada intervalo de horários, 8h (das 8h às 9h), 9h (de 9h à 10h), 10h (de 10h à 11h), 11h (de 11h à 12h), 12h (de 12h à 13h), 13h (de 13h à 14h), 14h (de 14h à 15h), 15h (de 15 à 16s), 16h (de 16h à 17h)..... 24
- Figura 5.** Proporção de classes de tamanhos forrageando nos diferentes substratos (cores). Proporção se refere a cada classe de tamanho, CT1 (indivíduos menores que 5cm), CT2 (indivíduos entre 5cm e 12 cm), CT3 (indivíduos maiores que 12 cm) e CT4 (indivíduos maiores que 12 cm em cuidado parental)..... 25
- Figura 6.** Itens alimentares encontrados na dieta de duas populações de *Abudefduf saxatilis*. Pontos verdes e amarelos representam o volume de cada item alimentar em cada estômago para as duas localidades. Losangos pretos representam o Índice de importância alimentar (%IAi). Círculos brancos e barras pretas representam a média da porcentagem de volume de cada item e o erro padrão, respectivamente. Retângulo rosa indica itens pertencentes ao substrato bentônico e retângulo azul itens pertencentes à coluna d'água. .... 26
- Figura 7.** Análise de Coordenadas Principais (PCoA) para demonstrar a variação da dieta entre as duas populações de *Abudefduf saxatilis*. Linhas vermelhas indicam itens alimentares significativos ( $p < 0,05$ ) e linhas cinzas indicam itens não significativos. .... 27



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	19
3.2	AMOSTRAGEM.....	20
3.3	DIETA.....	20
3.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	21
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O equilíbrio energético entre a ingestão de alimentos e a energia requerida para crescimento e reprodução é um aspecto fundamental na vida de qualquer animal (CHARNOV, 1976; MANNING et al., 2019). Os animais são capazes de explorar eficientemente os recursos alimentares disponíveis no meio através do desenvolvimento de diferentes estratégias comportamentais, minimizando assim os custos energéticos para a captura do alimento (CHARNOV, 1976; PIKE et al., 1977). De acordo com a teoria do forrageamento ótimo, esses animais tomam decisões a fim de maximizar a eficiência do forrageamento, com base em aspectos como dieta, espaço físico, período do dia ideal para o forrageamento e massa/tamanho corporal (MACARTHUR & PIANKA, 1966). A qualidade nutricional da dieta pode ser diretamente afetada pelo período do dia em que o animal forrageia, principalmente quando se diz respeito a consumidores primários e secundários. Os produtores primários são conhecidos por alterar sua qualidade nutricional ao longo do dia devido à influência da luz na fotossíntese e a produção de glicose (TABORSKY & LIMBERGER, 1980; ZEMKE-WHITE et al., 2002). Consequentemente, essa taxa diferenciada de produção de açúcares ao longo do dia pode afetar o período máximo de atividade alimentar de consumidores primários e secundários.

Para peixes herbívoros e onívoros, foi relatado um aumento na taxa de forrageamento durante o período da tarde em recifes na Austrália e Polinésia Francesa (POLUNIN *et al.*, 1995; ZEMKE-WHITE et al., 2002; DABROWSKI & PORTELLA, 2009), sendo esse aumento atribuído a um aumento na qualidade nutricional das algas ao longo do dia (TABORSKI & LIMBERGER, 1980; ZEMKE-WHITE *et al.*, 2002; RAUBENHEIMER et al., 2005). Onívoros podem ser definidos como animais que predam em mais de um nível trófico (PIMM, 1982; GERKING, 1984). Normalmente, as espécies marinhas que são classificadas como onívoras se alimentam de uma variedade de recursos, incluindo necessariamente algas e presas animais (ANDERSON et al. 2015). Dessa maneira a plasticidade na dieta e o comportamento alimentar de espécies onívoras podem ser moldados pela disponibilidade de recursos e fatores como competição no ambiente (COLE & PRATCHETT, 2014). Peixes onívoros são relatados como espécies dominantes em locais como as Canárias e Mediterrâneo (FERREIRA *et al.*, 2004). Em ambientes recifais do Atlântico, cerca de 30% dos peixes recifais são considerados onívoros. Devido a sua alta abundância nesses locais, o estudo de espécies onívoras e sua ecologia trófica tornam-se importantes para o entendimento da dinâmica trófica desses ambientes.

Entre os peixes onívoros, o peixe *Abudefduf saxatilis* é uma das espécies mais comuns encontradas nos recifes do Atlântico Ocidental (KRAJEWSKI & FLOETER, 2011; ANDERSON et al., 2015). Esta espécie pertence à família Pomacentridae, uma família fundamental para estudos de ecologia alimentar devido à sua importância como consumidores primários e secundários em recifes (BARNECHE et al., 2009). Apesar de sua vasta distribuição no oceano Atlântico, poucos estudos foram realizados com foco na ecologia trófica dessa espécie (e.g. FISHELSON, 1970; FOSTER, 1987; HOELZER, 1995; DUBIASKI-SILVA & MASUNARI, 2008; CHENEY, 2008). Esta é uma espécie de tamanho corporal pequeno, caracterizado por cinco faixas verticais escuras nas laterais e um dorso verde amarelado (**Fig.1**). O dimorfismo sexual é presente apenas em machos durante o cuidado parental (FISHELSON, 1970). Seu pico alimentar foi registrado ocorrendo entre as 10h00 e 13h00, comumente forrageando na coluna d'água ou em substratos bentônicos (FISHELSON, 1970; FERREIRA et al., 2004). Sua dieta consiste principalmente de invertebrados e algas (DUBIASKI-SILVA & MASUNARI, 2008). O canibalismo de ovos também é um comportamento alimentar comum (FOSTER, 1987; HOELZER, 1995; CHENEY, 2008).

Neste trabalho quantificamos a periodicidade de forrageamento e a dieta do peixe *Abudefduf saxatilis* em dois recifes brasileiros para avaliar a variação diária dos hábitos alimentares da espécie. Para isso perguntamos: 1) A preferência por um determinado substrato de forrageamento varia de acordo com o período do dia? Nossa hipótese é de que a espécie irá forragear principalmente no compartimento planctônico, porém, ocorrerá um aumento no forrageamento no substrato bentônico a partir do meio dia. 2) As preferências por substratos irão variar de acordo com a ontogenia? Nossa hipótese é que indivíduos menores irão forragear no compartimento planctônico, enquanto indivíduos maiores terão preferência pelo compartimento bentônico. 3) A dieta refletirá o comportamento de forrageamento? Nossa hipótese é de que a dieta irá refletir as preferências de forrageamento, com a espécie se alimentando principalmente de recursos do compartimento planctônico.



**Figura 1.** A) Indivíduo adulto de *Abudefduf saxatilis*; B) Cardume se alimentando na coluna d'água; C) indivíduo próximo ao substrato bentônico; D) macho reprodutivo defendendo a desova. (Fotos de: Lucas Nunes, Thiago Fiuza e Amanda Góes/Barracudas)

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar a periodicidade de forrageamento e a dieta do peixe *Abudefduf saxatilis* em dois recifes brasileiros para avaliar possíveis variações diárias no hábito alimentar da espécie.

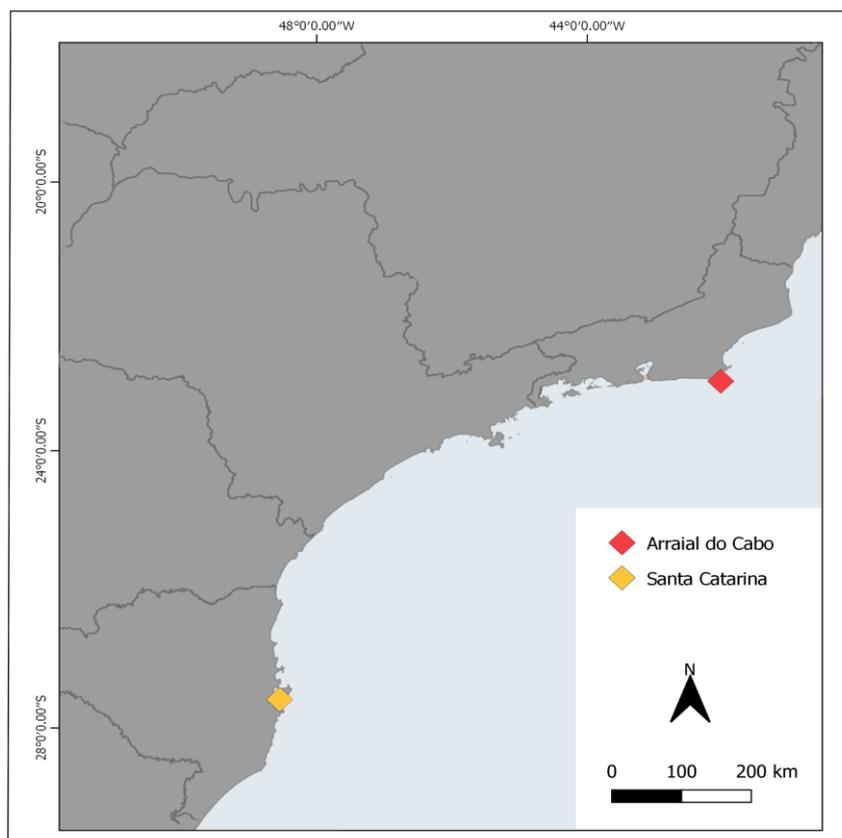
### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as variações na preferência de substrato de forrageio da espécie entre diferentes horários do dia nos dois locais estudados;
- Avaliar se há diferença no uso de substrato de forrageio entre as diferentes classes de tamanho da espécie nos dois locais estudados;
- Qualificar e quantificar a dieta da espécie nos dois locais estudados;
- Investigar se a dieta refletirá os padrões de comportamento alimentar da espécie.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

As amostragens ocorreram em duas localidades costeiras do Brasil (Fig. 2). Os recifes nessas duas localidades são formados principalmente por rochas cobertas por organismos sésseis, como corais e algas. Arraial do Cabo ( $22^{\circ} 58' 0,69''\text{S}$ ,  $42^{\circ} 0' 39,20''\text{W}$ ), possui recifes sob influência de eventos de ressurgência sazonal (VALENTIN, 1984), neste local os dados de comportamento foram obtidos em recifes rochosos protegidos com temperatura média da superfície da água variando entre  $19^{\circ}\text{C}$  e  $25^{\circ}\text{C}$  ao longo do ano (FERREIRA *et al.*, 1998). O litoral catarinense (entre as latitudes  $27^{\circ} 8' 26,83''\text{S}$ ;  $48^{\circ} 28' 44,33''\text{O}$  e  $27^{\circ} 45' 23,08''\text{S}$ ;  $48^{\circ} 29' 35,25''\text{O}$ ) representa uma zona de convergência entre as águas quentes da Corrente do Brasil e as águas frias das Águas Centrais do Atlântico Sul. A temperatura superficial do mar varia sazonalmente entre  $14^{\circ}\text{C}$  e  $29^{\circ}\text{C}$  (FARIA-JÚNIOR E LINDNER, 2019).



**Figura 2.** Mapa dos locais de amostragem. Losango vermelho representa Arraial do Cabo - RJ e losango amarelo representa Santa Catarina.

### 3.2 AMOSTRAGEM

Em ambos os locais foram conduzidas observações subaquáticas para investigar o comportamento de forrageamento da espécie. As observações foram realizadas através de snorkel em áreas rasas do recife (<3 metros de profundidade). O comportamento de forrageamento do *Abudefduf saxatilis* foi quantificado durante o dia, das 8:00h às 17:00h. Para cada observação um indivíduo era acompanhado até a primeira mordida, então era estimado o comprimento total do indivíduo (centímetros), o horário em que a mordida ocorreu e o tipo de substrato mordido. A amostragem ocorreu seguindo-se um caminho linear, evitando-se assim reamostragem individual, ao ser escolhido um indivíduo aleatoriamente. Se o indivíduo escolhido não mordesse nenhum substrato no intervalo de um minuto, este era descartado da amostragem. A coluna d'água foi dividida em duas categorias de substrato de acordo com a sua distância (estimada visualmente) entre os peixes e o substrato recifal: indivíduos localizados a menos de 50 centímetro do fundo (coluna d'água <50 cm) e indivíduos localizados a mais de 50 centímetros do fundo (coluna d'água >50 cm). O tempo foi dividido em categorias de intervalo de uma hora para que o comportamento da espécie pudesse ser avaliado ao longo do dia. A ontogênese foi categorizada de acordo com o tamanho estimado para cada indivíduo: menor que 5 cm (CT1), entre 5 e 12 cm (CT2), maior que 12 cm (CT3) e macho sob cuidados parentais (CT4; FISHELSON, 1970).

### 3.3 DIETA

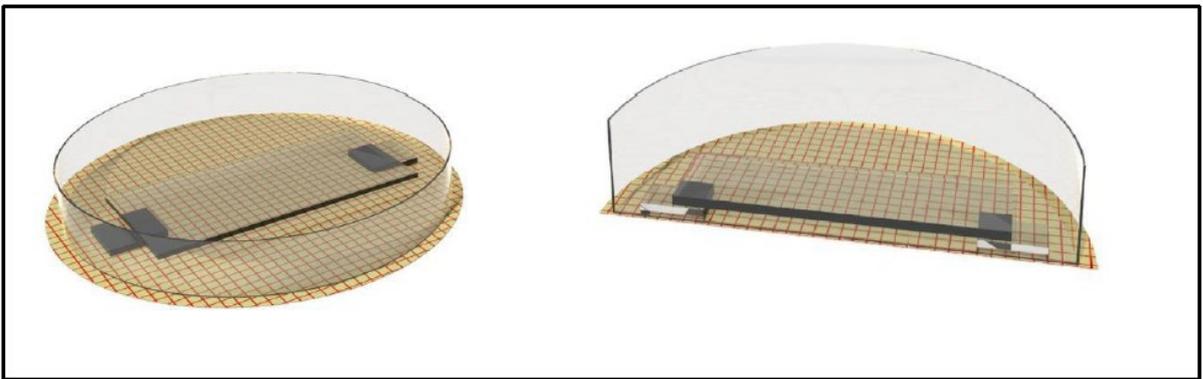
Para análise da dieta, foram amostrados 5 indivíduos da espécie em cada local estudado. Os indivíduos foram coletados com auxílio de arpão e imediatamente congelados para evitar digestão enzimática dos itens alimentares presentes no estômago. No laboratório, os indivíduos foram medidos (comprimento e peso) e dissecados. Os estômagos foram retirados e armazenados individualmente em tubos contendo formaldeído por três dias.

Após a fixação, os estômagos foram dissecados e todo o seu conteúdo foi triado em placa de petri com microscópio estereoscópio, e identificados até o menor nível taxonômico possível. Massas de material orgânico que não puderam ser identificadas foram analisadas em microscópio óptico em busca de elementos como espículas e nematocistos. Materiais amorfos com presença de diferentes estruturas celulares, identificando diferentes grupos taxonômicos, foram classificados como “Matéria Orgânica Digerida”. Alimentos que não puderam ser identificados e não possuíam estrutura celular que pudesse especificar um grupo taxonômico foram classificados como “Indeterminados” (NUNES *et al.*, 2019).

O volume de cada item alimentar foi medido individualmente por meio de uma placa de petri milimetrada (**Fig.3**), com o item sendo posicionado entre duas lamínulas de 1mm de espessura e pressionado com uma lâmina de microscópio, em seguida, o número de grades de 1mm<sup>3</sup> foi contado (LIEDKE *et al.*, 2016). A composição da dieta foi analisada por volume (%VO) de cada item alimentar, expresso como porcentagem do volume total consumido por cada população e a frequência de ocorrência (%FO) que correspondeu à frequência de estômagos contendo um determinado item (LIEDKE *et al.*, 2016; NUNES *et al.*, 2019). Esses parâmetros foram combinados para calcular o Índice de Importância Alimentar (IA<sub>i</sub>, eq.1) que quantifica a importância dos itens alimentares para a dieta da espécie (KAWAKAMI & VAZZOLER, 1980; LIEDKE *et al.*, 2016; NUNES *et al.*, 2019):

$$IA_i = \frac{FO_i \times VO_i}{\sum_{i=1}^n (FO_i \times VO_i)} \times 100 \quad (1)$$

Onde IA<sub>i</sub> é o índice de importância alimentar do item “i” na dieta, FO<sub>i</sub> é a frequência de ocorrência do item “i” na dieta da espécie, VO<sub>i</sub> é o volume do item “i” na dieta.



**Figura 3.** Metodologia usada para mensurar volume dos itens alimentares (Imagem de Miguel Hall).

### 3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para testar a existência de diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre a periodicidade do dia considerando o substrato mordido por indivíduos da espécie foi realizada um teste Friedman com análises post-hoc. Para verificar se as populações possuem uma dieta semelhante, foi realizada uma análise de coordenadas principais (PCoA) e uma análise variância multivariada

permutacional (Permanova) para testar a hipótese nula de que a dieta não difere entre as populações.

Foi utilizado o índice de Pianka para quantificar a sobreposição da dieta entre as populações, onde valores próximos a zero indicam não-sobreposição e valores próximos a 1 indicam sobreposição (PIANKA, 1973). Também foi realizado um modelo nulo para testar se o índice de sobreposição de Pianka observado é esperado em 999 reamostragens. Considerando que as populações de *Abudefduf saxatilis* são super-generalistas em termos de utilização de recursos alimentares, foi escolhido o algoritmo “ra1” na função “niche\_full\_model” do pacote EcosimR (GOTELLI & ELLISON, 2013). Todas as análises foram realizadas no software R (R core team, 2020).

#### 4 RESULTADOS

Nós contamos 1035 indivíduos em Arraial do Cabo e 1670 indivíduos em Santa Catarina para avaliar o comportamento de forrageio de *A. saxatilis*. Registramos 7 categorias de substratos nos dois locais estudados (Fig.4). Dentre os substratos avaliados, a categoria coluna d’água foi a predominantemente investida pela espécie em ambos os locais. Como padrão geral identificamos que, no período da manhã, o substrato de maior forrageio foi a coluna d’água, já no período da tarde os indivíduos de *A. saxatilis* foram observados forrageando em todas as categorias de substratos registradas.

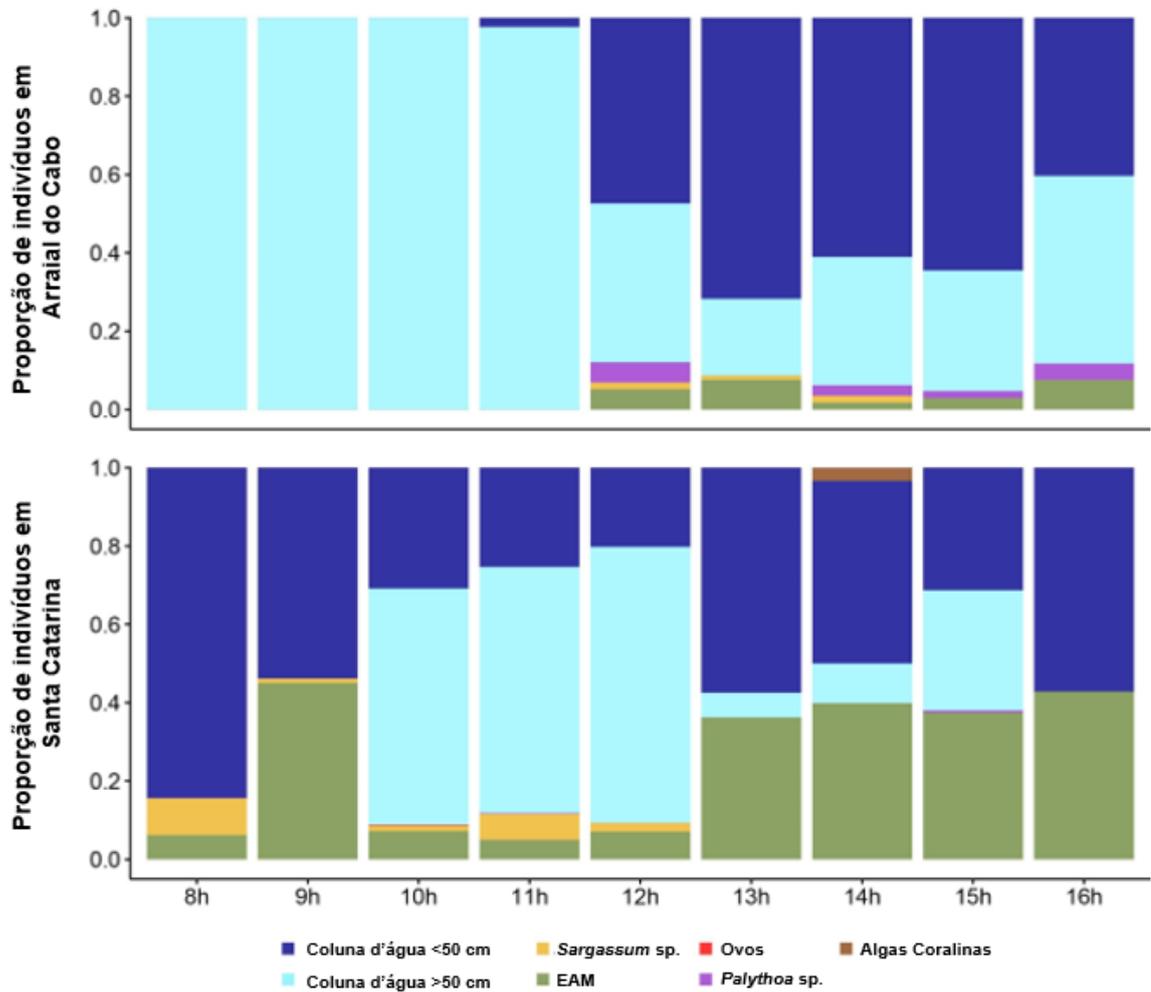
Em Arraial do Cabo, mais de 90% das mordidas ocorreram na coluna d’água, das quais 60% foram próximas à superfície (coluna d’água > 50 cm). Entre às 8h e às 11h, observamos a espécie forrageando exclusivamente na coluna d’água a uma distância maior que 50 cm do fundo e a partir do meio dia a espécie investiu principalmente na coluna d’água a uma distância menor que 50 cm do fundo e no substrato bentônico. Em Arraial do Cabo a espécie investiu, no substrato bentônico, principalmente nas categorias de Matriz Algal Epilítica (EAM) e *Palythoa* sp. O teste de Friedman indicou não haver diferenças significativas entre os horários, considerando os substratos investidos em cada horário nesta localidade ( $X^2 = 11,93$ ;  $df = 8$ ;  $p = 0,15$ ). Em Santa Catarina 70% das investidas ocorreram na coluna d’água com mais de 40% das mordidas sendo próximas ao fundo (coluna d’água < 50). O número de investidas no substrato bentônico aumentou no período da tarde e totalizou 35% das investidas. Em Santa Catarina observamos indivíduos forrageando no substrato bentônico principalmente das categorias de Matriz Algal Epilítica (EAM) e *Sargassum* sp. A diferença entre os horários

considerando os substratos investidos foi observada apenas entre os horários das 8h às 9h e 15h às 16h neste local ( $X^2 = 18,60$ ;  $df = 8$ ;  $p = 0,04$ ).

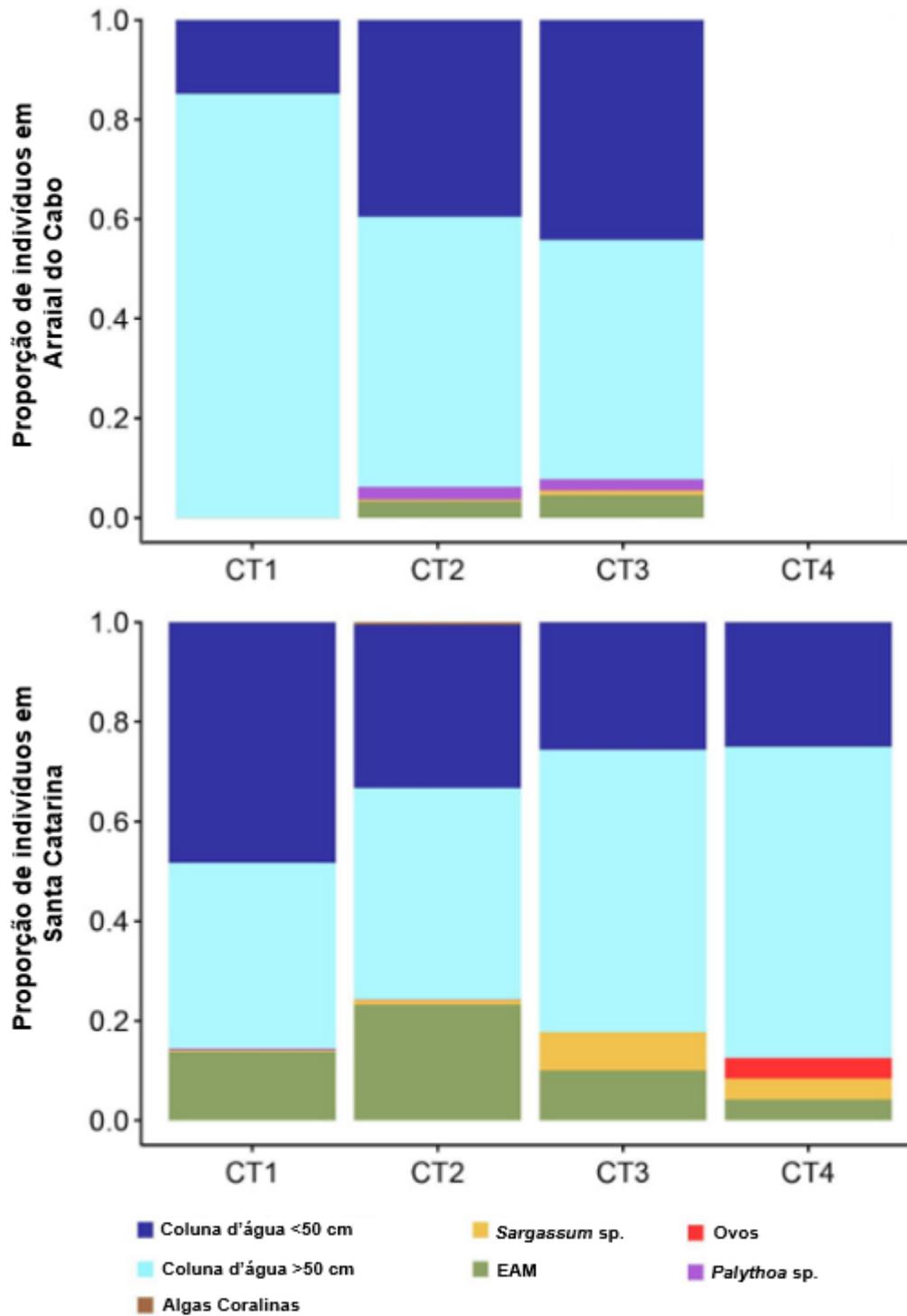
Em relação a ontogenia dos indivíduos amostrados, o teste de Friedman não indicou diferenças entre as classes de tamanho considerando o uso dos substratos de forrageio em Arraial do Cabo ( $X^2 = 5,2$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,068$ ). Em Arraial do Cabo 100% dos indivíduos da classe CT1 investiram na coluna d'água; já as classes CT2 e CT3 forragearam na coluna d'água e no substrato bentônico (**Fig. 5**). Em Santa Catarina a diferença entre as classes de tamanho considerando o uso dos substratos ocorreu apenas entre as classes CT2 e CT4 ( $X^2 = 8,18$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,025$ ). Em Santa Catarina observamos todas as classes de tamanho forrageando na coluna d'água e no substrato bentônico e apenas a classe de tamanho CT4 foi vista forrageando na categoria ovos.

Registramos 12 itens alimentares compondo a dieta dos indivíduos amostrados (**Fig.6**). Algas (i.e. *Codium* sp., *Sargassum* sp., Algas Calcárias e Alga não-identificada) apresentaram o maior volume dentro da dieta da espécie, com importância de 37,22% em Arraial do Cabo e 53,18% em Santa Catarina. O item detrito foi o item de maior importância alimentar para a dieta da espécie em ambos locais. Em Arraial do Cabo observamos 10 itens alimentares na dieta da espécie, sendo Detrito, *Sargassum* sp., Algas Coralinas e *Palythoa* sp. os mais importantes para a dieta. Em Santa Catarina, observamos 11 itens compondo a dieta da espécie, os itens de maior importância alimentar foram Detrito, *Sargassum* sp. e *Codium* sp., seguidos por Alga não-identificada e Polychaeta.

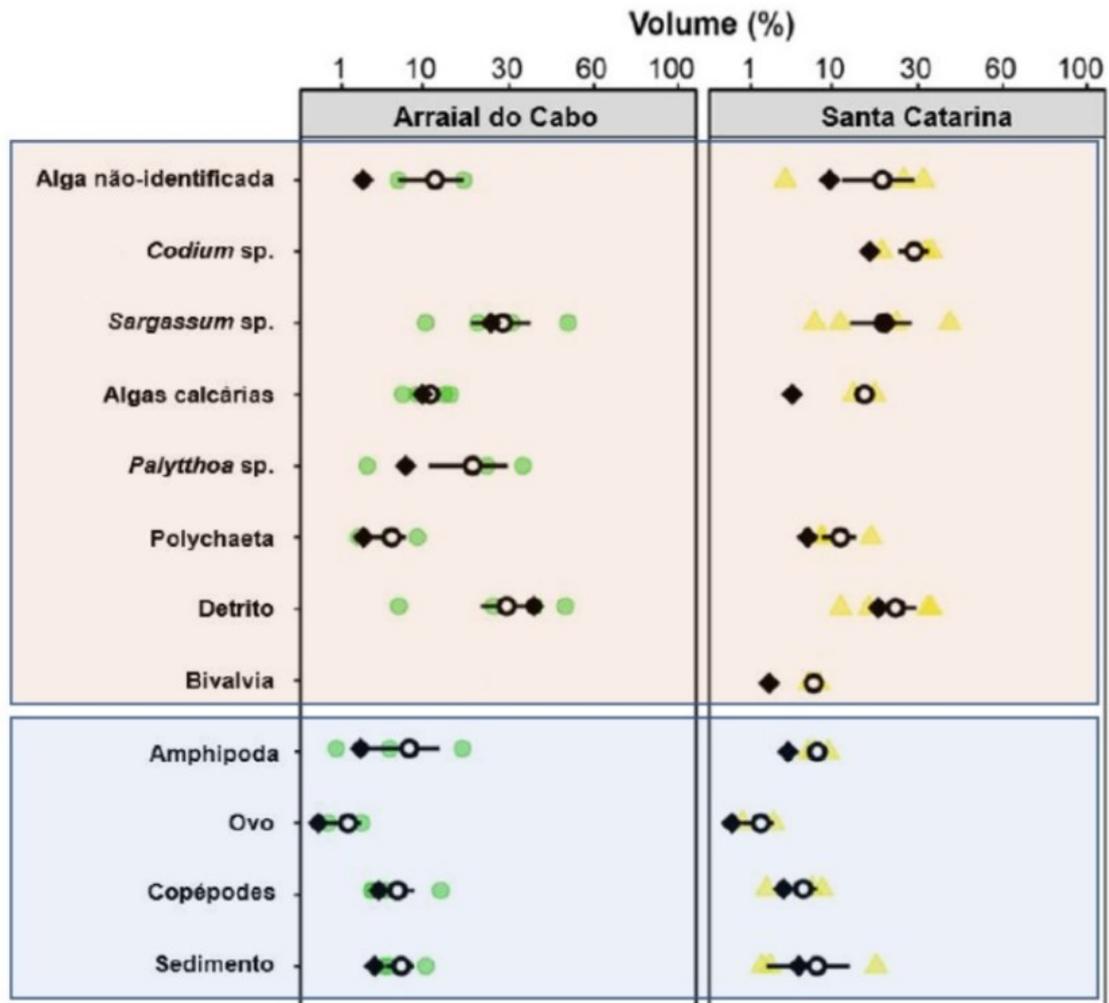
A análise de coordenadas principais demonstrou uma sobreposição da dieta das populações de Arraial do Cabo e Santa Catarina. Os itens Polychaeta, *Codium* sp., Algas Coralinas e Bivalves foram encontrados em maior quantidade em Santa Catarina (**Fig. 7**). O índice de Pianka demonstrou uma alta sobreposição entre a dieta das duas populações, o modelo nulo indicou que a sobreposição de Pianka observada (Índice de Pianka= 0,83) é próxima da esperada pelo modelo (Índice de Pianka = 0,79) e encontra-se dentro do intervalo de confiança de 95% da sobreposição nula.



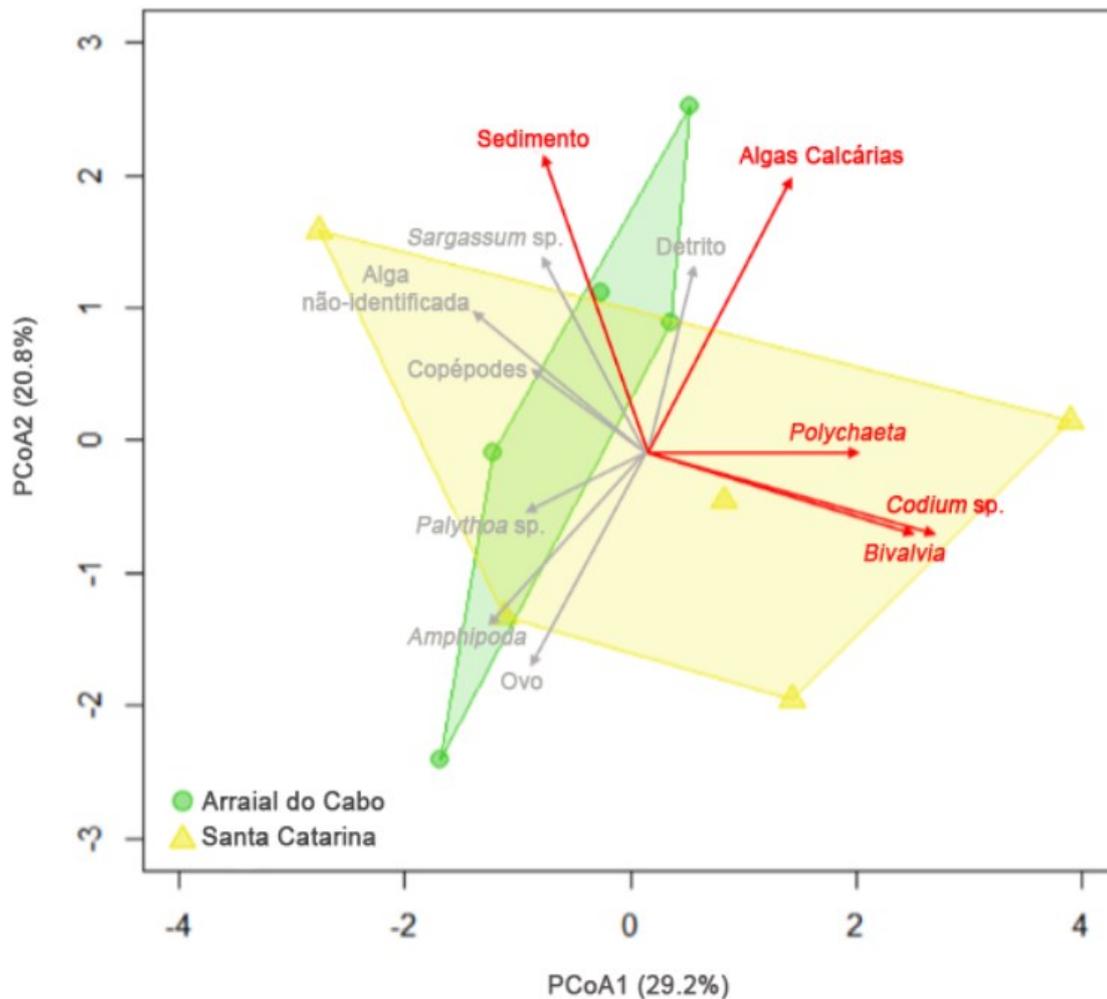
**Figura 4.** Proporção de indivíduos forrageando em diferentes substratos (cores) em Arraial do Cabo e Santa Catarina. Proporção se refere a cada intervalo de horários, 8h (das 8h às 9h), 9h (de 9h à 10h), 10h (de 10h à 11h), 11h (de 11h à 12h), 12h (de 12h à 13h), 13h (de 13h à 14h), 14h (de 14h à 15h), 15h (de 15 à 16s), 16h (de 16h à 17h).



**Figura 5.** Proporção de classes de tamanhos forrageando nos diferentes substratos (cores). Proporção se refere a cada classe de tamanho, CT1 (indivíduos menores que 5cm), CT2 (indivíduos entre 5cm e 12 cm), CT3 (indivíduos maiores que 12 cm) e CT4 (indivíduos maiores que 12 cm em cuidado parental).



**Figura 6.** Itens alimentares encontrados na dieta de duas populações de *Abudefduf saxatilis*. Pontos verdes e amarelos representam o volume de cada item alimentar em cada estômago para as duas localidades. Losangos pretos representam o Índice de importância alimentar (%IAi). Círculos brancos e barras pretas representam a média da porcentagem de volume de cada item e o erro padrão, respectivamente. Retângulo rosa indica itens pertencentes ao substrato bentônico e retângulo azul itens pertencentes à coluna d'água.



**Figura 7.** Análise de Coordenadas Principais (PCoA) para demonstrar a variação da dieta entre as duas populações de *Abudedefduf saxatilis*. Linhas vermelhas indicam itens alimentares significativos ( $p < 0,05$ ) e linhas cinzas indicam itens não significativos.

## 5 DISCUSSÃO

Neste trabalho observamos a importância de uma análise composta, usando tanto comportamento alimentar e análise do conteúdo estomacal, de modo a se obter uma abordagem mais completa da ecologia trófica de uma espécie. Apesar de não haver diferenças significativas na periodicidade do uso do substrato de forrageio, registramos um maior forrageio em substratos bentônicos no período da tarde. Também, o uso de substratos não variou de acordo com a ontogenia mostrando a plasticidade alimentar da espécie durante todas as fases da vida, além disso a dieta refletiu o comportamento alimentar do *A. saxatilis* corroborando sua classificação onívora uma vez que se alimenta de itens de diversos níveis tróficos.

Apesar de não termos encontrado uma diferença significativa entre os horários, considerando os substratos investidos em cada horário, há uma tendência da espécie de se alimentar principalmente na coluna d'água no período da manhã. Essa tendência pode ser explicada pelo fato de, neste período o plâncton presente na coluna d'água ser abundante (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2009) e de fácil captura, fazendo com que os gastos energéticos para a obtenção desse item sejam menores, justificando o padrão de forrageamento da espécie, já sugerido em trabalhos passados (e.g. FRÉDÉRICH *et al.*, 2013; FISHELSON, 1970). O aumento do forrageamento no substrato bentônico no período da tarde pode ser atribuído ao crescimento na qualidade nutricional das algas ao longo do dia, que possuem um alto valor energético neste período por conta da sintetização de açúcares através da fotossíntese fazendo com que a ingestão desse item se torne favorável apesar de sua difícil digestão (TABORSKI & LIMBERGER, 1980; ZEMKE-WHITE *et al.*, 2002; RAUBENHEIMER *et al.*, 2005). Em Santa Catarina, o fato de a diferença na periodicidade ter sido observada apenas entre duas classes de horários específicas, sendo uma delas no período da manhã e outra no período da tarde, pode estar relacionada a facilidade de alimentação do plâncton e ao aumento da qualidade nutricional de algas no período da tarde. Em Arraial do Cabo essa diferença na periodicidade não foi significativa possivelmente por conta de eventos de ressurgência que ocorrem na região, e que tornam a água da superfície mais rica em nutrientes, aumentando a quantidade de plâncton presentes coluna d'água (VALENTIN, 1984; FISHELSON, 1970), fazendo com que a espécie se alimente mais nesta categoria ao longo de todo o dia.

A falta de diferenças entre as classes de tamanho considerando o uso dos substratos de forrageio indica que o *A. saxatilis* é uma espécie onívora em todas as fases da vida, porém observamos que indivíduos menores possuem uma tendência de se alimentarem próximos a superfície, enquanto indivíduos maiores tendem a se alimentar no substrato bentônico com maior frequência. Essas tendências estão ligadas ao crescimento dos indivíduos e às demandas energéticas de cada uma das classes de tamanho (BARNECHE *et al.* 2009). Em Santa Catarina a diferença entre as classes CT2 e CT4 pode ser atribuída ao aparecimento da categoria “ovos” como substrato de forrageio da classe CT4, representada por indivíduos machos em cuidado parental. Machos em cuidado parental tendem a reduzir sua atividade alimentar, focando na proteção da desova. Mesmo com a redução da atividade alimentar observamos que indivíduos machos em cuidado parental não deixam de se alimentar e como forma de repor seus gastos energéticos a espécie recorre ao canibalismo, se alimentando da desova (HOELZER, 1992). A

diferença na ontogenia considerando o uso do substrato não foi observada em Arraial do Cabo uma vez que a classe CT4 não foi avistada durante a amostragem nesta localidade.

A dieta da espécie refletiu seu comportamento alimentar uma vez que foram encontrados itens alimentares que representam tanto o substrato bentônico como o substrato planctônico. A análise de dieta resultante deste trabalho corrobora a classificação do *A. saxatilis* como sendo um peixe onívoro oportunista, uma vez que o mesmo possui dieta composta por itens alimentares presentes em mais de um nível trófico. Assim como em trabalhos anteriores (e.g. HIATT & STRATSBURG, 1960; DUBIASKI-SILVA & MASSUNARI, 2008), a dieta da espécie possui o maior volume representado por algas, em ambos os locais. O grande volume de algas encontrado no estômago da espécie pode ser justificado pelo fato de algas levarem mais tempo para serem digeridas quando comparado a itens do plâncton, acarretando sua maior importância alimentar (LOBEL, 1981).

O fato de Detrito ter sido o item de maior importância alimentar para a dieta da espécie em ambos os locais pode ser justificado pela alta concentração de proteínas e aminoácidos presentes nesse item alimentar, sendo o mesmo considerado uma fonte valiosa em termos proteicos (WILSON *et al.*, 2001; CROSSMAN *et al.*, 2005). Matriz algal epilítica (EAM) é uma das fontes com alta concentração de detritos ambientes recifais (WILSON *et al.*, 2001), a presença de detritos na EAM justifica o comportamento alimentar da espécie, uma vez que observamos a espécie investindo nesse substrato em ambos os locais. Alguns itens possuíram uma alta frequência de ocorrência, porém com baixo volume, o que resultou em baixos valores do índice de importância alimentar, como foi o caso de copépodes, poliquetas e anfípodos, que apareceram em ambos os locais estudados, mas com baixos índices alimentares (<10%). Esses itens provavelmente representam recursos energéticos suplementares para a dieta da espécie, com alto valor energético agregado (FYHN & GOVONI, 1995). Itens como sedimentos e algas calcárias provavelmente foram ingeridos acidentalmente, juntamente com itens de maior valor nutricional, uma vez que algas calcárias, por exemplo, são de difícil digestão (JOBILING, 1995).

## 6 CONCLUSÃO

Estudos de ecologia alimentar são essências para a compreensão da transferência de energia dentro dos ambientes. Atualmente esses estudos são realizados se baseando principalmente na dieta de espécies, porém abordagens que integrem diferentes aspectos como dieta e comportamento tornam a compreensão da ecologia alimentar mais completa. Observamos, por meio deste estudo a relação entre o comportamento alimentar e a dieta do

peixe *A. saxatilis* em dois locais da costa brasileira. Para um melhor entendimento da espécie futuras análises da ecologia alimentar em locais com condições ambientais diferentes seriam interessantes para avaliar a variação do padrão encontrado neste estudo. Além disso análises que levem em consideração três níveis tróficos como dieta, comportamento e assimilação de nutrientes podem ser interessantes para avaliar mais profundamente a relação entre comportamento de forrageamento, a dieta e o nicho isotópico da espécie.

## 7 REFERÊNCIAS

ANDERSON, A. B., *et al.* Brazilian tropical fishes in their southern limit of distribution: checklist of Santa Catarina rocky reef ichthyofauna, remarks and new records. **Check list**, v. 11, n. 4. Article 1688, 2015.

BARNECHE, D. R., *et al.* Feeding macroecology of territorial damselfishes (Perciformes: Pomacentridae). **Marine Biology**, v. 156, n. 3, p.289-299, 2009.

CHARNOV, E. L. Optimal Foraging: Attack Strategy of a Mantid. **The American Naturalist**, v. 110, n. 971, p.141-151, 1976.

CHENEY, K. L. Non-kin egg cannibalism and group nest-raiding by Caribbean sergeant major damselfish (*Abudefduf saxatilis*). **Coral Reefs**, v. 27, n.1, p.115, 2008.

COLE, A. J, *et al.* The effects of coral bleaching on settlement preferences and growth of juvenile butterflyfishes. **Marine environmental research**, v. 98, p. 106-110, 2014.

CROSSMAN, D. J. *et al.* Detritus as food for grazing fishes on coral reefs. **Limnology and Oceanography**, v. 46, n. 7, p. 1596-1605, 2001.

DIEHL, S. Fish predation and benthic Community structure: The role of the omnivory and habitat complexity. **Ecology**, v. 73, n.5, p. 1646-1661, 1992.

DABROWSKI, K., & PORTELLA, M. C. Feeding plasticity and nutritional physiology in tropical fishes. **Fish physiology**, v.21, p. 155-224, 2005.

DUBIASKI-SILVA, J., & MASUNARI, S. Natural diet of fish and crabs associated with the phytal community of *Sargassum cymosum* C. Agardh, 1820 (Phaeophyta, Fucales) at Ponta das Garoupas, Bombinhas, Santa Catarina State, Brazil. **Journal of Natural History**, v. 42, n. 27-28, p.1907-1922, 2008.

FARIA-JUNIOR, E., & LINDNER, A. An underwater temperature dataset from coastal islands in Santa Catarina, southern Brazil: high accuracy data from different depths. 2019.

FERREIRA, C. E. L, *et al.* Herbivory by the Dusky Damselfish *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830) in a tropical rocky shore: effects on the benthic community. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 229, n. 2, p.241-264, 1998.

FERREIRA, C. E. L, *et al.* Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 7, p. 1093-1106, 2004.

FISHELSON, L. Behavior and ecology of a population of *Abudefduf saxatilis* (Pomacentridae, Teleostei) at Eilat (Red Sea). **Animal Behavior**, v. 18, p.225-237, 1970.

FLOETER, S. R., *et al.* Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast. **Global Ecology and Biogeography**, v. 10, p. 423-433, 2001.

FLOETER, S. R., *et al.* Phylogenetic perspectives on reef fish functional traits. **Biological Reviews**, v. 93, n.1, p.131-151, 2018.

FOSTER, A. S. Diel and lunar patterns of reproduction in the Caribbean and Pacific sergeant major damselfishes *Abudefduf saxatilis* and *A. troschellii*. **Marine Biology**, v. 95, n.3, p. 333-343, 1987.

FRÉDÉRICH, B., *et al.* Iterative Ecological Radiation and Convergence during the Evolutionary History of Damselfishes (Pomacentridae). **The American Naturalist**, v. 181, n. 1, p.94-113, 2013.

FYHN, H. J., & GOVONI, J. J. Endogenous nutrient mobilization during egg and larval development in two marine fishes, Atlantic menhaden and spot." In *ICES Marine Science Symposia*, v. 201, p. 64-69. Copenhagen, Denmark: International Council for the Exploration of the Sea, 1991-, 1995.

GERKING, S. D. **Feeding ecology of fish**. Academic Press, Inc, San Diego, 1994.

GOTELLI, N. J., & ELLISON A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Artmed Editora, Porto Alegre, 2011.

GOTELLI, N. J., & ELLISON, A. M. EcoSimR 1.0. 2013

HIATT, R. W., & STRATSBURG, D. W. Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Islands. **Ecological Monographs**, v. 30, n. 1, p. 65-127, 1960.

HYNES, H. B. N. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. **Journal of Animal Ecology**, v. 19, n. 1, p. 36-58, 1950.

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.

HOELZER, G.A. Filial cannibalism and male parental care in damselfishes. **Bulletin of Marine Science**, v. 57, n. 3, p. 663-671, 1995.

IVLEV, V. S. Experimental Ecology of the Feeding of Fishes. **Yale University Press**, New Haven, 1961.

JOBLING, M. Fish bioenergetics. **Springer**, Netherlands, 1994.

KAWAKAMI, E., & VAZZOLER, G. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 29, n. 2, p.205-207, 1980.

KRAJEWSKI, J. P., & FLOETER, S. R. Reef fish community structure of the Fernando de Noronha Archipelago (Equatorial Western Atlantic): the influence of exposure and benthic composition. **Environmental Biology of Fishes**, v. 92, n. 1, p.25-40, 27, 2011.

LIEDKE, A. M. R. **Ecologia alimentar e conectividade genética de *Chaetodon Striatus* em um gradiente geográfico**. 2013. Dissertação (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

LOBEL, P. S. Trophic biology of herbivorous reef fishes: alimentary pH and digestive capabilities. **Journal of Fish Biology**, v. 19, n. 4, p. 365-397, 1981.

MACARTHUR, R. H., & PIANKA, E. R. On optimal use of patchy environment. **The American Naturalist**, v.100, n. 916, p. 603-609, 1966.

MANNING, C. G, *et al.* A review of the diets and feeding behaviours of a family of biologically diverse marine fishes (Family Syngnathidae). **Review in Fish Biology and Fisheries**, p. 1-25, 2019.

NUNES, L. T. **Dieta, densidade e distribuição de Chaetodontidae: o que os peixes-borboleta do novo mundo comem?**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MILLIKIN, M. R. Quantitative and qualitative nutrient requirement of fishes: a review. **Fishery Bulletin**, v. 80, n. 4, p. 655-696, 1982.

PERERIA, R. C., & SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2009.

PIANKA, E. R. The structure of lizard communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, n. 1, p. 53-77, 1973.

PIMM, S. L. Food webs. **Springer**, Dordrecht, p. 1-11, 1982.

POLUNIN, N. V. C., *et al.* Contrasts I algal food processing among five herbivorous coral-reef fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 4, n. 3, p. 455-465, 1995.

PYKE, G. H. Optimal foraging: a selective review of theory and tests. **The Quarterly Review of Biology**, v. 52, n. 2, p. 137-154, 1977.

RAUBENHEIMER, D., *et al.* Algal macronutrients and food selection by the omnivorous marine fish *Girella tricuspidate*. **Ecology**, v. 86, n. 10, p. 2601-2610, 2005.

TABORSKY, M., & LIMBERGER, D. The activity rhythm of *Blennius sanguinolentus* Pallas\* an adaptation to its food source?. **Marine Ecology**, v. 1, n. 2, p. 143-153, 1980

VALENTIN, J.L. Analyse des parametres hydrobiologiques dans la remotee de Cabo Frio (Bresil). **Marine Biology**. v. 82, n. 3, p.259-276, 1984.

WILSON S. K., *et al.* Identifying sources of organic matter in sediments from a detritivorous coral reef fish territory. **Organic Geochemistry**, v. 32, n. 10, p. 1257-1269, 2001.

ZEMKE-WHITE, L. W., *et al.* A re-evaluation of the diel feeding hypothesis for marine herbivorous fishes. **Marine Biology**, v. 141, n. 3, p. 571-579, 2002.