



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE BIOCÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

CATHIA MENANI ROMAN

**IMPLICAÇÕES MORFO-FUNCIONAIS DA DENTIÇÃO E DO SISTEMA DA  
LINHA LATERAL EM TRÊS ESPÉCIES DE RAIAS MARINHAS  
(ELASMOBRANCHII: BATOIDEI) DO ATLÂNTICO SUL**

Recife

2019

**CATHIA MENANI ROMAN**

**IMPLICAÇÕES MORFO-FUNCIONAIS DA DENTIÇÃO E DO SISTEMA DA  
LINHA LATERAL EM TRÊS ESPÉCIES DE RAIAS MARINHAS  
(ELASMOBRANCHII: BATOIDEI) DO ATLÂNTICO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Animal, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Biologia Animal.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rosângela Paula Teixeira Lessa

Recife

2019

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária Claudina Queiroz, CRB4/1752

Roman, Cathia Menani

Implicações morfo-funcionais da dentição e do sistema da linha lateral em três espécies de raias marinhas (Elasmobranchii: Batoidei) do Atlântico Sul / Cathia Menani Roman - 2019.

58 folhas: il., fig., tab.

Orientadora: Rosângela Paula Teixeira Lessa  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.  
Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Recife, 2019.

Inclui referências.

1. Batóides 2. Morfologia dentária 3. Ecomorfotipos  
I. Lessa, Rosângela Paula Teixeira (orient.) II. Título

597.35

CDD (22.ed.)

UFPE/CB-2019-360

**CATHIA MENANI ROMAN**

**IMPLICAÇÕES MORFO-FUNCIONAIS DA DENTIÇÃO E DO SISTEMA DA  
LINHA LATERAL EM TRÊS ESPÉCIES DE RAIAS MARINHAS  
(ELASMOBRANCHII: BATOIDEI) DO ATLÂNTICO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Animal, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Biologia Animal.

Aprovada em: 22/02/2019

---

Prof(a). Dr(a). Rosângela Paula Teixeira Lessa – Orientadora  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Ricardo de Souza Rosa – Membro externo  
Universidade Federal da Paraíba

---

Dr(a). Maria Lúcia Góes de Araújo – Membro externo

---

Prof. Dr. João Lucas Feitosa – Membro interno  
Universidade Federal de Perna

---

Prof. Dr. Francisco Marcante Santana da Silva – Suplente externo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Alexandre Oliveira de Almeida – Suplente interno  
Universidade Federal de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco (PPGBA-UFPE);

Ao Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DIMAR-UFRPE);

Ao e CNPq pela concessão da bolsa de mestrado;

À prof a. Rosângela Lessa, pela paciência e por todas as oportunidades e todo acolhimento que ela me deu, em proporções muito maiores que o de uma orientadora. Um exemplo de mulher, pesquisadora e bom coração, indubitavelmente alguém à quem se espelhar.

À Maria Lúcia, por acreditar em mim, por toda sua atenção e dedicação em ensinar, serei sempre grata pelo conhecimento compartilhado e pelos conselhos de vida, estará sempre guardada em meu coração com olhos de admiração.

Agradeço a minha mãe Elizabeth Menani, que sempre foi uma grande mulher, e exemplo de luta nessa sociedade patriarcal e machista. Me ensinou a ser independente e sempre acreditar no meus sonhos, e agradeço também por ela não ter enlouquecido com todo o trabalho que dei pra ela durante toda a vida.

À ao meu grande amigo Philippe que foi de fundamental importância para conclusão desse trabalho, me oferecendo apoio; amizade e dispondo de seu tempo e conhecimento.

À todos os amigos incríveis e inesquecíveis que fiz durante o mestrado, nunca me deixando desistir mesmo nos momentos mais difíceis foram minha força e alegria, os quais são em grande parte responsáveis por eu ter chegado até aqui Philippe Queiroz, Aislan Miguel, Ana Odete, Leandro Augusto Jonas Eloi e Gabriel Vasco.

À minhas almas gêmeas e grandes amores da minha vida Bruno Pacheco e Thais Spigotti que me trazem pertencimento e amor genuíno nesse mundo louco, eu amo vocês.

À minha irmã por sempre estar ao meu lado e demonstrar compreensão e companheirismo às minhas causas.

À todas essas pessoas maravilhosas que cruzaram meu caminho até aqui eu agradeço.  
Vocês são parte constituinte do meu ser. Meu mais sincero OBRIGADO!

## RESUMO

O grupo dos batóides apresenta uma variedade de adaptações para o sucesso na predação, como especializações no sistema sensorial e na morfologia dentária. Raias Myliobatiformes demonstram uma alta diversidade de ecomorfotipos, com espécies bentônicos e outros totalmente pelágicos. Assim o objetivo desse trabalho foi analisar a morfologia dentária e de linha lateral de três espécies de batóides, com ecomorfotipos, habitat e estilo de vida distintos. Os resultados foram obtidos através das análises de Microscopia Eletrônica de Varredura e Tomografia computadorizada para a descrição da morfologia dentária, e de dissecações da linha lateral para visualização e identificação dos canais da linha lateral das espécies estudadas. *Aeotbatus narinari* é uma raia bentopelágica que se alimenta de presas duras, e apresentou alta complexidade nos canais de linha lateral, tanto na região dorsal quanto ventral. O canal hiomandibular ventral tem um elevado número de poros, o que possibilita a essa espécie detectar jatos d'água produzidos por moluscos, suas principais presas. A dentição de *A. narinari* é especializada para durofagia, com a placa dentária inferior com inserção mais profunda que a superior. Esta morfologia dentária auxilia a quebra e descarte de conchas dos moluscos. Os canais de *H. marianae* seguem o padrão descrito para a família Dasyatidae. Há uma concentração de canais mecanotáteis circundando a boca e focinho, que aliada á presença de poros na margem externa do canal hiomandibular ventral e presença de vesículas de Savi corroboram a dieta carcinofágica da espécie. A dentição de *H. marianae* é característica dos dasyatídeos, e a redução de dentes nas laterais das mandíbulas pode estar relacionado com sua menor importância na captura de presas. Essa espécie também apresentou dimorfismo sexual ontogenético, com os dentes sinfisiais dos machos adultos afilados. Essa característica não parece interferir na alimentação, mas com o fato do macho segurar a fêmea na cópula. *Pseudobatos percellens* não apresentou ramificações complexas em seus canais de linha lateral dorsal e ventral. Este achado pode estar relacionado tanto com a posição filogenética basal de *P. percellens* quando comparada com as Myliobatiformes deste estudo, quanto ao seu modo de locomoção axial. A presença de poros nos canais mecanotáteis ventrais desse batóide pode estar relacionado a captura da presa através de sucção, sem remoção do substrato. Apesar de *P. percellens* apresentar dentição características para esmagamento, sua principal presa são os teleósteos.

**Palavras- chave:** Batóides. Linha lateral. Morfologia dentária. Ecomorfotipos. Predação.

## ABSTRACT

The batoid group presents a variety of adaptations for success in predation, such as specializations in the sensorial systems and dental morphology. Myliobatiformes rays show a high diversity of ecomorphotypes, including benthic species and other entirely pelagic. The objective of this work was to analyze the dental and lateral line morphology of three species of batoids, with different ecomorphotypes, habitat and lifestyle. The results were obtained through Scanning Electron Microscopy and Computed Tomography for the description of dental morphology, and lateral line dissections for visualization and identification of lateral line channels of the species studied. *A. narinari* is a benthopelagic species that feeds on hard prey, and presented high complexity in the lateral line channels, both in the dorsal and ventral regions. The ventral hyomandibular canal has a high number of pores, which allows this species to detect jets of water produced by mollusks, its primary prey. The *A. narinari* dentition is specialized for durophagy, with the lower dental plaque inserting deeper than the upper one. This dental morphology helps the crushing and discarding of mollusk shells. *Hypanus marianae* channels follow the pattern described for the Dasyatidae family. There is a concentration of mechanical channels surrounding the mouth and snout, which, together with the presence of pores on the outer margin of the ventral hyomandibular canal and the presence of Savi vesicles, corroborate the species carcinophagic diet. *H. marianae* dentition is characteristic of the dasyatids, and the lower teeth size at the end of the jaws lateral side may be related to its minor importance in the prey capture. This species also presented ontogenetic and sexual dimorphism, with sharp symphyseal teeth in adult males. This feature does not seem to interfere with feeding, but with the fact that the male holds the female in the copula. *Pseudobatos percellens* did not present complex ramifications in their dorsal and ventral lateral line channels. This finding may be related both to the *P. percellens* basal phylogenetic position when compared to the Myliobatiformes of this study, and its mode of axial locomotion. The pores present in the ventral mecanotactile channels of this batoid may be associated with prey capture through suction, without substrate removal. Although *P. percellens* presents dental morphology for crushing the prey, its primary prey are teleosts.

**Keywords:** Batoid. Lateral line. Dental morphology. Ecomorphotypes. Predation.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CENAPESQ	Centro de Apoio a Pesquisa
CT	Comprimento Total
DD	Deficiente de dados
DEN	Departamento de Energia Nuclear
DIMAR	Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas
ES	Espiráculo
FB	Fendas Branquiais
HIO	Hiomandibular
IO	Infraorbital
IUCN	International Union for Conservation of Nature
LD	Largura de Disco
MAN	Mandibular
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura
NAS	Nasal
O	Olhos
PE	Pernambuco
PLL	Posterior Lateral
PN	Pré-nasal
SO	Supraorbital
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
VS	Vesículas de Savi

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
<b>1.1.1</b>	<b>Hypanus marianae.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Aetobatus narinari.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.3</b>	<b>Pseudobatos percellens.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.4</b>	<b>Linha lateral.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.5</b>	<b>Dentição.....</b>	<b>20</b>
1.3	JUSTIFICATIVA.....	21
1.4	OBJETIVO GERAL.....	21
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
2.1	AMOSTRAGEM.....	22
<b>2.1.1</b>	<b>Linha lateral.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Morfologia dos dentes.....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
3.1	ORDEM MYLIOBATIFORMES.....	25
<b>3.1.1</b>	<b>Hypanus marianae.....</b>	<b>25</b>
3.1.1.1	Mapeamento e Identificação dos Componentes da Linha lateral.....	25
3.1.1.2	Região Dorsal.....	25
3.1.1.3	Região Ventral.....	27
3.1.1.4	Descrição da Morfologia dentária.....	29
3.1.1.5	Relação da Distribuição dos Canais de Linha lateral e Morfologia Dentária com a Forma de Predação de <i>H. marianae</i> .....	31
<b>3.1.2</b>	<b>Aetobatus narinari.....</b>	<b>33</b>
3.1.2.1	Mapeamento e Identificação dos Componentes da Linha lateral.....	33
3.1.2.2	Região Dorsal.....	34
3.1.2.3	Região Ventral.....	36
3.1.2.3	Descrição da Morfologia Dentária.....	37
3.1.2.4	Relação da Distribuição dos Canais de Linha lateral e Morfologia Dentária com a Forma de Predação de <i>Aetobatus narinari</i> .....	38
3.2	ORDEM RHINOBATIFORMES.....	39

3.2.1	PSEUDOBATOS PERCELLENS.....	40
3.2.1.1	Mapeamento e Identificação dos Componentes da Linha lateral.....	40
3.2.1.2	Região Dorsal.....	40
3.2.1.3	Região Ventral.....	42
3.2.1.4	Descrição da Morfologia Dentária.....	42
3.2.1.5	Relação da Distribuição dos Canais de Linha lateral e Morfologia Dentária com a Forma de Predação de <i>Pseudobatos percellens</i> .....	44
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
4.1	HYPANUS MARIANAE.....	46
4.2	AETOBATUS NARINARI.....	48
4.3	PSEUDOBATOS PERCELLENS.....	49
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A classe dos Chondrichthyes inclui peixes cartilagosos que se dividem em duas subclasses Holocephalii, representada pelas quimeras e a Elasmobranchii que compreende as raias e os tubarões (Bigelow e Schroeder, 1948; Ebert et al., 2013, Weigman, 2016), reconhecidos pela importância como predadores e mesopredadores na cadeia trófica (CORTÉS, 1999).

Os Chondrichthyes representam apenas 3.5% da atual fauna de peixes (Nelson, 2006), no entanto essa linhagem reflete peixes altamente diversificados, e muito bem adaptados a ocupar diversos ambientes aquáticos, tanto marinhos como de água doce. (Compagno et al., 2005a).

O grupo Batoidea, que são as raias, compreende um clado monofilético, o mais especioso entre os Chondrichthyes com cerca de 630 espécies distribuídos entre as 23 famílias (Aschliman et al., 2012; Underwood et al, 2015). Os batóides apresentam corpos dorsoventralmente achatados, nadadeiras peitorais ampliadas e fundidas à cabeça. A forma do corpo dos batóides varia de redondo a rombóide (Aschliman et al., 2012; Franklin et al., 2014;), e esta variação está relacionada com o modo de natação e modo de vida das espécies (Martinez et al, 2016; Rosenberger, 2001).

As nadadeiras peitorais dos batóides exibem uma dupla função, tanto para propulsão durante a natação, quanto para suportar seus arranjos sensoriais, o que pode refletir adaptações evolutivas para o sucesso de ambas as atividades (Jordan, 2008).

A locomoção das raias é baseada em dois grandes grupos (Martinez et al, 2016). No primeiro, a locomoção baseada no eixo principal do corpo com ondulação do tronco muscular e da cauda para geração de potência como nas espécies de *Rhinobatos* spp (Shadwick e Gemballa, 2006). No segundo a propulsão é à base das nadadeiras peitorais (Rajiformes e Myliobatiformes) (Rosenberger,2001). A locomoção pode ser ondulatória que é frequentemente observada em espécies bentônicas como *Dasyatis* spp, ou oscilatória que é mais característica de espécies pelágicas como *Aetobatus narinari* (Rosenberger, 2001; Di Santo et al, 2017).

Esta variedade de ecomorfotipos dentro do grupo dos batóides gera uma diversidade de comportamentos alimentares e especializações morfológicas para otimização de suas estratégias de predação e consumo de várias categorias de presas (Motta, 2004).

A maioria dos batóides são principalmente bentônicos, entretanto alguns se tornaram parcial ou totalmente pelágicos e estão sujeitos a diferentes pressões evolutivas sobre aspectos morfológicos relacionados à forma de locomoção, alimentação e detecção de sinais (Jordan, 2008).

A localização bem sucedida e a captura de presas são realizadas através da integração de um conjunto de adaptações que excluem a visão devido ao design do seu corpo (Jordan, 2008).

Espécies demersais de raias se alimentam principalmente da infauna bentônica, e a visão provavelmente não desempenha um papel importante na detecção da presa. A posição dorsal dos olhos e ventral da boca, impedem estas espécies de verem o que comem (McComb et al, 2008). Portanto, é essencial para estas raias o uso de mecanorreceptores da linha lateral (Maruska e Tricas, 1998) e eletrorreceptores (Sisneros e Tricas, 2002), como as Ampolas de Lorenzini, para localizar suas presas.

O sistema mecanosensorial de linha lateral é presente em todos os peixes e anfíbios aquáticos e é melhor desenvolvido em peixes elasmobrânquios. Os mecanosensores da linha lateral detectam movimentos na água próximo a superfície do corpo do animal, auxiliando na navegação, identificação de indivíduos da mesma espécie e é de fundamental importância na localização de presas. A anatomia do sistema de linha lateral está relacionada à filogenia e a ecologia, incluindo habitat e o tipo de presa (Maruska & Tricas, 1998; Maruska, 2001; Motta & Wilga, 2001).

Nos batóides, a linha lateral é bastante complexa e está distribuída de acordo com a morfologia corporal de cada espécie, a distribuição dos componentes desse mecanismo apresentando diferenças entre os 5 grupos da superordem Batoidea (Pristiformes, Torpediniformes, Rajiformes, Rhinobatiformes e Myliobatiformes) e podem ter implicações comportamentais e ecológicas (Ragno, 2013).

Muitas espécies de elasmobrânquios desenvolvem dimorfismo sexual ao longo da ontogenia, que pode estar presente em caracteres morfológicos como a morfologia dentária (Gutteridge e Bennet, 2014), nos batóides é conhecida a ocorrência de dimorfismo sexual na

dentição, os dentes das raias são classificados como molariformes ou em forma de placas, adaptados para durofagia. Os dentes molariformes ocorrem em raias (*Dasyatidae*) e (*Rajidae*) e são usados para agarrar pequenas presas. Em contraste, os dentes em forma de placa ocorrem em raias *Myliobatidae* e são funcionais para o esmagamento de presas duras, como grandes bivalves e gastrópodes (Kajiura e Tricas, 1996; Summers, 2000).

Os machos de muitas espécies em contraste com as fêmeas desenvolvem a cúspide do dente pontiaguda nos indivíduos maduros (Gutteridge, 2013, Rangel et al, 2014). A substituição seriada dos dentes também permite a produção de dentes maiores à medida que o animal cresce (Moss, 1972; Underwood et al, 2015), bem como mudanças na morfologia dentária através da ontogenia ou mesmo sazonalmente (Kajiura e Tricas, 1996).

Entre os batóides, a diversidade de estilo de vida e habitat é maior nas raias (*Myliobatoidei*), onde alguns táxons são bentônicos ou demersais e outros são totalmente pelágicos. As condições hidrodinâmicas diferem muito entre o fundo do mar e a coluna de água, exigindo diferentes conjuntos de características para a vida em cada um (Sasko et al, 2005).

Assim, nesse estudo será feita análise dos mecanismos de predação de três espécies de batóides que ocorrem no litoral de Pernambuco. *Hypanus marianae* (Gomes, Rosa & Gadig, 2000) é uma espécie bentônica, endêmica do nordeste do Brasil, associada a recifes de corais e bancos de fanerógamas, é carcinofágica especialista (Costa et al, 2015; Queiroz, 2017). *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1790) é uma raia com distribuição circumglobal, mesopelágica, e possui adaptações morfológicas para alimentação de presas duras, como gastrópodes, moluscos e ermitões (Schluessel et al, 2010). Adicionalmente também será utilizada *Pseudobatos percellens* (Walbaum, 1792) como grupo externo devido a sua posição basal no clado dos batóides (MC EACHRAN, 1998, NISHIDA, 1990) É uma raia generalista, com elevada variação dentro do fenótipo, e se alimenta de peixes, grandes camarões e caranguejos (Freitas, 2015).

O objetivo do trabalho é a análise morfológica do sistema mecanosensorial de linha lateral e morfologia dentária das respectivas espécies, que ocupam habitats e nichos ecológicos distintos e que representam diferentes posições na linha evolutiva dos batóides, para o melhor entendimento desses mecanismos na estratégia de predação e ocupação de habitat dessas espécies de raias.

## 1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os batóides são considerados o grupo com mais problemas taxonômicos dentro dos elasmobrânquios. Além disso, quase um quarto das raias existentes foram descritas só na última década, o que tornou necessário atualizações na classificação e nomenclatura desse grupo (Last et al, 2016; Weigmann, 2015).

Recentemente um trabalho de Last e colaboradores (2016) proveniente do projeto *Rays of the world* trouxe explicações e atualizações a respeito da classificação e nomenclatura dos batóides baseado em dados moleculares e morfológicos. Este trabalho está muito bem consolidado e traz mudanças na classificação de gênero de duas das espécies presentes nesse trabalho.

O gênero *Dasyatis*, pertencente a família *Dasyatidae*, foi subdividido em seis gêneros: *Bathytoshia* Whitley, *Dasyatis* Rafinesque, *Hemitrygon* Müller & Henle, *Hypanus* Rafinesque, *Megatrygon* e *Telatrygon*, os dois últimos recentemente descritos (Last et al, 2016).

### 1.1.1 *Hypanus marianae*

Com mais de 70 espécies, a família *Dasyatidae* ocupa uma ampla gama de ambientes aquáticos, desde baías e lagunas até estuários, áreas oceânicas e pelágicas. O gênero *Hypanus*, pertencente a essa família, que ressurgiu recentemente em um trabalho de Last et al (2016), atualmente comporta quatro espécies: *Hypanus americanus* (Hildebrand & Schroeder, 1928), *H. rudis* (Günther, 1870), *H. guttatus* (Bloch & Schneider, 1801) e *H. marianae* (Gomes, Rosa & Gadig, 2000).

Endêmica do nordeste do Brasil, a raia de olhos grandes *Hypanus marianae* (Fig. 1) ocupa ambientes de recifes de corais (GOMES; ROSA & GADIG, 2000; YOKOTA & LESSA, 2007 BENDER et al., 2013) e tem ocorrência do nordeste do Maranhão ao Sul da Bahia embora mais amostragens possam revelar uma distribuição mais ampla (Costa et al, 2017). A espécie apresenta segregação ontogenética e segregação sexual onde os indivíduos mais jovens são encontrados próximo à zona de arrebentação os quais migram para regiões de maior profundidade ao longo do crescimento (COSTA et al, 2015).

Essa espécie se diferencia de seus congêneres pelos seus grandes olhos com diâmetro horizontal quase igual à largura interorbital e comprimento do espiráculo, cauda relativamente curta, menos de duas vezes o comprimento total do corpo do animal. Além de sua coloração

dorsal marrom-amarelada, a superfície ventral do disco branco apresenta dois pares de manchas simétricas.



**Figura 1** - *Hypanus marianae* fêmea capturada em Pernambuco, Brasil, vista ventral à esquerda e vista dorsal à direita.

Com comportamento alimentar especializado, *H. marianae* é uma espécie carcinofágica, que tem mais da metade de sua alimentação baseada em pequenos crustáceos bentônicos (COSTA et al., 2015; QUEIROZ, 2017), além da alimentação especializada apresenta características como endemismo e corpo pequeno que podem levar a espécie a um alto risco de extinção (BENDER et al., 2013), além do que seus habitats preferenciais são altamente sensíveis às mudanças climáticas (COSTA et al., 2017). *Hypanus marianae* está classificada na categoria DD (Data Deficient) da IUCN pois, não existem informações suficientes para avaliar seu risco de extinção.

### 1.1.2 *Aetobatus narinari*

O raia pintada *Aetobatus narinari* (Fig. 2) é um grande batoide pelágico associado a recifes principalmente costeiros, com uma distribuição circumtropical (Compagno e Last 1999; Richards 2009).

Utilizando técnicas de abordagens genéticas, Richards et al., (2009) definiu espécies de *A. narinari* distribuídas globalmente em, pelo menos, duas espécies distintas. Uma espécie ocorre entre o Pacífico Ocidental e Central e a outra através do Atlântico Central e do Pacífico Oriental.

A espécie aparenta possuir maturação tardia, e gestação longa, com tamanho de primeira maturidade entre 130 cm de largura de disco para fêmeas e 150 cm de largura de disco para machos. Sua reprodução é vivípara matrotrófica com histotrofia lipídica, tendo apenas o ovário e o útero esquerdos funcionais (Schluessel et al., 2010).

*Aetobatus narinari* possui hábito alimentar especializado em presas duras, principalmente gastrópodes, moluscos e ermitões, sendo os moluscos o grupo de presas mais importante (Schluessel et al., 2010).

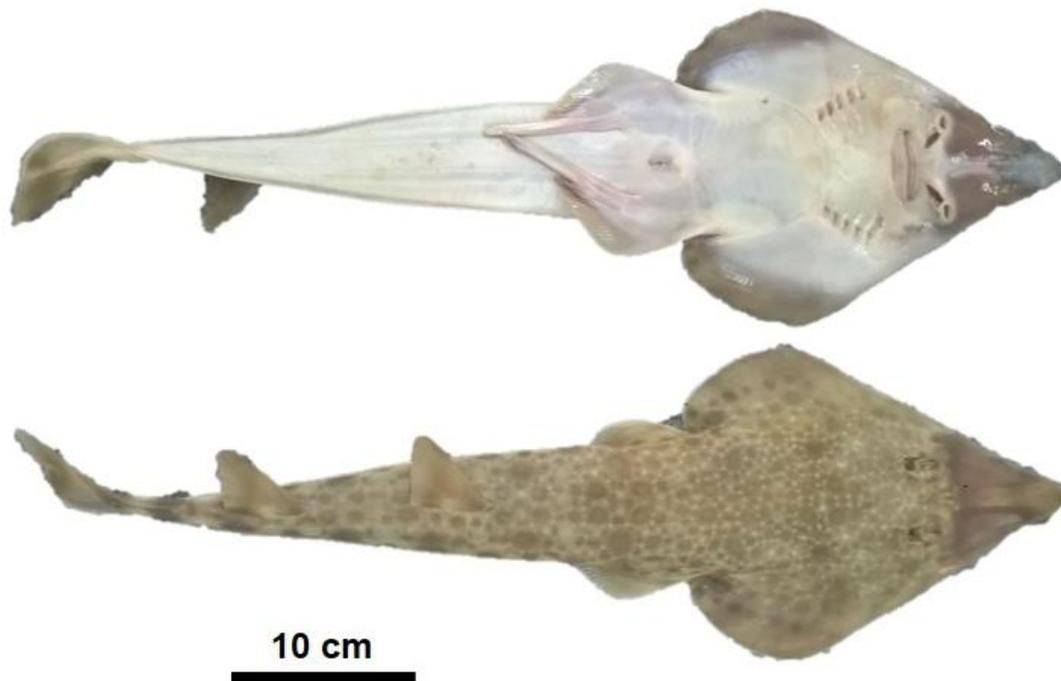


**Figura 2** - *Aetobatus narinari* fotografada na região costeira de Cancún, México. Fonte: innaturalist.org.

### 1.2.3 *Pseudobatos percellens*

A família Rhinobatidae é o táxon mais antigo entre os batóides existentes (CARROLL, 1988; CAPPETA, 1987), dos quatro gêneros da família, apenas dois ocorrem na costa brasileira. O gênero *Zapteryx* está representado por *Z. brevirostris* (Muller & Henle, 1841) e o gênero *Pseudobatos*, representado por *P. percellens* (Walbaum, 1792) e *P. horkelii* Muller & Henle, 1841.

*Pseudobatos percellens* (Fig. 3), conhecida popularmente como raia-viola, é uma espécie vivípara lecitotrófica, que pode ser encontrada em regiões tropicais e subtropicais, desde águas rasas até profundidades de 110m por toda a plataforma continental do Atlântico Ocidental (Santos, 2010; Costa, 2015; Bornatowski et al, 2010).



**Figura 3** - *Pseudobatos percellens* macho capturada pela pesca artesanal no litoral de Pernambuco, Brasil.

De hábito bentônico, *P. percellens* é comumente encontrada associada a fundos arenosos e lamacentos, e sua dieta generalista consiste de camarões, teleósteos e poliquetas, ocorrendo variações sazonais entre estes itens alimentares (LESSA, 1982; FREITAS, 2015).

A distinção entre *P. percellens* e seus congêneres baseia-se em caracteres morfológicos e parâmetros biológicos de estratégia de vida. Os indivíduos dessa espécie podem chegar até 1m de comprimento total. O tamanho de maturação das fêmeas é de 43,3 cm de comprimento total, e para os machos a primeira maturação ocorre a partir dos 44 cm (BARBOSA, 2006).

#### **1.2.4 Linha lateral**

A aptidão em detectar movimentos na água é crucial na vida dos peixes. Em especial peixes elasmobrânquios são conhecidos por sua aprimorada habilidade sensorial (Hueter et al, 2004), onde usam de informações do ambiente, como sinais químicos, mecânicos, ou elétricos para sua orientação na navegação e localização de outros indivíduos. O uso desses sinais é refletido em sua ecologia e pode variar de acordo com a espécie, distância, tipo de presa e fatores ambientais (Jordan et al 2013).

Um dos componentes que integra essa gama de sistemas sensoriais, é o sistema de mecanosensores da linha lateral. O sistema de linha lateral ocorre em todos os peixes e anfíbios

aquáticos, sendo apta a detecção de movimentos na água próximo ao corpo do animal. A unidade funcional desse sistema é o neuromasto, que consiste em células de suporte e células ciliadas cobertas por uma cúpula gelatinosa (Maruska, 2001).

Apesar desse mecanismo estar presentes em todos os peixes, a sua organização nos elasmobrânquios difere de todos os teleósteos, seja na localização de múltiplos neuromastos presentes dentro dos canais da linha lateral ou na existência de uma rede de canais com poros situados na cabeça dos elasmobrânquios (Maruska, 1998).

Os sistemas mecanosensorial dos elasmobrânquios incluem canais subepidérmicos da linha lateral, neuromastos superficiais, órgãos espiraculares, e vesículas de Savi. Nos batóides, a linha lateral é altamente modificada e complexa e se estende sobre o corpo e as nadadeiras peitorais ampliadas, atuam no controle da velocidade e direção da navegação, detecção de predadores, identificação de indivíduos da mesma espécie e tem fundamental importância na localização de curto alcance de presas e particularmente úteis na localização de presas enterradas (Maruska, 2001).

Os mecanossensores são classificados pela morfologia e localização. A morfologia e distribuição determina a distância do alcance do sistema de linha lateral, extensão do campo receptivo, propriedades da frequência de resposta e qual o componente da água está sendo codificado (Hueter et al, 2004; Maruska, 2001; Kalmijn 1989).

Existem 3 tipos de mecanorreceptores de linha lateral em batóides, os neuromastos livres, que estão localizados na superfície da pele, codificam a velocidade do movimento da água e provavelmente funcionam para detectar os movimentos de água gerados por predadores, coespecíficos ou correntes (Maruska, 2001; Peach e Marshall, 2009), os neuromastos alinhados em canais subepidérmicos que, ou estão em contato direto com a água através de túbulos que terminam em poros, ou isolados do ambiente em canais sem poros (Jordan, 2008; Jordan et al., 2009). Os canais com poros codificam a aceleração da água e estão mais bem posicionados para detectar movimentos gerados por presas, predadores, interações sociais coespecíficas ou aprendizagem e distorções no próprio campo de fluxo do animal para localizar objetos durante a natação (Jordan et al., 2009). Já os canais sem poros funcionam como mecanotatéis que codificam a velocidade dos movimentos da pele causados pelo contato com a presa, substrato ou coespecífico durante interações sociais (Maruska, 2001)

Enquanto a morfologia do neuromasto determina qual o tipo de informação (velocidade, aceleração ou deslocamento) é codificado. Os neuromastos detectam acelerações locais da água circundante em relação ao animal (Kalmijn, 1989). As vesículas de Savi, descritas em algumas espécies de batóides, são consideradas um terceiro tipo de órgão de linha lateral localizado dentro de bolsas subepidérmicas, (Maruska, 2001) encontradas principalmente na superfície ventral. Essa classe de mecanorreceptores está descrita apenas para torpedídeo, narcinídeo e dasyatídeo (Hueter, et al 2004).

A distribuição dos componentes e a posição dos mecanorreceptores da linha lateral apresentam grandes diferenças entre os 5 grupos de Batoides (Pristiformes, Torpediniformes, Rajiformes, Rhinobatiformes e Myliobatiformes) e podem ter implicações comportamentais e ecológicas (Ragno, 2013).

### **1.2.5 Dentição**

Os elasmobrânquios demonstram diversas adaptações na morfologia oral para otimizar a predação de diversas categorias de presas. O processamento da presa é tão importante quanto sua captura (Dean et al, 2005) e diversos estudos suportam a correlação entre a forma do dente e o tipo de presa para maioria dos Chondrichthyes (Lessa e Almeida, 1998; Wilga e Motta, 1998 ; Summers, 2000; Motta e Wilga, 2001).

Elasmobrânquios exibem dentes polifiodontes, dispostos em fileiras no palatoquadrato e na cartilagem de Meckel que são substituídos durante toda a vida. Os dentes se desenvolvem da posição língual para labial. Dentes funcionais ficam posicionados de forma a participar do processamento de presas na alimentação, e na região da margem labial ficam posicionados os dentes que não são mais funcionais, e já demonstram desgaste, no entanto ainda não foram perdidos (Underwood et al 2015).

Nos batóides existe uma diversidade de formas de dentes com papéis funcionais para dietas específicas. Dentições adaptadas para perfurar e cortar presas de corpo mole, triturar presas como alguns crustáceos, agarrar, ou até mesmo esmagar presas com estruturas rígidas, como o caso de moluscos com conchas duras. (Motta, 2004; Ramsay, 2007)

Nos myliobatídeos a dentição é disposta em forma de pavimento, apresentando uma única fileira de dentes sinfisiais. (Summers, 2000, Rangel et al 2016). A taxa de substituição de dentes varia de acordo com a espécie, idade do indivíduo, dieta e temperatura da água e também pode apresentar taxas diferentes para mandíbula inferior e superior (Moss, 1967).

Os dentes de batóides podem ser heterodontes ou homodontes, e podem variar no tamanho e na forma ao longa da arcada dentária, maxila superior e inferior, sexo e idade (Gonzales, 2005). É conhecido para a maioria dos batóides o dimorfismo sexual na dentição, muitas vezes presente apenas nos dentes anteriores, onde os dentes dos machos se tornam mais cuspidados, característica que foi demonstrada estar relacionada ao comportamento de cópula, onde os machos seguram as fêmeas pela borda das nadadeiras, e não parece ter influência na dieta (Motta, 2004). Apesar das funções adaptativas na dentição do Myliobatídeos para esmagar, os dentes desse taxon são ineficazes para os machos se agarrarem as fêmeas durante o acasalamento (Kajiura e Tricas 1996).

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Os elasmobrânquios estão entre os principais predadores do ambiente marinho e desempenham importantes papéis nos ecossistemas que ocupam atuando na transferência de energia entre os níveis tróficos e regulando as populações de suas presas (BIZZARRO et al., 2007; NAVIA et al, 2007; WETHERBEE e CORTÉS, 2004), portanto, o equilíbrio e a saúde dos ecossistemas podem depender diretamente da integridade das populações locais de elasmobrânquios (AGUIAR & VALENTIN, 2010). Peixes elasmobrânquios apresentam uma diversidade de mecanossensores do sistema de linha lateral que são essenciais no uso de hábitat, atuando na navegação, identificação de indivíduos da mesma espécie, cópula e predação desses indivíduos (MARUSKA, 2000).

*Hypanus marianae*, *Aetobatus narinari* e *Pseudobatos percellens* ocorrem nos desembarques da pesca artesanal no litoral de Pernambuco, Brasil. A exploração pesqueira sem manejo destas espécies ao longo do seu ciclo de vida associada à suas características biológicas como baixa fecundidade, crescimento lento e maturação tardia (CAMHI, 1998; MELO, 2016) além da degradação ambiental podem, a longo prazo, levar a espécie a um declínio populacional, similar ao que já ocorre com diversas espécies de elasmobrânquios no mundo (SIMPENDORFER et al., 2011). É de fundamental importância o estudo dos mecanismos usados no sucesso da ocupação dos habitats para a compreensão da ecologia, papel funcional e manejo dessas espécies.

### 1.4 OBJETIVO GERAL

Analisar a morfologia dos canais da linha lateral relacionando à detecção da presa com a morfologia dentária de *Hypanus marianae*, *Aetobatus narinari* e *Pseudobatos percellens* para correlacionar cada papel funcional desses mesopredadores nos ecossistemas do bioma marinho.

#### 1.4.1 Objetivos Específicos

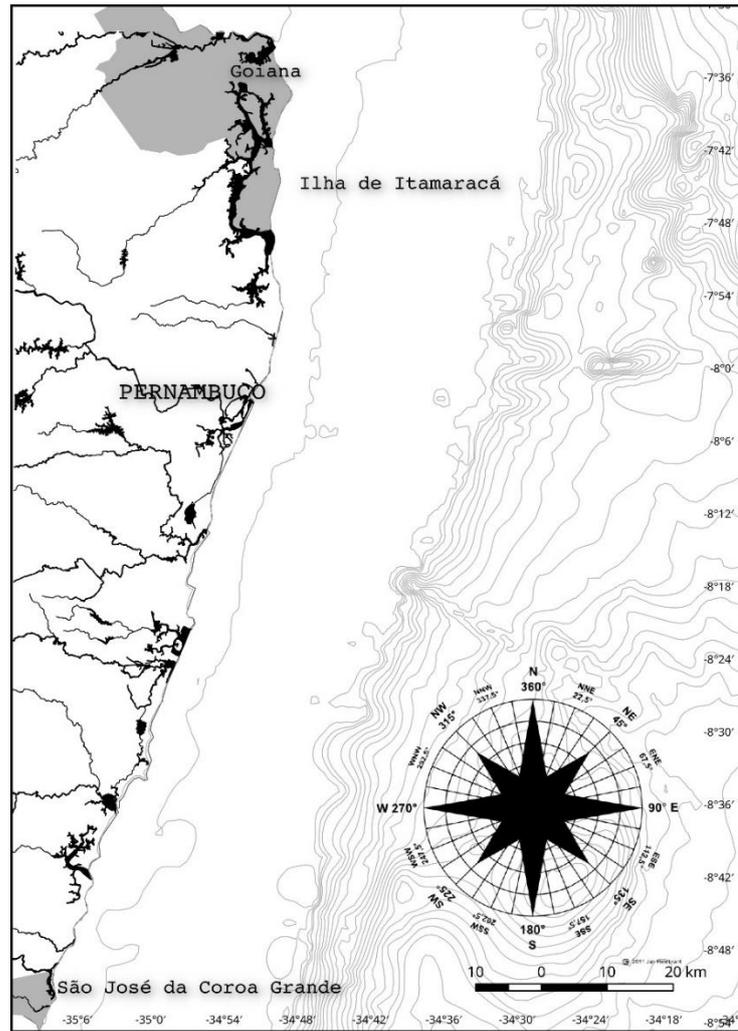
- Descrever e ilustrar a morfologia e distribuição dos canais de linha lateral dorsal e ventral de *Pseudobatos percellens*, *Hypanus marianae* e *Aetobatus narinari* capturada pela pesca artesanal no litoral de Pernambuco, Brasil;
- Relacionar a distribuição dos canais de linha lateral com o hábito de vida de *P. percellens*, *H. marianae* e *A. narinari*;
- Caracterizar a dentição de *P. percellens*, *H. marianae* e *A. narinari* quanto a morfologia e função;
- Caracterizar estruturas usadas na predação de *P. percellens*, *H. marianae* e *A. narinari*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 AMOSTRAGEM

Os exemplares foram obtidos nos desembarques da pesca artesanal na zona costeira de Pernambuco. As espécies *Aetobatus narinari* e *Hypanus marianae* foram coletadas nos Municípios de Goiana (Ponta de Pedras) e Ilha de Itamaracá. As amostras de *Pseudobatos percellens* foram obtidas em Sirinhaém e São José da Coroa Grande (Fig. 4).

Os espécimes foram transportados ao Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), onde foram registrados, medidos (Largura do disco – LD em cm; Comprimento total – CT em cm), pesados (g), identificados o sexo e estado de maturação gonadal e posteriormente fixados em formol a 10% (diluição feita em água do mar).



**Figura 4** - Mapa dos municípios do litoral de Pernambuco amostrados para obtenção dos exemplares de *Pseudobatos percellens*, *Hypanus marianae* e *Aetobatus narinari*.

### 2.1.1 Linha Lateral

Um total de oito exemplares de cada espécie em estudo (N=24) foram analisados e dissecados para o estudo do sistema de linha lateral, sendo quatro indivíduos fêmea e quatro indivíduos machos.

Para estudo dos canais sensoriais ventrais e dorsais do sistema de linha lateral foram realizadas dissecações com uso de bisturi, pinças anatômicas e tesouras. Após a fixação em formol a 10% por 48 horas, os indivíduos foram dissecados segundo metodologia descrita por Maruska (2001).

Foram realizadas dissecações completas da superfície ventral e dorsal dos indivíduos. Após a dissecação superficial para a retirada da epiderme, os canais da linha lateral foram expostos e marcados através de injeções de solução de Azul de Metileno para identificação das conexões entre os canais e visualização dos neuromastos. A terminologia dos canais e seus componentes segue o proposto por Ewart (1891). A observação dos canais foi realizada a olho nu.

Os componentes da linha lateral identificados nas espécies analisadas estão ilustrados em diferentes cores para melhor visualização de seus limites, suas siglas e cores foram: Hiomandibular – HIO (vermelho), Infraorbital – IO (verde) , Mandibular – MAN (azul marinho), nasal – NS (rosa), linha lateral posterior – PLL (roxo), pré-nasal – PN (amarelo) e canais supraorbitais – SO (azul claro). Também foram identificados canais com poros e sem poros e vesículas de Savi (VS).

Canais com abertura ao ambiente externo, ou canais com poros, possuem pequenas extensões dos canais originais, as quais são denominadas túbulos, essas extensões com diâmetros bem menores do que o dos canais não possuem neuromastos.

Foram realizadas ilustrações seguindo o trabalho de Ragno (2013) e posteriormente essas ilustrações foram computadorizadas através do programa InkScape. Os resultados da identificação da morfologia da linha lateral e seus componentes para cada espécie, foram correlacionados com a ecologia das espécies estudadas, obtidas na literatura especializada.

### **2.1.2 Morfologia dos Dentes**

Para a descrição da morfologia dentária, foram analisadas quatro maxilas para cada uma das espécies, considerando dois exemplares machos e duas fêmeas.

Os dentes foram examinados com base no sexo e estágio de maturação (imaturo e maduro). Para a microscopia eletrônica de varredura, as amostras das placas dentárias foram dissecadas e imersas em solução fixadora de formaldeído 10%, posteriormente foram lavadas com água, submetidas a desidratação em séries de etanol com uma proporção crescente do álcool (70, 80, 90 e 100%) e colocadas para secagem à temperatura ambiente.

A análise das amostras foi realizada através do aparelho de microscópio eletrônico de varredura (MEV) TESCAN, modelo VEGA3 com filamento de tungstênio no CENAPESQ, na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As amostras foram posicionadas e

anexadas com cola de carbono para bases de alumínio e submetidas a pulverização de íons de ouro no metalizador DENTON VACUUM, seguido de análise e fotografia eletrônica de varredura. A descrição dos dentes é baseada na nomenclatura sugerida por Moss (1977) e Cappetta (1987).

De um macho e uma fêmea maduro de cada espécie, foram realizadas análises de Tomografia computadorizada no DEN (Departamento de Energia Nuclear) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) a fim de caracterizar a conformação da posição dos dentes nas maxilas.

### **3 RESULTADOS**

Do total de 24 indivíduos analisados, foram identificados os seguintes componentes da linha lateral: canal Hiomandibular – HIO, Infraorbital – IO, Mandibular – MAN, nasal – NS, linha lateral posterior – PLL, pré-nasal – PN e canais supraorbitais – SO. Também foram identificados canais com poros e sem poros e vesículas de Savi – VS.

#### **3.1 ORDEM MYLIOBATIFORMES**

##### **3.1.1 *Hypanus marianae***

###### **3.1.1.1 Mapeamento e Identificação dos Componentes da Linha Lateral**

Os indivíduos de *H. marianae* analisados estão representados por subadultos e adultos com amplitude de LD (largura de disco) de 22,0 a 29,0 cm e amplitude de CT (comprimento total) entre 40,0 a 49,0 cm.

A raia *Hypanus marianae* possui um sistema de canais de linha lateral com poros e sem poros distribuídos dorsal e ventralmente, e Vesículas de Savi posicionadas apenas na região ventral (Fig 5 e Fig 6)

###### **3.1.1.2 Região dorsal**

Todos os canais da superfície dorsal apresentam túbulos que terminam em poros (Figura 5). O canal hiomandibular é o canal mais extenso presente nesta espécie. Ele se estende longitudinalmente da porção lateral aos olhos e segue até o limite das nadadeiras pélvicas (Fig.5 HIO).

O canal hiomandibular apresenta ramificações transversais em direção a margem do disco. Essas terminações finalizam em túbulos, num total de seis a doze túbulos que se abrem em poros pares na superfície da pele (Fig.5 HIO). O canal hiomandibular penetra no corpo em direção ventral e se associa ao canal hiomandibular ventral na região da margem lateral externa ocular (Fig.5 HIO).

O canal infraorbital é constituído por túbulos curtos na porção anterior do disco, e forma pequenas alças na área lateral orbital externa, e se conecta ao canal supraorbital e hiomandibular. Deste ponto, o canal infraorbital prossegue de forma retilínea até a zona posterior do espiráculo, onde se ramifica (Fig.5 IO). Assim como o observado no canal hiomandibular, o canal infraorbital penetra no corpo na região do focinho e se conecta ao canal infraorbital da superfície ventral (Fig.5 IO).

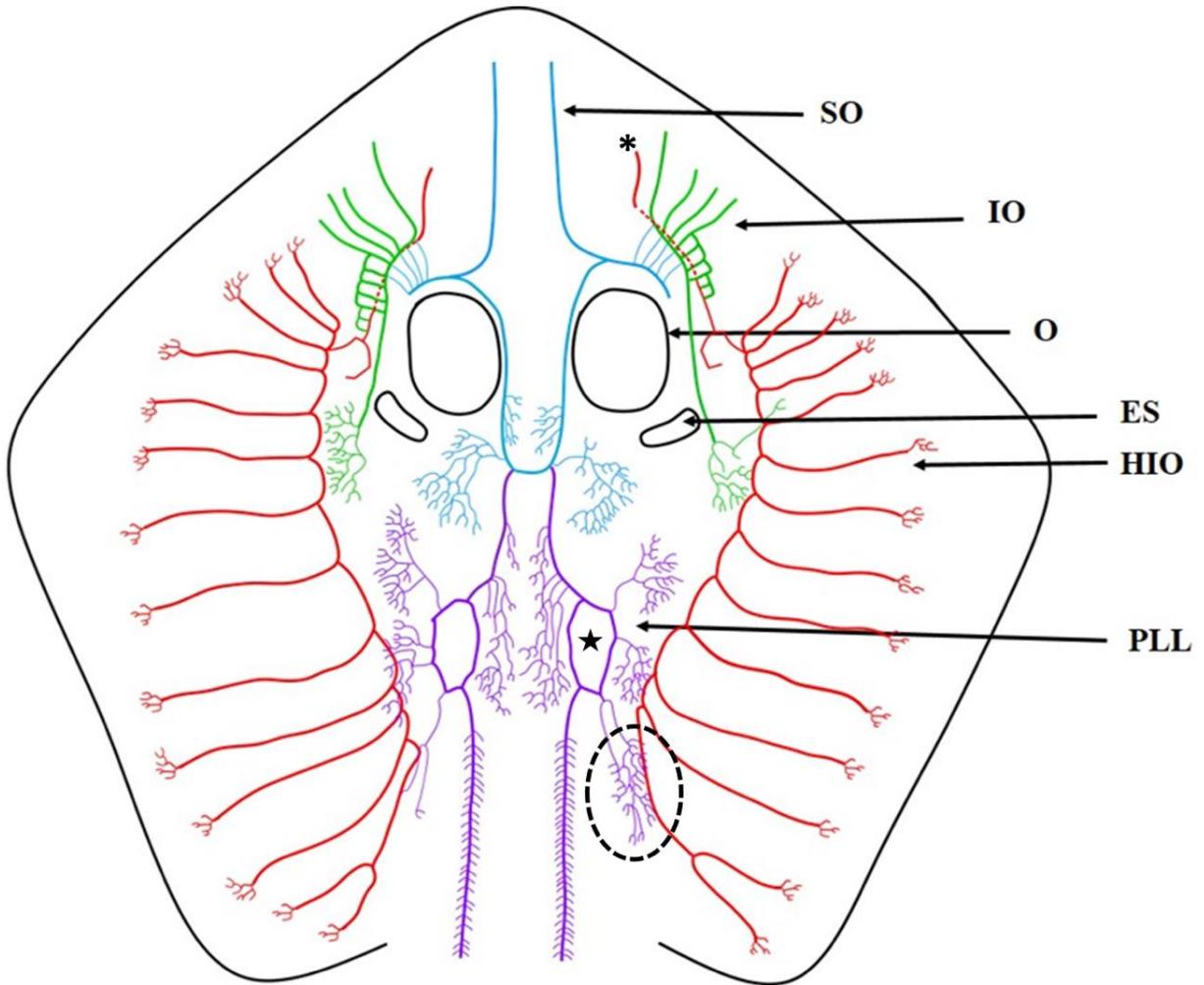
O canal supraorbital conecta os canais dos lados esquerdo e direito do disco (Fig.5-SO), esse canal está conectado ao infraorbital por curtos túbulos subcutâneos na região lateral externa dos olhos. O ramo anterior do SO circunda a região orbital externa e prossegue até a parte mais frontal do disco, na extremidade do focinho (Fig.5 SO). O ramo posterior deste canal segue linearmente, sobre a região cranial, próximo à margem orbital interna (Fig. 5 SO).

Na área subsequente ao espiráculo e anteriormente ao canal da linha lateral posterior, o canal forma um “U” e prossegue, em paralelo, assumindo a simetria bilateral. Na parte côncava do “U”, o canal se ramifica em túbulos que se abrem em poros na superfície da pele (Fig.5 SO).

O canal da linha lateral posterior (PLL) está situado na linha média do corpo. Este canal se inicia na volta do canal supraorbital, na região subsequente ao espiráculo, prossegue ao longo do plano médio longitudinal do disco. Na sua porção anterior, há uma leve curvatura em direção a posição do canal hiomandibular. Na margem interna desta curvatura ocorrem ramificações em direção a zona situada entre os ramos esquerdo e direito do PLL (Fig.5 PLL) .

Após a curvatura o PLL dá uma volta e origina a volta escapular (Fig. 5 PLL), que se conecta ao canal hiomandibular e segue em direção à extremidade da caudal.

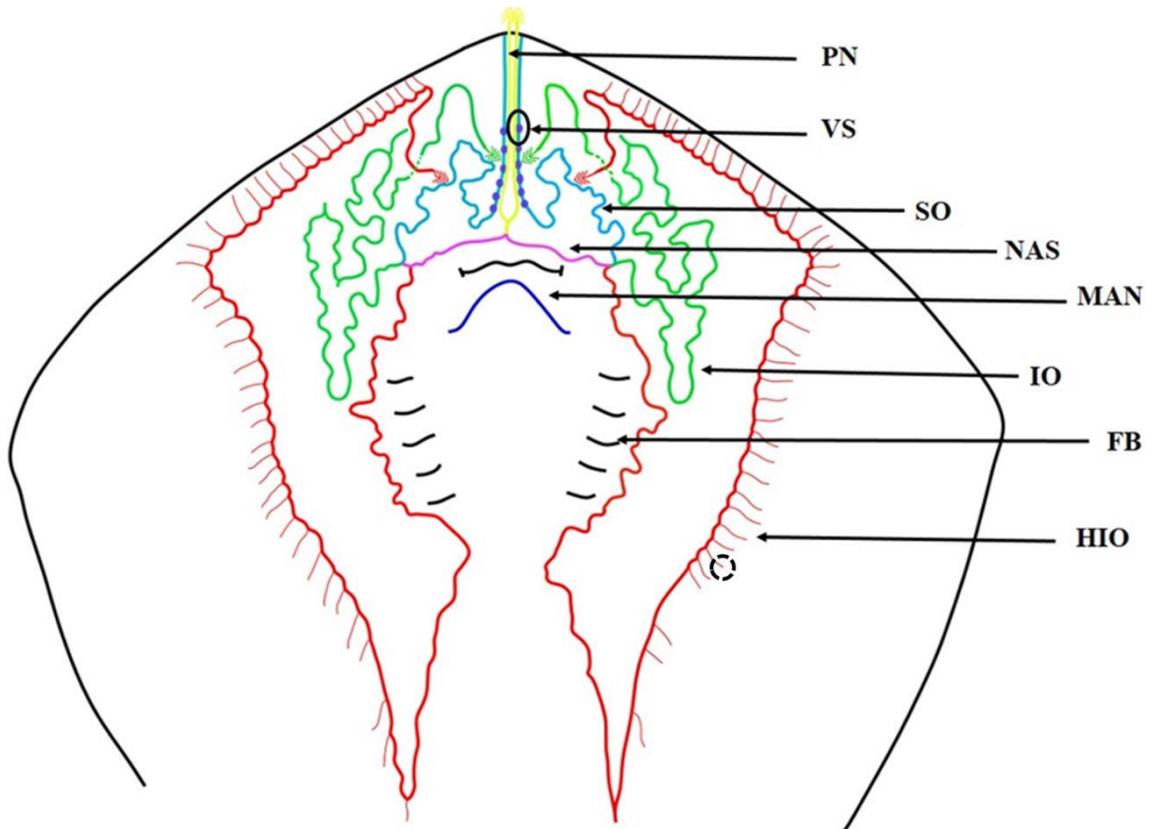
A volta escapular apresenta ramificações em direção ao canal hiomandibular. O ramo posterior do PLL continua no plano mediano do disco até a região pélvica, onde apresenta ramificação que ampliam o número de poros nessa área (Fig. 5 PLL).



**Figura 5** - Desenho esquemático da distribuição dos canais da linha lateral na região dorsal de *Hypanus marianae*: HIO - Hiomandibular (vermelho); IO - Infraorbital (verde); PLL - linha lateral posterior (roxo); SO - Canais supraorbitais (azul claro). Asterisco indica conexão com o mesmo canal na região ventral; estrela indica volta escapular; círculo tracejado indica ramificações dicotômicas dos túbulos. ES – espiráculo. O – olho.

### 3.1.1.3 Região ventral

A superfície ventral de *H. marianae* apresenta canais com poros e sem poros. O canal hiomandibular apresenta-se muito desenvolvido. Na área cefálica, circunda a borda anterior do disco localizada posteriormente ao focinho até a altura da boca e segue posteriormente até as proximidades da inserção das nadadeiras pélvicas, onde o canal faz uma volta em forma de “V” (Fig.6 HIO). O ramo lateral esquerdo de cada “V” sobe lateralmente em direção as fendas branquiais e conecta aos canais nasal, infraorbital e supraorbital na altura da cavidade oral (Fig.6 HIO).



**Figura 6** - Desenho esquemático da distribuição dos canais da linha lateral na região ventral de *Hypanus marianae*: HIO - Hiomandibular (vermelho); IO - Infraorbital (verde); MAN - Mandibular (azul marinho); NS - Nasal (rosa); PN - Pré-nasal (amarelo); SO - Canais supraorbitais (azul claro). Círculo tracejado indica ramificações simples de túbulos terminados em um único poro. FB – fendas branquiais.

Na região posterior ao focinho, os canais hiomandibular cruzam o canal infraorbital, passando por cima, e penetra na derme para se conectar ao hiomandibular da superfície dorsal. Toda a porção externa do hiomandibular, na lateral direita do “V” apresenta túbulos isolados, e na lateral esquerda do “V” os túbulos estão ausentes (Fig. 6 HIO).

O canal infraorbital também apresenta uma volta em V lateral- a primeira e segunda fendas branquiais de onde segue para região do rostro, de forma enovelada (Fig.6 IO). Ele passa sob o canal hiomandibular e penetra no corpo ao atingir o focinho para conectar-se ao mesmo o canal na região dorsal.

O canal supraorbital apresenta-se enovelado na sua porção posterior até a área lateral do canal pré-nasal, de onde segue de forma retilínea para área do focinho (Fig. 6 SO), formando o segmento anterior, onde ocorrem seis Vesículas de Savi em cada segmento anterior (esquerdo e direito) do canal supraorbital (Fig. 6 VS).

O canal mandibular situa-se na região abaixo da cavidade bucal, e não tem conexão com os demais canais. No entanto, o canal nasal mantém conexão com todos os outros canais encontrados na superfície ventral, ele situa-se marginalmente à porção superior da boca, e lateralmente as narinas. Na sua porção mediana conecta-se com o pré -nasal (Fig 6. NAS).

O canal pré-nasal percorre o focinho até a sua extremidade e dobra para região dorsal onde se conectando ao canal supra-orbital da superfície dorsal (Fig 6. PN).

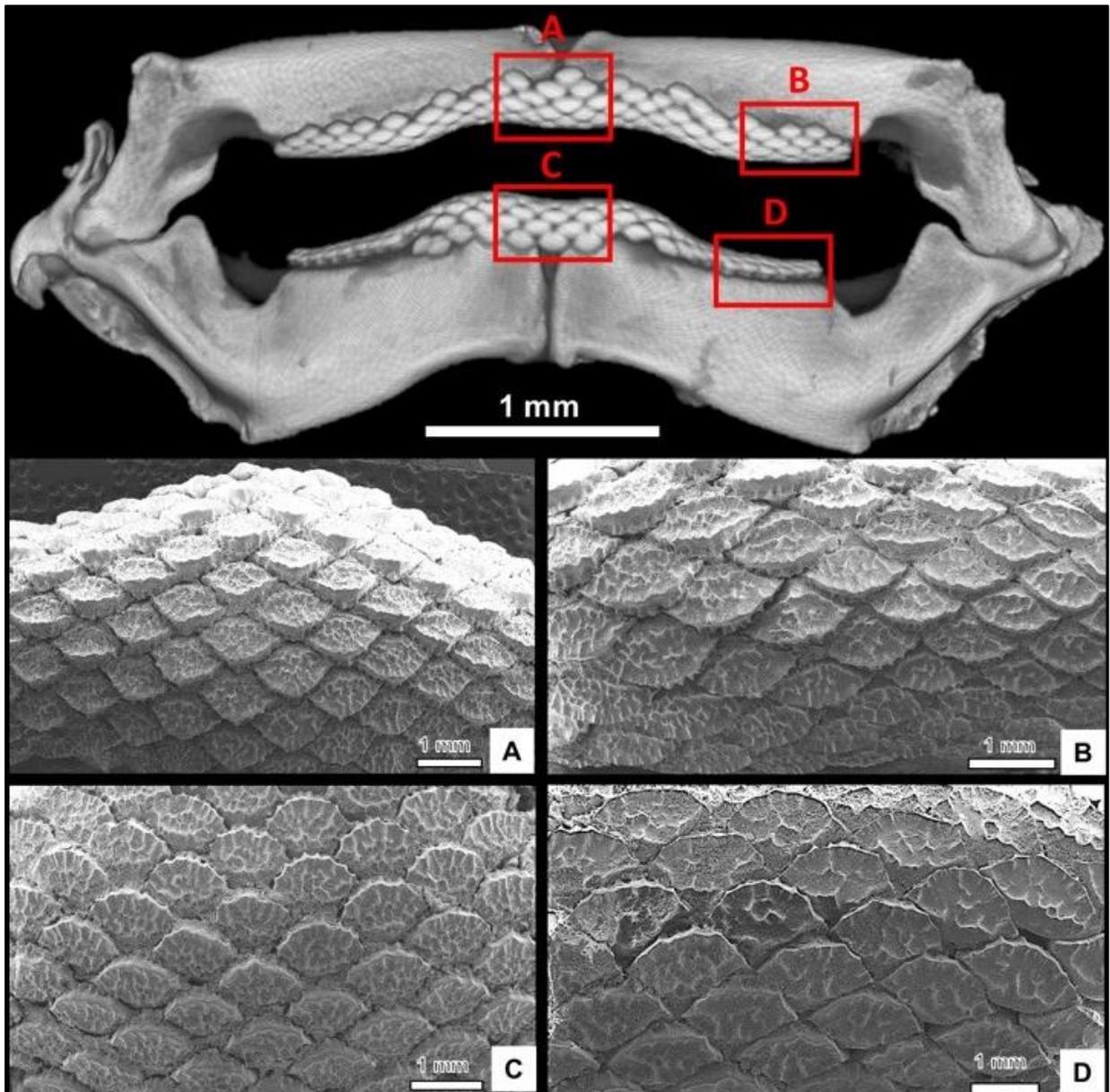
#### 3.1.1.4 Descrição da Morfologia Dentária

Os dentes em *H. marianae* estão dispostos juntos e de forma alternada formando uma estrutura dentária do tipo pavimentada (Fig. 7 e Fig. 8).

A estrutura morfológica e disposição dos dentes em fêmeas tanto maduras quanto imaturas de *H. marianae* é semelhante (Fig. 7 e Fig. 8). Todos os dentes possuem forma losangular com estrutura compactada com a coroa arredondada e irregularidades na face vestibular.

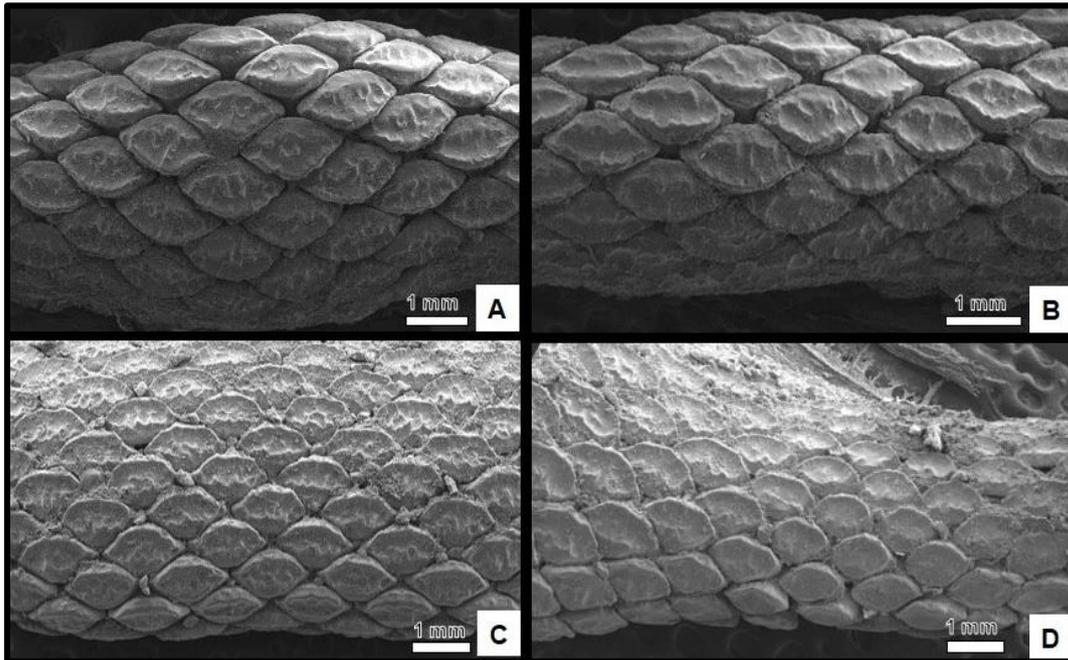
Não foi observada heterodontia ontogenética nas fêmeas, e nem variações morfológicas entre os dentes da maxila superior e inferior. No entanto, ocorre uma leve heterodontia monognática gradiente (Figs 7 e Fig. 8). Há um aumento da coluna de dentes nas fêmeas adultas quando se compara com as imaturas na região da sínfise (Fig 7. A,C; Fig 8 A, C).

Os machos de *H. marianae* apresentam heterodontia ontogenética e heterodontia sexual. Os machos maduros exibem heterodontia monognática gradiente bem pronunciada (Fig. 9). As série-fileiras do palatoquadrato (maxila superior) estão dispostas de forma imbricada, e todos os dentes apresentam a cúspide bastante afilada direcionados para a região lingual (Figura 9 A, B).



**Figura 7** - Tomografia computadorizada das maxilas e microscopia eletrônica de varredura da dentição de *Hypanus marianae* fêmea adulta, visão labial.: A. região sínfisiária superior; B. região lateral superior; C. região sínfisiária inferior; D. região lateral inferior.

O tamanho da cúspide diminui da área sínfise em direção as laterais (Fig. 9 A, B) Apenas as últimas duas colunas de dentes, apresentam a forma pavimentosa (Figura 9 B, D). Os dentes da cartilagem de Meckel (maxila inferior) continuam em sua conformidade de pavimento nas laterais, mas a medida que passam de intermediários á sínfisiais sua organização passa a ser imbricada e os dentes se tornam bastante cuspidados (Fig. 9 C,D). No centro dos dentes cuspidados, foi observado um sulco dividindo a cúspide ao meio (Fig.9 A).

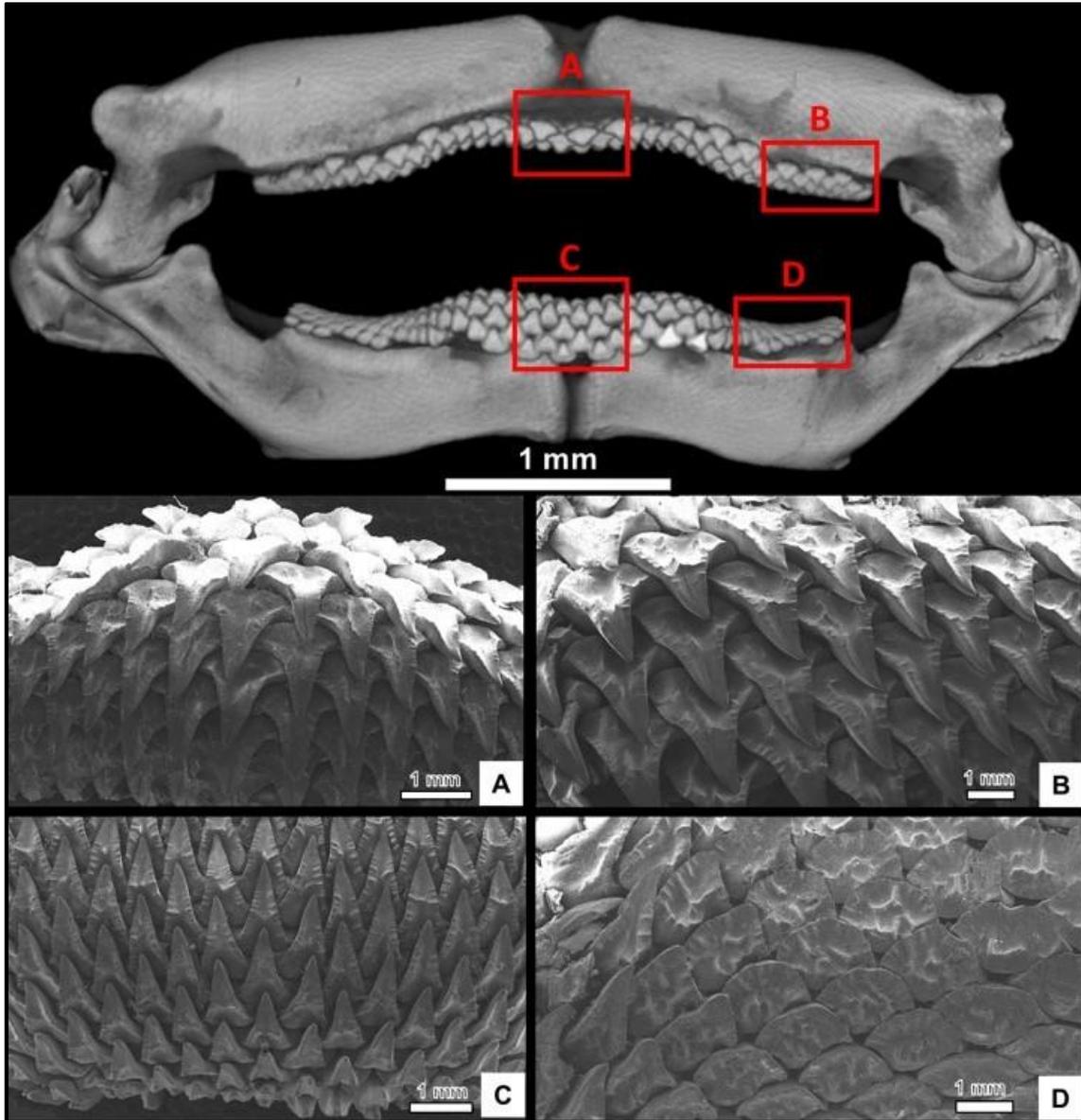


**Figura 8** - Microscopia eletrônica de varredura da dentição de *Hypanus marianae* fêmea antes de atingir maturidade sexual, visão labial: A. região sinfisiária superior; B. região lateral superior; C. região sinfisiária inferior; D. região lateral inferior

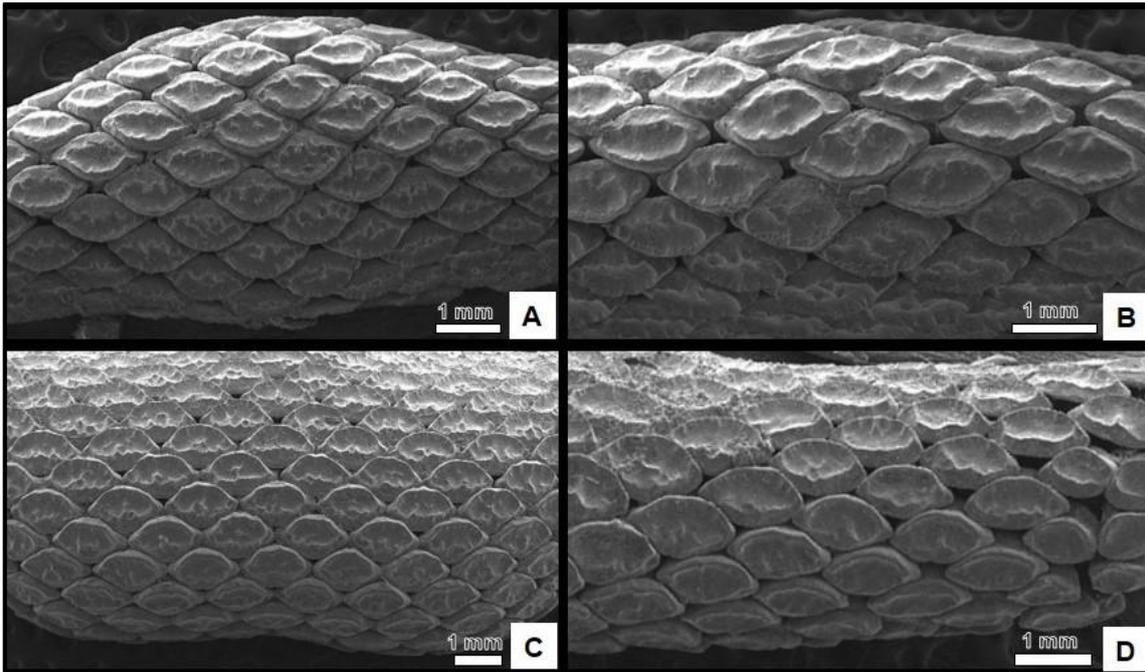
### 3.1.1.5 Relação da distribuição dos canais de linha lateral e morfologia dentária com a forma de predação de *H. marianae*

A espécie *H. marianae* apresenta morfologia corporal rombóide, hábito bentônico e modo de natação ondulatório. Apresenta um rostro flexível com presença de vesículas de Savi.

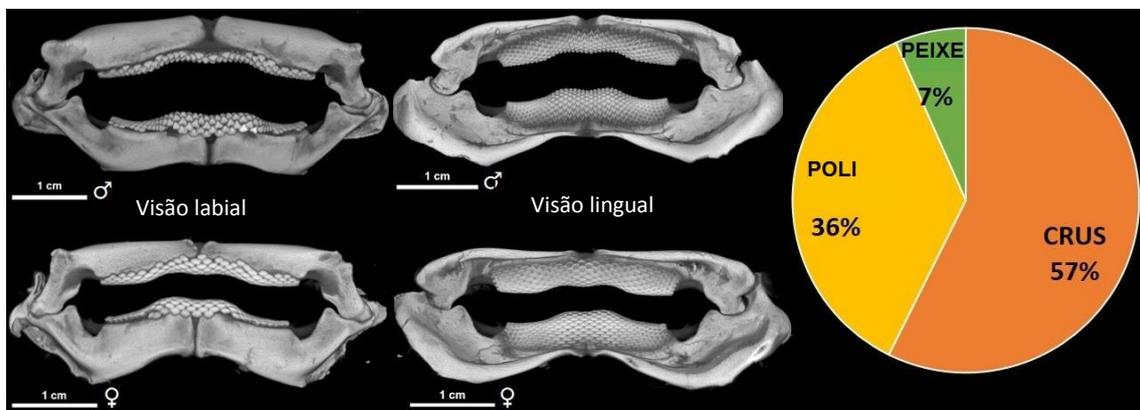
Na região ventral do animal, o canal infraorbital apresenta maior complexidade (Fig.6), e os canais sem poros tiveram a maior concentração na região anterior do disco (Fig.6). Nos canais circundantes à boca, observa-se um alto grau de enovelamento o que permite uma maior área de contato das estruturas mecanotáteis com o substrato, e a presença de poros no canal hiomandular ventral facilita a detecção de presa. Todas essas características associadas otimizam a estratégia para obtenção da presa que é via sucção (Fig.6). Aliado a isso, a dentição observada do tipo pavimentada (Fig. 7 a Fig 10) auxilia a um certo grau de esmagamento e responde ao grau de especialização da dieta da espécie (Figura 11).



**Figura 9** - Tomografia computadorizada das maxilas e microscopia eletrônica de varredura da dentição de *Hypanus marianae* macho após atingir maturidade sexual: A. região sinfisiária superior; B. região lateral superior; C. região sinfisiária inferior; D. região lateral inferior.



**Figura 10** - Microscopia eletrônica de varredura da dentição de *Hypanus marianae* macho antes de atingir maturidade sexual, visão labial: A. região sinfisiária superior; B. região lateral superior; C. região sinfisiária inferior; D. região lateral inferior.



**Figura 11** - Tomografia computadorizada da mandíbula de *Hypanus marianae* macho e fêmea adultos com visão labial e lingual e representação gráfica dos grupos de presa utilizadas pela espécie segundo QUEIROZ et al., (2017). (POLI) – poliquetas, (PEIXE) – peixes, (CRUS) - crustáceos.

### 3.1.2 *Aetobatus narinari*

#### 3.1.2.1 Mapeamento e Identificação dos Componentes da Linha Lateral

De *Aetobatus narinari* foram analisados apenas indivíduos jovens. Esta espécie possui um sistema de canais de linha lateral com poros e sem poros na superfície ventral e dorsal.

### 3.1.2.2 Região dorsal

Na região dorsal o canal hiomandibular (HIO) se estende longitudinalmente da margem anterior do disco, na inserção das nadadeiras peitorais até a porção mediana, onde se curva em direção ao eixo axial do corpo do animal para se conectar ao canal posterior lateral (Fig.12 HIO). Na região de inserção das nadadeiras peitorais à cabeça o hiomandibular conecta-se ao canal hiomandibular da superfície ventral.

O canal hiomandibular apresenta subdivisões transversais desenvolvidas, mas que não atinge a borda mais externa da nadadeira peitoral (Fig. 12 HIO). Cada uma dessas subdivisões origina ramificações dicotômicas que se tornam um arranjo de túbulos complexos que variam na quantidade de poros a depender da região do corpo (Fig. 12 HIO). Na região anterior das nadadeiras peitorais foi observado um total de doze poros e cerca de cinquenta poros foram identificados na região posterior.

O canal supraorbital (SO) está presente na área cefálica, correndo acima da região orbital, e anteriormente ao espiráculo. Posteriormente à cápsula auditiva esse canal faz uma volta e corre em paralelo, formando um “U” (Fig.12 SO). As porções do canal que correm paralelas e de forma retilínea para a extremidade anterior da cabeça apresentam de quinze a vinte ramificações curtas, que originam múltiplas ramificações de túbulos em diferentes níveis de estratificação da epiderme, muitas vezes sobrepostos.

A ramificação do SO que contorna a margem superior do espiráculo, conecta-se ao canal infraorbital. Essa ramificação também apresenta uma rede de túbulos, que finalizam em centenas de poros e ocupam toda a área cefálica (Fig.12 SO).

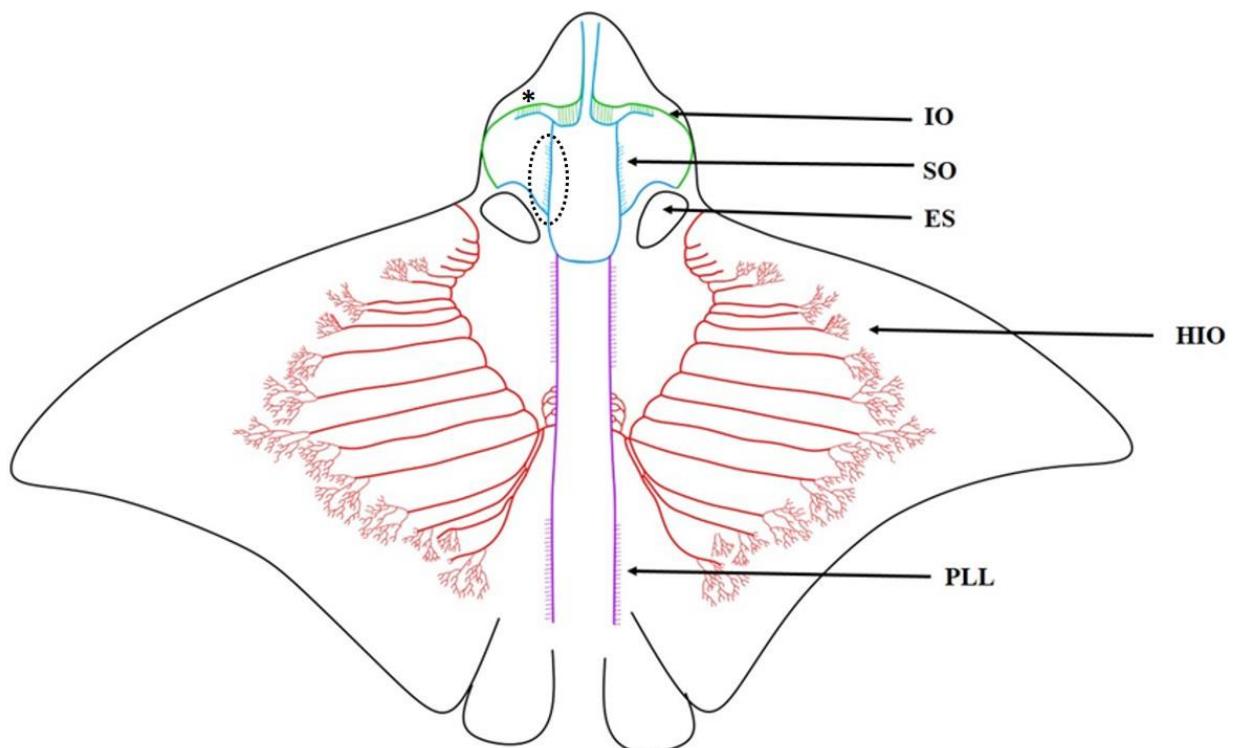
Ao atingir a extremidade da área cefálica o supraorbital corre lateralmente atingindo a parte anterior aos olhos e se conecta com o canal infraorbital através de túbulos posicionados na área de declinação do focinho, e nas camadas mais internas abaixo dos olhos, segue em direção ao focinho e penetra no corpo do animal (Fig. 12 SO). O canal supraorbital conecta na superfície dorsal de ambos sistemas de canais do lado esquerdo e direito do corpo.

O canal infraorbital (IO) que parte do supraorbital na região espiracular, circunda a superfície inferior dos olhos e se estende paralelamente ao supraorbital na porção inferior do

rosto, até o focinho. Os canais supra e infraorbital estão conectados por túbulos curtos na região frontal do rosto (Fig.12 IO).

O canal da linha lateral posterior (PLL) tem origem na volta do canal supraorbital e se estende por toda a região axial do corpo até a inserção da nadadeira pélvica, conectando-se a volta do canal hiomandibular na região mais ampla das nadadeiras peitorais (Fig.12 PLL). Neste ponto o canal lateral posterior dá origem a complexos de túbulos dicotomizados que seguem à cauda. O canal da linha lateral posterior apresenta ramificações terminadas em poros por toda a porção axial do corpo. Na região próxima a inserção da nadadeira pélvica os poros estão mais agrupados e em maior número.

Com exceção do canal infraorbital, os demais canais da superfície dorsal de *A. narinari* apresentam túbulos terminados em poros.



**Figura 12** - Desenho esquemático da distribuição dos canais da linha lateral na região dorsal de *Aetobatus narinari*: HIO – Hiomandibular (vermelho); IO – Infraorbital (verde); PLL – linha lateral posterior (roxo); SO – Canais supraorbitais (azul claro). Asterisco indica túbulos curtos que conectam os canais supraorbital e infraorbital; círculo tracejado indica ramificações do canal supraorbital. ES – espiráculo.

### 3.1.2.3 Região ventral

Na superfície ventral do corpo do animal foram identificados canais com e sem poros. O canal hiomandibular apresenta-se bem desenvolvido e tem continuidade com o ramo do canal hiomandibular da região dorsal. Este canal passa lateralmente à região cefálica, onde segue margeando a porção anterior das nadadeiras peitorais até a sua extremidade distal. Nessa porção o canal hiomandibular tem túbulos curtos e simples, terminados em poros únicos (Fig.13 HIO).

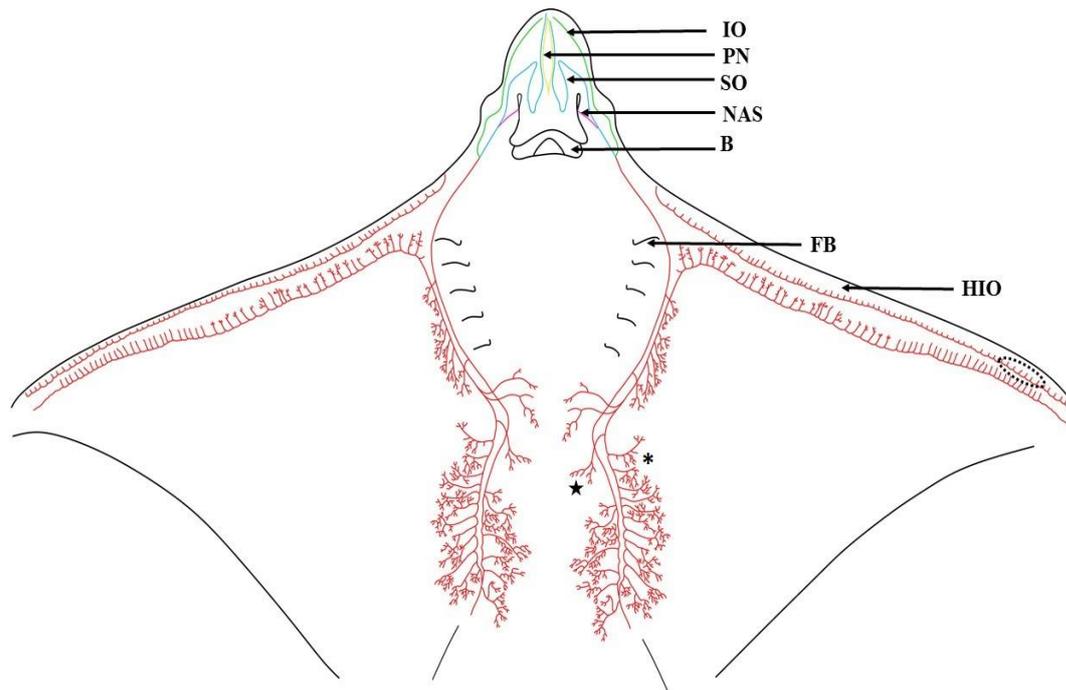
Ao atingir a extremidade da nadadeira peitoral, esse canal se dobra e volta em direção ao eixo axial do corpo do animal até aproximar-se das fendas branquiais. Essa volta do canal também apresenta túbulos, desta vez ramificados de forma dicotômica, o que aumenta o número de poros (Fig.13 HIO).

Nas proximidades do primeiro e segundo par de fendas branquiais, o canal segue margeando as mesmas e segue até a região pélvica, onde mais uma vez se dobra, e forma uma alça ascendente que segue em paralelo, até encontrar-se com o canal supraorbital na região cefálica (Fig. 13 SO). O ramo do descende da alça do HIO e o ramo ascendente apresentam subdivisões que finalizam em túbulos (Fig.13 HIO).

O canal supraorbital (SO) está conectado ao canal hiomandibular e infraorbital. Na extremidade da região cefálica ele contorna a margem interna das narinas e segue em linha reta até a ponta do focinho (Fig.13 SO). Partindo do canal supraorbital, na porção inferior aos olhos está o canal nasal, que penetra as narinas (Fig 13 NAS). Nas análises feitas nesse estudo, não foi encontrado conexão entre o canal nasal e pré-nasal. Posicionado entre os canais supraorbitais no centro do focinho está localizado o canal pré- nasal (Fig 13 PN).

O canal infraorbital (IO), parte do ponto de inserção cefálica, onde está conectado ao supraorbital (SO) e hiomandibular (HIO), corre logo abaixo dos olhos e segue contornando a margem externa do focinho, até seu ponto apical (Fig 10 IO).

*Aetobatus narinari* apresentou maior nível de complexidade no canal hiomandibular ventral (Fig. 13 HIO), quando comparado com *Hypanus marianae* (Fig 6. HIO).



**Figura 13** - Desenho esquemático da distribuição dos canais da linha lateral na região ventral de *Aetobatus narinari*: HIO – Hiomandibular (vermelho); NAS- Nasal (rosa); IO – Infraorbital (verde); PN – Pré-nasal (amarelo); SO – Canais supraorbitais (azul claro). *Asterisco indica ramos ascendente do HIO; estrela indica ramos descendentes do HIO; círculo tracejado indica túbulos únicos do hiomandibular.* FB – fendas branquiais. B – boca.

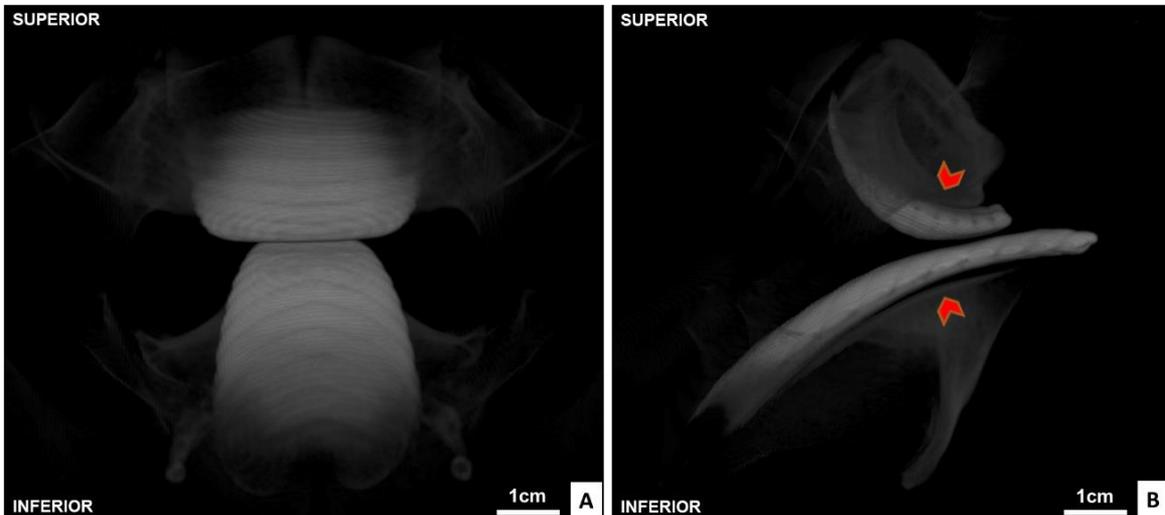
### 3.1.2.3 Descrição da Morfologia Dentária

Os dentes de *Aetobatus narinari* são largos e achatados, e estão fundidos uns aos outros, formando uma única placa dentária contínua (Fig. 14 e Fig 15).

A placa inferior é mais estreita e mais comprida que a superior, e ultrapassa os seus limites tanto na porção anterior quanto na porção posterior, e três a quatro fileiras de dentes são projetadas para fora da boca. Apesar de mais curta, a placa superior apresenta a porção convexa bem pronunciada (Fig. 14).

Os dentes do palatoquadrato se contrapõem aos dentes da cartilagem de Meckel e são retangularmente alongado (Fig 15 A). A porção oclusal dos dentes do palatoquadrado se torna mais retilínea onde apresentam sinais de desgaste (Fig. 15 A e B) produzidos pela quebra de conchas das presas.

Os dentes da cartilagem de Meckel, em contraposição, demonstram acentuado formato de flecha (Fig.15 C) e os sinais de desgaste causados pela ingestão de presas duras estão presentes apenas na região central da placa (Fig.15 D).

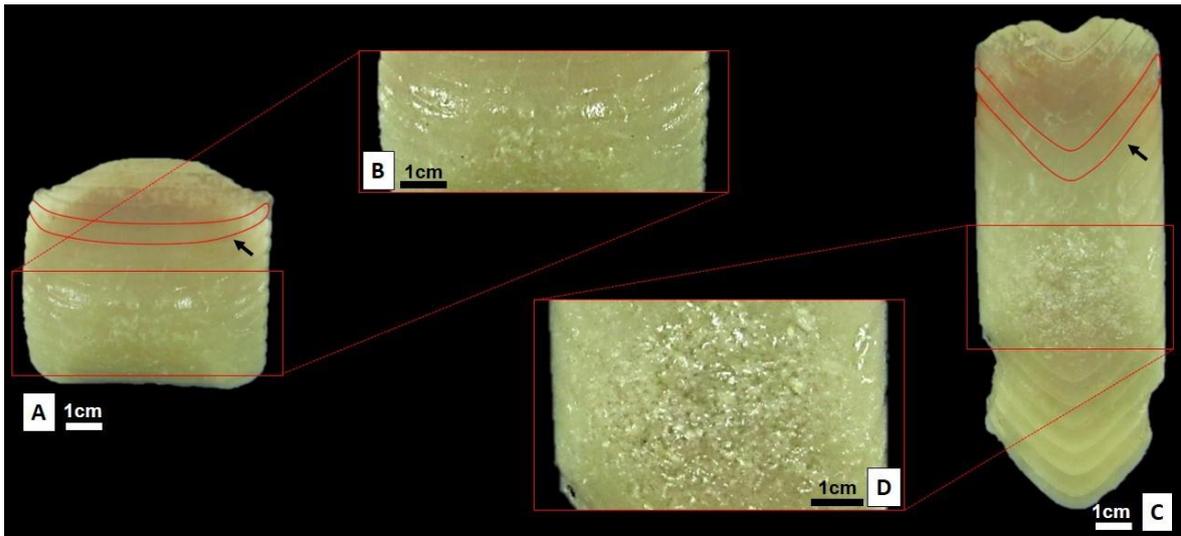


**Figura 14** - Tomografia computadorizada da região bucal de *Aetobatus narinari* com visão das placas dentárias superior e inferior: A. vista lingual; B. vista lateral. As setas indicam a porção convexa das placas onde se observa a acentuada curvatura da placa superior.

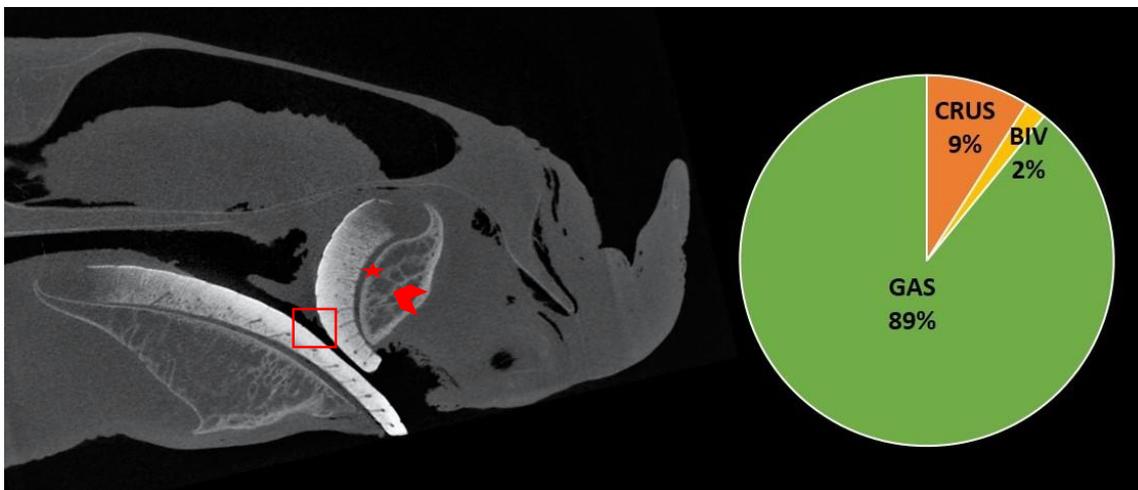
#### 3.1.2.4 Relação da distribuição dos canais de linha lateral e morfologia dentária com a forma de predação de *Aetobatus narinari*

A espécie *A. narinari* é bentopelágica apresenta corpo de forma romboide, e modo de natação oscilatório. Na região ventral, o ramo exterior do canal hiomadibular margeia a borda do disco, e finaliza com canais com poros (Fig. 13 HIO), o que facilita a detecção de presas bentônicas (Fig.16). No focinho de *A. narinari* estão dipostas partes significativas dos canais infraorbital, supraorbital e pré-nasal (Fig 13), o que auxilia quando esta espécie cava o substrato atrás de presa.

A presença dos dentes molariformes em forma de placas dentárias, e de mandíbulas muito calcificadas, caracteriza a durofagia. Estas estruturas permitem o esmagamento das presas na área central de suas mandíbulas (Fig 14 a 16), onde se observa as maiores áreas de desgaste (Fig 15 B, D).



**Figura 15** - Fotografia das placas dentárias de *Aetobatus narinari*: A. placa dentária superior, as linhas em vermelho contornam os dentes individuais na placa; B. região oclusal com sinais de desgaste; C. placa dentária inferior, as linhas em vermelho contornam a forma dos dentes individuais na placa; D. região central com sinais de desgaste. Setas indicam disposição dos dentes nas placas.



**Figura 16** - Tomografia computadorizada da região bucal de *Aetobatus narinari* com visão lateral das placas dentárias superior e inferior e representação gráfica dos grupos de presa utilizadas pela espécie segundo SCHLUESSEL et al., (2010). (CRUS) – crustáceos, (BIV) – bivalves, (GAS) – gastrópodes. A área dentro do quadrado – indica a zona de maior desgaste dos dentes. A cabeça da seta – indica a área de cartilagem prismática, Asterisco – indica trabéculas de sustentação.

### 3.2 ORDEM RHINOBATIFORMES

### 3.2.1 *Pseudobatos percellens*

#### 3.2.1.1 Mapeamento e Identificação dos Componentes da Linha Lateral

Os indivíduos de *P. percellens* estão representados por jovens e adultos com LD de 12,0 e 19,0 cm e CT de 19,2 e 59,0 cm respectivamente. A espécie apresenta um sistema de canais de linha lateral com poros e sem poros distribuídos dorsal e ventralmente. As vesículas de Savi estão ausentes em *P. percellens*.

#### 3.2.1.2 Região dorsal

Todos os canais dorsais de *P. percellens* apresentam túbulos que terminam em poros isolados. O canal hiomandibular está localizado na região média do disco, circundando o espiráculo e formando uma grande alça, cuja extremidades se conecta com os canais supraorbital e infraorbital (Fig. 17 HIO).

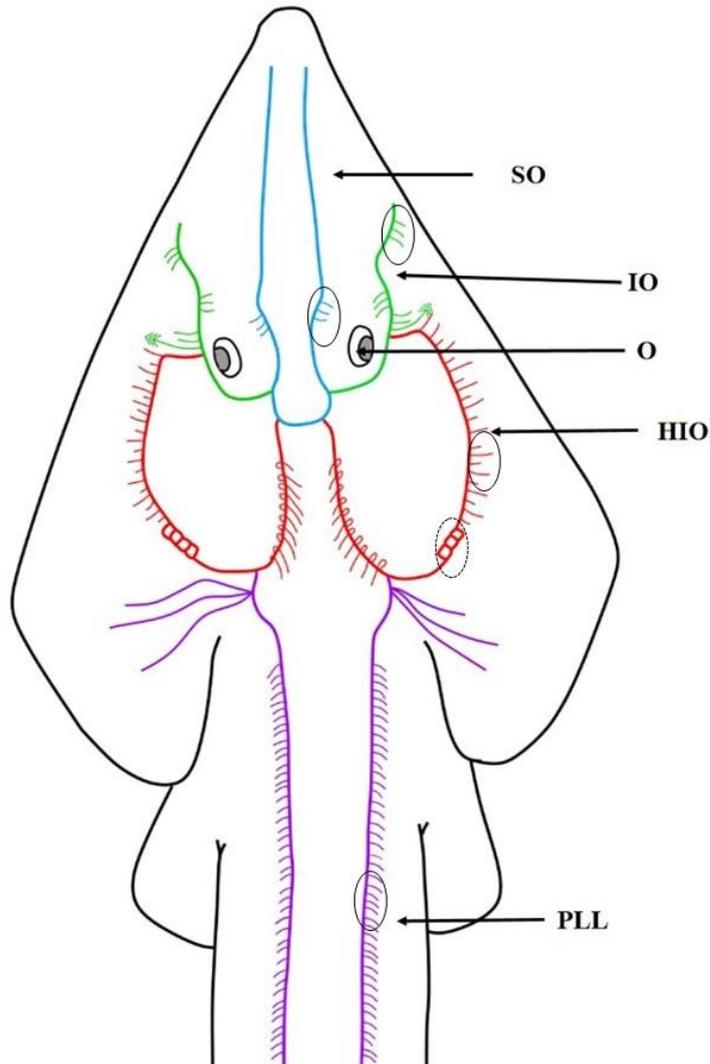
A parte interna do canal HIO que se conecta ao canal supraorbital (SO), segue em direção a parte posterior do disco, onde se aproxima da linha lateral posterior (PLL). Na área da linha média do corpo, o canal hiomandibular apresenta túbulos superficiais na pele, os quais tem sua origem na parte interna do HIO e passam sobre o mesmo em formato de pequenos ganchos. O número de túbulos variou entre 10 e 13 túbulos (Figura 17 HIO).

Após se aproximar do canal PLL, o ramo externo do canal HIO que se conecta com o canal infraorbital, apresenta voltas isoladas em formato de alças em número de 4 a 7 alças. Deste ponto, o canal HIO segue em direção a parte anterior do disco, onde se observa o desenvolvimento de túbulos de comprimentos distintos, que se intercalam numa sucessão de túbulos curtos e mais alongados, até área inferior dos olhos, onde o hiomandibular se conecta com o infraorbital (Fig 17 HIO-IO).

Posicionado entre os olhos em forma de U está o canal supraorbital (SO), que corre da região cranial até o focinho, próximo ao rostro (Fig.17 SO). Na porção superior orbital, após o estreitamento do U o SO apresenta 3 túbulos curtos (Fig. 17 SO).

O canal infraorbital está conectado ao supraorbital na região cranial atrás margem posterior interna orbital e segue em direção a borda anterior do disco. Esse canal apresenta nove túbulos que estão dispostos em tríades, sendo uma na parte interna do canal IO, e duas na parte externa desse canal. Lateralmente aos olhos o canal IO dorsal penetra no corpo para se conectar ao IO na superfície ventral (Fig. 17 IO).

O canal da linha lateral posterior (PLL) tem origem no final do ramo anterior da volta do canal hiomandibular, e se estende longitudinalmente na região axial do corpo do animal, e se prolonga até o final da cauda (Fig. 17 PLL). A porção anterior desse canal tem três ramificações longas que terminam em poros (Fig.17 PLL). A parte posterior deste canal se estende até a extremidade da cauda e dispõe de vários túbulos curtos terminados em poros (Fig. 17 PLL).



**Figura 17** - Desenho esquemático da distribuição dos canais da linha lateral na região dorsal de *Pseudobatos Percellens*: HIO - Hiomandibular (vermelho); IO – Infraorbital (verde); PLL - linha lateral posterior (roxo); SO - Canais supraorbitais (azul claro); os túbulos estão indicados por círculos; As alças menores do hiomandibular estão indicadas pelo círculo pontilhado. Asterisco indica conexão com o mesmo canal na região ventral; estrela indica volta escapular; círculo tracejado indica ramificações dicotômicas dos túbulos. O – Olhos.

### 3.2.1.3 Região ventral

Na região ventral, o canal hiomandibular apresenta-se na forma de uma alça mais curta do que na região dorsal. A porção interna do canal hiomandibular tem sua origem lateral da margem externa posterior das narinas, prossegue em direção as fendas branquiais e antes de atingir o primeiro par de fendas branquiais, faz uma volta, dando origem a porção externa do canal em direção a borda anterior do disco (Fig. 18 HIO). Ambas as partes externa e interna do canal hiomandibular apresenta túbulos curtos, variando de 9 a 11 túbulos (Fig 18 HIO). A parte interna do canal hiomandibular se conecta com os canais nasal, infraorbital e supraorbital (Fig 18).

O canal nasal corre posteriormente as narinas, penetra no corpo e retorna a superfície ventral seguindo em direção a linha média do corpo onde se liga ao canal pré-nasal (Fig. 18 NAS).

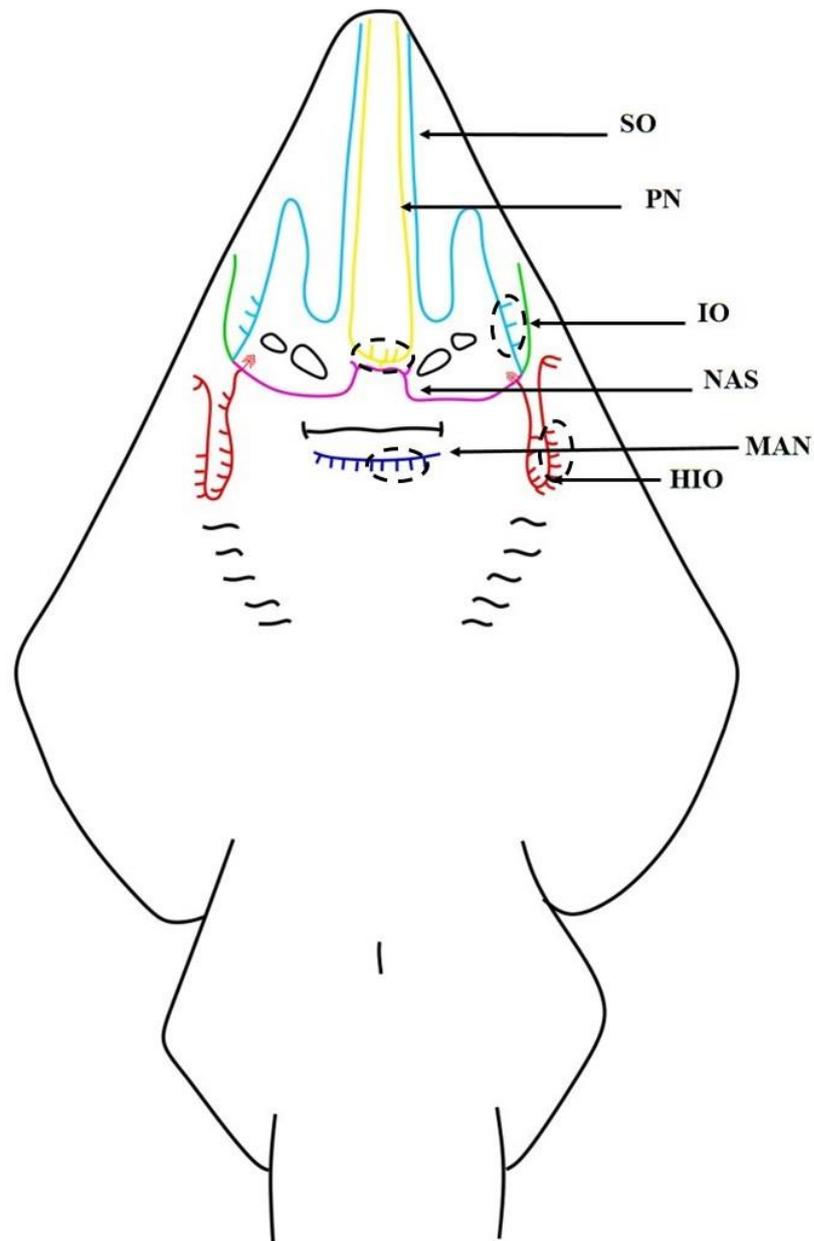
O canal pré-nasal inicia-se na porção superior e mediana ao canal nasal, e apresenta ramos ascendentes que segue em direção ao rostrum, assumindo o formato de U (Fig. 18 PN). Na parte côncava do U surgem três túbulos pequenos.

Junto a extremidade do canal hiomandibular e nasal originam-se os canais supraorbital e infraorbital. O canal supraorbital está posicionado na área anterior cefálica, ocupando uma porção representativa do rostrum, em formato de J (Fig. 18 SO). Na porção posterior do supraorbital, voltado para o canal infraorbital, observa-se a presença de três túbulos terminados em poros.

O canal infraorbital na superfície ventral é curto, e se dispõe de forma retilínea e corre para a porção anterior e lateral do disco até atingir sua extremidade. (Fig. 18 IO). Neste ponto, o canal infraorbital, se conecta ao canal infraorbital da superfície dorsal.

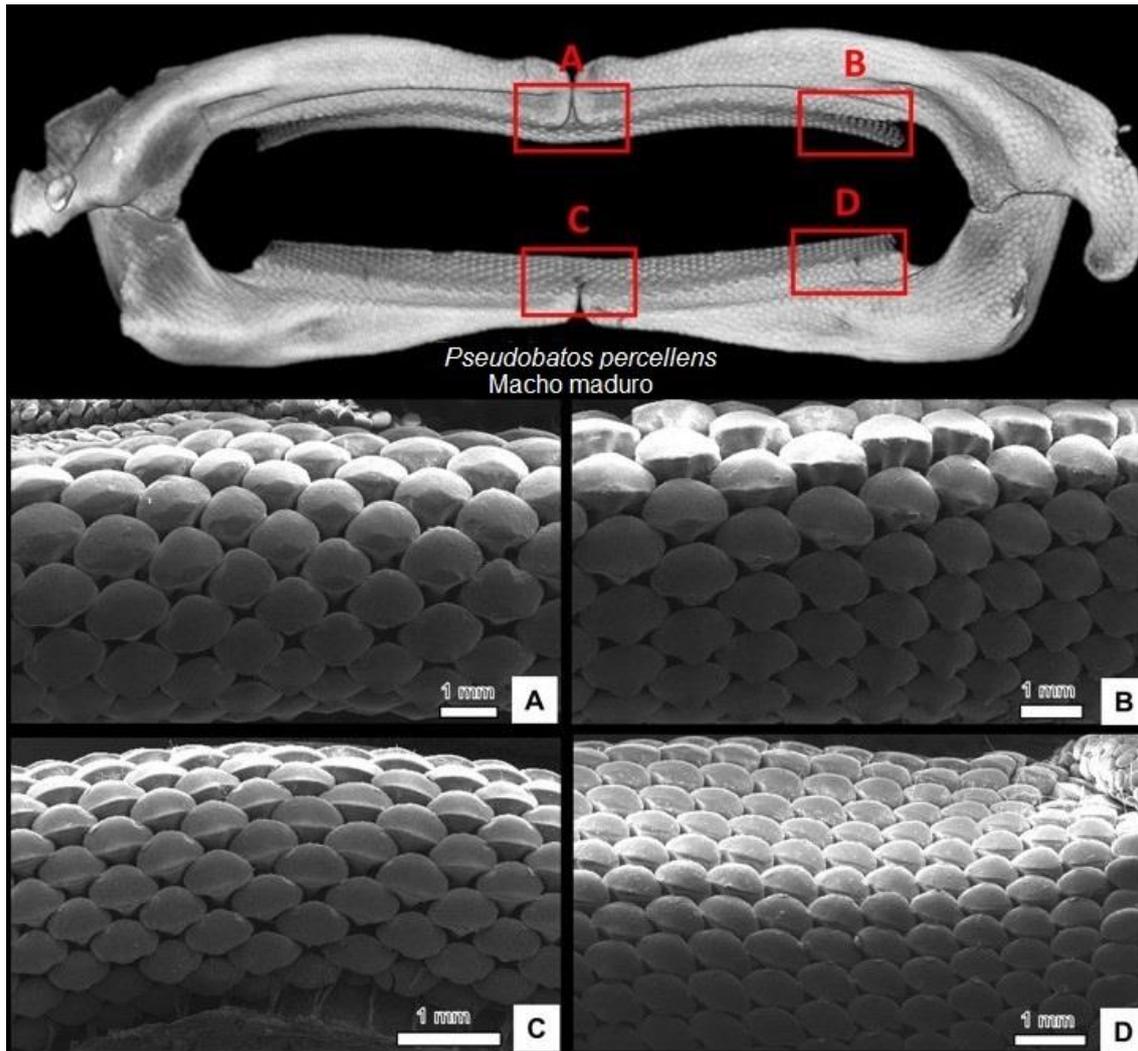
### 3.2.1.4 Descrição da Morfologia Dentária

A análise da dentição de um macho (LD= 16,3 cm CT:=52,7 cm) e uma fêmea (LD= 18,2 cm e CT= 58 cm) de *Pseudobatos percellens* indicou que os dentes são semelhantes, sendo monocuspidados com a face vestibular da coroa lisa (Fig.16 e Fig. 17). A cúspide dos dentes é larga e arredondada (Fig.16 A e Fig. 17 A) e a face oclusal é levemente pronunciada e está voltada para o lado lingual (Fig.16 B e Fig. 17 B).



**Figura 18** - Desenho esquemático da distribuição dos canais da linha lateral na região ventral de *Pseudobatos percellens*: HIO - Hiomandibular (vermelho); IO - Infraorbital (verde); MAN - Mandibular (azul marinho); NS - Nasal (rosa); PLL - linha lateral posterior (roxo); PN - Pré-nasal (amarelo); SO - Canais supraorbitais (azul claro). Os círculos estão indicando os túbulos terminados em poros.

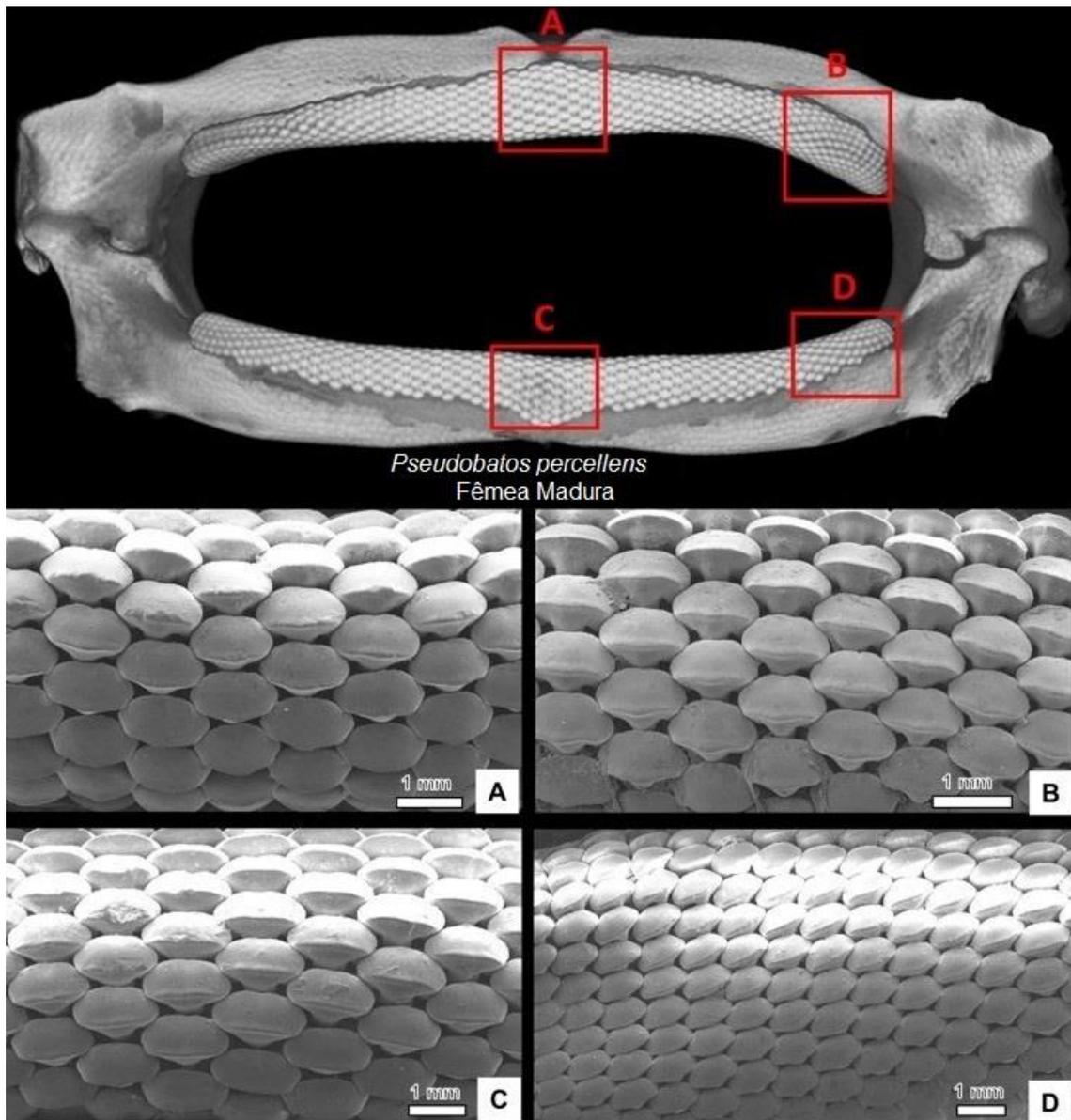
No entanto, esta espécie apresenta redução no tamanho dos dentes ao longo das séries, com menores tamanhos na região distal da mandíbula. *Pseudobatos percellens* não apresenta heterodontia sexual. No entanto, ocorre uma redução no tamanho dos dentes região distal, o que caracteriza heterodontia monognática.



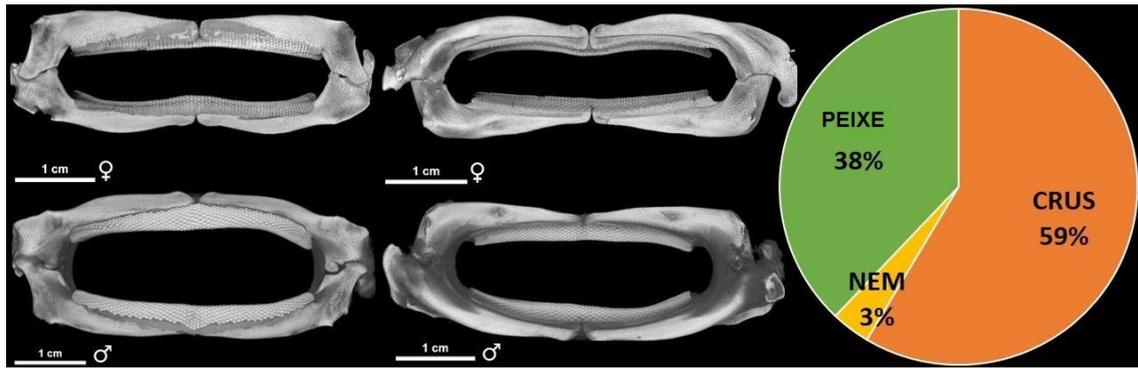
**Figura 19** – Tomografia e Microscopia eletrônica de varredura da dentição de *Pseudobatos percellens* macho após atingir maturidade sexual, visão labial: A. região sinfisiária superior; B. região lateral superior; C. região sinfisiária inferior; D. região lateral inferior.

### 3.2.1.5 Relação da distribuição dos canais de linha lateral e morfologia dentária com a forma de predação de *Pseudobatos percellens*

*Pseudobatos percellens* é uma espécie bentônica, com formato do disco triangular e observa-se uma concentração maior de canais na região da boca e narina, o que é favorecido pelo formato triangular do disco (Fig. 18). A presença de túbulos nos canais ventrais Supraorbital, Pré-nasal, Nasal e Mandibular pode estar relacionado a sua estratégia de predação (Fig 18), pois esta espécie não remove o substrato, captura a presa uma combinação de sucção e agarramento. A dentição de *P. percellens* (Fig 19 e 20 ) é composta de fileiras de dentes retangulares, sobrepostos e sem presença de cúspide, e seu principal item alimentar são crustáceos seguidos dos teleósteos (Fig. 21).



**Figura 20** - Tomografia e Microscopia eletrônica de varredura da dentição de *Pseudobatos percellens* fêmea após atingir maturidade sexual, vista labial. I: A. região sinfisiária superior; B. região lateral superior; C. região sinfisiária inferior; D. região lateral inferior.



**Figura 21** - Tomografia computadorizada da mandíbula de *Pseudobatos pectellens* macho e fêmea adultos com visão labial e lingual e representação gráfica dos grupos de presa utilizadas pela espécie segundo Freitas (2015). (PEIXE) – peixes, (NEM) – nematoda, (CRUS) – crustáceos.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 HYPANUS MARIANAE

*Hypanus marianae* apresenta um formato corporal rombóide, a expansão da nadadeira peitoral que forma o disco é menos proeminente do que em *Aetobatus narinari*. O canal hiomandibular ocupa 70 % da superfície do disco na Família Dasyatidae (Ragno 2013), e este achado é observado em *H. marinae*.

Apesar do canal hiomandibular ser representativo na superfície dorsal do disco em *H. marianae*, não foram observadas ramificações na parte anterior do disco para este canal, o que difere do padrão observado em *Dasyatis sabina* (Maruska, 2001), e *Dasyatis matsubarai* (Shibuya e Tanaka, 2012). Estas diferenças podem refletir variações na ecologia das espécies. *H. marianae* é uma espécie bentônica demersal, com hábito alimentar carcinofágico (Queiroz, 2017), e com distribuição restrita a ambientes de coral e bancos de fanerógamas (Costa et al. 2015).

A complexidade morfológica do canal hiomandibular dorsal em relação a forma do disco da raia observada neste trabalho, pode indicar uma relação com a filogenia, e está de acordo com análise morfológica espacial do disco dos batóides realizada por Martinez et al (2016).

Conforme descrito para *D. matsubarai* (Shibuya e Tanaka, 2012) e *D. brevicaudata* (Montgomery e Skipworth, 1997) a margem interna do canal hiomandibular, o canal infraorbital

e canal supraorbital em *H. marianae* são bem desenvolvidos. O canal infraorbital dorsal apresenta alças e está diretamente conectado com o mesmo canal na região ventral que é bastante longo e enovelado (Fig.5 IO e Fig. 6 IO). De acordo com Lovejoy (1996), essa condição aumenta o comprimento do canal e pode melhorar a precisão da detecção durante o forrageamento numa variedade de substratos complexos. Essa condição também foi observada em raias do gênero *Potamotrygon* que possuiu semelhanças ao hábito alimentar de *H. marianae* se alimentando no bêtos de larvas de insetos e crustáceos (Shibuya, 2010).

De acordo com Maruska & Tricas (1998), canais com poros são estimulados pelos movimentos da água durante a escavação. Os poros no canal hiomandibular na superfície ventral também podem ser usados para detectar movimentos da presa na água, enquanto a alta concentração de canais mecanotáteis, sem poros, ao redor da boca e no focinho pode estar relacionado ao melhor posicionamento da presa em relação a boca do animal, diminuindo assim seu gasto energético para o forrageamento (Shibuya e Tanaka, 2012; Maruska & Tricas 2004). Essas características do sistema de linha lateral de *H. marianae* corroboram com a estratégia alimentar descrita por Queiroz (2017) e Costa et al (2015).

Segundo Queiroz (2017) *H. marianae*, tem hábito alimentar especializado enquanto outras espécies do gênero que ocorrem no mesmo habitat e compartilham de caracteres morfológicos do sistema de linha lateral, como *Hypanus guttatus* evidenciam alta diversidade de presas. A presença de vesículas de Savi na superfície ventral de *H. marianae*, pode estar ligada ao hábito alimentar da espécie, uma vez que essas estruturas são usadas como o principal mecanismo de detecção de presas por espécies de Torpediniformes, que não apresentam canais de linha lateral na superfície ventral (Maruska, 2001).

Batóides usam o corpo para direcionar o fluxo de água ao manusear a presa (Wilga & Ferry, 2015). Espécies que forrageiam, como os dasyatídeos, ingerem presas que vivem na superfície do substrato ou utilizam a sucção inercial para capturar presas enterradas na camada subsuperficial imediata do substrato (Jacobsen & Bennet, 2013). Cerca de 83 % dos tipos de presa ingeridas por *H. marianae* ocupam este tipo de ambiente, considerando os crustáceos e as poliquetas (Fig. 11) (Queiroz, 2017).

A morfologia dentária de *H. marianae* é típica dos dasyatídeos, com fileiras de dentes pequenos e alternados, formando uma estrutura pavimentosa, que permite um certo grau de esmagamento (Berkovitz, & Shellis, 2017). De acordo com Jacobsen & Bennet, (2013), espécies das famílias Dasyatidae, Urolophidae e Urotrygonidae, que possuem numerosas

fileiras de dentes pequenos e sobrepostos, podem apenas serem capazes de capturar ou processar presas com carapaça mais duras quando atingem um tamanho corpóreo grande, o que não seria o caso de *H. marianae*, pois se trata de uma espécie de médio porte (Gomes et al, 2000).

A redução do tamanho dos dentes nas laterais (heterodontia monognática gradiente) como observado em *H. marianae* pode ser atribuído a maior facilidade para o fechamento das mandíbulas, e também pode estar relacionado a menor importância dos dentes menores para capturar a presa (Saéz e Lamilla, 2004).

A heterodontia ontogenética observada nos machos, está relacionada ao uso dos dentes da sínfise para segurar a fêmea durante a cópula. Este fato foi descrito para várias espécies de batóides (Rangel et al, 2014; Berkovitz, Shellis, 2017). inclusive para Rajiformes (Delpiani et al, 2017) e Myliobatiformes (Kajiura e Tricas, 1996; Rangel et al 2016).

#### 4.2 AETOBATUS NARINARI

*Aetobatus narinari* exibiu canais com maior complexidade em suas ramificações (Fig 12 e Fig 13). Todos os canais da superfície dorsal apresentaram alta complexidade de ramificação, com exceção do canal infraorbital que está situado na camada mais interna da pele, e diferente das outras espécies aqui estudadas não parece apresentar contato com o ambiente externo (Fig. 9 IO).

Na região ventral *A. narinari* também apresentou o maior grau de complexidade no canal hiomandibular, exibindo grande número de poros (Fig. 13). De acordo com Maruska (2001), o sistema de canal ventral é importante na localização de sinais produzidos por presas. Canais com poros permitem a detecção do fluxo de água, enquanto os canais sem poros permitem uma maior sensibilidade mecanotáctil do deslocamento da pele (Maruska e Tricas, 2004). A presença de ramificações dicotômicas e poros em toda a extensão do canal hiomandibular ventral de *A. narinari* (Fig. 13) pode estar relacionado também ao tipo de presa ingerido pela espécie (Fig. 16).

Jordan et al, (2009) demonstraram que raias com alto grau de complexidade nas ramificações dos canais de linha lateral e grande número de poros exibem a maior taxa de resposta a sinais hidrodinâmicos. Jordan também mostrou que outras raias Myliobatidae que fazem durografia e exibem o mesmo grau de complexidade nos canais de linha lateral de *A. narinari*, como *Myliobatis californica*, são particularmente mais sensíveis a jatos fracos de água

como os produzidos por moluscos. *Aetobatus narinari* preda quase que exclusivamente gastrópodes (Fig.16) (Schluessel et al., 2010).

Além disso algumas raias são capazes de usar os músculos associados à arcada dentária inferior para se alimentar de presas com partes duras, separando a parte rígida da parte mole que será ingerida (Summers, 2000), como por exemplo *Rhinoptera bonasus*, o que parece também ser o caso de *A. narinari*, já que não foram encontrados restos de conchas em seu conteúdo estomacal (Yamaguchi et al., 2005 ; Schluessel et al 2010).

*Aetobatus narinari*, têm placas dentárias e mandíbulas fortemente calcificadas (Fig.14 e 15) e esmagam suas presas na área central de suas mandíbulas (Fig. 15), que tem os maiores valores de resistência a flexão (Summers et al., 2004), e onde se observa o maior desgaste dos dentes (Fig 15).

A inserção mais profunda da placa inferior dos dentes de *A. narinari* pode estar relacionado com a especialização para ingestão de presas duras (Fig. 14, 15 e 16) garantindo sucesso em descartar as conchas das presas ingeridas, essa característica também pode representar uma vantagem para predação de gastrópodes. *Rhinoptera bonasus* e *Myliobatis freminvillei* exibiram fragmentos de conchas em seu conteúdo estomacal (Rezenede et al., 2015), o que demonstra que apenas a dentição compactada, em forma de placa não garante total eficiência no processamento dessas presas rígidas (Rezende et al 2015).

#### 4.3 PSEUDOBATOS PERCELLENS

A raia viola, *Pseudobatos percellens*, ocupa uma posição filogenética basal entre os batóides (Underwood et al., 2015), e compartilha de caracteres morfológicos intermediários entre as raias e os tubarões (Dean et al 2017; Peach 2003). Apesar de seu corpo achatado dorsalventralmente e as nadadeiras peitorais ampliadas, essa espécie mantém uma cauda muscular com duas barbatanas dorsais funcionais, e seu modo de locomoção é baseado na ondulação do eixo axial.

A distribuição espacial dos canais da linha lateral é geralmente relacionada com as variações na morfologia corporal (Coombs et al., 1988). Em virtude da forma do corpo triangular, as espécies do gênero *Pseudobatos* apresentam uma menor correlação entre o raio do disco e o comprimento axial quando comparada com a mesma proporção das espécies dos gêneros *Hypanus* e *Aetobatus* (Franklin et al, 2014).

Portanto o disco de *P. percellens* apresenta menor área para expansão da margem externa do canal hiomandibular, mas maior expansão na região do rostró. Assim *P. percellens* apresenta a distribuição dos canais da linha lateral muito semelhante ao descrito para outras espécies de Rhinoprístiformes, que compartilham da mesma conformidade de corpo e dieta bastante parecida, como *Pseudobatos horkelli*, *Pseudobatos productus*, *Zapteryx brevirostris* (Ragno, 2013), *Pseudobatos typus* e *Aptychotrema rostrata* (Wueringer & Tibbetts, 2008).

A ausência de ramificações mais complexas na região dorsal em raias do gênero *Pseudobatos*, pode estar ligada tanto a sua posição filogenética basal (Ragno, 2013; Garman 1888; Marsuka et al 2001), quanto ao seu modo de locomoção.

Os canais ventrais são propostos como mecanotáteis (Maruska et al 2001). A presença de túbulos nos canais ventrais encontrados nesta espécie (Fig. 18) não é comum nas raias, pode estar relacionado a sua estratégia de predação, uma vez que *P. percellens* não remove o substrato, mas usa como estratégia para captura da presa uma combinação de sucção e agarramento (Wilga e Motta, 1998).

Embora a dentição de *P. percellens* apresente características funcionais adaptadas para esmagamento (Fig. 19, 20 E 21), os teleósteos são o segundo item em importância na dieta da espécie (Freitas, 2015).

De acordo com Bornatowsky et al (2010), a abertura da boca grande e a morfologia corporal características de *P. percellens* permitem que a espécie nade com velocidade próximo ao substrato e capture presas maiores e móveis como peixes. Freitas (2015) observou que os jovens da espécie se alimentam principalmente de crustáceos, enquanto os adultos se alimentam principalmente de teleósteos, essa alteração nos itens alimentares reduz a competição intraespecífica, apesar dos adultos não apresentarem a dentição adaptada para a ictiofagia. A falta de material de indivíduos jovens na análise morfológica dos dentes, impede a correlação de uma possível mudança ontogenética na dieta dessa espécie, com a morfologia dentária.

Dean (2017) conclui que limitações impostas pela abertura anatômica e forma do dente podem ser superadas simplesmente através da obtenção de grandes tamanhos corporais, o que corrobora com o alto índice de peixes teleósteos na dieta dessa espécie.

A ingestão de presas maiores é uma característica da ordem Rhinoprístiformes (Dean et al, 2007). Neste sentido a presença de canais com poros na área do rostró pode auxiliar na detecção

de movimentos na água próximo ao substrato de presas potenciais para esta espécie (Maruska, 2001).

## REFERÊNCIAS

- ASCHLIMAN, N. C., NISHIDA, M., MIYA, M., INOUE, J. G., ROSANA, K. M. AND NAYLOR, G. J. P. Body plan convergence in the evolution of skates and rays. 2012.
- BENDER, M. G., FLOETER, S. R., MAYER, F. P., VILA-NOVA, D.A., LONGO, G. O., HANAZAKI, N. CARVALHO-FILHO, A., FERREIRA, C. E. L., Biological attributes and major threats as predictors of the vulnerability of species: a case study with Brazilian reef fishes. **Oryx**, 47 (2), 359-265, 2013.
- BERKOVITZ, B. K., & SHELLIS, R. P. Chapter 3 - Chondrichthyes 2: Rays and Chimaeras. In Berkovitz, B. K., & Shellis, R. P. Ed. **The teeth of non-mammalian vertebrates**. Academic Press. 29-41. 2017.
- BIGELOW, H.B., & SCHROEDER, W.C. Fishes of the Gulf of Maine. **Fishery Bulletin of the fish and wildlife service**. 1948
- CAPPETTA, H. Chondrichthyes II, Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii, in Schultze H. – P. (ed.), **Handbook of Paleichthyology**, v. 3B: Munchen, Verlag Dr Gustav Fischer, 1987.
- CARROLL, R.L. **Vertebrate paleontology and evolution**. New York: WH Freeman, 698 pp, 1988.
- COLLIN, S. P. The neuroecology of cartilaginous fishes: sensory strategies for survival. **Brain, behavior and evolution**, 80(2), 80-96. 2012.
- COOMBS, S., J. JANSSEN & J.F. WEBB. 1988. Diversity of lateral line systems: evolutionary and functional considerations. pp. 553–593. In: J. Atema, R.R. Fay, A.N. Popper & W.N. Tavolga (ed.) **Sensory Biology of Aquatic Animals**, Springer Verlag, Heidelberg. (1988).
- COSTA, T. L. A., Ecologia e filogeografia de *Dasyatis marianae* Gomes, Rosa e Gadig 2000. Projeto raia de fogo, dissertação, UFRN, 2017.
- COSTA, T. L. A., THAYER, J. A., & MENDES, L. F. Population characteristics, habitat and diet of a recently discovered stingray *Dasyatis marianae*: implications for conservation. **Journal of fish biology**, 86(2), 527-543. 2015.

- DEAN, M. N., BIZZARRO, J. J., & SUMMERS, A. P. The evolution of cranial design, diet, and feeding mechanisms in batoid fishes. **Integrative and Comparative Biology**, 47(1), 70-81. 2007.
- DEAN, M.N., BIZZARRO, J.J., CLARK, B., UNDERWOOD, C.J., JOHANSON, Z. Large batoid fishes frequently consume stingrays despite skeletal damage. **The Royal Society**, <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.170674>. 2017.
- DELPANI, G., SPATH, M. C., DELI ANTONI, M., & DELPIANI, M. Description and quantitative analysis of the dentition of the southern thorny skate *Amblyraja doellojuradoi*. **Journal of fish biology**, 90(6), 2255-2270. 2017.
- DI SANTO, V., BLEVINS, E. L., & LAUDER, G. V. Batoid locomotion: effects of speed on pectoral fin deformation in the little skate, *Leucoraja erinacea*. **Journal of Experimental Biology**, 220(4), 705-712. 2017.
- EWART, J.C., REGIUS, M. D., MITCHELL, J. C., VI.— On the Lateral Sense Organs of Elasmobranchs. II. The Sensory Canals of the Common Skate (*Raia batis*). On the sensory canals of the common skate. 87 – 105. 1891.
- FRANKLIN, O., PALMER, C. AND DYKE, G. Pectoral fin morphology of batoid fishes (Chondrichthyes: Batoidea): Explaining phylogenetic variation with geometric morphometrics. **Jornal of Morphology**. 275, 1173–1186. 2014.
- FRASER, G.J., SMITH. M.M. (2015). Development and evolution of dentition pattern and tooth order in the skates and rays (Batoidea; Chondrichthyes). **Plos one**. 10(4): e0122553. doi:10.1371/journal.pone.0122553. 2015.
- GARMAN, S. On the lateral canal system of the selachia and holocephala. **Bulletin of the Museum of comparative zoology**. 57 – 119,1888.
- GOMES, U.L., ROSA, R.S., GADIG, O.B.F. *Dasyatis macrophthalmalma* sp. n.: A New Species of Stingray (Chondrichthyes: Dasyatidae) from the Southwestern Atlantic , **Copeia**, (2), pp. 510-515. 2000.
- GUTTERIGE, A.N., BENNETT, M.B. Functional implications of ontogenetically and sexually dimorphic dentition in the eastern shovelnose ray, *Aptychotrema rostrata*. **The Journal of Experimental Biology**. 217, 192-200 doi:10.1242/jeb.089326, 2014.

- HUETER, R. E., MANN, D. A., MARUSKA, K. P., SISNEROS, J. A., & DEMSKI, L. S. Sensory biology of elasmobranchs. *Biology of sharks and their relatives*, 325-368. 2004.
- JACOBSEN, I. P., & BENNETT, M. B. A comparative analysis of feeding and trophic level ecology in stingrays (Rajiformes; Myliobatoidei) and electric rays (Rajiformes: Torpedinoidei). *PLoS One*, 8(8), e71348. 2013.
- JORDAN, L.K. Comparative Morphology of Stingray Lateral Line Canal and Electrosensory Systems. *Journal of Morphology*. California, 269:1325–1339, 2008.
- KAJIURA, S.M., TRICAS, T.C. Seasonal Dynamics of dental sexual dimorphism in the Atlantic stingray *Dasyatis Sabina*. *The Journal of Experimental Biology*. Melbourne, 199, 2297–2306. 1996.
- KALMIJN, A. J. Functional evolution of lateral line and inner ear sensory systems. In *The mechanosensory lateral line*(pp. 187-215). **Springer**, New York, NY. 1989.
- LAST, P.R., CARVALHO, M., CORRIGAN, S., NAYLOR, G.J.P., SÉRET, B., YANG, L. An explanation of nomenclatural decisions. **The rays of the world project**. 2016.
- LOVEJOY, N.R. Systematics of myliobatoid elasmobranchs: with emphasis on the phylogeny and historical biogeography of neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society*, Toronto. 117: 207-257, 1996.
- MARTINEZ, C. M., ROHLF, F. J., & FRISK, M. G. Re- evaluation of batoid pectoral morphology reveals novel patterns of diversity among major lineages. *Journal of morphology*, 277(4), 482-493. 2016.
- MARUSKA, K. P. Morphology of the mechanosensory lateral line system in elasmobranch fishes: ecological and behavioral considerations. In *The behavior and sensory biology of elasmobranch fishes: an anthology in memory of Donald Richard Nelson* (pp. 47-75). **Springer** Netherlands. 2001.
- MARUSKA, K.P, TRICAS, T.C. Morphology of the Mechanosensory Lateral Line System in the Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina*: The Mechanotactile Hypothesis. *Jornal of Morfology*. 283, 1-22. 1998.
- MARUSKA, K.P., TRICAS, T.C. Test of the mechanotactile hypothesis: neuromast morphology and response dynamics of mechanosensory lateral line primary afferents in the stingray. *The Journal of Experimental Biology*, Honolulu. 207, 3463-3476, jan. 2004.

- MCCOMB, D. M., & KAJIURA, S. M. Visual fields of four batoid fishes: a comparative study. **Journal of Experimental Biology**, 211(4), 482-490. 2008.
- MCEACHRAN, J. D., DUNN, K. A. Phylogenetic analysis of skates, a morphologically conservative clade of Elasmobranchs (Chondrichthyes: Rajidae). **Copeia**, 271-290. 1998.
- MONTGOMERY, J., & SKIPWORTH, E. Detection of weak water jets by the short-tailed stingray *Dasyatis brevicaudata* (Pisces: Dasyatidae). **Copeia**, 1997(4), 881-883. 1997.
- MOSS, S.A., Tooth replacement and body growth rates in the smooth dogfish, *Mustelus canis* (Mitchill). **Copeia** 4:808–811. 1972.
- MOTTA, P.J. Prey Capture Behavior and Feeding Mechanics. Pp 165-194. In Carrier, J.C., Musick, J.A., Heithaus, M.R. (eds). *Biology of sharks and their relatives*, Boca Raton, USA, CRC Press LLC. 2004. USA, CRC Press LLC. 2004
- MOTTA, P.J., WILGA, C.D., Advances in the study of feeding behaviors, mechanisms, and mechanics of sharks. **Environmental Biology of Fishes**, Kingston. 60: 131–156, 2001.
- NAVIA, A.F., MEJÍA-FALLA, P.A., GIRALDO, A., Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal water of the Colombian Eastern Tropical Pacific. **BMC Ecology**, 7(1),8 doi: 10.1186/1472-6785-7-8, 2007.
- NISHIDA, K. Phylogeny of the suborder Myliobatidoidei. **Memoirs of the faculty of fisheries Hokkaido university**, 37 (1-2), 1-108. 1990.
- PEACH, M. B., & MARSHALL, N. J. The comparative morphology of pit organs in elasmobranchs. **Journal of morphology**, 270(6), 688-701. 2009.
- QUEIROZ, A.P.N. Ecologia alimentar de *Dasyatis guttata* (Bloch & Schneider, 1801) (Dasyatidae: Myliobatoidei) Capturada pela Pesca Artesanal no Litoral de Pernambuco, dissertação UFPE. Recife, 2017.
- RAGNO, M. P. Distribuição e morfologia dos canais da linha lateral em raias e sua relevância sistemática (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Batoidea) (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). 2013.

- RANGEL, B. S., SANTANDER-NETO, J., RICI, R. E. G., & LESSA, R. Dental sexual dimorphism and morphology of *Urotrygon microphthalmum*. **Zoomorphology**, 135(3), 367-374. 2016.
- RANGEL, B. S., RODRIGUES, S. S., MALAVASI-BRUNO, E., WILL, S. E. A., FAVARON, P. O., AMORIM, A. F., & RICI, R. E. G. 3-D Aspects of the dentition in rays of genus: *Atlantoraja*, *Rhinobatos* and *Zapteryx* from Southeastern and South of Brazil. **Microscopy: advances in scientific research and education**. *Microscopy book series—2014 edition*. FORMATEX, Badajoz, 3-9. 2014.
- RICHARDS, P.V., HENNING, M., WITZELL, W., SHIVJI, M. Species Delineation and Evolutionary History of the Globally Distributed Spotted Eagle Ray (*Aetobatus narinari*). **Journal of Heredity**, 100(3):273–283, 2009.
- ROSA, R., FURTADO, M. 2016 *Hypanus marianae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T45925A104128768. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T45925A104128768.en>. Downloaded on 15 August 2019.
- ROSENBERGER, L.J. Phylogenetic Relationships within the Stingray Genus *Dasyatis* (Chondrichthyes:Dasyatidae). **Copeia**.3,615-627, 2001.
- SÁEZ, S. LAMILLA, J. Sexual homodonty in *Bathyraja griseocauda* (Norman 1973) from the Southern Eastern Pacific (Chile) (Chondrichthyes, Rajidae: Arhynchobatinae). **Journal of Applied Ichthyology**, 20(3), 189- 1933, 2004.
- SASKO, E. D., DEAN, M.N., MOTTA, P. J., HUERTER, R. E. Prey capture behavior and kinematics of the Atlantic cownose ray, *Rhinoptera bonasus*. **Zoology**, 171, 181. 2006.
- SCHLUESSEL, V., BENNETT, M. B., & COLLIN, S. P. Diet and reproduction in the white-spotted eagle ray *Aetobatus narinari* from Queensland, Australia and the Penghu Islands, Taiwan. **Marine and Freshwater Research**, 61(11), 1278-1289. 2010.
- SHADWICK, R. E., & GEMBALLA, S. Structure, kinematics, and muscle dynamics in undulatory swimming. **Fish physiology**, 23, 241-280. 2005.
- SHIBUYA, A., & TANAKA, S. Scientific note Distribution of the lateral line canals in *Dasyatis matsubarae* (Elasmobranchii, Dasyatidae) from Japanese waters. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 7(3), 178-181. 2 012.

- SHIBUYA, A., ZUANON, J., ARAÚJO, M.L.G., TANAKA.S. Morphology of lateral line canals in Neotropical freshwater stingrays (Chondrichthyes:Potamotrygonidae) from Negro River, Brazilian Amazon. **Neotropical Ichthyology**, 8(4):867-876, 2010.
- SISNEROS, J.A., TRICAS, T.C. Ontogenetic Changes in the Response Properties of the Peripheral Electrosensory System in the Atlantic Stingray (*Dasyatis sabina*). **Brain, Behavior and Evolution**. Honolulu, 59:130–140, 2002.
- SUMMERS, A. P., KETCHAM, R. A., & ROWE, T. Structure and function of the horn shark (*Heterodontus francisci*) cranium through ontogeny: development of a hard prey specialist. **Journal of Morphology**, 260(1), 1-12. 2004.
- UNDERWOOD, C.J. JOHANSON, J., WELTEN, M., METSCHER. B., RASCH, L.J., WEIGMANN, S. Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. **Journal of Fish Biology**. 88, 837–1037 doi:10.1111/jfb.12874. 2016.
- WHETERBEE, B., CORTÉS, E. Food consumption and feeding habits. In Carrier, J.C., Musick, J.A., Heithaus, M.R. (eds) *Biology of sharks and their relatives*. Pp 225 – 237. Boca Raton, USA, CRC Press LLC. 2004. USA, CRC Press LLC. 2004
- WILGA, C. A., & FERRY, L. A. Functional anatomy and biomechanics of feeding in elasmobranchs. In **Fish Physiology**(Vol. 34, pp. 153-187). Academic Press. 2015.
- WILGA, C.A., MOTTA, P.J. Feeding mechanism of the Atlantic guitarfish *Rhinobatos lentiginosus* modulation of kinematic and motor activity. **The journal of experimental biology**, 201, 3167 – 3184. 1998.
- WUERINGER, B. E., & TIBBETTS, I. R. Comparison of the lateral line and ampullary systems of two species of shovelnose ray. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, 18(1), 47-64. 2008.
- YAMAGUCHI, A., KAWAHARA, I., ITO, S. Occurrence, growth and food of longheaded eagle ray, *Aetobatus flagellum*, in Ariake Sound, Kyushu, Japan. **Environmental Biology of Fishes**, 74: 229-238, 2005.
- YOKOTA, L., LESSA, R, P. Reproductive biology of three ray species: *Gymnura micrura* (Bloch & Schneider, 1801), *Dasyatis guttata* (Bloch & Schneider, 1801) and *Dasyatis marianae*

Gomes, Rosa & Gadig, 2000, caught by artisanal fisheries in Northeastern Brazil. **Cahiers de biologie marine**, 48: 249 – 257, 2007.