



## VARIAÇÃO ONTOGENÉTICA DA DENTIÇÃO DA RAIÁ-PINTADA *ATLANTORAJA CASTELNAUI* (MIRANDA-RIBEIRO, 1907) (CHONDRICHTHYES, ARHYNCHOBATIDAE)

Karina Costa Rego Silva & Maria Cristina Oddone

Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Instituto de Ciências Biológicas – ICB, Setor de Morfologia, Av. Itália, Km 8 s/n, Campus Carreiros, 96203-900 Rio Grande, RS, Brasil

Autor para correspondência: karinaregosilvabio@gmail.com

### RESUMO

*Atlantoraja castelnaui* (Arhynchobatidae) possui uma distribuição que vai do Rio de Janeiro ao norte da Argentina. O objetivo deste trabalho foi descrever a morfologia dentária da *A. castelnaui*, e avaliar a presença de mudanças ontogenéticas e dimorfismo sexual na dentição. De modo geral, a descrição morfológica dos dentes se remete à região sinfisial e do palatoquadrado. Os exemplares foram coletados pela pesca comercial do sudeste brasileiro. As maxilas foram extraídas e classificadas de acordo com sexo e grau de maturidade sexual. A obtenção de imagens foi realizada no Microscópio Eletrônico de Varredura. As amostras estiveram representadas por espécimes de todas as classes de tamanhos, incluindo um embrião encapsulado. A dentição das fêmeas e dos machos imaturos possuem formato de placas pavimentadas. Porém a dentição dos machos juvenis e adultos a úvula e a cúspide são distintas; e a dentição adulta é nitidamente cuspidiforme. Os resultados do presente trabalho indicam que a dentição para *A. castelnaui* é sexualmente dimórfica e há variação ontogenética. O dimorfismo sexual na dentição de raias tem sido atribuído a diferenças nos hábitos alimentares, porém a função está mais relacionada com a cópula. O acasalamento bem-sucedido exige o comportamento de morder ou segurar fisicamente a fêmea.

**Palavras chave:** Dentes, Dimorfismo Sexual, Heterodontia, Morfologia Dentária.

### ABSTRACT

**Ontogenetic variation of the dentition of the spotback skate *Atlantoraja castelnaui* (Miranda-Ribeiro, 1907) (Chondrichthyes, Arhynchobatidae).** *Atlantoraja castelnaui* (Arhynchobatidae) has a distribution that range from Rio de Janeiro to northern Argentina. The objective of this work was to describe the dental morphology of *A. castelnaui*, and to evaluate the presence of ontogenetic changes and sexual dimorphism in the dentition. In general, the morphological description of the teeth refers to the symphysial region and the square palate.

Specimens were collected by commercial fisheries acting in southeastern Brazil. Jaws were extracted and classified according to sex and sexual maturity. The images were obtained using the Scanning Electron Microscope. The samples were represented by specimens of all size classes, including an encapsulated embryo. The dentition of the females and the immature males are characterized by pavement-like teeth. However, the dentition of juvenile and adult males, the uvula, and the cusp are quite distinct; the adult dentition is clearly cuspidiform. The results of the present study indicate that the dentition for *A. castelnaui* is sexually dimorphic and there is ontogenetic variation. The sexual dimorphism in the dentition of skated and rays has been attributed to differences in eating habits, however the function is more related to copulation since successful mating requires the behavior of physically biting or holding the female.

**Keywords:** Teeth, Sexual Dimorphism, Heterodontics, Dental Morphology.

### INTRODUÇÃO

Os elasmobrânquios (tubarões e raias) são polifíditos, ou seja, possuem mais de uma dentição ao longo da vida. São organizados no palatoquadrado e na cartilagem de Meckel, se desenvolvem em fileiras e são substituídos em intervalos regulares ao longo de suas vidas, como na maioria dos elasmobrânquios, ou na forma de grandes placas pavimentadas como no caso das Myliobatiformes (Motta & Herber, 2004).

Segundo Applegate (1965), a heterodontia, presente em elasmobrânquios, refere-se à presença de diferentes morfotipos de dentes na mesma maxila e existem dois tipos de heterodontia em elasmobrânquios, a sexual e a ontogenética (Cappetta, 1986).

Para entender melhor o desenvolvimento das dentições em Chondrichthyes, é importante que as dentições de tubarões, batoideos e holocéfalos sejam estudadas em detalhes, particularmente no início da

ontogenia. Apesar das restrições de um corpo achatado e nadadeiras peitorais aumentadas, os Batoidea são morfologicamente e taxonomicamente diversos e essa alta diversidade morfológica se reflete em suas dentições. Como os batoideos produzem dentes continuamente, muitas das informações sobre o arranjo e a sucessão dos dentes podem ser obtidas nas dentições de indivíduos adultos. No entanto, o início do desenvolvimento dentário requer os estágios iniciais da ontogenia dentária e, para isso, é essencial observar os dentes das amostras embrionárias (Underwood *et al.*, 2015).

Estágios embrionários iniciais de *Raja clavata* Linnaeus, 1758 e *Leucoraja erinacea* (Mitchill, 1825), por exemplo, foram usados para descrever os estágios iniciais do desenvolvimento dentário. Os primeiros germes dentários em *R. clavata* (antes da mineralização) na fase morfogenética são formados a partir da interação entre o epitélio dentário e o mesênquima condensado, e seu desenvolvimento começa superficialmente no epitélio oral, quando uma camada espessa de células epiteliais (banda odontogênica) invagina, formando a lâmina dentária (Underwood *et al.*, 2015).

Nas raias, dependendo da Ordem, os dentes são isolados uns dos outros ou aglomerados com formato de placas pavimentadas. Cada dente tem duas partes principais, a coroa e a raiz basal. A coroa é formada por fibrodentina e coberta com esmalte, o que a deixa com um aspecto liso e brilhante. A raiz é feita de dentina, desprovida de esmalte, pelo qual seu aspecto é mais poroso (Du Buit, 1979).

Dentições sexualmente dimórficas são conhecidas em uma grande parte das espécies de batoideos, onde os dentes dos machos adultos são mais cuspidados que os de fêmeas adultas e jovens (Orlov & Cotton, 2011; Underwood *et al.*, 2015). Embora essa heterodontia possa ser leve em alguns táxons, em outros, incluindo muitas espécies de Rajidae e Dasyatidae, as diferenças podem ser extremamente pronunciadas (Underwood *et al.*, 2015). Em algumas espécies, também pode haver variação sazonal no grau de heterodontia, com mais dentes projetados nos machos na estação reprodutiva (Kajiura & Tricas, 1996; Underwood *et al.*, 2015). Para alguns autores essa diferenciação dentária, principalmente nos machos, só serve para reter a fêmea pela nadadeira peitoral durante o acasalamento (Kajiura & Tricas, 1996), para apoiar esta interpretação, pode-se notar que a diferenciação dentária no sexo masculino ocorre apenas na maturidade sexual. Contudo a heterodontia sexual dos batoideos, embora muito difundida, não é uma regra geral (Cappetta, 1986).

*Atlantoraja castelnaui* (Miranda-Ribeiro, 1907) pertence à família Arhynchobatidae e possui uma distribuição que varia do Rio de Janeiro, Brasil, ao norte da Argentina, é comum entre 30°S e 41°S, onde é o maior rajídeo (Oddone *et al.*, 2008). Nas

águas do sul do Brasil, a espécie ocorre em profundidades entre 20 e 220 m, e é comumente capturada entre 24 e 120 m, é a maior espécie dentro do gênero, com machos e fêmeas atingindo comprimentos de até 110 e 116 cm CT, respectivamente (Oddone *et al.*, 2008). A intensa pesca de arrasto no habitat de *A. castelnaui* colocou a espécie em risco de extinção (Oddone & Amorim, 2007). De acordo com a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza ela está classificada como “Em Perigo de Extinção” (EN) (Hozbor *et al.*, 2004). O maior aproveitamento dessas espécies para o consumo se explica pela baixa produção dos outros recursos comumente explorados, associado a uma produção em pequena escala de polpa de carne, utilizada por restaurantes, com isso iniciou a exportação para a Ásia e principalmente para a Coréia do Sul (Casarini, 2006).

O objetivo deste trabalho foi descrever a morfologia dentária da *Atlantoraja castelnaui*, avaliar a presença de dimorfismo sexual na dentição e analisar a variação morfológica dos dentes deste o estágio embrionário até adulto.

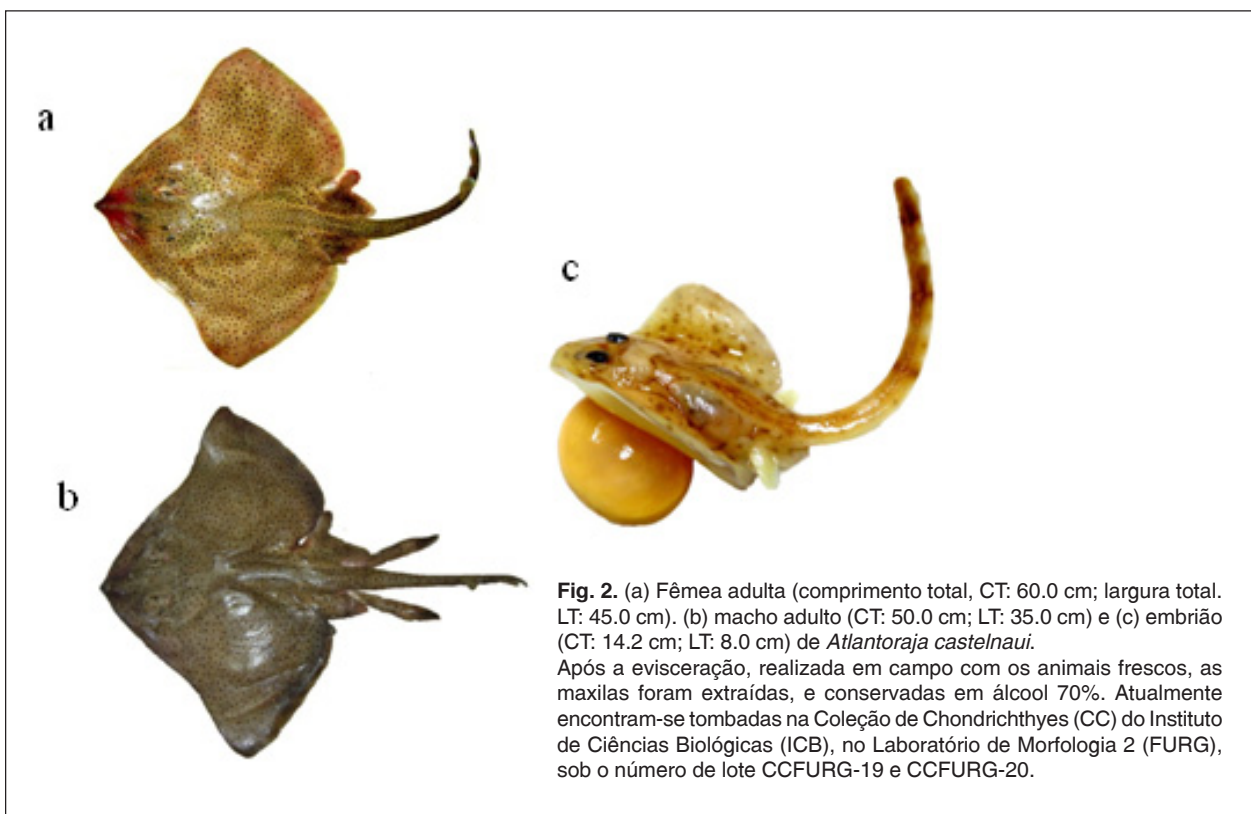
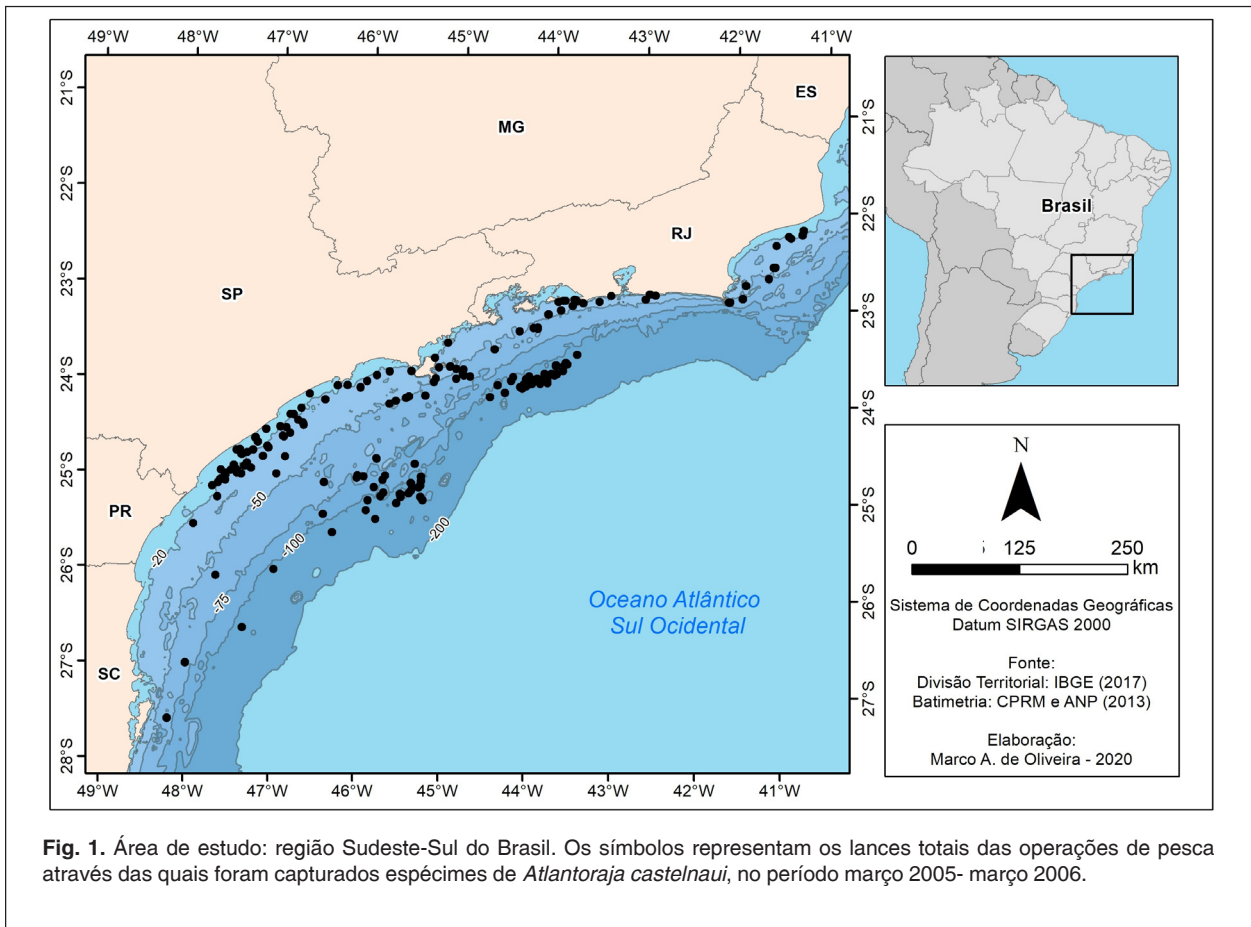
## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta dos exemplares e Amostragem biológica

Exemplares de *A. castelnaui* utilizados neste trabalho são oriundos de desembarques de pesca comercial realizados mensalmente entre março de 2005 a março de 2006. As coletas foram feitas entre as latitudes 23° 37'S e 27° 40'S, no Sudeste do Brasil, incluindo o litoral dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, em profundidades entre 10 e 146 m (Fig.1). A medida biométrica tomada de cada exemplar foi o comprimento total (CT, cm), com precisão de 0.1 cm. Os indivíduos foram sexados, de acordo com a presença ou ausência de cláspes e os estágios de maturidade sexual considerados foram, “imaturo”, “juvenil” e “adulto”, de acordo com os critérios de Oddone *et al.* (2007). Adicionalmente, para descrição da dentição embrionária, foi retirada a arcada dentária de um embrião em estágio avançado de desenvolvimento, encapsulado, pigmentado, mas ainda contendo um saco de vitelo conspícuo. A cápsula embrionada foi coletada em um desembarque de pesca de arrasto de fundo numa empresa de pesca da cidade do Rio Grande em julho de 2016 (Fig. 2).

### Análise de dados

A triagem das maxilas foi realizada de acordo com sexo e grau de maturidade sexual. No caso da maxila do embrião, por se tratar de uma peça particularmente difícil de obter, a descrição abordou também a região



**Tabela 1.** Estágio de desenvolvimento, sexo e comprimento total (CT) dos exemplares de *Atlantoraja castelnaui*, coletados no período março (2005) março (2006) na região Sudeste do Brasil (23°37'-27°40' S), dos quais foram retiradas as maxilas para descrição da morfologia dos dentes. A data da captura e intervalo de profundidade (m) também são informadas.

Estágio	Sexo	Quantidades	CT	Data da Captura	Profundidade	Área de captura
Embrião	Fêmea	1	14.2 cm	07/2016	-	Sul do Brasil
Imaturo	Macho	7	36.2 cm – 77 cm	13/04/05 16/04/06	40 - 100	Sudeste-Sul do Brasil
	Fêmea	9	31 cm – 94.5 cm	20/04/05	45 - 82	Sudeste-Sul do Brasil
Juvenil	Macho	5	86 cm – 93.5 cm	23/08/05	24 - 78	Sudeste-Sul do Brasil
	Fêmea	1	96.5 cm	14/04/2005	40	Sudeste-Sul do Brasil
Adulto	Macho	4	95.8 cm – 111.8 cm	16/04/06	45 - 112	Sudeste-Sul do Brasil
	Fêmea	2	116 cm – 117.2 cm	15/04/05	106 - 120 m	Sudeste-Sul do Brasil

comissural. Foram extraídas as placas dentárias completas em uma área quadrada, de entre 3.0 x 3.0 e 5.0 x 5.0 mm, dependendo do estágio de maturidade. com tesoura cirúrgica. No caso da maxila embrionária a área retirada foi de 2.0 x 2.0 mm. As peças foram identificadas e colocadas em estufa a 40° C para secagem durante nove dias. A obtenção de imagens foi realizada no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), em baixo vácuo, Jeol, JSM - 6610LV, com microsonda de EDS, no CEME-SUL da FURG. Para obtenção das amostras no MEV, foi montada uma lâmina contendo as peças provenientes de cada maxila e submetidas à cobertura de uma fina camada de ouro para propiciar a condutividade da superfície da amostra, assim facilitando a construção da imagem (Dedavid *et al.*, 2007).

A descrição morfológica dos dentes foi feita com base em Herman *et al.* (1994) e a terminologia dentária utilizada ao longo do trabalho, segue os mesmos autores. Para a descrição, foi considerado o dente inserido no tegumento, respeitando sua disposição original em relação aos dentes vizinhos. Deste modo, descrição dos dentes considera a morfologia da coroa e as suas regiões como segue: cúspide, borda externa cortante, ornamentação basal e úvula. Para estudo comparativo da dentição em relação à ontogenia, as variáveis consideradas foram largura e altura máxima da úvula e da cúspide e suas respectivas amplitudes. Estas variáveis foram medidas com o programa ImageJ, considerando o dente em vista externa.

**Tabela 2.** Amplitude da largura e altura máxima da úvula (LMU e AMU) e da cúspide (LMC e AMC) dos dentes dos exemplares de *Atlantoraja castelnaui* de diferentes estágios de desenvolvimento e ambos os sexos.

Sexo	Estágio de maturidade	Nº de dentes medidos	LMU	AMU	LMC	AMC
Fêmea	Embrião	3	326.779 µm – 360.735 µm	297.826 µm – 300.253 µm	53.321 µm – 152.159 µm	26.618 µm – 76.667 µm
Fêmea	Imatura	6	846 µm – 1031 µm	780 µm – 805 µm	206 µm – 305 µm	169 µm – 357 µm
Fêmea	Juvenil	4	1291 µm – 1414 µm	911 µm – 1143 µm	323 µm – 459 µm	292 µm – 322 µm
Fêmea	Adulta	3	1038 µm – 1454 µm	1139 µm – 1231 µm	470 µm – 514 µm	419 µm – 478 µm
Macho	Imaturo	4	1042 µm – 1150 µm	859 µm – 887 µm	281 µm – 296 µm	316 µm – 406 µm
Macho	Juvenil	6	1213 µm – 1321 µm	899 µm – 1000 µm	376 µm – 381 µm	568 µm – 703 µm
Macho	Adulto	4	1486 µm – 1557 µm	890 µm – 951 µm	408 µm – 476 µm	843 µm – 1158 µm

## RESULTADOS

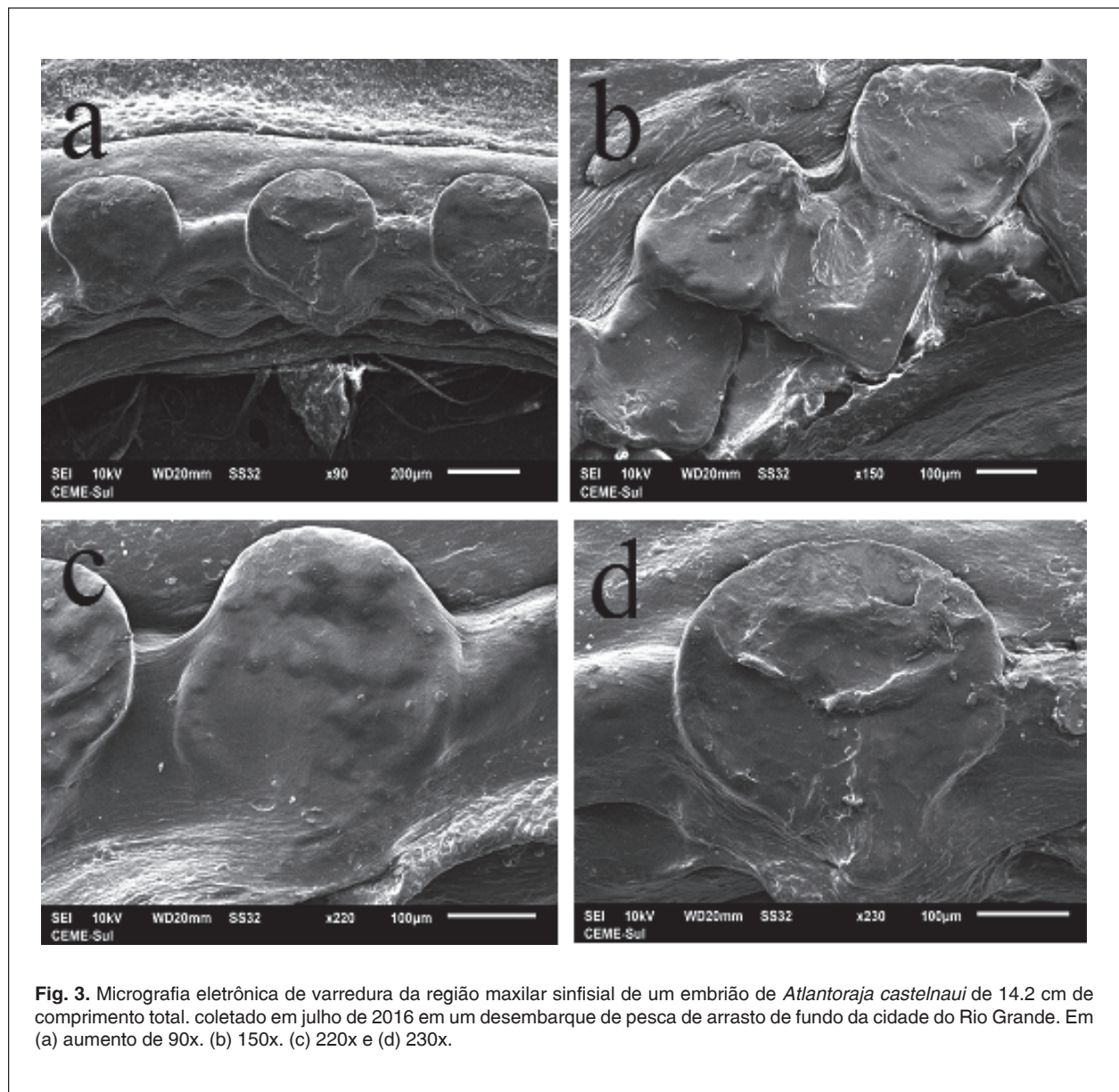
O número de maxilas completas disponíveis para o presente trabalho foi de 29, sendo 13 maxilas de fêmeas e 16 de machos, estando ambos os sexos representados por todos os estágios de maturidade, ou seja, imaturo, juvenil e maturo e um embrião fêmea (Tabela 1).

### 1. Dentição da fêmea de *Atlantoraja castelnaui*

#### 1.1. Dentição embrionária

O palatoquadrado possui um total de 18 dentes. Na região comissural esquerda, estes não são tão

nítidos quando na direita. Porém é possível, em ambas as regiões comissurais, detectar o surgimento de duas fileiras de dentes. Na região sinfisial, os dentes se apresentam em fileira única. A formação dos dentes neste estágio é iminente. Os ápices das cúspides se destacam por último no tegumento circundante, sendo que as bases das coroas são as que aparecem primeiro. Os dentes possuem o formato de placas pavimentadas, com medidas máximas da úvula em LMU de 360.735  $\mu\text{m}$  e AMU de 300.253  $\mu\text{m}$ , cúspide medindo uma LMC de 152.159  $\mu\text{m}$  e AMC de 76.667  $\mu\text{m}$  (Tabela 2) (Fig. 3 a-d).

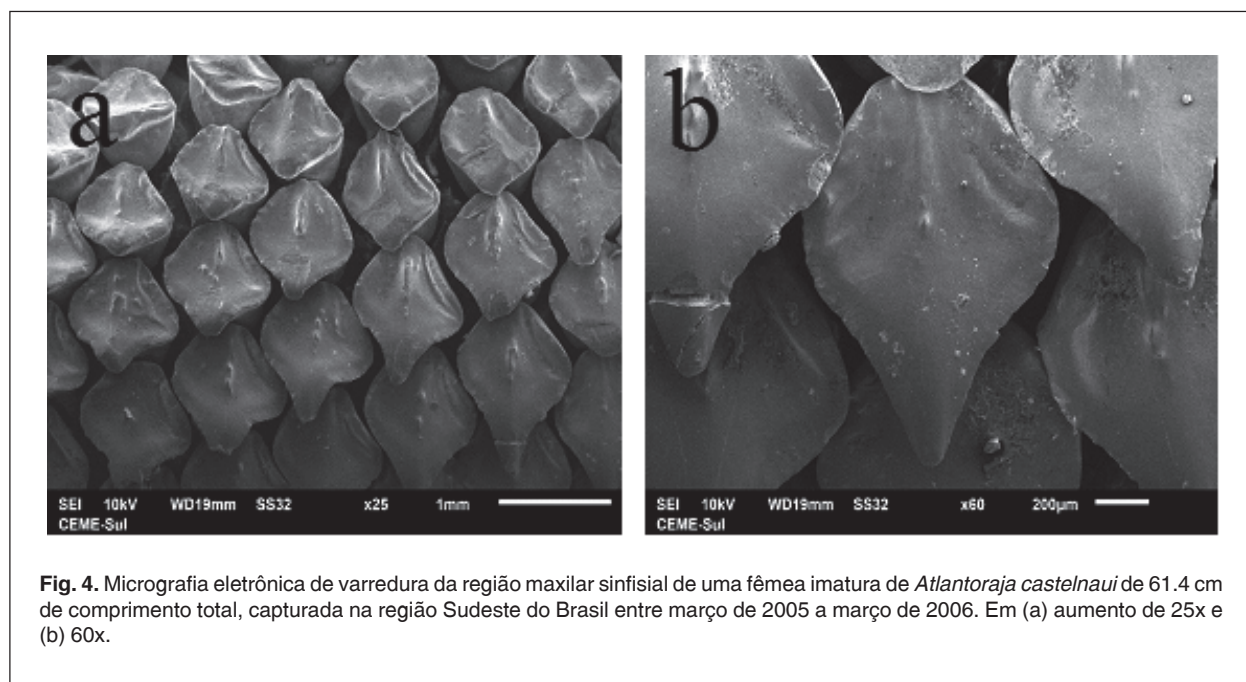


**Fig. 3.** Micrografia eletrônica de varredura da região maxilar sinfisial de um embrião de *Atlantoraja castelnaui* de 14.2 cm de comprimento total, coletado em julho de 2016 em um desembarque de pesca de arrasto de fundo da cidade do Rio Grande. Em (a) aumento de 90x. (b) 150x. (c) 220x e (d) 230x.

### 1.2. Dentição imatura

Os dentes possuem formato de placas pavimentadas, onde a cúspide e a úvula ocorrem no mesmo plano, sem limite evidente entre o começo de uma região e fim da outra. Úvula com formato hexagonal, contorno liso com algumas ondulações

pouco pronunciadas. Cúspide curta e desproporcional em altura em relação à largura da úvula e borda cortante externa discreta (Fig. 4 a, b). As medidas da cúspide foram 1031  $\mu\text{m}$  de LMC e 805  $\mu\text{m}$  de AMC, e da úvula 305  $\mu\text{m}$  de LMU e 357  $\mu\text{m}$  de AMU.



**Fig. 4.** Micrografia eletrônica de varredura da região maxilar sinfissal de uma fêmea imatura de *Atlantoraja castelnaui* de 61.4 cm de comprimento total, capturada na região Sudeste do Brasil entre março de 2005 a março de 2006. Em (a) aumento de 25x e (b) 60x.

### 1.3. Dentição juvenil

Tal como no estágio imaturo, os dentes possuem formato de placas pavimentadas, mantendo-se a característica descrita em relação à cúspide e à úvula. Na úvula, porém, que se apresenta em formato hexagonal, aparece uma saliência proeminente distal em relação à cúspide, com formato hexagonal, e contorno com ornamentações. A cúspide é curta e desproporcional em altura em relação à largura da úvula, borda cortante externa ausente. As medidas da LMU foi 1414  $\mu\text{m}$  e AMU 1143  $\mu\text{m}$ , e LMC de 459  $\mu\text{m}$  e AMC de 322  $\mu\text{m}$  (Fig. 5 a, b).

### 1.4. Dentição adulta

O formato dentário de placa pavimentada, descrito para os outros estágios, é mantido. As medidas para LMU e AMU são 1454  $\mu\text{m}$  e 1231  $\mu\text{m}$  e para LMC e AMC são 514  $\mu\text{m}$  e 478  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Úvula com formato hexagonal, ornamentações no contorno e uma leve proeminência no centro. Cúspide curta e desproporcional em altura em relação à largura da úvula, borda cortante externa ausente (Fig. 6a, b).

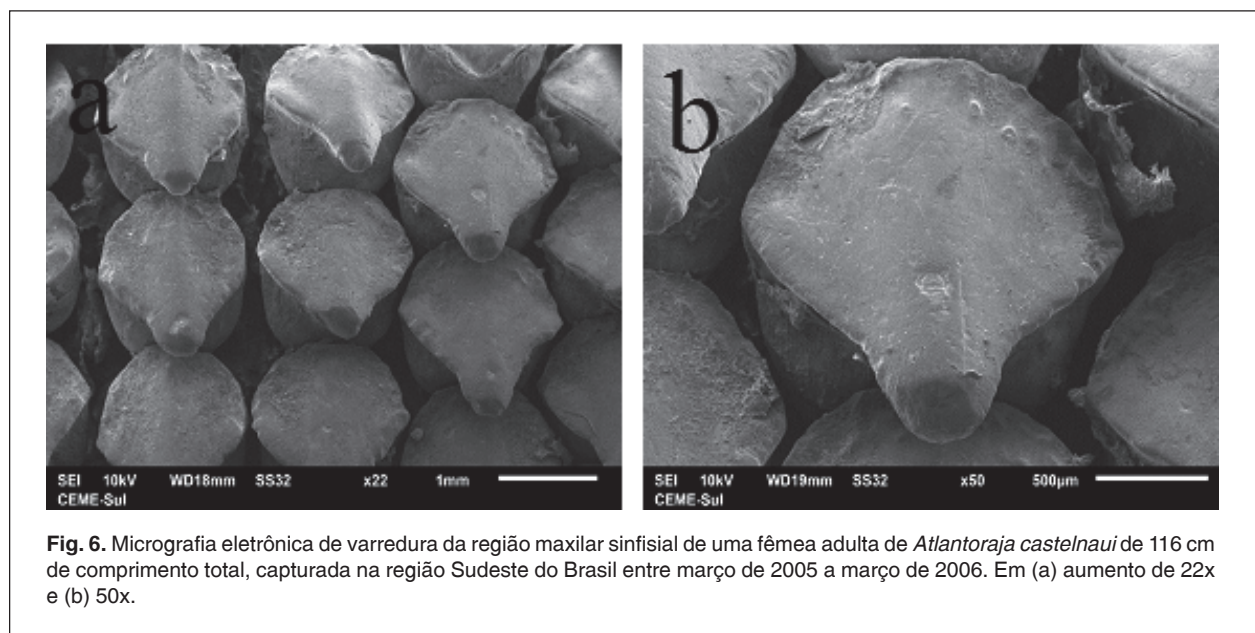
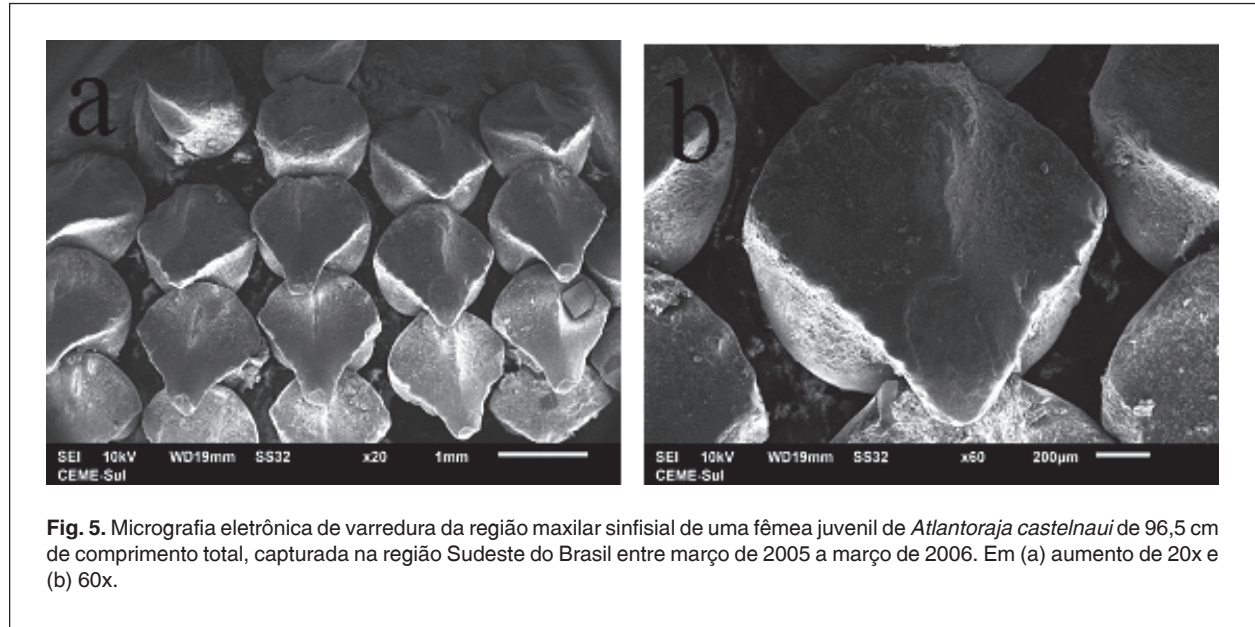
## 2. Dentição do macho de *Atlantoraja castelnaui*

### 2.1. Dentição imatura

Os dentes possuem formato de placa pavimentada onde a cúspide e úvula ocorrem no mesmo plano, sem limite evidente entre o começo de uma região e fim da outra. A LMU e AMU são 1150  $\mu\text{m}$  e 887  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Úvula com formato hexagonal, contorno com leve ornamentação. Cúspide intermediária e proporcional em altura em relação à largura da úvula, borda cortante externa discreta que se estende até a borda distal da úvula e com LMC de 296  $\mu\text{m}$  e AMC em 406  $\mu\text{m}$  (Fig.7a, b).

### 2.2. Dentição juvenil

Úvula e cúspide distintas e delimitadas. Úvula com formato tetragonal, levemente circular na região superior, contorno liso com ornamentações próximo da borda. LMU e AMU medindo 1321  $\mu\text{m}$  e 1000  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Cúspide pontiaguda (que caracteriza o dente conhecido como cuspidiforme), longa, afunilada e proporcional em



altura em relação à largura da úvula, com borda cortante externa delimitada e estendendo-se somente 2/3 da altura da úvula com LMC e AMC medindo 381  $\mu\text{m}$  e 703  $\mu\text{m}$ , nesta (Fig.8 a, b, c).

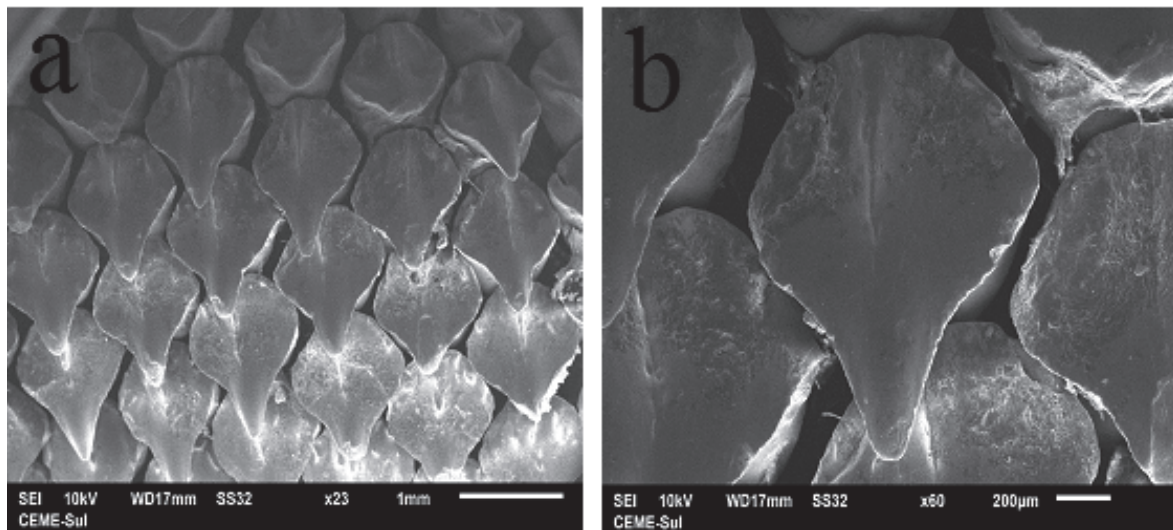
### 2.3. Dentição adulta

Dentição nitidamente cuspidiforme, com úvula e cúspide distintas e delimitadas. Úvula com formato ovalado e contorno liso, medindo 1557  $\mu\text{m}$  e 951  $\mu\text{m}$  na LMU e AMU, respectivamente. Cúspide longa, afunilada, proporcional em altura em relação à largura da úvula, borda cortante externa

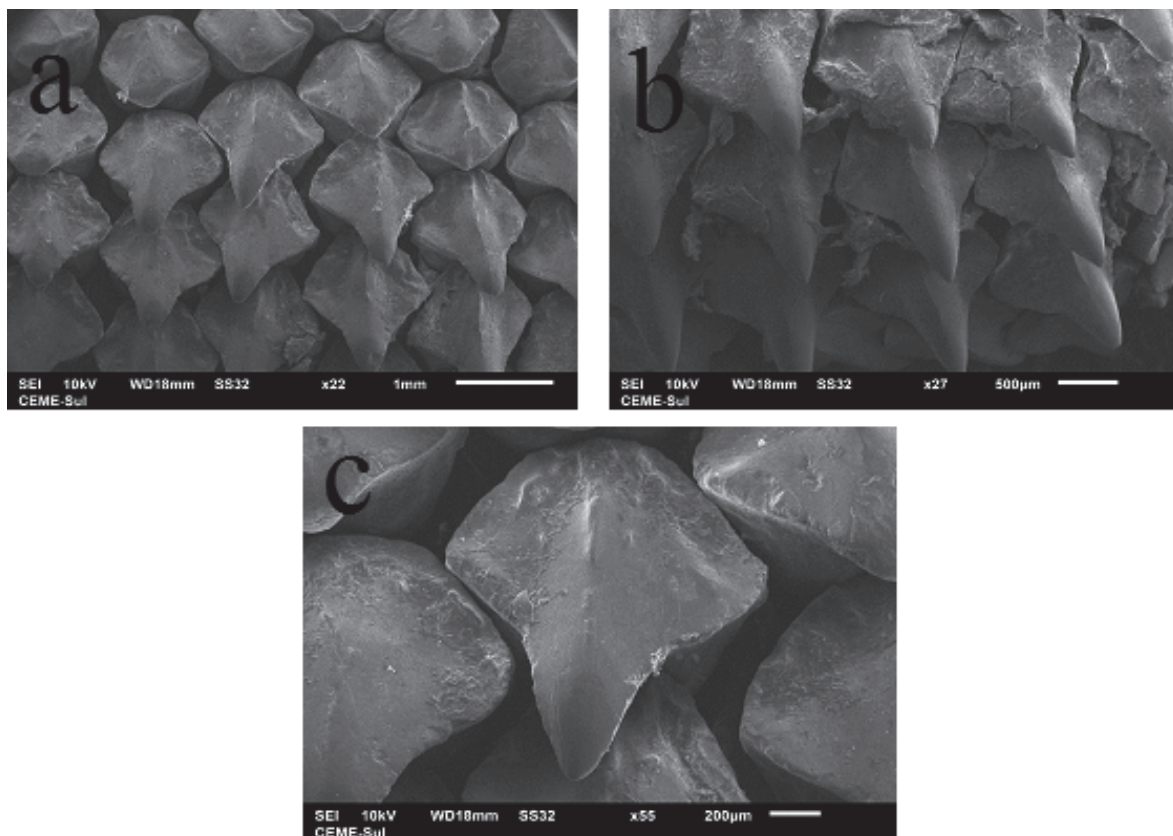
pronunciada projetando-se até o final da parte distal da úvula e LMC medindo 476  $\mu\text{m}$  e AMC 1158  $\mu\text{m}$  (Fig.9 a, b).

### DISCUSSÃO

Os resultados do presente trabalho indicam que a dentição para *A. castelnaui* é sexualmente dimórfica, não somente no estágio adulto, mas também no juvenil. Confirmam-se neste caso a heterodontia considerada por Cappetta (1986) nas suas duas

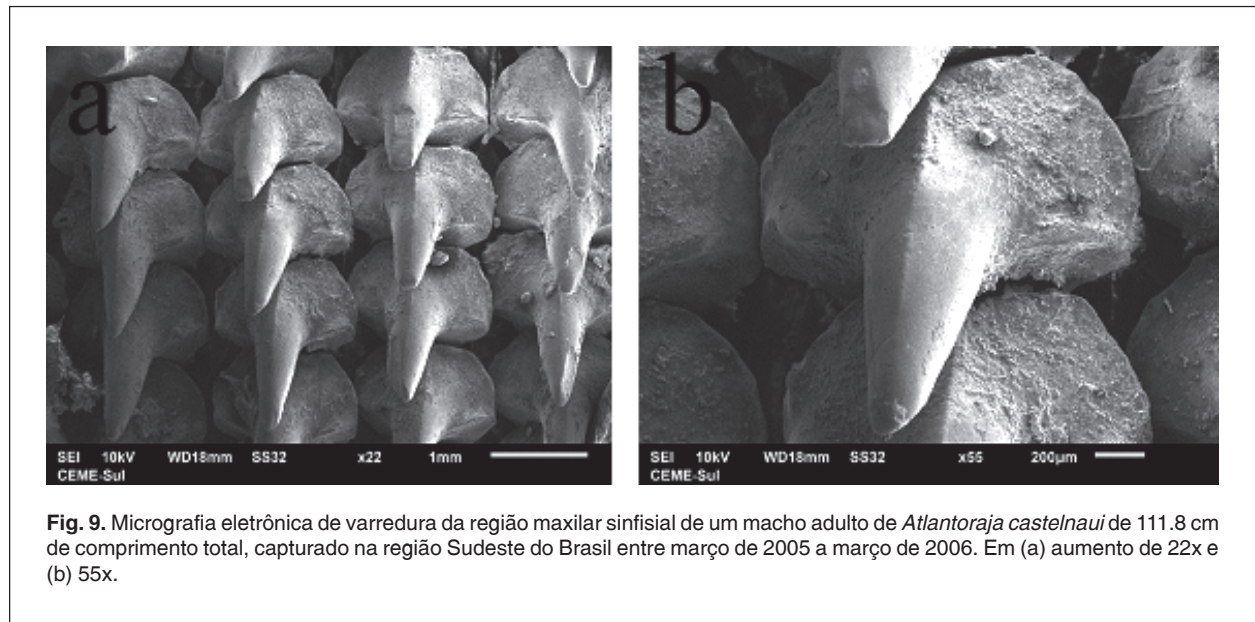


**Fig. 7.** Micrografia eletrônica de varredura da região maxilar sinfissal de um macho imaturo de *Atlantoraja castelnaui* de 74,4 cm de comprimento total, capturado na região Sudeste do Brasil entre março de 2005 a março de 2006. Em (a) aumento de 23x e (b) 60x.



**Fig. 8.** Micrografia eletrônica de varredura da região maxilar sinfissal de um macho juvenil de *Atlantoraja castelnaui* de 86 cm de comprimento total, capturado na região Sudeste do Brasil entre março de 2005 a março de 2006. Em (a) aumento de 22x, (b) 27x e (c) 55x.





**Fig. 9.** Micrografia eletrônica de varredura da região maxilar sinfissal de um macho adulto de *Atlantoraja castelnaui* de 111.8 cm de comprimento total, capturado na região Sudeste do Brasil entre março de 2005 a março de 2006. Em (a) aumento de 22x e (b) 55x.

formas: sexual e a ontogenética, a qual é típica da maioria dos membros estudados das famílias Dasyatidae e Rajidae. Dimorfismo sexual em Rajiformes tem sido constatado em várias espécies. Para *A. castelnaui* inclusive, Rangel *et al.* (2014), no Sudeste do Brasil, observaram o mesmo tipo de dentição descrita para o presente trabalho. Porém, esse estudo restringiu-se a adultos (seis). Para as outras espécies do gênero, i.e., *Atlantoraja cyclophora* (Regan, 1903), Herman *et al.* (1996) descreve só a dentição do macho adulto, correspondendo àquela descrita no presente trabalho. Porém esses autores documentaram a presença de dentição com características tipicamente femininas em machos juvenis de *A. cyclophora* ao contrário do observado para *A. castelnaui*, onde o início do processo do dimorfismo sexual é observado no estágio juvenil. De acordo com Rangel *et al.* (2014), a dentição adulta de *A. cyclophora* (n=4) e *Atlantoraja platana* (Günther, 1880) (n=4) é semelhante à de *A. castelnaui* exceto pela ornamentação uvular que o dente de *A. cyclophora* possui, configurando um padrão de saliências, que contrasta com a úvula lisa observada em *A. castelnaui*.

Em relação a outros gêneros de Rajiformes, Neto (2018) estudou a dentição de três espécies de *Psammobatis*; *P. extenta* Garman, 1913, *P. lentiginosa* McEachran, 1983 e *P. rutrum* Jordan, 1890 para investigar a relação no dimorfismo sexual entre machos e fêmeas adultas. Observaram-se para as três espécies características semelhantes às descritas para *A. castelnaui*, em relação à morfologia geral para cada sexo e quanto às diferenças entre eles. Ainda, o autor descreve a dentição de uma fêmea

imatura de *P. extenta*, correspondendo também à descrita para *A. castelnaui*. Queiroz (1986) descreveu a dentição de *Sympterygia acuta* Garman, 1877 e *S. bonaparteii* Müller & Henle, 1841 do Sul do Brasil como sendo similar em morfologia nos adultos de ambos os sexos, porém, fêmeas adultas possuem dentes com segundo o autor, formato cordiforme. Ainda, constatou-se diferença nos tamanhos dos dentes do adulto, com fêmeas possuindo dentes menores.

Castillo-Géniz *et al.* (2007) analisaram a dentição adulta de *Raja inornata* Jordan & Gilbert, 1880 e *R. cortezensis* McEachran & Miyake, 1988 para o Golfo da Califórnia, Pacífico Norte, registrando características semelhantes às descritas para *A. castelnaui*. Os autores descrevem os dentes como romboidais, neste aspecto se parecendo mais aos de *A. castelnaui* do que no caso do descrito para o gênero *Sympterygia*.

A importância da dentição na reprodução é bem documentada na literatura. Os elasmobrânquios são um grupo taxonômico diverso e possuem comportamentos reprodutivos frequentemente complexos. O acasalamento bem-sucedido exige o comportamento de morder ou segurar fisicamente a fêmea e introduzir o clássper na cloaca, algumas mordidas no comportamento pré-copulatório podem servir para parar a fêmea ou sinalizar a intenção do macho (Pratt & Carrier, 2001, 2005). Nesse sentido, dimorfismo sexual na dentição observado para *A. castelnaui* pode estar relacionado ao referido comportamento reprodutivo durante a estação de acasalamento. Isso foi observado para outras espécies de batóides, onde foram encontradas

alterações na morfologia dentária dos machos em relação às fêmeas quando atingem a maturidade sexual (i.e. *Dasyatis akajei* (Müller & Henle, 1841)), e até mudanças periódicas relacionadas à estação de acasalamento (i.e. *Dasyatis sabina* (Lesueur, 1824)) (Taniuchi & Shimizu, 1993; Kajiura & Tricas, 1996). Nos dois casos, os machos adultos apresentaram dentes mais afiados que as fêmeas, sugerindo que a dentição muda como um mecanismo para ajudar a estabelecer uma sujeição adequada durante o acasalamento (Taniuchi & Shimizu, 1993; Kajiura & Tricas, 1996). Spath *et al.* (2017), constataram que em *Discopyge tschudii* (Heckel, in Tschudi, 1844, além do dimorfismo sexual na forma dos dentes, há uma diferença no número de fileiras de dentes entre sexos, onde machos maduros possuem mais fileiras do que as fêmeas, tanto em indivíduos maduros quanto em imaturos.

Luer & Gilbert (1985) comprovam que o macho de *Raja eglanteria* Bosc, 1802, antes de inserção do clásser segura a borda posterior da nadadeira peitoral da fêmea firmemente, por meio de sua dentição. Além disso, pequenos cortes e cicatrizes, que se acredita serem o resultado desse comportamento foram observados, se sugere também que os machos podem assediá-las violentamente para estimulá-las a acasalar (Kajiura *et al.*, 2000).

McEachran (1977) descreveu mudanças na dentição e forma da boca de algumas espécies de raias ovíparas que ocorrem no noroeste do Atlântico, ao atingir a maturidade. O dimorfismo sexual na dentição de raias tem sido atribuído a diferenças nos hábitos alimentares e algumas distinções morfológicas observadas em machos e fêmeas adultas têm a ver com diferentes papéis reprodutivos. Como as fêmeas maduras possuem corpos maiores é necessário que os machos desenvolvam estruturas adicionais, como espinhos alares e dentes com cúspides longas e pontiagudas, para segurar as fêmeas durante o acasalamento.

A ecologia de *A. castelnaui*, incluindo seus hábitos alimentares, é pouco conhecida. Estudos anteriores sobre seus hábitos alimentares estão limitados a descrições da composição da dieta, indicando que a espécie se alimenta principalmente de peixes teleósteos, porém sua dieta foi afetada pela ontogenia, estação do ano e área geográfica. O tamanho do corpo tem um efeito importante na composição da dieta de *A. castelnaui*, indivíduos pequenos consomem decápodes e indivíduos grandes consomem elasmobrânquios e cefalópodes (Paesch, 2000; Barbini & Lucifora, 2012).

Em relação à dieta e o sexo, Viana & Vianna (2014) observaram que para o Sudeste do Brasil, ambos os sexos de *A. cyclophora* se alimentam de crustáceos e teleósteos e suas dietas foram muito semelhantes. No entanto, teleósteos e caranguejos foram mais frequentes na dieta das fêmeas, enquanto

que os machos tiveram uma proporção mais expressiva de camarões nos seus conteúdos estomacais. Essas pequenas diferenças podem ser atribuídas a diferenças no método de captura de alimentos, pois seria difícil para indivíduos menores capturar teleósteos que são mais ágeis. De qualquer modo, as diferenças na escolha dos itens alimentares entre os sexos seriam uma consequência do dimorfismo sexual na dentição, cuja função está mais relacionada com a reprodução, especificamente a cópula.

No presente trabalho foi possível analisar um embrião de *A. castelnaui*. O acesso a embriões é difícil, por se tratar de uma espécie ovípara (oviparidade simples) (Vooren, 1998), onde o desenvolvimento embrionário ocorre no ambiente. Deste modo, mesmo tendo acesso a fêmeas ovadas nos desembarques pesqueiros, isto não constituiria uma contribuição para o conhecimento da dentição visto que, no momento da oviposição, os ovos encapsulados se encontram no estado inicial da clivagem, em fase de blastoderme. Por este motivo, o único meio de aceder a cápsulas embrionadas é, ou coletar as cápsulas no ambiente, mediante mergulho autônomo, ou, mediante a manutenção de fêmeas em oviposição em cativeiro. Isto foi feito em espécies modelo como *Leucoraja erinacea* (Mitchill, 1825) e *Raja clavata* Linnaeus, 1758 por Underwood *et al.* (2015), para descrever os primeiros estágios do desenvolvimento dos dentes. Os autores constaram que os primeiros dentes germinais em *R. clavata* antes da mineralização dos mesmos são formados da interação entre o epitélio dental e o mesênquima condensado. Seu desenvolvimento começa superficialmente, no epitélio oral, quando um folheto engrossado de células epiteliais (a “banda odontogênica”) se invagina, formando a lâmina dental. Este epitélio é rico em células proliferativas. A lâmina dental continua a proliferar, se estendendo profundamente no mesênquima da mandíbula, restringindo o fornecimento de células odontogênicas que iniciam a adição contínua de dentes ao longo da vida a essa parte da lâmina dentária. Os dentes germinais da primeira fileira dentária se desenvolvem ao longo da maxila e quando estes começam a se mineralizar, a próxima fileira alternada de dentes germinais é formada, com coroas levemente mineralizadas e uma cúspide lingual que é a primeira a se mineralizar. As raízes seriam as últimas a se mineralizar, depois de finalizado o processo de mineralização da coroa. No presente trabalho, não foram aplicadas técnicas para detectar o grau de mineralização na mandíbula embrionária de *A. castelnaui*, porém, observou-se uma fileira de dentes em formação e uma segunda alternada iniciando a formação desde a região comissural em direção à sinfissial. De acordo com os resultados de Underwood *et al.* (2015), poderia se inferir que a mineralização dos dentes germinais de *A. castelnaui* estava em andamento, e ocorre tarde no

desenvolvimento, pois o embrião já tinha completado sua morfogênese e estava pigmentado, mesmo possuindo ainda um saco de vitelo de grande porte.

## CONCLUSÃO

No presente trabalho foi verificada a presença de dimorfismo sexual e alterações ontogenéticas (no caso dos machos) na dentição de *A. castelnaui*. Os dentes das fêmeas, considerando a morfologia da coroa, apresentam uma forma constante quando comparados os estágios de maturidade imaturo, juvenis e adultos. A morfologia do dente da fêmea apresenta um formato de placa pavimentada, caracterizando-se por possuir a úvula e a cúspide no mesmo plano (vertical, considerando a fêmea na sua posição espacial natural) quando considerada a dentição sinfisial. No caso dos machos, observou-se que nos estágios juvenis e adultos, úvulas e cúspides não estão no mesmo plano, visto que as cúspides se projetam no plano horizontal, em ângulos de diferentes graus, mas em torno de 30°, de modo geral. Os dentes dos machos nestes estágios de maturidade são afunilados e marcadamente cuspidiformes. Deste modo, a cúspide assume um aspecto curvado, em formato de gancho. Por outro lado, a dentição do macho imaturo se assemelha em morfologia à dentição descrita para as fêmeas. Desta forma, considerando as diferenças dentárias observadas entre os sexos e sabendo-se que o macho necessita segurar a fêmea para copular, atribui-se o dimorfismo sexual na dentição ao comportamento reprodutivo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Augusto Ferrari (Instituto de Ciências Biológicas, FURG) e à Dra. Paula Dias (Instituto de Oceanografia, FURG) pelas importantes contribuições realizadas durante a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso da primeira autora. Dois referees anônimos realizaram uma profunda e criteriosa revisão do manuscrito submetido. A Ac. Natalia Gularte (FURG) colaborou com o processamento das imagens fotográficas de *A. castelnaui*. O MSc. Marco Antonio de Oliveira providenciou o mapa da Fig. 1. O Téc. Rudmar Krumreick (Centro de Microscopia Eletrônica da Zona Sul - CEME-SUL, FURG) prestou assistência e assessoramento durante o processamento das imagens no MEV.

## REFERÊNCIAS

- Applegate S.P. 1965. Tooth terminology and variation in sharks with special reference to the sand shark, *Carcharias taurus* Rafinesque. Contributions of Science, 86: 1-18.
- Barbini S.A. & Lucifora L.O. 2012. Feeding habits of a large endangered skate from the South-west Atlantic: the spotback skate, *Atlantoraja castelnaui*. Marine and Freshwater Research, 63:180-188.
- Cappetta H. 1986. Types dentaires adaptatifs chez les sélaciens actuels et post-paléozoïques. Palaeovertebrata, Montpellier, 16 (2): 57-76.
- Casarini L.M. 2006. Dinâmica populacional de raia demersais dos gêneros *Atlantoraja* e *Rioraja* (Elasmobranchii, Rajidae) da costa sudeste e sul do Brasil. São Paulo: Universidade de São Paulo. 235 p. Tese de Doutorado em Ciências, área de Oceanografia Biológica.
- Castillo-Geniz J.L., Nishizaki O.S. & Perez J.C. 2007. Morphological variation and sexual dimorphism in the California skate, *Raja inornata* Jordan and Gilbert, 1881 from the Gulf of California, Mexico. Zootaxa, 1545: 1-16.
- Dedavid B., Gomes C.I. & Machado G. 2007. Microscopia eletrônica de varredura, Aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Porto Alegre. Edição do Centro de Microscopia Eletrônica e Microanálise (CEMM) do IDEIA-PUCRS - ediPUCRS, 60 pp.
- Du Buit, M.H. 1979. Remarques sur la denture des raies et sur leur alimentation. Vie Milieu, 28-29(1): 165-174.
- Herman J., Hovestadt-Euler M., Hovestadt D.C. & Stehmann M. 1994. Contributions to the study of the comparative morphology of teeth and other relevant ichthyodorulites in living supra-specific taxa of Chondrichthyan fishes. Part B: Batomorphi. Bulletin de L'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie, 64:165-207.
- Herman J., Hovestadt-Euler M., Hovestadt D.C. & Stehmann M. 1996. Contributions to the study of the comparative morphology of teeth and other relevant ichthyodorulites in living supraespecific taxa of Chondrichthyan fishes. Part B: Batomorphii: Order Rajiformes - Suborder Rajoidei - Family: Rajidae-Genera and Subgenera: *Arhynchobatis*, *Bathyraja richardsoni*-type, *Cruriraja*, *Irolita*, *Notoraja*, *Pavoraja* (*Insentiraja*), *Pavoraja* (*Pavoraja*), *Pseudoraja*, *Raja* (*Atlantoraja*), *Raja*. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Biologie, 66:179-236.
- Hozbor N., Massa A. & Vooren C.M. 2004. *Atlantoraja castelnaui*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T44575A10921544.
- Kajiura S.M. & Tricas T.C. 1996. Seasonal dynamics of dental sexual dimorphism in the Atlantic stingray *Dasyatis sabina*. The Journal of

- Experimental Biology, 199: 2297-2306.
- Kajiura S.M., Sebastian A.P. & Tricas T.C. 2000. Dermal bite wounds as indicators of reproductive seasonality and behavior in the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*. *Environmental Biology of Fishes*, 58: 23-31.
- Luer C.A. & Gilbert P.W. 1985. Mating behavior, egg deposition, incubation period, and hatching in the clearnose skate, *Raja eglanteria*. *Environmental Biology of Fishes*, 13(3): 161-171.
- McEachran J.D. 1977. Reply to "Sexual dimorphism in skates (Rajidae)". *Evolution*, 31(1): 218-220.
- Motta P.J. & Herber D.R. 2004. Prey capture behavior and feeding mechanics of elasmobranchs. *In: Carrier J.C., Musick J.A., Heithaus MR (Eds) Biology of sharks and their relatives*, pp. 165-202. CRC Press, Boca Raton.
- Neto A.B. 2018. Morfologia dentária e dimorfismo sexual das raias do gênero *Psammobatis* Günther, 1870 (Chondrichthyes: Batomorphii: Arhynchobatidae) do Sul do Brasil, Atlântico Sul Ocidental. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 62 p. Dissertação de mestrado em Zoologia.
- Oddone M.C. & Amorim A.F. 2007. Length-weight relationships, condition and population structure of the genus *Atlantoraja* (Elasmobranchii, Rajidae, Arhynchobatinae) in Southeastern Brazilian waters, SW Atlantic Ocean. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 38: 43-52.
- Oddone M.C., Amorim A.F., Mancini P.L. & Velasco G. 2007. The reproductive biology and cycle of *Rioraja agassizi* (Müller and Henle, 1841) (Chondrichthyes: Rajidae) in southeastern Brazil, SW Atlantic Ocean. *Scientia Marina*, 71(3): 593-604.
- Oddone M.C., Amorim A.F. & Mancini P.L. 2008. Reproductive biology of the spotback skate, *Atlantoraja castelnaui* (Ribeiro, 1907) (Chondrichthyes, Rajidae), in southeastern Brazilian waters. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 2: 327-334.
- Orlov A.M. & Cotton C.F. 2011. Sexually Dimorphic Morphological Characters in Five North Atlantic Deepwater Skates (Chondrichthyes: Rajiformes). *Journal of Marine Biology*, 2011: 18 pp.
- Paesch, L. 2000. Hábitos alimentarios de algunas especies de elasmobranchios en el frente oceánico del Río de la Plata. [Feeding habits of some species of elasmobranchs in the Río de la Plata oceanic front]. *Frente Marítimo*, 18: 71-90.
- Pratt, Jr H.L. & Carrier J.C. 2001. A review of elasmobranch reproductive behavior with a case study on the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*. *Environmental Biology of Fishes*, 60: 157-188.
- Pratt, Jr H.L. & Carrier J.C. 2005. Elasmobranch Courtship and Mating Behavior. *In: Hamlett W.C. (Ed.) Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras*, pp. 129-170. Inc. Enfield (NH): Science Publishers, St. Lucia, Queensland, Australia.
- Queiroz E.L. 1986. Estudo comparativo da alimentação de *Sympterygia acuta* Garman, 1877 e *S. bonapartei* Muller & Henle, 1841 (Pisces: Rajiformes) com relação à distribuição, abundância, morfologia e reprodução, nas águas litorâneas do Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de mestrado. 326 p. Fundação Universidade do Rio Grande.
- Rangel B.S., Rodrigues S.S., Malavasi-Bruno E., Will S.E.A, Favaron P.O., Amorim A.F. & Rici R.E.G. 2014. 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*, pp. 3-9.
- Spath M.C., Deli Antoni M. & Delpiani G. 2017. Dentition of the apron ray *Discopyge tschudii* (Elasmobranchii: Narcinidae). *Journal of Fish Biology*, 91(4): 1166-1177.
- Taniuchi T. & Shimizu M. 1993. Dental sexual dimorphism and food habits in the stingray *Dasyatis akajei* from Tokyo Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(1): 53-60.
- Underwood C.J., Johanson Z., Welten M., Metscher B., Rasch L.J., 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): 1-19.
- Viana A.F. & Vianna M. 2014. The feeding habits of the eyespot skate *Atlantoraja cyclophora* (Elasmobranchii: Rajiformes) in southeastern Brazil. *Zoologia*, 31(2): 119-125.
- Vooren, C. M. 1998. Elasmobrânquios Demersais. *In: Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. pp. 141-146. Seeliger, U., C. Odebrecht, and J. P. Castello (Eds.). *Ecocientia*, Rio Grande.

Fecha de Recepción: 06 de marzo de 2020  
Fecha de Aceptación: 02 de setiembre 2020