



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS ZOOLOGIA
LABORATÓRIO DE SISTEMÁTICA ZOOLOGICA

JANAÍNA CALDEIRA DE LIMA

**Morfologia de cerdas do exoesqueleto de *Kingsleya attenboroughi*
Pinheiro & Santana, 2016 (Crustacea: Decapoda: Brachyura:
Pseudothelphusidae)**

BOTUCATU

2024

JANAÍNA CALDEIRA DE LIMA

**Morfologia de cerdas do exoesqueleto de *Kingsleya attenboroughi*
Pinheiro & Santana, 2016 (Crustacea: Decapoda: Brachyura:
Pseudothelphusidae)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Biociências, Pós-graduação em Ciências Biológicas - Zoologia, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Zoologia, sob orientação do Prof. Dr. William R. A. Santana e coorientação do Prof. Dr. Fernando José Zara.

BOTUCATU

2024

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: MARIA CAROLINA A. CRUZ E SANTOS-CRB 8/10188

Lima, Janaína Caldeira de.

Morfologia de cerdas do exoesqueleto de *Kingsleya attenboroughi* Pinheiro & Santana, 2016 (*Crustacea: Decapoda: Brachyura: Pseudothelphusidae*) / Janaína Caldeira de Lima.
- Botucatu, 2024

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu
Orientador: William Ricardo Amancio Santana
Coorientador: Fernando José Zara
Capes: 20402007

1. Caranguejo. 2. Morfologia (Animais). 3. Microscopia eletrônica. 4. Sensilla.

Palavras-chave: Caranguejo de água doce; Cerdas; Morfologia.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE JANAÍNA CALDEIRA DE LIMA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA), DO INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - CÂMPUS DE BOTUCATU.

Aos 30 dias do mês de abril do ano de 2024, às 10:30 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de JANAÍNA CALDEIRA DE LIMA, intitulada **Morfologia de cerdas do exoesqueleto de Kingsleya attenboroughi Pinheiro & Santana, 2016 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Pseudothelphusidae)**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. WILLIAM RICARDO AMÂNCIO SANTANA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Zoologia / Universidade Regional do Cariri, Pós doutoranda JÉSSICA COLAVITE (Participação Virtual) do(a) Carcinologia / Instituto de biociências da Universidade de São Paulo, Pós doutoranda MARIA ALICE GARCIA BENTO (Participação Virtual) do(a) Zoologia / Instituto de Biociências, Unesp de Rio Claro - SP. Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: _

_____ . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. WILLIAM RICARDO AMÂNCIO SANTANA



Documento assinado digitalmente

WILLIAM RICARDO AMANCIO SANTANA

Data: 02/05/2024 09:05:48-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ao meu querido avô
Noé C. de Lima (in memoriam)

AGRADECIMENTOS

Em especial, gostaria de agradecer meus pais *Luiz* e *Sueli*, por toda contribuição e esforço para que eu chegasse até aqui, por sempre acreditarem em mim, por nunca terem me deixado desistir, por sempre me acolherem e me confortarem nos momentos mais difíceis, por sempre estarem ao meu lado independente de qualquer coisa. Amo muito vocês!

Ao *Prof. Dr. William Santana*, por toda paciência e compreensão, por todos conselhos e ensinamentos, por me acolher nessa área a qual expresso maior admiração.

Ao *Prof. Dr. Fernando José Zara* por todo auxílio e ensinamentos, pelo suporte e acolhimento em seu laboratório.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudos concedida.

Ao meu esposo *Marcelo*, sou muito grata por todo apoio que me deu durante todo esse processo, por ter me obrigado a estudar quando eu já não queria mais, por ter sido extremamente paciente comigo, por nunca ter me deixado esquecer meu potencial, obrigada por ter cuidado de mim quando mais precisei! Eu definitivamente não teria sido capaz sem você, obrigada por tanto. Amo você.

Aos meus irmãos *César* e *Jéssica* e meu cunhado *Cassiano*, obrigada pelos melhores conselhos do mundo, por dividirmos as melhores risadas, por sempre me incentivarem a buscar meus objetivos, e por nunca me deixarem sozinha! Vocês são base na minha vida, eu amo cada um de vocês.

À minha sobrinha *Cecília*, por ser luz na minha vida e por me dar forças para continuar.

Ao Departamento de Zoologia da Unesp-Botucatu e a todos seus funcionários que de alguma maneira, seja ela direta ou indireta, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Ao laboratório de Sistemática Zoológica e as minhas eternas companheiras de laboratório *Tassia* e *Fran* pelo apoio, amizade, auxílio, risadas e descontrações.

Em especial, à *Jéssica Colavite*, que me acompanha desde a graduação e se tornou peça fundamental na minha jornada acadêmica, obrigada por toda ajuda, puxões de orelha, ensinamentos e conselhos, por todas risadas e amizade.

Ao Departamento de Biologia UNESP - Campus de Jaboticabal, e a todos seus funcionários.

À todos do Laboratório de Morfologia de Invertebrados (IML), pelo acolhimento e ensinamentos. Em especial a *Maria Alice* e *Márcia*, obrigada por todo apoio e suporte, conselhos, momentos de descontração e boas risadas.

À *Claudia Fiorillo* do laboratório de Microscopia Eletrônica da UNESP de Jaboticabal, pelo suporte e auxílio no processamento das amostras e todo acolhimento.

Aos meus filhos de quatro patas que eu amo e nunca me abandonaram, me dando todo suporte emocional necessário para concluir essa dissertação, vocês são luz na minha vida. Em especial Max e Cleitinho (*in memoriam*).

A *Maria Do Carmo*, por me acolher em sua casa nas inúmeras idas a Jaboticabal. Meus sinceros agradecimentos por todo seu carinho, acolhimento, preocupação, conselhos e ensinamentos, pelos bons momentos partilhados e amizade cultivada.

À todas minhas queridas e valiosas amigadas, *Victoria Garcia*, *Moara Silva* e *Carolina Fermino* que me mostram sempre o significado de uma amizade verdadeira, e a *todos outros amigos* que fazem parte da minha jornada.

Agradeço a oportunidade de fazer o que amo, e por ter sido capaz de ultrapassar todos meus limites para concluir esse ciclo da minha vida, e provar para mim mesma que não existem obstáculos capazes de fazer com que eu desista dos meus maiores sonhos.

*“No mergulho eu falei com Deus.
Quando eu sair do mar, vou me lembrar do dom que é poder respirar”.*

Duas da tarde – Silva

RESUMO

Este estudo representa a primeira descrição abrangente e ilustração da morfologia das cerdas em caranguejos braquiúros de água doce. Aqui, apresentamos uma análise detalhada dos vários tipos de cerdas encontradas no exoesqueleto de *Kingsleya attenboroughi* Pinheiro & Santana, 2016, uma espécie que habita as florestas relictuais da Chapada do Araripe em Barbalha, CE, Brasil. Através da microscopia eletrônica de varredura e exame histológico, identificamos uma morfologia de cerdas mais diversa e intrincada do que se pensava anteriormente. Classificamos oito tipos distintos de cerdas, cada um com subtipos específicos. O tipo denominado “brush” tipo 1, destaca-se significativamente diferente daqueles descritos anteriormente na literatura científica. Ele apresenta uma haste curta a média, robusta, com inserção infracuticular em pequenas “fossas” discretas, exibindo um padrão consistente em todas as cerdas “brush” tipo 1 observadas. Além disso, na cerda “brush” tipo 1, a haste é uniformemente lisa, exceto na extremidade apical, onde é adornada com setúlas densas e flexíveis. Os critérios para classificação das cerdas incluem características da haste, como relação comprimento/largura, localização e visibilidade do ânulus, formato do ápice, presença ou ausência de poros e sua posição, bem como a distribuição e tipo de setúlas e dentículos. Além disso, nossas descobertas morfológicas nos permitem inferir diversas funções potenciais para essas cerdas, estabelecendo assim uma base para pesquisas adicionais sobre o papel biológico e funcional dessas estruturas em caranguejos de água doce.

Palavras-chave: Caranguejo de água doce; Cerdas; Chaetotaxia; Morfologia.

ABSTRACT

This study represents the first comprehensive description and illustration of setal morphology in freshwater brachyuran crabs. Herein, we present a detailed analysis of the several setal types of the exoskeleton of *Kingsleya attenboroughi* Pinheiro & Santana, 2016, a species inhabiting the relict forests of Chapada do Araripe in Barbalha, CE, Brazil. Through scanning electron microscopy and histological examination, we identified a more diverse and intricate setal morphology than previously thought. We categorized eight distinct types of setae, each with specific subtypes. Type 1, termed 'brush,' stands out as notably different from those previously described in scientific literature. It features a short to medium robust shaft with infracuticular insertion in small, discrete 'pits,' exhibiting a consistent pattern across all observed type 1 setae. Also in Type 1, the shaft is uniformly smooth, except at the apical end, where it is adorned with dense and flexible setules. Criteria for setal classification includes shaft characteristics such as length-to-width ratio, location and visibility of the annulus, apex shape, presence or absence of pores and their positioning, as well as the distribution and type of setules and denticles. Furthermore, our morphological findings allow us to infer several potential functions of these setae, thereby laying a foundation for further research into the biological and functional role of these structures in freshwater crabs.

Keywords: Chaetotaxy; Freshwater Crab; Morphology; Setae.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	OBJETIVOS.....	17
	2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
	3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	18
	3.2 COLETA DOS ESPÉCIMES.....	19
	3.3 ESTEREOMICROSCOPIA.....	19
	3.4 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	21
	3.5 ANÁLISE HISTOLÓGICA.....	21
	3.6 DESCRIÇÃO DAS CERDAS E ELABORAÇÃO DAS PRANCHAS.....	21
4.	RESULTADOS.....	23
	4.1 TIPOS DE CERDAS.....	24
5.	DISCUSSÃO.....	36
6.	CONCLUSÃO.....	41
7.	REFERÊNCIAS.....	42

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Mapa de ocorrência de *Kingsleya attenboroughi*. (A) Parte da América do Sul com destaque no Brasil e Estado do Ceará. (B) Estado do Ceará, com destaque nas Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental Chapada do Araripe-Apodi. (C) Localização das Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental Chapada do Araripe e Floresta Nacional Araripe-Apodi, no Estado, local de ocorrência da espécie não região. 18
- Figura 2 *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). (A) vista frontal. (B) vista dorsal. (C) vista ventral. 20
- Figura 3 Representação esquemática das partes de uma cerda (modificado de Pohle & Telford, 1981). 22
- Figura 4. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas do tipo paposas da região esterno. (A) região anteromesial do esterno recoberta por cerdas paposas. (a) vista detalhada das cerdas. (B) cerdas paposas com (b) extremidade apical em detalhe. (C) anulus evidente. (D) inserções infracuticulares. Est, esternito. Se, sétulas. 24
- Figura 5. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas plumosas Tipo 1. (A) região esternal, evidencia área margeada por plumosas tipo 1 (B) seta indica haste da cerda. (C) região dorsal margeada por plumosas tipo 1. (D) note as sétulas longas e flexíveis indicadas pelas setas. Est, esterno. MPC, margem posterior da carapaça. Se, sétulas. 25
- Figura 6. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas plumosas tipo 2 encontradas margeando toda região ventral da carapaça (margem dos pereópodos). (A) cerdas plumosas tipo 2 presentes na margem dos pereópodos. (B) seta indica a região proximal lisa. (C) vista aproximado da extremidade da cerda, note que são dispostas em duas linhas opostas até a região terminal. MVC, margem carapaça ventral. Se, sétulas. 26
- Figura 7. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). (A) Cerdas serradas do segmento coxal do pereópodo (a) dentículos, dispostos em apenas um lado da cerda seguindo até o ápice. (b) inserção infracuticular em detalhe. (B) Disposição das cerdas. De, dentículo... 27
- Figura 8. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas pposerradas presentes na coxa, segmento dos pereópodos. (A) vista geral da coxa com as cerdas inseridas. (B) vista aproximada das cerdas. (C) inserção das cerdas na coxa, setas indicam inserção infracuticular. (D) detalhe aproximado da extremidade, note sétulas densas que se seguem até a formação de dentículos que recobrem o ápice da cerda. De, dentículos. Se, sétulas. 28
- Figura 9. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas plumodenticuladas tipo 1 encontradas na linha de deiscência. (A) cerdas dispostas na margem da região branchiostegal. (a) vista aproximada das inserções infracuticulares. (B,C) mais detalhes das estruturas presente na cerda. (D) seta indica porção terminal com retorção característica da cerda e extremidade em “tridente”. (E) geral da disposição das cerdas. 30
- Figura 10. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas plumodenticuladas tipo 2 presentes nas margens do exopodito dos pleópodos. (A) vista geral da disposição das cerdas em torno do exopodito. (B) vista aproximada da cerda. (C), detalhes da porção distal da cerda, sétulas densas e curtas, dentículos que seguem até o ápice da cerda. Em (D) seta indica presença de anulus, De, dentículos, Se, sétulas. 31
- Figura 11. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas simples e cuspidadas. (A) cerdas simples distribuídas na superfície dos pleópodos (exopodito), seta evidencia a projeção dela paralela à superfície do exopodito. (B) cerda simples em maior aproximação. (C) cerdas cuspidadas presentes no quadrado bucal. (D) detalhes dos dentículos espessos dispostos paralelamente presentes na porção distal da cerda que se seguem até a sua extremidade. De, dentículos., Exop, exopodito. 32

Figura 12. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerda capitada presente na região orbital. **(A)** vista geral da morfologia da cerda, setas indicam ânulo na região medial. **(B)** porção distal. Note os dentículos dispostos em duas fileiras paralelas, seta indica a extremidade com formato irregular. **(C)** vista da extremidade modificada em “capsula”. **(D)**, seta indica inserção infracuticular das cerdas. De, dentículos..... 33

Figura 13. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas “brush” tipo 1, presentes na superfície dos pereópodos. **(A)** vista geral da distribuição das cerdas no dactilo do pereópodo. **(a)** vista aproximada. **(B)** cerda “brush” tipo 1 encontrada no própodo do pereópodo, associada a um espinho. **(b)** vista aproximada, seta indica disposição das sétulas mais abertas. **(C)** exemplar encontrado no própodo do pereópodo, é possível observar a “fossa” onde a cerda é inserida, seta indica inserção infracuticular. **(D)** vista das pequenas sétulas da extremidade da cerda, seta indica as sétulas mais próximas e fechadas. **(H-E)** morfologia interna em cortes histológicos corados com HE. ENC, endocutícula, EXC, exocutícula., EP, epitélio. Dct, dactilo, Se, sétulas, Próp, própodo. * ducto. Setas finas indicam canais da articulação que atravessam a cutícula. Setas grossas indicam o “socket”..... 35

1. INTRODUÇÃO

Nos crustáceos as cerdas são definidas como extensões cuticulares articuladas, podendo assumir variadas formas e tamanhos, muitas vezes com uma base larga e, podendo ou não, apresentar um poro apical (Watling, 1989). Essa extensão cuticular é distribuída por todo o corpo dos crustáceos, desempenhando funções essenciais em diversos aspectos de suas vidas (Garm, 2004a).

Em geral, as cerdas são estruturas longas e afiladas que recobrem todo o exoesqueleto do animal. Essas estruturas são responsáveis pela interação entre os tecidos vivos e o ambiente externo, desempenhando um papel essencial na biologia do organismo (Garm, 2004a). Sua parede é composta por uma epicutícula, que consiste em camadas cuticulares semelhantes ao exoesqueleto dos crustáceos (Jacques, 1989).

As cerdas apresentam frequentes adaptações estruturais específicas, variando de acordo com sua função. De modo geral, a evolução das cerdas nos grupos de artrópodes revela uma transição de funções primárias, como mecanorrecepção, para uma diversidade de funções expandidas, incluindo captura de presas, limpeza, exibição sexual, camuflagem, locomoção, defesa e dispersão de feromônios (Winterton, 2009).

Embora as cerdas sejam consideradas homólogas, a abundância de terminologias encontradas na literatura, como sensila, escama, sétula, pelos e espinhos (Watling, 1989; Garm, 2004a), torna desafiadora a sua interpretação como estruturas de mesma origem. Para simplificar isso, autores como Thomas (1970), Fish (1972), Farmer (1974) e Drach & Jacques (1977) propuseram esquemas fundamentais para a classificação das cerdas em crustáceos. Estas tentativas de sistematização visavam simplificar a compreensão dessas estruturas, baseando-se em características morfológicas externas, tais como forma, tamanho, natureza do ápice e a presença de protuberâncias na haste da cerda.

Por mais que as cerdas ocorram sob o exoesqueleto de quase todos os crustáceos, sua morfologia variada ajuda a identificar e diferenciar espécies e estágios larvais em todos os grupos. Apesar disso, trabalhos sobre cerdas, pouco consideram à sua morfologia e funcionalidade, prevalecendo frequentemente a sua contagem e disposição no corpo (Pohle & Telford, 1981; Garm, 2004b). Mesmo que evidente a importância das cerdas na vida dos crustáceos, a maioria dos estudos que tratam de grupos específicos, sequer mencionam às cerdas, bem como sua diversidade ou função (Thomas, 1970; Watling, 1989). E mesmo os estudos voltados a descrição de cerdas dos crustáceos, focam apenas mecanismos de alimentação e limpeza (e.g. Schembri,

1982; Woods, 1995; Coelho & Rodrigues, 2001; Garm, 2004b; Belanger et al., 2008; Matsuoka et al., 2011; Ferreira & Tavares, 2018).

Sendo assim, compreendemos que dados morfológicos e comportamentais, quando associados a análises histológicas e ultraestruturais, são mais eficazes na compreensão da fisiologia dessas estruturas, enquanto os trabalhos de categorização dos tipos de cerdas não são capazes de acrescentar sobre suas funções (Pohle & Telford, 1981; Garm & Watling, 2013). Ainda assim, a morfologia e a localização das cerdas são importantes para deduzirmos suas possíveis funções (Pohle & Telford, 1981).

O conhecimento detalhado sobre as cerdas é crucial para a compreensão das espécies, pois estas estruturas desempenham um papel fundamental no comportamento e na adaptação de cada organismo ao seu habitat (Pohle & Telford, 1981). Desta forma, o conhecimento detalhado da morfologia das cerdas se faz necessário para uma melhor compreensão da diversidade e função de tais estruturas (Pohle & Telford, 1981), especialmente em caranguejos *Brachyura* de água doce, pois não há registros na literatura até dado momento.

A infraordem dos caranguejos verdadeiros é denominada como *Brachyura*, que compreende aproximadamente 107 famílias, 1.567 gêneros e aproximadamente 7.683 espécies válidas (De Grave et al., 2023). É relevante destacar que, dentro deste vasto universo, aproximadamente 1.300 espécies habitam ambientes de água doce (Yeo et al., 2008).

Dentre os caranguejos braquiúros de água doce, cinco famílias são atualmente reconhecidas, cada uma contribuindo para a riqueza e complexidade desse ecossistema aquático. Essas famílias incluem *Gecarcinucidae* MacLay 1838, *Potamonautidae*, Bott 1970, *Potamidae*, Ortmann em 1896, *Pseudothelphusidae*, Ortmann em 1893, e *Trichodactylidae* H. Milne Edwards em 1853 (Cumberlidge & Ng, 2009). Dentre essas, duas famílias são particularmente destacadas na região Neotropical, *Trichodactylidae* e *Pseudothelphusidae*.

A espécie alvo deste estudo *Kingsleya attenboroughi* Pinheiro & Santana (2016), conhecido regionalmente como "Guajá", pertence à família *Pseudothelphusidae*. Este caranguejo apresenta comportamentos distintivos, preferindo se abrigar em tocas, fendas de rochas e troncos, e, ocasionalmente, se camuflar submerso entre raízes e folhas de vegetação aquática (Pinheiro & Santana, 2016). Além de sua peculiaridade comportamental, essa espécie desempenha um papel fundamental nos ecossistemas

aquáticos, contribuindo de maneira significativa para a decomposição da matéria orgânica presente nesses ambientes.

A descrição inicial de *K. attenboroughi* ocorreu nas florestas relictuais da Chapada do Araripe, no distrito de Arajara, município de Barbalha, CE, Brasil (Pinheiro & Santana, 2016). Essa região é notável por abrigar inúmeras fontes de água doce e, atualmente, ostenta a classificação de Área de Proteção Ambiental, integrada ao Geoparque Global UNESCO conhecido como Geoparque Araripe (Brasil, 1997, 2000, 2007; Silveira et al., 2012; ICMBIO, 2021). O estudo conduzido por Araújo, et al. (2022) reportou a presença de *K. attenboroughi* em um riacho inexplorado na encosta norte da Chapada do Araripe. O exemplar foi localizado em uma pequena poça no córrego Gameleira, distrito de Missão Nova, município de Missão Velha, no sul do estado, aproximadamente a 21,7 km de sua localidade tipo. Esta descoberta sugere que a distribuição real da espécie é pouco conhecida (Araújo et al., 2022).

Segundo Pinheiro e Santana (2016), *K. attenboroughi* já está sobre um risco significativo de extinção, tomando como base os critérios B2b da IUCN, que classifica a espécie como ameaçada de extinção (EN) (IUCN, 2012). As localidades são caracterizadas pela presença limitada de água, sendo que os córregos, em sua maioria, são de porte reduzido, condição desafiadora para uma espécie que depende de água limpa para sua subsistência. As ações humanas, principalmente o uso desregrado dos recursos hídricos, surgem como o principal fator responsável pela degradação dos habitats essenciais para essa espécie (Pinheiro & Santana, 2016).

A redução tanto em quantidade quanto em qualidade da água disponível nos córregos, resultado direto das atividades antrópicas, representa uma ameaça significativa para a sobrevivência de *K. attenboroughi*. Conforme destacado por Pinheiro & Santana (2016) e considerando os critérios B2b estabelecidos pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2012), a espécie pode ser categorizada como ameaçada de extinção (EN). Este status alerta para a urgência de medidas eficazes para a preservação dessa espécie de caranguejo. Entretanto, é preocupante observar, conforme apontado por Correia et al. (2020), que até a presente data não há ações específicas em andamento para a conservação e proteção de *K. attenboroughi*. Apesar disso, a existência da espécie dentro de uma área de conservação, como a Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe, oferece uma base sólida para futuras iniciativas em prol de sua conservação. Esses dados indicam a necessidade urgente de desenvolvimento de estratégias e planos de manejo direcionados à proteção

efetiva de *K. attenboroughi*, a fim de garantir sua sobrevivência a longo prazo e a manutenção da biodiversidade nos ecossistemas aquáticos da região.

A expansão do conhecimento sobre a distribuição geográfica de *K. attenboroughi* é crucial para uma compreensão de sua ecologia e para o delineamento de estratégias eficazes de conservação. A exploração de ambientes até então inexplorados, como o riacho mencionado, ressalta a importância contínua da pesquisa para desvendar os segredos da vida e da distribuição desses caranguejos em habitats específicos. Além disso, a proximidade dessa nova observação em relação à localidade tipo ressalta a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre os fatores que influenciam a dispersão e a adaptação desta espécie (Araújo et al., 2022).

A adaptação de *K. attenboroughi* aos ambientes aquáticos neotropicais apresenta contribuições significativas para o estudo morfológico das cerdas do exoesqueleto destes caranguejos. Sua capacidade de se ocultar em tocas, fendas de rochas, troncos e permanecer submerso entre raízes e folhas de vegetação aquática representa uma estratégia evolutiva considerável (Pinheiro & Santana, 2016), destacando a necessidade premente de explorar essas estruturas para desvendar sua complexidade e função específica.

A interligação entre a morfologia das cerdas e a importância ecológica da espécie oferece uma abordagem abrangente para compreender e manejar de forma eficaz essa espécie (Pinheiro & Santana, 2016; Watling, 1989; Garm, 2004a).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar as cerdas presentes no exoesqueleto de *Kingsleya attenboroughi* Pinheiro & Santana, 2016, utilizando técnicas de microscopia eletrônica de varredura e microscopia de luz.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e descrever detalhadamente a estrutura tridimensional externa das cerdas por meio de microscopia eletrônica de varredura.
- Inferir possíveis funções das cerdas do exoesqueleto de *K. attenboroughi*, por meio de análise histológica da morfologia interna.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Foi realizada uma expedição científica a campo em agosto de 2022, para obtenção dos exemplares da espécie de *Kingsleya attenboroughi* na região do Sítio da Gameleira, distrito de Missão Nova, Município de Missão Velha, CE, Brasil ($7^{\circ}23' 18''\text{S}$; $-39^{\circ}12'15''\text{W}$), aproximadamente a 21,7 km de sua localidade tipo.

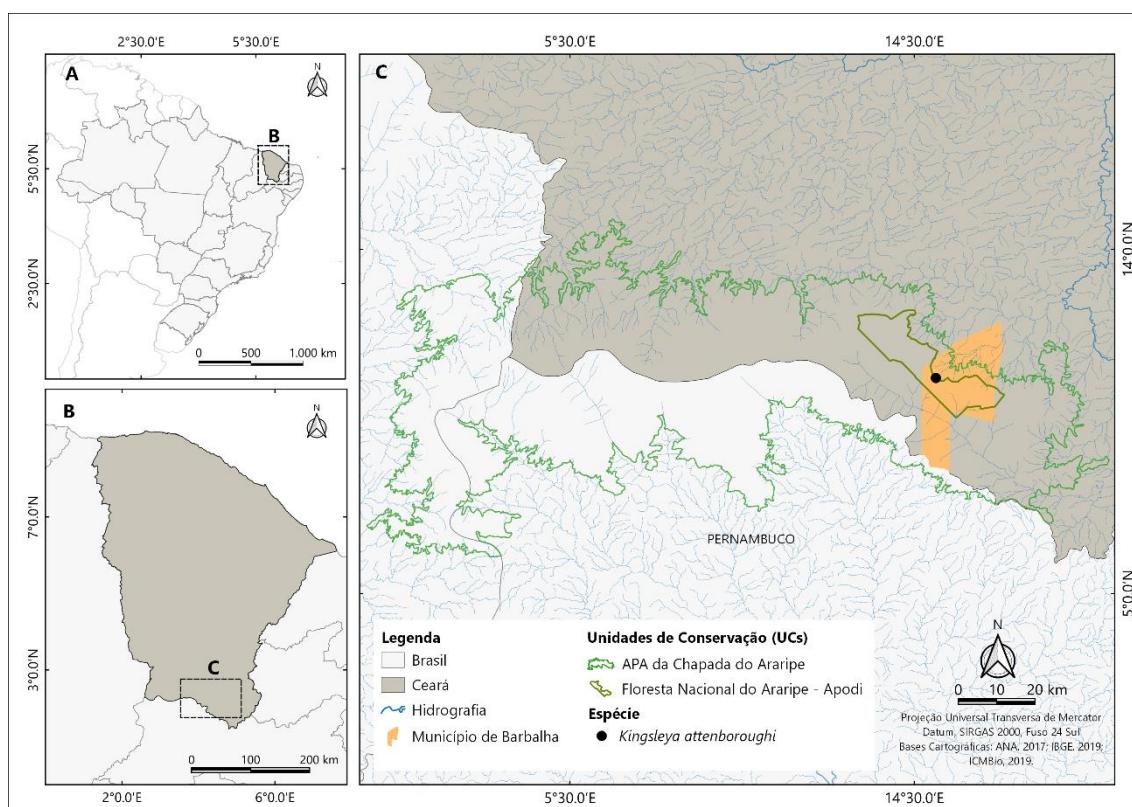


Figura 1 Mapa de ocorrência de *Kingsleya attenboroughi*. (A) Parte da América do Sul com destaque no Brasil e Estado do Ceará. (B) Estado do Ceará, com destaque nas Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental Chapada do Araripe-Apodi. (C) Localização das Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental Chapada do Araripe e Floresta Nacional Araripe-Apodi, no Estado, local de ocorrência da espécie não região.

O mapa foi elaborado utilizando o software QGIS Desktop 3.32.0.

3.2 COLETA DOS ESPÉCIMES

Foram coletados 3 indivíduos adultos através de busca ativa de forma manual. Após as coletas, os espécimes foram anestesiados por choque térmico a -20°C por aproximadamente 15 minutos e armazenados no LACRUSE, Laboratório de Crustáceos do Semiárido – URCA. Os animais foram identificados conforme os caracteres descritos por Pinheiro & Santana (2016), classificados por sexo. As medidas da largura da carapaça foram feitas com paquímetro de precisão de 0,01 mm, (macho 1: LC 44,15mm, CC 30,56mm; macho 2: LC 34,71mm, CC 24,93mm; fêmea: LC 32,56mm, CC 24,24mm,15mm).

3.3 ESTEREOMICROSCOPIA

Os espécimes foram fotografados com a câmera de um aparelho celular convencional. Sob um estereomicroscópio óptico os indivíduos foram submetidos à limpeza manual, dissecação da carapaça, pereópodes e pleopódos. As amostras de exoesqueleto seguiram para fixação em paraformaldeído 4% e em tampão fosfato de sódio 0,2M (7,2), durante 24 horas, seguindo para análises em varredura (MEV) e histologia.

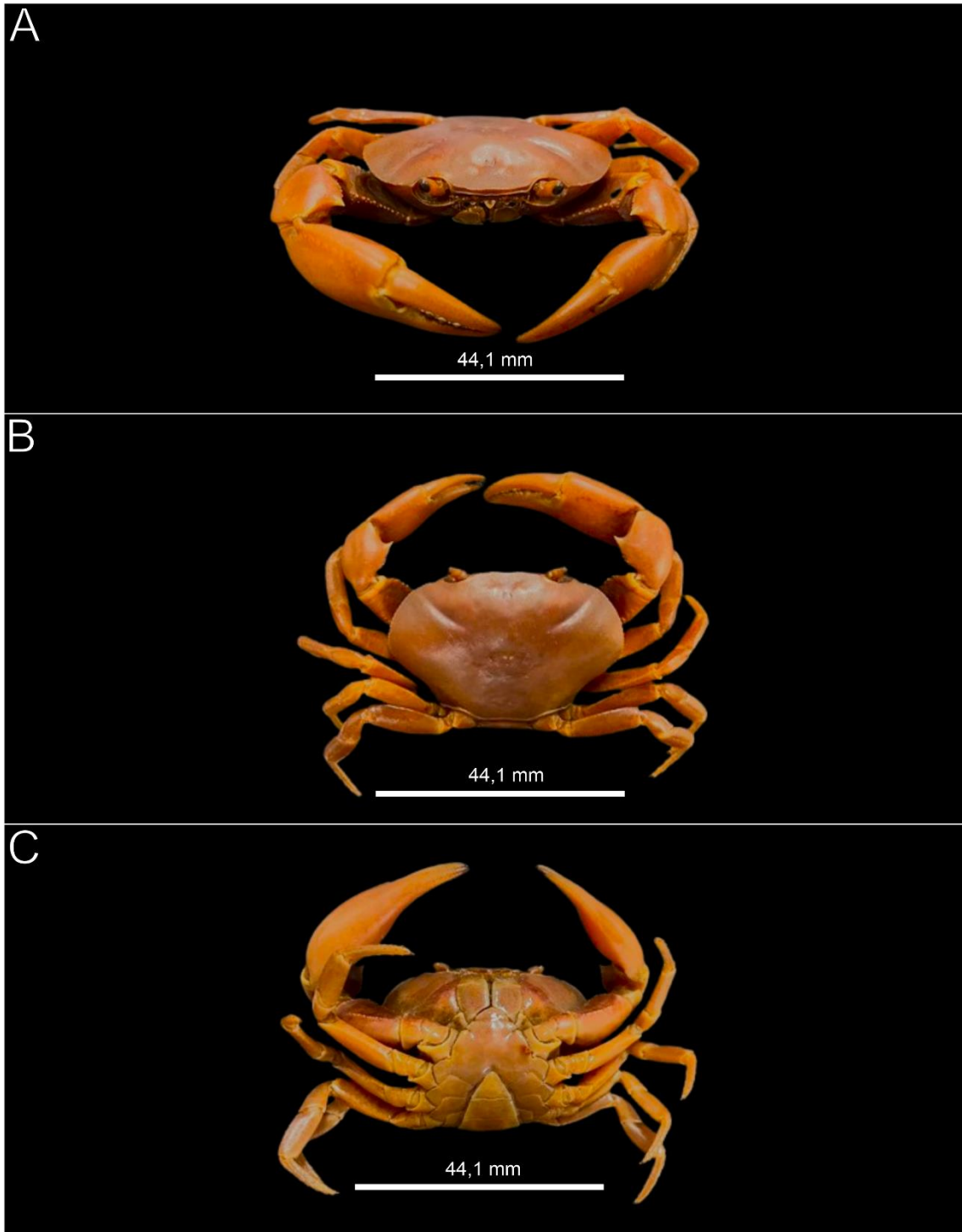


Figura 2 *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). (A) vista frontal. (B) vista dorsal. (C) vista ventral.

3.4 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Os fragmentos da carapaça destinados à Microscopia Eletrônica de Varredura seguiram o seguinte protocolo: fixação em paraformaldeído 4% em tampão fosfato de sódio 0,2M (7,2), durante 24 horas; desidratação em sequência crescente de soluções de álcool 15-100% e secagem completa do material em ponto crítico CPD 020 da Balzers Union, com CO₂O₂ líquido. Posteriormente, as amostras foram aderidas aos *stubs* com fita dupla face e em seguida metalizadas em aparelho MED 010 da Balzers Union, com camada de 10 nm de ouro. Os materiais foram analisados e fotografados no Microscópio Eletrônico de Varredura Zeiss EVO 10 do Laboratório de Microscopia Eletrônica, UNESP – FCAV – Jaboticabal.

3.5 ANÁLISE HISTOLÓGICA

Após a fixação em paraformaldeído 4% por 24h e tampão fosfato 0,1M pH 7,3 por 4h, os fragmentos da carapaça foram descalcificados de acordo com Gunthorpe et al. (1990) utilizando 10% de tetra-acetato de etilenodiamina-acético (EDTA) a pH 8,0 por no mínimo 48h, variando de acordo com o tamanho da amostra. Após descalcificação, os materiais foram desidratados em soluções de álcool (70-95%), embebidos e incluídos em historesina, seguindo rotina histológica. Cortes seriados de 4 a 6µm foram obtidos em micrótomo rotativo. Para a descrição histológica tradicional, foram utilizados os corantes Hematoxilina e Eosina segundo Junqueira & Junqueira (1983), evitando-se banhos de álcool e xilol (Sant'anna et al., 2010). As lâminas foram examinadas e fotografadas em estereomicroscópio Leica MZ com uso do programa Leica® LAS.

3.6 DESCRIÇÃO DAS CERDAS E ELABORAÇÃO DAS PRANCHAS

Os critérios utilizados para classificação das cerdas aqui descritas incluem, características do eixo como relação comprimento/largura, localização e visibilidade do anulus, formato do ápice, presença (ou ausência) e posição do poro, bem como a distribuição e tipo de sétulas e dentículos. A terminologia das partes de uma cerda utilizada para descrição é representada de forma esquemática na Figura 3, baseadas na proposta de Pohle & Telford (1981).

Foram considerados dois tipos de articulação de cerda, articulação infracuticular, em forma de “*socket*” na cutícula do apêndice e supracuticular, na qual o “*socket*” é estendido, a partir a cutícula (Watling, 1989).

A distinção entre sétulas e dentículos é dada, principalmente, pela articulação na haste da cerda. As sétulas são articuladas, embora articulação seja, geralmente, reduzida ou de difícil visualização; tendem a ser compridas e delgadas. Os dentículos não possuem articulação, são relativamente menores e mais robustos do que as sétulas (Garm & Watling, 2013).

Para elaboração e montagem das pranchas fotográficas utilizou-se o programa CorelDRAW Graphics Suite 2024.

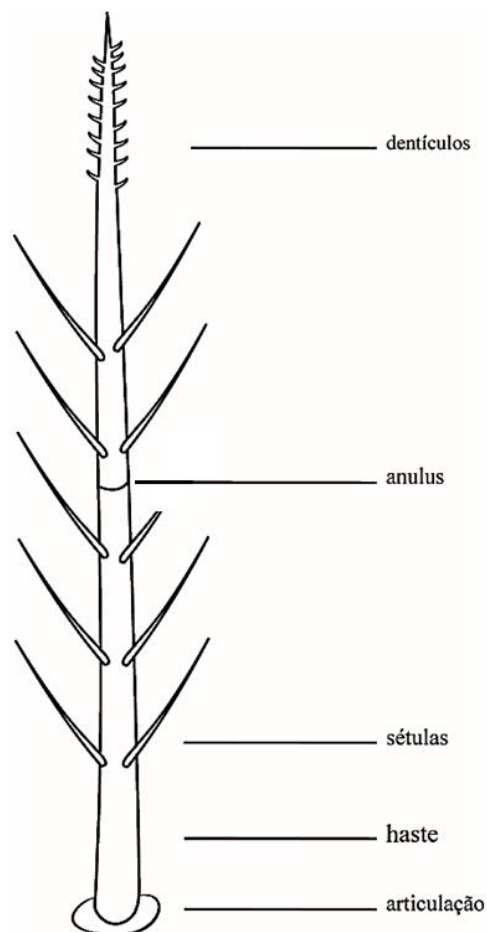


Figura 3 Representação esquemática das partes de uma cerda (modificado de Pohle & Telford, 1981).

4. RESULTADOS

Os exemplares foram coletados 3 indivíduos adultos através de busca ativa de forma manual.mente e por busca ativa, identificados conforme os caracteres descritos por Pinheiro & Santana (2016), com inclusão apenas de adultos de ambos os sexos . Após as coletas, os espécimes foram anestesiados por choque térmico a -20°C por aproximadamente 15 minutos e armazenados LACRUSE, Laboratório de Crustáceos do Semiárido – URCA. Os animais foram identificados conforme os caracteres descritos por Pinheiro & Santana (2016), classificados por sexo. Posteriormente, realizamos registros detalhados em laboratório, as medidas da largura da carapaça foram feitas com paquímetro de precisão de 0,01 mm, para medir a largura da carapaça (macho 1: LC 44,15mm, CC 30,56mm; macho 2: LC 34,71mm, CC 24,93mm; fêmea: LC 32,56mm, CC 24,24mm,15mm). e classificar os indivíduos por sexo.

Neste estudo, detalhamos a morfologia e distribuição das cerdas do exoesqueleto de *Kingsleya attenboroughi*. Contrariando as primeiras observações visuais a olho nu, de que esta espécie não possuía cerdas na carapaça, técnicas de MEV revelaram oito grupos distintos de cerdas: paposa, plumosa, plumodenticulada, serrada, simples, cuspidada, e capitada, cada qual com seus respectivos subtipos.

4.1 TIPOS DE CERDAS

1. Paposas (Figura 4):

com articulação infracuticular; haste longa, sem poro distal, anulus nem sempre visível, extremidade afilada; densamente recobertas por sétulas longas e flexíveis, dispostas aleatoriamente. Localizadas margeando toda região acima e abaixo da linha de deiscência, com maior concentração na região mesial do esterno.

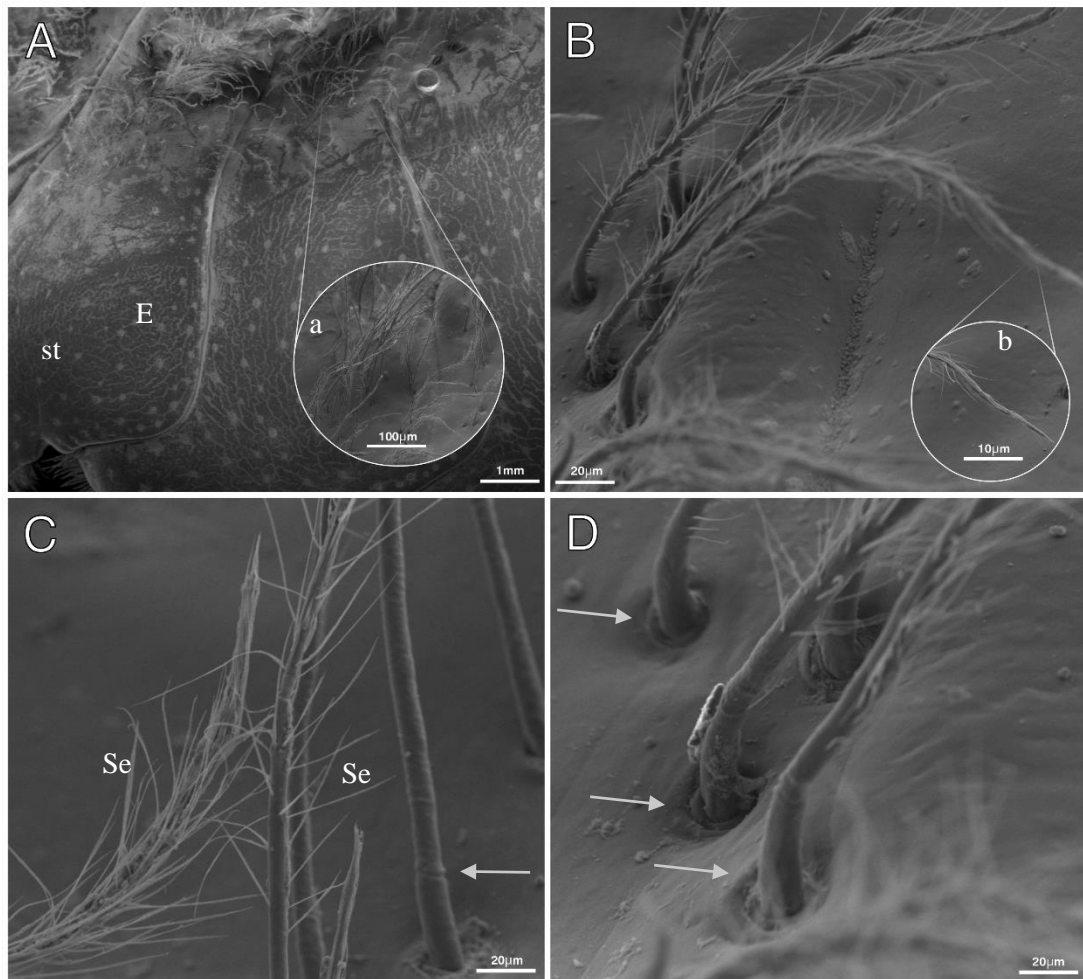


Figura 4. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas do tipo paposas da região esterno. (A) região anteromesial do esterno recoberta por cerdas paposas. (a) vista detalhada das cerdas. (B) cerdas paposas com (b) extremidade apical em detalhe. (C) anulus evidente. (D) inserções infracuticulares. Est, esternito. Se, sétulas.

2. Plumosas:

2.1. Tipo 1 (Figura 5): Cerdas com articulação supracuticular; haste longa, sem anulo e sem poro na extremidade, afinando distalmente; densamente envoltas por sétulas longas e flexíveis, organizadas em duas linhas opostas ao longo da haste. As cerdas plumosas estão presentes em todos o bordo lateral da carapaça, dorsal e pléon.

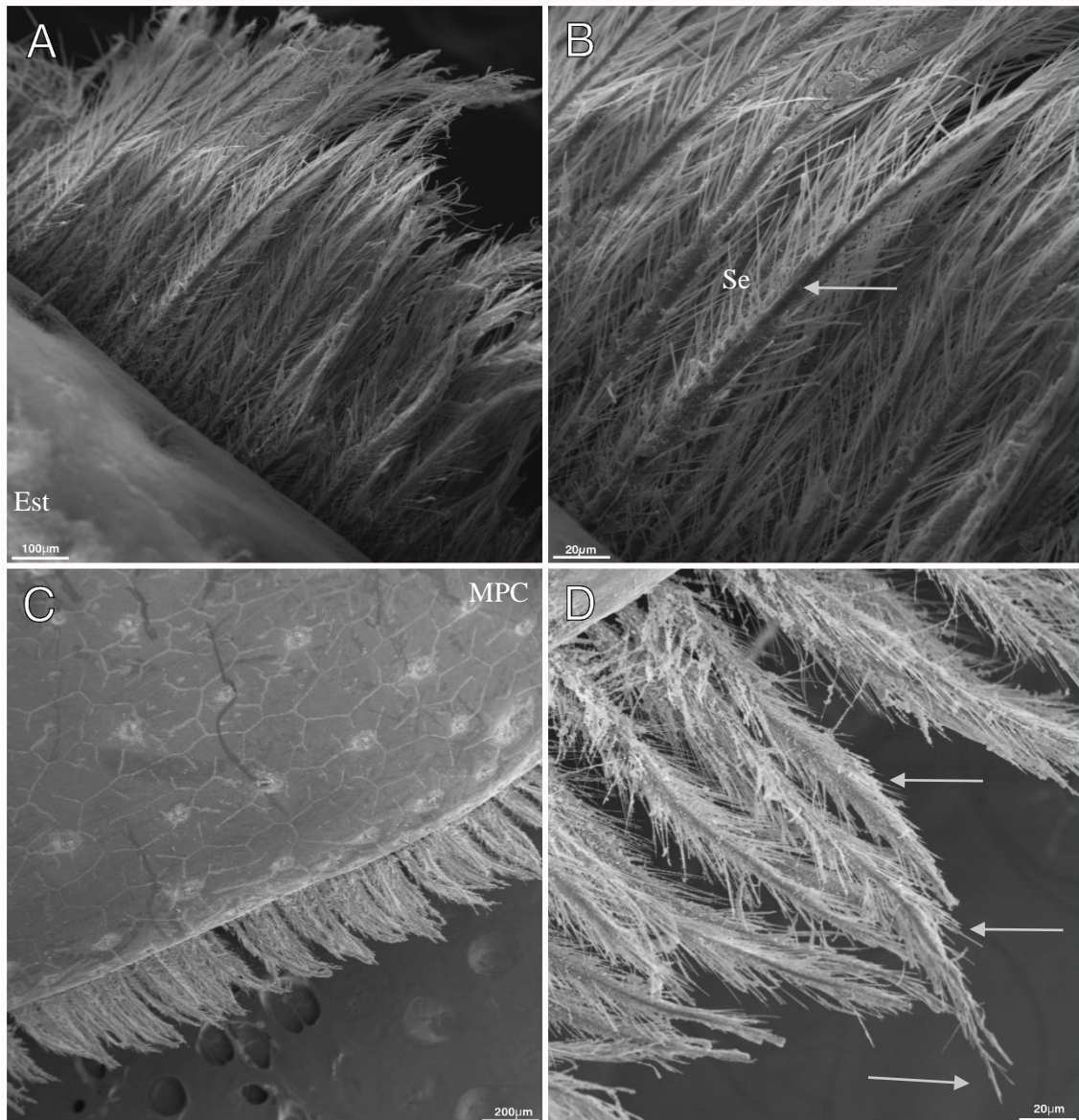


Figura 5. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas plumosas Tipo 1. (A) região esternal, evidencia área margeada por plumosas tipo 1 (B) seta indica haste da cerda. (C) região dorsal margeada por plumosas tipo 1. (D) note as sétulas longas e flexíveis indicadas pelas setas. Est, externo. MPC, margem posterior da carapaça. Se, sétulas.

2.2. Tipo 2 (Figura 6): Cerdas com articulação supracuticular; haste longa, sem anulo e sem poro na extremidade distal, região distal; metade proximal lisa e a metade distal adornada com sétulas longas, dispostas em duas linhas opostas até a região terminal. As cerdas tipo 2 geralmente ocorrem associadas as plumosas tipo 1, margeando toda carapaça, (dorsal e ventral) e as coxas dos pereópodos.

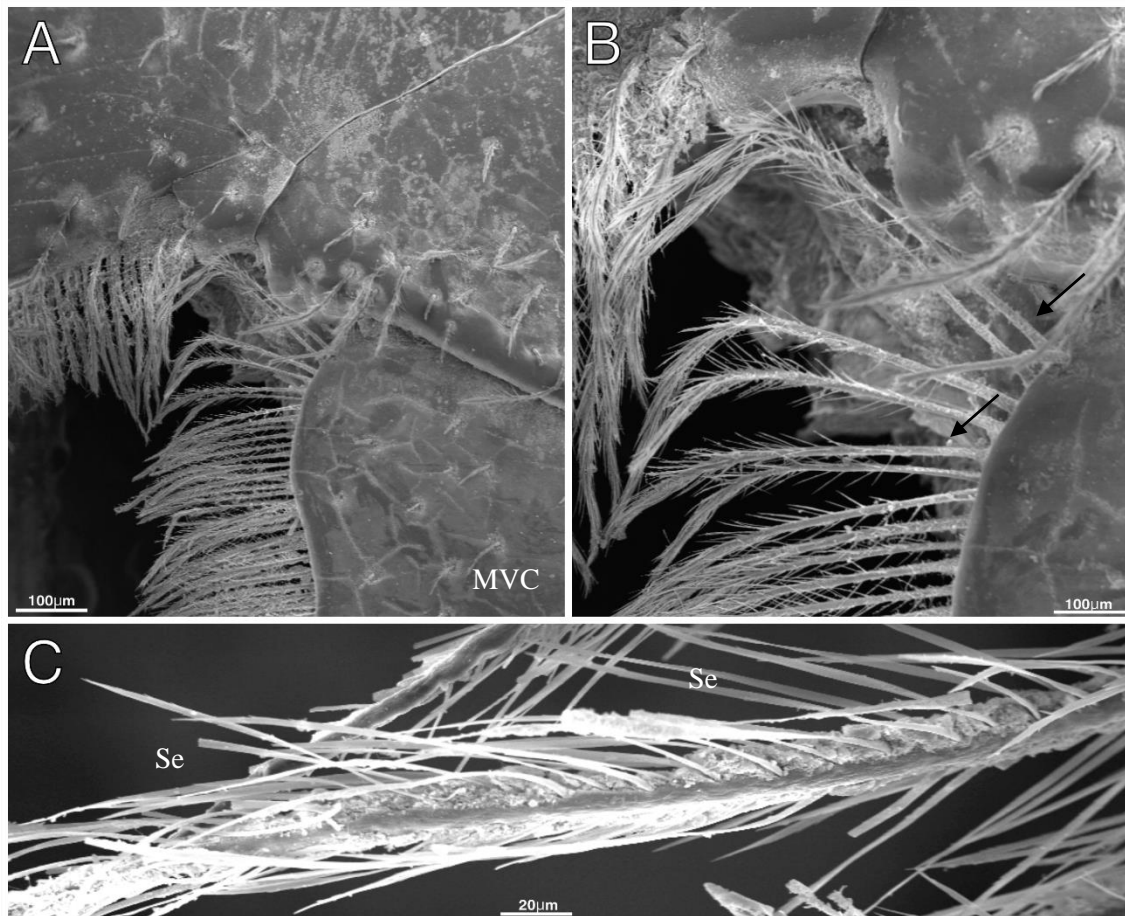


Figura 6. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas plumosas tipo 2 encontradas margeando toda região ventral da carapaça (margem dos pereópodos). (A) cerdas plumosas tipo 2 presentes na margem dos pereópodos. (B) seta indica a região proximal lisa. (C) vista aproximado da extremidade da cerda, note que são dispostas em duas linhas opostas até a região terminal. MVC, margem carapaça ventral. Se, sétulas.

3. Serradas:

3.1. Serrada (Figura 7): Cerda com articulação infracuticular; com haste de comprimento curto a médio, sem anulus e sem poro distal, com extremidade afilada; metade proximal da haste lisa; metade distal da haste com dentículos, dispostos em apenas um lado, seguindo até a região terminal. Encontrada apenas no segmento da coxa dos pereópodos.

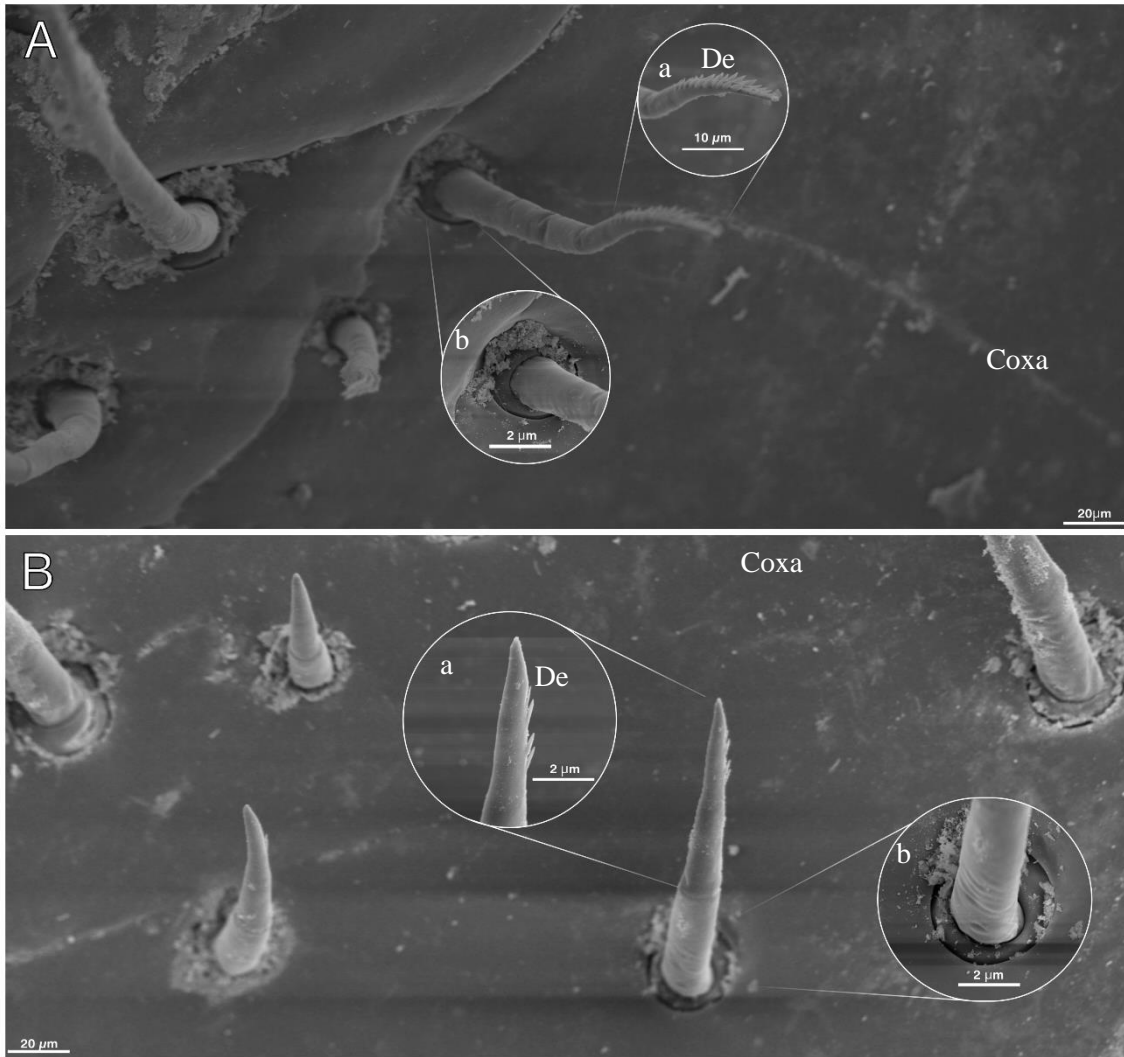


Figura 7. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). (A) Cerdas serradas do segmento coxal do pereópodo (a) dentículos, dispostos em apenas um lado da cerda seguindo até o ápice. (b) inserção infracuticular em detalhe. (B) Disposição das cerdas. De, dentículo.

3.2. Paposerrada (Figura 8): Cerda com articulação infracuticular; haste de comprimento longo, desprovida de anulus e poro distal, apresentando extremidade afilada; a metade proximal da haste é adornada com sétulas espaçadas aleatoriamente, sem padrão específico; a metade distal exibe fileiras de sétulas curtas e densas, circundando a haste, seguidas de dentículos até a região terminal. As cerdas paposerradas foram registradas margeando toda região branchiostegal, acima da linha de deiscência e na coxa dos pereópodos.

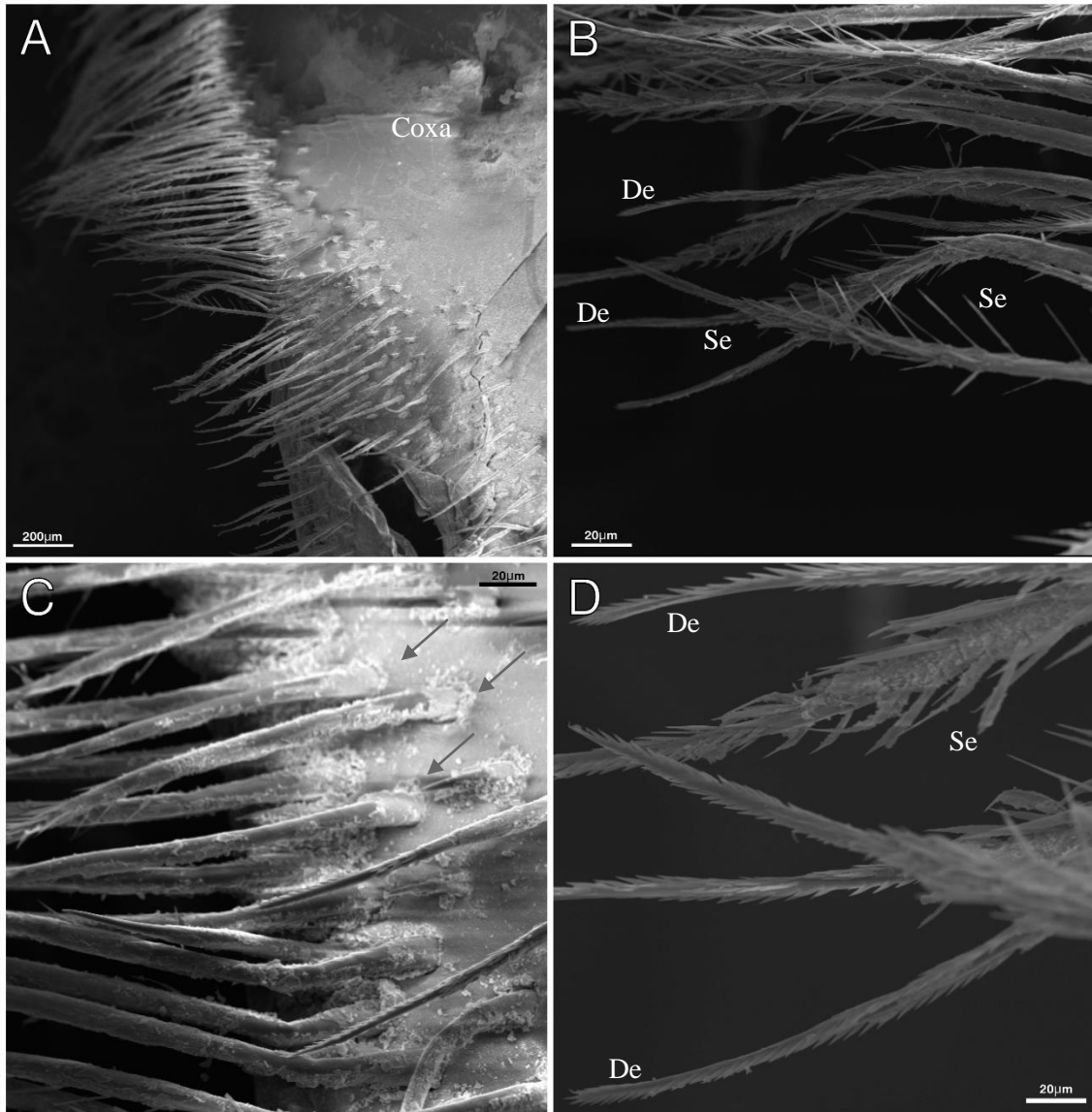


Figura 8. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas paposerradas presentes na coxa, segmento dos pereópodos. (A) vista geral da coxa com as cerdas inseridas. (B) vista aproximada das cerdas. (C) inserção das cerdas na coxa, setas indicam inserção infracuticular. (D) detalhe aproximado da extremidade, note sétulas densas que se seguem até a formação de dentículos que recobrem o ápice da cerda. De, dentículos. Se, sétulas.

4. Plumodentículadas

4.1. Tipo 1 (Figura 9): Cerda com articulação infracuticular; haste de comprimento médio a longo, sem anulus e sem poro distal, terminando em uma extremidade afilada em formato tridente; metade proximal da haste exhibe poucas sétulas longas e espaçadas de maneira irregular; metade distal da haste apresenta sétulas curtas e densas, seguidas de dentículos, dispostos em duas fileiras opostas em direção à região terminal, onde também ocorre uma retorcão na haste. Em algumas dessas cerdas, a haste pode ter uma fileira adicional de sétulas, sendo encontrada margeando toda região posterior da carapaça e a linha de deiscência, além disso, algumas foram encontradas também no segmento da coxa dos pereópodos e no quadrado bucal.

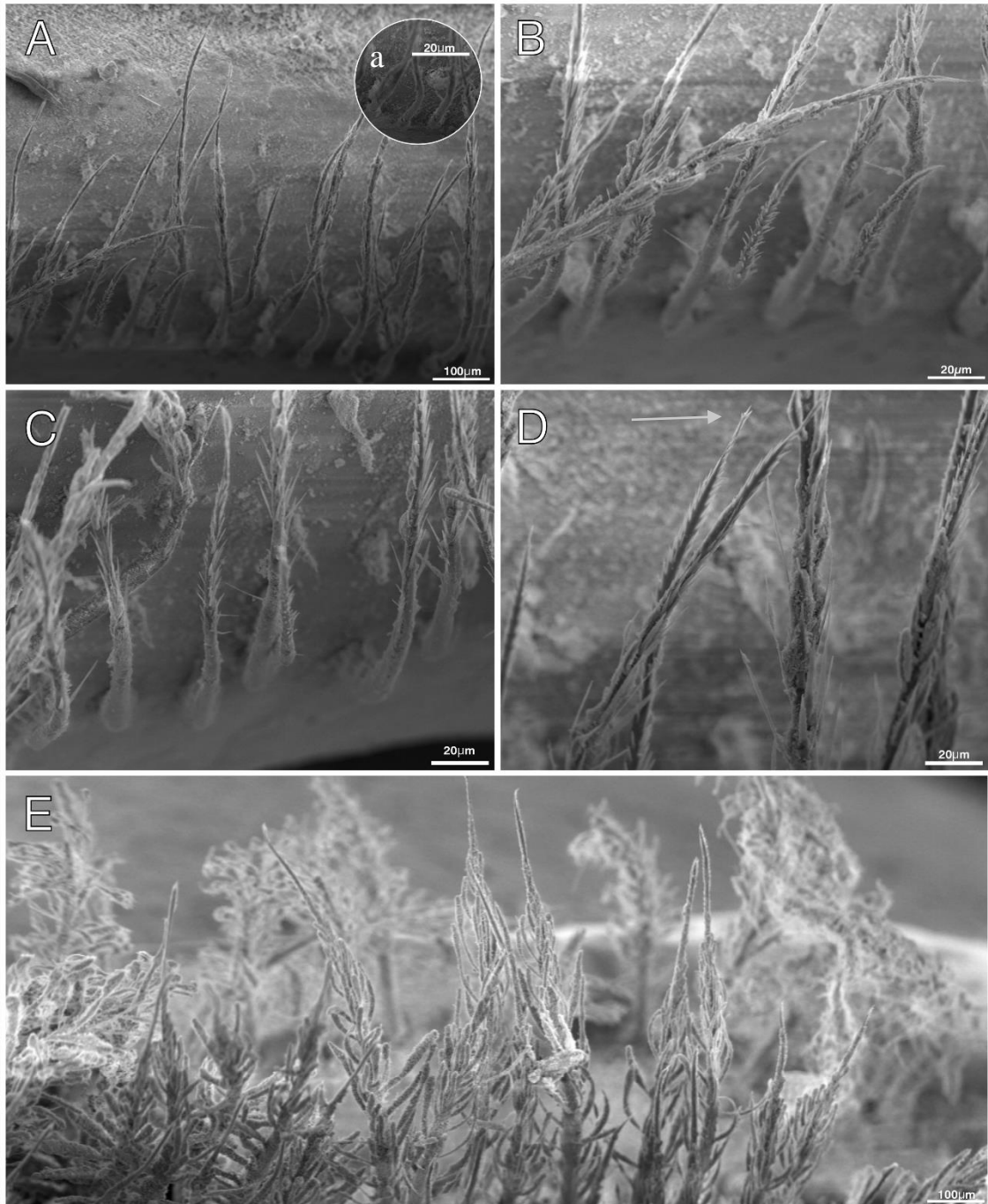


Figura 9. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas plumodenticuladas tipo 1 encontradas na linha de deiscência. (A) cerdas dispostas na margem da região branchiostegal. (a) vista aproximada das inserções infracuticulares. (B,C) mais detalhes das estruturas presente na cerda. (D) seta indica porção terminal com retorção característica da cerda e extremidade em “tridente”. (E) geral da disposição das cerdas.

4.2. Tipo 2 (Figura 10): Cerda com articulação infracuticular; haste longa, anulus medial e sem poro distal, com extremidade afilada; a metade proximal da haste é lisa, enquanto a metade distal exibe sétulas curtas e densas seguidas de dentículos, organizados em duas fileiras opostas em direção à região terminal, sem ocorrência de retorção. Essas cerdas margeiam os pleópodos (endopodito e exopodito).

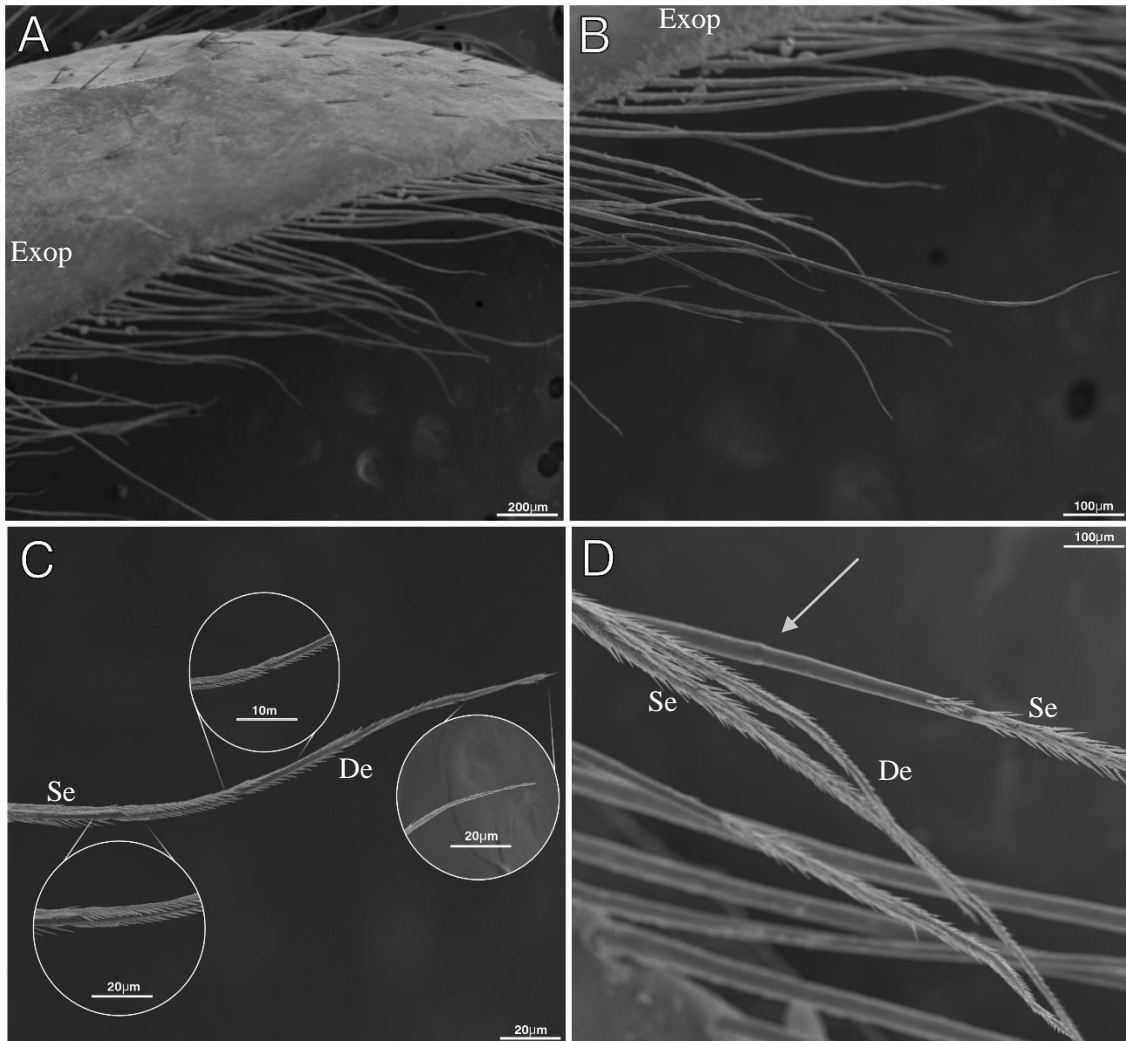


Figura 10. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas plumodenticuladas tipo 2 presentes nas margens do exopodito dos pleópodos. (A) vista geral da disposição das cerdas em torno do exopodito. (B) vista aproximada da cerda. (C), detalhes da porção distal da cerda, sétulas densas e curtas, dentículos que seguem até o ápice da cerda. Em (D) seta indica presença de anulus, De, dentículos, Se, sétulas.

5. Simples (Figura 11A,B):

Cerda com articulação infracuticular; haste de comprimento variável (curto, médio ou longo), anulus não visível e sem poro distal; a haste lisa, com extremidade afilada em relação à base. Algumas foram encontradas no maxilípide 3, mas sua maior concentração foi avistada nos pleópodos, distribuídas de maneira uniforme sobre toda superfície do exopodito e endopodito.

6. Cuspidada (Figura 11C,D):

Cerda com projeção infracuticular, haste de comprimento longo e robusto, com dentículos espessos dispostos em duas fileiras paralelas que se estendem da porção medial até a porção distal, convergindo para a extremidade e conferindo um ápice. Essas cerdas foram encontradas apenas no quadrado bucal.

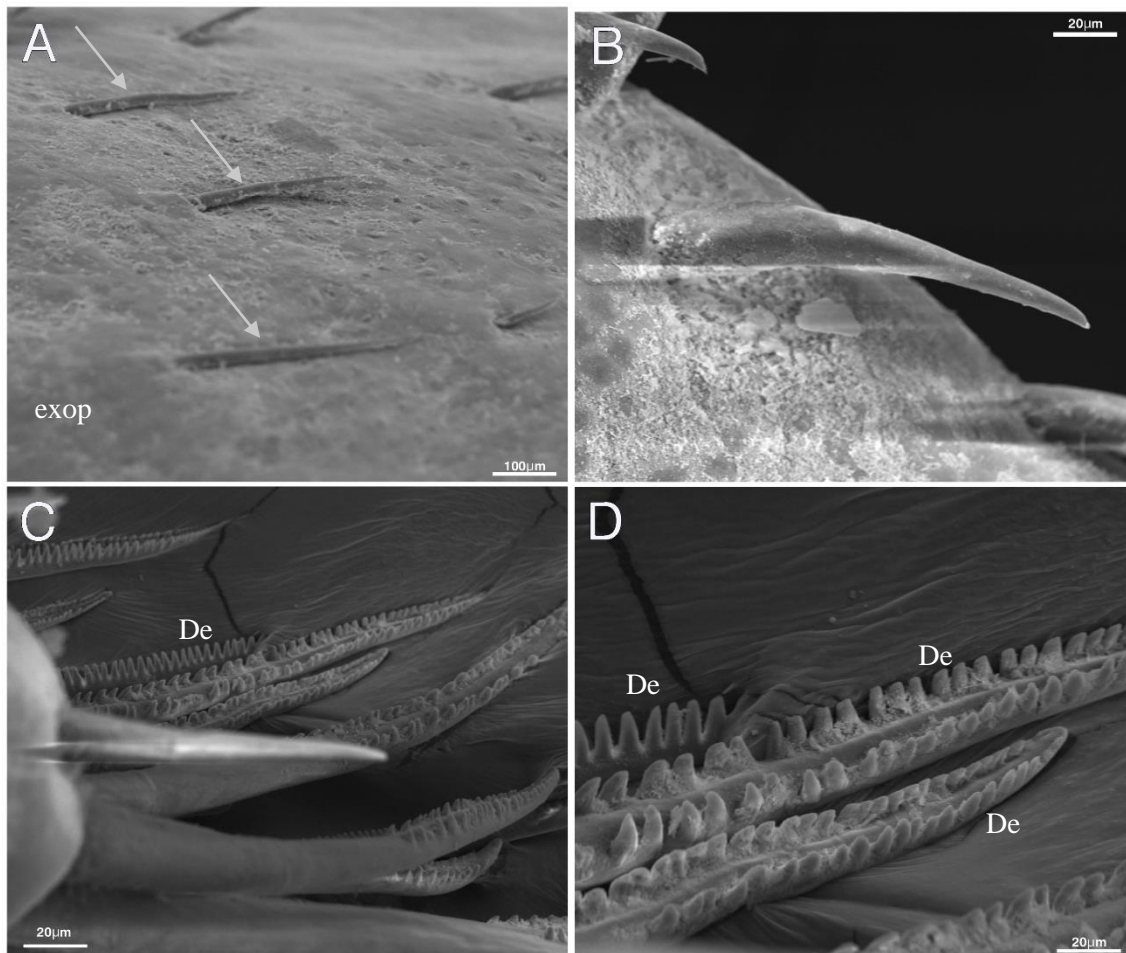


Figura 11. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas simples e cuspidadas. (A) cerdas simples distribuídas na superfície dos pleópodos (exopodito), seta evidencia a projeção dela paralela à superfície do exopodito. (B) cerda simples em maior aproximação. (C) cerdas cuspidadas presentes no quadrado bucal. (D) detalhes dos dentículos espessos dispostos paralelamente presentes na porção distal da cerda que se seguem até a sua extremidade. De, dentículos., Exop, exopodito.

7. Capitada (Figura 12):

Cerda com articulação infracuticular, haste de comprimento médio a longo, anulus na porção medial, e a sua porção distal apresenta fileiras de dentículos que se estendem paralelamente ao longo da haste até alcançar a extremidade, a qual é totalmente modificada, assumindo a forma de uma "cápsula". Estas cerdas são encontradas exclusivamente na região orbital.

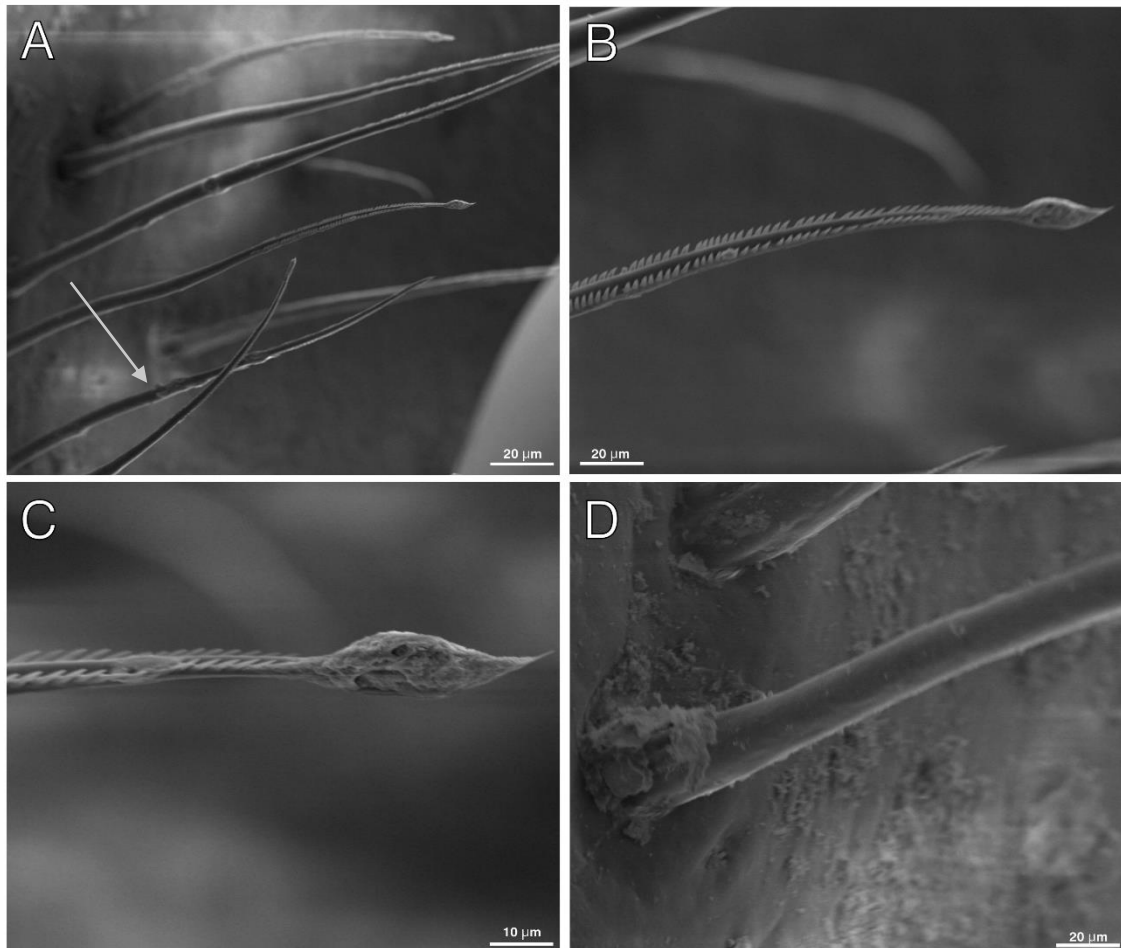


Figura 12. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerda capitada presente na região orbital. (A) vista geral da morfologia da cerda, setas indicam ânulo na região medial. (B) porção distal. Note os dentículos dispostos em duas fileiras paralelas, seta indica a extremidade com formato irregular. (C) vista da extremidade modificada em "capsula". (D), seta indica inserção infracuticular das cerdas. De, dentículos.

8. Cerda nova “brush” tipo 1 (Figura 13):

Cerda com haste curta a média, robusta, com inserção infracuticular em pequenas "fossas" bem características, seguindo um padrão consistente para todas as cerdas desse tipo. A haste é uniformemente lisa, exceto pela extremidade apical, que é revestida por pequenas sétulas densas e flexíveis. Observa-se que, por vezes, essas pequenas sétulas na extremidade apical podem estar mais próximas e fechadas, enquanto em outras ocasiões estão totalmente "abertas". Essa cerda foi encontrada em maior concentração nessa espécie, sendo observada recobrimdo toda a superfície da carapaça aos apêndices.

Na análise histológica das “brush” tipo 1 identificamos a existência de um ducto tegumentar que se estende do “*socket*” da cerda até o epitélio.

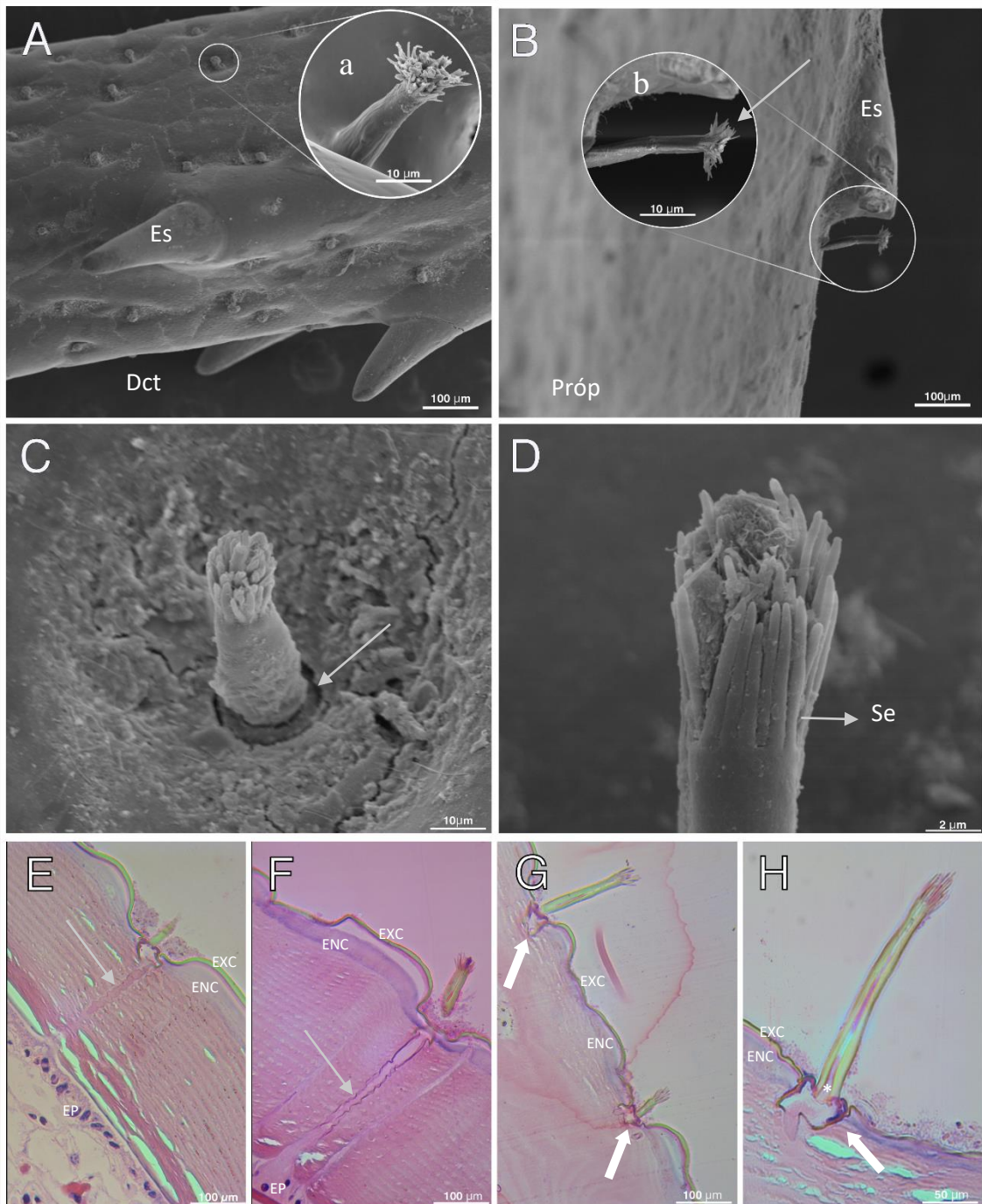


Figura 13. *Kingsleya attenboroughi* (Pinheiro & Santana, 2016). Cerdas “brush” tipo 1, presentes na superfície dos pereópodos. **(A)** vista geral da distribuição das cerdas no dactilo do pereópodo. **(a)** vista aproximada. **(B)** cerda “brush” tipo 1 encontrada no própodo do pereópodo, associada a um espinho. **(b)** vista aproximada, seta indica disposição das sétulas mais abertas. **(C)** exemplar encontrado no própodo do pereópodo, é possível observar a “fossa” onde a cerda é inserida, seta indica inserção infracuticular. **(D)** vista das pequenas sétulas da extremidade da cerda, seta indica as sétulas mais próximas e fechadas. **(E-H)** morfologia interna em cortes histológicos corados com HE. ENC, endocutícula, EXC, exocutícula., EP, epitélio. Dct, dáctilo, Se, sétulas, Próp, própodo. * ducto. Setas finas indicam canais da articulação que atravessam a cutícula. Setas grossas indicam o “socket”.

5. DISCUSSÃO

A classificação das cerdas dentro desse grupo é realizada com base em critérios como formato geral, tamanho relativo, grau de cuticularização da parede e presença de projeções sobre a haste, tais como dentículos, sétulas e espinhos (Thomas, 1970; Garm & Watling, 2013).

Embora haja notáveis variações morfológicas entre os tipos de cerdas já documentados, alguns padrões emergem, como a presença ou ausência de projeções sob a haste. Essa característica possibilita a identificação de diversos tipos de cerdas com base na disposição dessas projeções (Thomas, 1970; Garm & Watling, 2013). Essas estruturas, extensivamente distribuídas pelo exoesqueleto, destacam-se pela diversidade e complexidade, proporcionando valiosas compreensões sobre as adaptações e comportamento de *Kingsleya attenboroughi*.

Em Pseudothelphusidae, a maior parte das informações sobre as espécies brasileiras é derivada de estudos taxonômicos ou zoogeográficos. Além de notas e observações ocasionais nos rótulos das coleções, há uma notável ausência de dados sistemáticos sobre a biologia, fisiologia e ecologia dessas espécies. Apesar das valiosas contribuições de trabalhos anteriores em termos de taxonomia e distribuição, falta uma compreensão abrangente das dimensões ecológicas e fisiológicas destas espécies de caranguejos de água doce (Magalhães, 2016).

A maioria dos tipos de cerdas descritos em *Kingsleya attenboroughi* já foram previamente documentadas em outros grupos de decápodes, e sua diversidade funcional e classificatória estabelece uma base essencial para a compreensão desse estudo. Por exemplo, as cerdas paposas descritas aqui, que se assemelham as cerdas propostas por Factor (1978), presentes nos apêndices bucais dos estágios larvais da lagosta *Homarus americanus* H. Milne Edwards, 1837. Este tipo de cerda é caracterizado por uma haste coberta em todas as faces por sétulas longas e flexíveis, as quais podem apresentar-se em menor ou maior densidade, com extremidade afilada e ausência de poro distal. Essas cerdas são amplamente distribuídas nos apêndices bucais e pleópodos, desempenhando funções importantes em atividades como limpeza, natação e reprodução, como discutido por Farmer (1974), Pohle e Telford (1981), Watling (1989) e Berke e Woodin (2009).

Em *K. attenboroughi*, as cerdas paposas foram registradas ao longo da parte ventral da carapaça e esterno, com uma maior concentração registrada na região anteromesial

do esterno, cobrindo integralmente toda essa região. As longas sétulas das cerdas paposas frequentemente se entrelaçam, formando uma paliçada, sugerindo a possível função de barreira, impedindo a incrustação e passagem de detritos para onde?, conforme indicado por Pohle e Telford (1981) e Garm (2004a). Berke e Woodin (2009), propuseram que as cerdas paposas observadas sobre a carapaça e pereópodos de *Oregonia gracilis* Dana, 1851, poderiam ter uma função sensorial mecânica, o que parece apropriada ao contexto observado para *K. attenboroughi*.

As cerdas plumosas são tipicamente classificadas como emplumadas ou setuladas (Farmer, 1974; Pohle & Telford, 1981; Garm & Watling, 2013). Essas cerdas apresentam sétulas ao longo de toda a haste, distribuídas em duas fileiras opostas, conforme documentado por Garm & Watling (2013).

Em relação a *K. attenboroughi*, observamos dois subtipos dessas cerdas plumosas: o subtipo de cerda plumosa tipo 1, caracteriza-se por uma haste longa sem anulus e poro apical, extremidade afilada e cerdas longas e densas dispostas em duas fileiras opostas na haste, assemelhando-se às cerdas descritas por Factor (1978) como plumosas Tipo A, presentes nos apêndices bucais dos estágios larvais da lagosta *Homarus americanus*. Já o subtipo de cerda plumosa tipo 2, exibe a metade proximal lisa, seguida de sétulas longas e espaçadas, enquanto a metade distal é recoberta por sétulas longas e densas dispostas em duas linhas opostas até a extremidade. Cerdas similares a essa foram anteriormente descritas por Factor (1978) como cerdas "plumodenticuladas, Tipo C3", presentes nos apêndices bucais dos estágios larvais da lagosta *Homarus americanus*.

Quanto ao possível papel funcional de ambos os tipos de cerdas plumosas, podemos associar a funções de limpeza, conforme discutido por Factor (1978) e Wortham e LaVelle (2016). Em *K. attenboroughi*, essas cerdas foram encontradas em maior concentração ao longo de toda a margem da carapaça, essa espécie possui o hábito de submergir entre raízes e folhas de vegetação aquática, reforçando o possível papel dessas cerdas para a limpeza (Pinheiro & Santana, 2016),

As cerdas aqui descritas como serradas, seguem o proposto por Farmer, 1974; Pohle & Telford, 1981; Garm & Watling, 2013. São caracterizadas por possuir duas fileiras de denticulos em apenas uma das faces da haste, que se segue do terço distal a extremidade da ponta. Além disso, os denticulos aqui descritos são mais robustos que os descritos por Farmer (1974), se assemelhando a cerda tipo paposa descrita por Garm (2004a) no

aparato bucal de *Cherax quadricarinatus*, von Martens, 1868. Este tipo de cerda foi encontrado aqui, apenas na coxa dos pereópodos.

Em todos os trabalhos de descrição de cerdas de decápodes, as estruturas envolvidas no processo de limpeza são consistentemente equipadas com cerdas serradas, conforme documentado por Borradaile (1922), Farmer (1974), Bauer (1981), Schembri (1982a, b) e Garm (2004a). A presença de agrupamentos densos de cerdas serradas sugere uma ação significativa de escovação ou abrasão, desempenhando um papel análogo ao de um pente, conforme observado por Thomas (1970) e Martin & Felgenhauer (1986).

A cerda paposerrada foi descrita por Wortham & Pascual (2019) como uma cerda híbrida, apresentando sétulas em parte do eixo e dentículos na porção distal, corroborando com a descrição anterior de Colpo & Negreiros-Fransozo (2011). A cerda descrita como paposserrada no presente estudo, é caracterizada pela presença de longas sétulas circundando a região medial, seguidas por dentículos que se estendem até a extremidade. Esta morfologia assemelha-se à descrição da cerda paposerrada realizada por Garm (2004a) no aparato bucal de *Cherax quadricarinatus*. O termo "paposerrado" não é empregado por outros autores, sendo estruturas análogas frequentemente descritas como "plumodenticuladas". Esta denominação sugere que as características dessas estruturas seriam uma combinação de características plumosas e serrilhadas (denticuladas). No entanto, a análise de Garm (2004a) revela que, na verdade, essas estruturas representam uma combinação entre cerdas paposas e serradas. Nesse contexto, o termo "paposerrado" é considerado mais apropriado.

As cerdas plumodenticuladas podem desempenhar funções combinadas de cerdas serradas e plumosas, e a prevalência de uma ou outra função depende da proporção e dos tipos de sétulas e dentículos no eixo setal (Pohle & Telford, 1981; Coelho & Rodrigues, 2000).

As cerdas classificadas aqui como plumodenticuladas apresentam duas variações distintas. A plumodenticulada tipo 1 descrita nesta análise assemelha-se à plumodenticulada tipo C4 conforme descrita por Factor (1978). Esse tipo de cerda possui uma haste de comprimento médio a longo, com sétulas médias e rígidas dispostas de maneira aleatória na região proximal, seguidas por um revestimento de sétulas densas e curtas ao longo de toda a haste na região medial, seguido por dentículos que se estendem até a extremidade. A porção distal recoberta por dentículos é caracterizada por uma torção na haste, apresentando uma extremidade em forma de

"tridente", conforme observado no trabalho de Turini et al (2024), nas cerdas plumodenticuladas tipo 1 no aparato bucal de três espécies Sesarmidae.

Por outro lado, a cerda plumodenticulada tipo 2 do presente estudo assemelha-se à plumodenticulada tipo C3 descrita por Factor (1978). Tais cerdas apresentam uma haste de comprimento longo, com a região distal lisa, com anulus na região medial, e a haste é recoberta por sétulas densas e curtas, seguidas por dentículos que se estendem até a extremidade. Diferentemente do tipo 1, esta não exhibe torção na extremidade da haste, como observado no trabalho de Turini et al. (2024), nas cerdas plumodenticuladas tipo 2 no aparato bucal de três espécies Sesarmidae.

As cerdas simples são reconhecidas por apresentarem hastes longas e delgadas, desprovidas de protuberâncias, e terminam em ápice agudo, podendo ou não possuir poro terminal (Farmer, 1974; Pohle & Telford, 1981; Garm & Watling, 2013). As cerdas descritas neste contexto como simples compartilham a característica de ter toda a haste sem qualquer projeção, apresentando uma extremidade afilada em relação à base, conforme descrito por Factor (1978) e Garm (2004a). Entretanto, o tipo de cerda aqui descrito se configura como uma variação de cerda simples. Ao ser comparado com outras descrições na literatura, nem todas as características são consistentes: a haste é curta a média e mais robusta, e sua projeção se estende junto à carapaça, criando a impressão de que a cerda está "deitada", quase em contato com a superfície. Este tipo de cerda foi identificado nos pleópodos (endopodito e exopodito), bem como no terceiro maxílpede da espécie deste estudo.

As cerdas cuspidadas identificadas em *K. attenboroughi* apresentam peculiaridades notáveis, como a presença de dentículos robustos na região medial/terminal. Nas descrições de Factor (1978) e Schembri (1982b), são delineados tipos de cerdas cuspidadas com projeções cuticulares presentes no eixo, assemelhando-se à cerda cuspidada aqui descrita, similar também à cerda cuspidada tipo 2 descrita por Turini et al. (2024).

Frequentemente associadas à manipulação de alimentos, as cerdas cuspidadas apresentam semelhanças com as pontas de um garfo, desempenhando um papel crucial na apreensão de alimentos (Thomas, 1970; Schembri, 1982a, b; Garm, 2004a, b; Wortham & LaVelle, 2016; Wortham & Jedlicka, 2019; Wortham & Pascual, 2019). Variações nas formas e tamanhos dos dentículos dessas cerdas podem sugerir diferentes funcionalidades, sendo que dentículos robustos, como os descritos aqui, podem ser

particularmente eficazes na remoção e/ou manipulação de resíduos volumosos ou duros (Wortham et al., 2014). Dada a associação das cerdas cuspidadas à manipulação alimentar, essa atribuição parece plausível, especialmente considerando que foram encontradas no terceiro maxílipede de *K. attenboroughi*.

A cerda denominada "capitada" pode representar uma variação da cerda capitada recentemente discutida por Turini et al. (2024), a qual exibe uma extremidade com morfologia irregular, variando em formato e tamanho. A cerda capitada aqui descrita, é caracterizada por possuir articulação infracuticular, uma haste de comprimento médio a longo, um anulus na porção medial, e a sua porção distal apresenta fileiras de dentículos que se estendem paralelamente ao longo da haste até alcançar a extremidade, a qual é totalmente modificada, assumindo a forma de uma "cápsula". Essa cerda foi identificada exclusivamente na região orbital.

Ao analisarmos o exoesqueleto de *K. attenboroughi*, foi identificada e descrita uma outra variação de cerda tipo "brush", denominada como "brush" tipo 1. (ver Figura. 13).

A nova cerda "brush" tipo 1 guarda semelhanças com a cerda tipo "brush" descrita por Turini et al. (2024), a qual é uma variação de um tipo morfológicamente muito semelhante descrito por Zimmer et al. (2009), embora definido como paposa. A cerda aqui descrita diverge por não apresentar as sétulas apicais em apenas uma face da haste. O seu tamanho reduzido e a distribuição abrangente pela carapaça sugerem uma possível função sensorial específica para essa cerda. Essas características indicam uma adaptação especializada para interações específicas no ambiente.

Dada a limitada abordagem no atual panorama de pesquisa e a carência de análises abrangentes, as especulações acerca da função dessas novas cerdas foram inteiramente embasadas na correlação entre seus aspectos morfológicos e os limitados conhecimentos acerca do comportamento dos caranguejos de água doce. A falta de estudos aprofundados sobre a diversidade de cerdas em caranguejos de água doce ressalta a grande necessidade de investigações adicionais.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos até o momento, concluímos que as cerdas do exoesqueleto de caranguejos braquiúros desempenham papéis cruciais na adaptação e funcionalidade desses organismos em ambientes específicos. A identificação de novas variações de cerdas, como a "brush" tipo 1 e a cerda capitada, revelou uma diversidade morfológica até então desconhecida, indicando a necessidade de uma revisão mais aprofundada da morfologia dessas estruturas. As análises morfológicas detalhadas dessas cerdas fornecem subsídios para estudos futuros sobre seus potenciais funções adaptativas dos caranguejos braquiúros ao ambiente lacustre.

7. REFERÊNCIAS

- Araújo JG, Nascimento W.M., Martins C.A.M., Nobre P.H.P, Pinheiro, A.P. .2022 An observational record of *Kingsleya attenboroughi* Pinheiro & Santana, 2016 (Decapoda, Pseudothelphusidae), an endemic species from the Chapada do Araripe, southern Ceará, Brazil. Check List 18(2): 363-367.
- Bauer, R.T. 1981. Grooming behavior and morphology in the decapod crustacea. Journal of Crustacean Biology, 1(2): 153–173.
- Belanger, R., Ren, X., McDowell, K., Chang, S., Moore, P., Zielinski, B. 2008. Sensory setae on the major chelae of male crayfish, *Orconectes rusticus* (Decapoda: Astacidae) – impact of reproductive state on function and distribution. Journal of Crustacean Biology, 28(1): 27–36.
- Berke, S.K., Woodin, S.A. 2009. Behavioral and morphological aspects of decorating in *Oregonia gracilis* (Brachyura: Majoidea). Invertebrate Biology, 128(2): 172-181
- Borradaile, L.A. 1922. On the mouthparts of the shore crab. Zoological Journal of the Linnean Society, 35: 115-142.
- Brasil. 1997 Decreto de 04 de agosto de 1997. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da chapada do Araripe, nos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí e dá outras providências. Diário Oficial. Brasília.
- Brasil. 2000. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, 1º, incisos I, II, III e VIII d Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e dá outras providências, 2000. Acesso em 12, Fev., 2021, <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2000/lei-9985-18-julho-2000-359708-norma-pl.html>>.
- Brasil. 2007. Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007. Criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Diário Oficial. Brasília.
- Coelho, V. R. 2000. Adaptações morfológicas ao hábito alimentar em Thalassinidea (Crustacea: Decapoda) (Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Coelho, V.R., Rodrigues, S.A. 2001. Setal diversity, trophic modes and functional morphology of feeding appendages of two callianassid shrimps, *Callichirus major* and *Sergio mirim* (Decapoda: Thalassinidea: Callianassidae). *Journal of Natural History*, 35(10): 1447–1483.
- Colpo, K.D. and Negreiros-Fransozo, M.L. 2011. Sediment particle selection during feeding by four species of *Uca* (Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana*, 84(5/6), 721-734.
- Correia , D. B. ., Freita, F. R. V. ., Oliveira, A. H. de ., Correia , D. B. ., Teixeira , P. H. R. ., Soares , T. R. C. ., Landim , H. S. ., Nunes, R. G. dos S. ., Andrade , A. O. ., Cordeiro , G. A. da S. ., Bezerra, C. E. ., Oliveira, J. P. C. de ., Nascimento, C. A. do ., Muniz, J. I. ., Alencar, W. S. de ., Fernandes, N. de S. ., Lima, E. E. ., Nascimento, G. M. da S. ., Sousa, F. V. A. de ., & Pinheiro , A. P. . 2020. Ethnobiology of *Kingsleya attenboroughi* Pinheiro & Santana crab 2016 in the Environmental Protection Area of Chapada do Araripe. *Research, Society and Development*, 9(12), e19091210827.
- Cumberlidge, N.; NG, P.K.L. 2009. Systematic, Evolution, and Biogeography of Freshwater Crabs, In: MARTIN, J.W.; CRANDALL, K.A.; FELDER, D.L. (Eds.), *Decapod Crustacean Phylogenetics* Boca Raton: Francis/CRC Press, p. 245–260.
- De Grave, S, Decock, W, Dekeyzer, S, Davie, PTF, Fransen, CHJM, Boyko, CB, Poore, GCB, Macpherson, E, Ahyong, ST, Crandall, KA, de Mazancourt, V, Osawa, M, Chan, TY, Ng, PLK, Lemaitre, R, van der Meji, SET and Santos, S. 2023. Benchmarking global biodiversity of decapod crustaceans (Crustaea: Decapoda). *Journal of Crustacean Biology* 43, 1-9.
- Drach, P., Jacques, F. 1977. Systeme setifere des crustaces decapodes. Principes d'une classification generate. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 284: 1995– 1998.
- Factor, J.R. 1978. Morphology of the mouthparts of larval lobsters, *Homarus americanus* (Decapoda: Nephropidae), with special emphasis on their setae. *Biological Bulletin*, 154(3): 383–408.

- Farmer, A.S. 1974. The functional morphology of the mouthparts and pereopods of *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda: Nephropidae). *Journal of Natural History*, 8(2): 121–142.
- Ferreira, L.A.Z., Tavares, M. 2018. Chaetotaxy and setal diversity of grooming legs in species of porcelain crabs (Crustacea: Anomura: Porcellanidae). *Papéis Avulsos em Zoologia*, 58: e20185808.
- Fish, S. 1972. The setae of *Eurydice pulchra* (Crustacea: Isopoda). *Journal of Zoology*, London, 166: 163–177.
- Garm, A. 2004a. Revising the definition of the crustacean seta and setal classification systems based on examinations of the mouthpart setae of seven species of decapods. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 142: 233–252.
- Garm, A. 2004b. Mechanical functions of setae from the mouth apparatus of seven species of decapod crustaceans. *Journal of Morphology*, 260: 85–100.
- Garm, A., Watling, L. 2013. The crustacean integument: setae, setules, and other ornamentation. In *Functional Morphology and Diversity* (eds L. Watling, M. Thiel) pp. 167–198. Oxford - UK, Oxford University Press.
- Gunthorpe, M.E, Sikes, C.S., Wheeler, A.P. 1990. Promotion and inhibition of calcium carbonate crystallization in vitro by matrix protein from blue crab exoskeleton. *Biological Bulletin*, 179: 191–200.
- ICMBIO. 2021. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Acessado em 12 fev. 2021. <<https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/2110-apa-da-chapada-do-araripe>>
- IUCN. 2012. International Union for Conservation of Nature. *Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National Levels: Version 4.0*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN.
- Jacques, F. 1989. The setal system of crustaceans: types of setae, groupings, and functional morphology. In *Functional Morphology of Feeding and Grooming in Crustacea* (eds B.E. Felgenhauer, L. Watling, A.B. Thistle) pp. 1–13. Rotterdam - NL, CRC Press / Balkema.

- Johnston, D.J., and Alexander, C.G. 1999. Functional morphology of the mouthparts and alimentary tract of the slipper lobster *Thenus orientalis* (Decapoda: Scyllaridae). *Marine and Freshwater Research*, 50(3): 213-223.
- Junqueira, L.C.U., Junqueira, L.M.M.S. 1983. *Técnicas Básicas de Citologia e Histologia*. São Paulo: Santos.
- Magalhães, C. 2016. Avaliação dos Caranguejos tricodactilídeos (Decapoda: Trichodactylidae), Cap. 32: p. 420- 440. In: Pinheiro, M.A.A. & Boos, H. (Org.). *Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014*. Porto Alegre, RS: Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, 466 p
- Martin, J.W., and Felgenhauer, B.E. 1986. Grooming behaviour and the morphology of grooming appendages in the endemic South American crab *genus Aegla* (Decapoda, Anomura, Aeglidae). *Journal of Zoology*, 209(2): 213-224
- Matsuoka, T., Suzuki, H., Archdale, M.V. 2011. Setae for gill-cleaning of six species of Japanese sentinel crabs (*Macrophthalmus*). *Journal of Crustacean Biology*, 31(4): 598–605.
- Pinheiro A.P., Santana W. R. 2016. A new and endangered species of *Kingsleya Ortmann*, 1897 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Pseudothelphusidae) from Ceará, northeastern Brazil. *Zootaxa*, 4171: 365-372.
- Pohle, G., Telford, M. 1981. Morphology, and classification of decapod crustacean larval setae: a scanning electron microscope study of *Dissodactylus crinitichelis* Moreira, 1901 (Brachyura: Pinnotheridae). *Bulletin of Marine Science*, 31(3): 736–752.
- Sant’Anna, B.S., Turra, A., Zara, F.J. 2010. Simultaneous activity of male and female gonads in intersex hermit crabs. *Aquatic Biology*, 10: 201-209.
- Silveira, A. C., Silva, A. C., Cabral, N.R.A.J., Schiavetti, A. 2012. Análise de efetividade de manejo do Geopark Araripe – Estado do Ceará, São Paulo, UNESP, *Geociências*, 31(1), 117-128.
- Schembri, P.J. 1982a. Functional morphology of the mouthparts and associated structures of *Pagurus rubricatus* (Crustacea: Decapoda: Anomura) with special reference to feeding and grooming. *Zoomorphology*, 101(1): 17-38.

- Schembri, P.J. 1982b. The functional morphology of the feeding and grooming appendages of *Ebalia tuberosa* (Pennant) (Crustacea: Decapoda: Leucosiidae). *Journal of Natural History*, 16(4): 467-480.
- Thomas, W.J. 1970. The setae of *Austropotamobius pallipes* (Crustacea: Astacidae). *Journal of Zoology*, London, 160: 91–142.
- Turini, T., de Araujo Pereira, F., Lima, J., Perazzi, J. P., Luoino, L. M., Colavite, J., Santana, W. 2024. Setal Morphology of the Feeding Apparatus of Three Sesarmid Crabs (Crustacea: Decapoda Grapsoidea) from Brazil. *Thalassas* 40: 513–530.
- Watling, L. 1989. A classification system for crustacean setae based on the homology concept. In *Functional Morphology of Feeding and Grooming in Crustacea* (eds B.E. Felgenhauer, L. Watling, A.B. Thistle) pp. 15–26.
- Winterton, S.L. 2009. Scales and setae. In *Encyclopedia of Insects (Second Edition)* (eds V.H. Resh, R.T. Cardé) pp. 901–904. Cambridge, Academic Press
- Woods, C.M.C. 1995. Functional morphology of the foregut of the spider crab *Notomithrax ursus* (Brachyura: Majidae). *Journal of Crustacean Biology*, 15(2): 220–227.
- Wortham, J. L., Vanmaurik, L. N., & Wayne price, W. 2014. Setal morphology of the grooming appendages of *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Decapoda: Caridea: Palaemonidae) and review of decapod setal classification. *Journal of Morphology*, 275(6): 634–649.
- Wortham, J.L., LaVelle, A.D. 2016. Setal morphology of grooming appendages in the spider crab, *Libinia dubia*. *Journal of Morphology*, 277: 1045–1061.
- Wortham, J.L., and Jedlicka, J. 2019. Grooming behaviors and fouling of the spider crab *Libinia dubia* (Decapod: Epialtidae). *Nauplius*, 27, e2019009.
- Wortham, J.L., and Pascual, S. 2019. Setal morphology of grooming appendages in blue crabs *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 and stone crabs *Menippe mercenaria* (Say, 1818) (Decapoda: Brachyura: Portunidae, Menippidae). *Journal of Crustacean Biology*, 39(4), 357-377.

- Yeo, Darren & Ng, Peter & Cumberlidge, Neil & Magalhães, Celio & Daniels, Savel & Campos, Martha. 2008. Global diversity of crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) in freshwater. 10.1007/978-1-4020-8259-7_30.
- Zimmer, A., Araujo, P.B., and Bond-Buckup, G. 2009. Diversity and arrangement of the cuticular structures of *Hyaella* (Crustacea: Amphipoda: Dogielinotidae) and their use in taxonomy. *Zoologia (Curitiba)*, 26(1), 127-142.