

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP-CAUNESP
CAMPUS JABOTICABAL**

**DESENVOLVIMENTO ONTOGENÉTICO DE ESTRUTURAS
SENSORIAIS EM *Macrobrachium rosenbergii*
(DE MAN 1879) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE)**

Virgínia Maria Cavalari Henriques
Orientador: Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti

Jaboticabal
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro 2006

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP-CAUNESP
CAMPUS JABOTICABAL**

**DESENVOLVIMENTO ONTOGENÉTICO DE ESTRUTURAS
SENSORIAIS EM *Macrobrachium rosenbergii*
(DE MAN 1879) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE)**

Virgínia Maria Cavalari Henriques
Orientador: Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti

Tese apresentada ao Centro de Aqüicultura
da UNESP, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutor em
Aqüicultura.

Jaboticabal
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro 2006

DEDICO:

Ao meu bom Deus por ter me dado sabedoria e saúde para trilhar pelos caminhos desse intento.

Aos meus pais Margarida Cavalari Henriques e Dimar Henriques pelo esforço por terem me oferecido uma vida de estudos.

Aos meus irmãos Fernanda Cavalari Henriques e Wesley Cavalari Henriques pelo afeto familiar.

Ao meu marido Saturnino Borges pela compreensão e ajuda.

Rendei graças ao Senhor,
Porque ele é bom,
Porque a sua misericórdia
Dura para sempre. Salmo 118

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao professor orientador Dr. WAGNER COTRONI VALENTI. Agradeço pela orientação constante para a realização deste trabalho. Sou grata pelos ensinamentos e críticas construtivas, pela confiança e estímulos constantes, carinho, amizade e oportunidades oferecidas para meu crescimento profissional em atividades de pesquisas.

Ao Programa de Pós—Graduação em Aqüicultura do Centro de Aqüicultura da UNESP – Jaboticabal pela oportunidade de fazer um dos melhores cursos de Aqüicultura, o qual é reconhecido mundialmente.

Ao professor Dr. Wagner Cotroni Valenti, à professora Dra Laura Satiko Okada Nakaghi e professora Dra. Maria Célia Portela membros da banca de qualificação pelas sugestões apresentadas durante o exame geral de qualificação.

Ao professor Dr. Guilherme Fulgêncio pela presteza em colaborar com o trabalho e empenho em dissecar as larvas.

À professora Dra. Maria Célia Portela pelo estímulo e incentivo a essa pesquisa.

Aos meus queridos amigos do laboratório de carcinicultura pela amizade, entusiasmo, incentivo, ajuda e companheirismo durante a nossa convivência. Especialmente a Cristiana Maciel pela ajuda nas correções da tese até altas madrugadas.

Aos técnicos dos laboratórios de microscopia eletrônica Antônio Carlos Homem, Cláudia Aparecida Rodrigues, José Augusto Maulim, Maria Tereza Picinoto Maglia, Maria Dolores Seabra Ferreira pelo auxílio nas atividades laboratoriais.

À Universidade de São Paulo USP, campus de Ribeirão Preto, pelo uso das instalações do laboratório de microscopia eletrônica

À Antônio Francisco da Silva, Ineide da Silva e Clarísia Laiana da Silva, minha segunda família que tanto me apoiou.

Ao Instituto de Pesquisa Agropecuária de Pernambuco e Escola Federal Agrotécnica de Colatina pelo fornecimento de alguns animais para a pesquisa.

SUMÁRIO

Pág.

	LISTA DE ILUSTRAÇÕES	iii
	LISTA DE ABREVIATURAS	ix
	RESUMO	x
	ABSTRAT	xii
1.0.	INTRODUÇÃO	1
2.0.	REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1.	As especializações da cutícula	6
2.2.	Mecanorreceptores	9
2.3.	Quimiorreceptores	10
2.4.	Sistema visual	12
2.5.	Ecologia do Plâncton e do bentos	14
3.0.	MATERIAL E MÉTODO	16
3.1.	Cultivo e manutenção dos animais	16
3.2.	Coleta fixação e dissecação dos animais	18
3.3.	Microscopia eletrônica de varredura	19
3.4.	Microscopia eletrônica de transmissão	19
3.5.	Histologia	20
3.6.	Sistematização dos resultados	20
4.0.	RESULTADOS	21
4.1.	Estruturas sensitivas do exoesqueleto do corpo e apêndices	21
4.1.1.	Antênula	25
4.1.2.	Antena	31
4.1.3.	Placa mandibular	36

4.1.4.	Maxila	41
4.1.5.	Primeiro maxilípede	45
4.1.6.	Segundo maxilípede	48
4.1.7.	Terceiro maxilípede	54
4.1.8.	Tegumento do corpo e outros apêndices	63
4.2	Olho	66
5.0	DISCUSSÃO	75
6.0.	CONCLUSÃO	93
7.0.	REFERÊNCIAS	95

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Principais características morfológicas das larvas e pós-larvas de <i>M. rosenbergii</i> (Fonte: New e Kingcom, 2002).	21
Figura 2- Esquema das setas sensitivas. Abreviaturas: MT= mecanorreceptor terminal, LU= lume da seta, SB= septo basal, D= dendritos.	23
Figura 3- Antênula de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> . Estágio VII. Abreviatura: P. antenular= pedúnculo antenular.	27
Figura 4- Eletromicrografia de Antênula de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A e B setas plumosas em close no pedúnculo antenular na região distal do segmento no estágio II e III respectivamente. As Figuras C), E), G) são setas plumosas no pedúnculo antenular na região distal do segmento em fotos panorâmicas nos estágios VIII, XI e juvenil respectivamente. D), F), H) setas plumosas no pedúnculo antenular em detalhes nos estágios VIII, XI e juvenil respectivamente. Abreviaturas: JUV= juvenil.	28
Figura 5- Eletromicrografia de varredura de Antênula de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> adulto – MEV A) Pedúnculo antenular. B) setas plumosas no pedúnculo antenular . C) setas plumosas do pedúnculo antenular em close da Figura B. Abreviaturas: ADULT= adulto.	29
Figura 6- Eletromicrografia de antênula de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A) setas plumosas no pedúnculo antenular no estágio X. B) estetos no pedúnculo antenular no estágio X indicados pela seta. C) setas simples no pedúnculo antenular do juvenil indicadas pela seta. D) estatocisto na antênula de juvenil destacado no círculo. E) estatocisto no juvenil com setas simples e serratas em close da Figura D. F) setas simples no pedúnculo antenular do juvenil. Abreviaturas: JUV= juvenil	30
Figura 7- Antena de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> . Estágios V e X. Abreviaturas: FL antenal= flagelo antenal.	33

Figura 8- Eletromicrografia de varredura da antena de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>. A) setas plumosas no exopodito no estágio V. B) setas plumosas no exopodito no estágio X. C) setas plumosas no exopodito no juvenil. D) setas do exopodito no adulto. E) setas lisas, simples no exopodito no juvenil indicada pela seta e setas plumosas na margem do exopodito. F) grupo de três setas entre as hastes setais das setas plumosas no exopodito no juvenil indicada pela seta e círculo. G) setas do exopodito no adulto indicadas pelo círculo. H) detalhes da seta do exopodito no adulto. Abreviatura: JUV= juvenil.	34
Figura 9- Eletromicrografia de antena de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A) setas simples no flagelo antenal no estágio VII. B) setas simples no flagelo antenal no estágio VIII C) setas simples no flagelo antenal no estágio IX. D) setas simples no flagelo antenal no estágio XI. E) setas simples no segmento do flagelo antenal no estágio XI. F) setas paposas no pedúnculo antenal no juvenil indicada pela seta. Abreviatura: JUV= juvenil.	35
Figura 10- Placa mandibular de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>. Estágios V e VIII. Abreviaturas: PI= processos incisivo. PM= processo molar	38
Figura 11- Eletromicrografia da placa mandibular de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A) foto panorâmica no estágio V. B) processo incisivo no estágio V. C) processo molar no estágio V. D) foto panorâmica no estágio VIII. E) processo incisivo no estágio VIII. F) processo molar no estágio VIII. Abreviaturas: PI= processo incisivo. PM= processo molar.	39
Figura 12- Eletromicrografia da placa mandibular de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A) placa mandibular no estágio XI. B) placa mandibular no juvenil. C) placa mandibular em close no juvenil. D) placa mandibular em PL. E) placa mandibular em PL. F) placa mandibular em PL. Abreviaturas: PI= processo incisivo. PM= processo molar. JUV= juvenil. PL= pós-larva.	40
Figura 13- Maxila de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> em pós-larva. Abreviaturas: ex= exopodito, end= endopodito, prot= protopodito.	42

Figura 14- Eletromicrografia de maxila de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A) setas plumosas no exopodito no estágio V. B) setas plumosas no exopodito no estágio VII. C) setas plumosas no exopodito no estágio XI. D) setas paposas e simples no estágio V no protopodito. E) setas paposas e simples no estágio XI no protopodito F) setas paposas e simples no estágio XI no protopodito.	43
Figura 15- Eletromicrografia de maxila de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> adulto - MEV. A) protopodito da maxila no adulto com muitas setas simples. B) protopodito da maxila em close mostrando setas simples. Seta superior mostrando orifício basal e canal interno e seta inferior mostrando o septo basal. C) protopodito da maxila no adulto com setas simples na margem indicadas com a seta. D) seta simples inseridas no septo basal indicado pela seta em close da foto C. E) exopodito da maxila no adulto em foto geral. F) exopodito da maxila no adulto mostrando detalhes da seta plumosa. Abreviaturas: ADULT= adulto.	44
Figura 16- Primeiro maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>. Abreviaturas: ex= exopodito. end= endopodito.	46
Figura 17- Eletromicrografia do primeiro maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A) setas simples e paposas no protopodito no estágio IX B) setas simples e paposas no protopodito em pós-larva. C) setas paposas no protopodito em pós-larva. D) foto panorâmica do primeiro maxilípede no juvenil. E) setas simples e serratas no protopodito no juvenil. F) seta serrata em close da foto E no juvenil. Abreviaturas: PL= pós-larva, JUV=juvenil.	47
Figura 18- Segundo maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i>. Pós-larva. Abreviaturas: ex= exopodito, end= endopodito.	50
Figura 19- Eletromicrografia do segundo maxilípede de <i>M. rosenbergii</i>.- MEV. A) último segmento do 2º maxilípede mostrando uma garra forte no estágio V. B) 2º maxilípede em PL. A região no círculo é o último e penúltimo segmentos do endopodito. C) 2º maxilípede em juvenil. A região no círculo é o último e penúltimo segmentos do endopodito D) .último segmento do 2º maxilípede no estágio IX mostrando um close da Figura A. E) último segmento do 2º maxilípede em PL em close da Figura B. F), último segmento do 2º maxilípede no juvenil em close da Figura C. Abreviaturas: PL= pós-larva, JUV= juvenil	51

Figura 20- Eletromicrografia do segundo maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A) último e penúltimo segmentos do endopodito no juvenil. B) setas serratas e serrulatas no último e penúltimo segmentos no endopodito no juvenil. C) setas serrulatas no endopodito no juvenil. D) setas serrata no endopodito no juvenil. As Figuras 20 C e D são close da 20 A. Abreviaturas: JUV= juvenil.	52
Figura 21- Eletromicrografia do 2º maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> no adulto - MEV. A) 2º maxilípede último segmento. B) 2º maxilípede setas serrulatas do último segmento em close da Figura A. C) 2º maxilípede exopodito. D) 2º maxilípede com setas plumosas no ápice no exopodito no adulto. Abreviaturas: ADULT= adulto	53
Figura 22- Terceiro maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> . Abreviaturas: exo= exopodito, end= endopodito.	56
Figura 23- Eletromicrografia do terceiro maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. Setas fortes no endopodito. A) estágio V. B) estágio V. C) estágio VII. D) estágio VIII. E) estágio IX. A seta indica setas simples no último segmento do endopodito. F) estágio IX. Os círculos das Figuras 23 A, 23C e 23E estão em close nas 23B, 23D, 23 F.	57
Figura 24- Eletromicrografia do terceiro maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A) terceiro maxilípede em PL. B) terceiro maxilípede no juvenil C) setas serratas no ápice do endopodito em PL. D) setas serratas no ápice do endopodito no juvenil. As Figuras 24B e 24D são closes das 24 A e 24C. Abreviaturas: PL= pós-larva, JUV=juvenil.	58
Figura 25- Eletromicrografia do terceiro maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> MEV. A) último segmento no 3º maxilípede no adulto. B) setas serrulatas no último segmento no 3º maxilípede no adulto. C) setas serrulatas no último segmento no 3º maxilípede no adulto vistas em close da Figura 25B. D) 3º maxilípede no adulto. E) setas serrulatas no último segmento no 3º maxilípede no adulto. F) setas serrulatas em close da Figura 25E no adulto.	59
Figura 26- Eletromicrografia do endopodito do terceiro maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A) 3º maxilípede em PL e juvenil B) setas paposas em PL no primeiro segmento. C) setas serratas em segmentos intermediários em PL. D) setas paposas PL próximas ao último segmento. E) setas serratas em segmentos intermediários no juvenil. F) setas simples no segmento mediano no juvenil. Abreviaturas: PL= pós-larva, JUV= juvenil.	60

Figura 27- Eletromicrografia do 3º maxilípede <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A), 3º maxilípede, segmento mediano no adulto. B) setas serrulatas no segmento mediano no 3º maxilípede no adulto. C) setas serrulatas no segmento mediano no 3º maxilípede no adulto em close da Figura 27B. D) setas serrulatas no 3º maxilípede no segmento mediano no adulto dispostas em grupo. E) setas serrulatas no 3º maxilípede no segmento mediano no adulto. Abreviaturas: ADULT= adulto	61
Figura 28- Eletromicrografia do terceiro maxilípede de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> – MEV. A) setas simples e paposas no endopodito do primeiro segmento no estágio VIII. B) setas plumosas no ápice do endopodito no estágio XI. C) setas paposas no endopodito em PL. D) setas paposas no endopodito no juvenil. Abreviaturas: PL= pós-larva, JUV= juvenil.	62
Figura 29- Eletromicrografia <i>Macrobrachium rosenbergii</i> no estágio XI. A) setas simples no dátilo do primeiro pereiópodo. B) setas simples no dátilo do primeiro pereiópodo em close da Figura 29A. C) cefalotórax região dorsal com setas simples. D) Abdômen região dorsal setas simples. E) 1º Pereiópodo região do dátilo com setas simples. F) 1º Pereiópodo dátilo setas simples em close da Figura 29E.	64
Figura 30- Eletromicrografia de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> estágio IX mostrando o telso e urópodos. A) telso e urópodos foto panorâmica. B) urópodos setas simples (seta preta) e plumosa (seta branca). C) urópodo setas plumosas marginais e paposas na superfície destacadas no círculo. D) urópodo setas paposas na região dorsal em close do círculo da Figura 30C.	65
Figura 31- A) Corte semi fino do olho de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> 0,5 µm. B) corte semi fino de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> 0,5 µm. C) esquema olho de crustáceo. Abreviaturas: C= córnea, CC= células corneagênicas, COP= ponta do cone, COT= trato do cone, DC= células pigmentares ditais, RP=pigmento reflectante das células retinulares, R= rabdômero, RC= célula retinular.	68
Figura 32- Olho de larva de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> . A) estágio I aumento 100x. B) estágio II aumento 40x. C)estágio II aumento 20x.	69
Figura 33- Olho de larva de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> . A) estágio III aumento 100x. B) estágio IV aumento 40x. C) estágio V aumento 20x	69
Figura 34- olho de larva de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> . A) estágio VI aumento 100x, B) estágio VII aumento 40x, C) estágio VIII aumento 20x.	70
Figura 35- Olho de larva de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> . A) estágio IX aumento 20x. B) estágio IX aumento 100x. C) Estágio X aumento 10x.	70

Figura 36- Olho de larva de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> . A) estágio XI aumento 20x. B) pós-larva aumento 40x.	71
Figura 37- Eletromicrografia dos Olhos <i>Macrobrachium rosenbergii</i> . A) estágio V três glândulas no pedúnculo e omatídios com arranjo hexagonal. B) estágio VI três glândulas no pedúnculo e omatídios com arranjo hexagonal. C) estágio VII três glândulas na base. D) Estágio VII detalhe da abertura de uma glândula. E) estágio VIII três glândulas no pedúnculo e omatídios com arranjos hexagonal. F) estágio X três glândulas no pedúnculo e omatídios com arranjos hexagonal.	72
Figura 38- Eletromicrografia de olho de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> TEM. A) ponta do cone no estágio IX 2.500x. B) região entre os cones no estágio IX 20.000. C) ponta do cone no estágio IX 7.500x. D) trato do cone e pigmentos apontados com a seta no estágio IX 2.000x. E) rabdômeros envolvidos com pigmentos das células pigmentares secundárias (seta fina) e células retinulares (seta larga) no estágio IX 1.2000x. F) microvilos dos rabdômeros no estágio IX 15.000x. G) microvilos dos rabdômeros no estágio IX 100.000x. H) microvilos dos rabdômeros e pigmentos apontados com a seta 40.000x. A) a G) os cortes são longitudinais e H) corte transversal. Abreviaturas: COP = ponta do cone, COT = trato do cone, R = rabdômero, MF = microvilos.	73
Figura 39- Eletromicrografia de olho de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> TEM. A) ponta do cone no estágio X 2.500x. B) ponta e trato do cone no estágio X 4.000. C) rabdômero e pigmentos apontados com a seta no estágio X 12.000x. D) células globosas apontadas com a seta no estágio X 5.000x. E) cone cristalino no estágio XI 3.000x. F) cone cristalino no estágio XI 10.000x. G) rabdômeros e pigmentos apontados com a seta no estágio XI 10.000x. H) células retinulares numeradas e rabdômeros no estágio XI 2.000x. As Figuras A, B, C, D, E, G os cortes são longitudinais e F e H os cortes são transversais. Abreviaturas: CO = ponta do cone, COT= trato do cone, C = cone cristalino, R= rabdômero.	74

LISTA DE ABREVIATURAS

ADUL= adulto
CC= Células corneagênicas
CO= Célula cone
COP= Ponta do cone
COT= Trato do cone
D= Dendritos
DC= Célula pigmentar distal
ENDO= Endopodito
ESTAT= Estatocisto
EXO= Exopodito
FL = Flagelo antenal
JUV= Juvenil
LU= lume
MEV= Microscopia eletrônica de varredura
MF= Microvilos
MR= Mecanorrecepção
MT= mecanorreceptor terminal
P. ENDO= Pedúnculo endopodal -antena
PE= Pedúnculo antenular
PI = Processo incisivo
PL= Pós-larva
PM = Processo molar
PROTO= Protopodito maxila
QM = Quimiorrecepção
R= Rabdômero
RP= pigmento reflectante de células retinulares
SB= Septo basal
T= Telso
URO= urópodo

RESUMO

Os crustáceos dispõem de estruturas sensitivas que permitem receber estímulos do meio. Estes são usados para localizar e capturar o alimento. As estruturas de quimiorrecepção e mecanorrecepção são reconhecidas como os principais sentidos usados pelos crustáceos decápodos para identificação de partículas alimentares. O *Macrobrachium rosenbergii* é uma espécie que passa por uma fase planctônica e outra bentônica, faz grandes migrações a favor ou contra a corrente conforme a fase do ciclo de vida ou estágio fisiológico e muda o hábito alimentar de carnívoro à onívoro. Portanto, deve apresentar mecanismos de percepção dos estímulos do meio, que se modificam ao longo do desenvolvimento. Assim, a hipótese levantada nessa pesquisa foi que *M. rosenbergii* apresenta estruturas sensitivas na superfície do corpo e apêndices, que se modificam desde a eclosão da larva até a fase adulta. O objetivo deste trabalho foi pesquisar a ocorrência de estruturas sensitivas ao longo do desenvolvimento ontogenético de *M. rosenbergii*. A pesquisa ocorreu no setor de carcinicultura do CAUNESP. As larvas e pós-larvas foram coletadas de larvicultura sob sistema fechado dinâmico segundo Valenti (1998) e os juvenis e adultos dos sistemas de cultivo do setor. Os animais foram fixados com Karnovsky e dissecados. De cada animal, retiraram-se as antênulas, as antenas, as maxilas, as placas mandibulares, os três maxilípedes e os olhos para possibilitar a observação dos apêndices e as estruturas sensitivas. Os apêndices e olhos foram metalizados e fotodocumentados em microscópio eletrônico de varredura. Os olhos também foram analisados com técnicas de

microscopia eletrônica de transmissão e técnica de rotina para análises histológicas segundo Behmer (2003). Identificaram-se setas sensitivas em todos os estágios larvais, pós-larva, juvenil e adulto. Elas distribuem-se em todos os apêndices dissecados com uma intensa variedade morfológica. Apresentam padrão morfológico típico de setas sensitivas, com orifício basal, haste setal e/ou anéis. Foram encontrados 7 tipos de setas nos apêndices :simples, plumosas, paposas, serratas, serrulatas, estetos e setas com pontas repicadas. O olho de ***M. rosenbergii*** foi classificado como composto é formado de várias unidades ópticas independentes chamadas omatídeos. A porção dióptrica contém uma córnea. Por baixo da córnea se encontra o cone cristalino. Em seguida há um círculo de células retinulares com borda diferenciada chamada rabdômero. As células retinulares são envolvidas por células pigmentares. Os omatídeos de ***M. rosenbergii*** apresentaram todas as camadas da região dióptrica em todos os estágios larvais até PL. As larvas de ***M. rosenbergii*** eclodem com um aparato de estruturas sensitivas que permite a percepção de estímulos químicos, táteis e luminosos. Estes devem desempenhar papel importante na estratégia de sobrevivência da espécie no meio ambiente.

Palavras chaves: ***Macrobrachium rosenbergii***, quimiorreceptores, mecanorreceptores, olho.

ABSTRACT

The crustaceans dispose of sensitive structures that allow them to receive stimuli from environment. These are used to locate and capture food. Chemoreception and mechanoreception are known as the main senses used by the decapod crustaceans to identify food particles. The Macrobrachium rosenbergii is a species that goes through a planktonic and a benthonic phase performs great migrations against or within the current depending on the life cycle phase or physiological stage and changes its feeding habits from carnivorous to omnivorous. Thus, it should present perception mechanisms of environment stimuli that are modified during development. Therefore, the hypothesis brought up in this research was that the M. rosenbergii presents sensitive structures on the surface of the body and appendices that change from since the hatching of the larva up to the adult phase. The object of this paper was to research the occurrence of the sensitive structures during the ontogenetic development of the M. rosenbergii. The research was performed at the carciniculture sector of the CAUNESP. The larvae and post larvae were collected from larvae culture under a closed dynamic system according to Valenti (1998) and the young and adult larvae from the cultivating systems of the sector. The animals were set with Karnovsky and dissected. From each animal the antennules, the antennae, the maxillae, the mouthpiece plates, the three maxillipeds and the sensitive structures. The appendices and eyes were metalized and photo documented by way of electronic transmission techniques and routine techniques for histological analysis according to Behmer (2003). Sensitive setae were identified in all larval stages, post larval, young and adult. They are distributed in all of the dissected appendices with

Intense morphological variations. They present. They present typical morphological pattern of the sensitive setae, with basal socket, setae stem and/or rings. Seven types of setae were found in the appendices: simple, plumose, pappose, serrate, serrate, esthete, and setae with pricked tips. The eye of the M. rosenberggi was classified as a compound and is formed by several independent optical units called ommatidias. The dioptric portion contains a cornea. Under the cornea the crystal cone is found. After, there is a circle of retinular cells with a differentiated border called rhabdomere. The retinular cells are involved by pigmentary cells. The ommatidias of the M. rosenbergii present all of the layers of the dioptric region in all of the larval stages up to PL. the larvae of the M. rosenbergii hatch with an apparatus of sensitive structures that allow chemical, tact and luminous perception stimuli. These structures should perform an important role in the survival strategy of the species in the environment.

Keywords: Macrobrachium rosenbergii, chemoreceptors, mechanoreceptors, eye.

1. INTRODUÇÃO

O potencial aquícola do Brasil é grande, entretanto a aquicultura ainda é tímida. O país tem cerca de 12% da água doce disponível no planeta, incluindo 5,5 milhões de ha de águas represadas (Scorvo Filho, 2004). Os principais setores da aquicultura são: piscicultura de água doce, carcinicultura marinha, mitilicultura, ostreocultura, carcinicultura de água doce e ranicultura (Valenti, 2000).

O cultivo de camarões de água doce é um dos setores da aquicultura que mais cresce no mundo. Essa atividade é considerada promissora e de pequeno impacto ambiental (Valenti, 2002, 2004; New, 2005). Em 2001 a produção foi de aproximadamente 300.000t com um movimento de mais de US\$ 1 bilhão. Os maiores produtores de camarão de água doce, em 2001, estavam na Ásia, como China, Índia, Vietnã, Tailândia, Taiwan e Bangladesh, sendo a liderança exercida pela China, com uma produção de mais de 128.300 t de *M. rosenbergii* (New, 2005).

A produção de camarão de água doce no Brasil ainda é pequena, considerando-se o potencial aquícola do país. Em 2001, a produção de *Macrobrachium rosenbergii* foi estimada em 400 toneladas pelo Grupo de Trabalho em Camarões de Água Doce (GTCAD) (Valenti, 2002). Em 2003, ficou ao redor de 220 toneladas (Moraes-Riódades, 2004). Atualmente, o cultivo desta espécie ocorre em 350 pequenas propriedades, entre 0,2 e 2,0 hectares, distribuídas em 16 estados brasileiros, sendo um terço da produção concentrada no Espírito Santo (Moraes-Riódades, 2004).

O *M. rosenbergii* possui muitas características biológicas para a criação comercial. Reproduz-se com facilidade em cativeiro, apresenta um tamanho grande

com rápido crescimento, alta fecundidade, rusticidade e resistência a doenças. Além disso, possui excelente valor comercial.

O cultivo do ***M. rosenbergii*** compreende três fases distintas: larvicultura, berçário e crescimento final. A larvicultura compreende a obtenção e o desenvolvimento das larvas até completarem a metamorfose em pós-larvas (PL). Nesse período, as larvas passam por 11 estádios de zoea até a metamorfose, atingindo, então, a fase de pós-larva (Uno e Kwon, 1969). A larvicultura é realizada em água com salinidade entre 12 e 16 ‰. Na fase de berçário, as PL são pré-estocadas em tanques ou viveiros de água doce por 15 a 60 dias, atingindo o estágio de juvenil (Valenti, 2002). A fase de crescimento final é realizada em viveiros escavados e retangulares, medindo entre 0,1 e 0,5 ha. Estes, geralmente, são povoados com pós-larvas em densidade de 4 - 10 PL /m². Nessa fase, as pós-larvas são alimentadas com ração peletizada, contendo 30-40% de proteína e normalmente, a produtividade varia de 1 a 4,5 mil Kg/ha/ano (New e Singholka, 1985; Valenti, 1998; Valenti e Moraes-Riodades, 2004). Larvas são alimentadas com organismos vivos e dieta inerte, enquanto que juvenis e adultos recebem apenas dieta inerte. Em todas as fases, a alimentação é um dos principais itens entre os custos operacionais.

Na fase de larvicultura, o alimento vivo representa o item mais caro (Valenti e Moraes-Riodades, 2004). Náuplios de ***Artemia*** recém eclodidos constituem, geralmente, a dieta aceita, universalmente, como alimento vivo para larvas de peixe e camarão (New, 1995; Lavens et al., 2000; D'Abramo e New, 2000). Devido às suas características nutricionais, são imprescindíveis para a obtenção de taxas de sobrevivência satisfatórias na larvicultura de ***M. rosenbergii*** (Correia e Castro, 1998). Alguns autores afirmam que o uso de náuplios de ***Artemia*** é suficiente

para a produção de pós-larvas (Devresse et al., 1990; Lavens et al., 2000). No entanto, outros acreditam que estes não suprem todas as necessidades nutricionais das larvas nos últimos estágios de desenvolvimento e recomendam o fornecimento de dieta complementar (Valenti, 1998; Valenti e Daniels, 2000). A dieta complementar, capaz de proporcionar o desenvolvimento larval do *M. rosenbergii* com sucesso, deve satisfazer alguns requisitos: (a) ter consistência e flutuabilidade na coluna d'água para que a larva possa apreender e ingerir a partícula alimentar com mais facilidade, (b) ser atrativa, palatável e que satisfaça as necessidades nutricionais das larvas (Sorgellos e Léger, 1992; Lavens et al., 2000). Portanto, alguns autores tratam as larvas de *M. rosenbergii* como predadores estritos, enquanto que outros consideram uma mudança no hábito alimentar, nos últimos estágios. De qualquer forma, essas informações indicam que as larvas ampliam sua capacidade de explorar os recursos do meio ao longo do desenvolvimento.

A capacidade das larvas para perceber, capturar e digerir o alimento vivo ou inerte é um fator essencial para o seu desenvolvimento. Vários estudos realizados com crustáceos apontam que a predação ocorre por oportunidade de encontro com a presa (Ambler e Frost, 1974; Moller, 1978). Esse comportamento estaria relacionado ao hábito planctônico da larva. De um modo geral, os organismos do plâncton ficam à deriva da movimentação das águas, como as correntes, quer seja devido ao pequeno tamanho, quer seja pela relativa baixa capacidade de natação. Assim, fica mais difícil nadar ativamente em direção à presa. No entanto, muitos organismos do zooplâncton realizam migrações verticais diárias, apresentando, algum controle de sua posição vertical, mas são incapazes de controlar sua distribuição horizontal, que é determinada pela dinâmica da movimentação das massas de água (Juan, 1997).

A posição dos organismos planctônicos na coluna d'água está relacionada principalmente ao fotoperíodo, à disponibilidade de alimento e à posição na cadeia trófica (Juan,1997). A quantidade de plâncton diminui com o aumento da profundidade. Por essa razão, uma determinada espécie zooplanctônica se beneficiará ascendendo à noite para as camadas mais superficiais, onde encontrará uma alimentação mais rica. Alguns zooplanctontes efetuam migrações verticais relacionadas à alternância dia/noite, ocorrendo em maiores concentrações nas regiões próximas à superfície, durante o período noturno e, junto ao fundo, durante o período diurno (Juan,1997). No entanto, a migração vertical não é obrigatória. Em um mesmo grupo taxonômico, algumas espécies podem exibir comportamento migrador com amplitudes, que variam de mm a km, enquanto outras não variam a sua posição na coluna de água durante o ciclo diário (Juan,1997). Os organismos buscam uma posição espacial mais favorável para sua sobrevivência. Áreas com maior concentração de alimentos evitam gastos energéticos para capturá-los.

Os crustáceos dispõem de estruturas sensitivas que permitem receber estímulos do meio. Estes são usados para localizar e capturar o alimento. Na cabeça, encontram-se órgãos dos sentidos como as antenas e os olhos (Barnes, 1998). Segundo Ache (1982), quimiorrecepção e mecanorrecepção são reconhecidos como os principais sentidos usados pelos crustáceos decápodos para identificação de partículas alimentares. Eles possuem os quimiorreceptores antenulares, descritos como órgãos do olfato, e os dáctilos e peças bucais, como órgãos de tato. Os quimiorreceptores antenulares identificam odor a certa distância, despertando comportamento de apetite e orientando o animal em direção ao alimento. Os quimiorreceptores dos dáctilos e peças bucais, em contraste, mediam a detecção de estímulos próximos ou, em contato com o recurso, desencadeiam um

processo de ingestão ou rejeição. Laverack (1988) propôs, com base principalmente na anatomia de determinados estruturas de moluscos, crustáceos e insetos, que se considere o paladar como um sentido combinado, com sensores químicos e mecânicos ativos na mesma estrutura terminal. O olfato deve ser considerado como o sentido através do qual, os sinais químicos são recebidos por um determinado conjunto de receptores.

Não foram encontrados na literatura estudos que descrevam órgãos sensitivos em ***M. rosenbergii***. No entanto, esta é uma espécie que passa por uma fase planctônica e outra bentônica, ocorrendo em água salobra e doce (Ling, 1969), faz grandes migrações a favor ou contra a corrente conforme a fase do ciclo de vida ou estágio fisiológico (Ismael e New, 2000) e muda o hábito alimentar de carnívoro à onívoro (Jones et al. 1997). Portanto, deve apresentar mecanismos de percepção dos estímulos do meio, que se modificam ao longo do desenvolvimento. Assim, a hipótese levantada nessa pesquisa foi que ***M. rosenbergii*** apresenta estruturas sensitivas na superfície do corpo e apêndices, que se modificam desde a eclosão da larva até a fase adulta.

O objetivo deste trabalho foi pesquisar a ocorrência de estruturas sensitivas ao longo do desenvolvimento ontogenético de ***M. rosenbergii***. Estes foram descritos quanto à morfologia e sua função foi associada ao comportamento e hábito alimentar. Pretende-se com isso fornecer subsídios para o estabelecimento de instalações e programas de manejo mais adequadas para o cultivo dessa espécie. O conhecimento dos mecanismos pelos quais estes camarões recebem estímulos do meio permite criar condições para reduzir o estresse e facilitar a captura e ingestão do alimento, melhorando o bem estar dos animais e aumentando a produtividade.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. As especializações da cutícula

Os crustáceos possuem estruturas especializadas no corpo e extremidades denominados setas. Estas são proeminências cuticulares, apresentando uma haste com diversos formatos e tamanhos. Essas estruturas do tegumento atuam em uma variedade de funções vitais, incluindo locomoção, alimentação, recepção sensorial e limpeza (Felgenhauer, 1992; Ruppert e Barnes, 1996; Anger, 2001).

O termo seta é usado para descrever uma larga gama de estruturas morfológicas, de espinhos robustas e escamas a hastes finas de setas armadas com sétulas delicadas (Felgenhauer, 1992). Várias características morfológicas podem ser compartilhadas por todos os tipos de setas. De acordo com Felgenhauer (1992) e Lavalli e Factor (1992), essas características são marcadas pela presença ou ausência das seguintes estruturas: a- anéis: endentações cuticulares que circundam a porção externa da haste setal; b- septo basal: regiões obstruídas na base da haste setal, normalmente localizadas um pouco acima da articulação basal do orifício setal, podendo estar presentes ou ausentes, dependendo das funções da seta. c- poros de ápices: aberturas no término da haste setal que permitem comunicação entre o lúmen setal e o ambiente.

As setas podem funcionar como mecanorreceptores ou quimiorreceptores (Felgenhauer e Abele, 1983; Derby, 1989; Brusca e Brusca, 2003). No entanto, a maioria é bimodal mecano-quimiorreceptores, combinando as características anatômicas e funções dos dois tipos (Derby, 1989). Outros sensores monitoram os movimentos e as posições de suas próprias juntas (próprio-

receptores). As maiores concentrações de sensores tegumentários são encontradas nas antênulas, antenas, apêndices bucais e pereiópodos, onde os encontros com o alimento e substrato são mais freqüentes (Anger, 2001).

Estudos das estruturas sensitivas de crustáceos mostram capacidade de quimiorrecepção e mecanorrecepção. Geralmente, o objeto de estudo são os adultos, sendo escassa a literatura para larvas. Lavalli e Factor (1992) estudou a lagosta *Homarus americanus* nos estágios larval, juvenil e adulto. Bauer (2004) avaliou as funções das estruturas sensitivas de carídeos adultos. Pohlee Telford (1981) descreveu diversos tipos de setas de zoea III e de megalopa do caranguejo *Dissodactylus crinitichlis*. Heinisch e Wiese (1987) determinaram a capacidade do camarão *Grangon grangon* de detectar sinais na água. Derby e Harpaz (1988) detectaram células quimiorreceptoras nos primeiros pereiópodos de *Macrobrachium rosenbergii*. Cash-Clark e Martin (1994) descreveram a ultraestrutura externa e interna de setas e possível função sensorial do camarão da família Lynceidae. Matthew et al. (2002) avaliaram a resposta alimentar da larva da lagosta *Jasus verreauxi* no estágio IV através da habilidade dos apêndices bucais e reação a estímulos químicos e táteis. Zenon et al. (2001) e Bauer (1999) descrevem a habilidade das setas na limpeza dos apêndices bucais e brânquias dos crustáceos.

A cutícula dos crustáceos apresenta setas modificadas com funções sensitivas. Felgenhauer (1992) destaca algumas como: os órgãos cuticulares articulados, órgãos de canal tipo funil, “hair-fan” e espinhos. Os órgãos cuticulares articulados são um grupo de setas, tipo estaca, de aproximadamente 20–50 µm em comprimento e são arranjados numa disposição nos pereiópodos e apêndices bucais. Provavelmente, funcionam como mecanorreceptores e/ou próprio-receptores. Os órgãos de canais tipo funil são setas de formato de cúpula que funcionam como receptores mecânicos

de estresse. Os órgãos “hair-fan” detectam vibrações de baixa frequência e têm sido comparados com o sistema de linha lateral dos peixes. Os espinhos não são articulados e têm uma base que é normalmente não tão larga quanto comprida. Não importando seu tamanho ou forma, um espinho não tem orifício.

Mauchline et al. (1977 apud Felgenhauer, 1992) descreveram dois tipos de seta que são evidentemente singulares aos camarões carídeos meso e batipelágicos: um órgão tipo ramalhete e várias setas de escamas tegumentares. Este órgão em forma de ramalhete, localizado numa depressão no exoesqueleto, consiste de um grupo de setas tubulares de finais abertos e é considerado morfologicamente um quimiorreceptor. As escamas são orientadas na mesma direção e são localizadas, primariamente, na superfície dorsal do tegumento com um poro associado que tem um formato distinto.

O estatocisto é uma estrutura comum nos decápodos (Ruppert e Barnes, 1996). Estão localizados no segmento basal das primeiras antenas. O saco sempre se abre para o exterior e a abertura pode ser fechada ou parcialmente fechada por cerdas. O revestimento do estatocisto é descartado junto com o estatolito em cada muda, pois trata-se de uma invaginação ectodérmica. Várias fileiras de setas sensoriais encontram-se ao longo do assoalho do saco com os quais o estatolito conecta-se diretamente ou mantêm-se em contato intermitente. Estas surgem de células receptoras na parede do saco, as quais são inervadas por um ramo do nervo antenular.

2.2. Mecanorreceptores

Os mecanorreceptores percebem correntes de água, contatos mecânicos com alimentos ou organismos predadores. Os mecanorreceptores cuticulares e supra-cuticulares são encontrados na superfície do corpo dos crustáceos (Ruppert e Barnes, 1996; Anger, 2001). Vários tipos de órgãos receptores musculares e outros tipos de sensores próprio-receptivos estão localizados dentro do corpo, primariamente monitorando movimentos e a postura dos músculos e elementos esqueléticos. A maioria dos conhecimentos existentes foi obtida de crustáceos adultos, mas a evidência disponível sugere que a maioria dos órgãos já está presente e é estruturalmente similar nos estágios larvais (Anger, 2001).

As setas mecanorreceptivas são classificadas em vários tipos e apresentam uma constituição própria. Elas normalmente têm um orifício móvel na base e vários outros componentes cuticulares que são produzidos por células que as envolvem. A morfologia externa das setas mecanorreceptivas pode ser bastante variável. Neurônios bipolares, geralmente, enervam estas setas localizadas entre a hipoderme a alguma distância da invaginação da seta externa. (Lavalli e Factor, 1992; Felgenhauer, 1992; Anger, 2001).

Nishida e Kittaka (1992 apud Anger 2001) descreveram a morfologia e localização de sete tipos diferentes de mecanorreceptores tegumentais nas larvas filosoma em estágio final da lagosta espinhosa, ***Jasus edwardsii***. Comparação realizada com a estrutura dos receptores adultos sugere que órgãos sensoriais na superfície dorsal de larva cefalosoma funcionam como sensores de correntes. De modo geral, o número de setas aumenta durante o curso do desenvolvimento larval,

mas podem ser alguns órgãos larvais específicos. Nestes casos, desaparecem ou mudam sua forma depois da metamorfose (Laverack, 1988).

Os maxilípedes são os apêndices de alimentação mais importantes nas larvas de decápodes e mostram a mais alta densidade de sensores mecano e quimiorreceptivos (Anger, 2001). Cada sensor é enervado pelo menos por um neurônio. Nos estatocistos foram contados até cerca de 350 neurônios. O sistema nervoso central desenvolve um número crescente de junções novas apropriadas como consequência do número crescente de receptores e novos axônios (Anger, 2001).

2.3. Quimiorreceptores

Os quimiorreceptivos podem ser distinguidas pela presença ou ausência de poros de ápice. A comunicação entre o ambiente e os microtúbulos no receptor pode ocorrer por meio de poros abertos ou por meio de uma cutícula muito fina. Outros quimiorreceptores são comumente encontrados nos maxilípedes e outras peças bucais e nos dactílos dos pereiópodos, alguns desses respondendo a mudanças na salinidade (Anger, 2001). O septo basal pode estar ou não presente na seta quimiorreceptiva, porque impediriam os dendritos de atravessar a haste setal que normalmente termina perto do poro do ápice (Felgenhauer, 1992).

Entre as setas quimiorreceptoras sem poro apical, os estetos são quimiorreceptores encontrados na maioria dos crustáceos. São estruturas com segmentos longos, com anel, lisos e tubulares. Geralmente estão presentes em fileiras nas primeiras antenas, sendo os pereiópodos e as antenas locais importantes

para a recepção da informação ambiental. Os estetos encontram-se, comumente, bem desenvolvidos e ajudam na localização do alimento (Ruppert e Barnes, 1996).

As características morfológicas de cada tipo de seta propostas por Felgenhauer (1992) e Lavalli e Factor (1992) estão discriminadas abaixo.

Simples - São hastes lisas sem armadura, normalmente terminando numa ponta afiada. Anéis podem estar ou não presentes. Um poro no ápice pode estar ou não presente. Estas setas também podem ser bem robustas e exibirem uma base muito mais larga assentada no orifício profundo. Têm sido reportadas em todo o tegumento de decápodes.

Plumosa - Têm duas filas distintas de sétulas normalmente delicadas e longas, cujas inserções são sempre diretamente opostas uma da outra na haste setal. Estas sétulas podem ser largamente espaçadas no comprimento da haste ou, mais comumente, densamente amontoadas. As sétulas normalmente formam um ângulo de 180 graus com a haste.

Paposa – São, na maior parte, setas delicadas com sétulas longas e finas que podem estar dispostas num padrão de alternância ou arranjadas aleatoriamente ao longo da haste setal. As sétulas aleatoriamente arranjadas são normalmente mais robustas e numerosas. As sétulas nunca estão opostas uma à outra como na plumosa e nas setas serrata.

Serrata - São normalmente robustas com sétulas fortes em forma de dentes, diretamente opostas uma da outra. As sétulas normalmente se iniciam a dois terços distais da haste setal.

Serrulata - Elas diferem da serrata, pois são menores e tem mais sétulas de menor robustez, que podem ser uniformes na sua colocação ou arranjadas de maneira aleatória ao redor haste setal.

Multidenticulata - Normalmente têm hastes longas e delicadas armadas intensamente com escamas dentais. Estas inserem-se aleatoriamente ao redor da haste setal e se projetam para fora desta num pequeno ângulo. A natureza forte e a colocação do ângulo das microescamas fazem com que estes tipos de seta sejam excelentes limpadores. São comumente encontradas armando o escafognatito da segunda maxila, onde terminam em gancho.

Plumodenticulata - Uma combinação de setas plumosas e sétulas denticuladas. Estas são comumente encontradas nos apêndices de natação dos decápodes natantes.

2.4. Sistema visual

O sistema visual dos crustáceos é constituído por olhos compostos que contêm milhares de unidades ópticas, chamadas de omatídeos (Brusca e Brusca, 2003). Cada omatídeo está coberta com uma córnea, células corneagênicas, cone cristalino e os rabdômeros (Castillo, 1986). A superfície córnea é com frequência

convexa, resultando em um amplo campo visual. Isso vale particularmente para os olhos compostos com haste nos quais a córnea pode cobrir um arco de 180° ou mais. O número de omatídios varia enormemente. Os olhos compostos são em geral altamente desenvolvidos (Ruppert e Barnes, 1996; Anger, 2001). Crustáceos com olhos compostos bem desenvolvidos, como alguns camarões e caranguejos, exibem certa capacidade para discriminar a forma e o tamanho.

Segundo Martin (1992), cada omatídeo é uma unidade alongada que consiste, tipicamente, de uma lente córnea, um cone cristalino, oito células retinulares ou fotorreceptores e duas células pigmentares. As células fotorreceptoras possuem o núcleo localizado logo abaixo do trato cristalino e, do total de oito células, sete fotorreceptores formam um grande rabdome fusiforme com camadas alternadas de microvilos horizontais e verticais. O oitavo fotorreceptor forma um rabdômero distal separado, sendo constituído somente por microvilos horizontais. O rabdome é um elemento refringente localizado no eixo omadital, sendo uma parte importante da retina.

O pedúnculo óptico é uma estrutura que contém o olho composto, os gânglios ópticos (lâmina ganglionar, medula externa e medula interna), órgãos neurosecretores e, para a maioria dos crustáceos, componentes do protocérebro lateral (medula terminal e corpo hemielipsóide). A lâmina ganglionar é o gânglio que está situado imediatamente após a retina, sendo seguida pela medula externa e pela medula interna, respectivamente.

A morfologia do olho de camarão penaeídeo foi estudada por Belly e Lightner, (1988). Suárez et al. (1996) descreveram a morfologia do pedúnculo ocular de camarão adulto ***Penaeus chmitti*** e ***Penaeus notialis***. O'Neill et al. (1995) estudaram o olho do camarão adulto ***Rimicaris exoculata***. Gaten e Herring (1995)

compararam a morfologia do olho de larva e juvenil de camarão do gênero ***Oplophorid***. Marshall e Oberwinkler (1999) investigaram a visão do camarão marinho ***Neogonodactylus oerstedii***. Díaz et al. (1995) avaliaram a acuidade visual de juvenis de caranguejo de mangue ***Aratus pisonii*** e ***Chalorodiella longiman*** e pós-larva de ***A. pisonii*** para atração de áreas de refúgio e evitar área de predadores.

Cohen et al. (1979) estudaram a resposta de adultos de ***M. rosenbergii*** a estímulos visuais. O pedúnculo óptico de pós-larvas de ***M. rosenbergii*** foi avaliado por Bressan, (2003). Moller (1978) avaliou a resposta visual em relação a estímulos visuais para pós-larva de ***M. rosenbergii***.

2.5. Ecologia do plâncton e do bentos

O Zooplâncton é constituído pelos organismos planctônicos heterotróficos. Entre o zooplâncton marinho e estuarino podem ser reconhecidos organismos pertencentes à grande maioria dos filos do reino animal. A distribuição do zooplâncton está relacionada às condições ambientais e de turbulência da água. Os organismos do zooplâncton podem passar toda sua vida como formadores do plâncton e são chamados de holoplanctônicos. Outros animais compõem o plâncton apenas nos estágios larvais; são chamados de meroplanctônicos. Este é o caso de ***M. rosenbergii***, que passa a fase larval no plâncton estuarino e, após a metamorfose em pós-larva, adquire hábito bentônico e migra para água doce (Valenti, 1986).

A migração vertical diária é uma das características comportamentais mais importantes do zooplâncton. Geralmente é marcada por subida à noite e descida durante o dia (Juan,1997). As migrações verticais surgem em resposta a diferentes fatores. Pode-se citar as condições físico-químicas do meio como luz,

temperatura e correntes. Animais conservam energia permanecendo no fundo, em águas mais frias, durante o período que não estão se alimentando. A permanência no escuro minimiza o risco de predação. Outro fator são as preferências alimentares. A exposição a novas condições de alimentação ocorre em diferentes escalas, desde mm até km (Juan,1997). Essas migrações verticais podem ocorrer em grandes distâncias e diferentes velocidades. O copépodo do gênero ***Calanus***, um dos organismos mais abundantes do zooplâncton, apresenta migração ascendente de 15 metros por hora. Outro copépodo que mede menos de um milímetro, desloca-se a uma velocidade de nove metros por hora. A migração vertical descendente é mais rápida. O ***Calanus*** pode descer 47 metros em uma hora (Juan,1997).

Os organismos bentônicos são aqueles associados ao substrato do fundo. Estes podem caminhar sobre o fundo ou enterrar-se. ***M. rosenbergii*** caminha, usando os pereiópodos, ou nada junto ao fundo, usando os pleópodos (Ismael e New, 2000). Além disso, apresenta um comportamento de fuga errática, dobrando vigorosamente o abdômen e impulsionando a água com o leque caudal (Pinheiro e Hebling, 1998).

A distribuição dos organismos bentônicos depende principalmente do tipo de substrato, incidência de luz, temperatura e disponibilidade de oxigênio (Tidwell e D'abramo, 2000; Boyd e Zimmermann, 2000). ***M. rosenbergii*** na fase de pós-larva costuma ocupar também posição vertical, agarrado a qualquer substrato, como troncos, folhas e plantas aquáticas (Wagner Valenti, 2006, comunicação pessoal). À medida que se torna juvenil e adulto, preferem ficar entocados e ocorre disputa por abrigos (Zimmermann e Sampaio, 1998). Além disso, apresenta hierarquia social (Karplus et al., 2000).

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Cultivo e manutenção dos camarões

As larvas foram provenientes de fêmeas ovadas de *M. rosenbergii*, com ovos em fases finais de desenvolvimento, foram capturadas do viveiro de reprodutores do Setor de Carcinicultura do CAUNESP. Cada fêmea foi levada ao laboratório e colocada em caixa de polietileno, pintada de preto com uma extremidade branca, contendo cerca de 20L de água salobra. A aeração foi mantida com auxílio de pedras porosas ligadas ao sistema de aeração do laboratório. Quando foi constatada a presença de larvas nas caixas de polietileno foi colocada uma luminária na extremidade branca para atraí-las, pois elas migram em direção a luz, devido à fototaxia positiva.

A larvicultura foi conduzida em sistema fechado dinâmico, segundo Valenti (1998). Os tanques cônicos e paredes de cor preta com 120 litros foram enchidos com água salobra 12‰. A densidade de estocagem foi de 80 larvas/L. Havia um filtro biológico e um mecânico para cada tanque. A água utilizada foi filtrada com filtros de 5 mm e 1 mm. O fotoperíodo foi de 12 horas de luz.

As variáveis da água de cultivo foram avaliadas diariamente e mantidas segundo Valenti et al. (1998). O oxigênio dissolvido na água foi mantido próximo à saturação por meio do sistema de aeração de cada tanque. A temperatura foi mantida a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ por meio de termostatos/aquecedores e medida por um termômetro de mercúrio graduado de 0 a 60°C , às 8:00 e 15:00 horas. O nitrito e amônia foram verificados por kits colorimétricos, o oxigênio dissolvido, determinado pelo oxímetro YSI modelo 55 e a salinidade e pH pela sonda multiparâmetros YSI modelo 63.

As larvas foram alimentadas durante todo o ciclo com náuplios de **Artemia**, e a partir do estágio VII, acrescentou-se ração inerte. Para obter os náuplios, os cistos foram hidratados e então colocados para eclodir em garrações cônicas de fibra de vidro com capacidade para 20L. Estes foram enchidos com água salobra 25‰, segundo recomendações do fornecedor. A aeração e a iluminação foram mantidas constantes durante todo o processo de eclosão dos náuplios. O ar foi fornecido por seis pedras porosas distribuídas duas no centro e quatro junto às paredes do garrafão. A quantidade de luz foi de 1000 lux, que se obteve com duas lâmpadas fluorescentes de 20 W, instaladas próximos aos garrações.

A ração úmida ou creme de ovos foi preparada e fornecida para as larvas segundo Valenti (1998). A ração foi composta de ovos (34%), lula (10%), filé de peixe (10%), leite em pó (4%), farinha de trigo (2%), óleo de fígado de bacalhau (0,80%), mistura vitamínica¹ (0,70%), mistura mineral² (0,70%), água (37%). A análise bromatológica da ração com base em 100% de matéria seca era: proteína bruta (45,07%), extrato etéreo (22,55%), fibra bruta (0%), extrativo nitrogenado (23,55%), matéria mineral (8,83%), matéria seca original (18,29%), energia bruta (Kcal.Kg⁻¹ 4989,20).

Os ingredientes foram pesados em balança digital, homogeneizados em liquidificador e cozidos em banho Maria por 30 minutos em fogo brando. Após esfriar, foi pesado em porções de 0,5 a 10g, embalados individualmente em sacos plásticos e congelados a -18°C. Na hora do fornecimento da ração para as larvas, as porções necessárias eram passadas em peneiras granulométricas de 425 a 710 µm.

As pós-larvas foram mantidas em berçários até a fase de juvenil, quando foram coletadas. Os tanques da fase de berçário tinham capacidade de 1000L. A densidade de estocagem foi de 6 Pós-larvas/L. O sistema de cultivo foi

fechado dinâmico e o filtro biológico foi mantido dentro do tanques. O oxigênio dissolvido na água foi mantido por meio do sistema de aeração de cada tanque. Os animais foram alimentados com ração comercial com 38% de proteína. A temperatura foi mantida a $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por meio de termostatos/aquecedores. Os juvenis analisados tinham 5 semanas.

Os camarões adultos foram retirados de viveiros de crescimento final. Os animais foram estocados em densidade de 8 ind./m² em viveiros escavados com 1m de profundidade média. A renovação da água foi ao redor de 10% ao dia. O alimento ofertado foi ração comercial com 35% de proteína. Os animais analisados tinham em média 15,5 cm e já apresentavam características sexuais secundárias. Foram analisados machos e fêmeas.

3.2. Coleta, fixação e dissecação dos animais

O desenvolvimento larval foi acompanhado segundo UNO & KWON (1969) no laboratório de carcinicultura do CAUNESP. Os juvenis e adultos foram coletados de tanques e viveiros do Setor de Carcinicultura do CAUNESP, do Instituto de Pesquisa Agropecuária de Pernambuco e da Escola Federal Agrotécnica de Colatina. Os animais foram observados sob estereomicroscópio. Foram realizadas cinco coletas. Em cada, foram coletados 10 animais para cada estágio larval, 10 pós-larvas e 10 juvenis. O adultos foram 6 no total.

Os animais foram cuidadosamente colocados em frascos plásticos com Karnovsky e conservadas em geladeira por 24 horas. Em seguida foram lavados e armazenados em tampão cacodilato de sódio 0,1M.

Os animais foram dissecados sob estereomicroscópio. De cada animal, retirou-se as antênulas, as antenas, as maxilas, as placas mandibulares, os três

maxilípedes e os olhos para possibilitar a observação dos apêndices e as estruturas sensitivas. Estes apêndices foram retirados da região posterior para a anterior um a um.

3.3. Microscopia eletrônica de varredura

Apêndices e olhos foram processados nos Laboratórios de Microscopia Eletrônica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, no Campus de Jaboticabal, e da Universidade de São Paulo, no Campus de Ribeirão Preto. A pós-fixação dos apêndices e olhos foi realizada em solução de tetróxido de ósmio por duas horas, e desidratados em série crescente de álcool etílico de 30% a 100 % e seco em secador de ponto crítico TOUSIMIS 780-A. Os apêndices e olhos de todos os estágios de vida foram metalizados e fotodocumentados em microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM – 5410 e JEOL 5.200.

3.4. Microscopia eletrônica de transmissão

Dentre as estruturas coletadas os olhos foram analisados com técnicas de microscopia eletrônica de transmissão. Para tanto o material foi fixado com Karnovsky e conservado em geladeira por 24 horas. Em seguida foram lavados e armazenados em tampão cacodilato de sódio 0,1 M. O material foi pós-fixado em solução de tetróxido de ósmio a 1%, por duas horas, e desidratados em série crescente de álcool etílico de 30% a 100 %. Depois dessa etapa, o resíduo de água foi retirado com óxido de propileno.

Os olhos foram infiltrados e incluídos com resina epox. Os cortes semi-finos (0,5 μm) foram corados com azul de toluidina. A contrastação dos cortes ultra-finos (60 nm) foram feitos com acetato de uranila e citrato de chumbo.

3.5. Microscopia óptica

Secções do olho de *M. rosenbergii* foram preparadas seguindo-se a técnica de rotina para análises histológicas segundo Behmer (2003). O material foi desidratado em série crescente de álcool etílico de 30% a 100% e diafanizado em xilol para posteriores rotinas de inclusão em parafina. Os cortes obtidos foram corados com Hematoxilina-Eosina (HE).

3.7. Sistematização dos resultados

Os resultados apresentados referem-se a investigações de zoea I a adulto. Estão apresentados por apêndices descrevendo evoluções ao longo da ontogênese. Quando a morfologia foi igual em diversos estágios só foi apresentada uma representação da estrutura.

A classificação das setas ocorreu por meio de observações da morfologia externa e baseia-se naquela utilizada por vários autores que estudaram crustáceos (Felgenhauer, 1992; Lavalli e Factor 1992; Bauer, 1999; Zenon et al., 2001). As setas quimiorreceptoras apresentam como características peculiares o orifício apical e/ou revestimento com cutícula fina.

4. RESULTADOS

4.1. Estruturas sensitivas do exoesqueleto do corpo e apêndices

O camarão de água doce *M. rosenbergii* apresenta um desenvolvimento larval composto de 11 estágios zoeais. Após o estágio XI, a larva sofre metamorfose em pós-larva (PL), depois passa para a fase juvenil e adulto. A duração de cada zoea oscila entre 1 a 2 dias até o estágio VII e, a partir de então, de 4 a 5 dias até PL. Durante esse prolongado período larval, as zoeas crescem e surgem apêndices no seu corpo. As principais características morfológicas das larvas em cada estágio são apresentadas na Tabela 1 e Figura 1.

O *M. rosenbergii* apresenta o corpo dividido em cefalotórax e abdome. Estes são dotados de apêndices birremes, ou seja, com um ramo externo chamado exopodito e um interno endopodito. Os apêndices estudados nesse trabalho localizam-se no cefalotórax e já estão presentes desde a zoéa I. Foram avaliados as antênulas, antenas, placa mandibular, maxilas e os três maxilípedes. As antênulas e antenas são apêndices longos, multi-segmentados que saem do corpo pelos segmentos proximais dos pedúnculos antenular e antenal, respectivamente. As mandíbulas não possuem setas e são seguidas pelas maxílulas e maxilas. Os maxilípedes são os três primeiros pares de apêndices torácicos. O primeiro maxilípede é alargado enquanto que os outros são pediformes. O terceiro maxilípede é maior que os demais.

Identificou-se setas sensitivas em todos os estágios larvais, pós-larva, juvenil e adulto. Elas distribuem-se em todos os apêndices dissecados com uma intensa variedade morfológica. Apresentam padrão morfológico típico de setas sensitivas, com orifício basal, haste setal e/ou anéis (Fig. 2). Foram

encontrados 7 tipos de setas nos apêndices :simples, plumosas, paposas, serratas, serrulatas, estetos e setas com pontas repicadas.

Tabela 1. Principais características morfológicas das larvas e pós-larvas de *M. rosenbergii* (adaptado de Uno e Kwon, 1969).

ESTÁGIO LARVAL	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
ZOÉA I	Olho não pedunculado. O comprimento do corpo é aproximadamente 2 mm.
ZOÉA II	A larva aumenta pouco de tamanho e os olhos são pedunculados. O urópodo é ausente e o telso tem 8 pares de cerdas.
ZOÉA III	O comprimento do corpo é 2.2mm. Apresenta urópodo com exopodito ou endopodito já formados. O rostro tem um único espinho.
ZOÉA IV	Surgem dois espinhos no rostro como característica marcante em relação à última fase. Surgem vários cromatóforos no corpo
ZOÉA V	O telso fica estreito.
ZOÉA VI	Surgem os botões dos pleópodos. O comprimento da larva é 3.8mm.
ZOÉA VII	Os pleópodos apresentam exopodito e endopodito.
ZOÉA VIII	Os pleópodos apresentam cerdas que vão aumentando em comprimento.
ZOÉA IX	Os pleópodos apresentam cerdas no endo e exopodito. O flagelo antenal tem 10 segmentos.
ZOÉA X	O rostro apresenta 3 a 4 espinhos.
ZOÉA XI	O rostro apresenta mais de 7 espinhos. A larva nessa fase tem 7.8mm e passa aproximadamente 4 dias até a metamorfose.
PÓS-LARVA	Espinhos na região inferior e superior do rostro.

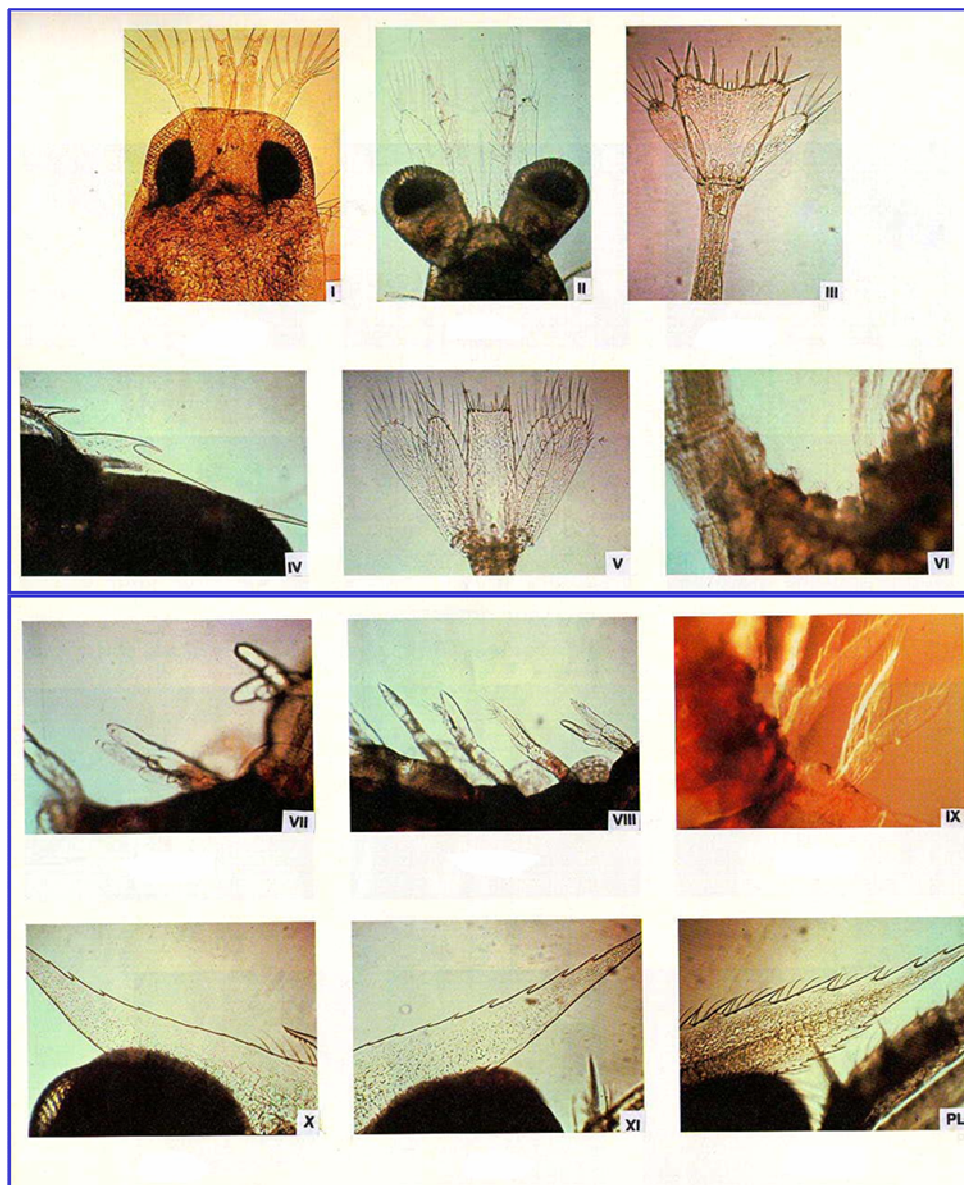


Figura 1. Principais características morfológicas das larvas e pós-larvas de *M. rosenbergii* (Fonte: New e Singolka, 1985).

Abreviadas: I a XI = estágios larvais; PL = pós-larva.

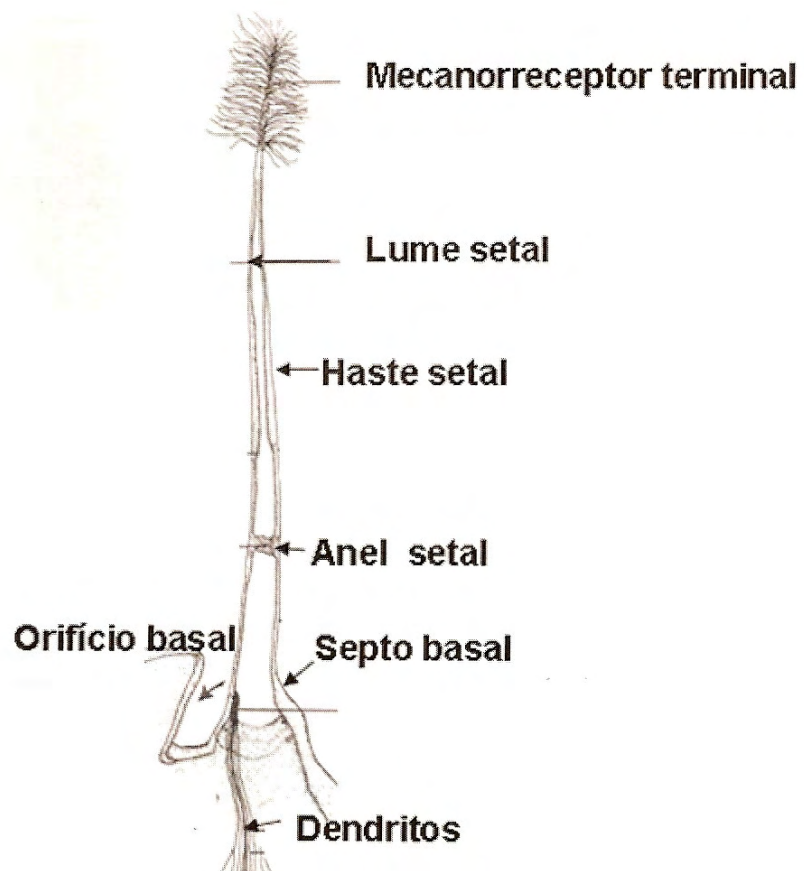


Figura 2-Esquema das setas sensitivas.

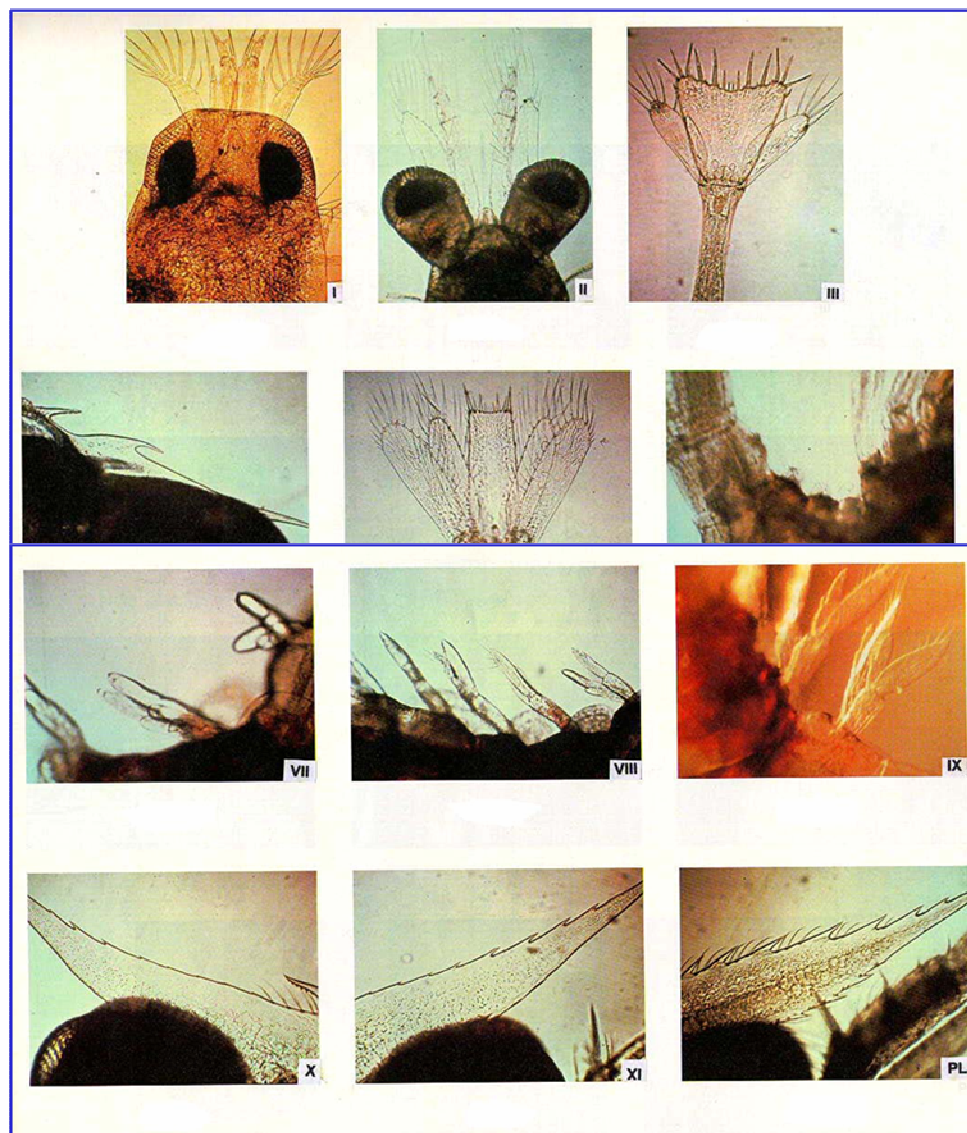


Figura 1. Principais características morfológicas das larvas e pós-larvas de *M. rosenbergii* (Fonte: New e Singolka, 1985).

Abreviadas: I a XI = estágios larvais; PL = pós-larva.

4.1.1. Antênula

A antênula é composta de um pedúnculo e flagelo antenular (Fig. 3). Identificou-se setas com recepção química e mecânica nas antênulas de animais em todos os estágios larvais, pós-larva, juvenil e adulto. Estas podem ser simples, plumosas, paposas ou estetos. À medida que ocorre a ontogênese, essas estruturas aumentam em densidade e área de distribuição. É um apêndice com grandes concentrações de setas com recepção química. Além disso, está presente o estatocisto, que é uma especialização exclusiva das antênulas.

Em zoéa I o pedúnculo antenular é unisegmentado. Ocorre uma seta plumosa na região basal. Estetos são identificados desde esse estágio. Em zoéa II (larvas com dois dias), o pedúnculo tem dois segmentos com algumas setas plumosas nas articulações e região distal dos segmentos (Fig. 4A). Em zoéa III o segmento terminal tem duas setas plumosas longas. Durante o desenvolvimento larval, as setas vão aumentando na região distal dos segmentos. No estágio juvenil, o pedúnculo fica mais largo e as setas plumosas estão dispostas na região marginal dos artículos (Fig. 4G, 4H). Nos estágios larvais II (Fig. 4A), III (Fig. 4B), VIII (Fig. 4C e 4D) e XI (Fig. 4E, 4F), as setas plumosas são menores, com sétulas esparsas em relação ao juvenil (Fig. 4G, 4H) e adulto (Fig. 5A, 5B, 5C). O pedúnculo de juvenil também apresentou setas simples na superfície (Fig. 6C). Em todos os estágios, as setas plumosas apresentaram cutícula fina. Os estetos aumentam em número e comprimento ao longo do desenvolvimento (Fig. 6B). São setas longas, lisas e segmentados. Aparentemente não apresentam orifício apical. As setas simples estão distribuídas no flagelo antenular em todos os estágios observados. Estão inseridas em um orifício basal, são curtas, lisas e em forma de tufos. Localizam-se na região

distal dos artículos em número de 4 a 5 como demonstrado nos estágios X (Fig. 6B) e juvenil (Fig. 6F). Essas setas têm recepção química.

O estatocisto foi identificado na região proximal do pedúnculo antenular a partir do estágio VII. Antes disso observa-se uma tumescência nessa região que evolui nessa estrutura. Nas Figs. (6D e 6E) foi representado o estatocisto do juvenil. Ele apresentou setas serrata e simples. As serratas são robustas com sétulas fortes ao longo da haste setal. As sétulas são em forma de dentes com direções opostas um dos outros na haste setal. São setas com função dupla. Encontra-se setas simples intercaladas as serratas. São lisas e com tamanho similar as serratas (6E).

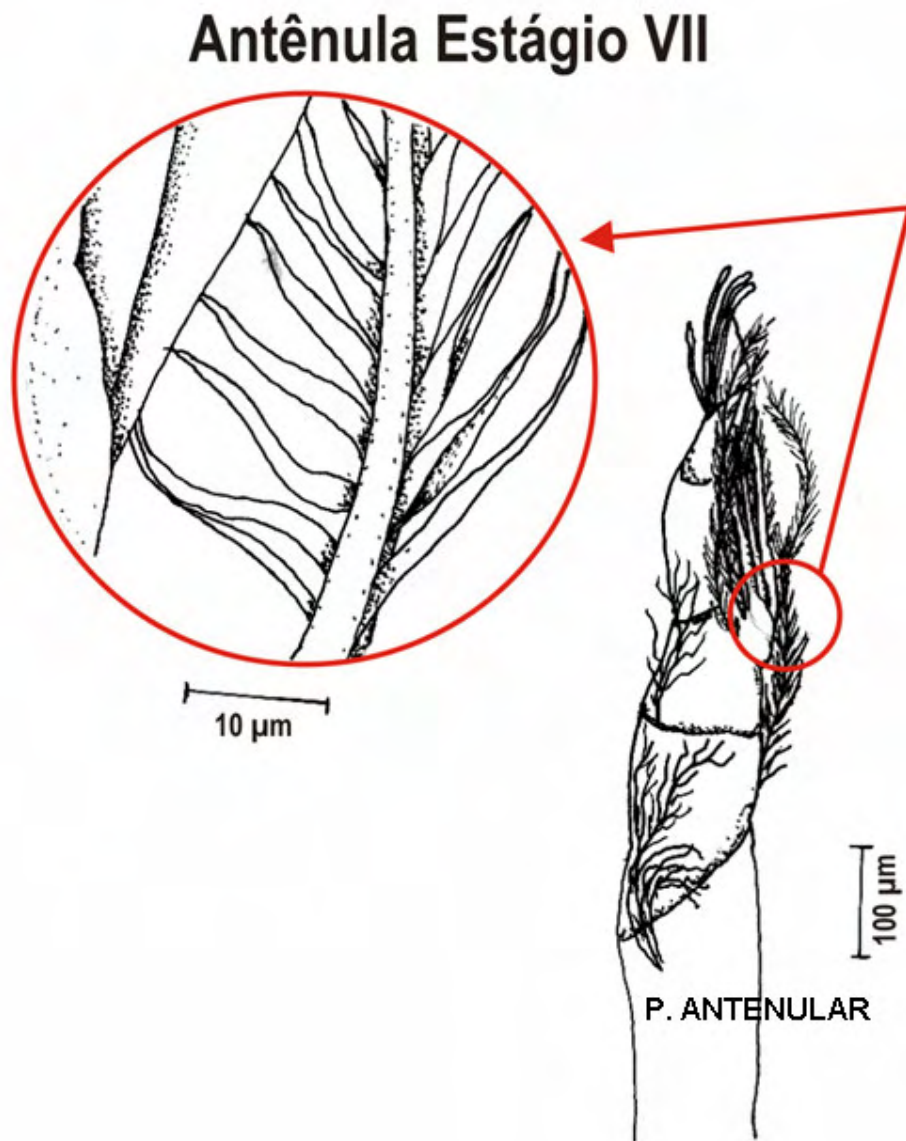


Figura 3-Antênula de *Macrobrachium rosenbergii*. Estágio VII. Abreviatura: P. antenular= pedúnculo antenular.

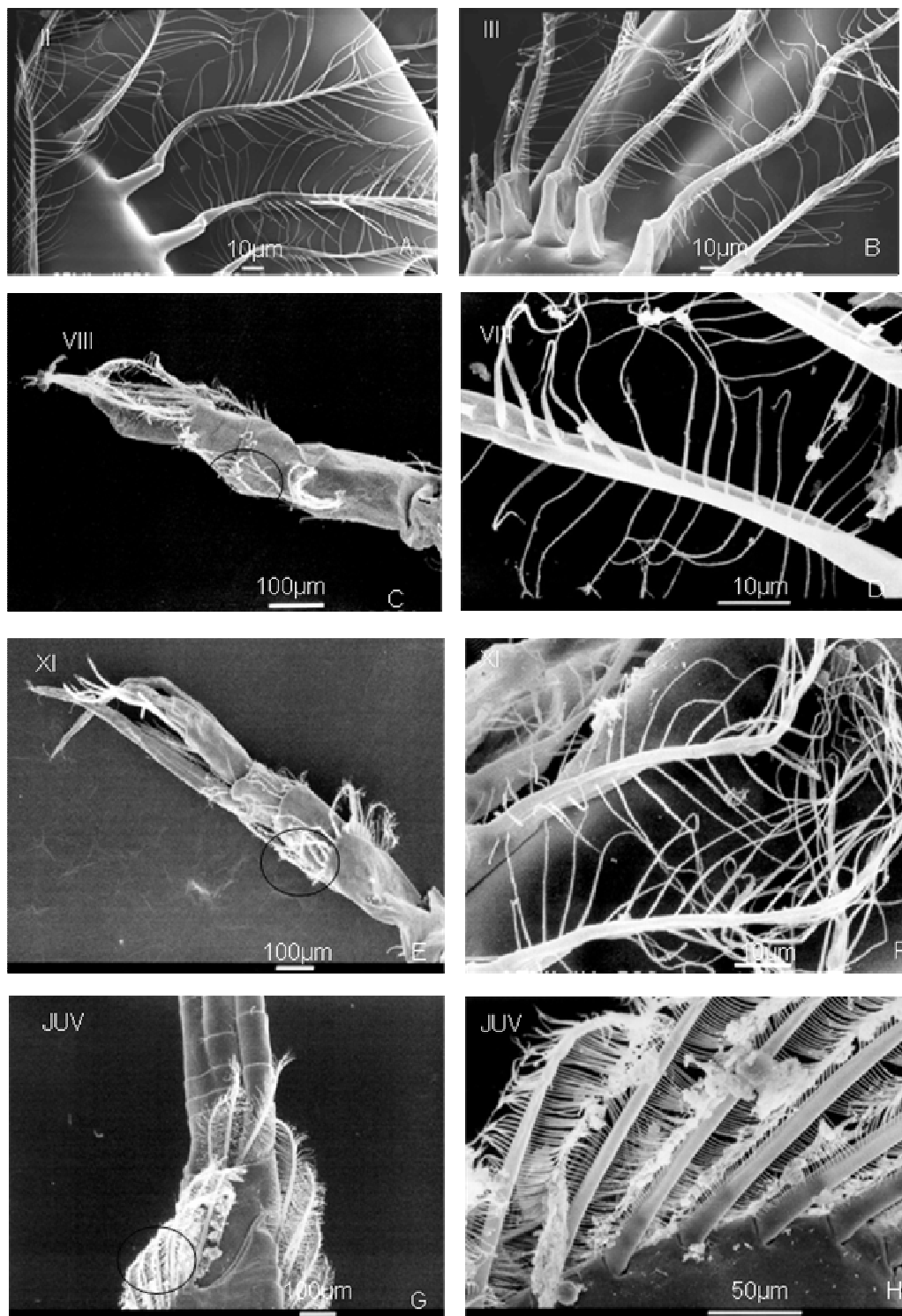


Figura 4-Eletromicrografia de Antênula de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A e B setas plumosas no pedúnculo antenular na região distal do segmento no estágio II e III respectivamente. As Figuras C), E), G) são setas plumosas no pedúnculo antenular na região distal do segmento em fotos panorâmicas nos estágios VIII, XI e juvenil respectivamente. D), F), H) setas plumosas no pedúnculo antenular em detalhes nos estágios VIII, XI e juvenil respectivamente. Abreviatura: JUV= juvenil.

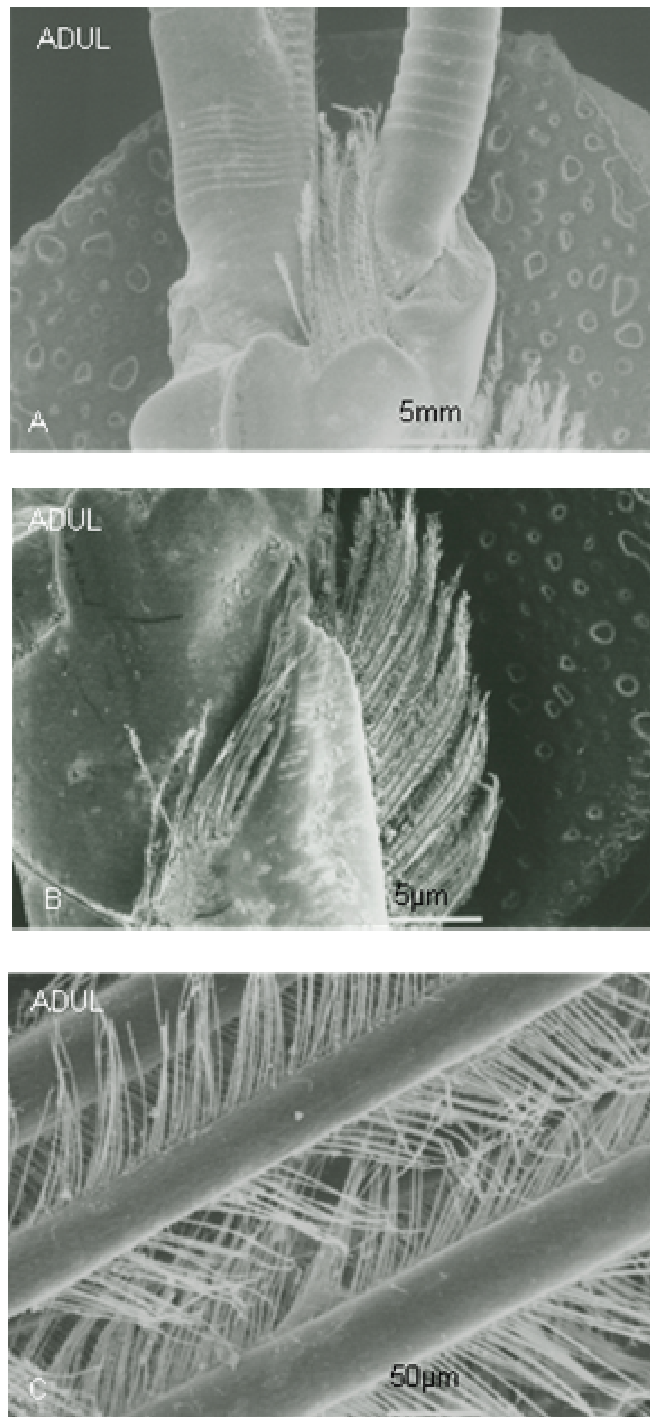


Figura 5—Eletromicrografia de varredura de Antênula de *Macrobrachium rosenbergii* adulto – MEV. A) Pedúnculo antenular. B) setas plumosas no pedúnculo antenular inseridas na margem dos artículos. C) setas plumosas do pedúnculo antenular destacando a disposição e intensidade das sétulas. Abreviatura: ADUL= adulto.

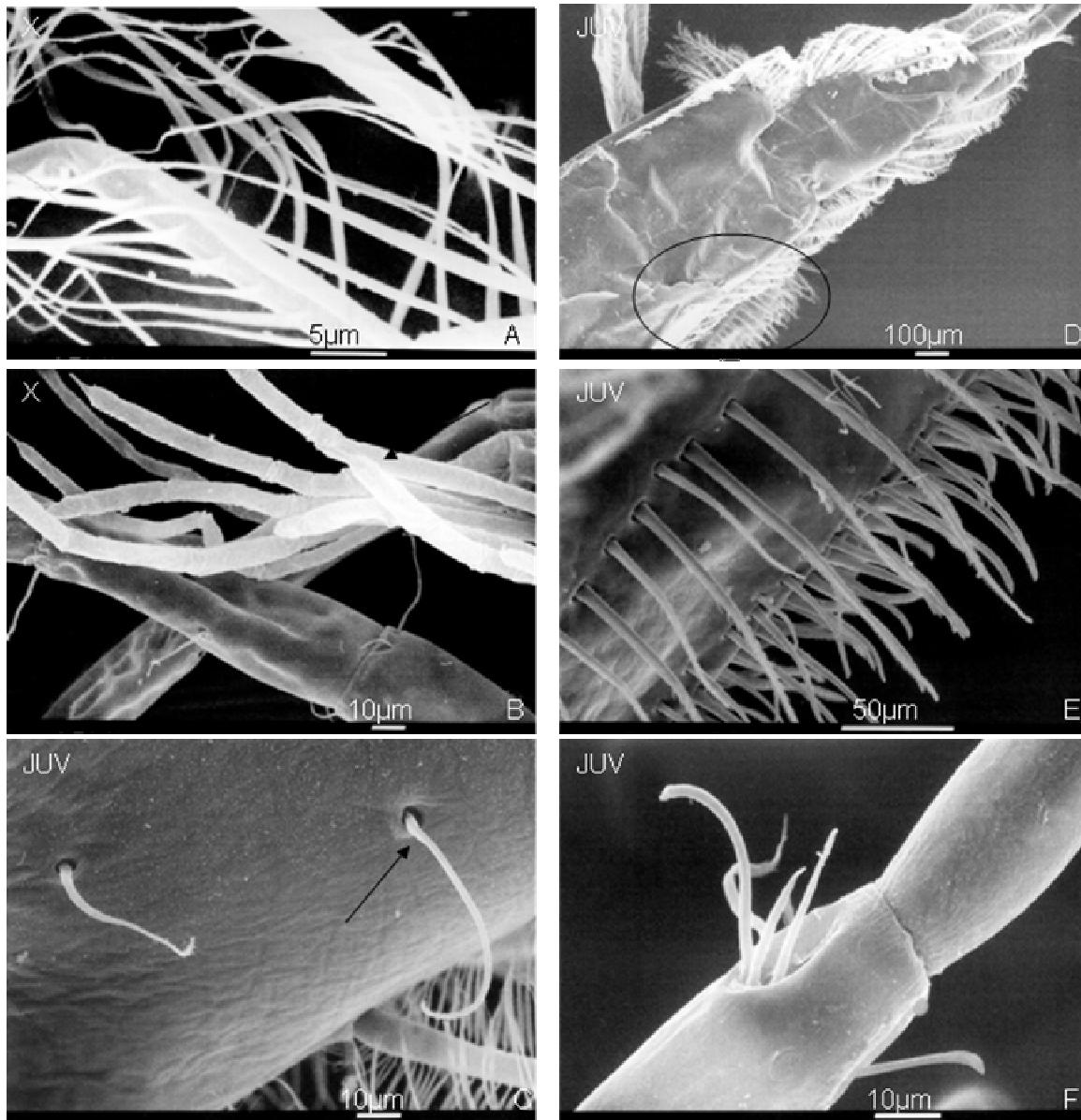


Figura 6- Eletromicrografia de antênula de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A) setas plumosas no pedúnculo antenular no estágio X. B) estetos do pedúnculo antenular no estágio X indicados pela seta. C) setas simples inseridas na superfície do pedúnculo antenular no juvenil indicadas pela seta. D) estatocisto na antênula de juvenil destacado no círculo. E) estatocisto no juvenil com setas simples e serratas da região em destaque no círculo da foto D. F) setas simples inseridas na região distal do segmento antenular do juvenil. Abreviatura: JUV= juvenil

4.1.2. Antena

A antena está presente desde o primeiro estágio larval e apresentou setas simples, plumosas e paposas (Fig. 7). A seta mais característica da antena é a plumosa, na margem do exopodito nos 11 estágios larvais, nas pós-larvas (PL) e nos juvenis. Nos animais adultos, surgem setas curtas com pontas repicadas (Fig. 8H).

Em zoéa I, o exopodito da antena é longo com um pequeno espinho na região distal. A margem apresenta setas plumosas com sétulas bem espaçadas. O flagelo antenal é unisegmentado e apresenta uma seta plumosa na extremidade. Não foram identificadas setas ao longo do flagelo antenal, como ocorre nos estágios seguintes.

Em larvas no estágio II, as setas observadas aumentam pouco em densidade. Essa característica permanece até zoea V, quando pode-se visualizar 18 setas plumosas (Fig. 8A). A partir desse estágio, as setas plumosas na margem do exopodito ficam mais unidas como pode ser observado no estágio X (Fig. 8B). Entretanto, as diferenças são mais marcantes em juvenil (Fig. 8C). As sétulas ficam mais próximas e densas. As setas plumosas são caracterizadas por apresentar sétulas longas e opostas uma à outra na haste setal. As sétulas apresentam uma inclinação para cima. A cutícula é fina e provavelmente tem função química e mecânica. Ainda que o padrão geral de desenvolvimento das setas do exopodito seja semelhante, na fase de adulto é possível visualizar algumas diferenças morfológicas. As setas das antenas se restringem a estrutura com haste setal curtas (Fig. 8D). As sétulas não trespasam as hastes setais vizinhas e as pontas são repicadas (Fig. 8H).

Setas organizadas em grupos de três com orifício apical foram identificadas entre cada seta plumosa do exopodito para o estágio juvenil (Figs.

, 8F). São setas curtas, lisas, com um orifício apical. As três estão bem unidas em disposição retilínea e não ultrapassam o septo basal. Essas setas apresentam estrutura típica de quimiorreceptores. Outro tipo de seta simples e lisa foi identificada no exopodito da antena do juvenil (Fig. 8E).

A partir de pós-larva, o pedúnculo antenal apresenta 3 segmentos. Observou-se setas paposas no artículo mediano a partir desse estágio como demonstrado para juvenil (Fig. 9F). As setas paposas têm duas fileiras distintas de sétulas delicadas, longas e finas. Estão inseridas de forma alternada na haste setal. Na articulação do orifício basal existe uma capa protetora. Trata-se de uma camada com ranhuras e borda superior irregular. De um lado da haste setal, a borda é mais baixa e, ao se aproximar da outra extremidade, inclina-se em direção superior, ficando assim, com uma altura maior que a do lado oposto (Fig. 9F).

O flagelo antenal apresentou setas simples, aglomeradas no ápice, em todos os estágios de vida observados (Figs. 9A, 9B, 9C, 9D). Setas simples também apareceram ao longo do flagelo antenal, exceto em zoéa I, (Fig. 9E) distribuídas na região distal de cada segmento antenal. Elas são curtas e estão inseridas em um orifício basal, caracterizando de fato uma estrutura sensitiva.

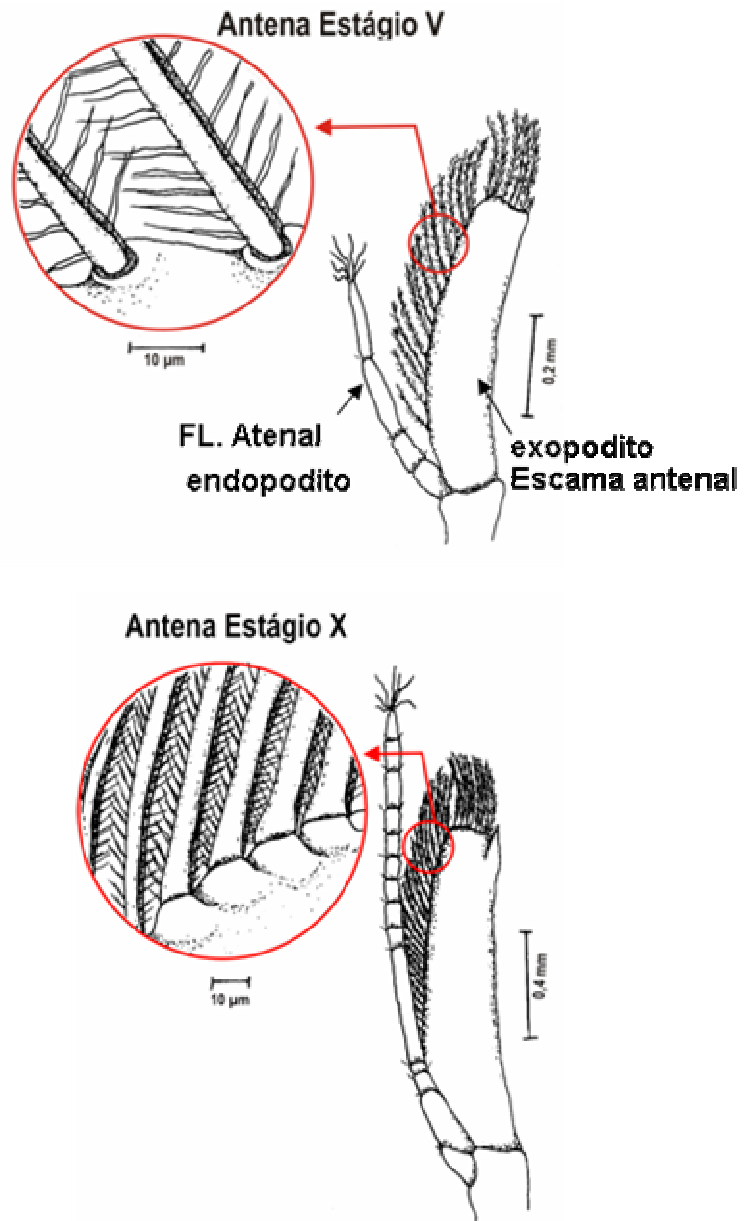


Figura 7- Antena de *Macrobrachium rosenbergii*. Estágios V e X. Abreviaturas: FL antenal= flagelo antenal.

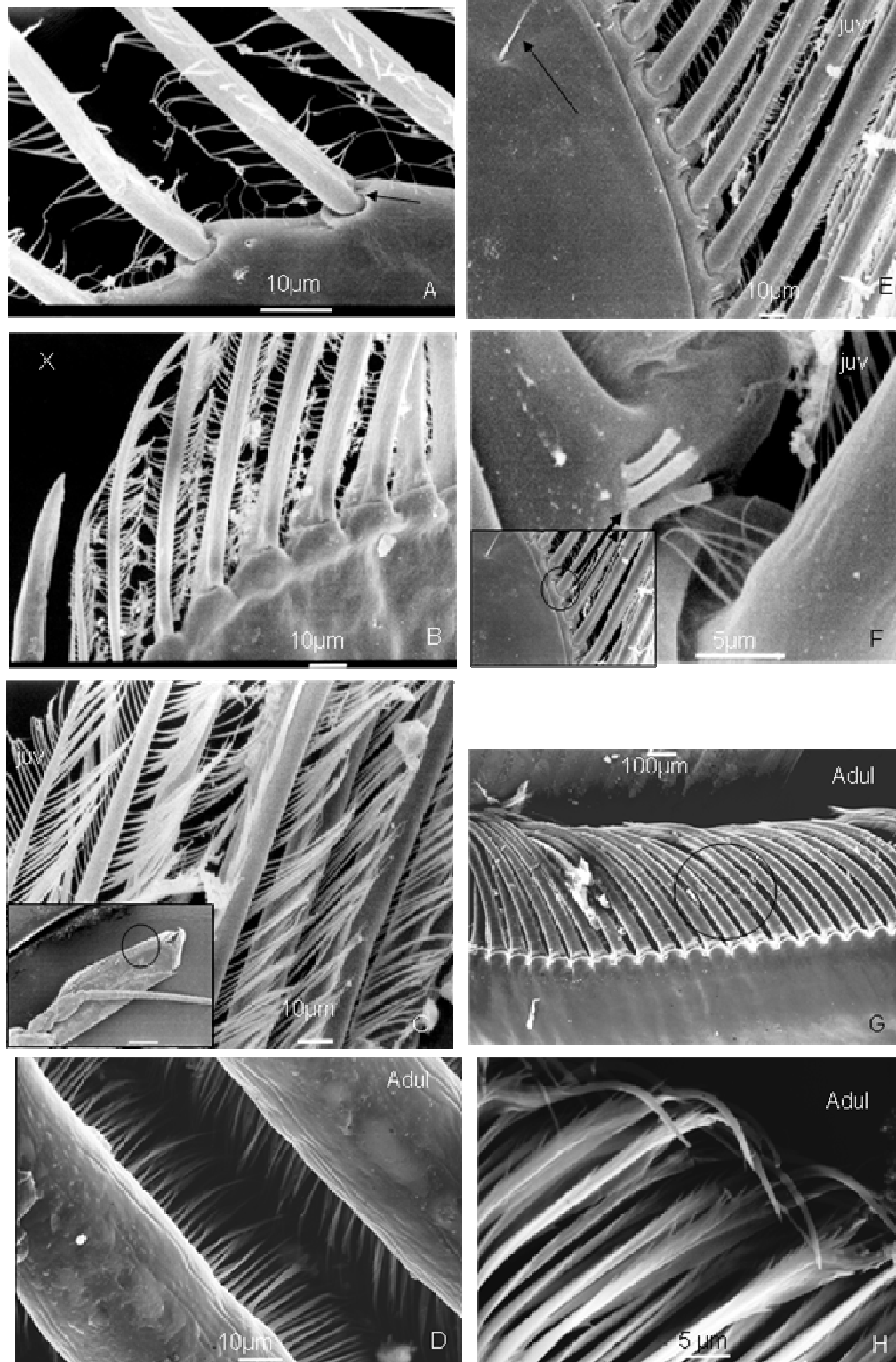


Figura 8-Eletromicrografia de varredura da antena de *Macrobrachium rosenbergii*.

A) setas plumosas no exopodito no estágio V. B) setas plumosas no exopodito no estágio X. C) setas plumosas no exopodito no juvenil. D) setas do exopodito no adulto. E) setas lisas, simples no exopodito no juvenil indicada pela seta e setas plumosas na margem do exopodito. F) grupo de três setas entre as hastes setais das setas plumosas no exopodito no juvenil indicada pela seta e círculo. G) setas do exopodito no adulto indicadas pelo círculo. H) detalhes da seta do exopodito no adulto. Abreviatura: JUV= juvenil.

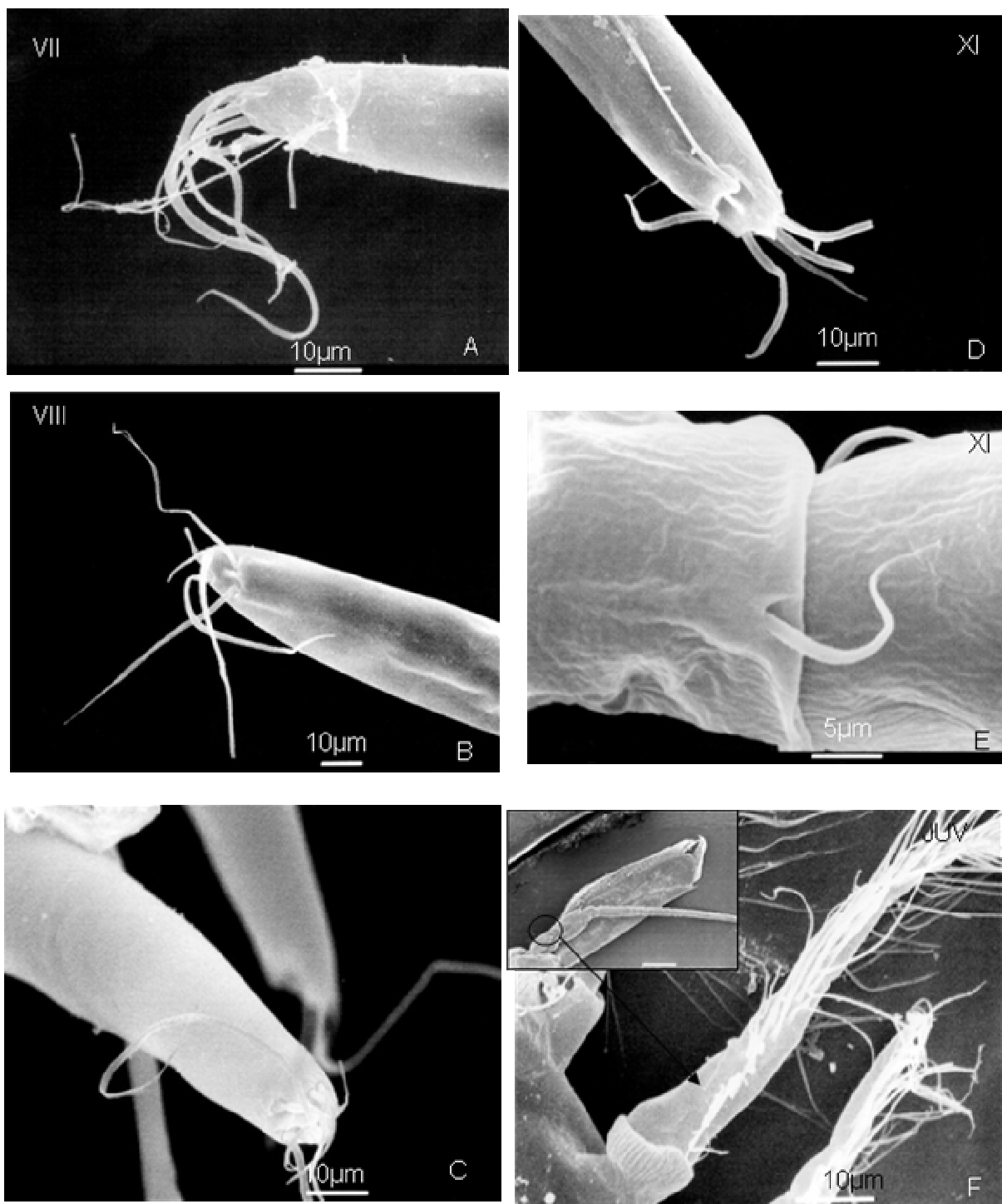


Figura 9-Eletromicrografia de antena de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A) setas simples no flagelo antenal no estágio VII. B) setas simples no flagelo antenal no estágio VIII C) setas simples no flagelo antenal no estágio IX. D) setas simples no flagelo antenal no estágio XI. E) setas simples no segmento do flagelo antenal no estágio XI. F) setas paposas no pedúnculo antenal no juvenil indicada pela seta. Abreviatura: JUV= juvenil.

4.1.3. Placa Mandibular

A placa mandibular está localizada em posição posterior à boca. Consiste em um processo molar e um incisivo (Fig. 10). Com o avanço do desenvolvimento do *M. rosenbergii*, algumas modificações ocorrem nesses dois componentes. O palpo mandibular surge no final do estágio larval zoéa XI. Os processos molar e incisivo não apresentaram setas sensitivas nos estágios de vida observados.

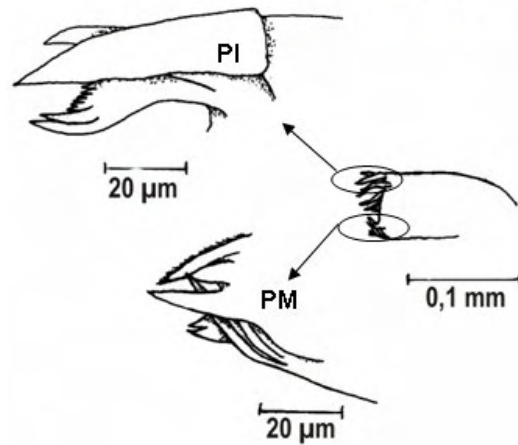
De forma geral, em todos estágios zoeais, o processo incisivo apresentou dentes longos, fortes, pontiagudos e cortantes nas bordas (Fig.11A e 11B). No estágio V, o primeiro dente tem borda serrilhada e este vai modificando até o estágio VIII (Fig.11B e 11E) quando apresenta forma de alicate, sendo um lado cerca de 2/3 do comprimento do outro. O processo molar apresentou dentes pontiagudos e pequenos (Fig. 11C). Os localizados na região inferior (Fig.10C) são mais curtos do que os da superior (Fig. 11C). Estes apresentam uma inclinação em direção a região inferior. Não há muita alteração até o estágio VIII (Fig. 10F).

No estágio XI, o processo incisivo tem um ápice estreito com dois dentes longos e largos (Fig. 12A). Um é maior, em aproximadamente 50%, que o outro. Apresenta 6 dentes longos com extremidades mais finas que a base e um outro pequeno e fino próximo ao processo molar. Todos os dentes decrescem ligeiramente em tamanho em direção ao processo molar. Este está, anatomicamente, mais elevado que o processo incisivo e tem um ápice alargado. Apresenta diversos dentes curtos e pontiagudos. Em três extremidades, ocorrem um a dois dentes mais altos que os outros.

Em PL observou-se que ocorre uma separação gradual dos processos molar e incisivo em forma de “Y”. Logo após a metamorfose, a placa é similar a zoéa

XI (Fig. 12D). Depois inicia a formação do sulco do “Y”, formação típica da placa mandibular de PL (Fig. 12E). Logo em seguida, a placa apresenta processo incisivo com uma extremidade larga com ranhuras na borda e aproximadamente 5 dentes longos e finos (Fig. 12F). O processo molar tem uma geometria retangular com dentes em diferentes tamanhos na borda do ápice (Fig. 12F). O juvenil apresenta a placa mandibular com os dois processo bem separados em forma de “Y”. São largos e com dentes triangulares com extremidades arredondadas (Figs 12B, 12C). O adulto apresenta os dois processos largos, fortes com a furca do “Y” bem definida e sem reentrâncias. As bordas de ambos são arredondadas.

Placa Mandibular - Estágio V



Placa Mandibular – Estágio VIII

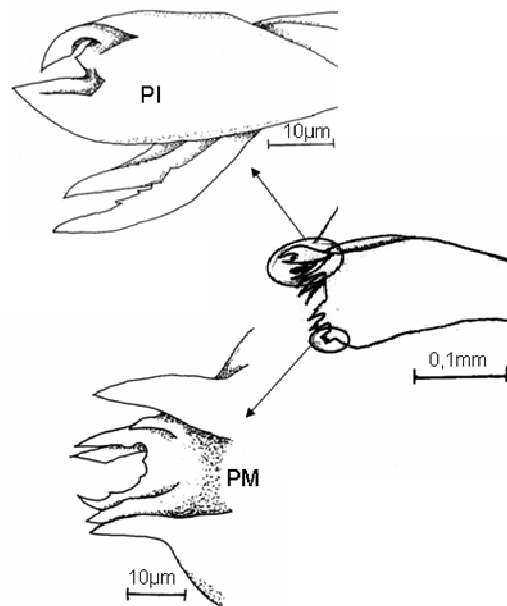


Figura 10- Placa mandibular de *Macrobrachium rosenbergii*. Estágios V e VIII.
Abreviaturas: PI= processos incisivo. PM= processo molar

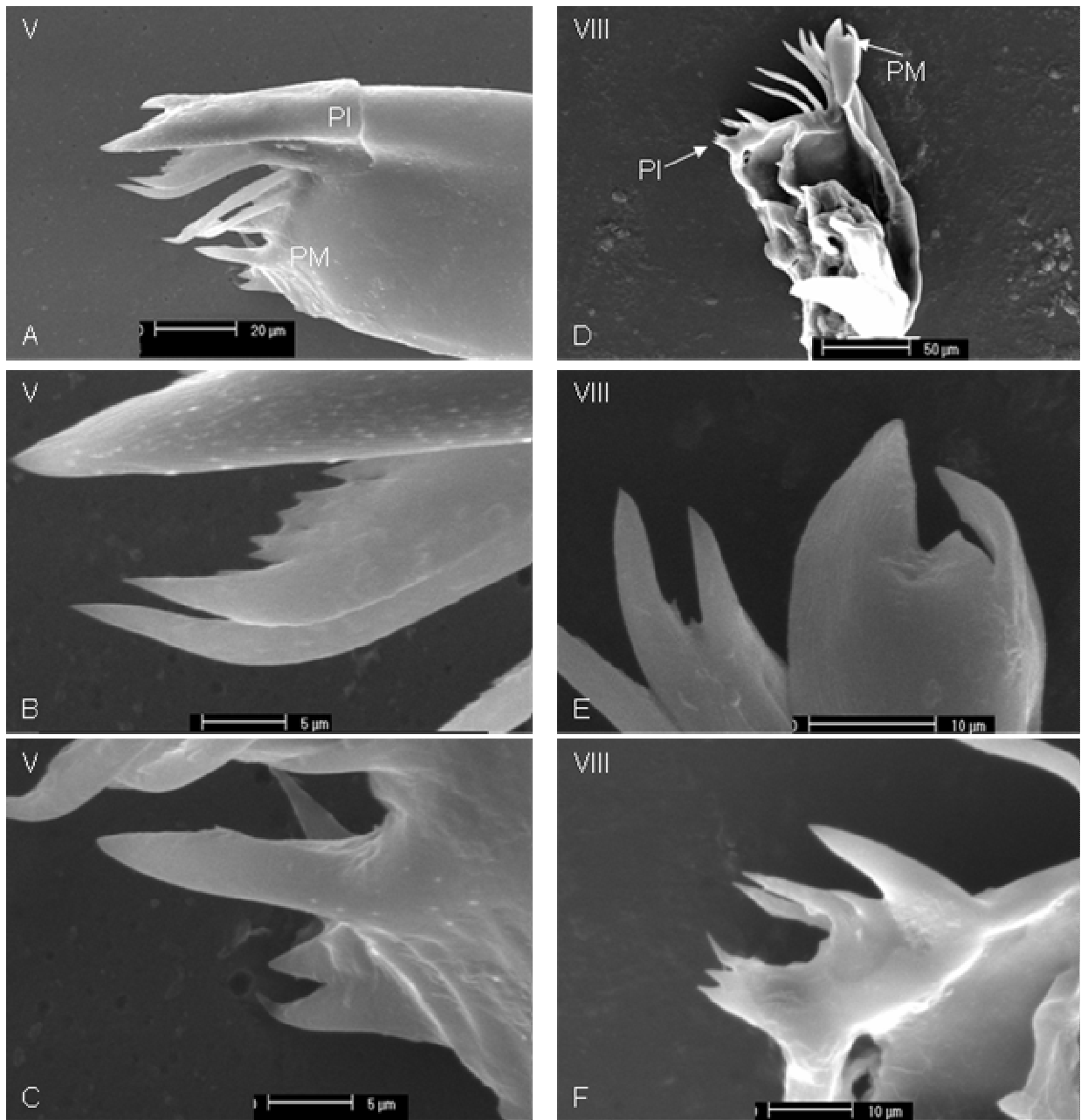


Figura 11-Eletromicrografia da placa mandibular de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A) foto panorâmica no estágio V. B) processo incisivo no estágio V. C) processo molar no estágio V. D) foto panorâmica no estágio VIII. E) processo incisivo no estágio VIII. F) processo molar no estágio VIII. Abreviaturas: PI= processo incisivo. PM= processo molar.

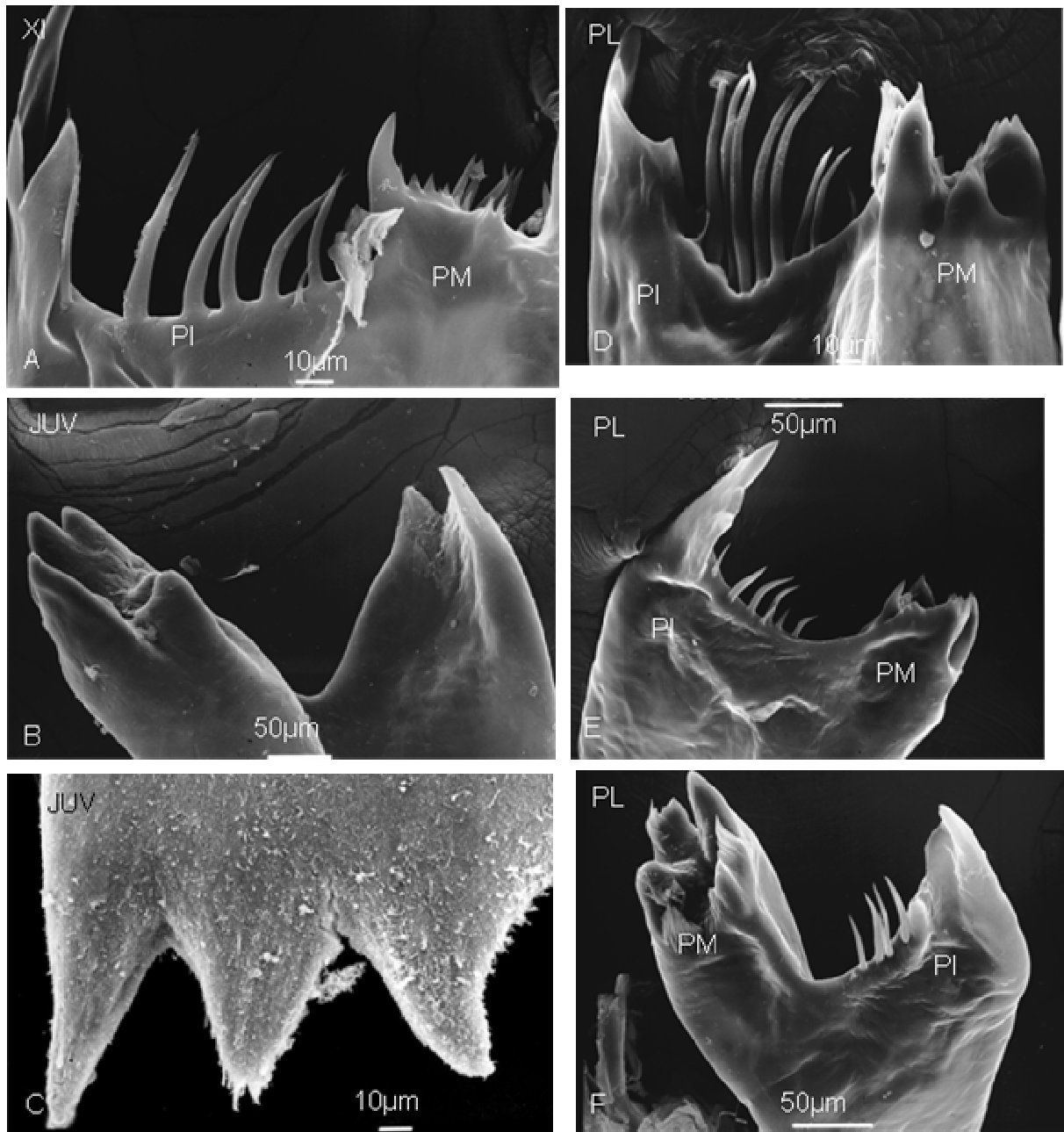


Figura 12-Eletromicrografia da placa mandibular de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A) placa mandibular no estágio XI. B) placa mandibular no juvenil. C) placa mandibular em close no juvenil. D) placa mandibular em PL. E) placa mandibular em PL. F) placa mandibular em PL. Abreviaturas: PI= processo incisivo. PM= processo molar. JUV= juvenil. PL= pós-larva.

4.1.4. Maxila

A segunda maxila está localizada na frente do primeiro par de apêndices torácicos (Fig.13). Em zoéa I o protopodito é trilobado e o endopodito é unisegmentado. Setas simples, plumosas e paposas distribuem-se por toda a maxila em todos os estágios larvais, PL, juvenil e adulto. As plumosas ocorreram na margem do exopodito e ficaram densas ao longo do desenvolvimento, como mostrado nos estágios V (Fig. 14A), VII (Fig.14B), XI (Fig. 14C) e no adulto (Fig. 15A). A superfície do exopodito no estágio XI (Fig. 14C) apresentou setas simples. Setas simples e paposas foram localizadas no protopodito de todos os estágios, como observado nos estágios V (Fig. 14D) e XI (Fig. 14E, 14F). Em adulto, a morfologia muda drasticamente. O protopodito é bilobado com intensa aglomeração de setas simples no ápice (Fig. 15A) e algumas na borda (Fig.15C). Na Figura 15D pode-se verificar características de setas sensitivas. Um canal setal (seta superior) e septo (seta inferior) estão evidenciados nessa micrografia, demonstrando o orifício basal por onde a seta sensitiva é enervada. As setas simples estão inseridas nos septos basais (Fig. 15D). O exopodito é margeado com muitas setas plumosas (Fig. 15E) mostradas em detalhes na Figura 15F, com sétulas longas e próximas uma as outras.

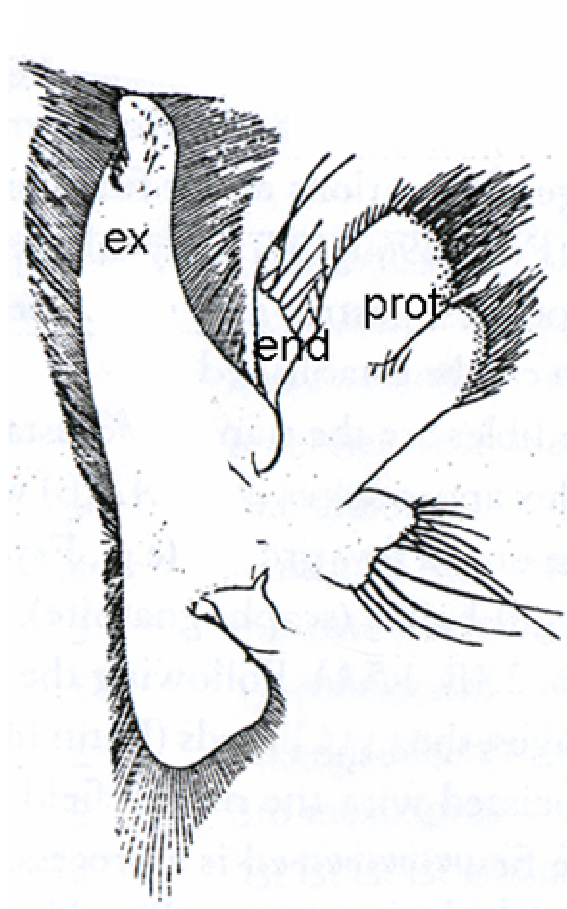


Figura 13- Maxila de *Macrobrachium rosenbergii* em pós-larva. Abreviaturas:
ex= exopodito, end= endopodito, prot= protopodito.

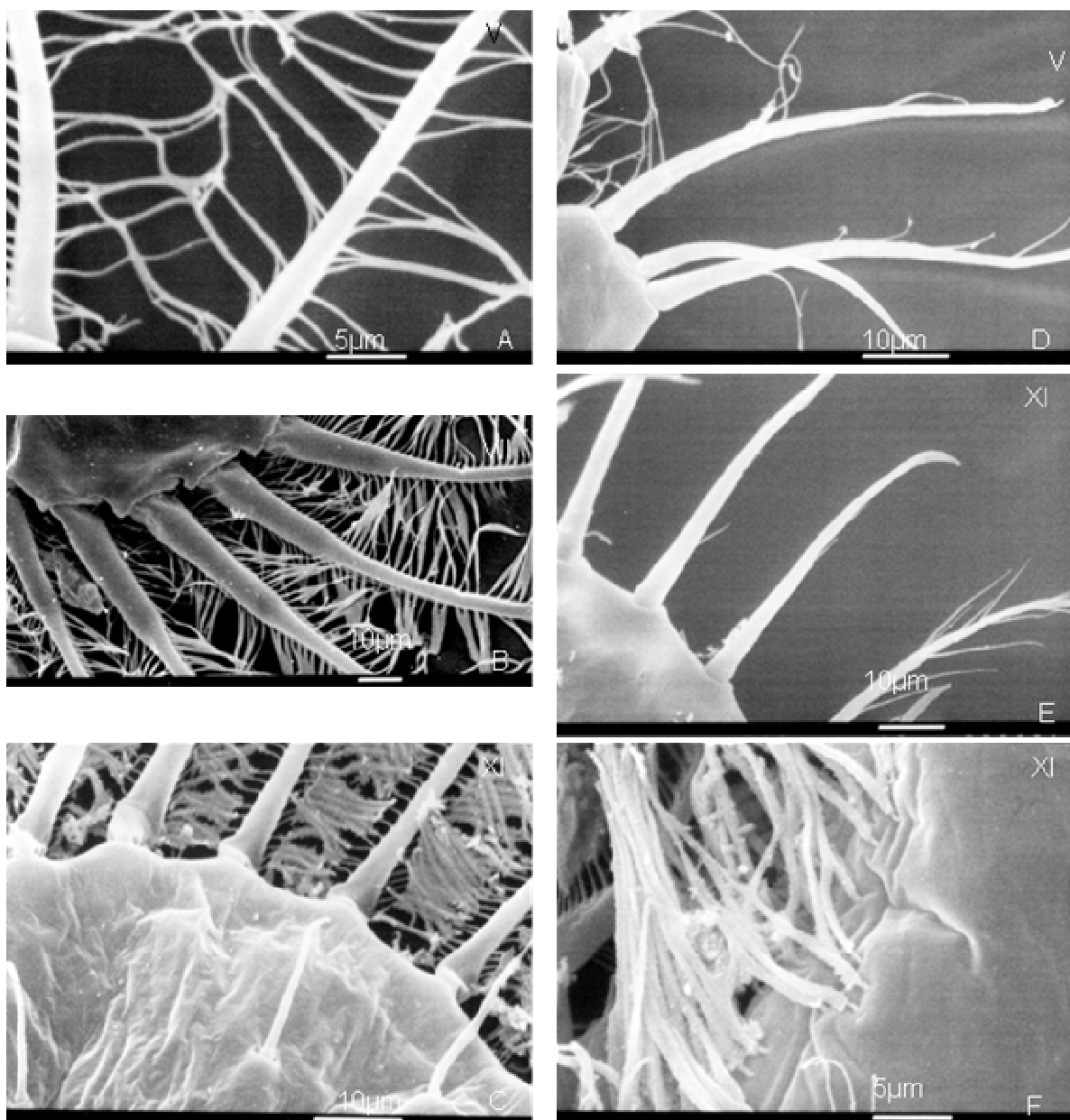


Figura 14-Eletromicrografia de maxila de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A) setas plumosas no exopodito no estágio V. B) setas plumosas no exopodito no estágio VII. C) setas plumosas no exopodito no estágio XI. D) setas paposas e simples no estágio V no protopodito. E) setas paposas e simples no estágio XI no protopodito F) setas paposas e simples no estágio XI no protopodito.

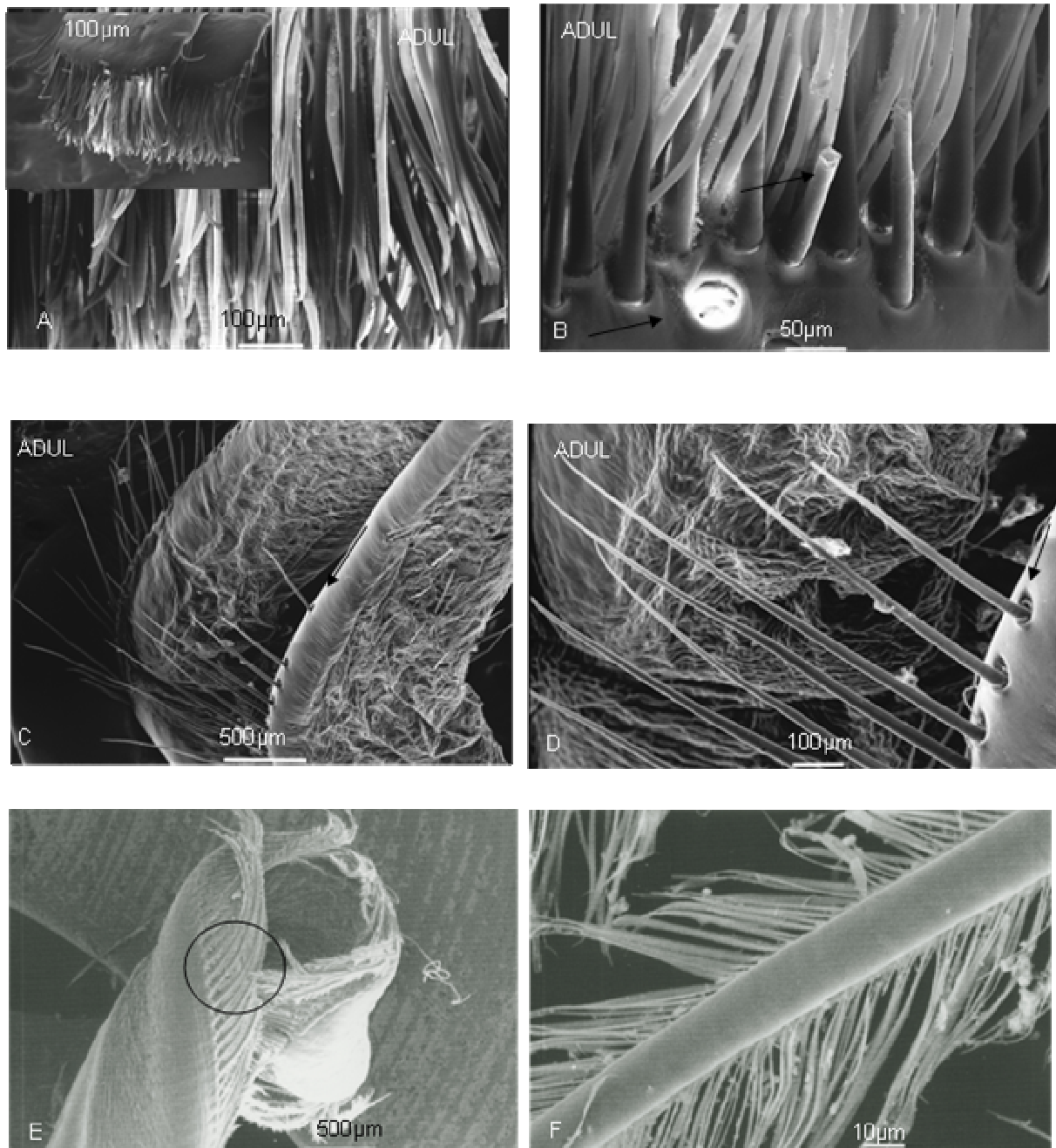


Figura 15-Eletromicrografia de maxila de *Macrobrachium rosenbergii* adulto - MEV. A) protopodito da maxila no adulto com muitas setas simples. B) protopodito da maxila em close mostrando setas simples. Seta superior mostrando orifício basal e canal interno e seta inferior mostrando o septo basal. C) protopodito da maxila no adulto com setas simples na margem indicadas com a seta. D) seta simples inseridas no septo basal indicado pela seta em close da foto C. E) exopodito da maxila no adulto em foto geral. F) exopodito da maxila no adulto mostrando detalhes da seta plumosa. Abreviaturas: ADULT= adulto.

4.1.5. Primeiro maxilípede

O primeiro maxilípede é o primeiro dos três pares torácicos (Fig. 16). Uma variedade de setas quimiorreceptoras e mecanorreceptoras foi identificada.

Em zoéa I, o primeiro maxilípede é pouco ornamentado com setas sensitivas. O protopodito e endopodito são unisegmentados. O endopodito tem setas plumosas nas margens, enquanto que o exopodito tem setas plumosas no ápice. À medida que as larvas se desenvolvem as setas sensitivas permanecem como em zoéa I, mas aumentam em tamanho e número. No entanto, o protopodito apresentou mudança significativa entre as fases de larva, PL e juvenil. Nos estágios larvais, ocorrem setas simples, marginais e poucas paposas, como demonstrado no estágio IX (Fig. 17A). Em PL, as setas simples aumentaram em número (Fig. 17B) em relação às larvas e surgem setas paposas (Figs. 17C) na região marginal e superficial. Essas setas provavelmente têm função quimiorreceptora e mecanorreceptora. Na fase de juvenil, surge outro tipo de seta: as serratas, com função mecanorreceptora (Figs. 17E e 17F). Estas são robustas com sétulas fortes ao longo da haste setal, em forma de dentes com direções opostas um do outro na haste setal.

O exopodito em todos os estágios observados apresentou setas delicadas, plumosas, que aumentam em quantidade e comprimento (Figs. 17D) ao longo do desenvolvimento do animal.

Primeiro maxilípede PL

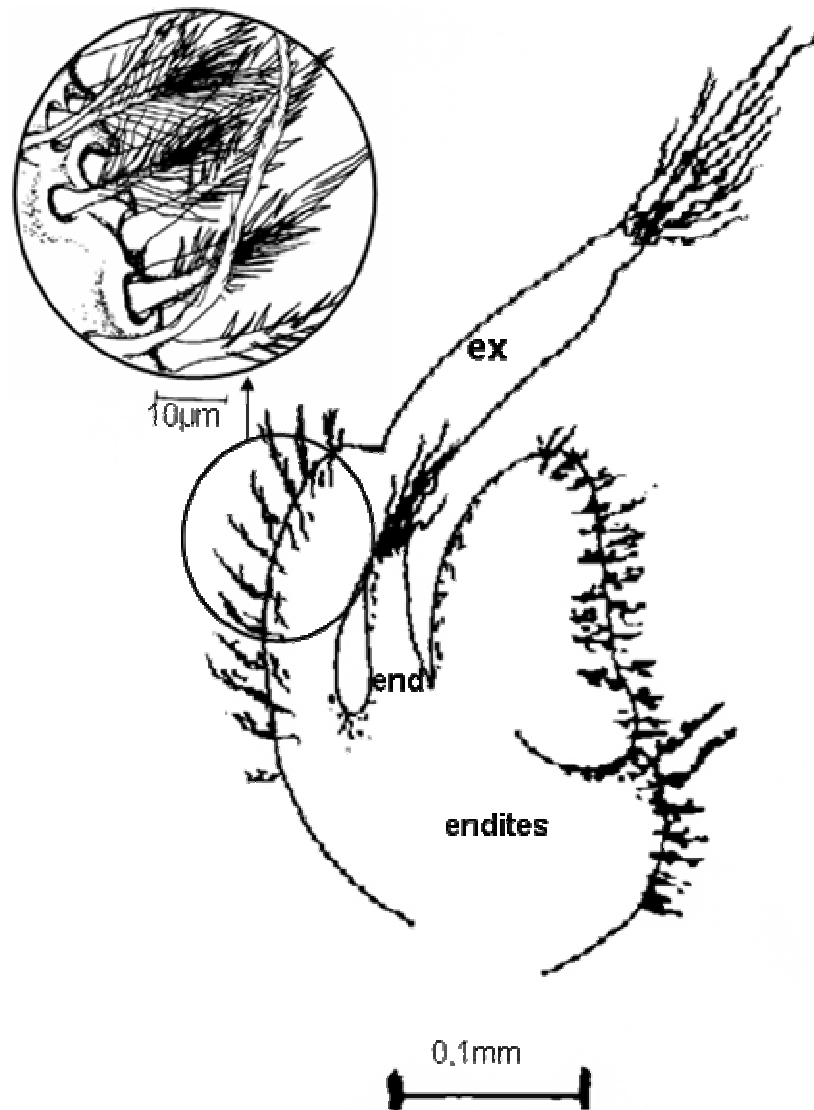


Figura 16- Primeiro maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii*.
Abreviaturas: ex= exopodito. end= endopodito.

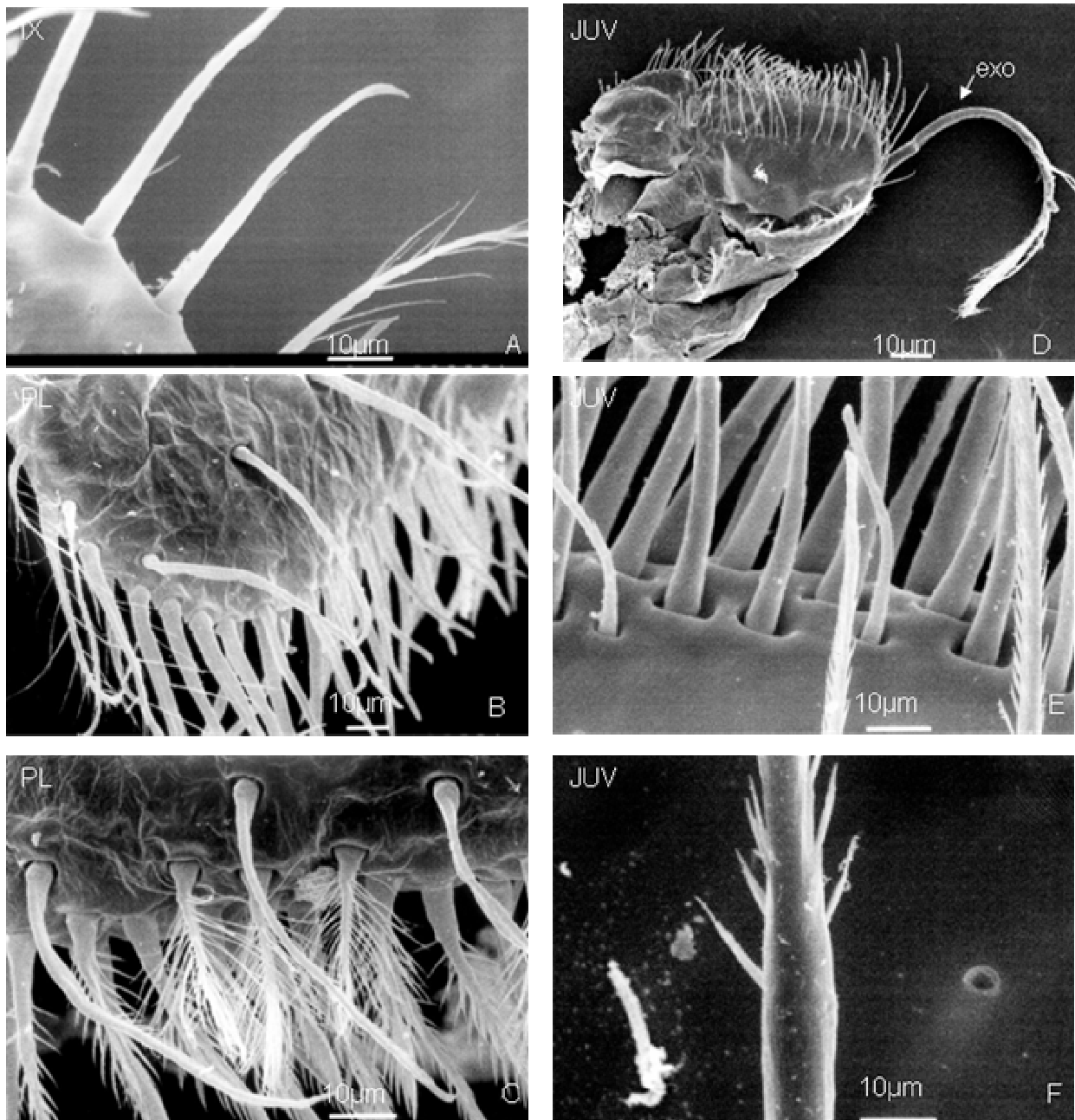


Figura 17- Eletromicrografia do primeiro maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A) setas simples e paposas no protopodito no estágio IX B) setas simples e paposas no protopodito em pós-larva. C) setas paposas no protopodito em pós-larva. D) foto panorâmica do primeiro maxilípede no juvenil. E) setas simples e serratas no protopodito no juvenil. F) seta serrata em close da foto E no juvenil. Abreviaturas: PL= pós-larva, JUV=juvenil.

4.1.6. Segundo maxilípede

O segundo maxilípede está localizado após o primeiro. Apresenta um protopodito, endopodito e exopodito (Fig.18). O endopodito é segmentado e dividido em dáctilo, própodo, carpo, mero e ísquio da região distal para proximal.

As estruturas sensitivas no endopodito não se modificam no período larval. Ele é tri-segmentado no estágio I e II e a partir do estágio IV apresenta 5 segmentos. O último e penúltimo segmentos são afilados e apresentam em todos estágios larvais setas fortes com espinhos (Figs.19A, 19D). A Figura 19D é um close da 19A. O último segmento no estágio larval sempre mostrou uma garra forte em destaque no círculo (Fig.19A). Grandes alterações morfológicas foram evidenciadas nessa estrutura na metamorfose (PL) (Fig. 19B) e juvenil. (Fig.19C).

Em PL, o último segmento assume uma forma retangular com inúmeras setas mecanorreceptoras do tipo serratas mostradas em close da região do círculo da foto B (Fig.19E). O último segmento do juvenil apresenta-se com uma forma elíptica (Fig.19C), destacada no círculo, com setas mecanorreceptoras tipo serrulata e serrata (Fig.19F). Essas setas estão inseridas no orifício basal caracterizando-as como sensitivas (Fig.20A). Em juvenil, as setas serrulatas estão dispostas em fileiras na região interna do último segmento (Fig. 20A, 20B). A haste setal apresenta muitas sétulas com bordas repicadas inseridas de forma oposta (Fig. 20C). As sétulas de cada lado da haste setal estão em disposição paralela. As serratas estão distribuídas na região marginal em fileiras (Fig.20A). As sétulas têm forma de espinhos, com disposição uniforme e estão bem próximas à haste setal (Fig. 20D). Os espinhos estão inseridos aproximadamente a dois terços da região proximal da haste, o que é característico desse tipo de seta. Na fase adulta, o último segmento do endopodito apresenta grande intensidade de setas serrulatas (Fig. 21A), mas a disposição é diferente da

fase de juvenil. As sétulas estão dispostas na haste setal em várias fileiras (Fig. 21B). A Figura 21B é um close da 21^a.

O exopodito apresenta setas plumosas terminais em todos os estágios de vida, como demonstradas em PL (Fig. 19B), juvenil (Fig. 19C) e adulto (Fig. 21C). Neste último elas são bem compridas (Fig. 21D).

Segundo maxilípede PL

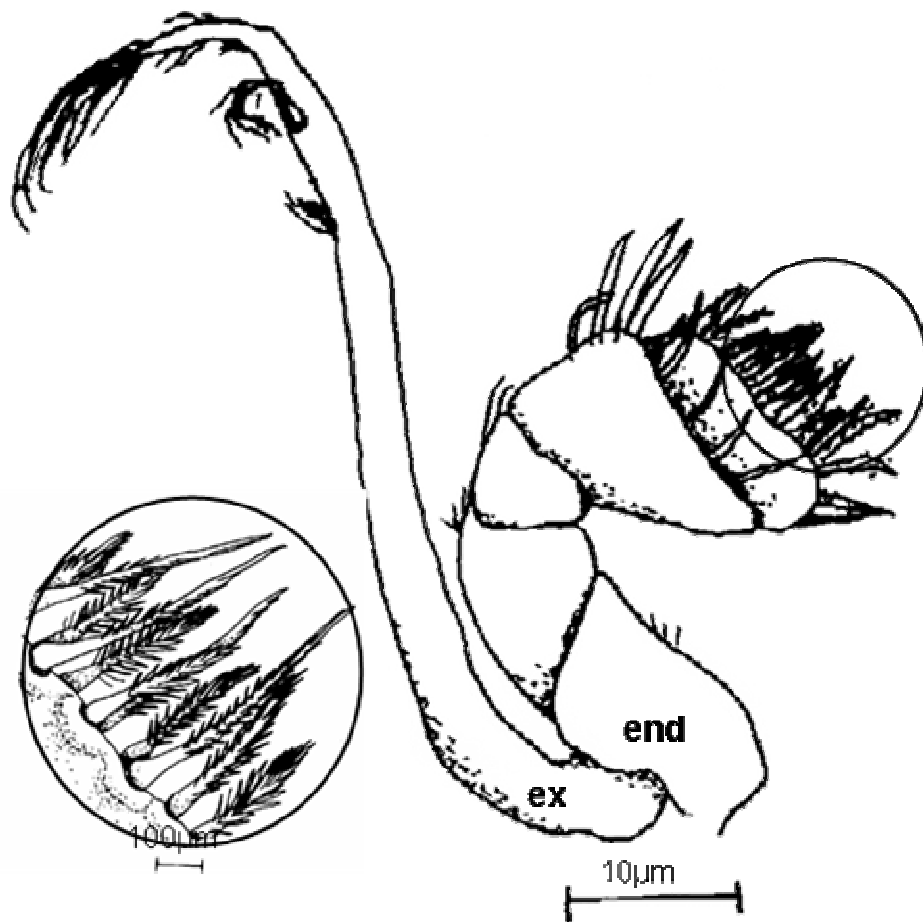


Figura 18- Segundo maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii*. Pós-larva. Abreviaturas: ex= exopodito, end= endopodito.

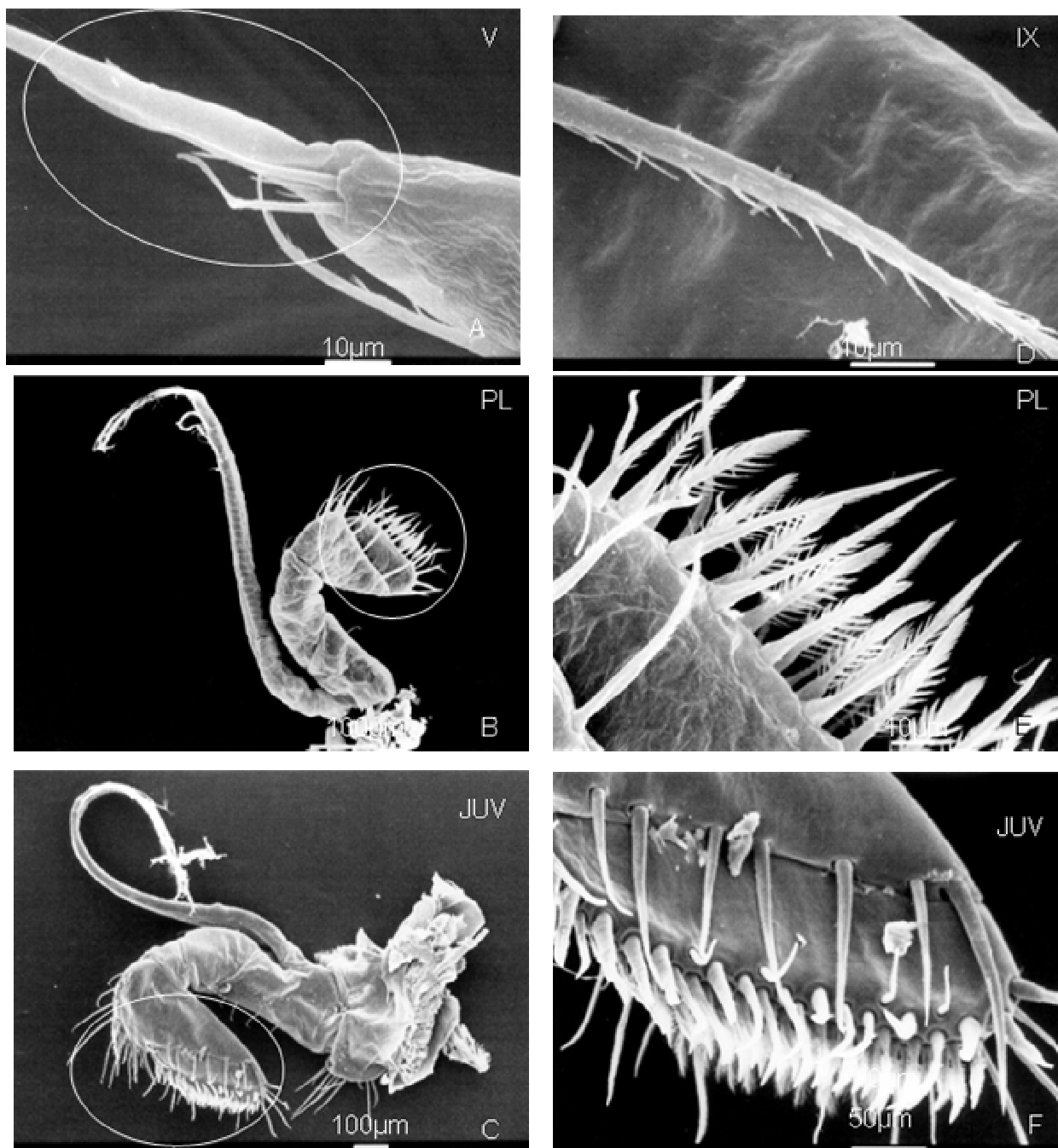


Figura 19-Eletromicrografia do segundo maxilípede de *M. rosenbergii*.- MEV. A) último segmento do 2º maxilípede mostrando uma garra forte no estágio V. B) 2º maxilípede em PL. A região no círculo é o último e penúltimo segmentos do endopodito D) .último segmento do 2º maxilípede no estágio IX mostrando um close da Figura A. E) último segmento do 2º maxilípede em PL em close da Figura B. F), último segmento do 2º maxilípede no juvenil em close da Figura C. Abreviaturas: PL= pós-larva, JUV= juvenil

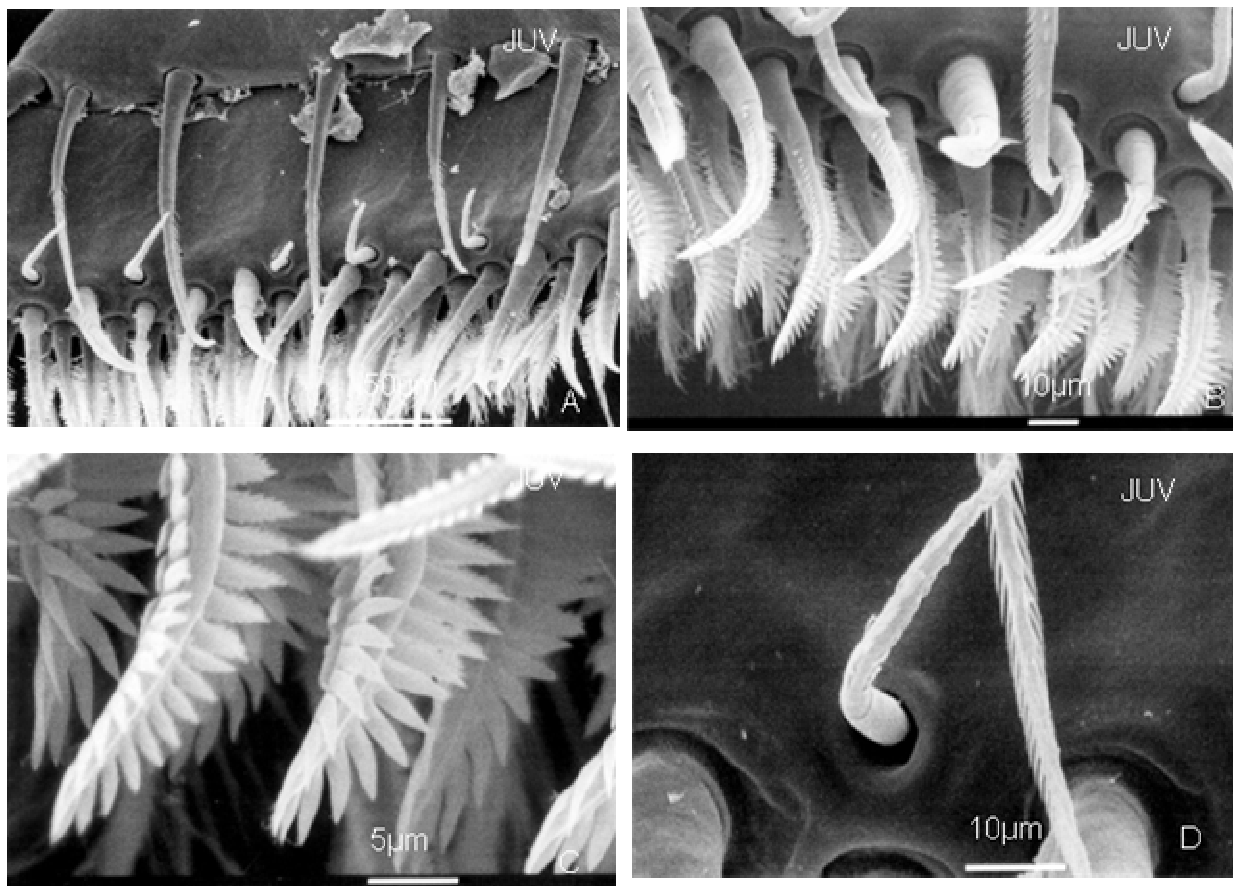


Figura 20- Eletromicrografia do segundo maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A) último e penúltimo segmentos do endopodito no juvenil. B) setas serratas e serrulatas no último e penúltimo segmentos no endopodito no juvenil. C) setas serrulatas no endopodito no juvenil. D) setas serrata no endopodito no juvenil. As Figuras 20 C e D são close da 20 A. Abreviaturas: JUV= juvenil.

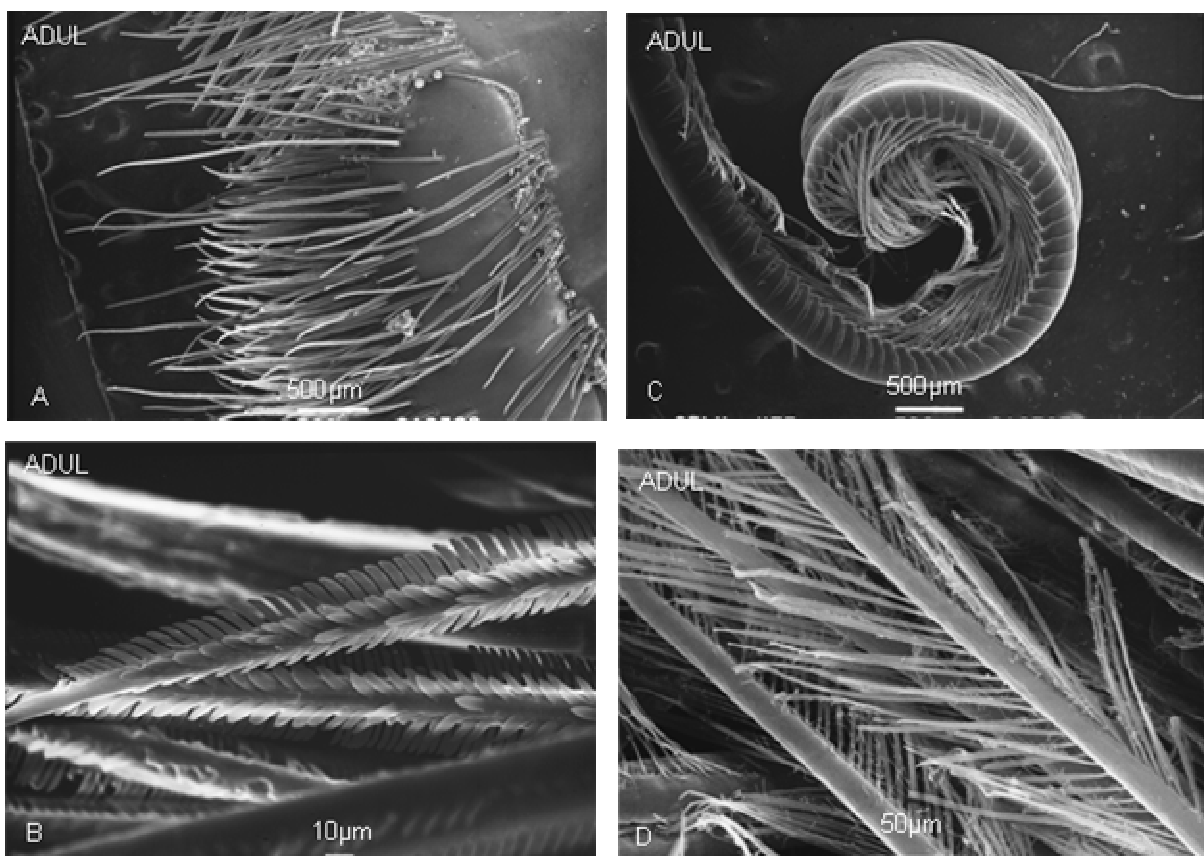


Figura 21- Eletromicrografia do 2º maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii* no adulto - MEV. A) 2º maxilípede último segmento. B) 2º maxilípede setas serrulatas do último segmento em close da Figura A. C) 2º maxilípede exopodito. D) 2º maxilípede com setas plumosas no ápice no exopodito no adulto. Abreviaturas: ADULT= adulto

4.1.7. Terceiro maxilípede

O terceiro maxilípede é o mais longo dos três (Fig.22). Apresentou setas quimiorreceptoras e mecanorreceptoras, que surgem principalmente após a metamorfose. A morfologia é similar ao segundo maxilípede nos estágios zoeais.

O endopodito foi a parte que mais apresentou mudanças. Durante os estágios zoeais ele é menor em comprimento do que o exopodito e a morfologia permanece constante. Identificou-se setas fortes com espinhos no último e penúltimo segmentos e algumas setas simples (Figs. 23A-F). Essas garras e espinhos facilitam a apreensão da presa. No entanto, no último segmento, a morfologia modifica-se bastante e há alterações na composição das setas sensitivas. O endopodito fica maior que o exopodito após a metamorfose (Fig 24A). Essa característica é mais evidente em juvenil (Fig. 24C) Em pós larva e juvenil surgem setas serratas, como demonstrado nas Figuras 24B (close da foto 24A) em pós-larva (PL) e 24D (close da foto 24C) em juvenil. Elas estão posicionadas mais na região ventral do segmento. Estão inseridas em um orifício basal e dispostas em camadas de forma aleatória. Setas serrulatas ocorrem nos últimos segmentos do endopodito de adulto com algumas ornamentações (Fig. 25A). Observou-se escamas largas na região dorsal (Fig. 25C). Essas escamas estão posicionadas bem próximas à haste setal com um ângulo muito pequeno (Fig. 25C) indicada pela seta. Em outras setas, as sétulas são largas (Fig. 25E, 25F) indicada pela seta larga e estão na região inferior ou central da haste. Setas serrulatas também ocorrem nesse segmento. Elas são compridas, densas e com sétulas com bordas repicadas (Fig. 25B).

Em pós-larvas setas paposas ocorreram no primeiro segmento do endopodito (Fig. 26B) e próximo ao último (Fig. 26D). No primeiro segmento estão dispostas em grupos de três. As próximas ao último segmento estão em disposição aleatória formando grupos. Apresentam sétulas bem finas e

longas e estão inseridas em um orifício basal. Provavelmente tem função quimiorreceptora. Após a metamorfose, ao longo dos segmentos do endopodito (Fig. 26A), verifica-se a presença de setas serratas. As setas representadas nesse segmento foram identificadas como setas mecanorreceptoras. Estão em posição retilíneas tanto em PL (Fig. 26C) como em juvenil (Fig. 26E). A presença de setas ao longo do apêndice não ocorreu na fase larval.

Em adultos, ocorrem setas serrulatas ao longo dos segmentos do 3º maxilípede (Figs. 27A, 27B e 27C). As sétulas são largas e dispostas na região ventral da haste enquanto que na região mediana verifica-se duas a três fileiras de sétulas ou escamas pequenas sobrepondo as sétulas largas (Fig. 27C). Algumas setas estão em grupos (Fig. 27D). A haste setal desses últimos apresentam sétulas com borda repicada (Fig. 27E) a qual é um close da foto 27D.

O exopodito apresentou setas simples, plumosas e paposas em todos estágios do ciclo de vida. Em PL e juvenil (Figs. 28B, 28D), estas são mais longas do que nas larvas como observado em zoea VIII (Fig. 28A) e XI (Fig. 28C). Essas setas apresentaram uma cutícula fina, podendo ser caracterizadas como setas quimiorreceptoras.

Terceiro maxilípede PL

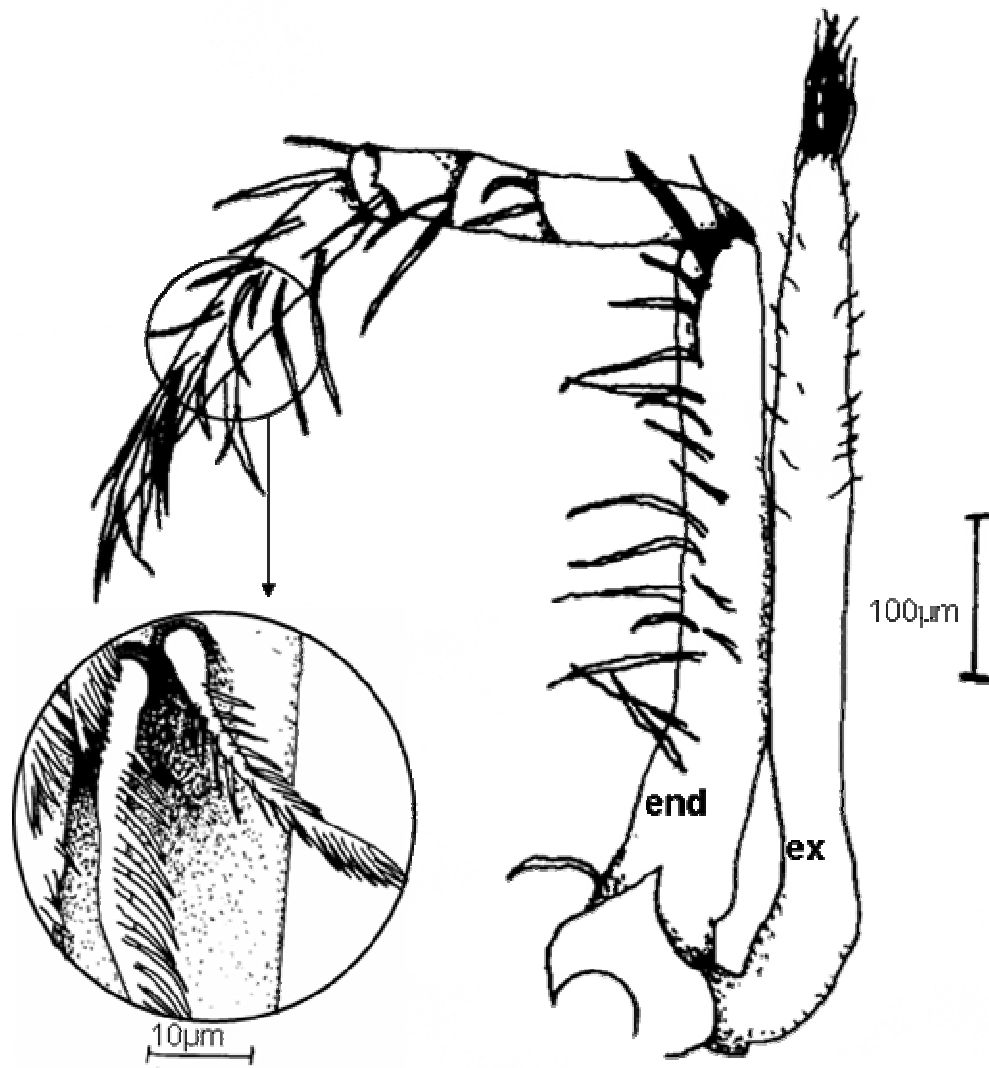


Figura 22- Terceiro maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii*.

Abreviaturas: exo= exopodito, end= endopodito.

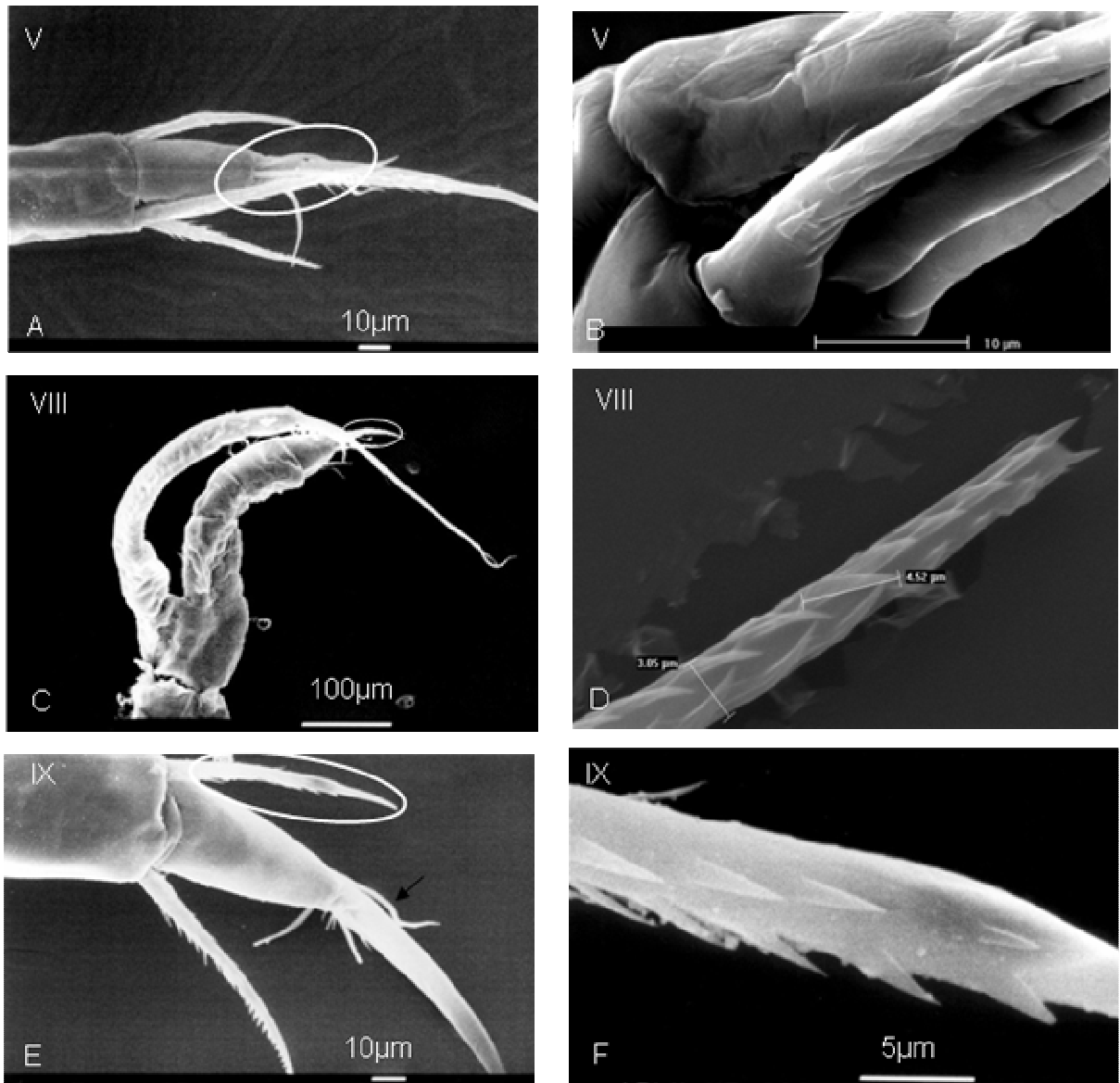


Figura 23- Eletromicrografia do terceiro maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. Setas fortes no endopodito. A) estágio V. B) estágio V. C) estágio VII. D) estágio VIII. E) estágio IX. A seta indica setas simples no último segmento do endopodito. F) estágio IX. Os círculos das Figuras 23 A, 23C e 23E estão em close nas 23B, 23D, 23 F.

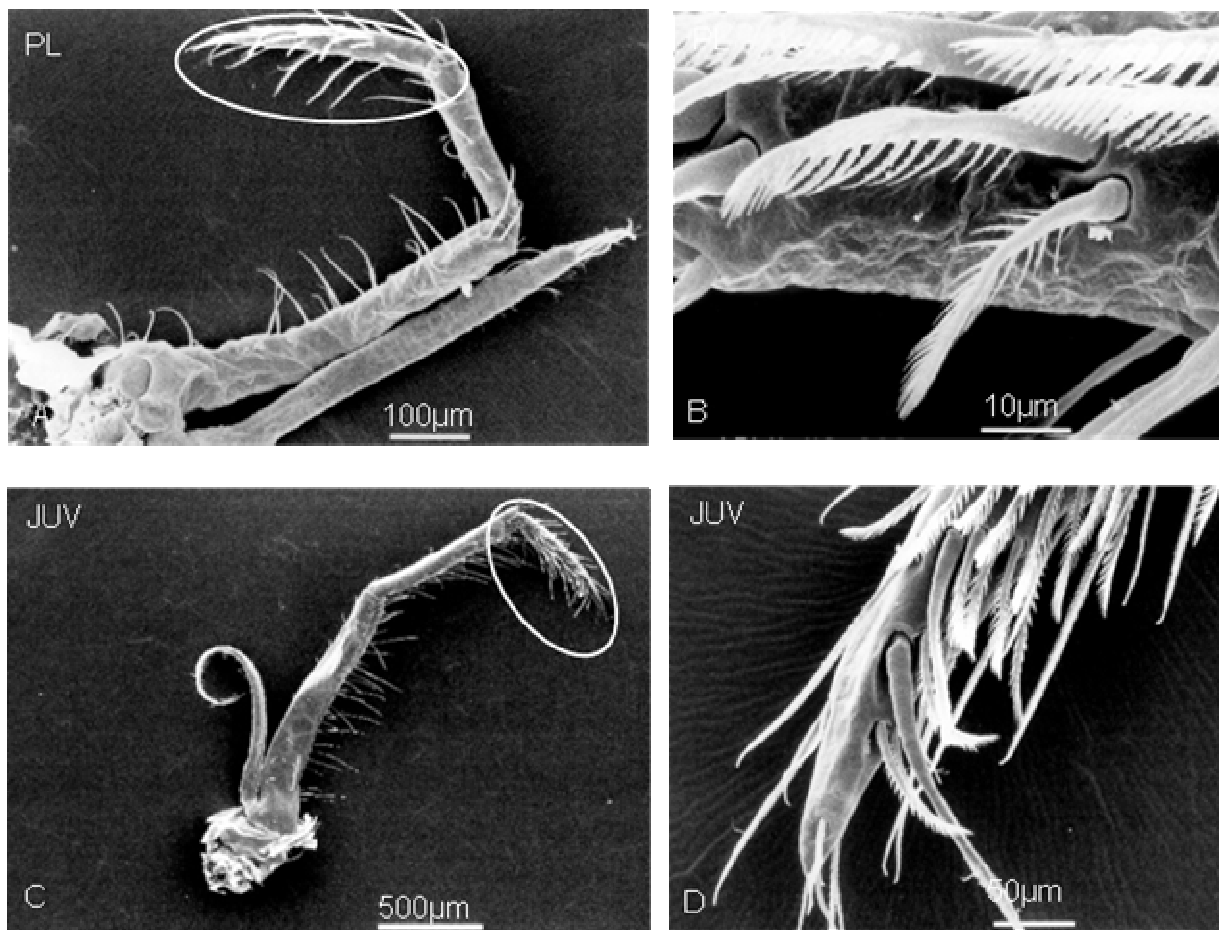


Figura 24-Eletromicrografia do terceiro maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A) terceiro maxilípede em PL. B) terceiro maxilípede no juvenil C) setas serratas no ápice do endopodito em PL. D) setas serratas no ápice do endopodito no juvenil. As Figuras 24B e 24D são closes das 24 A e 24C. Abreviaturas: PL= pós-larva, JUV=juvenil.

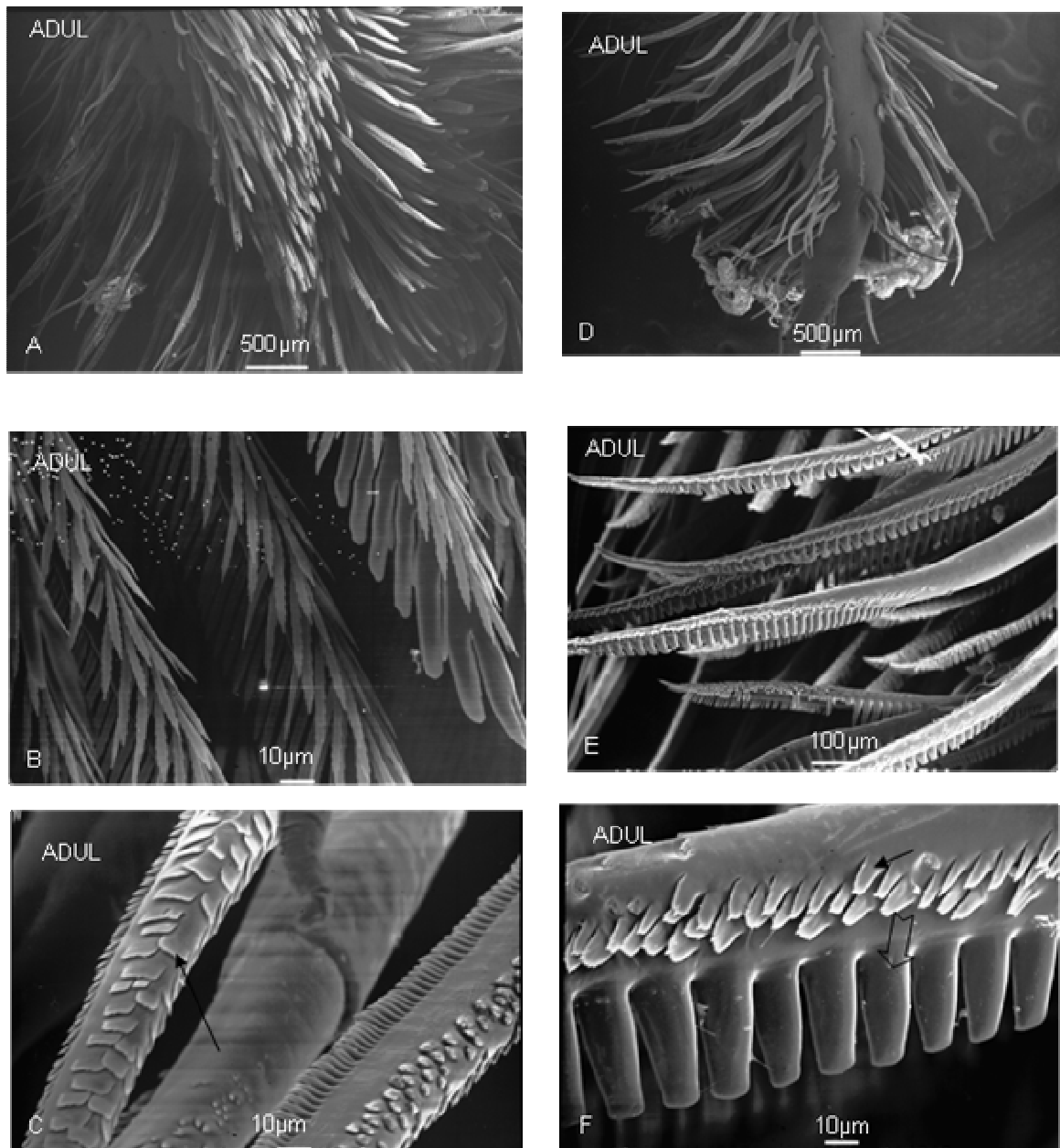


Figura 25- Eletromicrografia do terceiro maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii* MEV. A) último segmento no 3º maxilípede no adulto. B) setas serrulatas no último segmento no 3º maxilípede no adulto. C) setas serrulatas no último segmento no 3º maxilípede no adulto vistas em close da Figura 25B. D) 3º maxilípede no adulto. E) setas serrulatas no último segmento no 3º maxilípede no adulto. F) setas serrulatas em close da Figura 25E no adulto.

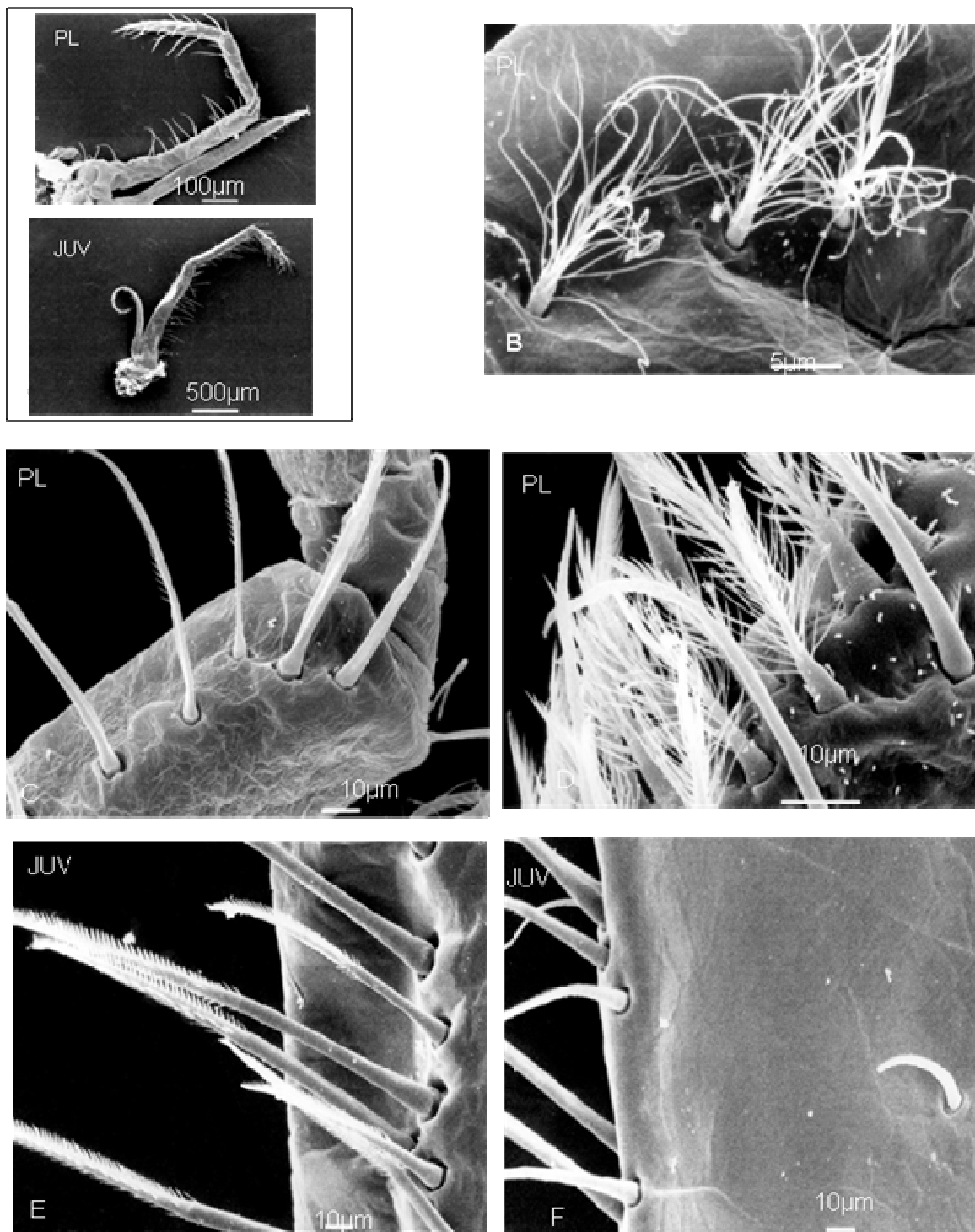


Figura 26- Eletromicrografia do endopodito do terceiro maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A) 3º maxilípede em PL e juvenil B) setas paposas em PL no primeiro segmento. C) setas serratas em segmentos intermediários em PL. D) setas paposas PL próximas ao último segmento. E) setas serratas em segmentos intermediários no juvenil. F) setas simples no segmento mediano no juvenil. Abreviaturas: PL= pós-larva, JUV= juvenil.

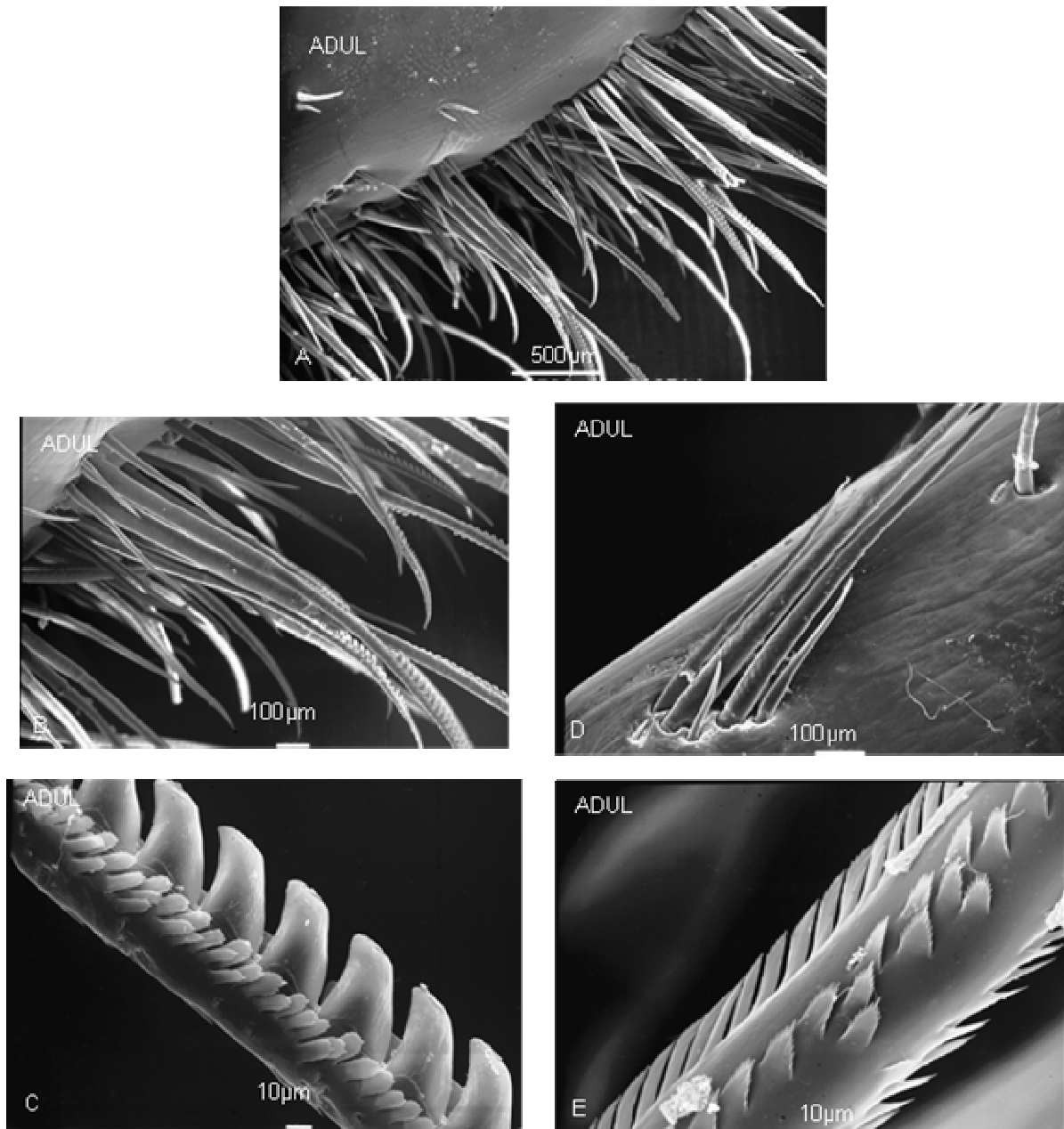


Figura 27-Eletromicrografia do 3º maxilípede *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A), 3º maxilípede, segmento mediano no adulto. B) setas serrulatas no segmento mediano no 3º maxilípede no adulto. C) setas serrulatas no segmento mediano no 3º maxilípede no adulto em close da Figura 27B. D) setas serrulatas no 3º maxilípede no segmento mediano no adulto dispostas em grupo. E) setas serrulatas no 3º maxilípede no segmento mediano no adulto. Abreviaturas: ADULT= adulto

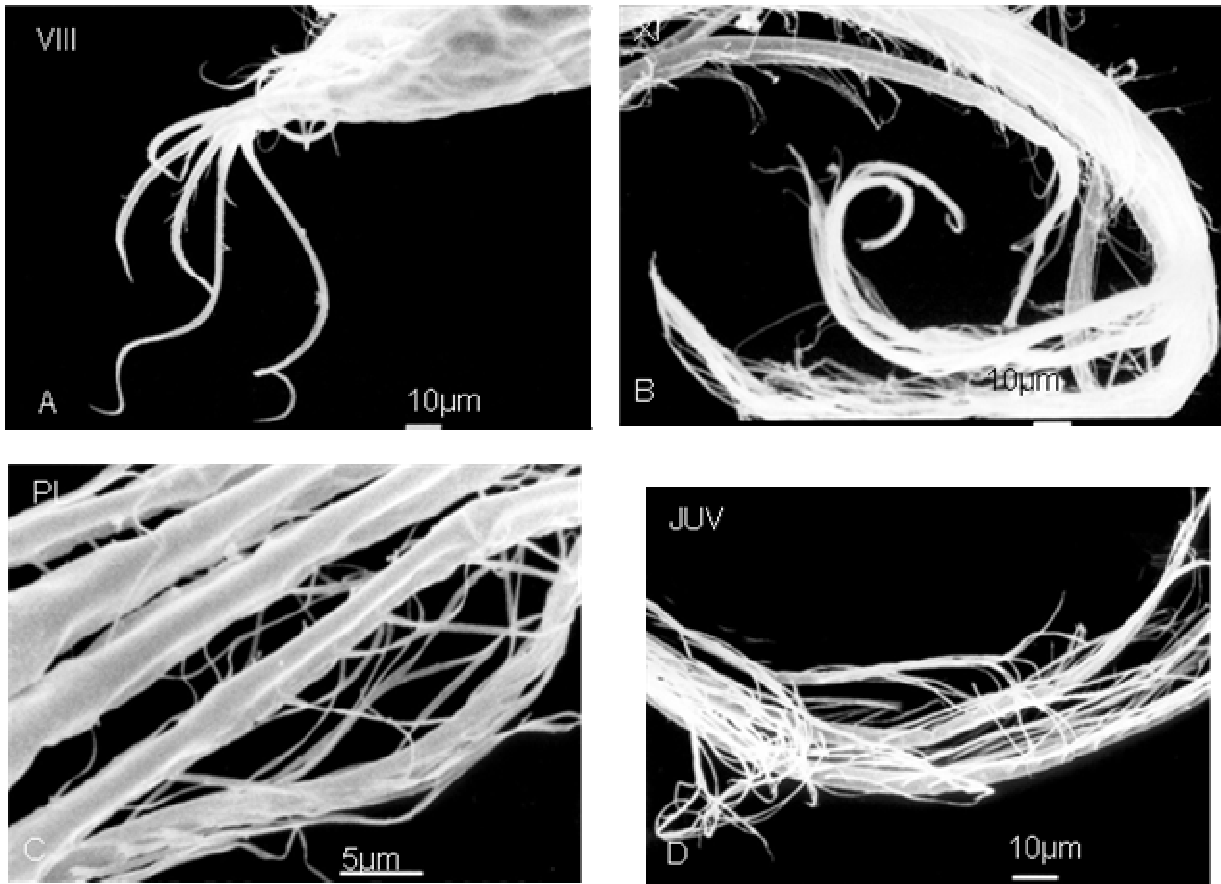


Figura 28- Eletromicrografia do terceiro maxilípede de *Macrobrachium rosenbergii* – MEV. A) setas simples e paposas no endopodito do primeiro segmento no estágio VIII. B) setas plumosas no ápice do endopodito no estágio XI. C) setas paposas no endopodito em PL. D) setas paposas no endopodito no juvenil. Abreviaturas: PL= pós-larva, JUV= juvenil.

4.1.8. Tegumento do corpo e outros apêndices

O tegumento do corpo das larvas do *M. rosenbergii* apresentou setas simples em toda a região dorsal do cefalotórax e abdômen. Provavelmente, apresentam função mecanorreceptora (Figs. 29C, 29D). Foram registradas setas simples no dactilo do primeiro pereiópodo de larvas do estágio IX. São setas de recepção mecânica, envolvidas na detecção e apreensão de partículas de alimentos (Fig. 29 A, 29B, 29E e 29F).

Nos urópodos e telso, região terminal do abdômen, identificou-se setas simples, plumosas e paposas (Fig. 30A, 30B). Na região marginal do urópodo elas são plumosas, densas e em grande quantidade (Figs. 30A, 30B). Na superfície, estão localizadas setas simples, curtas, em forma de espinho e com distribuição uniforme. Contudo, estão inseridas em um orifício basal o que difere dos espinhos, que saem diretamente da cutícula (Fig.30B).

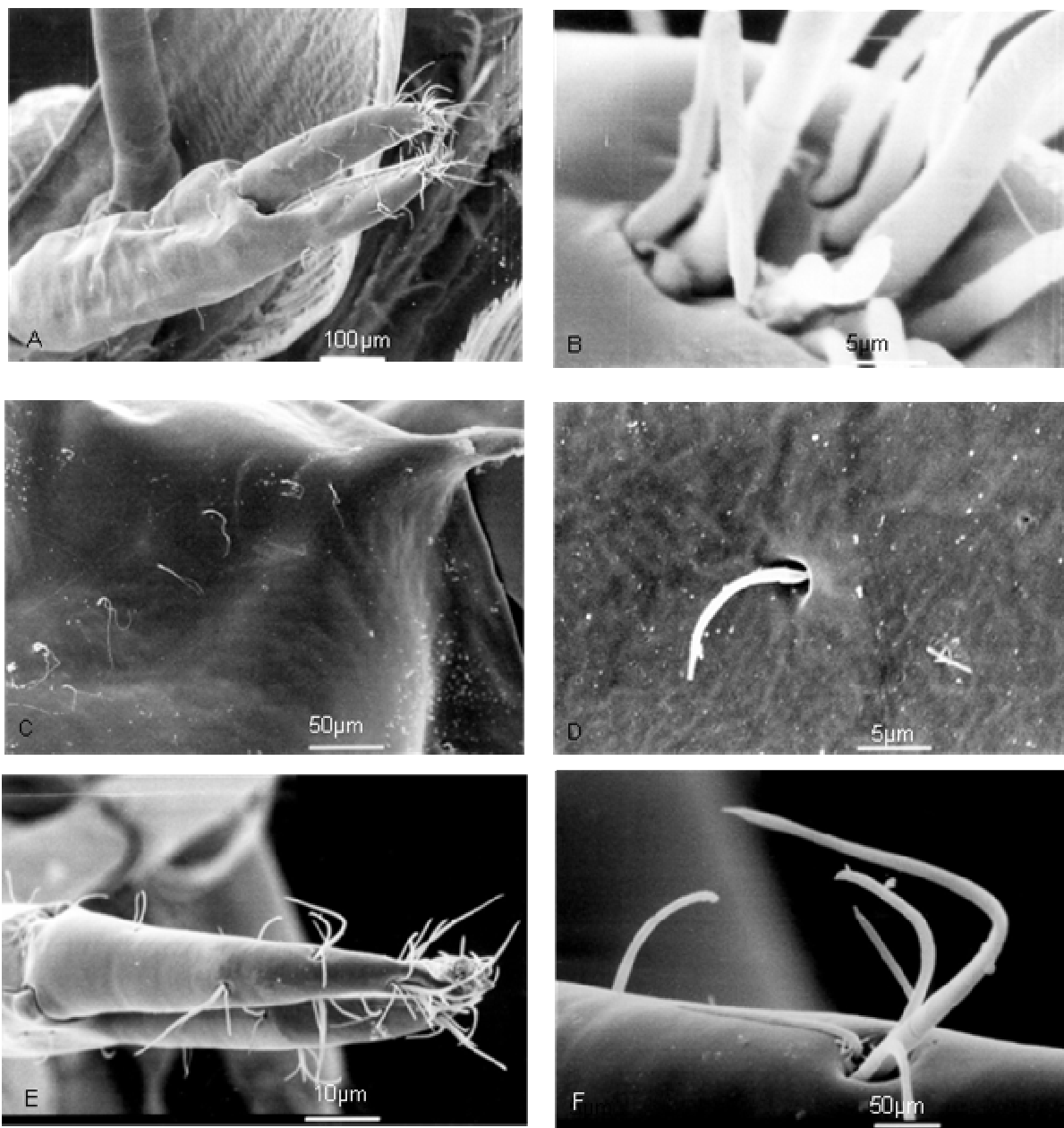


Figura-29 Eletromicrografia *Macrobrachium rosenbergii* no estágio XI. A) setas simples no dátilo do primeiro pereiópodo. B) setas simples no dátilo do primeiro pereiópodo em close da Figura 29A. C) cefalotórax região dorsal com setas simples. D) Abdômen região dorsal setas simples. E) 1º Pereiópodo região do dátilo com setas simples. F) 1º Pereiópodo dátilo setas simples em close da Figura 29E.

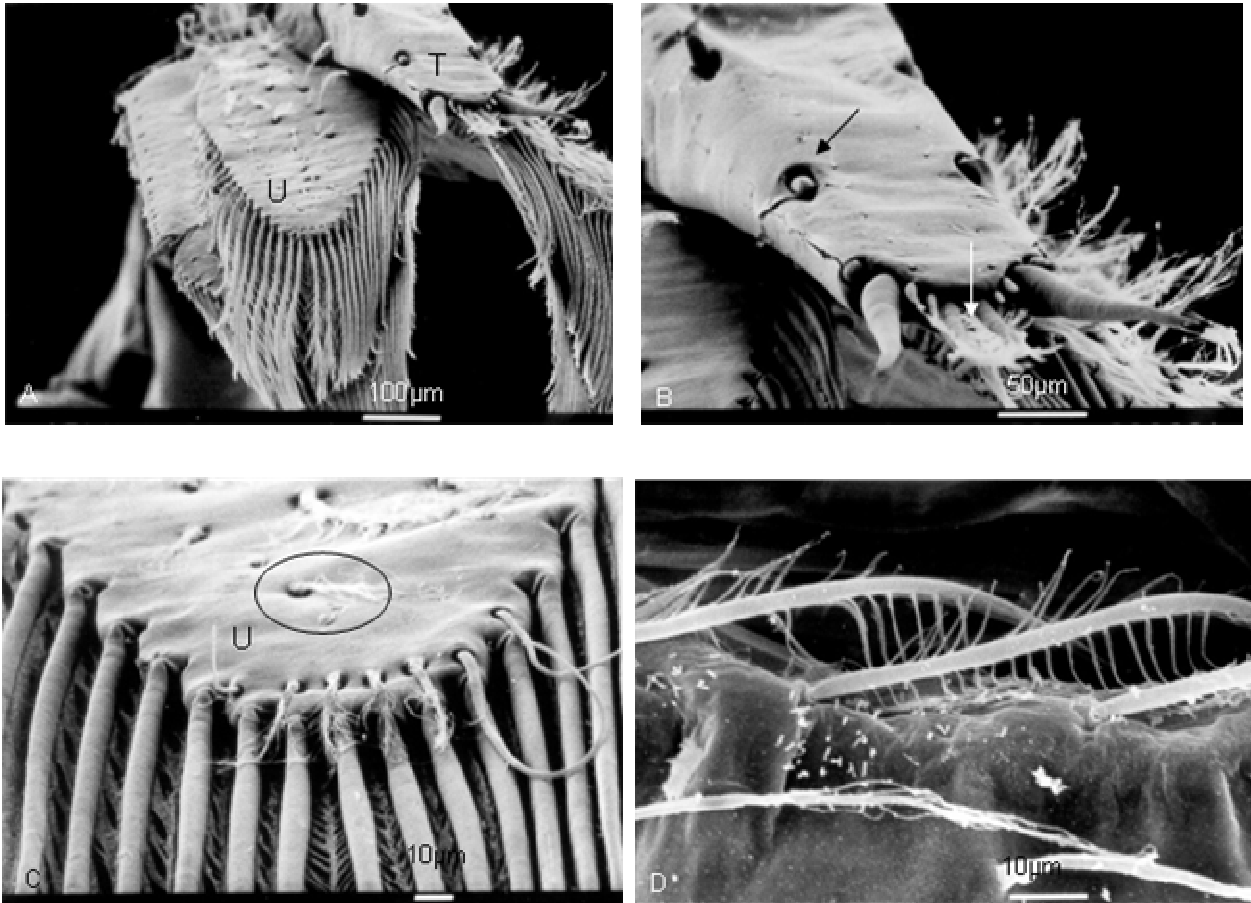


Figura 30- Eletromicrografia de *Macrobrachium rosenbergii* estágio IX mostrando o telso e urópodos. A) telso e urópodos foto panorâmica. B) urópodos setas simples (seta preta) e plumosa (seta branca). C) urópodo setas plumosas marginais e paposas na superfície destacadas no círculo. D) urópodo setas paposas na região dorsal em close do círculo da Figura 30C.

4.2. Olho

M. rosenbergii apresenta um par de olhos compostos, sésseis em zoea I e pedunculados em todas as outras fases da vida. Cada olho é levemente achatado dorsoventralmente (Fig. 32B, 33C, 35C). Em colorações com HE foi possível verificar que o olho de ***M. rosenbergii*** segue o padrão típico dos crustáceos. Podem-se identificar duas regiões integrantes do sistema visual: uma parte distal quase esférica, onde se encontra a retina (Fig 35A) (destaque da seta com duas pontas), e uma zona mais interna que se situam a região nervosa (Fig 35A).

Cada olho composto é formado de várias unidades ópticas independentes chamadas omatídeo. A porção dióptrica contém uma córnea produzida pelas células corneagênicas que estão situadas logo abaixo dela. Por baixo da córnea se encontra o cone cristalino. Em seguida há um círculo de células retinulares com borda diferenciada chamada rabdômero. As células retinulares são envolvidas por células pigmentares (Fig. 31). Os omatídeos de ***M. rosenbergii*** apresentaram todas as camadas da região dióptrica em todos os estágios larvais até PL (Figuras 32 a 36). Essas camadas serão descritas a seguir.

As superfícies externas dos omatídeos apresentam um arranjo hexagonal regular. A medida que a ontogênese ocorre, o número de omatídeos aumenta. Observa-se também que os lados das facetas ficam menores e com as pontas levemente arredondadas (Fig. 37A, 37B, 37E, 37F). Essa morfologia externa do olho de ***M. rosenbergii*** foi identificada observando fotomicrografia de varredura. O pedúnculo apresenta 3 orifícios em disposição retilínea nos estágios zoeais e de PL. Possivelmente é uma glândula secretora com comunicação externa (Fig. 37A-F).

A córnea é representada por uma camada estreita de células que circunda a porção dióptrica. São células finas com duas faces. É a camada mais externa da região dióptrica. Ela apresentou uma disposição uniforme de mosaico em todos os estágios larvais e PL

(Figs 32 a 36). Células epidermais foram visualizadas logo abaixo da camada da córnea. Foram identificadas como células corneagênicas (Fig 31).

Células cone foram identificadas abaixo das células corneagênicas em todos os estágios larvais e PL como demonstrado em cortes histológicos na Figura 31. Em corte transversal ultra-fino, elas foram registradas para o estágio IX (Fig 38A, 38C, 38D) e para o estágio X (Fig. 39A, 39B) e para o estágio XI (Fig. 39E). Apresentaram morfologia típica de cone propriamente dito (Fig 38C, 38D). A região mais larga do cone está em posição distal e a mais estreita estende-se em direção as células retinulares (Fig.38C e 38D) respectivamente.

Um arranjo concêntrico de sete células retinulares compõe o omatídeo e o rabdômero de *M. roenbergii*. A célula retinular é uma célula epitelial com formato cilíndrico. A membrana apical das células retinulares se alonga para formar um arranjo de microvilosidades densamente empacotada, que são os rabdômeros (Fig. 39H). Cada rabdômeros é único, contínuo e isolado opticamente. Os microvilos dos rabdômeros se estendem ao longo do eixo central do omatídeo (Fig. 38E) e apresentaram apenas duas direções (Figs 38G e 38H). Em fotos com cortes ultra-finos, observaram-se estriamentos nos rabdômeros (Fig. 39C). Estes são devido a camadas alternadas de microvilos que estão orientadas em ângulo de 90° (Fig. 38H). Cada camada contem de 4 a 7 microvilos (Fig 38G). Os rabdômeros são mais longos que os cones e isolados opticamente por grânulos de pigmentos (destaque da seta fina Fig. 38E).

Identificou-se células pigmentares secundárias entre cada célula retinular. Elas rodeiam e isolam cada omatídeo (destaque seta larga Fig 38E) e (Fig.39H). Grânulos de pigmentos foram localizados nas células retinulares e pigmentares secundarias. Eles estão distribuídos ao longo dessa estrutura, caracterizando morfologicamente olhos de aposição (Figs 38E, 38F, 38H).

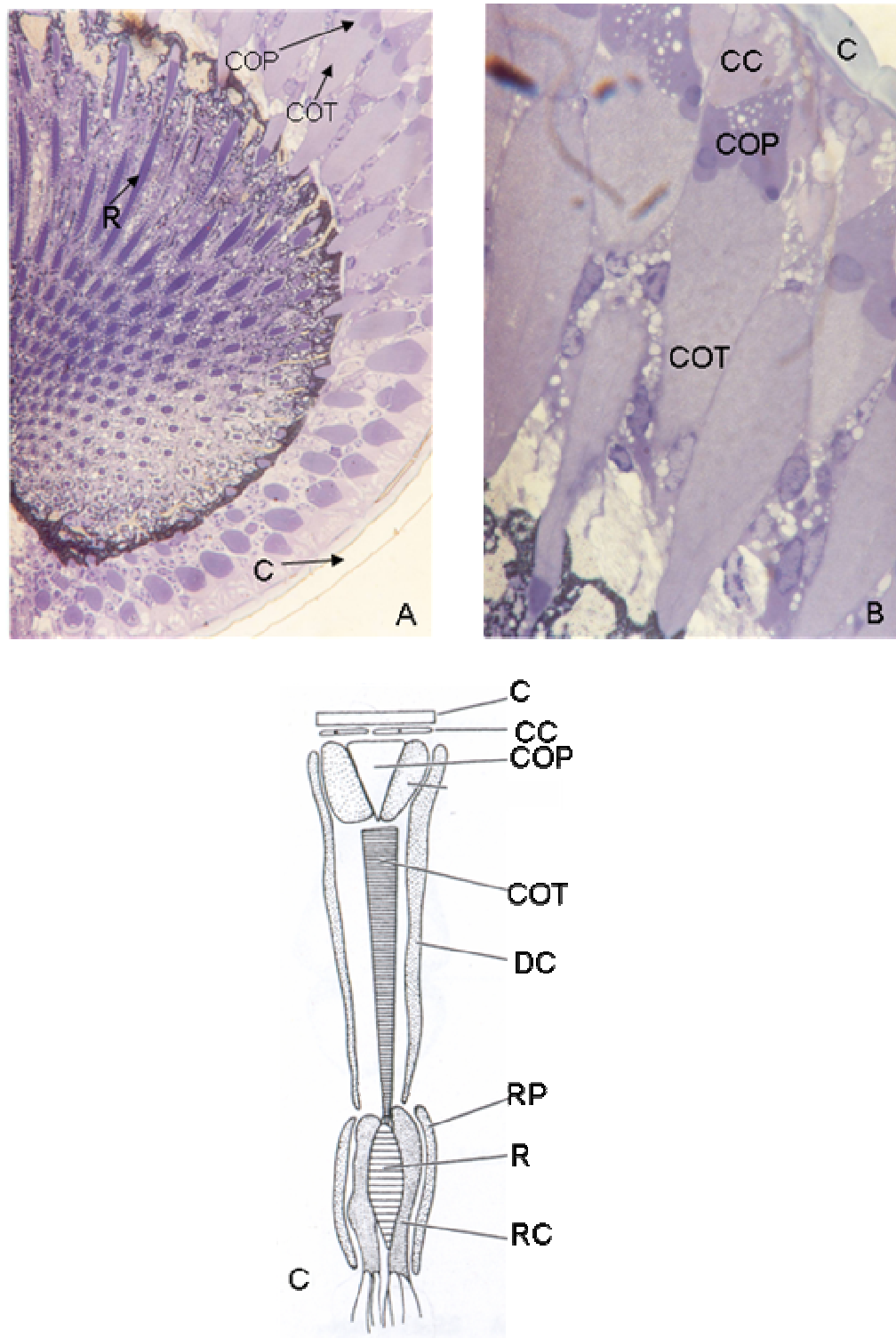


Figura 31- A) Corte semi-fino do olho de *Macrobrachium rosenbergii* 0,5 μm . B) corte semi-fino de *Macrobrachium rosenbergii* 0,5 μm . C) esquema olho de crustáceo. Abreviaturas: C= córnea, CC= células corneagênicas, COP= ponta do cone, COT= trato do cone, DC= células pigmentares ditais, RP=pigmento reflectante das células retinulares, R= rabadômero, RC= célula retinular.

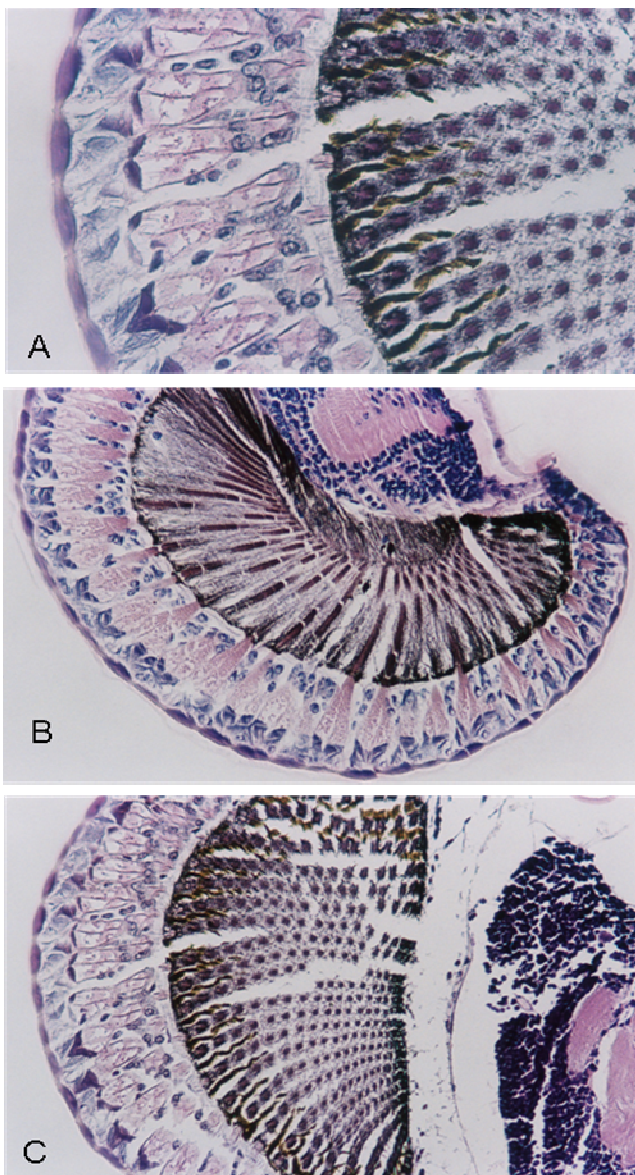


Figura 32: Olho de larva de ***Macrobrachium rosenbergii***. A) estágio I aumento 100x. B) estágio II aumento 40x. C)estágio II aumento 20x.

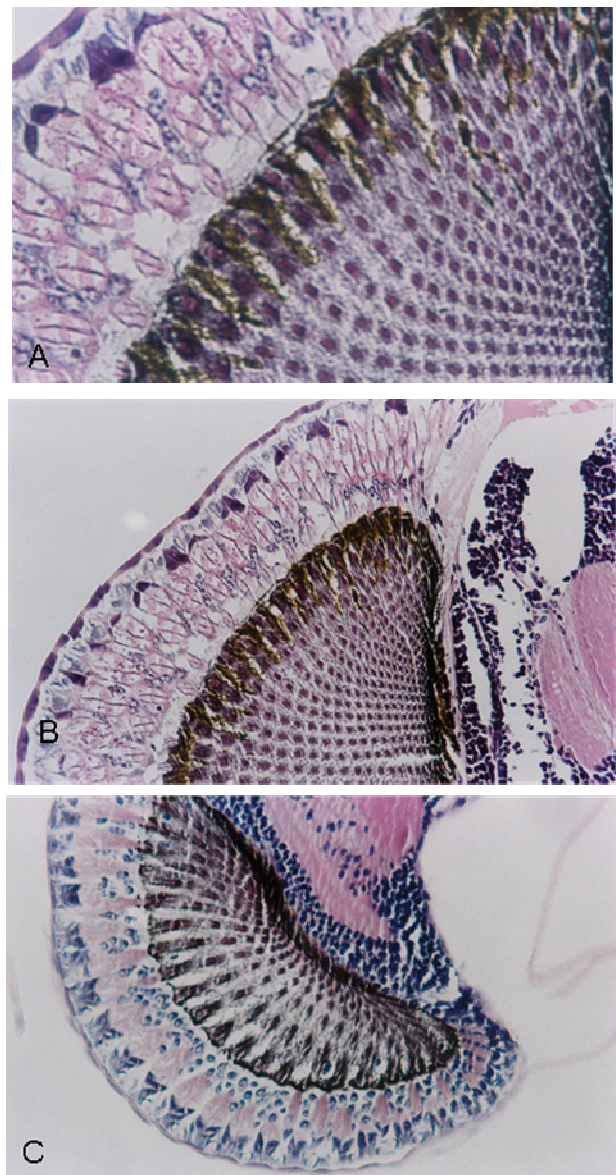


Figura 33: Olho de larva de ***Macrobrachium rosenbergii***. A) estágio III aumento 100x. B) estágio IV aumento 40x. C) estágio V aumento 20x

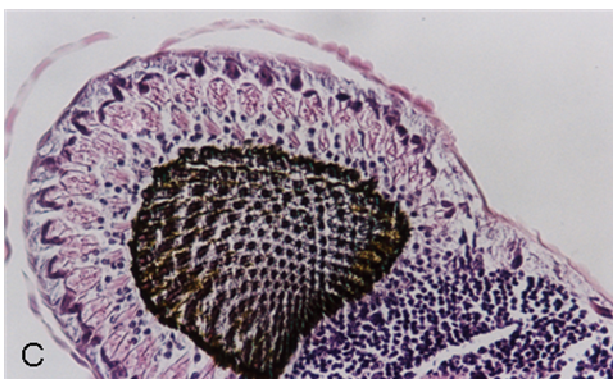
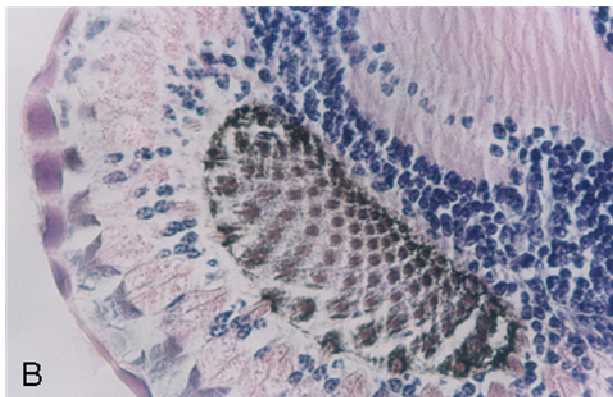
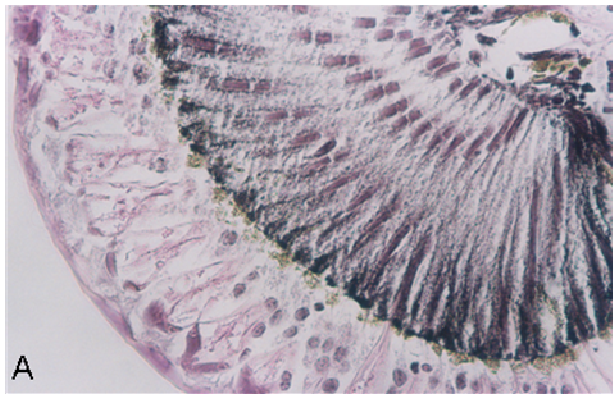


Figura 34: olho de larva de *Macrobrachium rosenbergii*. A) estágio VI aumento 100x, B) estágio VII aumento 40x, C) estágio VIII aumento 20x.

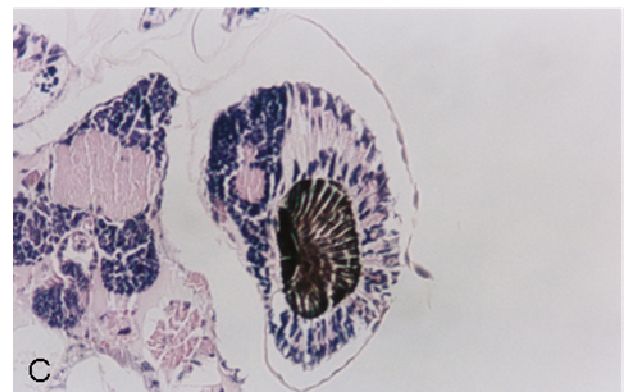
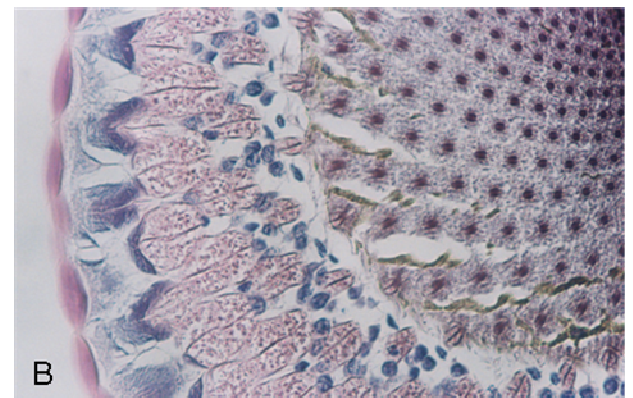
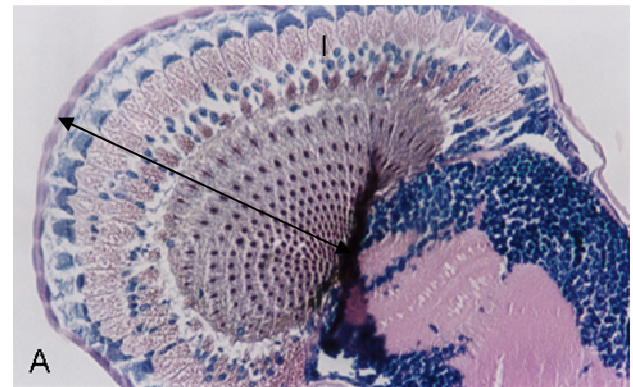


Figura 35: Olho de larva de *Macrobrachium rosenbergii*. A) estágio IX aumento 20x. B) estágio IX aumento 100x. C) Estágio X aumento 10x.

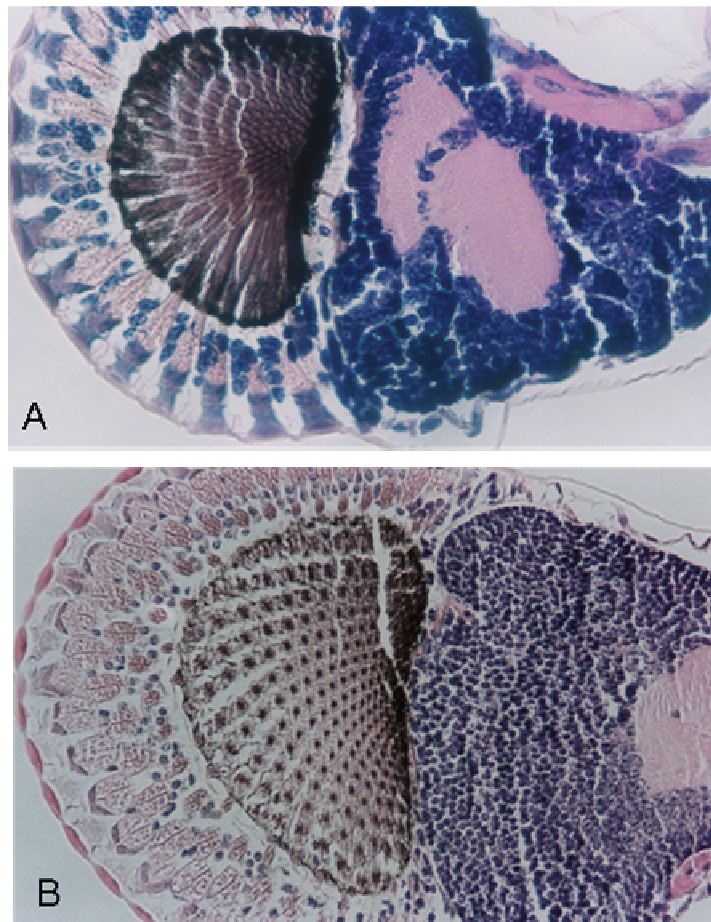


Figura 36: Olho de larva de *Macrobrachium rosenbergii*. A) estágio XI aumento 20x. B) pós-larva aumento 40x.

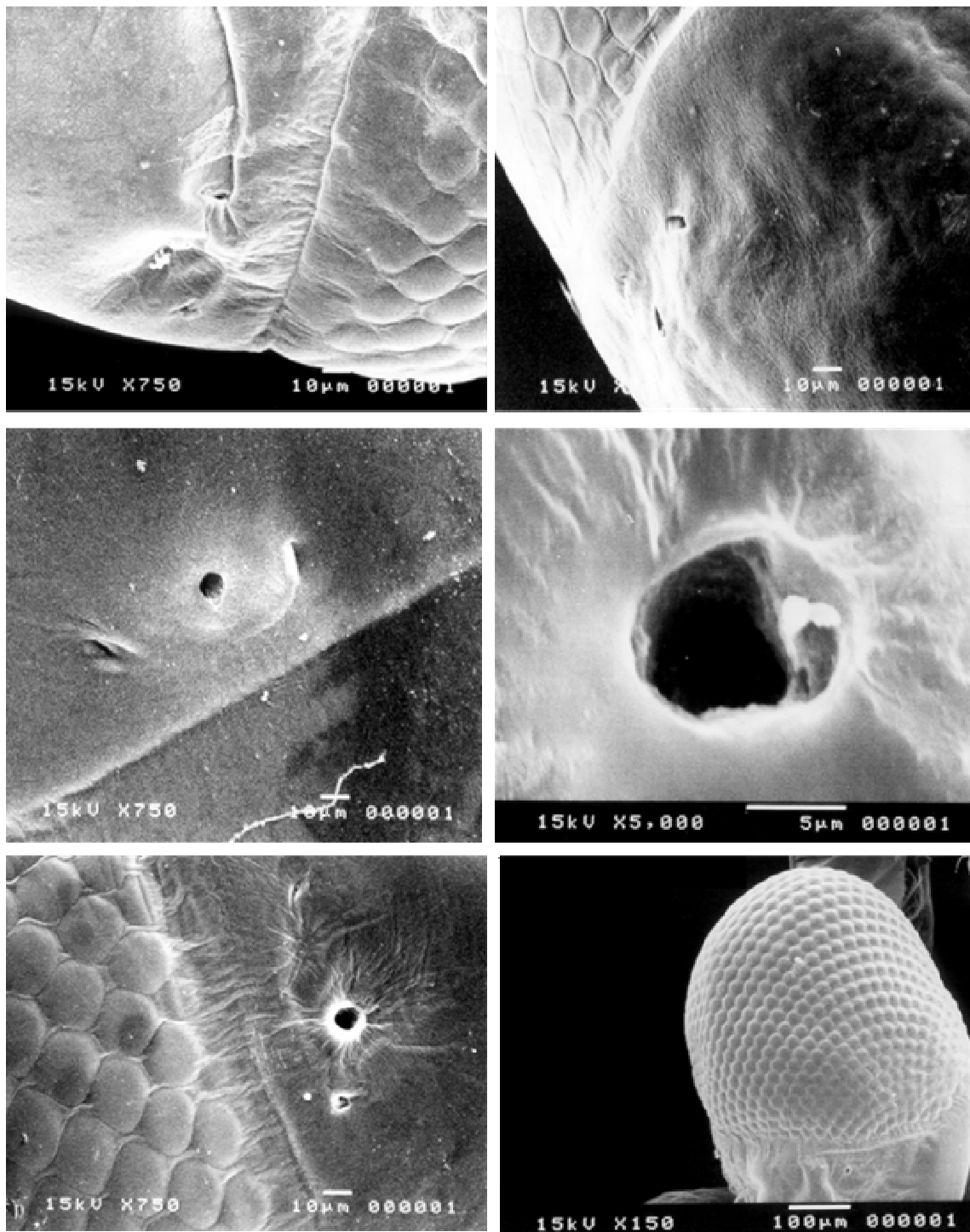


Figura 37-Eletromicrografia dos Olhos *Macrobrachium rosenbergii*. A) estágio V três glândulas no pedúnculo e omatídios com arranjo hexagonal. B) estágio VI três glândulas no pedúnculo e omatídios com arranjo hexagonal. C) estágio VII três glândulas na base. D) Estágio VII detalhe da abertura de uma glândula. E) estágio VIII três glândulas no pedúnculo e omatídios com arranjos hexagonal. F) estágio X três glândulas no pedúnculo e omatídios com arranjos hexagonal.

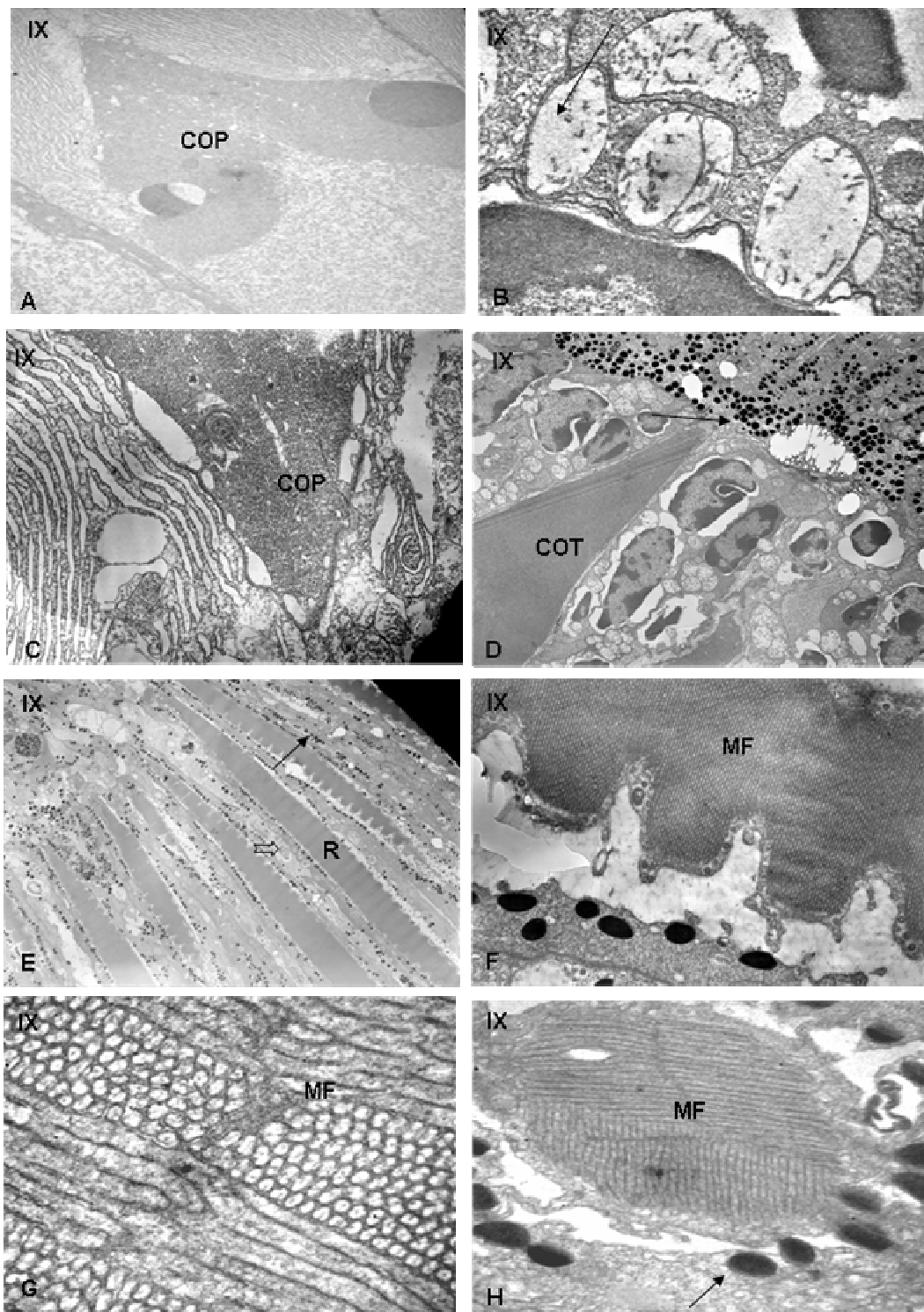


Figura 38-Eletromicrografia de olho de *Macrobrachium rosenbergii* TEM. A) ponta do cone no estágio IX 2.500x. B) região entre os cones no estágio IX 20.000. C) ponta do cone no estágio IX 7.500x. D) trato do cone e pigmentos apontados com a seta no estágio IX 2.000x. E) rabdômeros envolvidos com pigmentos das células pigmentares secundárias (seta fina) e células retinulares (seta larga) no estágio IX 1.2000x. F) microvilos dos rabdômeros no estágio IX 15.000x. G) microvilos dos rabdômeros no estágio IX 100.000x. H) microvilos dos rabdômeros e pigmentos apontados com a seta 40.000x. A) a G) os cortes são longitudinais e H) corte transversal. Abreviaturas: COP = ponta do cone, COT = trato do cone, R = rabdômero, MF = microvilos.

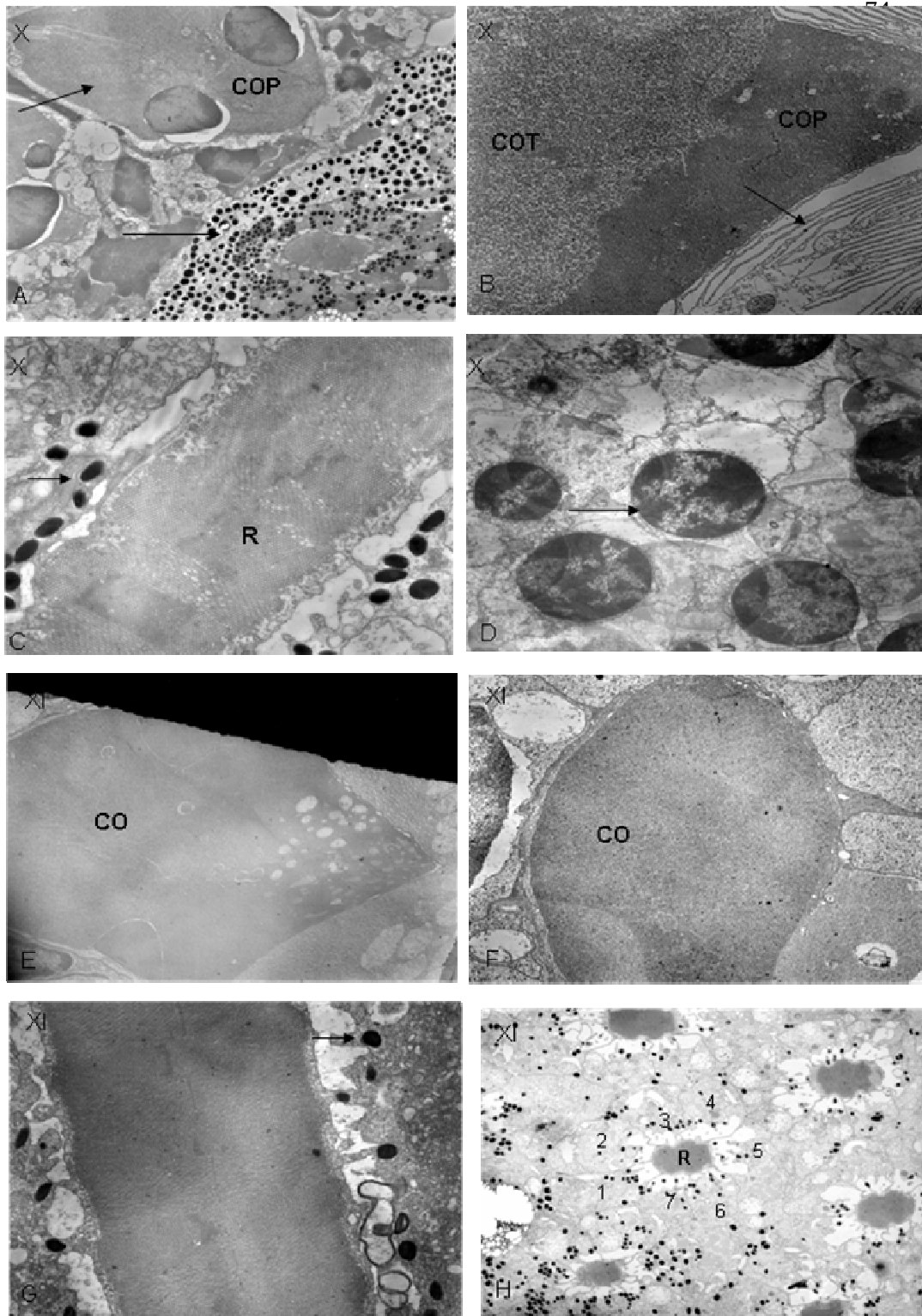


Figura 39-Eletromicrografia de olho de *Macrobrachium rosenbergii* TEM. A) ponta do cone no estágio X 2.500x. B) ponta e trato do cone no estágio X 4.000. C) rabdômero e pigmentos apontados com a seta no estágio X 12.000x. D) células globosas apontadas com a seta no estágio X 5.000x. E) cone cristalino no estágio XI 3.000x. F) cone cristalino no estágio XI 10.000x. G) rabdômeros e pigmentos apontados com a seta no estágio XI 10.000x. H) células retinulares numeradas e rabdômeros no estágio XI 2.000x. As Figuras A, B, C, D, E, G os cortes são longitudinais e F e H os cortes são transversais. Abreviaturas: CO = ponta do cone, COT= trato do cone, C = cone cristalino, R= rabdômero.

5. DISCUSSÃO

M. rosenbergii apresenta grande quantidade de setas em todos os estágios larvais. Estas apresentam características morfológicas externas combinadas como orifícios e septo basal, haste setal, anéis e orifício apical. Estas estruturas têm sido consideradas típicas de setas sensitivas por vários autores (Felgenhauer, 1992; Lavalli e Factor, 1992). Portanto, os resultados evidenciam que o tegumento e os apêndices bucais de ***M. rosenbergii*** apresentam diversas estruturas sensitivas. Ao longo do desenvolvimento, as setas variam principalmente nas antênulas, antenas e maxilípedes. Ocorre um aumento em número, tamanho e complexidade, além do surgimento de espinhos, dentes e dentículos. Portanto, a capacidade de percepção de estímulos do meio se altera, indicando possíveis mudanças nos hábitos e/ou na capacidade de explorar recursos.

Uma grande variedade de estruturas sensitivas foi observada nas antênulas e antenas de ***M. rosenbergii***. Ocorrem setas simples com orifício apical e setas plumosas com cutícula fina as quais surgem ao longo do desenvolvimento. Bauer (2004) relata que as estruturas das antenas e antênulas dos carídeos estão relacionadas à detecção de substâncias dissolvidas. Destaca ainda que o flagelo antenular e antenal têm abundantes receptores táteis como também quimiorreceptores, especialmente de gustação. Ache (1982) destaca que os quimiorreceptores antenulares dos crustáceos possibilitam a detecção de estímulos de baixo peso molecular a alguma distância do recurso do estímulo de odor, despertando e/ou provocando comportamento de apetite e orientando o animal em direção ao alimento. A adição de quimioatrativo na água como betaína, taurina, glicina, e prolina provoca em ***M. rosenbergii*** vigorosa procura por alimento e propicia maior ganho de peso ao longo do tempo (Harpaz & Steiner, 1990; Proença, 1990; Harpaz, 1997). ***M.***

rosenbergii responde mais prontamente a atrativos químicos que ***Penaeus merguenses*** (Hapaz et al 1987). Meyers e Zein-Eldin (1972) descobriram que os carídeos apresentam uma acentuada preferência por alimentos mais odoríferos, já que a difusão de algumas substâncias na água favorece a aproximação dos indivíduos. Barros e Valenti (1997) verificaram que, embora a maioria das larvas de ***M. rosenbergii*** capture o alimento por oportunidade de encontro, algumas larvas nadam em direção ao mesmo. Essa habilidade aparece com maior frequência nos estágios finais (VII ao XI). Portanto, podemos supor que as setas plumosas e as simples com orifício apical das antenas e antênulas desempenham função quimiorreceptora em ***M. rosenbergii***. Estas confeririam capacidade para localizar o alimento na coluna d'água. Assim, a localização do alimento não deve ser ao acaso durante todo o período larval como preconizado por Moller (1978). Experimentos de atratividade devem ser realizados para confirmar essa hipótese.

O ***M. rosenbergii*** apresenta características morfológicas nas peças bucais que indicam uma mudança do hábito carnívoro para onívoro ao longo do desenvolvimento. Isto fica evidenciado pela análise da placa mandibular que é formada pelo processo molar e incisivo em todos os estágios zoeais. O molar tem função de mastigar e misturar e o incisivo de picar e cortar (Felgenhauer, 1992; Bauer, 2004). O processo incisivo de ***M. rosenbergii*** é bem desenvolvido nos estágios zoeais com dentes pontiagudos e serrilhados acrescidos a cada estágio. Isso ocorre em larvas de Peneídeos e Carídeos (Jones et al., 1997). Foi observada uma redução na espinação mandibular após a metamorfose e principalmente no estágio juvenil. Resultado similar foi observado por Boschi et al., (1968) para uma espécie de anomura ***Blepharipoda doelloi***, por Vega, (1984) para ***M. heterochirus***, ***M. amazonicum*** e ***M. brasiliense*** e Lavalli e Factor, (1992) para lagosta ***Homarus***

americanus. Jones et al. (1997) relaciona a placa mandibular com dentes ásperos e sem cortes, com função de triturar, a animais herbívoros enquanto que a presença de dentes pontiagudos, com função de rasgar, caracterizam os carnívoros. Jones et al. (1997) propõem que parte da boca dos crustáceos, durante a vida planctônica, macera o alimento, devido a carência de aparatos com função mastigadora no estômago. Isso poderia justificar a presença do processo molar nas larvas de **M. rosenbergii**. Deru, 1990 (apud Jones et al., 1997) discute que **M. rosenbergii** é onívoro do estágio I a III e, a partir desse, é carnívoro. No entanto, sabe-se que larvas de **M. rosenbergii** consomem alimento vivo nos estágios iniciais e inerte a partir do estágio VII (Barros e Valenti, 2003) mesmo na presença de alimento vivo. Além disso, no início do desenvolvimento, as larvas apresentam limitada produção enzimática (Jones et al, 1993) e a máxima atividade de tripsina e esterase ocorrem nos estágios V e VI e a amilase só está evidente nos estágios VI a VIII (Kamanudin et al., 1994). Assim, podemos afirmar que a placa mandibular nos estágios zoeais tem aspecto de animal carnívoro. Mas, os estudos de composição enzimática e comportamento indicam que as larvas não são exclusivamente carnívoras.

O segundo e terceiro maxilípedes apresentaram alterações morfológicas que podem estar relacionadas ao comportamento alimentar do **M. rosenbergii**. O segundo maxilípede apresentou setas fortes com espinhos e uma garra forte nos dois últimos segmentos do endopodito nos estágios zoeais. Em PL, o último segmento assume uma forma retangular com inúmeras setas mecanorreceptoras do tipo serrata. Na fase juvenil, este se transforma numa forma elíptica e são acrescentadas setas serrulatas. O terceiro maxilípede é pediforme em todos os estágios, mas ocorre um incremento das estruturas sensitivas ao longo do desenvolvimento. Anger (2001) relata que, nas larvas de decápodes, os maxilípedes

mostram a mais alta densidade de sensores mecânicos e químicos. O mesmo autor afirma que, nos estágios iniciais, estes são pouco numerosos, mas aumentam gradativamente durante o desenvolvimento. O primeiro e segundo maxilípedes estão associados com a manipulação do alimento. O terceiro é geralmente mais pediforme. Pode jogar o alimento para a boca e prendê-lo. O exopodito dos maxilípedes dos carídeos forma correntes que movimentam a água para frente do camarão (Bauer, 2004; Felgenhauer, 1992). Assim, os nossos resultados levam a conclusões que os receptores do endopodito dos maxilípedes estariam envolvidos na captura das partículas de alimento mais especificamente por contato. Nos estágios zoeais, teriam uma função de apreensão do alimento na coluna d'água. Em PL e juvenil, ocorre a mudança de hábito planctônico para bentônico. As funções seriam de procura por alimento durante o rastejamento no substrato, devido a riqueza de setas mecanorreceptoras. Estudos comprovam que os receptores dos dátilos das peças bucais em crustáceos detectam estímulos próximos ou em contato com o recurso, controlando a captura e desencadeando o processo de ingestão e/ou rejeição do item alimentar (Ache, 1982; Deby & Atena 1982; Steiner & Harpaz 1987). Moller 1978 e Barros e Valenti (1997) relatam que larvas no estágio I não ingerem alimentos. No entanto, a percepção tátil existe, uma vez que encontramos setas quimiorreceptoras como os estetos nas antênulas e mecanorreceptoras nos maxilípedes. Barros e Valenti (1997) observaram várias larvas agarrarem as partículas após o contato físico o que corrobora nossas observações.

O processo de alimentação está relacionado com o desenvolvimento morfológico e fisiológico das estruturas sensitivas de *rosenbergii*. A partir do primeiro estágio larval, o *M. rosenbergii* já possui setas sensitivas. Setas plumosas ocorrem nas antênulas e antenas. Elas aumentam ao longo do desenvolvimento. Em PL e

juvenil, surgem setas diferentes nas antenas como as simples com orifício apical e setas serrata e serrulata nos maxilípedes. Em relação ao desenvolvimento morfológico, Boschi et al. (1968) relatam que a megalopa ***Blepharipoda doelloi*** (anomura) adquire características totalmente distintas das larvas. John e Ward (1964) relatam, para ***M. carcinus***, o desenvolvimento gradual dos apêndices bucais estudando alguns estágios larvais e juvenis. Lavalli e Factor (1992) relatam para a lagosta ***Homarus americanus*** uma diversificação de setas nos apêndices bucais à medida que ocorre o desenvolvimento morfológico. Esses autores descrevem setas plumosas, serrata, e, no estágio XII, surgem novas setas como a cúspede e trisserrulata nos maxilípedes. Vega (1984) relata um aumento de setas no endopodito e exopodito das antenas e antênulas e de estetos no exopodito da antênula dos estágios I ao juvenil do ***Macrobrachium amazonicum***, observadas em esteriomicroscópio. Entretanto, os estudos de ***Macrobrachium*** não relacionaram as estruturas às funções nem à identificação, classificação e caracterização das estruturas sensitivas.

A capacidade de alimentação também está relacionada ao desenvolvimento fisiológico, acompanhado do desenvolvimento das estruturas sensitivas. Abrunhosa e Marlon (2002) relatam que o estômago de ***M. rosenbergii*** é funcional desde o primeiro estágio larval, ocorrendo especialização do “filter press”, estrutura de filtração, no último estágio. Segundo o mesmo autor, o estômago é misturador e a mastigação ocorre nas peças bucais. Assim, à medida que a ontogenia ocorre, as estruturas sensitivas surgem o que proporciona aumento na habilidade para procurar e capturar o alimento. Isso explicaria a mudança de comportamento observado no estágio VII, quando as larvas começam a buscar o alimento com mais intensidade (Barros e Valenti, 2003) Podemos ressaltar ainda o

fato das enzimas digestivas tripsina, esterase e amilase estarem presentes a partir desse estágio (Kamanudin et al., 1994).

O olho de *M. rosenbergii* apresenta desde o primeiro estágio larval características que lhe confere percepção de formas e movimentos com nitidez. Isso fica evidenciado pela análise morfológica dos olhos. A espécie apresenta olhos compostos em todos estágios de desenvolvimento. Estes são especialmente adaptados para detectar movimentos (Fincham, 1984; Martin, 1992; Wolff e Read, 1993; Ruppert e Barnes, 1996; Brusca e Brusca, 2003). Morfologicamente, eles são caracterizados por distintas unidades fotorreceptoras chamadas omatídeos (Brusca e Brusca 2003). Cada omatídeo é suprimida por seu próprio nervo com conexão ao nervo óptico para formação da imagem no, através do impulso nervoso (Brusca e Brusca, 2003). Quando cada omatídeo responde à luz de seu próprio cone cristalino, a imagem é formada por aposição. Caracteriza-se como olho adaptado à luz. As imagens por aposição estão adaptadas para proporcionar uma imagem em mosaico mais nítida (Meglitsch, 1986; Fincham, 1984; Brusca e Brusca, 2003). Quando cada omatídeo responde à luz de vários cones cristalinos forma uma imagem por superposição. Estas são mais adequadas para analisar campos visuais que mudam rapidamente e, naturalmente, utilizam menos luz. As larvas de decápodes apresentam olhos de aposição e os adultos de superposição (Land, 1981; Gaten e Herring, 1995). Olhos de aposição foram descritos para Brachiopoda relatados por (Martin, 1992). Nesse estudo, observou-se que as larvas de *M. rosenbergii* têm estruturas de olho de aposição provavelmente por serem planctônicas e viverem em uma zona fótica do estuário. Assim, são mais adaptadas para detectar partículas do meio durante o dia.

As larvas de decápodes apresentam olhos de aposição e os adultos de superposição (Land, 1981; Gaten e Herring, 1995). Olhos de aposição foram descritos para Brachiopoda relatados por (Martin, 1992). A porção dióptrica manteve uma disposição de camadas celulares em todos os estágios observados. A camada mais externa foi caracterizada por uma córnea fina biconvexa. Abaixo da córnea surge uma camada de células corneagênicas e cones cristalinos. As células corneagênicas são células epidermais que produzem os elementos da córnea (Brusca e Brusca, 2003). As larvas de decápodes apresentam olhos de aposição e os adultos de superposição (Land, 1981; Gaten e Herring, 1995). Olhos de aposição foram descritos para Brachiopoda relatados por (Martin, 1992). Os cones são lentes que têm função de direcionar a luz na vertical (Brusca e Brusca, 2003). Essa capacidade está representada pela constituição química da célula. Eles apresentam grânulos de glicogênio e densa camada de mitocôndria e aparelho de Golgi tendo função de lente (Martin, 1992). Um arranjo concêntrico de sete células retinulares forma o rabdômero e compõe a região proximal da omatídia de ***M. rosenbergii***. Esta estrutura está margeada por células pigmentares secundárias que transferem pigmentos para os microvilos dos rabdômeros (Fincham, 1984; Martin, 1992; Wolff e Read, 1993). A observação da disposição dos pigmentos ao longo da unidade da omatídia **de *M. rosenbergii*** caracteriza olhos de aposição. O pigmento distal está localizado nas células primárias e o proximal nas células secundárias na retina. Assim, somente a luz que incide pode alcançar ao rabdoma e não de vários cones cristalinos como nos olhos de superposição. Em conclusão, as larvas de ***M. rosenbergii*** apresentam capacidade visual desde zoéa I porque seus olhos são bem desenvolvidos em todos os aspectos morfológicos típicos de olhos de aposição.

A imagem formada pelo *M. rosenbergii* é o resultado da estimulação de neurônios sensitivos por unidades fotorreceptoras. Um exame ultra estrutural dos olhos de *M. rosenbergii* confirma a presença de fotorreceptores nos omatídeos. A luz penetra por meio das lentes e é absorvida por moléculas de fotopigmentos que estão localizadas nos receptores de membrana dos rabdômeros (Brusca e Brusca, 2003). Os pigmentos são moléculas capazes de absorver a energia da luz em forma de fótons. A absorção de luz pelas moléculas de pigmentos das células retinulares desencadeia a breve despolarização da membrana, gerada por sinais elétricos (Wolff e Read, 1993). Os canais de membrana abrem e os cátions entram na célula. As cargas iônicas produzidas geram sinais neurais para a formação da imagem (Wolff e Read, 1993). Em insetos os pigmentos que absorvem a luz é a rodopsina (Arias, 1993).

A distribuição dos microvilos observadas em *M. rosenbergii* aumentam a superfície de área das membranas das células dos rabdômeros proporcionado a formação de imagens. Além disso, a presença de células pigmentares secundárias e provavelmente primárias no omatídeo indica a transferência de pigmentos de cada uma até os microvilos dos rabdômeros. Distribuição semelhante de camadas de microvilos dos rabdômeros foi observado em *Palaemon serratus* (Fincham, 1984), camarão do gêneros Penaeus (Belly e Lightner, 1988), larva e pós larvas de *Palaemonetes pugio* (Douglas e Forward, 1989). Larvas e juvenis de *Oplophorus* (Gaten e Herring, 1995) apresentam estrutura similar. A morfologia e a disposição dos microvilos presentes em *M. rosenbergii* é completa desde o primeiro estágio larval, sendo capaz de formar imagens.

As relações morfológicas com a dinâmica do meio ambiente podem justificar e/ou explicar padrões de comportamento. A maioria dos crustáceos tem

uma variedade de receptores sensitivos que transmitem informações para o sistema nervoso central por excitação do exoesqueleto. Esses receptores são mecânicos ou químicos. A maioria está localizada nas antenas e apêndices bucais (Brusca e Brusca, 2003). Mediante a variação da natureza dos mecanismos que deformam as células receptoras o animal pode obter uma informação rica e variada sobre o meio ambiente (Meglitsch, 1986). A estrutura básica dos receptores na maioria dos artrópodes é similar. Usualmente dois dendritos são ligados na seta. Os estímulos nervosos desencadeados pelos diferentes tipos de mecanorreceptores são muitos parecidos. Os mecanorreceptores dependem de células que iniciam um estímulo quando sofrem uma deformação mecânica (Felgenhauer e Abele, 1983; Menglitsch, 1986). As antênulas, dácilos dos pereiópodos e apêndices bucais têm provavelmente órgãos quimiorreceptores. Quimiosensibilidade nos dácilos é usualmente atribuída a tufo de setas. Os quimiorreceptores podem responder a estímulos químicos, temperatura, pH (Ache, 1982). Os quimiorreceptores são importantes para detectar o alimento e proporcionar uma orientação geral sobre o meio ambiente. Discutiremos a seguir as alterações de cada fase de vida relacionando à percepção do meio, correntes de água, do alimento, hábitos de limpeza dos de apêndices e estratégias de camuflagem.

As larvas de *M. rosenbergii* são membros do meroplâncton estuarino e estão envolvidas na dinâmica desse ambiente. Crustáceos zooplantontes, que tem seu período larval no plâncton, são chamados meroplâncton. A circulação da água via corrente transporta grandes volumes de água e zooplâncton, criando camadas de estratificação comum em salinidade e temperatura (Coull e Bell, 1983). Todos esses fatores têm um profundo efeito na abundância e distribuição do zooplâncton. O desenvolvimento larval ocorre quando múltiplos fatores ambientais são considerados

(Vernberg e Vernberg, 1975 apud Sastry, 1983). Efeitos das condições ambientais, flutuação da temperatura afeta a sobrevivência e desenvolvimento das larvas diferentemente (Sastry, 1983). Múltiplos fatores ambientais combinados com metais pesados, temperatura e salinidade podem afetar o desenvolvimento larval. Assim, as adaptações da larva estão relacionadas à ontogênese, variações intra e interespecíficas e distribuição ecológica da espécie. Larvas de *M. rosenbergii* requerem água salobra para seu desenvolvimento. Dessa forma, as fêmeas ovígeras migram para regiões estuarinas, onde ocorre a incubação dos ovos (Valenti, 1998). Após a eclosão, as larvas são arrastadas pela corrente e posicionam-se na faixa estuarina mais conveniente. A altura da posição da larva na coluna d'água é rasa (Sastry, 1983). Considerando que a dinâmica no estuário é composta de quatro variações de maré ocasionando em mudança na direção da corrente, alteração de salinidade e temperatura supõe-se que as estruturas sensitivas são essenciais para que as larvas possam permanecer na região mais adequada do estuário.

O *M. rosenbergii* apresenta estruturas sensitivas que o auxiliam a se posicionar na coluna d'água e perceber o meio ambiente. Alguns parâmetros favorecem a orientação das larvas na coluna d'água como intensidade de luz, pressão hidrostática, temperatura, salinidade e outros fatores químicos (Crisp, 1974 apud Sastry, 1983). As larvas podem detectar esses gradientes no meio por meio de respostas sensitivas. A orientação e locomoção das larvas podem ser combinadas para permitir o desenvolvimento larval e posteriormente alcançar o habitat do adulto (Sastry, 1983). Pode-se citar a ocorrência de um olho complexo, estatocisto e variadas setas sensitivas (Sastry, 1983). O estatocisto proporciona mudanças hidrostáticas. Geralmente as larvas nadam na superfície em resposta à luz e gravidade. A orientação gravitacional pode funcionar como controle geotático do

movimento vertical na coluna d'água. A distribuição temporal e espacial das larvas pode ser influenciada pela migração vertical (Juan, 1997). Na migração vertical a luz é um fator importante no controle de distribuição de profundidade. Registrou-se que larvas de *M. rosenbergii* apresentam setas sensitivas como estetos, plumosas (nas antenas e exopodito das maxilípedes) e olho composto desde zoea I. Essas estruturas são capazes de contribuir para as larvas recém eclodidas procuram seu habitat ideal. As plumosas e estetos conferem capacidade de percepção química. Essas são muito importantes na fase inicial porque as larvas estão flutuando na coluna d'água e podem perceber alterações de salinidade, temperatura, pH e estímulo alimentar. Setas simples foram localizadas na região do cefalotórax. Possivelmente estão relacionadas à direção de correntes de água. O estatocisto surge entre o estágio VI e VII, quando as larvas já buscam alimentos inertes conforme (Barros e Valenti, 2003). O estatocisto é uma estrutura localizada na base das antênulas. Uma variedade de mecanorreceptores especializados recobrem essa estrutura. Indicam direção de movimentos aceleração e vibração (Meglitsch, 1986).

Após a fase planctônica, o *M. rosenbergii* passa a ter um hábito bentônico e seus apêndices modificam-se para percepção desse novo meio ambiente. Identificou-se uma variedade de setas serrata e serrulata no endopodito dos maxilípedes e alteração na morfologia dos últimos segmentos para uma estrutura mais platafórmica que pontiagudas nas larvas. Assim, os animais estariam mais aptos a rastejarem no substrato e sentirem o alimento. Além disso, poderiam assumir uma função de limpeza dos apêndices de alimentação. Notou-se também o incremento de setas plumosas nos exopodito dos maxilípedes, o surgimento do palpo mandibular e a transformação morfológica da maxila acompanhada do incremento de setas. Essas últimas são importantes na apreensão de partículas

maiores e mais rígidas. Os camarões apresentam estratégias de alimentação de acordo com o ambiente e utilizam as setas para auxiliar a captura do alimento (Meglitsch,1986). Felgenhauer e Abele (1983) descreveram estratégias de captura de alimentos para os camarões de água doce ***Atya innocous***. Os indivíduos que ficam no centro do rio são exclusivamente filtradores e os que ficam na margem filtram o alimento e capturam pedaços que estão no substrato. Os camarões podem detectar e coletar alimento por um grande número de mecanorreceptores. A detecção de uma quantidade de partículas pode ser ajudada por agitação dos quimiorreceptores e pode auxiliar na colocação da quela na melhor localização do alimento. O própodo e dáctilo de cada quelípode de ***A. innocous*** são compostos de aproximadamente 300 setas modificadas para funções específicas de coleta de alimento. Essas setas podem ser divididas em 3 tipos: quimiorreceptoras, limpadoras e filtradoras. As setas limpadoras e filtradoras tem função dupla de coleta de finas partículas e limpeza e são também mecanorreceptoras e podem detectar corrente ou partículas (Felgenhauer e Abele ,1983).

Diversos mecanismos para limpeza dos apêndices bucais e outros órgãos podem ser relacionado às setas sensitivas de ***M. rosenbergii***. A limpeza desses locais favorece o melhor funcionamento da estrutura. Assim, proporciona um melhor bem estar animal. Pode-se relacionar a função de limpeza aos exopoditos dos maxilípedes, ao palpo mandibular, e os quelípodes.

O primeiro, segundo e terceiro maxilípede têm o exopodito flageliforme. A função primitiva original desse exopodito torácico era associada com remo para auxiliar na natação. No entanto, o exopodito tem agora outras funções para a maioria dos crustáceos. O exopodito cria corrente que afasta a água para frente do camarão. Durante a alimentação partículas caem ao redor da boca, obstruindo o caminho.

Então, são afastadas com essa corrente prevenindo a obstrução e incrustação do camarão (Bauer, 2004). Nesse estudo constatou-se que o *M. rosenbergii* apresenta setas plumosas no flagelo dos maxilípedes a partir de zoéa I até adulto. Após a metamorfose, estão bem desenvolvidas e estariam envolvidas, entre outras, nessa função. Os carídeos previnem incrustação de sujeiras das antênulas com freqüentes limpezas. Para isso, utilizam estruturas do terceiro maxilípede como à seta serrata. As antênulas tem estetos e setas delicadas que possibilitam o camarão detectar substâncias ao seu redor pelo olfato. Os estetos são cobertos com uma cutícula fina e os estímulos podem passar e serem detectados por receptores sensoriais. Se os estetos são incrustados por epibiontes, o olfato pode ser interrompido.

O palpo mandibular pode funcionar para limpeza dos apêndices bucais, além do exopodito dos maxilípedes. Em *M. rosenbergii*, ele surge no final do estágio zoeal XI. É o último estágio larval e, após a metamorfose, o animal começa a se dirigir para ambientes de água doce e ter um hábito bentônico. A partir dessa fase de vida, ocorre grande manipulação de alimentos junto ao substrato e o palpo poderia auxiliara na limpeza dos apêndices bucais.

Uma variedade de mecanismos existe para limpar as brânquias dos crustáceos. A alta velocidade de fluxo nas brânquias é essencial para suas funções de respiração, excreção e trocas iônicas. Mais, as numerosas lamelas ou filamentos das brânquias formam uma retenção de sedimentos. A corrente de água pode carregar esporos e larvas de outros organismos que necessitam de superfície para sobreviverem. Assim, os crustáceos desenvolveram algumas estratégias para limpeza desse órgão. Uma adaptação é a corrente respiratória reversa. Algumas espécies utilizam setas complexas com sétulas multidigitais localizadas nos quelípodos (Bauer, 1999). Algumas setas com espinhos nos dácilos foram

observadas nos estágios zoeais e setas serrata nos maxilípedes aparecem em grande número a partir de pós-larva.

Percebe-se que o *Macrobrachium rosenbergii* tem todas as condições para perceber o meio ambiente e capturar alimento. No entanto, é preciso sobreviver em meio de tantos predadores, principalmente no período larval quando os organismos são mais frágeis e com menor porte. As chances de sobrevivência de uma larva no plâncton são poucas. Observamos que as larvas do camarão de água doce *M. rosenbergii* apresentam olhos de aposição até a metamorfose. Nessa situação, os pigmentos estão distribuídos no eixo omatídeo. Os omatídeos de aposição são adequadas para visão em todas direções. Como as larvas de *M. rosenbergii* são planctônicas e estão na zona fótica do ambiente teriam a visão favorecida.

Este estudo demonstrou que, embora as larvas de *M. rosenbergii* pareçam muito frágeis e totalmente dependentes do acaso para sua sobrevivência, elas são dotadas de mecanismos de percepção do meio, que permitem o estabelecimento de uma estratégia de sobrevivência eficiente. As larvas eclodem no fundo dos corpos de água, pois os ovos ainda estão aderidos aos pleópodos das fêmeas (Ismael e New, 2000). Estas apresentam fototaxia positiva, respondendo ao estímulo luminoso, percebido pelo olho e, assim, ascendem à superfície, assumindo o hábito planctônico. Então, são carregadas ao estuário pelas correntes e as setas quimiorreceptoras devem perceber a salinidade adequada, enquanto que as setas mecanorreceptoras detectam a velocidade, direção e sentido das correntes. As larvas precisam ainda reagir para não serem dispersas pelo oceano e permanecerem no estuário. Para isso, as larvas de crustáceos geralmente controlam

sua posição vertical na coluna d'água de acordo com o sentido das correntes (Sastry, 1983). Portanto, as setas mecanorreceptoras devem perceber a pressão da coluna d'água, a força gravitacional e a direção das correntes, enquanto que as quimiorreceptoras informam a salinidade. Além disso, a larva pode guiar-se também pela luz para subir ou descer na coluna d'água.

Larvas no estágio I não se alimentam, utilizando a reserva do vitelo (Moller, 1978; Barros e Valenti, 1997). No entanto, foi observado neste trabalho que as larvas têm todos os aparatos para detectar o alimento. Os olhos e setas sensitivas presentes no estágio I podem significar uma fase inicial de desenvolvimento das estruturas, que serão necessárias a partir do estágio II, ou mais provavelmente, estas estruturas são utilizadas para permitir à larva buscar a superfície e sua posição vertical e horizontal dentro do estuário, conforme discutido no parágrafo anterior.

A partir do estágio II, as larvas iniciam a alimentação. No entanto, o ambiente estuarino geralmente apresenta água escura e muitas substâncias dissolvidas resultantes do processo de decomposição da matéria orgânica carregada pelos rios e manguezais adjacentes. Portanto, os sentidos visual e químico podem ser confundidos e as larvas desenvolveram um sentido tátil eficiente, agarrando qualquer partícula que toque nelas. Isto pode ter levado Moller (1978) a concluir que as larvas não usam os sentidos químicos e visual para captura de alimento. A seguir, esta é testada pelos receptores químicos e mecânicos, presentes nas setas das peças bucais, quanto à palatabilidade e textura. Essas informações são processadas no sistema nervoso e o animal toma a decisão de ingerir ou soltar. Portanto, o processo de localização, apreensão e ingestão de alimentos não é casual, envolvendo um complexo conjunto de estruturas sensoriais.

Larvas conseguem posicionar-se com relação a força da gravidade, ficando com o dorso voltado para baixo (Ismael e New, 2000), e nadar ativamente em direção a um estímulo luminoso desde o estágio I. No entanto, o estatocisto só está totalmente formado aproximadamente no estágio VII. Isto indica que este órgão não é o único responsável pelo equilíbrio. Provavelmente, setas mecanorreceptoras devem enviar ao sistema nervoso informações sobre a posição do indivíduo no espaço. Observa-se nos tanques de larvicultura, que larvas em estágios mais avançados (VII a IX) nadam mais ativamente e perseguem o alimento (Barros e Valenti, 1997). Possivelmente, o surgimento do estatocisto esteja relacionado a essa maior capacidade de movimentação. Nesta fase, as larvas apresentam grande diversificação e abundância de setas. Este conjunto deve permitir a exploração mais ampla dos recursos disponíveis. No caso do cultivo, possibilita o uso de diferentes tipos de alimento.

Ao passar para a fase de pós-larvas, os animais descem na coluna d'água, atingindo o fundo. Então, passam a se alimentar do zoobentos, organismos mortos e detritos (Rao, 1967). A seguir, iniciam um processo de migração rio acima. Portanto, as setas serratas e serrulatas que surgem nessa fase, podem estar associadas à localização do sentido e direção das correntes dos corpos de água doce. O retorno dos animais para os ambientes dulcícolas onde ocorrem é essencial para manter as populações em equilíbrio naquela área. Provavelmente, as PL, jovens e adultos guiam-se pela direção da corrente. Huges e Richard (1973) demonstraram que isso ocorre em *M. acanthurus*. Após a maturidade, ocorre a cópula e postura dos ovos. Então, fêmeas iniciam migração em direção ao estuário (Raman, 1967). Portanto, parte das setas mecanorreceptoras observadas nos adultos devem estar realmente associadas à percepção de correntes de água doce.

M. rosenbergii apresenta comportamento social (Cohen e Ra'Anan, 1989). Os mecanismos de manutenção da estrutura social estão associados a estímulos visuais químicos e táteis (Karplus et al. 2000). Machos de morfotipos diferentes exibem quelípodos de cores diferentes. Portanto os adultos devem distinguir cores. A morfologia dos olhos observada no presente trabalho permite a visualização de cores. Por outro lado, a maior densidade e diversidade de setas quimio e mecanorreceptoras que ocorre nos adultos pode estar relacionada ao reconhecimento dos diferentes grupos sociais. Além disso, o reconhecimento dos machos dominantes pelas fêmeas também deve estar associado a estímulos visuais, químicos ou táteis.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que larvas, juvenis e adultos de ***M. rosenbergii*** têm grande capacidade de perceber estímulos visuais, químicos e táteis. Isto tem uma implicação importante para o direcionamento das pesquisas, visando otimizar a produção comercial. Provavelmente, a cor dos tanques e viveiros, a intensidade da luz incidente e o fotoperíodo afetam o bem estar de larvas, jovens e adultos. Animais estressados geralmente se alimentam menos, gastam mais energia em processos metabólicos, crescem menos e são mais sensíveis à incidência de doenças. Portanto, nessas condições a produtividade diminui. Realmente, Yasharian et al. (2005), observaram que a cor dos tanques de larvicultura afeta significativamente a produção de PL. Rodrigues et al. (1998) relatam que além da cor do tanque a incidência de luz solar indireta influencia na produção de pós-larva. Barros (2001) observou que o número de horas de luz afeta as larvas de ***M. rosenbergii***.

As pesquisas com dietas, também devem considerar que larvas, juvenis e adultos de ***M. rosenbergii*** devem perceber a cor, a textura e as substâncias

químicas presentes na dieta inerte. Realmente, Harpaz, (1997) observou que o ganho de peso de juvenis de ***M. rosenbergii*** aumenta quando atrativos químicos são adicionados na água junto com o alimento. Daniels et al. (1992) observaram que, em tanques que recebiam mais luz natural, as larvas consomem mais alimento. O contraste entre a cor do alimento e a cor do tanque também pode ser importante, embora Henriques e Valenti (2004) não observaram diferenças no consumo de alimento por larvas de ***M. rosenbergii*** mantidos no claro ou no escuro. Em face do exposto, podemos concluir que pesquisas com atrativos químicos, ligantes e corantes são essenciais para se obter uma dieta adequada para ***M. rosenbergii*** em todas as três fases do cultivo.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

1. As larvas de ***M. rosenbergii*** eclodem com um aparato de estruturas sensitivas que permite a percepção de estímulos químicos, táteis e luminosos. Estes devem desempenhar papel importante na estratégia de sobrevivência da espécie.
2. O corpo, os apêndices cefálicos e maxilípedes apresentam grande quantidade de setas sensitivas desde zoéa I. Estas aumentam em quantidade e complexidade ao longo do desenvolvimento ontogenético.
3. O olho de ***M. rosenbergii*** segue o padrão geral dos crustáceos e não sofre mudanças ao longo do desenvolvimento larval. Nesta fase, a visão é por diaposição. Esse padrão tem sido relacionado a larvas estrategistas do “r”.
4. A placa mandibular não tem estruturas sensitivas, mas sofre profundas alterações ao longo do desenvolvimento ontogenético. No início, apresenta características de animal carnívoro, mas muda para onívoro ao longo do desenvolvimento larval e se mantém com essa característica até a fase adulta.

5. Considerando a capacidade visual das larvas, juvenis e adultos, a cor dos tanques, o fotoperíodo e a intensidade luminosa são importantes para o bem estar dos animais, em todas as fases do cultivo.
6. Como os animais tem muitos receptores para perceber estímulos químicos, táteis e visuais, a composição química, a textura e a cor das dietas produzidas são importantes nas fases de larvicultura, berçário e crescimento final.

7- REFERÊNCIAS

ABRUNHOSA, F. A.; MARLON, A. M. 2002. Morfologia comparativa do estômago do primeiro e último estágios zoea e juvenil I de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Decapoda: Palaemonidae). **Revista Ciência Agronômica**. 33. (2). p. 65-68.

ACHE, B. 1982. Chemoreception and thermoception, In: In: ATWOOD; H.L.; SANDERMAN, D.C.. **Neurobiology: Structure and Function**. Academia Press New Cork, USA. p. 369-398

AMBLER, J.W.; FROST, B.W. 1974. The feeding behaviour of a predatory planktonic copepod, *Tortanus discaudanus*. **Limnol. Oceanogr.** 19. p. 446-451.

ANGER, K. 2001. **The biology of Decapod Crustacean Larvae**. Krip, Meppel. The Netherlands. 405p.

BARROS, H. P. 2001. Alimentação de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustácea, Palaemonidae) durante a fase larval: efeitos da densidade de náuplios de *Artemia*, do tamanho das partículas de ração, do tipo de alimento e do fotoperíodo. **Tese de Doutorado**. UNESP- CAUNESP, Jaboticabal. 77p.

BARROS, H. P.; VALENTI, W. C. 1997. Comportamento alimentar do camarão de água doce, *Macrobrachium rosenbergii* (DE MAN) (crustácea, Palaemonidae) durante a fase larval: análise qualitativa. **Revista Brasileira de Zoologia** b (14). p. 785-793.

BARROS, H. P.; VALENTI, W.C. 2003, Food intake *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. **Aquaculture** 216. p. 165-176.

BAUER, R. T. 2004. **Remarkable shrimps: adaptations and natural history of teh Carideans**. University of Oklaroma Press, Narman. USA. 282 p.

BAUER, R. T. 1999. Gill-Cleaning mechanisms of a Dendrobranchiate shrimp, *Rimapenaeus similis* (Decapoda, Penaeidae): Description and Experimental testing of function. **Journal of Morphology**, 242. p.125-139.

BELLY, T.A.; LIGHTNER, D.V. 1988. Manual de histologia del camarón Penaeido normal Publicado por la **Word Aquaculture Society**. 108p.

BEHMER, O. A. 2003. **Manual de Técnicas para Histologia Normal e Patológica**. 2 ed. Barueri, S.P. Ed. Manoli. 331p.

BOSCHI, E. E.; GOLDSTEIN, B.; SCELZO, M. A. 1968. Metamorfosis del crustaceo *Blepharipoda doelloi* scmitt de las aguas de la provincia de Buenos Aires (Decapoda, Anomura, Albuneidae). **Physis** – Tomo XXVII, 75. p. 291-311.

BOYD, C.; ZIMMERMANN, S. 2000. Grow-out systems- water quality and soil management. In: NEW M. B ; VALENTI. **Freshwater Prawn Culture**. Blackwell Science, Oxford- England. p. 221-237.

BRESSAN, C. M. 2003. Caracterização histoquímica e imuno-histoquímica de componentes gliais nos sistemas visual e olfatório do camarão gigante *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879). Universidade federal do Rio de Janeiro: UFRJ/ PCM. **Tese de Doutorado** 143 p.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. 2003. **Invertebrates**. 2 ed. Sinauer Associates. 936p.

BUSH, B. M. H.; LAVERACK, M. S. 1982. Mechanoreception. In: ATWOOD; H.L; SANDERMAN, D.C.. **Neurobiology: Structure and Function**. Academia Press New Cork, USA. p. 399-467.

CASH-CLARK, C. E.; MARTIN, J. W. 1994. Ultrastructure of the frontae sensory fields in the *Lynceidae* (Crustacea, Branchiopoda, Laevicaudata) **Journal of Morphology**. p. 221-153.

CASTILLO, I. M. 1986. **Zoología de Invertebrados**. Los Mandibulados acuáticos. Los Crustáceos. p. 563-654. Ediciones Pirâmides, S.A. Madrid. 906p.

COHEN, D.; HARPAZ, S.; SPECTOR, A. 1979. Visual responding in ***Macrobrachium rosenbergii*** (de Man). **Physiology & Behavior** 23. p.1147-1148.

COHEN, D.; RA'ANAN, Z. 1989. Intensive closed-cycle ***Macrobrachium rosenbergii*** hatchery: biofiltration and production strategy. In: **Anais Simpósio Brasileiro sobre o Cultivo de Camarão**. João Pessoa. p. 49-69.

CORREIA, E. S.; CASTRO, P. F. 1998. Larvicultura em sistema aberto. In: VALENTI, W.C. **Carcinicultura de Água Doce**. Tecnologia para a produção de camarões. IBAMA. p. 77-94.

COULL, B. C.; BELL, S. S. 1983. Biotic assemblages: populations and communities. In: BLISS D. E. & MANTEL, L.H. **Behavior and Ecology**. Academic Press, New York, EUA. p. 283-319

D'ABRAMO, L. R.; NEW, M. B. 2000. Nutrition, feeds and feeding. In: NEW M. B ; VALENTI. **Freshwater Prawn Culture**. Blackwell Science, Oxford- England. p. 203-220.

DANIELS, W.H.; D'ABRAMO, L.R.; PARSEVAL, L. 1992. Design and management of a closed, recirculating "clear-water" hatchery system for freshwater prawns, ***Macrobrachium rosenbergii***. **Journal of Shellfish Research**, 11. p. 65-73.

DERBY, C. D.; HARPAZ, S. 1988. Physiology of chemoreceptor cells in the legs of the freshwater prawn, ***Macrobrachium rosenbergii***. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology** 90. p. 85-91.

DERBY, C. D.; ATENA, J. 1982. Chemosensitivity of walking legs of the lobster *Homarus americanus*: neurophysiological response spectrum and thresholds. **J. Exp. Biol.** 98. p. 303-15.

DERBY, C. 1989. Physiology of sensory in morphologically identified cuticular sensilla of crustaceans. In: FELGENHAUER, B. E.; WATHING, L.; THISTLES, A. B. **Functional Morphology, Feeding and Grooming in Crustacea**. AA. Balkema. Rotterdam. p. 27-47.

DEVRESS, B.M.S.; ROMDHANE, M.; BUZZI, J.; RASOWO, P.; LÉGER, J.; BROWN, SORGEOS, P. 1990. Improved larviculture outputs in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* fed a diet of *Artemia* enriched with n-3 HUFA and phospholipids. **World Aquaculture** 21. p. 123-125.

DÍAZ, H.; ORIHUELA, B.; FARWOLD, JR, R.B. 1995. Visual orientation of postlarval and juvenile mangrove crabs. **Journal of Crustacean Biology**, 15(4). p. 671-678.

DOUGLAS, J.K.; FORWAD, B. Jr. 1989. The ontogeny of facultative superposition optics in a shrimp eye: hatching through metamorphosis. **Cell and Tissue Research** 258. p. 289-300.

FELGENHAUER, B. E.; ABELE, L. G. 1983. Ultrastructure and functional morphology of feeding and associated appendages in the tropical fresh-water shrimp *Atya innocens* (Herbst) with notes on its ecology. **Journal of Crustacean Biology**, 3(3). p. 336-363.

FELGENHAUER, B. E. 1992. External anatomy and integumentary structures. In HARRISON, F. W. **Decapod Crustacea**. Wiley –Liss New York. p. 7-43.

FINCHAM, A. A. 1984. Ontogeny and optics of the eyes of the common prawn *Palaemon serratus* (Palaemon) (Pennant, 1777). **Zoological Journal of the Linnean Society**, 81. p.89-113.

GATEN, E.; HERRING, P.J. 1995. Morphology of the reflecting superposition eyes of larval *Oplophorid shrimp*. **Journal of Morphology** 225. p. 6-29.

HARPAZ, S. 1997. Enhancement of growth in juvenile freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*, through the use of a chemoattractant. **Aquaculture**, 156. p. 221-227.

HARPAZ, S.; KAHAN, D.; GALUN, R; MOORE, I. 1987. Responses of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, to chemical attractants **Journal of Chemical Ecology**, 13 (9). p. 1957-1965.

HARPAZ, S.; STEINER, J. E. 1990. Analysis of betaine-induced feeding behavior in the prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Decapoda, Caride). **Crustaceana**, 58 (2). p. 175-185.

HEINISCH; WIESE, K. 1987. Sensitivity to movement and vibration of water in the North sea shrimp *Grangon grangon*. **Journal of Crustacean Biology**, 7(3). p. 401-413.

HENRIQUES, V.. C.; VALENTI, W. 2004. Ingestão de alimento por larvas de *Macrobrachium rosenbergii* submetidas a diferentes intensidades luminosas. In: I Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Vitória. **Anais**.

HUGHES, D. A.; RICHARD, J. D. 1973. Some current-directed movements of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann 1836) (Decapoda, Palaemonidae) under laboratory conditions. **Ecology**, 54 (4). p. 927-929.

ISMAEL, D.; NEW, M. B. Biology. 2000. In: NEW M. B AND VALENTI. **Freshwater Prawn Culture**. Blackwell Science, Oxford- England. p.18-40.

KAMARUDIN, M. S.; JONES, D. A.; ABIDIN, A. Z. 1994. Ontogenetic change in digestive enzyme activity during larval development of *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, 123. p. 323-333.

KARPLUS, I.; MALECHA, S. R.; SAGI, A. 2000. The biology and management of size variation. In: NEW M. B.; VALENTI. **Freshwater Prawn Culture**. Blackwell Science, Oxford- England. p.259-289.

JONES, D. A; KAMARUDIN, M. S. 1993. The potential for replacement of live feeds in larval culture. **J. Word. Aquacult. Soc.**, 24. p. 199-210.

JONES, D. A.; YULE, A. B.; HOLLAND, D. L. 1997. Larval nutrition. In: D'ABRAMO, L. R.; CONKLIN, D. E.; AKIAMA, D. M. **Crustacean Nutrition**. Advances in Word Aquaculture Society, Baton Rouge, LA. p. 353-387.

JOHN, B. L.; WARD, J. 1964. Developmental stages of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). **Crustaceana**, 9. p.137-148.

JUAN, L. C. L. 1997. El océano y sus recursos. Las Ciencias **Del Mar: Oceanografía Biológica**. 2ed. México.

LAND, M. F. 1981. Opitcal Mechanisms in the higher Crustacea whit a comment on their evolutionary origins. In: M. S. LAVERACK; D.J. COSENS. **Sense Organs**. Glasgow and London: Blackie. p. 31-48

LAVALLI, K. L.; FACTOR, J. R. 1992. Functinal morphlogy of the mouthparts of juvenil lobsters, ***Homarus americanus*** (Decapoda: nephropidae), and comparison with the larval stages. **Journal of Crustacean Biology**, 12(3). p. 467-510.

LAVENS, P. THONGROD; S., SORGELOOS, P. 2000. Larval Prawn Feeds and the Dietary Importance of ***Artemia***. In: NEW M. B.; VALENTI. **Freshwater Prawn Culture**. Blackwell Science, Oxford- England. p.91-111.

LAVERACK, M.S. 1988. The diversity of chemoreceptors. In: ATENA, J. ; FAY, R.R. ; POPPER, A. N.; TAVOLGAI, W. N. **Sensory Biology of Aquatic Animals**. New York: Springer Verlag. p. 287-312.

LING, S. W. 1969. Methods of rearing and cultturing ***Macrobrachium rosenbergii*** (de Man) **FAO Fish . Rep.**, rome, v. 3 n 57. p 606-619.

MARSHALL, J.; OBERWINKLER, J. 1999. Ultraviolet vision: The colourful world of the Mantis shrimp. **Nature**, 401. p. 873-874.

MARTIN, G. 1992. Brachiopoda. In: HARRISON F. W.; HUMES, A. G. **Crustacea** Humesp. p. 200-215.

MATTHEW, M. N.; SERENA, L. C.; DAVID, A. R. 2002. Function of mouthparts in feeding behavior of phyllosoma larval of the packhorse lobster, ***Jasus verreauxi*** (Decapoda: Palinuridae). **Journal of Crustacean Biology**, 22 (3). p. 595-600.

MEGLITSCH, P. A. 1986. **Zoologia de Invertebrados**. Ed. Pirâmide. Madrid. 2ed. 906p.

MOLLER, T. H. 1978. Feeding behaviour of larval and pós-larval of ***Macrobrachium rosenbergii*** (de Man) (Crustacea: Palaemonidae). **Journal Exp. Mar. Biol. Ecol.**, 35. p. 251-258.

MORAES-RIODADES, P.M.C. 2004. Situação atual da criação de ***Macrobrachium*** no Brasil. In: I Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Vitória. **Anais**. p. 61.

MEYERS, S. P.; ZEIN-ELDIN, Z. P. 1972. Binders and pellet stability in development of crustacean rations. **Proc. World Maricult. Soc.**, 31. p. 351-364.

NEW, M.B.; SINGHOLKA, S. 1985. Freshwater Prawn Farming. A Manual for the Culture of ***Macrobrachium rosenbergii***. **Fisheries Technical Paper** (225) Rev. FAO, Rome, Italy. p.1-118.

NEW, M. B., 1995. Status of Fresh water prawn farming: a review. **Aquaculture Reseach**,. 26. p. 1-54.

NEW, M. B. 2005. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future Aquaculture without Frontiers. **Aquaculture Research**, 36. p. 210-230.

O'NEILL P. J.; JINKS R.N.; HERZOG, E. P.; BATTELLE B. A. ; KASS, L.; RENNINGER, G.; CHAMBERLAIN, S. C. 1995. The morphology of the dorsal eye of the hydrothermal vents *Rimicarus exoculata*. **Vis Neurosci**. 12 (5). p. 861-875.

PINHEIRO, M. A. A.; HEBLING, N. J. 1998. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). In: VALENTI, W.C. 1998. **Carcinicultura de Água Doce**. Tecnologia para a produção de camarões. IBAMA. p. 21-44.

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). p. 736-752.

POLETO, D. C. 2003. Caracterização do gene Dat X2 de *Drosophila melanogaster*, homólogo do SCA2 humano. **Dissertação de Mestrado**. USP. 76p.

PROENÇA, C. E. M. 1990. An evaluation of feeding attractas for ongrowing *Macrobrachium rosenbergii*. Stirling. **Thesis: (Master of Science)** - Institute of Aquaculture, University of Stirling. 67 p.

RAMAN, K. 1967. Observations on the fishery and biology of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). Mar.Biology Ass. India. p. 649-669.

RAO, R. M. 1967. Studies on the biology of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) of the hooghly estuary with notes on its fishery. **Proc. Natn. Inst. Sei. India**. 33(5 e 6): p. 252-279.

RODRIGUES, C. C. B.; RODRIGUES, J. B. R.; MOSCHEN, S. 1998. Efeitos da luz solar e cor dos tanques no desenvolvimento larval e produção de pós-larvas do camarão ***Macrobrachium rosenbergii*** (De Man, 1879). In: Aquacultura Brasil. **Anais** (2). Recife, Brasil. p. 423-435.

RUPPERT, E.; BARNES, R. D. 1996. **Zoologia dos Invertebrados**. Ed. Roca. 6ed. S. Paulo. 1028p.

SASTRY, A. N. 1983. Pelagic larval ecology and Development. In: VERNBERG, F. J.; VERNBERG, W. B. **Behavoir and Ecology**.. Academic Press, New York, EUA. p. 215-282

SCORVO FILHO, J. D. 2004. Legislação da aqüicultura e atuação governamental. In: I Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Vitória. **Anais**. p. 49.

SORGELOOS , P.; LÉGER, P. 1992. Improved larviculture outputs of marine fish, shimp and prawn. **J. Word. Aquaclt. Soc.**, Baton Rouge, 23 (4). p. 251-264.

STEINER, J. E.; HARPAZ, S. 1987. Behavior stereotypes of food acceptance and of the rejection of bitter food in the freshwater prawn ***Macrobrachium rosenbergii***. **Chem. Sens.**,12 (1). p. 89-97.

SUÁREZ, O. R.; MARTINEZ, L. HUBERMAN, L. 1996. Morfóloga Del pedúnculo ocular em los camaronês ***Penaus schimitti*** y ***Penaus notiolis***. **Rev. Invest. Mar.** 17 (2-3). p. 143-150.

TIDWELL, J. H; D'ABRAMO, L. R. 2000. Grow-out systems-culture. In: NEW M. B; VALENTI. **Freshwater Prawn Culture**. Blackwell Science, Oxford- England. p.177-186.

UNO, Y., KWON,C.S. 1969. Larval development of ***Macrobrachium rosenbergii*** (DE MAN) rearede in the laboratory. **J. Tóquio Univ. Fish.**, 55(2). 179-190.

VALENTI, W.C. 1998. **Carcinicultura de Água Doce**. Tecnologia para a produção de camarões. IBAMA. 383 p.

VALENTI, W.C. 2002. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões de água doce In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 12, Goiânia. **Anais**. p. 99-106.

VALENTI, W. C.; DANIELS, W. H. 2000. Recirculation hatchery systems and management. In: NEW M. B; VALENTI. **Freshwater Prawn Culture**. Blackwell Science, Oxford- England. p.69-89.

VALENTI, W.C. 2004. Carcinicultura de água doce como agronegócio.. Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Vitória. **Anais**..p. 52.

VALENTI, W.C 1986. **Cultivo de Camarões de Água Doce**. 2 ed. Nobel, São Paulo. 81p.

VALENTI, W.C. e MORAES-RIODADES, P.M.C. 2004. Freshwater Prawn Farming in Brasil. **Gobal Aquaculture Advocate**, 7. p. 52-53.

VALENTI, W.C. 2000. Aquaculture for sustainable development. In: VALENTI, W.C., POLI, C. R.; PEREIRA, j. A. Aquicultura no Brasil: Bases para o desenvolvimento sustentável. Borghttil Editora. P. 16-24. ed Brasília, CNPq-MCT.

VEGA, L., A. P. 1984. Desenvolvimento larval de **Macrobrachium heteronicum** (Wiegmann, 1836), **Macrobrachium amazonicum** (Heller, 1862) e **Macrobrachium brasiliense** (Heller, 1868) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae), em laboratório. **Tese de Doutorado**, São Paulo. 130p.

WOLFF, T.; READ, D. R. 1993. Pattern formation in the **Drosophila** retina. In: BATE, M.; ARIAS, A. M. **The Development of Drosophila melanogaster**. Cold Spring Harbor. Laboratory Press. p. 1277-1325.

YASHARIAN, D.; COYLE, S. D.; TIDWELL, J. H.; STILWELL, W. E. 2005. The effect of tank colouration on survival, metamorphosis rate, growth and time to metamorphosis freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) rearing.

Aquaculture Research, 36. p. 278-283.

ZENON, B. B.; HIROSHI, SUZUKI; TOMYUKI, M. 2001. Gill-cleaning mechanisms of the burrowing mud shrimp *Laomedia astacina* (Decapoda, Thalassinidea, Laomediidae) **Journal of Crustacean Biology**, 21(4). p. 873-884.