

# CARACTERES SEXUAIS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS DO LAGOSTIM *Parastacus defossus* FAXON, 1898 (CRUSTACEA, PARASTACIDAE)<sup>1</sup>.

A. O. de ALMEIDA<sup>2</sup> & L. BUCKUP<sup>2</sup>

1) Contribuição n° 350 do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

2) Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Paulo Gama, prédio 12105, Bairro Farroupilha, 90040-060, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: buckup@vortex.ufrgs.br e aalmeida@jacaranda.uescba.com.br

## ABSTRACT

The existence of intersexuality in the crayfish species belonging to the neotropical genus *Parastacus* Huxley, 1879, is known since the last century, and may be associated to the occurrence of protandric hermaphroditism like in the chilean species *P. nicoleti* (Philippi, 1882). *P. defossus* Faxon, 1898, is a species that burrows in swampy grounds in southern Brazil and Uruguay. To know the morphology of the reproductive system and to determine the type of sexuality of this species, specimens (N=71), measuring from 12.38 to 29.88mm of cephalothorax length, were collected at Mariana Pimentel municipality, Rio Grande do Sul, Brazil (30°20'64"S and 51°33'88"W). Anatomical and histological studies of the gonads disclosed the existence of two sexual forms: (1) intersexed males (N=33) and (2) intersexed females (N=37). The intersexuality of these sexual forms is characterized by the existence of two pairs of genital ducts, an anterior pair, oviducts, that connect to the female genital apertures located on the coxae of the 3rd pair of pereopods, and a posterior pair, vas deferens, that connect to the male apertures, on the coxae of the 5th pair of pereopods. The gonads of the intersexed individuals show male or female components, according to the sex. The external and internal morphology of the gonads and the anatomical and functional characteristics of the apertures and genital ducts are described. Only one specimen showed coexistence of testicular and ovarian tissue in the same gonad (ootestis). The origin of this ootestis is discussed. The statistical analysis on the two sexual forms showed the existence of secondary sexual characteristics in the female abdomen, associated to the anatomical changes related with the incubation of the eggs.

**Palavras-chave:** Parastacidae, *Parastacus*, intersexuality, hermaphroditism, ootestis.

## INTRODUÇÃO

A intersexualidade, ou seja, a existência de características sexuais de macho e fêmea em um indivíduo, pode se limitar à morfologia externa ou pode se estender à diferenciação gonadal (Khalaila & Sagi, 1997). Pode representar situações de hermafroditismo, simultâneo ou seqüencial (protandria e protoginia), sendo um traço normal na vida do indivíduo hermafrodita, mas também pode ocorrer em espécies gonocorísticas tendo origem genética, endocrinológica ou epigenética (Charniaux-Cotton & Payen, 1985; Ginsburger-Vogel, 1991).

O fenômeno tem sido bem documentado nos Parastacidae, como em espécies australianas pertencentes aos gêneros *Cherax* Erichson, 1846 (ver Sokol, 1988;

Medley & Rouse, 1993; Sagi *et al.*, 1996), *Engaeus* Erichson, 1846 e *Engaewa* Riek, 1967 (ver Horwitz, 1988). Nas espécies do gênero neotropical *Parastacus* Huxley, 1879, de ocorrência restrita ao sul da América do Sul, a existência de intersexualidade, caracterizada pela existência de dois pares de aberturas e dutos genitais nos mesmos indivíduos, é conhecida desde o século passado (von Martens, 1869; Faxon, 1898; Lönnberg, 1898). Em *P. nicoleti* (Philippi, 1882), do Chile, a intersexualidade decorre da existência de protandria parcial (Rudolph, 1995). O mesmo parece ocorrer na também chilena *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (Rudolph, 1999).

Já em *P. pugnax* (Poepfig, 1835) (ver Rudolph, 1997), *P. brasiliensis* (von Martens, 1869) (ver Almeida & Buckup, 1997), *P. varicosus* Faxon, 1898 e *P. pilimanus* (von Martens, 1869) (Rudolph, comunicação pessoal), a intersexualidade é uma característica comum a todos os indivíduos, machos e fêmeas, sem qualquer evidência de hermafroditismo.

*P. defossus* Faxon, 1898 é uma espécie fossorial, que escava suas habitações em terrenos baixos e alagadiços, de ocorrência registrada no Rio Grande do Sul (Buckup & Rossi, 1980) e no Uruguai (Zolessi & Philippi, 1995). Nada se sabe a respeito de sua biologia e, até hoje, nenhuma referência foi feita com relação à genitália interna desta espécie.

Este trabalho visa o conhecimento da anatomia do aparelho reprodutor (caracterização de gônadas e dutos genitais) e da histologia da gônadas de *P. defossus*, uma espécie fossorial da fauna sulbrasileira, procurando determinar o tipo de sexualidade da espécie. Busca também a identificação de caracteres sexuais secundários, associados à incubação de ovos, presentes em outras espécies do gênero, como *P. nicoleti* e *P. pugnax* (ver Rudolph, 1995; 1997).

## MATERIAL E MÉTODOS

Exemplares de *P. defossus* foram coletados de setembro de 1997 a dezembro de 1998, em terreno alagadiço, situado a 47m de altitude, localizado no município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul, Brasil (30°20'64"S e 51°33'88"W). Para a coleta, utilizou-se um aspirador feito de tubo de PVC de 100 mm de diâmetro.

Foram coletados 71 animais. Em laboratório foi dada ênfase à identificação das formas sexuais. Para tal, os animais foram separados por sexo, medidos e dissecados. O sexo foi determinado conforme o critério de Almeida & Buckup (1997).

Para se constatar a existência de caracteres sexuais secundários, 23 parâmetros foram medidos em cada animal (Tabela I). Como instrumentos de medição foram utilizados um paquímetro digital, com precisão de 0,01mm, e uma ocular micrométrica de microscópio estereoscópico Stemi SV8 Zeiss.

As relações entre CC/LC; CC/CSA2, 3, 4, 5 e 6; CC/C\_telso; CC/L\_telso; CC/C\_endo; CC/L\_endo; CC/C\_exo; CC/L\_exo; CC/CPSA2; CC/APSA2, 3, 4 e 5; LC/LSA2, 3, 4, 5 e 6; foram estudadas através de análises de regressão, em fêmeas e machos, que foram comparadas por análise de covariância. Em estudo preliminar, utilizou-se o programa computacional estatístico SAS, do SAS Institute Inc. (1989), com a aplicação da rotina General Linear Models Procedure. Para o refinamento do processo e para a confirmação dos resultados obtidos pelo SAS, aplicou-se aos casos com diferenças mais significativas, o método de comparação por análise de covariância proposto por Snedecor & Cochran (1967).

Os espécimes foram dissecados conforme a técnica sugerida por Kükenthal *et al.* (1969). Para a identificação do sexo nos exemplares menores, foram preparadas

lâminas das gônadas, a fresco, para a observação em microscópio óptico. O estado das gônadas e dutos genitais no momento da dissecação foi anotado. As peças anatômicas retiradas para fins de exame histológico foram fixadas em Bouin por 24 horas. Seguiram-se as etapas de desidratação, diafanização e impregnação por parafina. As gônadas foram seccionadas longitudinalmente. A espessura dos cortes foi de 7  $\mu$ m. A técnica de coloração utilizada foi a H-E. A identificação dos componentes dos aparelhos reprodutores apoiou-se em: Wielgus-Serafinska (1976), Adiyodi & Subramoniam (1983) e Krol *et al.* (1992).

**Tabela I.** Parâmetros medidos em cada exemplar de *P. defossus* Faxon, 1898, com vistas à busca de caracteres sexuais secundários.

Parâmetros	Código	Instrumento de Medição
1. Comprimento da carapaça	CC	paquímetro (0,01mm)
2. largura da carapaça	LC	paquímetro (0,01mm)
3-7. Comprimento dos somitos abdominais	CSA2, CSA3, CSA4, CSA5, CSA6	ocular micrométrica
8-12. Largura dos somitos abdominais 2-6	LSA2, LSA3, LSA4, LSA5, LSA6	ocular micrométrica
13. comprimento do telso	C_telso	ocular micrométrica
14. largura do telso	L_telso	ocular micrométrica
15. comprimento do endopodito do urópodo	C_endo	ocular micrométrica
16. largura do endopodito do urópodo	L_endo	ocular micrométrica
17. comprimento do exopodito do urópodo	C_exo	ocular micrométrica
18. largura do exopodito do urópodo	L_exo	ocular micrométrica
19. comprimento da pleura do 2º somito abdominal	CPSA2	ocular micrométrica
20-23. Altura das pleuras dos somitos abdominais 2-5	APSA2, APSA3, APSA4, APSA5	ocular micrométrica

## RESULTADOS

A análise anatômica e histológica dos 71 exemplares revelou a existência de duas formas sexuais: (1) machos intersexuados (N=33) e (2) fêmeas intersexuadas (N=37). Apenas 1 foi portador de gônada mista, isto é, uma gônada com coexistência de células germinativas masculinas e femininas.

### Aberturas genitais

Machos e fêmeas mostraram dois pares de aberturas genitais, como *P. brasiliensis* (ver Almeida & Buckup, 1997) e *P. pugnax* (ver Rudolph, 1997). Indivíduos com aberturas anteriores totalmente obstruídas podem ser fêmeas imaturas (17 do total de fêmeas analisadas), medindo de 13,08 a 23,51mm de comprimento de carapaça (CC),

ou machos, medindo de 12,38 a 29,15mm de CC. Indivíduos com as mesmas aberturas parcial ou totalmente desobstruídas, são fêmeas sexualmente maduras (20 do total de fêmeas analisadas), visto que esta era a condição das aberturas genitais das fêmeas ovadas e das que carregavam juvenis. O tamanho das fêmeas maduras variou de 20,85 a 29,88 de CC. Como em outros parastacídeos (ver Horwitz, 1988; Rudolph, 1995, 1997; Almeida & Buckup, 1997), as fêmeas de *P. defossus*, após atingirem o estado funcional de suas aberturas genitais, mantém esta condição para o resto de suas vidas. Os aspectos funcionais das aberturas genitais de machos e fêmeas encontram-se na tabela II.

**Tabela II:** Aspectos funcionais de aberturas e dutos genitais de machos e fêmeas de *Parastacus defossus* Faxon, 1898. (PR) período reprodutivo; (PIR) período de inatividade reprodutiva.

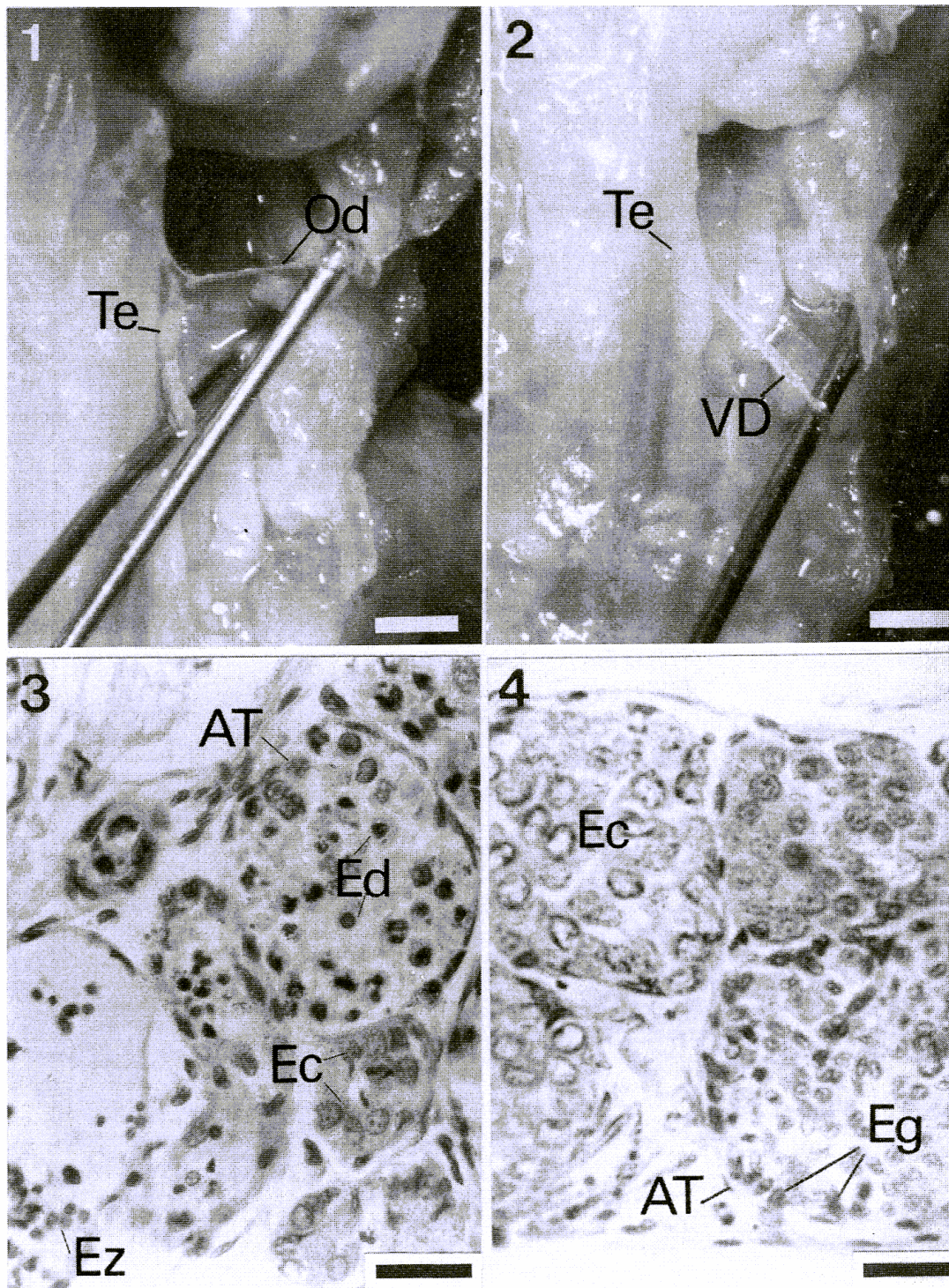
<i>Parastacus defossus</i>	fêmeas	machos
Aberturas genitais femininas	Com obstrução parcial ou ausente (PIR); ausente (PR); PIR). total nas imaturas.	Com obstrução total (PR e PIR).
Aberturas genitais masculinas	Com projeção inexistente ou pequena (PR e PIR).	Com projeção média e grande (PR e PIR).
Ovidutos	Com diâmetro amplo para a passagem dos ovócitos.	Extremamente delgados e translúcidos.
Vasos deferentes	Extremamente delgados.	Com diâmetro variável, muito amplo na região média.

### Localização e caracterização da gônadas

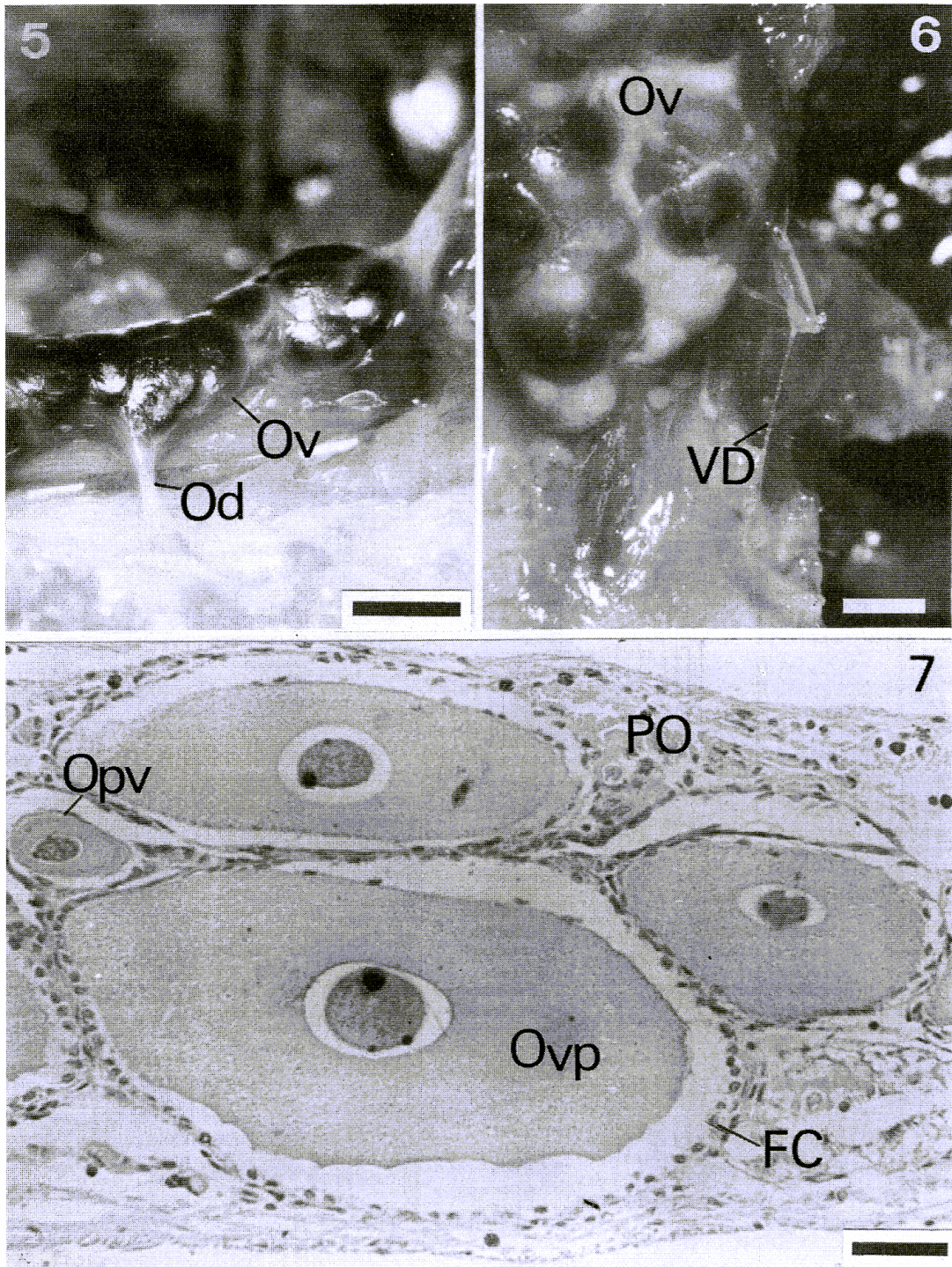
A localização é torácica, consistindo, como nas demais espécies de *Parastacus* (ver Rudolph, 1995, 1997; Almeida & Buckup, 1997), de um par de túbulos com duas porções distintas: uma porção anterior vertical situada posteriormente ao estômago e circundada pela porção anterior do hepatopâncreas, e uma posterior horizontal, situada sob o coração e sobre o intestino e a porção posterior do hepatopâncreas.

1) **Forma masculina intersexuada:** Testículos (Figs. 1-2) foram observados em animais medindo de 12,38 a 29,15mm de comprimento de carapaça. Têm um aspecto globular característico, determinado pelos ácinos testiculares, e se encontram unidos na região anterior, o que confere às gônadas um formato de "V", diferindo de *P. brasiliensis*, onde os túbulos se encontram unidos em toda a sua extensão (Almeida & Buckup, 1997). A gônada masculina jovem lembra em forma e textura a gônada adulta, porém, o espaço entre os ácinos é maior nos jovens. As gônadas masculinas são formadas pela parede testicular, pelos ácinos testiculares, no interior dos quais se encontram as espermatogônias, espermátides e espermatozóides, e túbulos coletores longitudinais, que conduzem os espermatozóides dos ácinos até os vasos deferentes (Figs. 3-4).

2) **Forma feminina intersexuada:** Ovários (Figs. 5-6) foram encontrados em animais de 13,08 a 29,88mm de comprimento de carapaça, e sua conformação é idêntica a de *P. brasiliensis*, ou seja, os dois túbulos, nas fêmeas maduras, são unidos em toda a sua extensão (Almeida & Buckup, 1997). Os ovários de fêmeas imaturas são translúcidos ou de coloração clara, unidos apenas na região anterior, com grande espaço intercelular entre os ovócitos. Com a proximidade da maturidade, os ovócitos começam a aumentar em volume e sua coloração sofre um gradual escurecimento à



**Figuras 1-4.** *Parastacus defossus*. Características morfológicas do sistema reprodutor da forma intersexuada masculina. Fig. 1: testículos e oviduto direito. Fig. 2: testículos e vaso deferente direito. Escalas = 1mm. Figs 3-4: secções longitudinais dos testículos. Escalas = 88m. AT: ácido testicular, Ec: espermatócitos, Ed: espermatídes, Eg: espermatogônias, Ez: espermatozóides; Od: oviduto, Te: testículo, VD: vaso deferente.



**Figuras 5-7.** *Parastacus defossus*. Características morfológicas do sistema reprodutor da forma intersexuada feminina. Fig. 5: ovário (vista lateral) e oviduto direito da fêmea. Escala = 2mm. Fig. 6: ovário (vista dorsal) e vaso deferente direito da fêmea. Escala = 1mm. Fig. 7: secção longitudinal da gônada feminina. Escala = 125m. FC: células foliculares, Od: oviduto, Ov: ovário, Opv: ovócito pré-vitelogênico, Ovp: ovócito em vitelogênese primária, PO: parede ovariana, VD: vaso deferente.

medida que a vitelogênese avança, até adquirirem uma coloração castanho-escuro. Os ovários são formados pela parede ovariana, ovogônias, ovócitos em diversos estágios de maturação, envoltos por células foliculares (Fig. 7).

### **Dutos genitais**

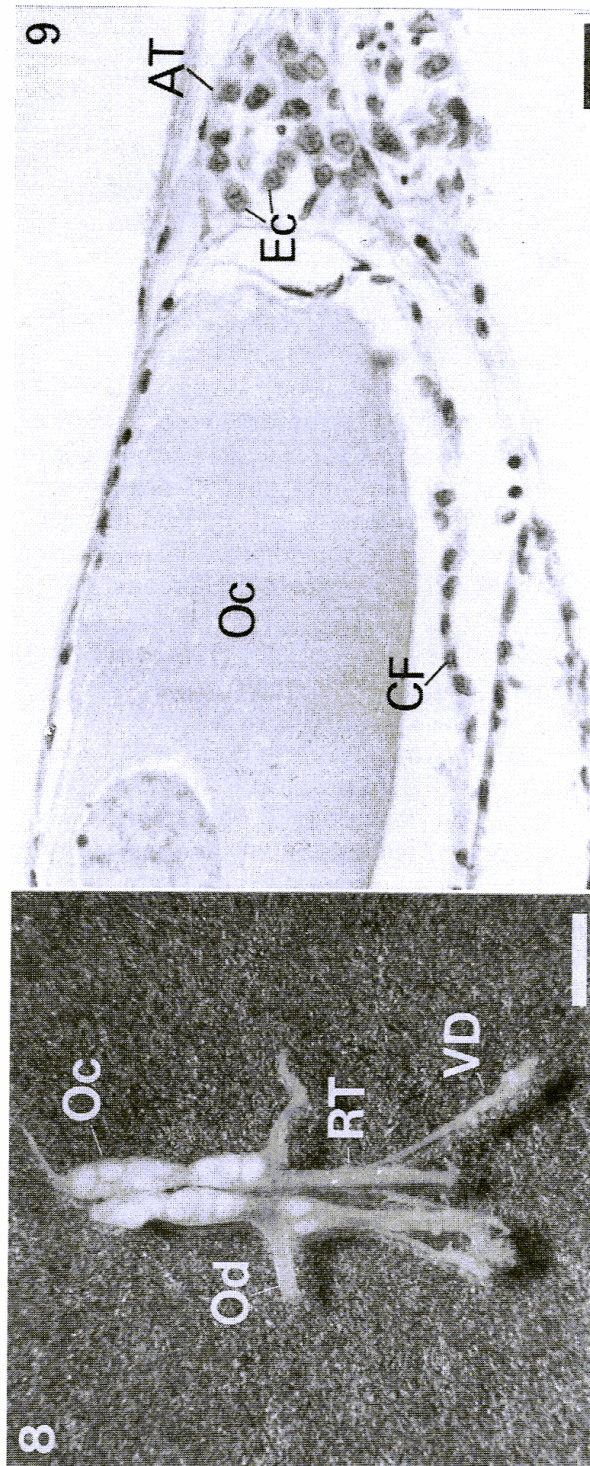
O quadro encontrado em *P. defossus* se assemelha ao de *P. brasiliensis* (ver Almeida & Buckup, 1997). Machos e fêmeas mostraram dois pares de dutos genitais, ou seja, um par anterior (ovidutos), que se estende na direção das aberturas genitais femininas, e um par posterior (vasos deferentes), que se estende na direção das aberturas genitais masculinas, que se originam nas regiões laterais das gônadas. Os machos têm ovidutos de diâmetro reduzido, enquanto as fêmeas têm ovidutos de diâmetro amplo (Figs. 1 e 5). Já os vasos deferentes (Figs. 2-6), são de diâmetro reduzido e invariável ao longo de toda sua extensão nas fêmeas, e, nos machos, podem ser divididos em três regiões, uma proximal, de diâmetro reduzido, uma região média, de amplo diâmetro, que vai gradualmente afinando em direção a região distal, que apresenta diâmetro semelhante ao da região proximal. As características anatômicas e funcionais dos dutos genitais, em machos e em fêmeas, encontram-se reunidas na tabela II.

### **Descrição do exemplar com gônada mista**

Em apenas 1 exemplar foi constatada a existência simultânea de tecido testicular e ovariano na mesma gônada (Figs 8 e 9). Este exemplar foi coletado em novembro de 1998, e media 22,39mm de comprimento de carapaça. Suas aberturas genitais anteriores se encontravam totalmente obstruídas enquanto que as aberturas posteriores se situavam no ápice de uma elevação com projeção média, e devido a isto, externamente, o animal foi classificado como macho. A porção situada entre os ovidutos e a extremidade anterior da gônada se encontrava totalmente transformada num ovário, com diversos ovócitos de tamanho variável e coloração esbranquiçada. O diâmetro dos ovidutos era extremamente amplo na região proximal. A região posterior horizontal era formada por tecido testicular. Os túbulos gonadais se encontravam afastados e extremamente delgados. Ácinos testiculares podiam ser visualizados por transparência. Do ponto médio da porção horizontal, se originavam os vasos deferentes, que possuíam uma região média desenvolvida como no sexo masculino. Internamente, a análise histológica evidenciou a presença de ovócitos em pré-vitelogênese e vitelogênese primária e ácinos testiculares (Fig. 9). O espaço intercelular na parte ovariana era muito grande. Muitos ácinos testiculares mostravam-se vazios ou com poucas células no seu interior.

### **Caracteres sexuais secundários**

A tabela III mostra as relações entre variáveis que mostraram diferenças significativas entre machos e fêmeas de *P. defossus*, pela análise da covariância, em ordem de grandeza decrescente, tomando-se por base o valor de F calculado e sua respectiva probabilidade estatística, com base no relatório do programa SAS. As principais diferenças entre machos e fêmeas se encontram nas larguras dos somitos abdominais, especialmente a do 5º somito (Tabela IV; Fig. 10). Entre os ramos uropodais, as diferenças mais significativas se encontram no comprimento do endopodito dos urópodos, enquanto que entre as pleuras dos somitos abdominais destaca-se a altura da pleura do 5º somito.



**Figuras 8-9.** *Parastacus defossus*. Características morfológicas do ovotestículo. Fig. 8: vista dorsal. Escala = 2mm. Fig. 9: secção longitudinal. Escala = 88m. AT: ácino testicular, Cf: células foliculares, Ec: espermatócitos, Oc: ovócitos, Od: oviduto, RT: região testicular, VD: vaso deferente.



**Tabela III.** Relações entre variáveis que mostraram diferenças significativas entre machos e fêmeas de *P. defossus* pela análise da covariância, com base no relatório do programa SAS.

Variável independente	Variável dependente	Valor de F	Probabilidade > F
Largura da carapaça (LC)	Largura do 5° somito abdominal (LSA5)	52,99	0,0001
Largura da carapaça (LC)	Largura do 6° somito abdominal (LSA6)	44,78	0,0001
Largura da carapaça (LC)	Largura do 4° somito abdominal (LSA6)	43,45	0,0001
Largura da carapaça (LC)	Largura do 3° somito abdominal (LSA6)	42,39	0,0001
Largura da carapaça (LC)	Largura do 2° somito abdominal (LSA6)	38,57	0,0001
Comprimento da carapaça (CC)	Altura da pleura do 5° somito abdominal (APSA5)	29,08	0,0001
Comprimento da carapaça (CC)	Comprimento do endopodito do urópodo (C_endo)	27,97	0,0001
Comprimento da carapaça (CC)	Largura do exopodito do urópodo (L_exo)	25,53	0,0001
Comprimento da carapaça (CC)	Altura da pleura do 4° somito abdominal (APSA4)	22,38	0,0001
Comprimento da carapaça (CC)	Comprimento do exopodito do urópodo (C_exo)	20,73	0,0001
Comprimento da carapaça (CC)	Largura do endopodito do urópodo (L_endo)	16,99	0,0002
Comprimento da carapaça (CC)	Comprimento do telso (C_telso)	14,37	0,0005
Comprimento da carapaça (CC)	Altura da pleura do 2° somito abdominal (APSA2)	11,97	0,0012
Comprimento da carapaça (CC)	Altura da pleura do 3° somito abdominal (APSA3)	11,86	0,0013
Comprimento da carapaça (CC)	Comprimento do 6° somito abdominal (CSA6)	8,27	0,0063

**Tabela IV.** Comparação entre as principais variáveis que mostraram diferenças significativas entre machos e fêmeas de *P. defossus*, pela análise da covariância, com base no método de Snedecor & Cochran (1967).

Machos/fêmeas de <i>P. defossus</i>		Fc	Fc	Fc	
Relação	N (machos)	N (fêmeas)	Comparação das variâncias residuais	Comparação entre coeficientes de regressão	Comparação entre as constantes de regressão
LC x LSA5	20	27	0,4758 NS	52,9323**	20,962**
CC x APSA5	20	27	0,2327 NS	29,1679**	22,8311**
CC x C_endo	20	27	0,2252 NS	27,9743**	17,6152**

LC - largura da carapaça

CC = comprimento da carapaça

LSA5 = largura do 5° somito abdominal

APSA5 = altura da pleura do 5° somito abdominal

C\_endo = comprimento do endopodito do urópodo

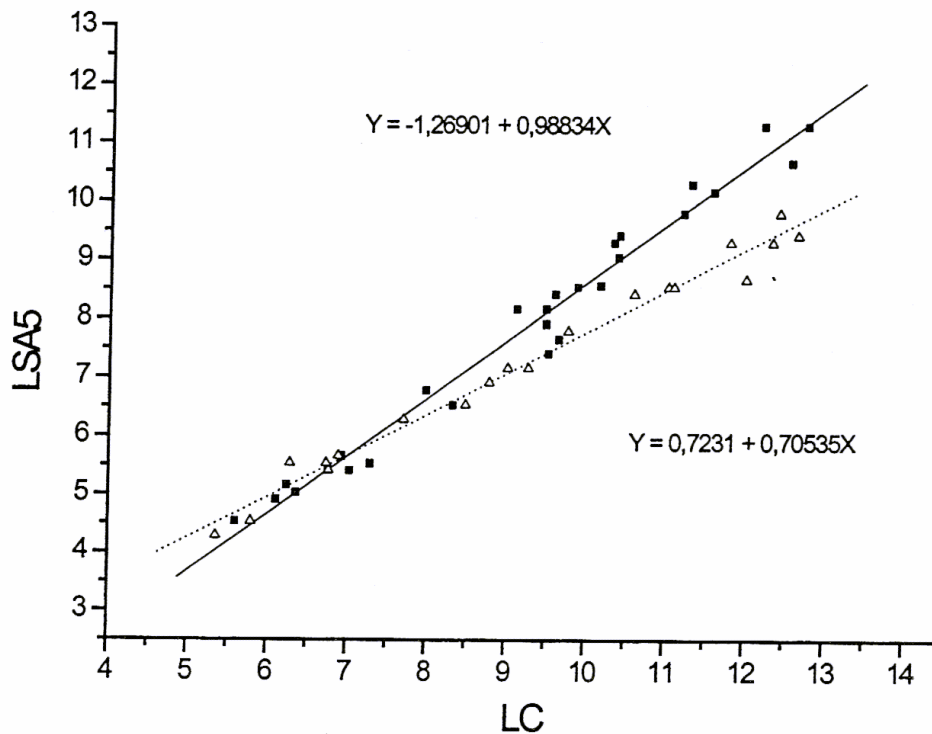
N = número de unidades amostrais

Fc = valor de F calculado

NS = probabilidade maior do que 0,05

\* = Probabilidade entre 0,05 e 0,01

\*\* = Probabilidade igual ou menor do que 0,01



**Figura 10.** Relação entre a largura da carapaça (LC) e a largura do 5º somito abdominal (LSA5), em machos (linha tracejada) e fêmeas (linha sólida) de *Parastacus defossus*

A tabela IV mostra as relações entre as principais variáveis que mostraram diferenças significativas pela análise da covariância, entre as larguras dos somitos abdominais, altura das pleuras abdominais e comprimento e largura dos ramos uropodais, segundo o método de Snedecor & Cochran (1967).

## DISCUSSÃO

Os caracteres sexuais primários e secundários de *P. defossus* são muito semelhantes aos de *P. pugnax*. A intersexualidade é uma característica presente, pois ambos os sexos apresentaram aberturas e dutos genitais do sexo oposto. A morfologia das gônadas não diferiu significativamente do que é conhecido para as demais espécies do gênero. A existência de duas formas sexuais também ocorre em *P. pugnax* (ver Rudolph, 1997), e difere do encontrado em *P. nicoleti*, que apresenta seis formas sexuais externamente distinguíveis (Rudolph, 1995).

A coexistência de dois pares de dutos é um traço típico de carídeos protândricos, presente em todos os indivíduos que mudam de sexo, desde jovens (Charniaux-Cotton & Payen, 1985). Segundo Hasegawa *et al.* (1993), o período de sensibilidade ao hormônio androgênico varia com a espécie e o órgão receptivo. Assim, se o desenvolvimento da glândula androgênica em *P. defossus* for tardio, quando o hormônio começar a atuar, é possível que o período de sensibilidade dos ovidutos ao hormônio androgênico tenha passado, então eles não se degeneram. Esta seria uma possível explicação para a presença do par de ovidutos dos machos, porém não explicaria o par de vasos deferentes das fêmeas. Estudos sobre a diferenciação sexual em *Parastacus* são necessários para que encontre a resposta para a existência de dois pares de dutos genitais.

A análise estatística confirmou a existência de diferenças significativas entre machos e fêmeas na maioria dos parâmetros medidos. As fêmeas têm, como as espécies chilenas, somitos abdominais mais largos, ramos uropodais mais longos e largos, e pleuras abdominais mais altas que as dos machos. Estas características do abdome feminino estão relacionadas com o aumento da área para a incubação dos ovos, visto que as fêmeas dos lagostins, quando ovígeras, flexionam o abdome sob o cefalotórax, formando uma câmara de incubação. Estas diferenças marcantes permitem que o sexo do indivíduo seja externamente diferenciado, como em *P. nicoleti* e *P. pugnax* (ver Rudolph, 1995; 1997).

Conforme já relatado, os ovotestículos podem revelar existência de hermafroditismo ou de pseudo hermafroditismo ou hermafroditismo não funcional (Charniaux-Cotton, 1975). Assim, uma questão que surge naturalmente é em qual das categorias se encontra o espécime.

A oogênese pode ocorrer no interior da gônada masculina, originando uma situação de hermafroditismo não funcional, em resposta a uma queda no nível de hormônio androgênico fora do período reprodutivo devido a ação moderadora exercida por um hormônio peduncular sobre a atividade da glândula androgênica (Charniaux-Cotton & Payen, 1985). Na presente investigação, o exemplar com gônadas mistas foi encontrado e examinado no mês de novembro de 1998, período durante o qual as gônadas se encontram na plenitude de seu desenvolvimento, quando as glândulas androgênicas certamente estão no máximo de suas atividades. Esta, portanto, não parece ser a causa da oogênese neste espécime.

Em espécimes intersexuados de *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868), a ausência da glândula androgênica em um dos lados do corpo do animal é responsável pela formação de ovotestículos, onde o componente ovariano, situado na região anterior da gônada, é pré-vitelogênico (Sagi *et al.*, 1996). Considerando a hipótese de que a diferenciação masculina se dá por difusão do hormônio androgênico, produzido pelos primórdios da glândula androgênica, através do sistema reprodutor masculino (Charniaux-Cotton & Payen, 1985), no caso de falta deste hormônio, teoricamente, o ponto mais afastado de seu sítio de origem seria o primeiro a ser afetado. A consequência imediata, seria a diferenciação de células femininas na região anterior da gônada, visto que a diferenciação sexual feminina se dá na ausência do hormônio androgênico (Hasegawa *et al.*, 1993).

Apesar do caso aqui encontrado ser perfeitamente explicável pelos motivos acima, a existência de hermafroditismo em baixa frequência na população estudada não pode ser descartada, visto que o aspecto do ovotestículo aqui encontrado é muito semelhante ao dos hermafroditas protândricos em fase masculina de *P. nicoleti*. Esta forma sexual apresenta, em sua região anterior, um componente ovariano em pré-vitelogênese. Com a mudança de sexo, a região testicular é gradualmente ocupada pela região ovariana (Rudolph, 1995). O mesmo acontece em outros decápodos protândricos como nos carídeos *Lysmata seticaudata* (Risso, 1816) e *Pandalus borealis* Kroier, 1838. *L. seticaudata* exhibe oogênese na região gonadal anterior, durante a fase masculina e, com a degeneração das glândulas androgênicas, a região ovariana aumenta progressivamente de tamanho. Os vasos deferentes permanecem numa condição de atrofia (ver Charniaux-Cotton, 1975, fig. 7).

*P. defossus* é uma espécie que constrói suas habitações em terrenos baixos e alagadiços, sujeitos a variações sazonais de umidade, como *P. nicoleti* e *P. pugnax*. Espécies de parastacídeos do gênero *Engaeus*, de hábitos de vida similares aos destas espécies, mostram uma tendência em direção a redução do tamanho do abdome, resultando em uma existência mais terrestre (Horwitz, 1988). Em *P. nicoleti*, a redução do tamanho do abdome, juntamente com a ausência de larvas e a presença de barreiras, reduzem a possibilidade de dispersão, criando restrições ao fluxo interpopulacional de genes e reduzindo, conseqüentemente, a variabilidade genética, fatores que seriam responsáveis pela evolução do hermafroditismo nesta espécie (Rudolph, 1995). Já *P. pugnax*, pela circunstância de machos e fêmeas se mostrarem intersexuados, estariam numa etapa primordial de evolução até uma forma de hermafroditismo (Rudolph, 1997). O hermafroditismo, nestas espécies, estaria de acordo com o *gene dispersal model*, proposto por Ghiselin (1969), para explicar a evolução do hermafroditismo seqüencial em espécies que vivem em populações pequenas e isoladas, com reduzida capacidade de dispersão. Outro modelo utilizado para explicar a mesma forma de hermafroditismo é o *size advantage model*, quando as relações entre sucesso reprodutivo e tamanho ou idade diferem entre os sexos (Ghiselin, 1969; Warner, 1988). Em *P. nicoleti* e *P. brasiliensis*, existe correlação entre o tamanho da fêmea e a quantidade de ovos produzida (Rudolph, 1995; Fontoura & Buckup, 1989). É provável que o mesmo seja verdadeiro para *P. defossus*. Pela similaridade entre habitats e hábitos de vida entre *P. defossus* e as espécies chilenas, a espécie encontrou dificuldades semelhantes ao longo de sua evolução e, desta forma, estaria como *P. pugnax*, também no princípio da evolução até o hermafroditismo, já presente em *P. nicoleti*.

Se o exemplar possuidor de ovotestículos for um hermafrodita protândrico, a frequência destes pode aumentar na população, se esta mudança levar a um aumento do sucesso reprodutivo do indivíduo (Warner, 1975). É necessário, portanto, examinar um número maior de exemplares para saber se a presença deste exemplar representa

uma situação anormal, de razão hormonal, ou se ele representa uma situação normal, transitória, entre dois sexos. Portanto, ainda não é possível dizer se a população estudada é composta somente por indivíduos intersexuados, ou se possui uma certa porcentagem de indivíduos mutantes de sexo. Diante da possibilidade de ocorrência de hermafroditismo na espécie, além da continuidade dos estudos anatômicos e dos estudos sobre o papel da glândula androgênica na diferenciação sexual, são necessários estudos da história de vida de *P. defossus*, para que se possa levantar hipóteses mais consistentes acerca da evolução da sexualidade nesta espécie.

## REFERÊNCIAS

- ADIYODI, R. G. & T. SUBRAMONIAM. 1983. Arthropoda-Crustacea. In: K. G. Adiyodi e R. G. Adiyodi (Eds). Reproductive Biology of Invertebrates: Oogenesis, Oviposition, and Oosorption, vol 1. London, John Wiley e Sons, p. 443-495.
- ALMEIDA, A. O. & L. BUCKUP. 1997. Aspectos anatômicos e funcionais do aparelho reprodutor de *Parastacus brasiliensis* (von Martens) (Crustacea, Decapoda, Parastacidae). Revta bras. de Zool., 14: 497-509.
- BUCKUP, L. & A. ROSSI. 1980. O gênero *Parastacus* no Brasil (Crustacea, Decapoda, Parastacidae). Rev. Brasil. Biol., 40: 663-681.
- CHARNIAUX-COTTON, H. 1975. Hermaphroditism and gynandromorphism in malacostracan Crustacea. In: R. Reinboth (Ed). Intersexuality in the Animal Kingdom. Springer-Verlag, New York, pp. 91-105.
- CHARNIAUX-COTTON, H. & G. PAYEN. 1985. Sexual Differentiation. In: Dorothy E. Bliss (Ed.). The Biology of Crustacea, vol. 9. New York, Academic Press, pp. 217-299.
- FAXON, W. 1898. Observations on the Astacidae in the United States National Museum and in the Museum of Comparative Zoology, with descriptions of new species. Proc. U. S. natn. Mus., 20: 643-694.
- FONTOURA, N. F. & L. BUCKUP. 1989. Dinâmica populacional e reprodução em *Parastacus brasiliensis* (von Martens, 1869) (Crustacea, Decapoda, Parastacidae). Rev. Brasil. Biol., 49: 911-921.
- GHISELIN, M. T. 1969. The evolution of hermaphroditism among animals. Q. Rev. Biol, 44: 189-208.
- GINSBURGER-VOGEL, T. 1991. Intersexuality in *Orchestia mediterranea* Costa, 1853, and *Orchestia aestuarensis* Wildish, 1987 (Amphipoda): a consequence of hybridization or parasitic infestation?. Jour. Crust. Biol., 11: 530-539.
- HASEGAWA, Y., E. HIROSE & Y. KATAKURA. 1993. Hormonal control of sexual differentiation and reproduction in Crustacea. Amer. Zool., 33: 403-411.
- HORWITZ, P. 1988. Secondary sexual characteristics of females of the freshwater crayfish genus *Engaeus* (Decapoda, Parastacidae). Crustaceana, 54: 25-32.
- KHALAILA, I. & A. SAGI. 1997. Intersexuality and its control by the androgenic gland in the crayfish *Cherax quadricarinatus*. J. Reprod. Devel., 43, Suppl, 69-70.
- KROL, R. M., W. E. HAWKINS & R. M. OVERSTREET. 1992. Reproductive components. In: F. W. Harrison e A. G. Humes (Eds). Microscopic Anatomy of Invertebrates: Decapod Crustacea, vol. 10. Wiley-Liss, pp. 295-343.
- KÜKENTHAL, W., E. MATTHES & M. RENNER. 1969. Guia de Trabalhos Práticos em Zoologia. Coimbra, Atlântida Editora, 473 pp.
- LÖNNBERG, E. 1898. Some biological and anatomical facts concerning *Parastacus*. Zool. Anz., 21: 345-352.

- MEDLEY, P. B. & D. B. ROUSE. 1993. Intersex australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). J. Shellfish Res., 12: 93-94.
- RUDOLPH, E. H. 1995. Partial protandric hermaphroditism in the burrowing crayfish *Parastacus nicoleti* (Philippi, 1882) (Decapoda, Parastacidae). J. Crust. Biol., 15: 720-732.
- RUDOLPH, E. H. 1997. Intersexualidad en el camarón excavador *Parastacus pugnax* (Poepig, 1835) (Decapoda, Parastacidae). Invest. Mar., Valparaíso, 25: 7-18.
- RUDOLPH, E. H. 1999. Intersexuality in the freshwater crayfish *Samastacus spinifrons* (Philippi, 1882) (Decapoda, Parastacidae). Crustaceana, 72: 325-337.
- SAGI, A., I. KHALAILA, A. BARKI, G. HULATA & I. KARPLUS. 1996. Intersex red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens): functional males with pre-vitellogenic ovaries. Biol. Bull., 190: 16-23.
- SNEDECOR, G. W. & W. G. COCHRAN. 1967. Statistical Methods. Ames, Iowa State University Press, 593pp.
- SOKOL, A. 1988. The Australian Yabby. In: D. M. Holdich e R. S. Lowery (Eds.). Freshwater crayfish: biology, management and exploitation. Portland, Timber Press, pp. 401-424.
- VON MARTENS, E. 1869. Südbrasilianische Süss-und Brackwasser-Crustaceen nach den Sammlungen des Dr. Reinh. Hensel. Arch. Naturgesch., 35: 1-37.
- WARNER, R. R. 1975. The adaptive significance of sequential hermaphroditism in animals. Am. Nat., 109: 61-82.
- WARNER, R. R. 1988. Sex change and the Size-Advantage Model. Trends Ecol. Evol., 3: 133-136.
- WIELGUS-SERAFINSKA, E. 1976. Morphological and histological changes in the male gonad of the american crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque) in the annual cycle. Acta biol. cracov., Series Zoologia, 19: 87-105.
- ZOLESSI, L. C. & M. E. PHILIPPI. 1995. Lista sistematica de Decapoda del Uruguay (Arthropoda: Crustacea). Comum. zool. Mus. Hist. nat. Montev., 12: 1-24.