

Alometria e crescimento sexual
e etariamente diferenciados em *Sphaeroma serratum*
(Crustaceae, Isopoda) da baía
da Guanabara (Brasil)

Sex and age differential allometrics and growth in
Sphaeroma serratum (Crustacea, Isopoda) from
Guanabara Bay (Brazil)

JARBAS DE MESQUITA NETO

A zona de entre marés é extremamente estressante devido à constante variação de seus fatores abióticos, principalmente de marés. O costão rochoso, entre o Aeroporto Santos Dumont e a Marina da Glória, no Município do Rio de Janeiro, é particularmente estressante pela intensa poluição de esgoto e lixo descartado.

Os isópodos, principalmente as espécies de entre marés, mostram um alto grau de variações morfoecológicas; tais variações devem ser evolutivas, permitindo-lhes ocupar novos nichos.

Sphaeroma serratum (Fabricius, 1787) é um isópodo de entre marés cujas fêmeas apresentam marsúpio, onde os ovos se desenvolvem e eclodem como formas imaturas; seus embriões desenvolvem a capacidade de osmoregular na eclosão. Logo após a eclosão, o padrão do adulto está praticamente estabelecido (CHARMANTIER *et. al.*, 1988; SPICER & GASTON, 2000).

Sphaeroma serratum encontra-se em regiões de entre marés de baixa energia da África, Europa, Oceania e das Américas, geralmente, sob fital e pedregulhos de costões, ocasionalmente intersticiais ou em buracos, podendo viver em ambientes impactados. Foi introduzido em muitos países ou por ter se soltado das comunidades incrustantes presas aos cascos das embarcações, ou por ter sido lançado ao mar durante a limpeza dos porões dos navios (BENNATI-MOUCHET *et al.*, 1934; KALK, 1958; IVERSEN, 1982; JACOBS, 1987; KITTLEIN, 1991; DE GRAVE & HOLMES, 1998; HASS & KNOTT, 1998; GIBSON, 2000; McCLARY & NELLIGAN, 2001).

Sphaeroma serratum foi objeto de diversas pesquisas, como taxonomia (BARNARD, 1955; LOYOLA E SILVA, 1960; IVERSEN, 1982), fisiologia (MAISSIAT & JUCHAULT, 1972; PHILIPPOT, THUET & THUET, 1972; CHARMANTIER *et al.*, 1973, 1988; CHARMANTIER & TRILLES, 1976; ABOLMAROVA, 1987; MARTIN *et al.*, 1996), e evolução, incluindo modelos de isolamento por distância (BOCQUET, LEJUEZ & TESSIER., 1966; 1969; NEGUESCU, 1979; MICHEL-SALZAT & BOUCHON, 2000; DA LAGE, WORMHOUDT & CARIOU, 2002) mas há poucas publicações sobre crescimento e alometria em Sphaerotidae (MARCUS, SUTCLIFFE & WILLOUGHBY, 1978; BAYLAC, LAULIER & LEJUEZ, 1988; GROSHOLTZ & RUIZ, 2003). O crescimento é expresso como incremento de comprimento, volume ou peso.

A alometria, ou “análise da mudança de forma como resultado de crescimento, tratamento experimental ou evolução” é utilizada quando a comparação de formas de estruturas particulares se faz necessária. Tais variações podem representar influência endógena ou exógena (McMAHON, 1973; BARBAULT, 1988, 1992; ROHLF & MARCUS, 1993). São necessários estudos morfométricos em *S. serratum* devido a variações intraespecíficas. Portanto analisou-se a alometria e um modelo descritivo para o crescimento de *S. serratum* sob condições natu-rais, em uma população brasileira, em relação a sexo e grupo etário.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cinqüenta espécimes foram coletados nos costões rochosos do Aeroporto Santos Dumont (Baía da Guanabara) (latitude: 22°41' - 22°57' S e longitude: 43°02' - 43°16' W), sob pedregulhos e fital de *Ulva fasciata*, por doze meses; a captura ocorreu em dois quadrados de 100 cm² (10 cm por 10 cm) em dois transects. As coletas foram diurnas e mensais, na maré baixa, acima da linha d'água no momento. Pedregulhos com animais foram lavados em frascos de boca larga o suficiente para permitir a separação entre ambos, espécimes e substrato. Em seguida, eram transferidos para outro frasco com tampa em rosca e água local,

transportados para laboratório e congelados, individualmente, para as análises. A classificação foi baseada em PEREIRA, NETTO & LIMA (2001). A terminologia dos caracteres está baseada em RACOVITZA (1923): cabeça, péreon (região torácica) e pléon (região abdominal; incluiu-se aqui o pleotelson). Os caracteres alométricos analisados foram: comprimentos de cabeça, péreon, pléon, e total, largura máxima e a posição do somito mais largo (pereonito) (Fig.1). As mensurações foram feitas com lâmina entomológica milimetrada (lâmina transparente com divisões para mensurar insetos sob microscopia óptica) Heerbrugg com precisão de 0,25 mm sob microscopia óptica e estereoscópica Bausch Lomb, e Heerbrug Wild-5 e Wild-20. Para averiguar a posição do pereonito mais largo, contou-se o número de pereonitos observados até o mais largo. Para a determinação sexual, observou-se o desenvolvimento do segundo par de pleópodos e a terminação ventral do péreon, onde se encontra o pênis, no macho, e o grau de desenvolvimento de esterno pereonal, oostegitos, ovos e câmara incubadora, na fêmea. Animais pequenos, sem possibilidade de determinação sexual, e aqueles com região esternal danificada foram considerados como “indefinidos” e utilizados nas comparações gráficas do somito mais largo e para grupos etários. Para os grupos etários (Imaturos, Jovens e Adultos); a determinação baseou-se no grau de desenvolvimento de seus órgãos externos ventrais, principalmente, os reprodutivos. Os espécimes que não se enquadraram em nenhum grupo foram considerados como indefinidos.

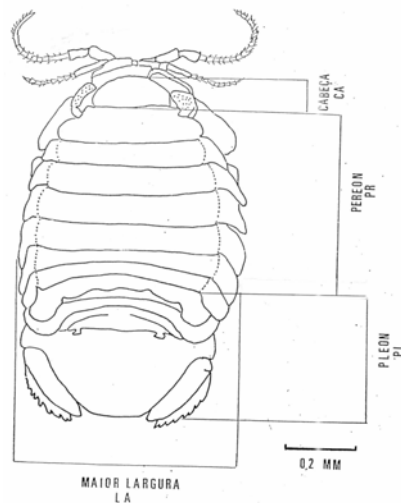


Fig. 1. Caracteres alométricos de *Sphaeroma serratum*

Os seguintes testes estatísticos foram realizados em diferentes módulos do “*The System for Statistics*” (SYSTAT), versão 2.0. A estatística descritiva, incluindo médias e desvio padrão, foi realizada para todos os caracteres alométricos em 613 espécimes no módulo STATISTICS. A Análise de Variância Univariada foi utilizada para testar as variâncias significativas para cada caráter, sendo os meses considerados como um efeito aleatório, implicando na utilização do modelo II para análise de variância (SOKAL & ROHLF, 1981). A Análise de Variância Multivariada foi empregada para testar a hipótese nula para a similaridade de todas as médias dos cinco caracteres, simultaneamente, para o dimorfismo sexual e variação etária (imaturos, jovens e adultos). As análises multivariadas foram realizadas após as univariadas para determinar quais os caracteres que diferem significativamente entre os sexos e entre os grupos etários; testou-se a existência de dimorfismo sexual e variação significativa sobre o crescimento alométrico de imaturos, jovens e adultos, na população e ao longo do ano, ao nível de 95% de significância.

Os caracteres também foram analisados pelo Teste de Hipóteses para Comparações Pareadas de Duas Médias Populacionais (teste Z), com duas características por vez, ao nível de significância de 95%; quando qualquer valor Z ficava muito próximo ao nível de significância, testou-se ao nível de 99% (DANIEL, 1978); esses testes foram realizados com Calculadoras Científicas Casio e tabelas Z.

Em todos os testes acima, os espécimes indeterminados não foram considerados.

Os valores da alometria coletados durante o ano foram plotados no Microsoft Office Excell 2003 for Windows XP, obtendo-se as equações de crescimento alométrico para a diferenciação sexual e etária e R^2 ; para espécimes imaturos e jovens, apenas as equações polinomiais foram consideradas. O desvio padrão e o erro para o pereiônio mais largo foram realizados em *GraphPad Prism* 3.0. Os caracteres morfométricos estão na Fig. 1. Os espécimes indefinidos foram considerados para a posição do somito mais largo.

RESULTADOS

O comprimento mínimo foi de 1,4 mm e o máximo, 12,0 mm. O comprimento mínimo para o pleno desenvolvimento da genitália do indivíduo é de 4,0 mm; abaixo deste tamanho o espécime é jovem; abaixo de 2,5 mm, o espécime é imaturo. A estatística descritiva demonstrou que os machos são significativamente maiores que as fêmeas para todos os caracteres, inclusive em largura. São os machos que atingem o tamanho

máximo (12,0 mm) enquanto que as fêmeas atingiram o comprimento máximo de 11,0 mm.

Suas médias e desvio padrão estão na Tabela 1. De acordo com a Análise de Variância Univariada ($P < 0,005$) para cada caracter, apenas o pléon não mostrou variações mensais nos adultos (Tabela 2), mas os caracteres são significativos quando considerados conjuntamente (Tabela 3). Espécimes jovens mostraram variações mensais para cabeça e largura máxima na ANOVA e para todos os caracteres, quando considerados conjuntamente (Tabelas 5 e 6). O crescimento alométrico diferencial levou ao dimorfismo sexual (Fig. 3). A estatística multivariada aplicada a essas médias resultou em valores significantes para a diferenciação de todos os caracteres ($P < 0,005$). A variação de caracteres entre os espécimes jovens foi irregular para os cinco caracteres quanto à significância estatística com a ANOVA (Tabela 4), mas significativa para MANOVA quando os caracteres foram considerados conjunta-mente (Tabela 5). As mensurações mensais para o mesmo caráter, em 515 adultos, sem distinção sexual, apresentaram médias diferenciais mensais para os cinco caracteres (Tabela 6). O comprimento da cabeça em adultos apresentou dois graus similares ao dos jovens (98 espécimes). O crescimento do pléon não mostrou diferenciação marcante durante o ano. A frequência diferenciada dos diferentes fatores alométricos está na fig. 2

Tabela 1. Médias e desvio padrão para dimorfismo sexual de *Sphaeroma serratum*, em relação aos cinco caracteres alométricos (Número de exemplares medidos: machos, 168; fêmeas, 208).

Caracteres	Machos		Fêmeas	
	média	dp	média	dp
Cabeça	0,846	0,262	0,746	0,362
Péleon	4,915	1,218	4,241	9,85
Pléon	2,567	0,752	2,356	0,431
Comprimento Total	7,523	1,024	3,686	0,914
Largura Máxima	4,445	1,024	3,686	0,915

(dp= desvio padrão).

Tabela 2. Análise Univariada (ANOVA) em Machos e Fêmeas Adultos de *Sphaeroma serratum* para Dimorfismo Sexual ($P > 0.05$)

Caracteres	F	P	
Cabeça	9,22	0,003	Significativo
Péleon	36,159	0,000	Significativo
Pléon	0,668	0,414	Não Significativo
Comprimento Total	55,610	0,000	Significativo
Largura Máxima	59,384	0,000	Significativo

Tabela 3. Análise Multivariada (MANOVA) em Adultos (Machos e Fêmeas) de *Sphaeroma serratum* para alometria relacionada ao Dimorfismo Sexual ($P>0,05$).

LAMBDA DE WILKI	F	P	GL	
0,852	13,281	0,000	5,381	Significativo

Tabela 4. Análise Univariada (ANOVA) em jovens (98 espécimes) de *Sphaeroma serratum*, sem distinção sexual, da Marina da Glória ($P>0,005$).

Caracteres	F	P	
Cabeça	3,303	0,001	Significativo
Péleon	1,895	0,058	Não Significativo
Pléon	0,893	0,552	Não Significativo
Comprimento Total	0,937	0,512	Não Significativo
Largura Máxima	8,412	0,000	Significativo

Tabela 5. Análise Multivariada (MANOVA) em jovens de *Sphaeroma serratum*, sem distinção sexual ($P>0,005$).

LAMBDA DE WILKI	F	P	
0,077	3,471	0,000	Significativo

Tabela 6. Análise Alométrica Multivariada (MANOVA) em espécimes adultos de *Sphaeroma serratum* sem distinção sexual em espécimens da Marina da Glória capturados mensalmente ($P>0,005$).

LAMBDA DE WILKI	F	P	GL	
0,077	13,281	0,000	5,381	Significativo

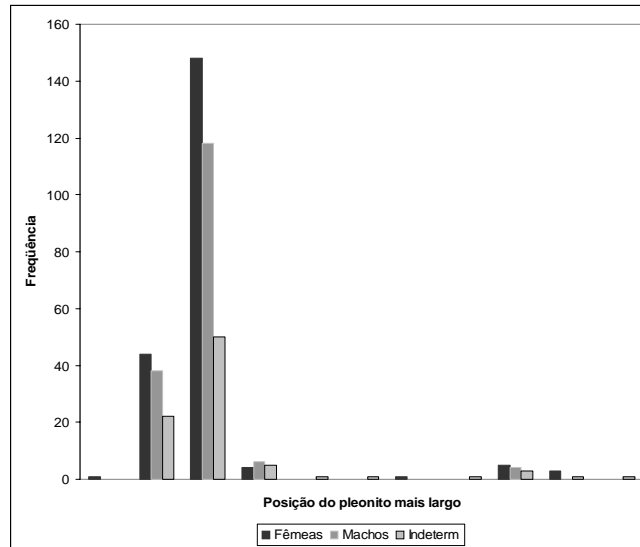


Fig. 2. Frequência da posição do pleonito mais largo de *Sphaeroma serratum*, em relação ao sexo (Indeterm = Sexo Indeterminado).

Os somitos mais largos foram os pereonitos. As fêmeas apresentaram ampla predominância do quinto pereonito, seguido pelo quarto; já os machos apresentaram predominância do sexto pereonito. Alguns espécimes apresentaram dois ou três pereonitos de tamanho similar, geralmente, os indeterminados, como o primeiro e o quarto, ou o terceiro e o quarto; mas apenas as fêmeas apresentaram o terceiro igual ao quarto. Poucos espécimes, de ambos os sexos, apresentaram quinto e sexto pereonitos de mesma largura. Alguns espécimes indefinidos apresentaram quarto, quinto e sexto pereonitos semelhantes (Fig. 4). O desvio padrão foi de 25,124, para fêmeas, 49,773, para indeterminados e 6,201, para machos. O erro padrão foi de 1,751, para fêmeas, 5,399, para os indeterminados e 0,481, em machos. Portanto, há um dimorfismo sexual na frequência do pereonito mais largo, sendo que os machos demonstraram menor desvio padrão que as fêmeas.

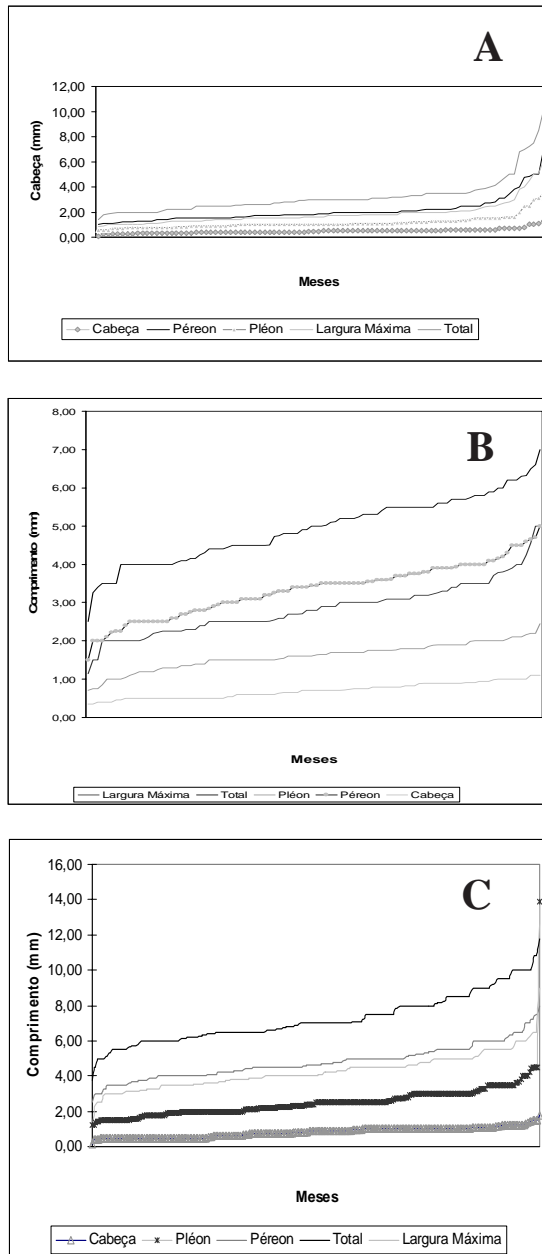
O Teste de Hipóteses entre adultos e jovens mostrou: a) médias iguais, para a ca-beça, considerando variância como 1, ao nível de $p(Z) < 0,1539$; mas, no nível de $\alpha = 0,01$, há forte evidência para médias diferenciadas; portanto deve-se aceitar que há diferenças nas cabeças entre jovens e adultos ($p = 0,1539$); b) médias diferenciadas para o péreon ($p > 1,6 \cdot 10^{-5}$); c) médias diferenciadas para pléon ($p = 7,24 \cdot 10^{-5}$); d) médias diferenciadas para o crescimento total ($p > 2,1 \cdot 10^{-6}$); e) médias diferenciadas para o crescimento em largura ($p > 2,1 \cdot 10^{-5}$).

O Teste de Hipóteses entre jovens e imaturos mostrou: a) médias iguais para a cabeça considerando variância como 1, a nível de probabilidade menor que 0,0571; mas, ao nível de $\alpha = 0,01$, há forte evidência para médias diferenciadas ($p > 0,16$); b) médias diferenciadas para o péreon ($p > 2,1 \cdot 10^{-5}$ ao nível de 0,05); c) médias diferenciadas para o pléon ($p \leq 9,68 \cdot 10^{-4}$); d) médias diferenciadas para o crescimento total ($p > 2,15 \cdot 10^{-5}$); e) médias diferenciadas para o crescimento em largura ($p > 2,16 \cdot 10^{-5}$).

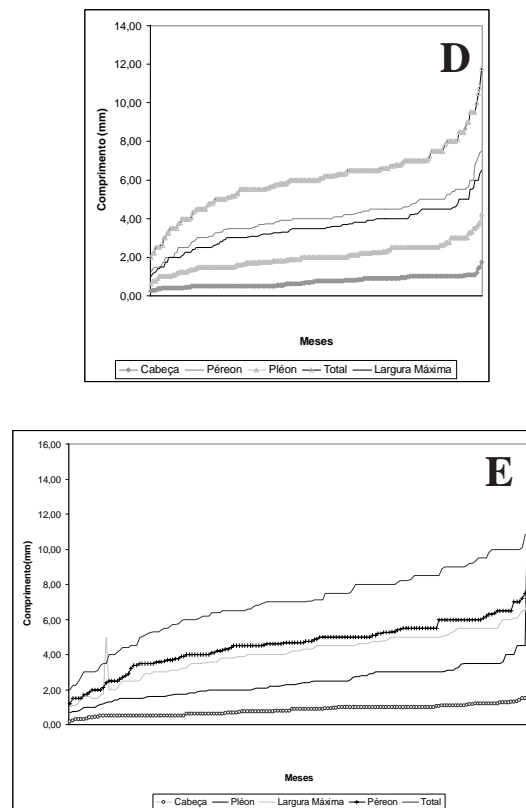
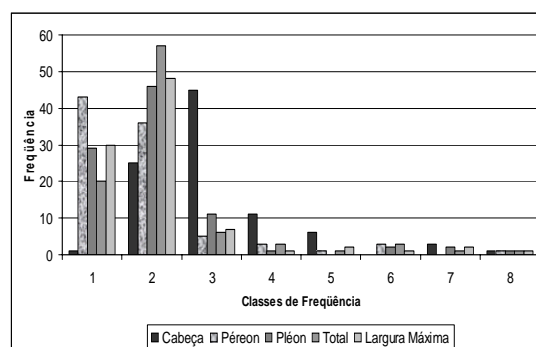
O Teste de Hipóteses entre adultos e imaturos mostrou: a) médias diferenciadas para cabeça, considerando variância como 1, ao nível de $p(Z) < 0,1539$ ($p = 1,87 \cdot 10^{-3}$); mas ao nível de $\alpha = 0,01$ há forte evidência para médias diferenciadas; portanto deve-se aceitar que há diferenças nas cabeças entre adultos e imaturos ($p = 0,1539$); b) médias diferenciadas para o péreon ($p > 2,16 \cdot 10^{-5}$); c) médias muito diferentes para o pléon ($p > 2,16 \cdot 10^{-5}$); d) médias diferenciais para o crescimento total ($p > 2,16 \cdot 10^{-5}$); e) médias diferenciadas para o crescimento em largura ($z > 2,16 \cdot 10^{-5}$).

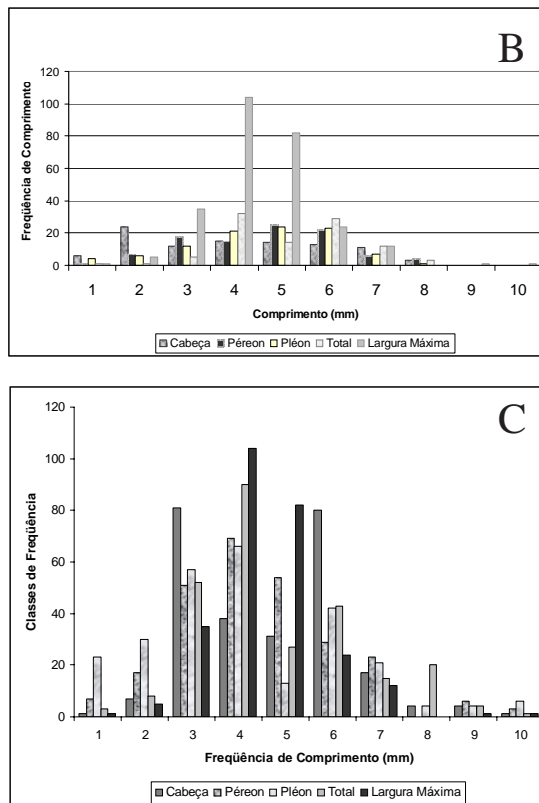
Observou-se uma baixa diferenciação no grau de crescimento da cabeça, ao nível diferencial de 95% (exceto entre adultos e jovens, e entre jovens e imaturos, demonstrando entre estes um crescimento diferenciado apenas quando considerado ao nível de 99% assim como graficamente), mas os demais caracteres mostraram grande diferenciação entre os sexos e as faixas etárias. Dessa forma, o Teste de Hipóteses, para diferenciar duas populações, ao nível de 95%, para valor crítico, indicou que os pares jovem / imaturo ($p(z) = 0,0571$), e adulto / jovem ($p(z) = 0,1539$) possuem as mesmas médias, embora próximas ao nível crítico. A este nível, apenas os adultos e imaturos apresentam diferenciação. Sempre que o nível de 99% foi utilizado, todas as médias foram significativas.

Os testes Z e ANOVA mostraram crescimento alométrico diferencial para todos os caracteres durante o ciclo vital da espécie (grupos etários) e entre os sexos, o que é reforçado pela MANOVA. Há diferenças para todos os caracteres, independentemente, e de forma agrupada. O grande diferencial é o grau de diferenciação alométrica.



Figs 3 A, B e C. Crescimento alométrico em *Sphaeroma serratum*: imaturos (A), em jovens (B) e em adultos (C).

Figs 3 D e E. Crescimento alométrico em *Sphaeroma serratum*: fêmeas (D) e machos (E)Fig. 4 A. Frequência Alométrica para todos os caracteres em *Sphaeroma serratum* imaturos.



Figs 4 B e C. Frequência Alométrica para todos os caracteres em *Sphaeroma serratum*: jovens (B) e adultos (C).

Obteve-se um crescimento comparativo sexual e etário ao longo do ano quando todos os fatores alométricos foram plotados em Excell (Fig.3). A plotagem direta sequencial dos valores alométricos por um ano mostrou grandes coeficientes de correlação para todos os caracteres, excluindo-se o pléon (geralmente $R^2 > 0,95$), com crescimento real (Fig. 4). Obteve-se as seguintes equações, com o respectivo R^2 , para o crescimento mensal em milímetros, sendo m o número de meses vividos:

1. Crescimento dos Machos

a) Crescimento Total:

$$C_t = 0,230296875m^3 - 1,625625m^2 + 4,4285m + 2,0249 \quad (R^2 = 0,9789)$$

$$C_t = -0,00541875m^2 + 1,105m + 3,3908 \quad (R^2 = 0,881)$$

$$C_t = 1,07525m + 3,4156 \quad (R^2 = 0,8809)$$

$$C_t = 1,5106\ln(m) + 5,133201 \quad (R^2 = 0,8072)$$

Comprimento Mínimo 2,00 mm, Máximo: 11,80 mm

b) Cabeça:

$$C_c = 0,0006909m^3 + 0,018625m^2 + 0,0935m + 0,3609 \quad (R^2 = 0,9312)$$

$$C_c = 0,00034m^2 + 0,0102m + 0,357 \quad (R^2 = 0,9312)$$

$$C_c = 0,17425m + 0,2998 \quad (R^2 = 0,9214)$$

$$C_c = \ln(m) + 0,315173 \quad (R^2 = 0,9211)$$

Comprimento Mínimo: 0,25 mm, Máximo: 1,75 mm

c) Péreon :

$$C_{pr} = 0,1535315m^3 - 1,08375m^2 + 2,958m + 1,234368 \quad (R^2 = 0,9753)$$

$$C_{pr} = 0,00180625m^2 + 0,8415m + 2,1032 \quad (R^2 = 0,8919)$$

$$C_{pr} = 0,74375m + 2,1816 \quad (R^2 = 0,8909)$$

$$C_{pr} = 1,0526 \cdot \ln(m) - 3,368528 \quad (R^2 = 0,8254)$$

Comprimento Mínimo: 1,25 mm, Máximo: 7,50 mm

d) Pléon

$$C_{pl} = 0,00614125m^3 - 0,036125m^2 + 1,156m + 0,735 \quad (R^2 = 0,9716)$$

$$C_{pl} = 0,036125m^2 + 0,02805m + 1,0947 \quad (R^2 = 0,9266)$$

$$C_{pl} = 0,425m + 0,9749 \quad (R^2 = 0,9194)$$

$$C_{pl} = 0,5643 \ln(m) + 1,67724 \quad (R^2 = 0,7471)$$

Comprimento Mínimo: 0,60 mm, Máximo: 4,40 mm

e) Crescimento em largura:

$$C_l = 0,076765625m^3 - 0,02125m^2 + 2,346m + 1,1366 \quad (R^2 = 0,9793)$$

$$C_l = -0,0108375m^2 + 0,72675m + 1,8007 \quad (R^2 = 0,9186)$$

$$C_l = 0,68m + 1,8418 \quad (R^2 = 0,9183)$$

$$C_l = 9,446 \ln(m) + 3,1381041 \quad (R^2 = 0,8267)$$

Comprimento Mínimo: 1,00 mm, Máximo: 9,00 mm

2. Crescimento das Fêmeas

a) Total:

$$C_t = 0,3070625m^3 - 2,1675m^2 + 0,1286m + 0,1286 \quad (R^2 = 0,9938)$$

$$C_t = -0,180625m^2 + 0,0589m + 3,0889 \quad (R^2 = 0,9611)$$

$$C_t = 1,71275m + 3,6086 \quad (R^2 = 0,9479)$$

$$C_t = 1,9916 \cdot \ln(m) + 2,4941041 \quad (R^2 = 0,9003)$$

Comprimento Mínimo: 2,00 mm, Máximo: 11,00 mm

b) Cabeça:

$$C_c = 0,015353125m^3 - 0,0903125m^2 + 0,3825m + 2,2891 \quad (R^2 = 0,9634)$$

$$C_c = 0,180625m^2 + 0,255m + 0,3314 \quad (R^2 = 0,9605)$$

$$C_c = 0,25075m + 0,3368 \quad (R^2 = 0,9605)$$

$$C_c = 0,2694 \ln(m) + 0,722416398 \quad (R^2 = 0,7916)$$

Comprimento Mínimo: 0,16mm, Máximo: 1,50 mm

c) Péreon:

$$C_{pr} = 0,230296875m^3 - 1,625625m^2 + 4,1735m + 1,1762 \quad (R^2 = 0,9897)$$

$$C_{pr} = -0,1445m^2 + 1,68725m + 2,0026 \quad (R^2 = 0,9392)$$

$$C_{pr} = 1,14326m + 2,3612 \quad (R^2 = 0,9254)$$

$$C_{pr} = 1,3407 \ln(m) + 2,817304076 \quad (R^2 = 0,8939)$$

Comprimento Mínimo: 1.20 mm, Máximo: 8.00 mm

d) Pléon:

$$C_{pl} = 0,230296875m^3 - 1,264375m^2 + 2,346m + 0,5256 \quad (R^2 = 0,6461)$$

$$C_{pl} = 0,1445m^2 + 1,581m + 1,6456 \quad (R^2 = 0,9275)$$

$$C_{pl} = 0,82875m + 0,8358 \quad (R^2 = 0,5821)$$

$$C_{pl} = 0,855 \ln(m) + 2,676504076 \quad (R^2 = 0,4775)$$

Comprimento Mínimo: 0,70 mm, Máximo: 4,50 mm.

e) Largura Máxima:

$$L_m = 0,00018225m^3 - 1,264375m^2 + 3,3235m + 1,0622 \quad (R^2 = 0,9546)$$

$$L_m = -0,1264375m^2 + 1,6581m + 1,6456 \quad (R^2 = 0,9275)$$

$$L_m = 1,07525m + 1,9771 \quad (R^2 = 0,9143)$$

$$L_m = 1,2467.Ln(m) + 2,689104076 \quad (R^2 = 0,8623)$$

Mínimo: 1,00 mm Máxim: 7,50 mm.

3. Jovens**a) Total :**

$$C_t = 0,383828125m^3 - 1,24375m^2 + 2,55425m + 3,1853 \quad (R^2 = 0,9729)$$

$$C_t = -0,036125m^2 + 1,35575m + 3,4235 \quad (R^2 = 0,963)$$

b) Cabeça:

$$C_c = 0,000767656m^3 + 0,036125m^2 + 0,19975m + 0,3966 \quad (R^2 = 0,9836)$$

$$C_c = 0,036125m^2 + 0,1955m + 0,3972 \quad (R^2 = 0,9836)$$

c) Péreon:

$$C_{pr} = 0,4605375m^3 - 1,625625m^2 + 2,703m + 1,7664 \quad (R^2 = 0,9858)$$

$$C_{pr} = -0,07225m^2 + 1,21125m + 2,0627 \quad (R^2 = 0,9629)$$

d) Pléon

$$C_{pl} = 0,3070625m^3 - 1,08375m^2 + 1,6745m + 0,7395 \quad (R^2 = 0,9862)$$

$$C_{pl} = -0,0903125m^2 + 0,71825m + 0,9294 \quad (R^2 = 0,9485)$$

e) Largura máxima

$$C_L = 0,614125m^3 - 1,986875m^2 + 2,55m + 1,4757 \quad (R^2 = 0,9625)$$

$$C_L = 1,80625m^2 + 0,51425m + 1,8806 \quad (R^2 = 0,9192)$$

4. Imaturos**a) Total:**

$$C_t = 3,070625m^3 - 7,766875m^2 + 6,60025m + 0,9543 \quad (R^2 = 0,8784)$$

$$C_t = 1,445m^2 - 1,4875m + 2,4687 \quad (R^2 = 0,7383)$$

b) Cabeça:

$$C_c = 0,3070625m^3 - 0,903125m^2 + 0,87975m + 0,1154 \quad (R^2 = 0,8822)$$

$$C_c = 0,108375m^2 + 0,01275m + 0,278 \quad (R^2 = 0,7862)$$

c) Péreon:

$$C_{pr} = 1,5353125m^3 - 4,876875m^2 + 4,1395m + 0,597 \quad (R^2 = 0,8972)$$

$$C_{pr} = 1,08375m^2 - 1,0625m + 1,5713 \quad (R^2 = 0,7716)$$

d) Pléon

$$C_{pl} = 1,5353125m^3 - 5,238125m^2 + 4,131m + 0,0989 \quad (R^2 = 0,583)$$

$$C_{pl} = 0,541875m^2 - 0,544m + 0,9045 \quad (R^2 = 0,7353)$$

e) Largura Máxima:

$$C_L = 1,5353m^3 - 4,515625m^2 + 3,93975m + 0,4332 \quad (R^2 = 0,8852)$$

$$G_{mw} = 0,903125m^2 - 0,9265m + 1,344 \quad (R^2 = 0,7589)$$

5. Adultos**a) Total :**

$$C_t = 0,053735937m^3 - 0,36125m^2 + 1,4365m + 4,8667 \quad (R^2 = 0,9855)$$

$$C_t = 0,0903125m^2 + 0,18275m + 5,5321 \quad (R^2 = 0,9532)$$

b) Cabeça:

$$C_c = 0,3070625m^3 - 0,903125m^2 + 0,87975m + 0,1154 \quad (R^2 = 0,8822)$$

$$C_c = 0,033125m^2 + 0,012325m + 0,3956 \quad (R^2 = 0,9353)$$

c) Péreon :

$$C_{pr} = 0,038382812m^3 - 0,36125m^2 + 1,19m + 2,9949 \quad (R^2 = 0,9783)$$

$$C_{pr} = 0,036125m^2 + 0,21675m + 3,5124 \quad (R^2 = 0,9367)$$

d) Pléon :

$$C_{pl} = 1,5353125m^3 - 5,238125m^2 + 4,131m + 0,0989 \quad (R^2 = 0,583)$$

$$C_{pl} = 0,541875m^2 - 0,544m + 0,9045 \quad (R^2 = 0,7353)$$

e) Largura Máxima:

$$C_L = 1,5353m^3 - 4,515625m^2 + 3,93975m + 0,4332 \quad (R^2 = 0,8852)$$

$$C_L = 0,903125m^2 - 0,9265m + 1,344 \quad (R^2 = 0,7589).$$

DISCUSSÃO

Os cinco fatores alométricos considerados (cabeça, péreon, largura total, somito mais largo e a posição deste somito) apresentaram tanto diferenciação de crescimento quanto sexual em *Sphaeroma serratum*. Há um dimorfismo sexual estatisticamente significativo para todos os caracteres, quando considerados em conjunto, e para praticamente todos, quando em separado.

A cabeça é um carácter que obviamente apresentou uma pequeníssima taxa diferencial no crescimento entre as faixas etárias e entre os sexos. Isto pode ser devido ao seu curto ciclo de vida, que não permite um alto grau de cefalização e que exija mais uma alocação energética na reprodução.

O pléon, quando considerado em termos de diferenciação sexual, não é estatisticamente significativo ao nível de significância de 95%, mas o é ao nível de 99%. Nesta espécie, é o pléon, côncavo, que apresenta a região branquial, ventralmente; assim a respiração deve apresentar um valor provavelmente semelhante para ambos os sexos; há pouca diferença no pléon entre as faixas etárias, o que significa que as taxas respiratórias devem ser semelhantes entre as diferentes faixas etárias; as diferenças no comprimento do pléon devem ser muito pequenas para influenciar na fisiologia do animal. As diferenças nas taxas respiratórias devem ser muito pequenas, pois as diferenças alométricas lineares são pequenas. Assim, considerando-se que há poucas diferenças intra-específicas – mas estatisticamente significativas ao nível de 99% - essas diferenças são de origem endógena, mas, provavelmente, mais individuais que devido ao sexo ou à faixa etária. Isto tem de ser verificado. É esta pequena variação no pléon que permite a identificação de *Sphaeroma serratum* para o Brasil (PEREIRA, NETTO & LIMA, 2001). As chaves feitas para outros países não permitem a identificação desta espécie para o Brasil devido às variações alométricas dos espécimes brasileiros. Deve ter havido uma deriva genética devido ao Efeito do Fundador, com variações alométricas para outras populações, assim como houve uma variação de coloração nesta população da Marina da Glória. Na realidade, este deve ser mais um local de trocas gasosas do que de consumo de oxigênio, o que significa que as trocas gasosas devem variar pouco, intra-especificamente. As diferenças quanto ao consumo metabólico devem estar mais ligadas aos demais fatores alométricos, diferenciais, para ambos os sexos. Aparentemente deve haver um V_{O_2} máximo

semelhante entre as diversas faixas etárias e sexos, assim como fatores de segurança semelhantes; o mesmo pode ser considerado para as trocas iônicas.

É interessante verificar se realmente a massa branquial é a mesma para todas as faixas etárias e para ambos os sexos, assim como variações nas taxas enzimáticas. Como a espécie é anfíbia, devem ocorrer adaptações morfofuncionais na região branquial, devido às capacitâncias diferenciadas dos gases respiratórios em ambos os meios (DEJOURS, 1998). A simorfia, que implica que características estruturais e funcionais de um sistema sejam geneticamente determinados, requer um estudo morfométrico para revelar relações significativas entre as necessidades de oxigênio e a condutância calculada de difusão das brânquias. Esta relação pode implicar em relações entre a área superficial das lamelas branquiais, a média harmônica das distâncias de difusão entre os fluidos corpóreos e a água e as necessidades relativas de oxigênio do animal. A difusidade máxima é característica de espécies ativas, e os valores mínimos para as espécies letárgicas (TAYLOR, 1998) – este é o caso de *Sphaeroma serratum*: é uma espécie bentônica que raramente se desloca, preferindo ficar sob pedras e fital; nada por distâncias extremamente curtas após chuvaradas. Isto deve implicar também em um baixo metabolismo oxidativo. Dessa forma, seria interessante haver estudos sobre as variações nas taxas respiratórias entre as diversas populações mundiais, nas diferenças entre as lamelas, nas distâncias de difusão local e, comparativamente, nas atividades enzimáticas e suas correlações com a alometria.

O caráter que mais apresenta diferença sexual é o péreon, onde ficam incubados os ovos. As fêmeas apresentam uma maior taxa de crescimento pereonal, e péreon mais comprido e mais largo que os machos, implicando em dimorfismo sexual durante o crescimento. Este crescimento permite à fêmea manter uma câmara incubadora sob o marsúpio, onde os ovos ficam protegidos até a eclosão dos filhotes, na forma jovem, não mais como larvas. Assim, as fêmeas estão adaptadas para o meio de entre – marés, onde vivem, devido à possibilidade de incubarem esses ovos devido a essa taxa de crescimento pereonal, o que deve implicar em grande alocação energética para o péreon. Pode ocorrer, então, uma polarização energética em favor do péreon, implicando em uma redução energética para outros fatores alométricos - o que deveria ser averiguado. Considerando a população da Marina da Glória, este não seria um caráter taxonômico relevante.

As taxas de crescimento na largura são expressivas para as fêmeas. A largura máxima está provavelmente, ligada ao sexo, devido à diferenciação sexual que permite melhor proteção para os ovos nas fêmeas. Um péreon mais longo e mais largo permite às fêmeas incubarem seus ovos e que estes se desenvolvam até a forma jovem. Isto lhes permite a sobrevivência em ambientes cambiantes, fora das águas na maré baixa, e a possibilidade de atingirem nichos ecológicos diferentes. A família Oniscidae foi o único táxon de crustáceos terrestres bem-sucedido, devido a adaptações similares.

A variação de frequência na posição dos somitos indica um dimorfismo sexual também na posição do pereonito mais largo, embora haja uma ampla

variação quanto à posição do pleonito mais largo nas fêmeas. Isto indica uma variação endógena nas fêmeas quanto a este caráter. Seria interessante verificar se esta variação está relacionada ao ciclo reprodutivo.

As taxas de crescimento e o valor máximo atingido pelas fêmeas são menores, devido à alocação estrutural relacionada à reprodução, e provavelmente, também a uma alta alocação energética para reprodução, pois carregam os ovos. As diferenças na polarização morfofuncional ligadas ao sexo devem pressionar as taxas diferenciais de crescimento.

Há uma tendência geral para variações alométricas ligadas ao sexo e às faixas etárias. Os cinco caracteres apresentaram variação morfológica entre as formas imatura, jovem e adulta para *Sphaeroma serratum*. Há um forte indicativo de alometria para os caracteres considerados.

O comprimento da cabeça variou similarmente para jovens e adultos, apresentando dois níveis próximos de crescimento durante o ano.

O crescimento do pléon não foi estatisticamente significativo entre as diversas faixas etárias para a ANOVA – mas diferenciado para testes com maior nível crítico – e apresentaram médias anuais mais homogêneas entre formas mais jovens. Desta forma, por apresentarem pequena diferença, mas significativa, a respiração seria proporcionalmente mais intensa para as formas imaturas e jovens que para os adultos: a superfície para trocas gasosas seria muito similar, mas para tamanhos totais diferenciados; isto implica em respiração inversamente proporcional à biomassa. Esta diferença, sendo significativa, implica em diferenças, mas neste caso pequenas; há uma tendência para o pléon crescer proporcionalmente menos em relação ao péreon, largura e crescimento total. A maior heterogeneidade entre os adultos provavelmente se deve às suas diferenças sexuais.

É interessante avaliar as taxas respiratórias relacionadas à sua alometria para provar, principalmente, sua relação com pléon e péreon, assim como o sexo e a faixa etária.

Quando permitimos que 1% das amostras nos leve a um erro de tipo I rejeitamos menos uma hipótese nula verdadeira, mas aumentamos a chance de aceitar o erro de tipo II, a de aceitar uma hipótese nula falsa e que uma hipótese alternativa seja verdadeira. Mas quando utilizamos os caracteres em conjunto pode-se observar uma tendência à diferenciação dos caracteres. Talvez o ideal seja não assumir um valor crítico de erro *a priori* e considerarmos apenas as variações estatísticas mais adequadas, como sugere VOLPATO (2001), para uma pesquisa sobre os possíveis efeitos alelopáticos de diversas espécies de plantas daninhas sobre o crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden; afinal, há uma tendência à significância, como indicam as análises e os valores das análises estatísticas próximos aos valores críticos. As equações de crescimento reforçam esta visão.

As equações polinomiais de terceiro grau obtidas são, em geral, as mais confiáveis; as de segundo e primeiro graus, um pouco menos, embora mais que as logarítmicas, com exceção da cabeça, devido aos seus valores próximos pelo crescimento lento.

O estudo dos caracteres alométricos nos animais é de extrema importância para taxonomia, evolução e ecologia. Alguns autores consideram apenas o crescimento total, o que pode ser importante para alguns tópicos específicos, como o manejo animal. Mas, para os demais, é necessário um estudo mais amplo, que permita outras derivações e conclusões. BOOKSTEIN et al. (1985) sugerem ir-se além: a distribuição de medidas em uma forma realizada com marcos anatômicos, em um modelo de quadriláteros que permita uma adequação morfométrica à geometria, com uso de cálculos de componentes secundários, sem distorção da geometria original do animal. Seu método de grades ortogonais permite a comparação quantitativa das formas. Todavia há problemas com diversos grupos de crustáceos, em relação aos marcos anatômicos, nem sempre presentes.

Há variações genéticas notáveis, tais como ampla variação de coloração devido a genes recessivos, problemas taxonômicos e uma provável deriva genética da espécie devido à reprodução direta e ampla distribuição mundial.

RESUMO

A morfometria de *Sphaeroma serratum* (Fabricius, 1787) (Flabellifera, Sphaeromatidae) da Marina da Glória (Baía da Guanabara, Cidade do Rio de Janeiro) foi analisada quanto ao seu crescimento anual sob condições naturais em relação às variáveis alométricas: comprimento de cabeça, pereon, pleon, largura máxima e posição do somito mais largo. Os fatores Sexo (Macho e Fêmea) e Faixa Etária (Formas Imatura, Jovem e Adulta) mostraram alometria mensal diferenciada para cada caráter considerado. Há um fator componente etário mensal entre os espécimes adultos, jovens e imaturos, e outro sexual mensal com um dimorfismo sexual relacionado aos parâmetros mensurados. O pleon é o único caráter praticamente constante entre as faixas etárias. O crescimento total também é diferenciado para sexo e idade. As equações de crescimento específicas para diferentes sexo e faixa etária são apresentadas.

Palavras chave: diferenciação-sexual; alometria; dimorfismo-sexual; *Sphaeroma-serratum*

SUMMARY

Morphometry in *Sphaeroma serratum* Fabricius (Flabellifera, Sphaeromatidae) specimens from Marina da Glória (Guanabara Bay, Rio de Janeiro Municipality) was analysed for their allometric variations (head, pereon, pleon, and maximum width) concerning sex (Male and Female) and age group (Immature, Young and Adult), which showed differential monthly allometrics for every character considered. There is a monthly sexual differentiating factor for age component between adult, young and immature specimens and a sexual dimorphism related to the measured parameters. Pleon is a quite unchanging character among age groups. Total growth is also differential for sex and age. Monthly growth equations for different sexes and age group are also presented.

KEY WORDS: age-differentiation; allometry; sexual-dimorphism; *Sphaeroma-serratum*

RÉSUMÉ

La morphométrie du *Sphaeroma serratum* (Fabricius, 1787) (Flabellifera, Sphaeromatidae) de la Marina da Glória (Baía da Guanabara, Rio de Janeiro) a été analysée quant à son développement annuel, sous des conditions naturelles et par rapport à ses variations allométriques (longueur de la tête, péron, pléon, largeur maximale et position du somite le plus large). Les facteurs sexe et groupe d'âge (formes Immature, Jeune et Adulte) ont montré une allométrie mensuelle différenciée pour chaque caractère considéré. Il y a un facteur composant d'âge mensuelle chez les spécimens adultes, jeunes et immatures et un autre sexuel mensuel avec et immatures et un autre sexuel mensuel avec un dimorphisme sexuel ayant rapport aux paramètres mesurés. Le pléon est pratiquement le seul caractère constant dans les groupes d'âge. La croissance totale est également différenciée pour le sexe et l'âge. Les équations de croissance spécifiques pour sexe et groupe d'âge différents sont présentés.

MOTS CLÉS: vieillissement-différenciation; allométrie; dimorphisme-sexuel; *Sphaeroma-serratum*
 AGRADECIMENTOS — Gostaríamos de agradecer ao Prof. Dr. Jayme Loyola e Silva por seu auxílio na identificação da espécie; à Profa. Dra. Leila Pessoa pela análise de ANOVA e MANOVA; e à Profa. Dra. Idalina Brasil Lima por sua orientação e laboratório.

BIBLIOGRAFIA

- ABOLMAROVA, G.I. 1987. Temperature effect on the metabolic intensity and growth rate of the isopod *Sphaeroma serratum*. Fabricius. *Ekologiya* 26: 77–82.
- BARBAULT, R. 1988. Body Size, Ecological Constraints, and the Evolution of Life-History Strategies. *Jour. Evol. Biol.* 22: 261-285.
- BARNARD, K.H. 1955. Additions to the fauna list of South African Crustacea and Pycnogonida. *Ann. South Afr. Mus.* 43 (1): 1-107.
- BAYLAC, M.; M. LAULIER & R. LEJUEZ. 1988. Étude Morphométrique de cinq espèces du genre *Sphaeroma* Latreille (Isopodes Flabellifères). *Bull. Soc. Zool. Fran.* 113 (1) : 31 – 52. 1988.
- BENNATI-MOUCHET, S.; G. HENNEQUIN; R. PAULIEN & H. TATON. 1934. *Travaux Stat. biol. de Roscoff* 12. 72 pp.
- BOCQUET, C. ; R. LEJUEZ & G. TESSIER. 1966. Génétique des populations de *Sphaeroma serratum* (F.): VII. Données complémentaires sur la panmixie. *Cahiers Biol. Mar.* 7: 23–30.
- BOCQUET, C. ; R. LEJUEZ & G. TESSIER. 1969. Génétique des populations de *Sphaeroma serratum* (F.): 9. Étude des populations des îles anglo-normandes de Jersey et de Guernesey. *Cahiers Biol. Mar.* 10 (4): 405–427.
- BOOKSTEIN, F. L.; B. CHERNOFF; R. L. ELDER; J. M. H. HUMPHREY JR.; G. R. SMITH & R. E. STRAUSS. 1985. *Morphometrics in Evolutionary Biology. The Geometry of Size and Shape Change, With Examples from Fishes*. Philadelphia. Acad. Nat. Scien. Philadelphia.

- CHARMANTIER, G.; M. CHARMANTIE-DAURES; N. BOUARICHA; P. THUET; D.E. AIKEN & J.P. TRILLES. 1988. Ontogeny of osmoregulation and salinity tolerance in the isopod crustacean *Sphaeroma serratum*. *Marine Ecology-Progres Series* 114: 93–102.
- CHARMANTIER, G. & J.P. TRILLES. 1976. Ecdysterone, premolt, and exuviations in *Sphaeroma serratum* (Fabricius, 1787) (Crustacea, Isopoda, Flabellifera). *General and Comparative Endocrinology Oxford* 28 (3): 249-254.
- CHARMANTIER, G.; M.F. VOSS-FOUCART; J.P. TRILLES & C. JEUNIAUX. 1973. Free aminoacids of the hemolymph of *Sphaeroma serratum* (Isopoda, Flabellifera). *Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique* 81 (4): 667–672.
- DANIEL, W.W. 1978. *Bioeststatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences*. New York, Brisbane, Toronto, Chichester. John Wiley & Sons.
- DEJOURS, P. 1998. Lungs and Gills for gas exchange. Pp. 165-167. In WEIBEL, E.R.; TAYLOR, C.R. & BOLIS, L. *Principles of Animal Design. The Optimization and Symmorphisms Debate*. Cambridge. Cambridge University Press.
- GIBSON, R.N. 2000. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. Oxford. Vol. 38. Oxford University Press.
- GRAVES, S. DE & J.M.C. HOLMES. 1998. The distribution of marine isopoda (Crustacea) In Lough Hyne. *Biology and Environment: Proc. Royal Irish Acad.* 98B (1): 23–30.
- GROSHOLTZ, E.D. & G.M. RUIZ. 2003. Biological invasions drive size increases in marine and estuarine invertebrates. *Ecology Letters* 6 12 (2): 700–705.
- HASS, C.G. & B. KNOTT. 1998. Sphaeromatid isopods from the Swan River, Western Australia: Diversity, distribution, and geographical sources. *Crustaceana* 71 (1): 36–46.
- IVERSEN, E. W. 1982. Revision of the isopod family Sphaeromatidae (Crustacea: Isopoda: Flabellifera). I. Subfamilies names with diagnoses and key. *Journal of Crustacean Biology* 2(2): 234-248.
- JACOBS, B. J. M. 1987. A taxonomic revision of the European Mediterranean and NW African species generally placed in *Sphaeroma serratum* Bosc, 1802 (Isopoda: Flabellifera: Sphaeromatidae). *Zoologische Verhandelingen* 238: 3–71.
- KALK, M. 1958. The fauna of the intertidal rocks at Inhaca Island, Delagoa Bay. *Annals of the Natal Museum Pietermaritzburg* 14: 189 - 242.
- KITTLEIN, M.J. 1991. Population Biology of *Sphaeroma serratum* Fabricius (Isopoda, Flabellifera) at the Port of Mar del Plata, Argentina. *J. Nat. Hist.* 443–57. 1983.
- LAGE, J.L. DA.; A. VAN WORMHOUDT & M.L. CARIOU. 2002. Diversity and Evolution of the α -amylase genes in animals. *Biol. Bratislava* 57 (Suppl.) 11: 181 – 189.
- LOYOLA-E-SILVA, J. 1960. Sphaeromatidae do litoral brasileiro (Isopoda - Crustacea). *Bolm Univ. Paraná*, 4: 1–182.

- MAISSIAT, J.P. & P. JUCHAULT. 1972. Mise en évidence du rôle de la glande androgène dans la dégénérescence de la glande de la mue chez *Sphaeroma serratum* Fabr. (Crustacé Isopode Flabellifère). Action de l'ecdysterone. *Compte rendu Soc. Biol.* 166: 1495-1498.
- MARCUS, J.H.; D.W. SUTCLIFFE & L.G. WILLOUGHBY. 1978. Feeding and growth of *Asellus aquaticus* (Isopoda) on food items from the littoral of Windermere, including green leaves of *Elodea canadensis*. *Freshw. Biol.* 8: 505-508.
- MARTIN, G.; R. RAIMOND; M. LAULIER & P. JUCHAULT. 1996. Ultrastructural and experimental studies on the androgenic gland in juvenile and puberal males of *Sphaeroma serratum* (Isopoda, Flabellifera). *Crustaceana* 69 (3): 349-358.
- McMAHON, T. 1973. Size and Shape in Biology. *Science* 179: 1201-1204.
- McCLARY, D. J. & NELLIGAN, R.J. 2001. *Alternate Biosecurity Management Tools for Vector Threats. Technical Guidelines for Acceptable Hull Cleaning Facilities*. Technical Report to New Zealand Fisheries Ministry. Kringett Mitchell & Associates Ltd.
- MICHAEL-SALZAT, A. & D. BOUCHON. 2000. Phylogenetic analysis of mitochondrial LSU rRNA in Oniscids. *Compt. Rendus l'Acad. Scien. Paris. Life Sciences* 323 (9): 827-837.
- NEGOESCU, I. 1979. Observations sur le polychromatisme de *Sphaeroma serratum* et *S. pulchellum* (Isopoda, Flabellifera, Sphaeromatidae). *Travaux Mus. d'Hist. Natur. "Grigore Antipa"* 20 (2): 614-619.
- PEREIRA, V. F. G. C.; J. M. NETTO & I. M. B. LIMA. 2001. Tipos estruturais de pigmentação e redescritção de *Sphaeroma serratum* (Fabricius) (Isopoda, Flabellifera, Sphaeromatidae) da Marina da Glória, Rio de Janeiro, Brasil. *Revta brasil. Zool.* 18 (2): 511-522.
- PHILLIPOT, J.; M. THUET & P. THUET. 1972. Properties of the (Na⁺-K⁺) ATPase from pleopods of *Sphaeroma serratum* (Fabricius). *Comparative Biochemistry and Physiology. B. Comparative Biochemistry.* 41 (1): 231 - 243.
- RACOVITZA, E. G. 1923. Notes sur les Isopodes-10. Orientation des Isopodes et essais de nomenclature pratique des bords et faces et leurs appendices. 11. Morphologie et phylogénie des pereiopodes et de leurs phanères. *Arch. Zool. Paris (Notes et Revues)* 61: 75-122.
- ROHLF, F. J.; & L. F. MARCUS. 1993. A Revolution in Morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution* 8 (4): 129-132.
- SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF. 1981. *Biometry. The principles and practice of Statistics in Biological Research*. W.H. Freeman and Company. New York. 887 pp.
- TAYLOR, E. W. 1998. Gills of water-breathers: structures with multiple functions. In WEIBEL, E. R.; C. R. TAYLOR & L. BOLIS. *Principles of Animal Design. The Optimization and Symmorphisms Debate*. Cambridge. Cambridge University Press.
- VOLPATO, G.L. 2001. *Ciência: da Filosofia à Publicação*. Jaboticabal. FUNEP.