



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA

Guilherme Nascimento Corte

**Biologia Populacional e Reprodutiva de
Anomalocardia brasiliana (Gmelin, 1791)
(Bivalvia: Veneridae)**

Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida pelo(a) candidato (a)
Guilherme Nascimento Corte
[Signature]
e aprovada pela Comissão Julgadora.

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biologia da Universidade Estadual de
Campinas para obtenção do título de Mestre
em Ecologia

Orientadora: Profa. Dra. Antonia Cecília Zacagnini Amaral

Campinas, 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP

C818b

Corte, Guilherme Nascimento

Biologia populacional e reprodutiva de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia: Veneridae) / Guilherme Nascimento Corte. – Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientadora: Antonia Cecília Zacagnini Amaral.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. *Anomalocardia brasiliiana*. 2. Reprodução - Biologia.
3. Crescimento. I. Amaral, Antonia Cecília Zacagnini, 1948-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

(scs/ib)

Título em inglês: Population biology and reproduction of *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia: Veneridae).

Palavras-chave em inglês: *Anomalocardia brasiliiana* ; Reproductive biology; Growth.

Área de concentração: Ecologia.

Titulação: Mestre em Ecologia.

Banca examinadora: Antonia Cecília Zacagnini Amaral, Ricardo Silva Cardoso, Leonardo Querobim Yokoyama.

Data da defesa: 17/02/2011.

Programa de Pós-Graduação: Ecologia.

Campinas, 17 de fevereiro de 2011

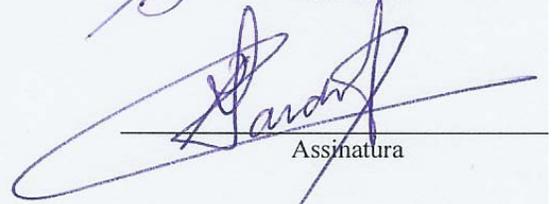
BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Antonia Cecília Zacagnini Amaral (Orientadora)



Assinatura

Prof. Dr. Ricardo Silva Cardoso



Assinatura

Prof. Dr. Leonardo Querobim Yokoyama



Assinatura

Profa. Dra. Fosca Pedini Pereira Leite

Assinatura

Prof. Dr . Alexander Turra

Assinatura

Aos meus pais e familiares,

“Da Felicidade

Quantas vezes a gente, em busca de aventura,
Procede tal e qual o avozinho infeliz:
Em vão, por toda parte, os óculos procura,
Tendo-os na ponta do nariz!”

Mario Quintana

Agradecimentos

À Cecília, pela orientação, ensinamentos, paciência, conselhos, “puxões de orelha”, e também pelas bacalhoadas, acepipes, comidas árabes e muitas alegrias ao longo desses quase quatro anos.

Ao Léo, pelos ensinamentos e ajuda em campo e no laboratório, pelas discussões e sugestões na pré banca e também pelos seriados no computador e saladas do Cebimar!. À Monica pela grande ajuda na revisão dos textos (além de algumas tiradas ótimas!).

Ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas e de Pós-graduação em Ecologia do IB-UNICAMP, por toda formação proporcionada.

Ao Prof Ricardo Silva Cardoso, pelas discussões sobre análises dos dados, além da leitura e sugestões realizadas na pré-banca. À Profa Marlene Tiduko Ueta, pelo auxílio na identificação dos parasitas.

À Célia, sinônimo de eficiência e paciência, sempre resolvendo todos os imprevistos com segurança.

À FAPESP, pela bolsa e reserva técnica concedida. Ao CNPq e FAEPEX/UNICAMP, pelos recursos financeiros.

Ao CEBIMar-USP, pelo apoio logístico durante as coletas. Aos técnicos Zéilto, Joseph, Edu e Elso. Ao Departamento de Histologia e Embriologia da UNICAMP, pela infraestrutura, e a Dona Rachel, pela ajuda na confecção de lâminas e conversas quando o tempo custava em passar.

Ao Laboratório de Macrobentos Marinhos do Departamento de Biologia Animal do IB/UNICAMP, pela infraestrutura para realização deste trabalho.

Aos meus amigos de república, de UNICAMP, de CETESB e de São Paulo, que tentaram de todas as formas (e com algumas cervejas), mas não conseguiram que eu me desviasse (totalmente) do meu caminho. Aos meus amigos e colegas do curso de Ecologia, fundamentais nos momentos bons e ruins de pós-graduação (e dá-lhe qualificações, cursos de campo, seminários, monografias, provas...).

A todos do lab: Sil, Tati, Michela, Johnnye (o nome é sueco e não é Johnny!), Carol, Thalita, Ana, Fernanda, Mica, Giulia, Poli, Victor e Angélica pela ajuda e também por sempre me forçarem a fazer algum tipo de comentário inadequado, fortalecendo minha criatividade. Em especial à Nath, por toda paciência em conversas, ajuda em revisões dos abstracts e centenas de “humpfs”, à Chel, pela revisão dos abstracts e por me ensinar palavrões terríveis como “caquinha”, à Cacá e à Marcela, por não deixar todo o peso da Petrobras e do CNPq cair somente em minhas costas.

À Gisele que iniciou esse trabalho e me deixou o caderno da Pequena Sereia.

A meus tios e primos, pelo companheirismo, carinho e por todas as vezes que perguntaram quando eu iria parar de estudar e começar a trabalhar (acho que ainda demora pelo menos quatro anos).

À Lari, por estar ao meu lado na maior parte dessa caminhada.

A meus pais, Rineu e Nazaré, por sempre (?) acreditarem em minhas escolhas, e sempre (!) me apoiarem em todas as decisões. Por serem meu passado, meu presente e meu futuro. Ao meu irmão, Rafael, por ser (quase literalmente) minha alma gêmea e meu maior companheiro.

A Dom Pedro I, que transformou a véspera do meu aniversário em feriado.

A todos que tiveram paciência para ler esses agradecimentos até o final.

CONTEÚDO

APRESENTAÇÃO	VII
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
1. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
1.1 - INTRODUÇÃO	10
1.2 – ÁREAS DE ESTUDO, METODOLOGIA DE COLETA E DE ANÁLISES	11
1.3 – CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	17
1.3.1- <i>Praia da Cidade e baía do Araçá: variáveis abióticas</i>	17
1.3.2 - <i>Baía do Araçá: macrofauna acompanhante</i>	20
1.4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
2. BIOLOGIA REPRODUTIVA	29
RESUMO	30
ABSTRACT	31
2.1 - INTRODUÇÃO	32
2.2 - METODOLOGIA	34
<i>Procedimento e análise de dados</i>	34
2.3 - RESULTADOS	36
2.3.1 - <i>Razão sexual</i>	36
2.3.2 - <i>Ciclo reprodutivo</i>	37
2.3.2.1 - <i>Histologia dos folículos ovarianos</i>	38
2.3.2.2 - <i>Histologia dos folículos testiculares</i>	42
2.3.2.3 - <i>Análise dos Processos Reprodutivos</i>	46
2.3.2.3.1- <i>Praia da Cidade</i>	46
2.3.2.3.2- <i>Baía do Araçá</i>	50
2.3.3 – <i>Parasitismo</i>	57
2.4 - DISCUSSÃO	59
2.4.1 - <i>Razão sexual</i>	59
2.4.2 - <i>Ciclo Reprodutivo</i>	62
2.4.3 - <i>Parasitismo</i>	69
2.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	72
3. DINÂMICA POPULACIONAL E PRODUÇÃO SECUNDÁRIA	76
RESUMO	77
ABSTRACT	78
3.1 - INTRODUÇÃO	79
3.2 - METODOLOGIA	81
3.2.1 - <i>Procedimentos de campo e laboratório</i>	81
3.2.2 - <i>Análise dos dados</i>	81
3.3 - RESULTADOS	84
3.3.1 - <i>Densidade</i>	84
3.3.2 – <i>Estrutura populacional, recrutamento e crescimento</i>	87
3.3.2.1 - <i>Praia da Cidade</i>	87
3.3.2.2 - <i>Baía do Araçá</i>	92
3.3.3 - <i>Mortalidade e produção secundária</i>	96
3.4 - DISCUSSÃO	96
3.4.1 - <i>Densidade</i>	96
3.4.2 - <i>Estrutura populacional, recrutamento e crescimento</i>	100
3.4.3 – <i>Mortalidade e produção secundária</i>	105
3.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	108
4 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	111

APRESENTAÇÃO

Os integrantes do filo Mollusca constituem parte importante da macrofauna bentônica e são encontrados em todos os tipos de substratos – consolidados e não consolidados. Possuem grande relevância sócio-econômica, sendo bastante explorados, principalmente, nos países em que se impõe cada vez mais a procura por novas fontes de alimento (Araújo, 2004). Em termos nutricionais, os mariscos ocupam uma posição de destaque, por serem fontes expressivas de proteínas e minerais, e apresentarem baixos teores de lipídios e calorias (Pedrosa e Cozzolino, 2001). Entretanto, o interesse pelos moluscos não está relacionado apenas à alimentação, mas também à sua importância econômica ligada às pequenas indústrias de enfeites, comuns em cidades litorâneas. Nessas indústrias, são utilizadas diversas espécies de moluscos, escolhidos pela beleza de cor e forma (Lunetta, 1969; Boffi, 1979). Kneip (1987) relata que as conchas de moluscos podem também serem utilizadas na produção de cal e farinha, assim como na pavimentação de estradas. Souza (2007) destaca que a coleta de moluscos pode constituir a principal fonte de renda familiar ou a sua complementação.

Em 1950, os moluscos bivalves contribuíam com 900 mil toneladas na produção pesqueira mundial; em 2002, este valor passou para 11 milhões de toneladas, representando 8% do total (Lovatelli, 2002). No Brasil, o cultivo de bivalves tem grande participação no crescimento da aquicultura, conforme dados do Ministério de Pesca e Aquicultura. Entre os bivalves cultivados e coletados em território nacional destacam-se o mexilhão, *Perna perna*, o sururu, *Mytella charruana*, as ostras *Cassostrea gigas*, *C. rizophora*, *C. brasiliiana* e *Pteria hirundo*, a vieira *Nodipecten nodosus* e o berbigão *Anomalocardia brasiliiana*.

Os bivalves destacam-se pela diversidade de espécies e alta biomassa (Gonçalves e Lana, 1991; Ólfasson *et al.*, 1993; Urban, 1994). Apresentam significativa relevância ecológica nos habitats de fundos não consolidados, por alterarem a estrutura das associações faunística, por meio dos mecanismos de alimentação (tanto os detritívoros como os filtradores), respiração e/ou movimentação (Levinton, 1991; Whitlatch *et al.*, 1997). Muitos bivalves filtradores são eficientes indicadores de poluição, fornecendo informações sobre a saúde do ambiente em que vivem (Traunspurger e Drews, 1996), já que são capazes de acumular em seus tecidos microorganismos e substâncias tóxicas presentes na água (Bonadonna *et al.*, 1990; Pridmore *et al.*, 1991; Carvalho *et al.*, 2000; Torres *et al.*, 2002). Devido a isso, Silva *et al.* (2006) sugerem que é vantajoso o uso de bivalves na função de bioindicadores de resíduos de metais devido ao seu tamanho e fácil identificação.

Para um manejo adequado das espécies, principalmente as utilizadas como recurso pelo homem, torna-se fundamental o entendimento da dinâmica populacional, que envolve estimativas dos parâmetros de crescimento, mortalidade e produção secundária (Chatzinikolaou e Richardson, 2008), bem como a compreensão da biologia reprodutiva, analisando os ciclos gametogênicos da população. O conhecimento sobre o crescimento permite analisar a composição etária de uma população, de modo a caracterizar no tempo eventos biológicos inerentes à população, como maturação e recrutamento. A produção é principalmente função do crescimento dos indivíduos, do padrão de recrutamento, do número de coortes por ano e da mortalidade. Está diretamente

relacionada ao ciclo de vida das espécies, sendo, portanto, um parâmetro indispensável nas análises de dinâmica populacional (Sardá *et al.*, 2000).

Um melhor conhecimento a respeito do ciclo reprodutivo é necessário para se caracterizar a regulação da gametogênese, considerada ponto de partida para pesquisas sobre recrutamento, idade e crescimento (Hooker e Creese, 1995). Ramirez-Llodra (2002) destaca que a compreensão das estratégias reprodutivas de uma espécie é essencial para o entendimento de sua dinâmica populacional e distribuição geográfica.

Os processos reprodutivos e de crescimento são geneticamente delimitados para cada espécie, podendo também serem influenciados por fatores ambientais (Newell *et al.*, 1982; Peredo *et al.*, 1987; de Bravo, 2003; Arellano-Martinez *et al.*, 2004; Resgalla *et al.*, 2007). Albentosa *et al.* (2007) ressaltam que os bivalves estão sujeitos a um ciclo anual de acumulação e gastos de reservas energéticas associados com a gametogênese, enquanto Gabbott (1976) destaca a influência de parâmetros ambientais sobre esses ciclos. Entre tais parâmetros, temperatura, fotoperíodo, salinidade, teor de oxigênio, disponibilidade de alimento e circulação da água, exercem um importante papel no desenvolvimento e na reprodução de indivíduos adultos, como também na dispersão, desenvolvimento e recrutamento de larvas (Cano *et al.*, 1997; Pereira-Barros, 1972; Baqueiro e Aranda, 2000). Baqueiro e Aranda (2000) salientam que os padrões de desova de uma espécie podem estar relacionados com as condições microambientais de seu habitat. Dessa forma, uma mesma espécie pode apresentar comportamentos reprodutivos diferentes de acordo com as condições do local onde vive.

Embora existam diversos estudos sobre biologia populacional e reprodutiva de bivalves, estes ainda incluem observações restritas e fragmentadas. Trabalhos que

permitam aprofundar o conhecimento da biologia de espécies, principalmente as de importância comercial e/ou ecológica, são fundamentais para a compreensão do papel dessas no sistema. Além disso, estudos com essa abrangência em regiões intensamente povoadas podem gerar subsídios para o entendimento de possíveis alterações nas variáveis populacionais da macrofauna, como densidade, estrutura de tamanho, taxa de crescimento e de mortalidade, decorrentes da ação antrópica (Brazeiro e Defeo, 1999; Petracco, 2008). Nesse sentido, o presente trabalho teve por finalidade descrever e discutir em seus três capítulos os resultados obtidos sobre os padrões ambientais de duas áreas localizadas no Litoral Norte do Estado de São Paulo (praia da Cidade, Caraguatatuba e baía do Araçá, São Sebastião), bem como os parâmetros reprodutivos e populacionais da espécie *Anomalocardia brasiliiana* (Bivalvia, Veneridae) em cada uma das áreas de estudo.

No primeiro capítulo é apresentada a metodologia de coleta dos dados e uma caracterização das duas áreas de estudo. Estas foram avaliadas quanto aos parâmetros ambientais: salinidade da água intersticial, temperatura do sedimento, granulometria, teores de calcário e matéria orgânica e perfil praiial. É também apresentada a macrofauna bentônica, de maior porte, encontrada no setor de estudo da baía do Araçá.

No capítulo 2 é abordada a biologia reprodutiva de *A. brasiliiana*, incluindo análises qualitativas e quantitativas da maturação gametogênica por meio de observações histológicas do tecido gonadal. A razão sexual encontrada para as duas áreas de coleta e a ocorrência de parasitismo também são discutidas.

No capítulo 3 são avaliados os padrões de crescimento, estrutura populacional, recrutamento e produção secundária de *A. brasiliiana*. São também apresentadas análises de densidade e mortalidade, adicionadas às comparações entre as áreas estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albentosa, M., Fernández-Reiriz M.J., Labarta U. e Pérez-Camacho A. (2007) Response of two species of clams, *Ruditapes decussatus* and *Venerupis pullastra*, to starvation: Physiological and biochemical parameters. **Comp Bioch Physiol**, Part B 146 241–249.
- Araújo, M. L. R. (2004). **Ciclo reprodutivo e distribuição espacial de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia: Veneriidae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, CE.
- Arellano-Martinez, M., Racotta, I.S., Ceballos-Vásquez, B.P. e Elourdy-Garay, J.F. (2004) Biochemical composition, reproductive activity and food availability of the lion's scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México. **J Shell Res**, 23: 15-23.
- Baqueiro, E.C. e Aranda, D.A. (2000) A review of reproductive patterns of bivalve mollusks from Mexico. **Bull Mar Sci**, 66: 13-27.
- Boffi, A. V. (1979) Moluscos brasileiros de Interesse Médico e Econômico. São Paulo: **HUCITEC**, 182p.
- Bonadonna, L., Volterra, L., Aulicino, F.A. e Mancini, L. (1990) Accumulation power of some bivalve mollusks. **Mar Poll Bull**, 21: 81-84.
- de Bravo MIS (2003) Influence of salinity on the physiological conditions in mussels, *Perna perna* and *Perna viridis* (Bivalvia : Mytilidae). **Rev Biol Trop**, 51: 153-158.
- Brazeiro, A. e Defeo, O. (1999) Effects of harvesting and density dependence on the demography of sandy beach populations: the yellow clam *Mesodesma mactroides* of Uruguay. **Mar Ecol Progr Ser**, 182: 127-135.
- Cano, J., Rosique, M.J. e Rocamora, J. (1997) Influence of environmental parameters on reproduction of the European flat oyster (*Ostrea edulis* L.) in a coastal lagoon (Mar Menor, southeastern Spain). **J Moll Stud**, 63: 187-196.
- Carvalho, G.P., Cavalcante, P.R.S., Castro, A.C.L. e Rojas, M.O.A.I. (2000) Preliminary assessment of heavy metal levels in *Mytella falcate* (Bivalvia, Mytilidae) from Bacanga River estuary, São Luís, State of Maranhão, Northeastern Brazil. **Rev Bras Biol**, 60: 11-16.
- Chatzinikolaou, E. e Richardson, C.A. (2008) Population dynamics and growth of *Nassarius reticulatus* (Gastropoda: Nassariidae) in Rhosneigr (Anglesey, UK). **Mar Biol**, 153: 605-619.
- Gabbott, P.A., (1976). Energy metabolism. In: Bayne, B.L. (Ed.), **Marine Mussels: their Ecology and Physiology**. Cambridge University Press, 293–357 pp.
- Gonçalves, E.M. e Lana, P.C. (1991) Padrões de distribuição de Bivalvia e Gastropoda na plataforma continental da costa sudeste do Brasil (24° S – 27° S). **Nerítica**, 1-2:73-92.
- Hooker, S.H. e Creese, R.G. (1995) The reproductive biology of pipi, *Paphies australis* (Gmelin, 1790) (Bivalvia: Mesodesmatidae). I. Temporal pattern of the reproductive cycle. **J Shell Res**, 14: 7-15.
- Kneip, L. M. (1987). Sambaquis na Pré-História do Brasil. **Ciência Hoje**, 6 (33):, 50-54.
- Levinton, J.S. (1991) Variable feeding behaviour in three species of *Macoma* (Bivalvia: Tellinacea) as a response to water flow and sediment transport. **Mar Biol**, 110: 375-383.
- Lovatelli, A. (2002) Bivalves trade – focus on Europe. **INFOFISH Int**, 5: 16-22.
- Lunetta JE (1969) Fisiologia da reprodução dos mexilhões (*Mytilus perna* – Mollusca Lammelibranchia). **Bolm Zool. USP**, 1:33-111
- Newell R.I.E., Hilbish T.J., Koehn R.K. e Newell C.J. (1982) Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. **Biol Bull**, 162:299-310
- Ólafsson, E., Elmgren, R. e Papakosta, O. (1993) Effects of the deposit-feeding benthic bivalve *Macoma balthica* on meiobenthos. **Oecologia**, 93: 457-462.
- Pedrosa, L.F.C. e Cozzolino, S.M.F. (2001) Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN. **Ciênc Tecnol Aliment**, 21:154-157.

- Peredo S., Parada E. e Valdebenito I. (1987) Gametogenesis and reproductive cycle of the surf clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Bivalvia:Mesodesmatidae) at Queule beach, southern Chile. **The Veliger**, 30(1):55-68
- Pereira-Barros, J.B. (1972) **Fisioecologia do sururu do nordeste do Brasil – *Mytella falcata* (D’Orbigny, 1846) – da Lagoa Mundaú, Maceió, Alagoas: resistência e crescimento sob variações de salinidade no ambiente natural.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Petracco, M. (2008) **Produção secundária da macrofauna bentônica da zona entremarés no segmento norte da praia do Una, litoral sul do estado de São Paulo.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, SP.
- Pridmore, R.D., Thrush, S.F., Wilcock, R.J., Smith, T.J., Hewitt, J.E. e Cummings, V.J. (1991) Effect of the organochlorine pesticide technical chlordane on the population structure of suspension and deposit feeding bivalves. **Mar Ecol Progr Ser**, 76: 261-271.
- Ramirez-Llodra, E. (2002) Fecundity and life-history strategies in marine invertebrates. **Adv Mar Biol**, 43: 88-169.
- Resgalla, C., Brasil, E.S., Laitano, K.S. e Reis, R.W. (2007) Physioecology of the mussel *Perna perna* (Mytilidae) in Southern Brazil. **Aquaculture**, 270 (1-4): 464-474
- Sardá, R.; Pinedo, S. e Dueso, A. (2000) Estimating secondary production in natural populations of polychaetes: some general constraints. **Bull Mar Sci**, 67(1): 433-447.
- Silva, C.A.R., Smith, B.D. e Rainbow, P.S. (2006) Comparative biomonitors of coastal trace metal contamination in tropical South América (N. Brazil). **Mar Environ Res**, 61: 439-455.
- Souza (2007) **Caracterização da pescaria do berbigão *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca:Bivalvia) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Florianópolis/SC): Subsídios para o manejo.** Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Itajaí, SC.
- Torres, M.A., Testa, C.P., Gáspari, C., Masutti, M.B., Panitz, C.M.N., Curi-Pedrosa, R., Almeida, E.A., di Mascio, P. e Filho, D.W. (2002) Oxidative stress in the mussel *Mytella guyanensis* from polluted mangroves on Santa Catarina Island, Brazil. **Mar Poll Bull**, 44: 923-932.
- Traunspurger, W. e Drews, C. (1996) Toxicity analysis of freshwater and marine sediments with meio and macrobenthic organisms: a review. **Hydrobiologia**, 328: 215-261.
- Urban, H-J. (1994) Adaptations of six infaunal bivalve species of Chile: coexistence resulting from differences in morphology, burrowing depth and substrate preference. **Arch Fish Mar Res**, 42: 183-193.
- Whitlatch, R., Hines, A.H., Thrush, S.F., Hewitt, J.E. e Cummings, V. (1997) Benthic faunal responses to variations in patch density and patch size of a suspension-feeding bivalve. **J Exp Mar Biol Ecol**, 216: 171-189.

CARACTERIZAÇÃO DAS
ÁREAS DE ESTUDO

RESUMO

Com o objetivo de caracterizar as áreas onde foi estudado o bivalve *Anomalocardia brasiliana* na praia da Cidade, Caraguatatuba, SP, e na baía do Araçá, São Sebastião, SP, foram analisados os seguintes parâmetros ambientais: perfil praiial, salinidade da água intersticial, temperatura do sedimento, granulometria e teor de calcário e de matéria orgânica. A macrofauna da área de estudo do Araçá também foi analisada. Mensalmente, de março de 2007 a fevereiro de 2008 na Cidade, e de abril de 2008 a março de 2009 no Araçá, foram obtidas as amostras de sedimento e da água intersticial em diferentes níveis (superior, médio e inferior) de um setor de 900 m² na zona entremarés de cada área. Na Cidade, o sedimento foi constituído predominantemente por areia grossa e muito grossa pobremente selecionada, enquanto o Araçá foi caracterizado especialmente por areia fina e muito fina, moderadamente selecionada. Maiores quantidades de silte e argila, calcário e matéria orgânica foram observados no Araçá. A temperatura do sedimento oscilou entre 21,5 e 29,3 °C na Cidade e 23,7 e 28,5 °C no Araçá. A salinidade média da água intersticial na praia da Cidade variou entre 23,67 ± 4,72 (outubro de 2007) e 36,5 ± 3,79 (março de 2007), enquanto na baía do Araçá, a variação foi de 31,67 ± 0,58 (agosto de 2008) a 34,3 ± 0,54 (fevereiro de 2009). A baía do Araçá também foi analisada quanto à riqueza da macrofauna (selecionada em malha de 1 mm) ao longo do período estudado, sendo registrados 4.382 indivíduos pertencentes a 22 famílias e 26 espécies distribuídos entre moluscos, poliquetas e crustáceos. Os moluscos constituíram o grupo de maior riqueza de táxons, com um total de 14 espécies distribuídas em dez famílias. Os poliquetas foram representados por oito famílias e nove espécies. Quanto aos crustáceos, foram observadas quatro espécies.

ABSTRACT

Aiming to characterize the areas where the clam *Anomalocardia brasiliiana* was studied at Cidade beach, Caraguatatuba, SP, and Araçá bay, São Sebastião, SP, were analysed the following environmental parameters: beach slope data, interstitial water salinity, sediment temperature, granulometry, clay and silt and organic matter contents. The macrofauna of the study area at Araçá bay was also analysed. Monthly, from March 2007 to February 2008 at Cidade, and from April 2008 to March 2009 at Araçá, samples of sediment and interstitial water were taken at each level (high, middle and low) of a 900 m² sector in the intertidal zone at each site. At Cidade beach, the sediment is poorly selected with a high mean grain size. The sediment of Araçá consists of fine or very fine sand, with high contents of silt and clay. Sediment temperature varied in both areas, (Cidade: 21,5°C between July and November 2007, and 29,3°C between December 2007 and February 2008; Araçá: 23,7°C from July to December 2008, and 28,5°C in February and March 2009). The interstitial water salinity ranged from 23.67 ± 4.72 (October 2007) to 36.5 ± 3.79 (March 2007), at Cidade; and from 31.67 ± 0.58 (August 2008) to 34.3 ± 0.54 (February 2009) at Araçá. The macrofauna of the Araçá bay was also analysed. The samples were washed with seawater through 1.0 mm mesh sieve. A total of 4.382 individuals of 22 families and 26 species, among polychaetes, mollusks and crustaceans, were collected. The mollusks were the most abundant taxon, with 14 species and 10 families. Polychaetes were represented by nine species within eight families. Four species of crustaceans were observed.

1.1 - INTRODUÇÃO

Praias são áreas ativamente moldadas pela ação das ondas, estendendo-se costa afora até a base orbital destas (Short e Wright, 1983). Nesse ambiente, a região entremarés é delimitada pela variação do nível do mar (Nybakken, 1997) e pode ser influenciada por diversos fatores ambientais, como aportes de água doce, luminosidade, salinidade, variações climáticas, teor de oxigênio, oscilações das taxas de dessecação, disponibilidade de nutrientes, granulometria e grau de inclinação da praia (Ansell *et al.*, 1972; Dexter, 1979; Jaramillo e Gonzalez, 1991; Defeo *et al.*, 1992; McLachlan *et al.*, 1993; Amaral *et al.*, 2003). Devido à forte influência exercida nessa região, tais fatores são os principais responsáveis pela distribuição e estruturação dos organismos, definindo seu estabelecimento. Dessa forma, os fatores físicos e químicos, na maioria das vezes, são predominantes sobre os biológicos como competição e predação (Dexter, 1983; Pomory *et al.*, 1985; Brown e McLachlan, 1990; McArdle e McLachlan, 1992; Jaramillo e McLachlan, 1993; Omena e Amaral, 1997).

A macrofauna da região entremarés de praias arenosas apresenta-se composta em sua maior parte por moluscos, poliquetas e crustáceos (Amaral *et al.*, 2003). Entre estes, os moluscos são encontrados em todos os tipos de substratos (arenosos, lamosos, rochosos e biológicos), porém, a distribuição de cada espécie é determinada de acordo com o hábito de vida (epifaunal ou endofaunal) e às tolerâncias às condições ambientais (Estrada, 2004). Em geral, são mais abundantes em praias abrigadas, com moderado hidrodinamismo, assim como os poliquetas, enquanto os crustáceos são mais abundantes em praias expostas à ação das ondas (Dexter, 1983; McLachlan, 1983; Arruda e Amaral, 2006).

Para os bivalves, Cano *et al.* (1997), verificaram que fatores como temperatura, salinidade, fotoperíodo, disponibilidade de alimento e circulação da água exercem importante papel no crescimento e na reprodução, e na dispersão, desenvolvimento e recrutamento de larvas. Entre os fatores, o volume de alimento disponível é o responsável pelas diferenças na quantidade de energia utilizada para crescimento e reprodução, já que as estratégias de alocação de energia exercem repercussões importantes na formação e liberação dos gametas, assim como no crescimento da concha e na produção de tecido mole (Bayne *et al.*, 1983; Cano *et al.*, 1997; Babarro *et al.*, 2003; Wong e Cheung, 2003; Arellano-Martinez *et al.*, 2004; Morsan e Kroeck, 2005).

Neste contexto, o propósito deste capítulo foi caracterizar os setores de estudo localizados na praia da Cidade (Caraguatatuba, SP) e na baía do Araçá (São Sebastião, SP) com relação às variáveis ambientais e riqueza da macrofauna ao longo do período estudado. Tal caracterização tem como sentido auxiliar na compreensão da biologia reprodutiva e dinâmica populacional de *Anomalocardia brasiliiana* nas áreas estudadas.

1.2 – ÁREAS DE ESTUDO, METODOLOGIA DE COLETA E DE ANÁLISES

As coletas foram realizadas no Litoral Norte do Estado de São Paulo, na praia da Cidade (23°37'S, 45°23'W), localizada na parte norte da enseada de Caraguatatuba, e na baía do Araçá (23° 49'S, 45° 24'W), situada no lado continental do canal de São Sebastião (Fig 1.1).

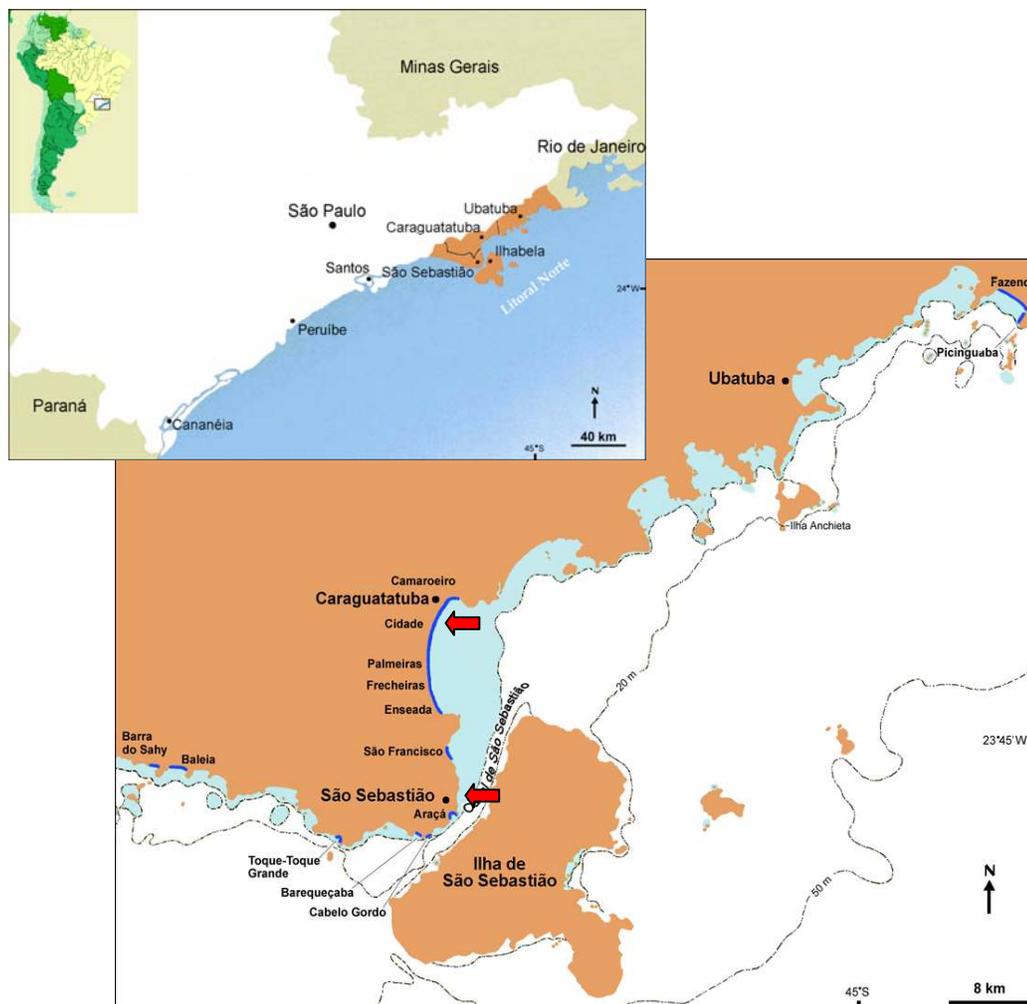


Fig. 1.1- Localização do Litoral Norte do Estado de São Paulo, praia da Cidade (Caraguatatuba) e baía do Araçá (São Sebastião) (mapas adaptados de Lamparelli, 1998).

A enseada de Caraguatatuba possui uma extensão de aproximadamente 16 Km (Fig. 1.1), sendo circundada por ilhas e projeções rochosas da Serra do Mar, o que lhe confere um caráter de abrigo a semi-abrigo da incidência direta de ondas, com a predominância de um sistema de micro-marés (<2m) (Souza, 1990). A praia da Cidade (Fig 1.2A) ocupa toda a orla do centro da cidade de Caraguatatuba até o rio Santo Antônio, que a separa da praia do Indaiá.

O canal de São Sebastião possui cerca de 25 Km de extensão (Fig. 1.1) e duas entradas (norte e sul). É margeado a leste pela ilha de São Sebastião e a oeste pelo

continente. Segundo Furtado *et al.* (1987), em ambas as margens do canal a planície costeira é bastante estreita e termina junto ao mar por um cordão de praias arenosas intercaladas por costões rochosos. A área é caracterizada por um regime de micro-marés (Furtado e Mahiques, 1980), predominantemente semidiurnas (Kvinge, 1967), com nível médio de 0,66 m. Na parte central do canal encontra-se a baía do Araçá (Fig. 1.1), uma pequena planície arenosa constituída por quatro pequenas praias (Deodato, Pernambuco, Germano e Topo), duas ilhas rochosas (Pernambuco e Pedroso), três núcleos de bosques de manguezal, e uma extensa planície de fundo mole, descoberta inteiramente em períodos de maré baixa de sizígia (Amaral *et al.*, 2010). A localização, o aspecto de pequena enseada limitada por flancos rochosos e a presença da ilha de São Sebastião impedem que a região seja submetida, de maneira considerável, aos fatores hidrodinâmicos procedentes de fora do canal. A fisionomia resultante é uma baía de declive suave, com amplitude da zona entremarés de 50-300m (Fig. 1.2B). Ao norte encontra-se o porto de São Sebastião e o Terminal Petrolífero Almirante Barroso, e ao sul a ponta do Araçá.

As coletas foram realizadas, de março de 2007 a fevereiro de 2008 na praia da Cidade e de abril de 2008 a março de 2009 na baía do Araçá em dias de marés baixas de sizígia de acordo com a Tábua de Marés, previsão para o porto de São Sebastião, editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN/2007; DHN/2008; DHN/2009).



Fig. 1.2- Região entremarés da praia da Cidade, enseada de Caraguatatuba (A) e baía do Araçá, São Sebastião (B). As setas indicam os locais de coletas. Fotos de A. Cecília Z. Amaral.

Para a amostragem de *Anomalocardia brasiliiana* foi delimitado um setor quadrado de 900 m² na zona entremarés de cada área de estudo, o qual foi dividido em três níveis retangulares de 300 m² a partir do traçado de duas linhas paralelas à linha d'água. Esses níveis foram denominados superior (S), médio (M) e inferior (I), sendo este último o mais próximo ao limite da maré baixa. Mensalmente, três amostras de cada nível foram coletadas utilizando-se um quadrado de 0,25 m², de modo que fosse mantida a maior distância entre as amostras. Dessa maneira, foram posicionados um quadrado em cada extremidade e outro na região central de cada um dos três níveis, sempre o mais próximo possível ao perímetro do setor de 900 m² (exceção ao quadrado central do nível médio) (Fig. 1.3). Utilizando-se uma pá de pequeno porte, todo o sedimento delimitado pelo quadrado até uma profundidade de 10 cm foi removido e pré-lavado no campo, utilizando-se um saco com tela de nylon de 1,0 mm de diâmetro. O sedimento remanescente foi triado em peneiras de malha de 1,0 e 0,3 mm de diâmetro no laboratório costeiro do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (CEBIMar/USP). Todos os indivíduos de *A. brasiliiana* foram coletados. Na baía do Araçá, para uma estimativa da riqueza de espécies nos pontos de coleta de *A. brasiliiana*, toda a macrofauna que ficou retida no sedimento foi triada e identificada. Aleatoriamente, três amostras de sedimento foram coletadas próximo a três pontos de amostragens dos indivíduos de *A. brasiliiana* (uma em cada local). De cada amostra, foi separada uma parte para análise granulométrica e outra para o teor de calcário e matéria orgânica, totalizando três amostras mensais para cada parâmetro (Fig. 1.3).

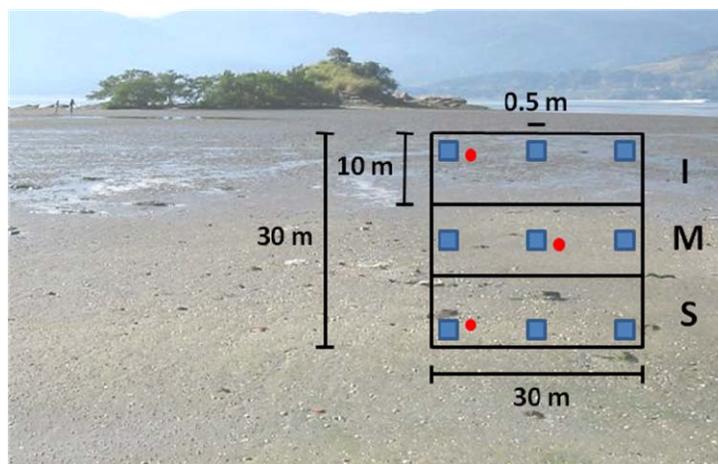


Fig. 1.3 – Esquema da amostragem dos indivíduos de *Anomalocardia brasiliiana* e macrofauna acompanhante, e dos parâmetros abióticos, realizadas mensalmente. Quadrados sólidos: 0,25m² de área e 10 cm de profundidade. Círculos: locais de coleta dos parâmetros abióticos. Níveis: inferior (I), médio (M) e superior (S).

As amostras destinadas à avaliação de calcário e matéria orgânica foram rapidamente condicionadas em baixas temperaturas (freezer) a fim de conservar suas características. Nos locais de coleta, foi também medida a salinidade da água intersticial com o auxílio de um refratômetro portátil (Goldberg T/C – Modelo 10419). A avaliação da temperatura do sedimento foi feita utilizando-se um termômetro comum de laboratório. Mensalmente, a declividade da face praial foi determinada pela técnica de perfil segundo Emery (1961), em um transecto fixo, desde o supralitoral até próximo à linha d'água.

A análise granulométrica foi realizada seguindo a metodologia de peneiramento seco para a fração arenosa, conforme Suguio (1973). Os dados granulométricos foram calculados pelo programa desenvolvido no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), e os parâmetros estatísticos com base no método de Folk e Ward (1957). Os teores de calcário e de matéria orgânica foram avaliados conforme técnica proposta por Amoureux (1966). Devido à ocorrência de

problemas no acondicionamento de algumas amostras, os valores dos parâmetros abióticos das mesmas não constam dos registros.

1.3 – CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

1.3.1- Praia da Cidade e baía do Araçá: variáveis abióticas

Os resultados obtidos quanto aos parâmetros ambientais das duas áreas estudadas as caracterizam como distintas entre si. A praia da Cidade, menos abrigada e que sofre uma maior influência do hidrodinamismo, apresenta um platô na região superior com cerca de 30 m (15 m suprimido na figura) e em seguida um acentuado declive contínuo (Fig. 1.4). Quanto ao Araçá, a região entremarés apresentou-se praticamente plana durante todo o período de coleta dos dados, caracterizando uma extensa planície de maré.

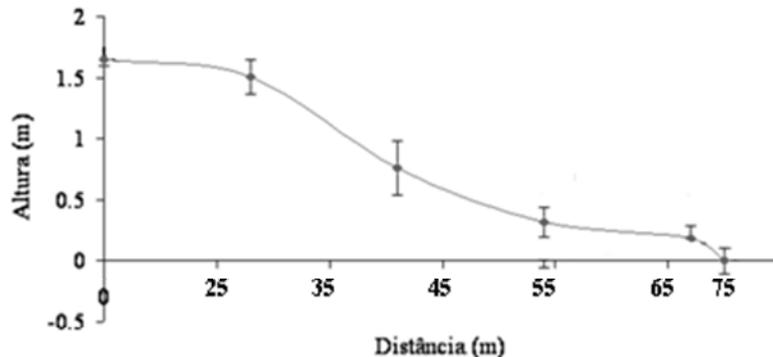


Fig. 1.4 – Variação média do perfil da região entremarés da praia da Cidade, entre março de 2007 a fevereiro de 2008 (15m iniciais (platô) suprimidos na figura).

Na praia da Cidade, o sedimento é composto predominantemente por areia grossa e muito grossa pobremente selecionada (Fig. 1.5A), e no Araçá é formado por areia fina e muito fina, moderadamente selecionada, com maiores quantidades de silte e argila (Fig. 1.5B).

O teor médio mensal de silte e argila na Cidade ficou entre $0,06 \pm 0,09\%$ (setembro de 2007) e $1,91 \pm 0,15\%$ (junho de 2007), e de calcário entre $1,68 \pm 0,42\%$

(outubro de 2007) e $3,91 \pm 2,0\%$ (agosto de 2007) (Fig. 1.6). No Araçá, o teor médio mensal de silte e argila variou entre $2,58 \pm 2,32\%$ (setembro de 2008) e $5,44 \pm 1,44\%$ (outubro de 2008), e de calcário de $2,11 \pm 0,54\%$ (agosto de 2008) a $5,34 \pm 2,27\%$ (dezembro de 2008). O teor médio mensal de matéria orgânica do sedimento na Cidade variou de $0,28 \pm 0,05\%$ (outubro de 2007) a $2,03 \pm 1,88\%$ (agosto de 2007). No Araçá, o teor médio de matéria orgânica variou entre $1,21 \pm 0,36\%$ (setembro de 2008) e $2,16 \pm 0,41\%$ (fevereiro de 2009) (Fig. 1.6).

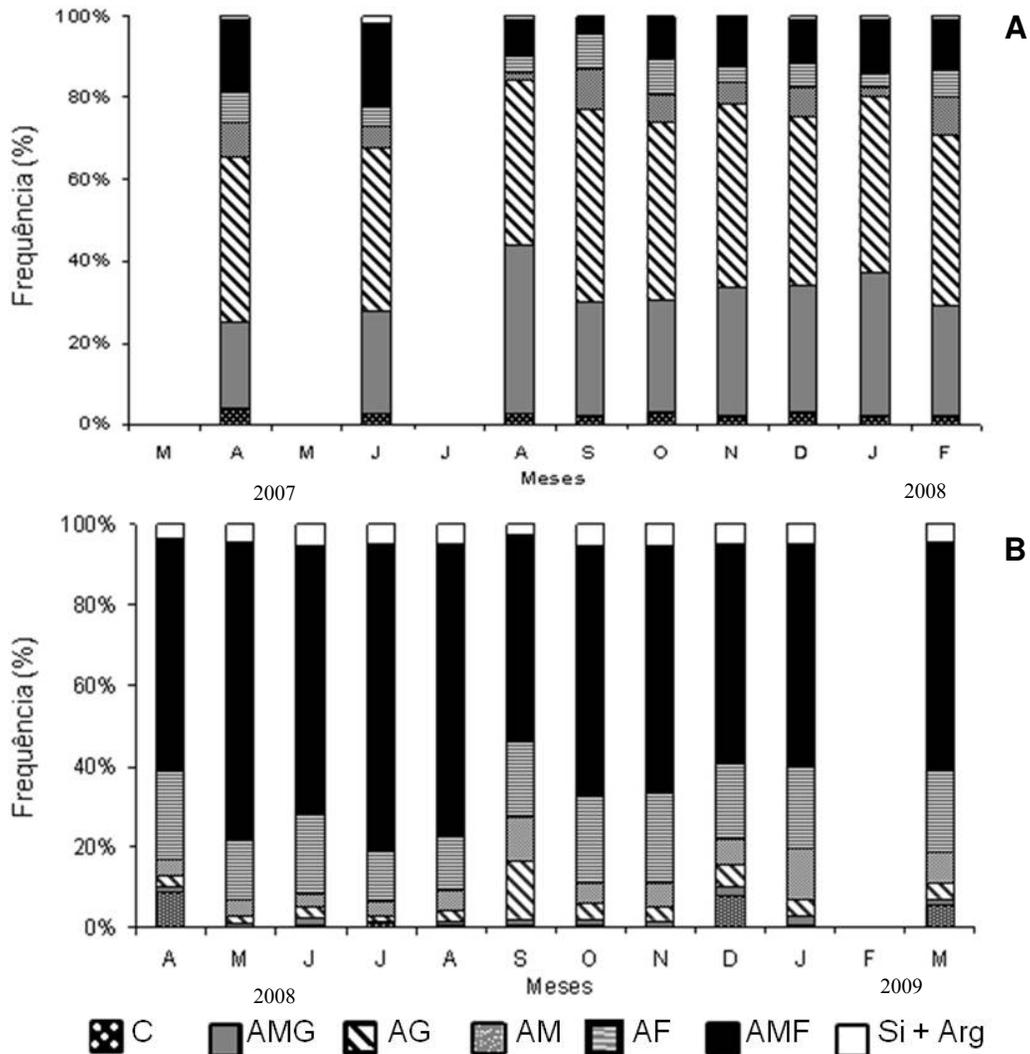


Fig 1.5. Composição do sedimento da praia da Cidade (A) e da baía do Araçá (B). Cascalho (C), areia muito grossa (AMG), areia grossa (AG), areia média (M), areia fina (AF), areia muito fina (AMF), silte e argila (Si +Arg)

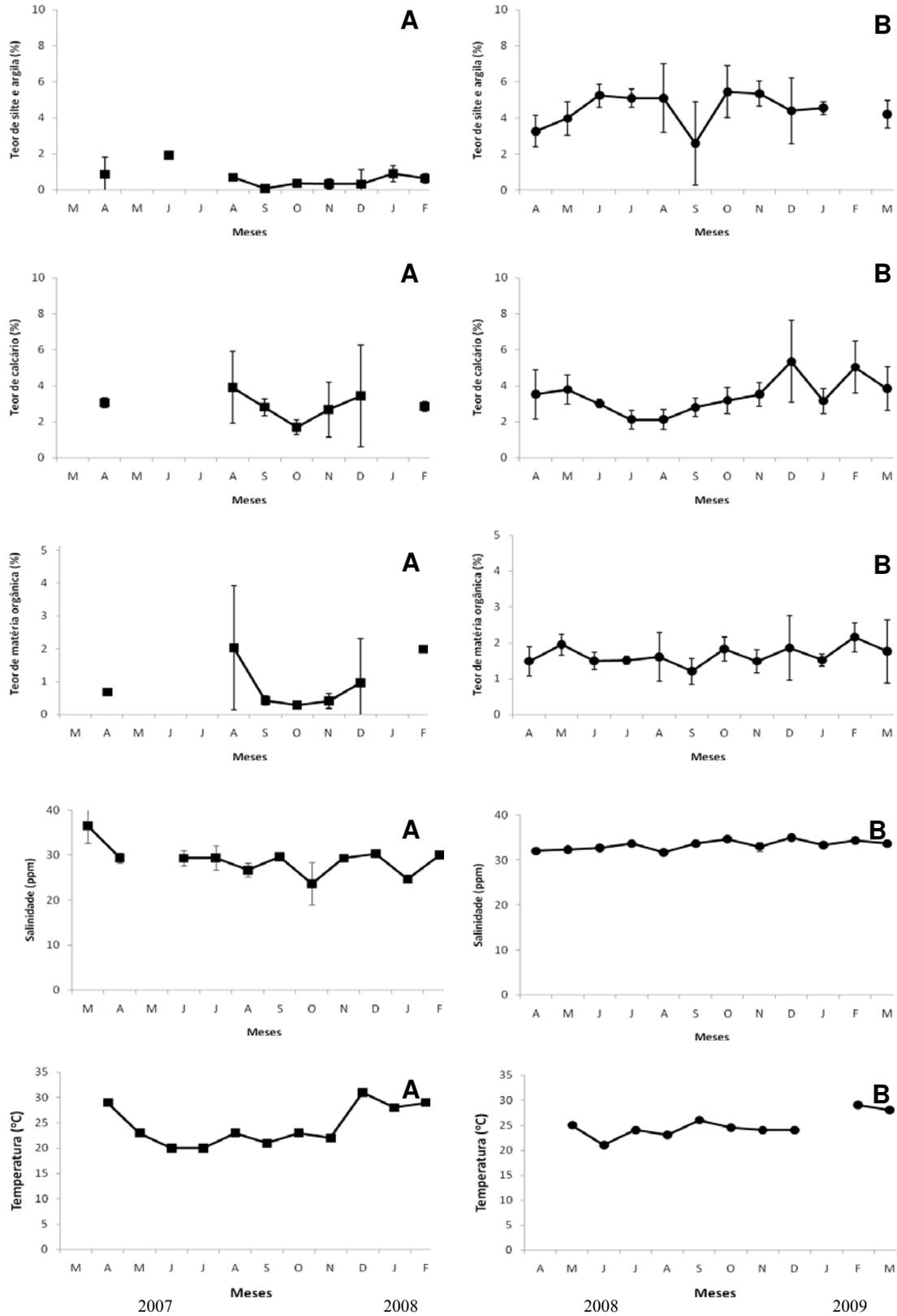


Fig. 1.6. Variação temporal dos parâmetros ambientais avaliados na Cidade (A) e no Araçá (B). Barras verticais correspondem ao desvio padrão da média.

A salinidade média da água intersticial na praia da Cidade variou mensalmente entre $23,67 \pm 4,72$ (outubro de 2007) e $36,5 \pm 3,79$ (março de 2007), enquanto na baía do Araçá a variação foi de $31,67 \pm 0,58$ (agosto de 2008) a $34,3 \pm 0,54$ (fevereiro de 2009) ao longo do período de estudo (Fig. 1.6).

A temperatura do sedimento oscilou sazonalmente nas duas áreas de estudo. Na Cidade, as temperaturas mais baixas foram observadas entre os meses de junho e novembro de 2007, com temperatura média de $21,5^{\circ}\text{C}$, e as mais altas entre dezembro de 2007 e fevereiro de 2008, com média de $29,3^{\circ}\text{C}$. No Araçá, as menores temperaturas foram registradas entre junho e dezembro de 2008, com média de $23,7^{\circ}\text{C}$, enquanto as maiores em fevereiro e março de 2009 com média de $28,5^{\circ}\text{C}$ (Fig. 1.6).

1.3.2 - Baía do Araçá: macrofauna acompanhante

De abril de 2008 a março de 2009 foram obtidas, no setor de estudos, 108 amostras, nas quais foram registrados 4.382 indivíduos pertencentes a 22 famílias e 26 espécies distribuídos entre moluscos, poliquetas e crustáceos (Tabela 1.1). Salienta-se que esta fauna foi coletada com a mesma metodologia de amostragem utilizada para *A. brasiliana*, com malha de 1mm para triagem. Os moluscos constituíram o grupo de maior riqueza de táxons, representados por um total de 14 espécies distribuídas em dez famílias. O bivalve *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) e os gastrópodes *Cerithium atratum* (Born, 1778) e *Olivella minuta* (Link, 1807) foram as espécies mais abundantes. Os poliquetas foram representados por oito famílias e nove espécies. *Glycinde multidentis* (Müller, 1858) e *Scoloplos (Leodamas) sp.* (Blainville, 1828) foram as mais abundantes dentre as espécies encontradas, seguidas pelo capitélideo *Heteromastus sp.* (Eisig, 1887). Os crustáceos foram

representados por quatro espécies, e *Kalliapseudes schubarti* (Mané-Garzón, 1949) foi a mais abundante.

Tabela 1.1. Relação dos táxons e seus respectivos números de indivíduos registrados para o setor de estudo da baía do Araçá, São Sebastião (SP).

Classe	Família	Espécie	Número de indivíduos
Polychaeta	Goniadidae	<i>Glycinde multidentis</i> Müller, 1858	420
Polychaeta	Orbiniidae	<i>Scoloplos (Leodamas)</i> sp. Ehlers, 1901	171
Polychaeta	Capitellidae	<i>Heromastus</i> sp. Claparède, 1864	143
Polychaeta	Capitellidae	<i>Capitella</i> sp. Fabricius, 1870	5
Polychaeta	Ampharetidae	<i>Isolda pulchella</i> Müller, 1858	61
Polychaeta	Ophellidae	<i>Armandia agilis</i> Andrews, 1891	51
Polychaeta	Eunicidae	<i>Marphysa sebastiana</i> Steiner e Amaral, 2000	26
Polychaeta	Trichobranchiidae	<i>Terebellides anguicomus</i> Müller, 1858	7
Polychaeta	Onuphidae	<i>Diopatra aciculata</i> Knox e Cameron 1971	3
Bivalvia	Veneridae	<i>Anomalocardia brasiliiana</i> Gmelin, 1791	1418
Bivalvia	Veneridae	<i>Protothaca pectorina</i> Lamarck, 1818	2
Bivalvia	Veneridae	<i>Chione cancellata</i> Linnaeus, 1767	6
Bivalvia	Tellinidae	<i>Tellina (Eurytellina) lineata</i> Turton, 1819	14
Bivalvia	Tellinidae	<i>Tellina (Angulus) exerythra</i> Boss, 1964	5
Bivalvia	Tellinidae	<i>Macoma constricta</i> Bruguière, 1792	1
Bivalvia	Solecurtidae	<i>Tagelus (Mesopleura) divisus</i> Spengler, 1794	1
Bivalvia	Semelidae	<i>Abra aequalis</i> Say, 1822	18
Bivalvia	Mactridae	<i>Mactrellona alata</i> Spengler, 1802	1
Bivalvia	Corbulidae	<i>Corbula caribaea</i> Orbigny, 1842	1
Gastropoda	Cerithiidae	<i>Cerithium atratum</i> Born, 1778	102
Gastropoda	Nassariidae	<i>Nassarius vibex</i> Say, 1822	20
Gastropoda	Olividae	<i>Olivella minuta</i> Link, 1807	275
Gastropoda	Neritidae	<i>Neritina virginia</i> Linnaeus, 1758	3
Crustacea	Kalliapseudidae	<i>Kalliapseudes schubarti</i> Mane-garzon, 1969	1513
Crustacea	Portunidae	<i>Callinectes danae</i> Smith, 1869	5
Crustacea	Panopeidae	<i>Panopeus occidentalis</i> Saussure, 1857	4
Crustacea	Paguridae		106
Total			4382

Por manter um dos últimos remanescentes de manguezal do litoral de São Sebastião e abrigar expressiva diversidade biológica, o Araçá tem sido objeto de estudos quanto à diversidade de sua fauna. Amaral *et al.* (1990), analisando a composição faunística da zona entremarés do Araçá, constataram que a região abrigava uma das faunas mais ricas, tanto em termos específicos quanto em termos numéricos, em

comparação com outras praias do Litoral Norte do Estado de São Paulo. Lopes (1993), ao avaliar a comunidade de poliquetas, encontrou no Araçá 68 espécies, representadas por 8.882 indivíduos. Belúcio (1995) observou um total de 11.228 indivíduos pertencentes a 40 espécies de moluscos, classe que também foi objeto de estudo de Arruda (2000). Os crustáceos, por sua vez, foram o foco dos estudos de Leite (1995) e Nucci (1998), que constataram uma grande abundância desse grupo.

Pesquisas sobre a macrofauna da região do Araçá destacam os poliquetas como os mais abundantes e diversificados da área (Amaral *et al.* 2010). No presente estudo, os moluscos apresentaram uma maior diversidade e abundância. No entanto, o processo de triagem utilizado (pré-lavagem com malha de 1mm) exerceu forte influencia nos resultados, uma vez que organismo de menor porte, como poliquetas e crustáceos, foram perdidos durante o processo de triagem realizado ainda em campo.

Ocorreram variações na riqueza e abundância dos táxons ao longo do período estudado (Figs. 1.7 e 1.8). Para todas as classes observadas houve um maior número de espécies e maior quantidade de indivíduos durante os primeiros seis meses analisados, compreendendo outono e inverno. Os poliquetas tiveram maior abundância em abril, maio e junho de 2008, enquanto que em dezembro de 2008 e janeiro de 2009 ocorreu um menor número de indivíduos. Com relação à riqueza, em abril de 2008 foram registradas sete espécies de poliquetas, já em janeiro de 2009 esse número caiu para quatro. Entre os moluscos, os bivalves apresentaram maior número em maio e junho e maior riqueza em maio e agosto. Uma menor abundância ocorreu entre os meses de novembro e janeiro de 2009 e um menor número de espécies foi constatado em abril, julho, novembro e dezembro de 2008 e março de 2009. Gastrópodes tiveram baixa abundância a partir de

setembro de 2008, e em dezembro nenhuma espécie dessa classe foi registrada. Os crustáceos, por sua vez, sofreram forte variação no número de indivíduos. Em junho, agosto, setembro e outubro de 2008, foi registrado um grande número de *K. schubarti*, enquanto que nos meses de abril, novembro e dezembro de 2008 e janeiro de 2009 não foi encontrado nenhum indivíduo dessa espécie, acarretando uma forte queda na abundância. Quatro espécies dessa classe foram observadas em agosto de 2008, enquanto que em novembro e dezembro do mesmo ano nenhuma espécie foi coletada.

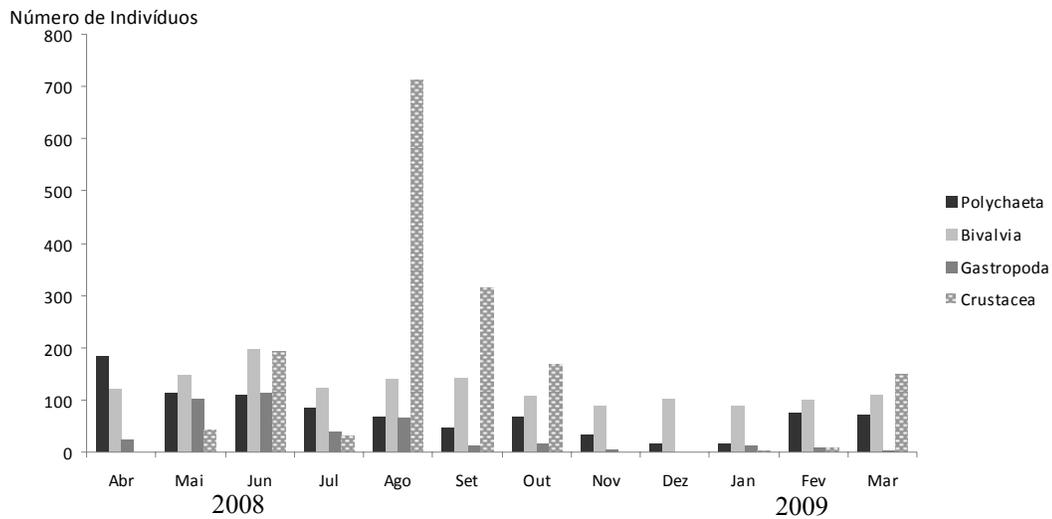


Figura 1.7 - Número de indivíduos de cada classe de organismos amostrados mensalmente na baía do Araçá, São Sebastião (SP).

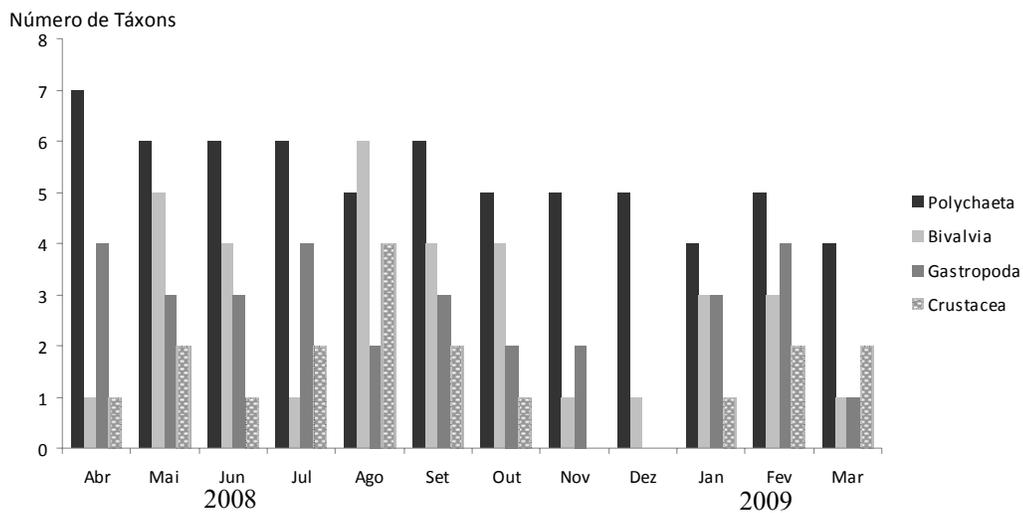


Figura 1.8. Número de espécies de cada classe amostrados mensalmente na baía do Araçá, São Sebastião (SP).

Uma menor diversidade de espécies foi observada durante a primavera e o verão de 2008/2009. Entre os estudos que avaliaram alterações em densidade e riqueza de espécies da macrofauna de praias arenosas do território brasileiro, Veloso e Cardoso (2001), em três praias expostas do Rio de Janeiro, não encontraram diferenças significativas entre as estações do ano. Silva *et al.* (2008) registraram variações sazonais na densidade e diversidade da macrofauna em duas áreas distintas da praia do Cassino (RS), sendo uma com tendências dissipativas e a outra com características intermediárias. Os autores observaram menores valores de densidade e diversidade no inverno, atribuindo tais mudanças tanto ao recrutamento de espécies dominantes como à ocorrência de distúrbios físicos, como um maior aporte de lama. Resultado semelhante foi registrado por Souza e Ginuca (1995), os quais encontraram uma maior abundância da macrofauna no verão em uma praia exposta no Paraná. Ainda nesse sentido, Rueda e Salas (2003) e Jones e Pinn (2006) destacam que, de maneira geral, os maiores valores de diversidade de espécies e abundância são esperados na primavera e verão.

De acordo com os resultados obtidos, as condições ambientais da baía do Araçá não sofreram variações significativas durante o período analisado. Tal consideração levanta a hipótese de que outro fator tenha exercido uma maior influência na sazonalidade observada. Durante o final do inverno de 2009, uma grande quantidade de alga *Ulva* sp. passou a dominar a área onde as coletas foram realizadas. Embora a presença de algas seja um componente natural da região entremarés, aumentos na abundância desses organismos tem sido frequentes e são vistos como indicadores de ação antrópica, que resulta em uma maior entrada de matéria orgânica no ambiente (Jones e Pinn, 2006). Em geral, as espécies de algas oportunistas se beneficiam da entrada de

nutrientes, particularmente nitrato e fosfato (Pihl *et al.*, 1999). Pederse e Borum (1997) relatam que *Ulva* sp. pode assimilar nutrientes de 4 a 6 vezes mais rápido que outras espécies de crescimento lento, o que leva à um rápido aumento populacional da espécie.

A presença de *Ulva* sp. na região entremarés pode resultar em situações de hipoxia e mudanças nos ciclos biogeoquímicos (ver discussão do capítulo 2), ocasionando alterações nas cadeias alimentares e nos processos do ecossistema (Raffaelli *et al.*, 1998). Como resultados dessas mudanças bioquímicas podem ocorrer variações na comunidade de macrofauna (Reise, 1985), o que leva a uma redução na diversidade infaunal (Raffaelli *et al.*, 1991; Franz e Friedman, 2002). Essas alterações, por sua vez, exercem importantes efeitos nos próximos níveis tróficos da cadeia alimentar atrapalhando o fluxo de transferência do carbono (Raffaelli *et al.*, 1998; Deegan *et al.*, 2002).

Jones e Pinn (2006), estudando o impacto de macroalgas em comunidades bentônicas, relataram um aumento inicial na diversidade e abundância com o desenvolvimento das algas. Entretanto, essa elevação cessa rapidamente e a diversidade na comunidade passa a diminuir conforme aumenta a cobertura vegetal. Nesse sentido, é possível que as quedas em riqueza e abundância de táxons observadas na baía do Araçá durante a primavera e verão, períodos em que a diversidade tende a ser maior, seja resultado dos efeitos produzidos pelo grande aumento populacional de *Ulva* sp., o que torna o ambiente menos favorável para a comunidade bentônica local. Entretanto, nenhum experimento que comprove o efeito da presença da macroalga sobre a comunidade bentônica foi realizado na baía do Araçá. Ainda nesse sentido, não se encontra nenhum estudo sobre esse tema que tenha sido realizado no litoral brasileiro.

Esse fato destaca a necessidade de realização de experimentos de campo e/ou laboratórios com algumas espécies infaunais, sobretudo aquelas que são utilizadas como recurso pesqueiro.

1.4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, A.C.Z., Morgado, E.H., Lopes, P.P., Belúcio, L.F., Leite, F.P.P. e Ferreira, C.P. (1990) Composition and distribution of the intertidal macrofauna of sandy beaches on São Paulo coast. **Publ ACIESP**, 71(3):258-279.
- Amaral, A.C.Z., Denadai, M.R., Turra, A. e Rizzo, A.E. (2003) Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical tide-dominated sandy beaches. **J Coast Res**, 35: 446-455.
- Amaral, A. C. Z.; Migotto, A. E.; Turra A. e Schaeffer-Novelli, Y. (2010) Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças. **Biota Neotrop**, 10(1):219-264
- Amoureux, L. (1966) Étude bionomique et écologique de quelques annélides polyquetes des sables intertidaux de côtes ouest de la France. **Arch Zool Exp Gén**, 107: 1-128.
- Ansell, A.D., Sivadas, P., Narayanan, B., Sankaranarayanan, V.N. e Trevalion, A. (1972) The ecology of two sandy beaches in South West India. Seasonal changes in physical and chemical factors and in the macrofauna. **Mar Biol**, 17: 38-62.
- Arellano-Martinez, M., Racotta, I.S., Ceballos-Vásquez, B.P. e Elourdy-Garay, J.F. (2004) Biochemical composition, reproductive activity and food availability of the lion's scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México. **J Shell Res**, 23: 15-23.
- Arruda, E. P. (2000) **Moluscos da região entremarés de praias arenosas do litoral norte do Estado de São Paulo (SP). Fatores afetando a composição e distribuição específica; Grupos funcionais de alimentação.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 80p.
- Arruda, E.P. e Amaral, A.C.Z. (2006) Classe Bivalvia. pp. 38-39. *In*: Amaral, A.C.Z., Rizzo, A.E. e Arruda, E.P. (eds.) **Manual de Identificação dos Invertebrados Marinhos da Região Sudeste-Sul do Brasil.** Volume 1. Editora da Universidade de São Paulo.
- Babarro, J.M.F., Labarta, U. e Fernández-Reiriz, M.J. (2003) Growth patterns in biomass and size structure of *Mytilus galloprovincialis* cultivated in the Ría de Arousa (north-west Spain). **J Mar Biol Ass UK**, 83: 151-158.
- Bayne, B.L., Salkeld, P.N. e Worrall, C.M. (1983) Reproductive effort and value in different populations of marine mussel, *Mytilus edulis* L. **Oecologia**, 59: 18-26.
- Belúcio, L. F. (1995) **Comunidades Bênticas de moluscos da zona entremarés da região do Araçá, São Sebastião, SP.** Dissertação de Mestrado – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. p. 143.
- Brown, A.C. e McLachlan, A. (1990) **Ecology of Sandy Shores.** Elsevier Science, 328 pp.
- Cano, J., Rosique, M.J. e Rocamora, J. (1997) Influence of environmental parameters on reproduction of the European flat oyster (*Ostrea edulis* L.) in a coastal lagoon (Mar Menor, southeastern Spain). **J Moll Stud**, 63: 187-196.
- Deegan, L.A., Wright, A., Ayzavian, S.G., Finn, J.T., Golden, H., Merson, R.R. e Harrison, J. (2002) Nitrogen loading alters seagrass ecosystem structure and support of higher trophic levels. **Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst**, 12:193–212.
- Dexter, D.M. (1979) Community structure and seasonal variation in intertidal Panamian Sandy Beaches. **Est Coast Mar Sci**, 9: 543-558.

- Dexter, D.M. (1983) Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia. pp. 461-471. *In*: McLachlan, A. & Erasmus, T. (eds.) **Sandy Beaches as Ecosystems**. W. Junk Publishers, Hague.
- Emery, K.O. (1961) A simple method of measuring beach profiles. **Limnol Oceanogr**, 6: 695-710.
- Estrada, T.E.M.D. (2004) **Variação morfológica de conchas de *Anommalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) em praias de diferentes condições ambientais no sudoeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- Folk, R.L. e Ward, W.C. (1957) Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **J Sediment Petrol**, 27: 3-27.
- Franz, D.R. e Friedman, I. (2002) Effects of a macroalgal mat (*Ulva lactuca*) on estuarine sand flat copepods: an experimental study. **J Exp Mar Biol Ecol**, 271, 209–226
- Furtado, V.V. e Mahiques, M.M. (1980) Distribuição de sedimentos em regiões costeiras e plataforma continental norte do Estado de São Paulo. II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Estrutura, Função e Manejo. **Publ. ACIESP**, 1:20-29.
- Furtado, V.V., Bicego, M.C. e Webber, R.R. (1987) Modelo de dispersão de óleo na região do Canal de São Sebastião. Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese de Conhecimentos. **Publ. ACIESP**, 2: 371-388.
- Jaramillo, E. e McLachlan, A. (1993) Community and population responses of macroinfauna to physical factors over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. **Est Coast Shel Sci**, 37:615-624.
- Jones, M. e Pinn, E. (2006) The impact of a macroalgal mat on benthic biodiversity in Poole Harbour. **Marine Pollution Bulletin**, 53:63–71.
- Kvinge, T. (1967) On the special current water level variations in the channel of São Sebastião. **Bolm Int Oceanogr**, 16(1):23-38.
- Leite, F.P.P. (1995) Distribuição temporal e espacial de *Kalliapseudes schubarti* Mañe-Garzon, 1949 (Tanaidacea, Crustacea) da região do Araçá, São Sebastião, SP. **Brazi Arch Biol Technol**, 38(2):605-618.
- Lopes, P.P. (1993). **Estrutura da comunidade de poliquetos da zona entremarés da região do Araçá, São Sebastião (SP)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- McArdle, S.B. e McLachlan, A. (1992) Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. **J Coast Res**, 8:398-407.
- McLachlan, A. (1983) Sandy beach ecology: a review. pp. 321-380. *In*: McLACHLAN, A. e ERASMUS, T. (eds.) **Sandy Beaches as Ecosystems**. W. Junk Publishers, Hague.
- McLachlan, A., Jaramillo, E., Donn, E. e Wessels, F. (1993) Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. **J Coast Res**, 15:27-38.
- Morsan, E.M. e Kroeck, M.A. (2005) Reproductive cycle of purple clam, *Amiantis purpurata* (Bivalvia: Veneridae) in northern Patagônia (Argentina). **J Mar Biol Ass UK**, 85:367-373.
- Nybakken, J.W. (1997) **Marine Biology: an Ecological Approach**. 4^a ed. Addison-Wesley Publishers Inc., 481 pp.
- Omena, E.P. e Amaral, A.C.Z. (1997) Distribuição espacial de Polychaeta (Annelida) em diferentes ambientes entremarés de praias de São Sebastião (SP). **Oecol Bras**, 3:183-196.
- Pederse, M.F. e Borum, J., (1997). Nutrient control of estuarine macroalgae: growth strategy and the balance between nitrogen requirements and uptake. **Mar Ecol Prog Ser**, 161:155–163.
- Phil, L., Svenson, A., Moksnes, P.-O. e Wennhage, H., (1999) Distribution of green algal mats throughout shallow soft bottoms of the Swedish Skagerrak archipelago in relation to nutrient sources and wave exposure. **J Sea Res**, 41:281–294.

- Pomory, C.M., Robbins, B.D. e Lares, M.T. (1985) Sediment grain size preference by the sand dollar “*Mellita tenius*” Clark, 1940 (Echinodermata: Echinoidea): a laboratory study. **Bull Mar Sci**, 53:778-783.
- Raffaelli, D.G., Limina, J., Hull e S. e Pont, S., (1991) Interactions between invertebrates and macroalgal mats on estuarine mudflats. **J Mar Biol Ass UK**, 71: 899–908.
- Raffaelli, D.G., Raven, J.R. e Poole, L., (1998) Ecological impact of green macroalgal blooms. **Annu Rev Mar Biol Oceano**, 36:97–125.
- Reise, K., (1985) Tidal flat ecology: an experimental approach to species interactions. **Ecol Stud**, vol. 61. Springer-Verlag, Berlin.
- Rueda, J.L. e Salas, C., (2003) Seasonal variation of a molluscan assemblage living in a *Caulerpa* prolifera meadow within the inner Bay of Cadiz (SW Spain). **Est Coast Shelf Sci**, 57:909–918.
- Silva, P. S. R; Neves, L. P. e Bemvenuti, C. E. (2008) Temporal variation of Sandy beach macrofauna at two sites with distinct environmental conditions on Cassino Beach, Extreme Southern Brazil. **Braz J Oceanogr**, 4(56): 257-270.
- Souza, C.R.G. (1990) **Considerações dos processos sedimentários quaternários e atuais na região de Caraguatatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de São Paulo.
- Souza, J. R. B. e Gianuca, N. M. (1995) Zonation and seasonal variation of the intertidal macrofauna on sandy beach of Paraná state, Brazil. **Sci Mar**, 59:103-111.
- Short, A.D. e Wright, L.D. (1983) Physical variability of sandy beaches. pp. 145-156. In: McLachlan. A. e Erasmus, T. (eds.) **Sandy beaches as Ecosystems**. W. Junk Publishers, Hague.
- Suguio, K. (1973) **Introdução à Sedimentologia**. Edgard Bluche/Editora da Universidade de São Paulo, 321 pp.
- Veloso, V. G. e Cardoso, R. S. (2001) Effects of morphodynamics on the spatial and temporal variation of the macrofauna on three sandy beaches, Rio de Janeiro State, Brazil. **J Mar Biol Ass UK**, 81:369-375.
- Wong, W.H. e Cheung, S.G. (2003) Seasonal variation in the feeding physiology and scope for growth of green mussels, *Perna viridis* in estuarine Ma Wan, Hong Kong. **J Mar Biol Ass UK**, 83:543-552.

BIOLOGIA REPRODUTIVA

RESUMO

A biologia reprodutiva de *Anomalocardia brasiliiana* foi analisada entre março de 2007 e fevereiro de 2008 na praia da Cidade e abril de 2008 e março de 2009 na baía do Araçá. Por meio de análises histológicas qualitativas e quantitativas, foram observados razão sexual, maturação gametogênica, períodos de liberação de gametas e ocorrência de parasitismo. Nas duas áreas estudadas, machos e fêmeas ocorreram em proporções iguais e houve sincronia entre os ciclos reprodutivos de ambos os sexos, ocorrendo reprodução contínua com liberação de gametas ao longo de todo o período estudado. Entretanto, diferenças entre os dois locais foram constatadas: na praia da Cidade houve um acentuado período de gametogênese no final do verão e início do outono, um período de maior maturidade sexual do final do outono ao início da primavera e uma mais expressiva liberação de gametas no início do verão. Indivíduos em repouso foram pouco frequentes e dispersos ao longo do ano. Na baía do Araçá o período de maior gametogênese deu-se no verão, enquanto indivíduos maduros foram observados principalmente no outono e inverno. Uma liberação de gametas mais acentuada ocorreu no outono e primavera e um grande período de repouso foi constatado do final do inverno até o início do verão. Não foi constatada relação entre os períodos reprodutivos de *A. brasiliiana* e temperatura do sedimento e salinidade da água intersticial, o que levanta a hipótese de que outros fatores, como a presença da macroalga *Ulva* sp., possa ter influenciado o padrão reprodutivo de *A. brasiliiana*.

ABSTRACT

The reproductive biology of *Anomalocardia brasiliiana* was analyzed between March 2007 and February 2008 at Cidade beach, and from April 2008 to March 2009 at Araçá bay. By means of histological analysis, the study focused on the sex ratio, gametogenic maturation, spawning periods and the occurrence of parasitism. In both areas, males and females were observed in equal proportions. A relation between the reproductive cycles of both sexes was observed, with spawning occurring throughout the analyzed period. However, differences between the two locations were observed: at Cidade beach there was a marked period of gametogenesis in late summer and early autumn, a period of increased sexual maturity in late autumn to early spring and a more significant release of gametes in early summer. Few individuals at the recovering stage were observed at Cidade. At Araçá bay, the major period of gametogenesis was in summer, while mature individuals were observed mainly during autumn and winter. A more pronounced spawning period was noted from late winter to early summer. There was no relationship between reproductive periods of *A.brasiliiana* and sediment temperature or interstitial water salinity. Other factors, such as the presence of the algae *Ulva* sp, seemed to have a greater influence on the reproductive pattern of *A. brasiliiana*.

2.1 - INTRODUÇÃO

O ciclo reprodutivo inclui todos os eventos da gametogênese à liberação de gametas, englobando também o período de recuperação das gônadas até a reativação da gametogênese (MacCord e Amaral, 2007), e é aspecto fundamental para o entendimento da biologia de qualquer organismo. Heffernan *et al.*, (1989) destaca que a compreensão do ciclo sexual, incluindo os picos de maturidade reprodutiva em uma determinada área, possibilita a previsão de períodos de recrutamento, enquanto a liberação de gametas e o desenvolvimento larval são fatores capazes de influenciar a abundância e a distribuição de invertebrados marinhos bentônicos (Moran, 1997).

Em uma população, o ciclo reprodutivo pode ser considerado como o somatório dos ciclos gametogênicos de cada um dos indivíduos que a compõem, podendo ocorrer de forma sincronizada ou não (Fretter e Graham, 1994). A maturação dos gametas e sua posterior liberação podem ser influenciadas por fatores abióticos (Fretter e Graham, 1962, 1994; Newell *et al.*, 1982), ocorrendo, assim, uma estreita relação entre o ciclo reprodutivo e as variáveis ambientais (Gabbott, 1976; Baqueiro e Aranda, 2000, de Bravo, 2003; Arellano-Martinez *et al.*, 2004). Dessa forma, a mesma espécie pode apresentar comportamento reprodutivo diferente de acordo com as condições do local onde vive. Nesse sentido, Cano *et al.* (1997) estudaram a importância que fatores como temperatura, fotoperíodo, salinidade, disponibilidade de alimento e circulação da água exercem no desenvolvimento e na reprodução de indivíduos adultos de uma espécie de ostra em uma lagoa costeira, assim como na dispersão, desenvolvimento e recrutamento larval.

Os estudos sobre a reprodução de bivalves são tidos como o alicerce para o estabelecimento de programas de manejo desses moluscos, pois podem possibilitar a manutenção de estoques naturais, contribuindo para o desenvolvimento de atividades extrativistas e da maricultura (Araújo, 2001). Diversos autores salientam a importância do conhecimento do ciclo reprodutivo de bivalves comestíveis (Lunetta, 1969; Narchi, 1976; Araújo, 2001; Araújo, 2004), sendo relevante para a preservação das espécies que são intensamente coletadas ou para o desenvolvimento de sistemas de cultivo (Araújo, 2001).

No Brasil, o estudo sobre a reprodução de moluscos bivalves marinhos iniciou-se no final de década de 60, quando Lunetta (1969) avaliou a fisiologia da reprodução da espécie *Perna perna* (Mytilidae). Sobre a biologia reprodutiva da espécie *Anomalocardia brasiliiana*, destacam-se os trabalhos realizados por Narchi (1972; 1974; 1976) no litoral do Estado de São Paulo, os quais serviram como base para os trabalhos seguintes, tais como o de Grotta (1979) e Grotta e Lunetta (1980; 1982) na Paraíba; Peso (1980) na Bahia; Boehs (2000, 2008) no Paraná; Araújo (2001) em Santa Catarina; e os de Araújo (2004), Araújo e Rocha-Barreira (2004) e Barreira e Araújo (2005) no Ceará. No Caribe, Moueza *et al.* (1999), utilizando-se de técnicas de microscopia eletrônica, revelaram aspectos ultra-estruturais de embriões e larvas de *A. brasiliiana*.

Apesar da existência de estudos sobre o ciclo reprodutivo de bivalves, ainda há carência de dados biológicos básicos, como ciclo gametogênico e período de liberação de gametas, para grande parte das espécies de bivalves de fundo inconsolidado conhecidas para o litoral brasileiro (Araújo, 2004). Especificamente sobre *Anomalocardia brasiliiana*, cuja comercialização está limitada à disponibilidade do recurso no ambiente natural, mais

estudos tornam-se necessários, sobretudo no propósito de fornecer subsídios para a aquicultura e repovoamento da espécie. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi analisar o ciclo reprodutivo de *A. brasiliana* em duas áreas distintas do Litoral Norte do Estado de São Paulo, focando em aspectos como razão sexual, maturação gametogênica e períodos de liberação de gametas.

2.2 - METODOLOGIA

Procedimento e análise de dados

As análises do ciclo reprodutivo foram realizadas com exemplares de *Anomalocardia brasiliana* coletados mensalmente entre março de 2007 e fevereiro de 2008 na praia da Cidade, Caraguatatuba (29° 37'S, 45° 24'W), e de abril de 2008 a março de 2009 na baía do Araçá, em São Sebastião (23° 49'S, 45° 24'W) (para maiores informações sobre as áreas de estudo e a metodologia de amostragem, consultar capítulo 1). A cada mês, no laboratório do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo - CEBIMar/USP, 20 indivíduos com comprimento de concha a partir de 30 mm, tamanho em que certamente já atingiram a maturidade sexual (Barreira e Araújo, 2005), tiveram suas partes moles removidas e fixadas em solução de Bouin por 48 horas. Após este período, secções da parte dorsal da massa visceral contendo as gônadas foram retiradas para desidratação em etanol, diafanização em xilol e embebição em parafina. Dos blocos de parafina foram obtidas secções de 5 a 7 µm de espessura. Os cortes foram corados com Hematoxilina de Harris e Eosina (H/E). Para cada indivíduo foram confeccionadas duas lâminas, resultando em um total aproximado de 960 lâminas ao final do estudo.

A razão sexual da população foi avaliada com o auxílio da análise histológica das lâminas e a observação de ovócitos ou espermatozoides. O teste de Qui-Quadrado (χ^2) de contingência foi utilizado para verificar a existência de desvios nas proporções de cada sexo nas populações.

O ciclo gametogênico de *A. brasiliiana* foi dividido em quatro fases, com base nos estudos de Grotta e Lunetta (1980), Barreira e Araújo (2005) e Morsan e Kroeck (2005). Grotta (1979) salienta o caráter contínuo dos processos de gametogênese em *A. brasiliiana*, onde a predominância de determinados tipos celulares serve de subsídio para a caracterização das fases do ciclo sexual. Como fases distintas podem estar presentes simultaneamente nas diferentes partes do tecido gonadal, estas foram definidas quando uma delas ocupou mais de 50% da secção.

Análises quantitativas dos ovócitos e folículos foram realizadas e utilizadas para uma melhor caracterização do ciclo gametogênico das fêmeas. De cada fêmea, foram capturados aleatoriamente quatro campos microscópicos (aumento de 320x e área total (quatro campos) de 547.404 μm^2 /indivíduo) por uma vídeo-câmera (JVC TK-1270) e observados com o software Zeiss KS100 3.0 (adaptado de Morsan e Kroeck, 2005). Para a determinação do diâmetro médio foram coletadas quatro medidas de cada ovócito (como demonstrado na figura 2.1) e calculada a média dessas medidas. Assumindo que o nucléolo de venerídeos está localizado no centro de cada ovócito (Morsan e Kroeck, 2005), somente células com o nucléolo aparente foram selecionadas.

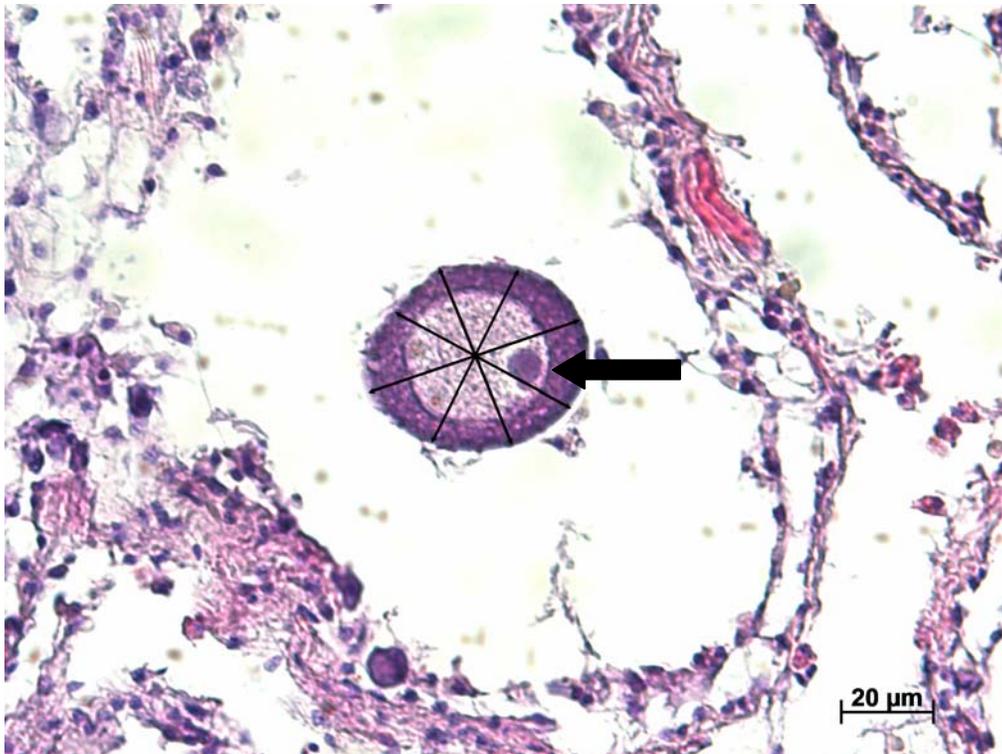


Fig. 2.1 – *Anomalocardia brasiliana*. Ovócito com o nucléolo aparente (seta grossa) e a posição das quatro medidas registradas para a obtenção do diâmetro médio.

2.3 - RESULTADOS

2.3.1 - Razão sexual

A diferença na razão sexual nas duas áreas de estudo não foi significativa. Na Cidade, a frequência relativa de fêmeas variou entre 42 e 70% e a de machos entre 30 e 58% (Fig. 2.2A). Maio, junho, julho, setembro e outubro de 2007 foram os meses com maiores proporções de fêmeas. Com relação aos machos, os maiores valores foram registrados em abril e novembro de 2007 e fevereiro de 2008. No Araçá, a variação nas frequências de fêmeas ficou entre 33 e 70% e, para machos, entre 30 e 67% (Fig. 2.2B). Em junho de 2008 e janeiro e fevereiro de 2009 houve uma maior proporção de machos, enquanto que em março, outubro e dezembro de 2008 a frequência de fêmeas foi maior. Nos demais meses ocorreu um forte equilíbrio na razão sexual.

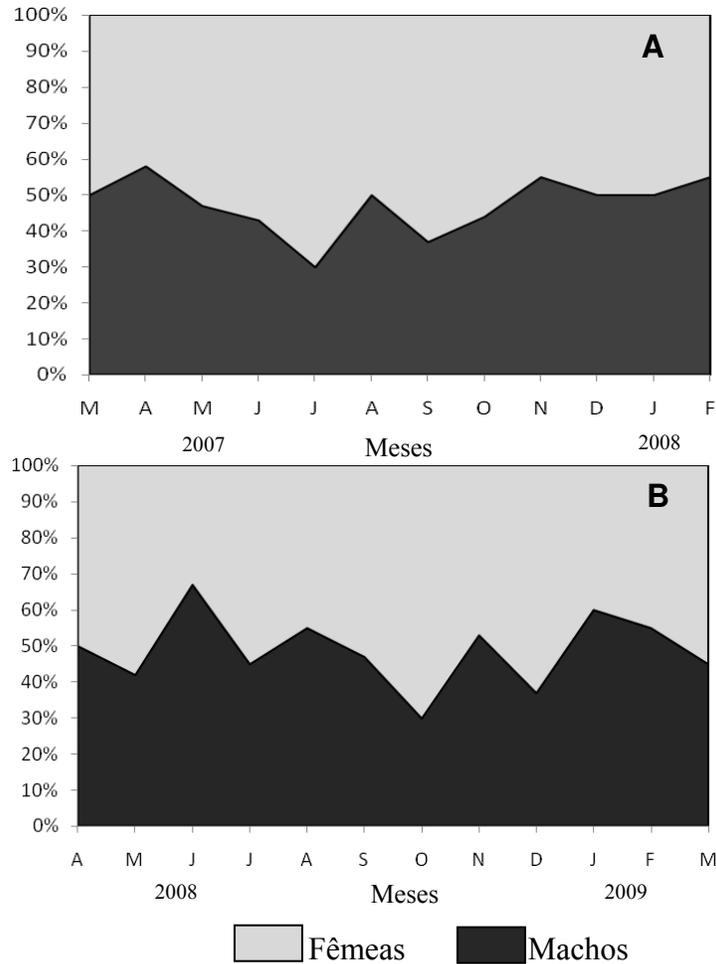


Fig. 2.2. *Anomalocardia brasiliana*. Variação mensal da frequência relativa de cada sexo para as populações das praias da Cidade (A) e do Araçá (B).

2.3.2 - Ciclo reprodutivo

Foi analisado um total de 207 indivíduos na Cidade e 232 no Araçá. Nas duas áreas, *A. brasiliana* apresentou grande heterogeneidade em seus ciclos reprodutivos, com diferenças nas épocas de produção e liberação de gametas. Apesar da proximidade entre as duas praias, foi observada uma acentuada diferença entre os ciclos reprodutivos observados em cada uma delas.

Os diferentes estágios de maturação gametogênica de *A. brasiliana* registrados na praia da Cidade e na baía do Araçá são apresentados a seguir.

2.3.2.1 - Histologia dos folículos ovarianos

Quatro categorias de ovócitos foram identificadas (Fig. 2.3): 1) ovogônias: bastante integradas às paredes dos folículos, sendo rodeadas por células foliculares e com diâmetro entre 3 e 7 μm ; 2) pré-vitelogênicos: possuem um maior tamanho do que as ovogônias e estão envoltos por menor número de células foliculares, contudo, ainda apresentam ampla base de adesão à parede do folículo e possuem diâmetro entre 7 e 12 μm ; 3) vitelogênico: apresentam uma menor área de contato com a parede folicular e um maior tamanho celular, resultando em um formato piriforme e diâmetro entre 12 e 40 μm , e 4) maduros, de formato circular, grande tamanho e soltos no lúmem. Possuem diâmetro entre 30 e 67 μm .

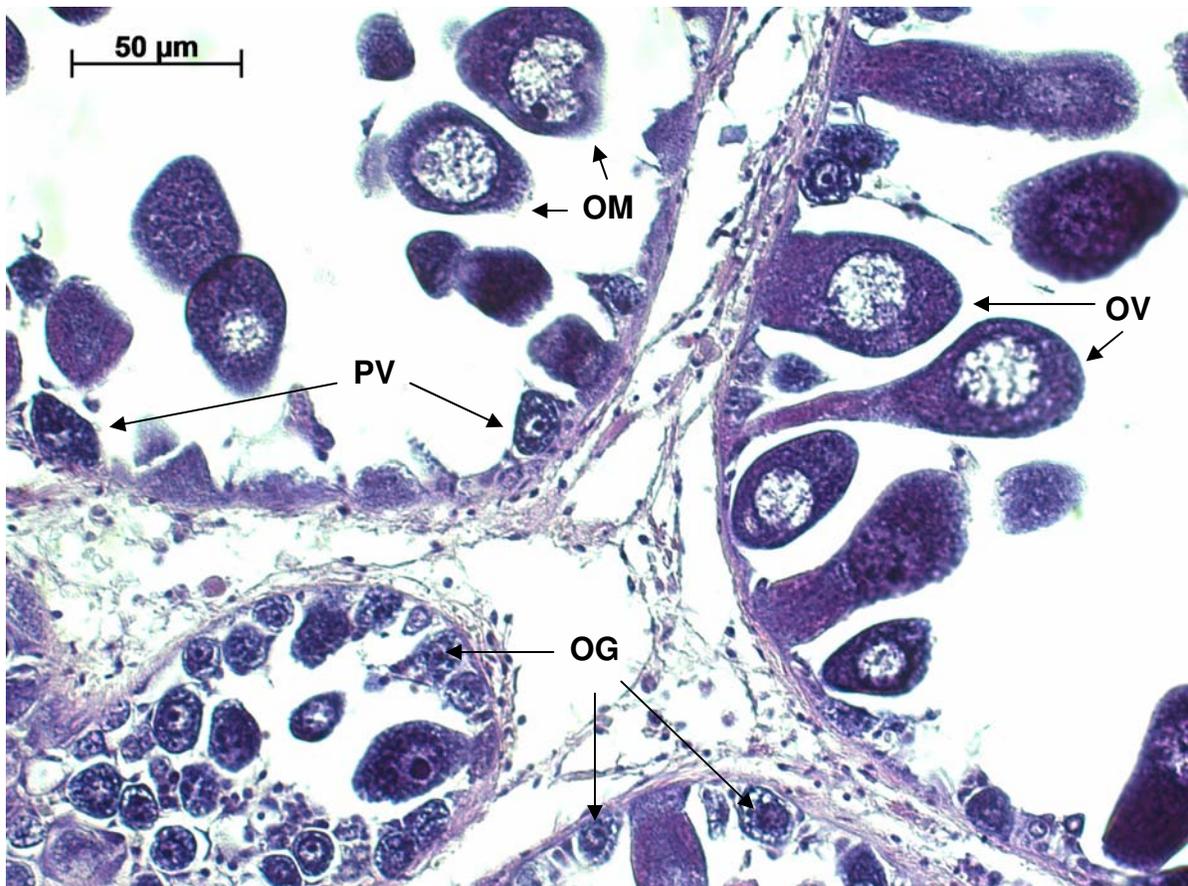


Fig. 2.3 - *Anomalocardia brasiliana*. Fases de desenvolvimento dos ovócitos. OG) ovogônias; PV) pré-vitelogênicos; OV) vitelogênicos; OM) maduros.

De acordo com o aspecto morfológico de cada folículo ovariano e as frequências das quatro categorias de ovócitos, o ciclo reprodutivo das fêmeas de *A.brasiliana* foi dividido em quatro estágios:

I- Gametogênese (Fig 2.4 - A):

As células ainda imaturas da linhagem sexual (ovogônias, ovócitos pré-vitelogênicos e vitelogênicos) estão aderidas às paredes foliculares. Alguns gametas já maduros, soltos no lúmen, também podem ser observados. Os folículos possuem um menor tamanho e é observada uma grande quantidade de tecido interfolicular, sobretudo conjuntivo.

II – Maduro (Fig 2.4 - B)

As etapas da gametogênese ainda podem ser observadas com a presença de algumas células imaturas aderidas às paredes dos folículos. Devido à grande quantidade de ovócitos maduros soltos no lúmen os ovários apresentam-se bastante compactados, com folículos justapostos e paredes delgadas. Pouca quantidade de tecido interfolicular é observada.

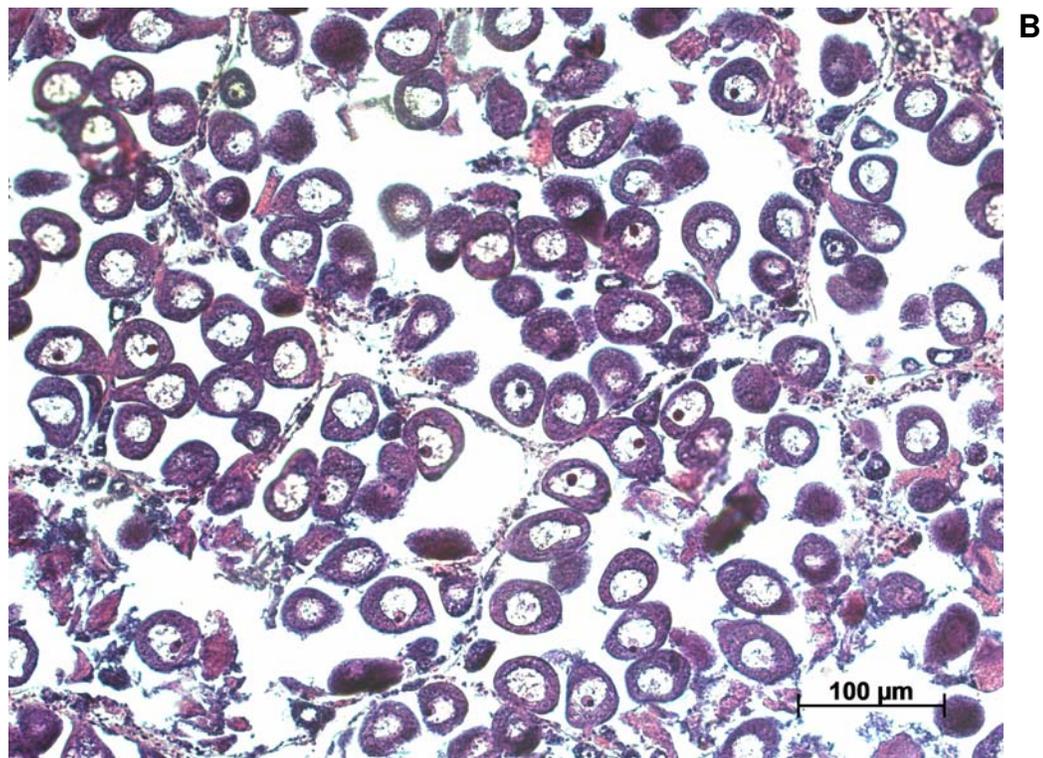
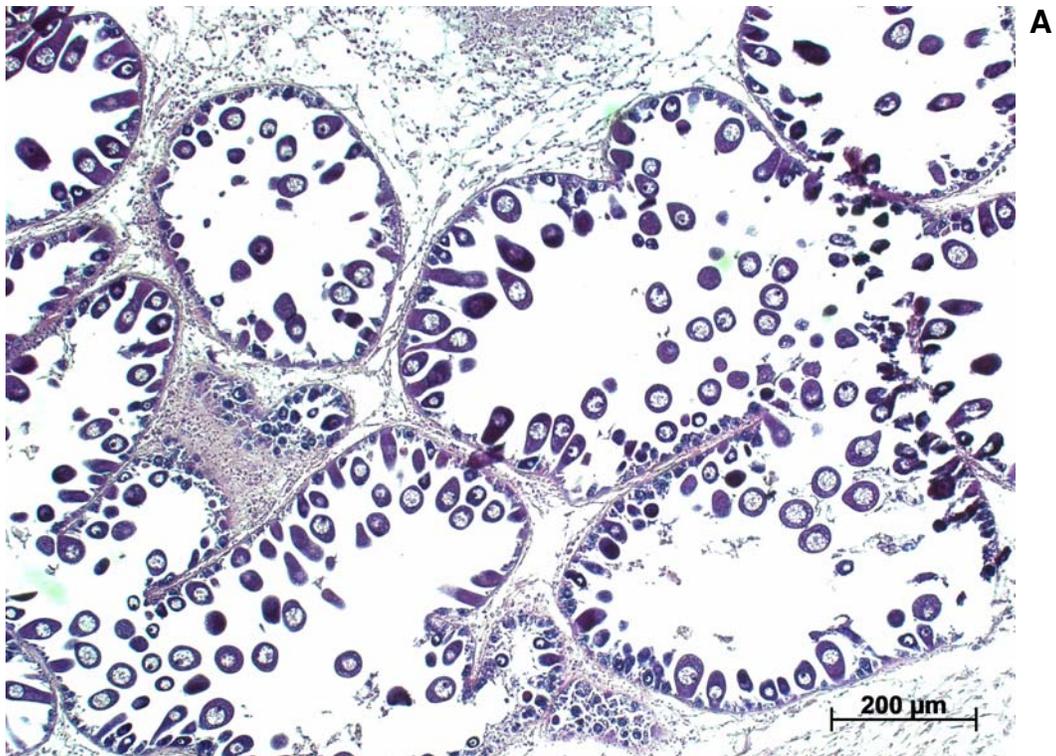
III – Liberação (Fig. 2.4 - C)

Grande parte dos gametas maduros já foi liberada, caracterizado pela presença de espaços nos centros dos folículos. Nota-se a permanência de alguns ovócitos maduros soltos no lúmen ou em fase vitelogênica, com aspecto piriforme, e poucas células gaméticas ainda em fases iniciais da ovogênese.

IV – Vazio/Repouso (Fig. 2.4 - D)

A quase totalidade dos gametas já foi liberada, com a presença de ovócitos maduros residuais soltos nos lúmenes e minimização do processo de gametogênese. Entre

os folículos observou-se uma maior quantidade de tecido conjuntivo frouxo contendo células macrofágicas.



(Cont.)

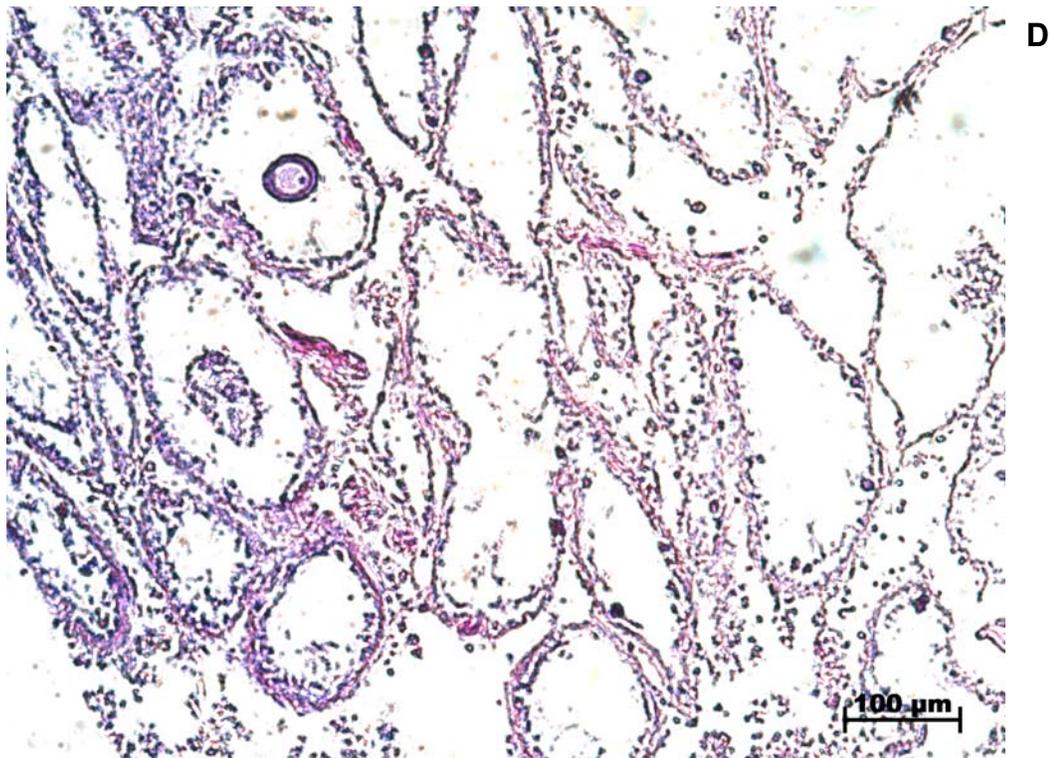
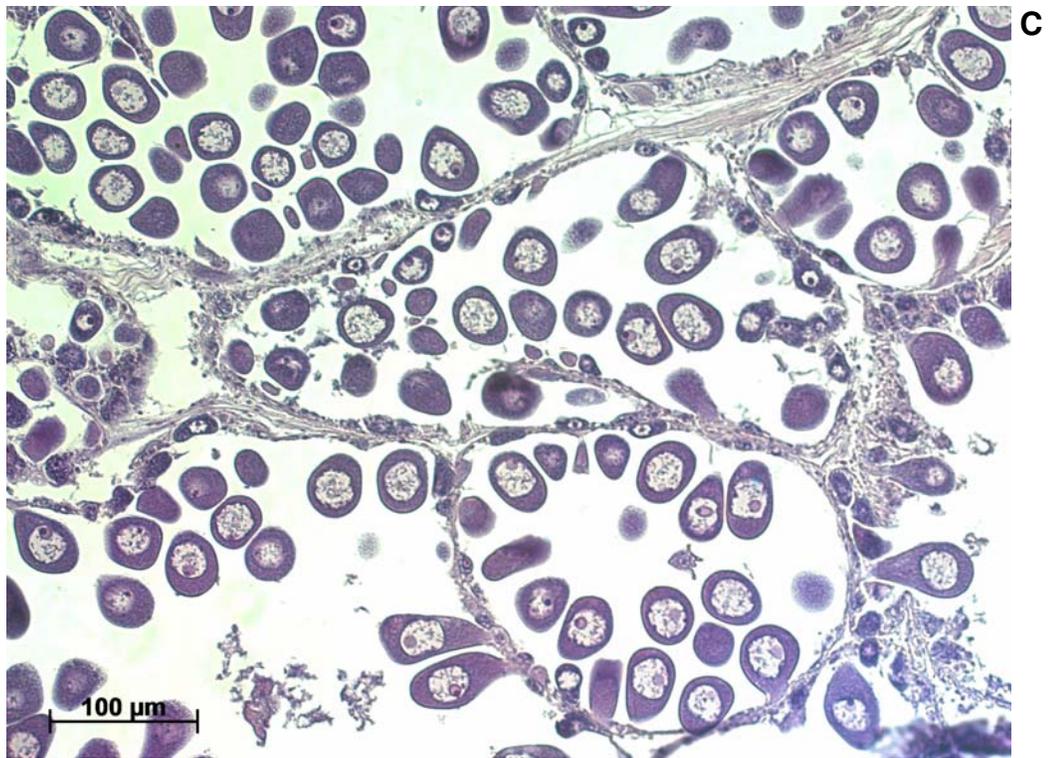


Fig. 2.4 - *Anomalocardia brasiliana*. Histologia dos folículos ovarianos. A) gametogênese; B) maduro; C) em liberação; D) vazio.

2.3.2.2 - Histologia dos folículos testiculares

O desenvolvimento dos espermatozoides em *A. brasiliiana* apresenta aspectos semelhantes aos da ovôgenese, como a presença de células imaturas em conjunto com maduras (Fig. 2.5). Dessa maneira, a espermatogênese também foi dividida em quatro estágios.

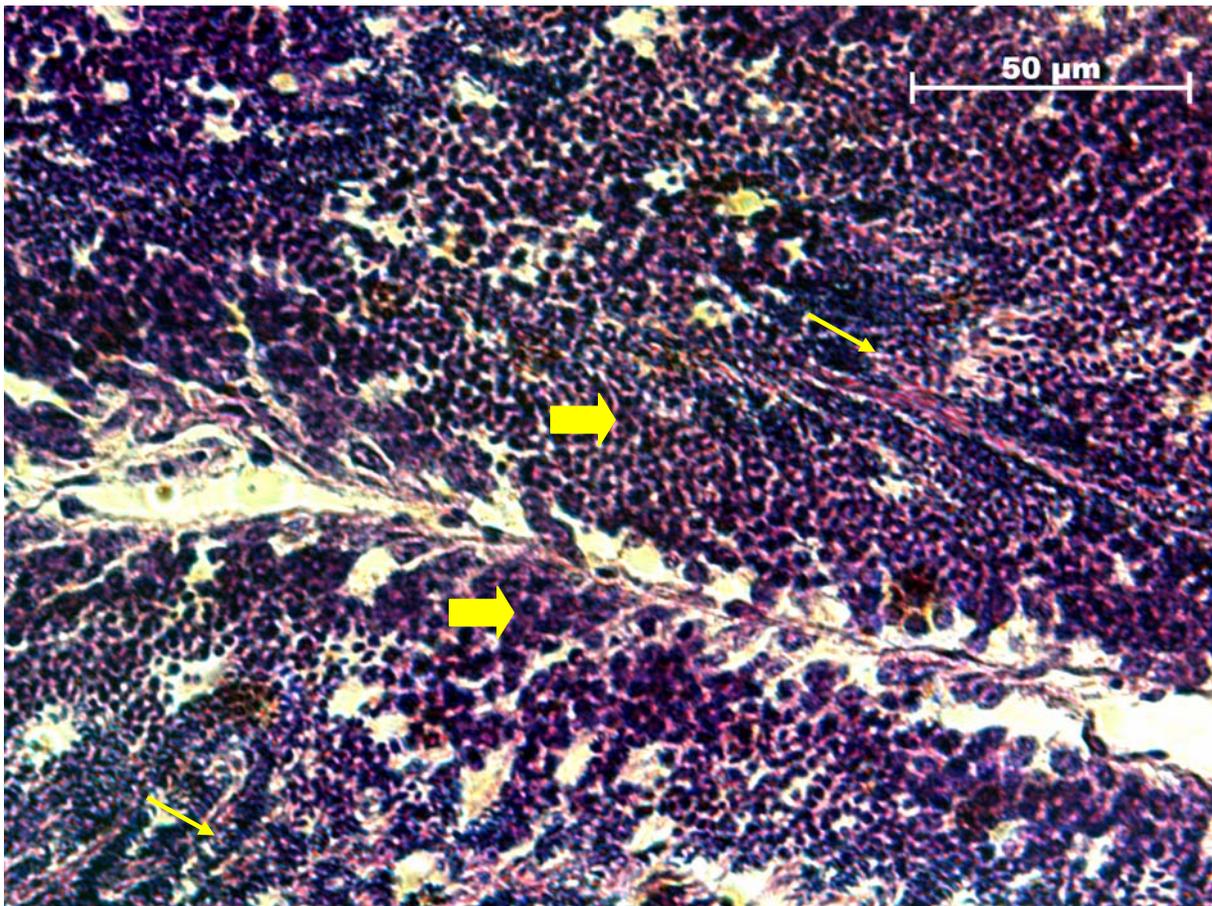


Fig. 2.5 - *Anomalocardia brasiliiana*. Fases de desenvolvimento dos gametas masculinos. Setas grossas: gametas imaturos. Setas finas: espermatozoides. As cabeças dos espermatozoides estão agrupadas e evidenciadas pela coloração rósea. As caudas filamentosas, em conjunto, revelam coloração azulada.

I- Gametogênese (Fig. 2.6 - A)

A camada germinativa dos folículos testiculares apresenta-se bastante espessa em razão do acúmulo de células em desenvolvimento, que passam por várias divisões

sucessivas. Presença de todas as fases da gametogênese, desde espermatogônias próximas às paredes foliculares, com subsequente diferenciação em espermátides e espermatozóides, os quais podem ser observados na região central do túbulo.

II – Maduro (Fig. 2.6 - B)

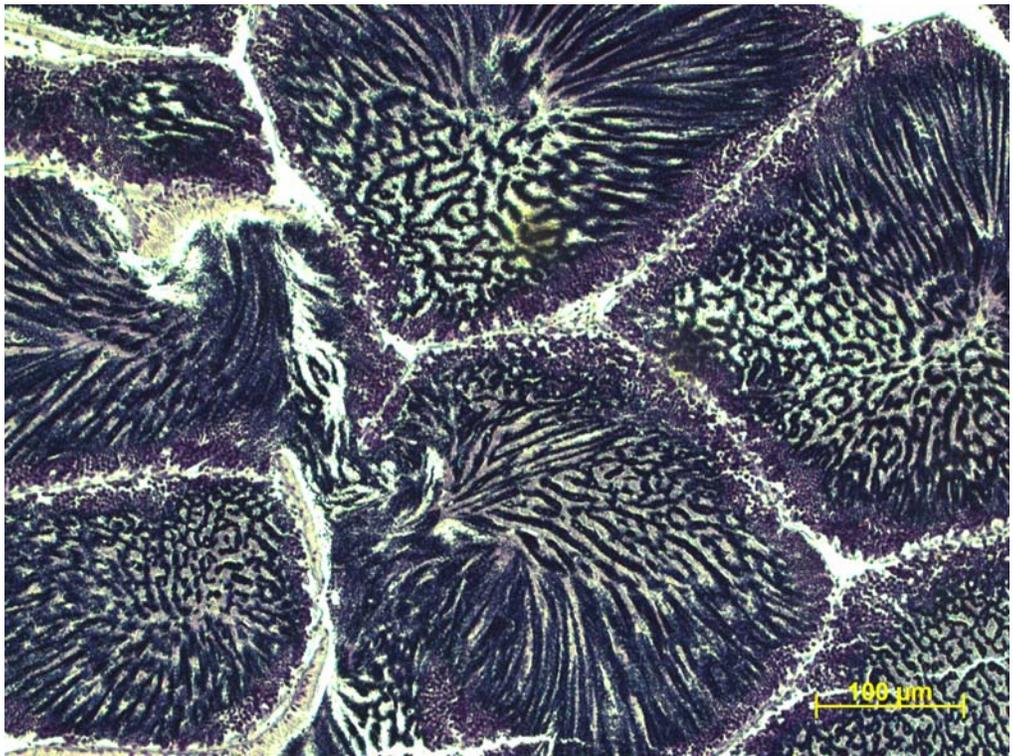
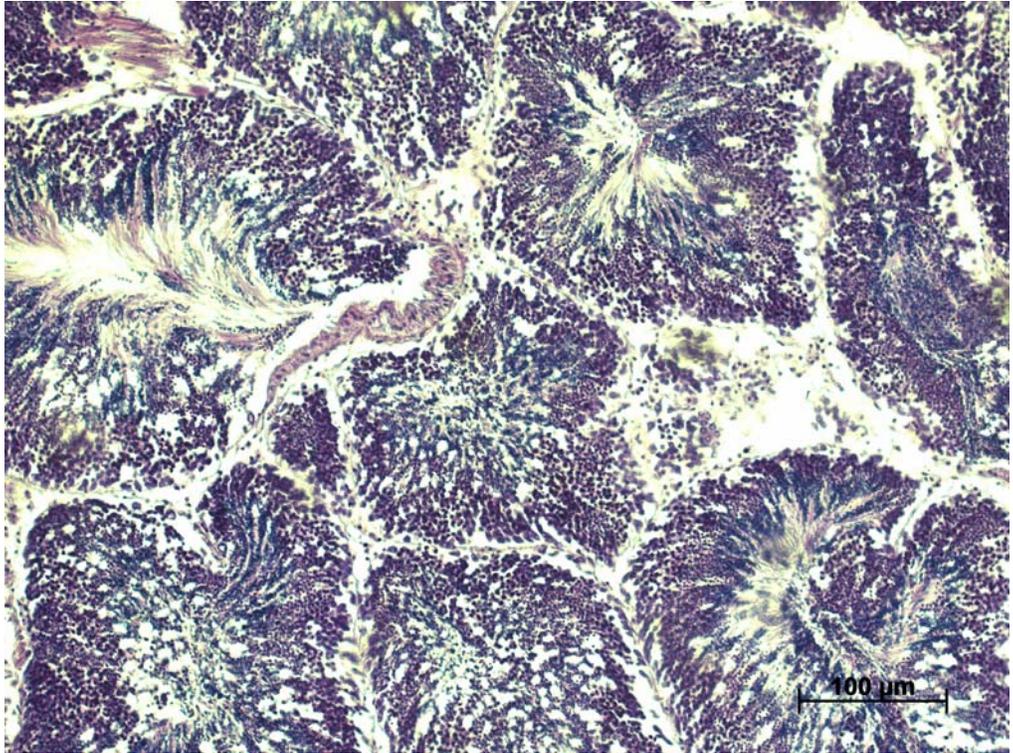
Grande quantidade de espermatozóides ocupando todos os espaços intrafoliculares. Células em fases iniciais de desenvolvimento próximas às paredes dos folículos são observadas circundando os espermatozóides.

III – Em liberação (Fig. 2.6 - C)

Podem ser observados espaços nos lúmenes, decorrentes da liberação de espermatozóides, e também próximos às paredes dos folículos, devido a uma gametogênese menos intensa.

IV – Vazio / Repouso (Fig. 2.6 - D)

Lúmenes acinares bastante amplos, com a presença de gametas residuais presos às paredes ou soltos no interior dos folículos em degeneração e, em alguns, macrófagos também foram observados. A parede dos folículos apresenta-se bastante reduzida devido à diminuição da quantidade de células germinativas.



(Cont.)

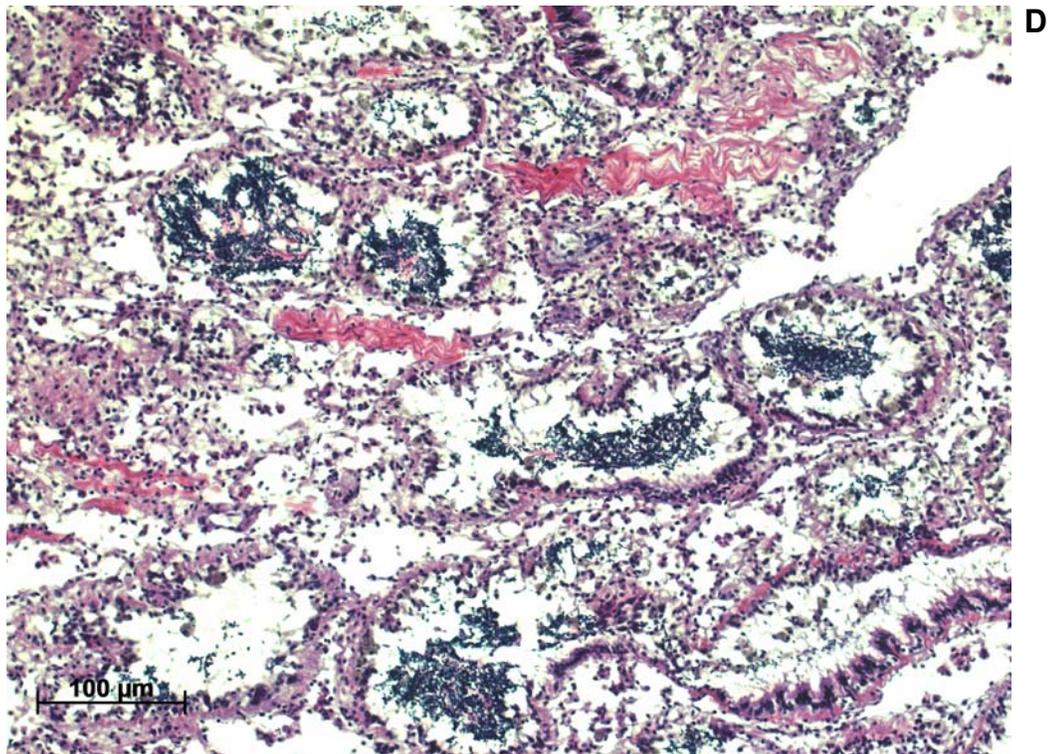
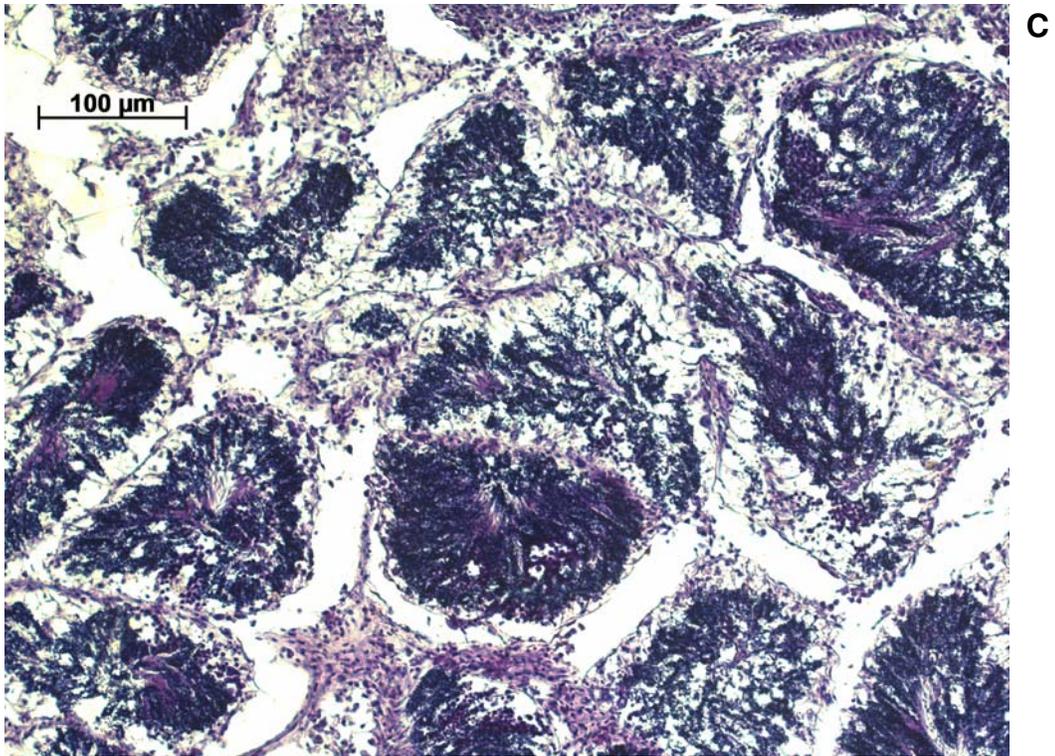


Fig. 2.6 - *Anomalocardia brasiliana*. Histologia dos folículos testiculares. A) gametogênese; B) maduro; C) em liberação; D) vazio.

2.3.2.3 - Análise dos Processos Reprodutivos

2.3.2.3.1- Praia da Cidade

Ciclo ovôgenico

Na Cidade, fêmeas em estágio de gametogênese foram observadas na primeira metade do período de coleta, entre março e setembro de 2007 (Fig. 2.7). Indivíduos maduros estiveram presentes durante todo o período analisado, predominando nos meses de primavera e verão. De modo semelhante, fêmeas no estágio de liberação de gametas estiveram presentes durante quase todo o ano de coleta, exceção feita aos meses de março, maio e novembro de 2007, e predominando no inverno, primavera e verão. A presença desses estágios ao longo de todo ano, associada à baixa quantidade de fêmeas no estágio de vazio/repouso, demonstra um potencial para reprodução contínua de *A. brasiliensis* na praia da Cidade.

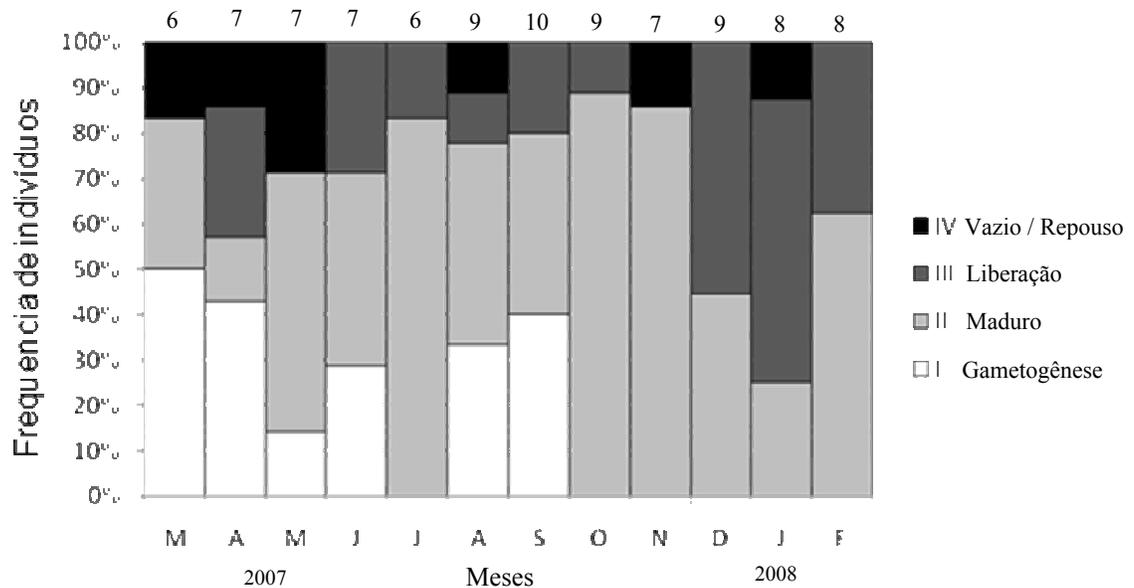


Fig. 2.7 – *Anomalocardia brasiliensis*. Frequência relativa dos estágios de maturação dos folículos ovarianos dos indivíduos da praia da Cidade. I) gametogênese; II) maduro; III) em liberação; IV) vazio/repouso. Os números sobre as barras indicam a quantidade de indivíduos analisados.

Número e tamanho de ovócitos

Na praia da Cidade, os meses de março, maio e junho de 2007 registraram as menores médias na quantidade de ovócitos/área medida/indivíduo ($31 \pm 15,74$; $35,3 \pm 14,56$ e $33,4 \pm 7,54$ respectivamente) (Fig. 2.8 e 2.9).

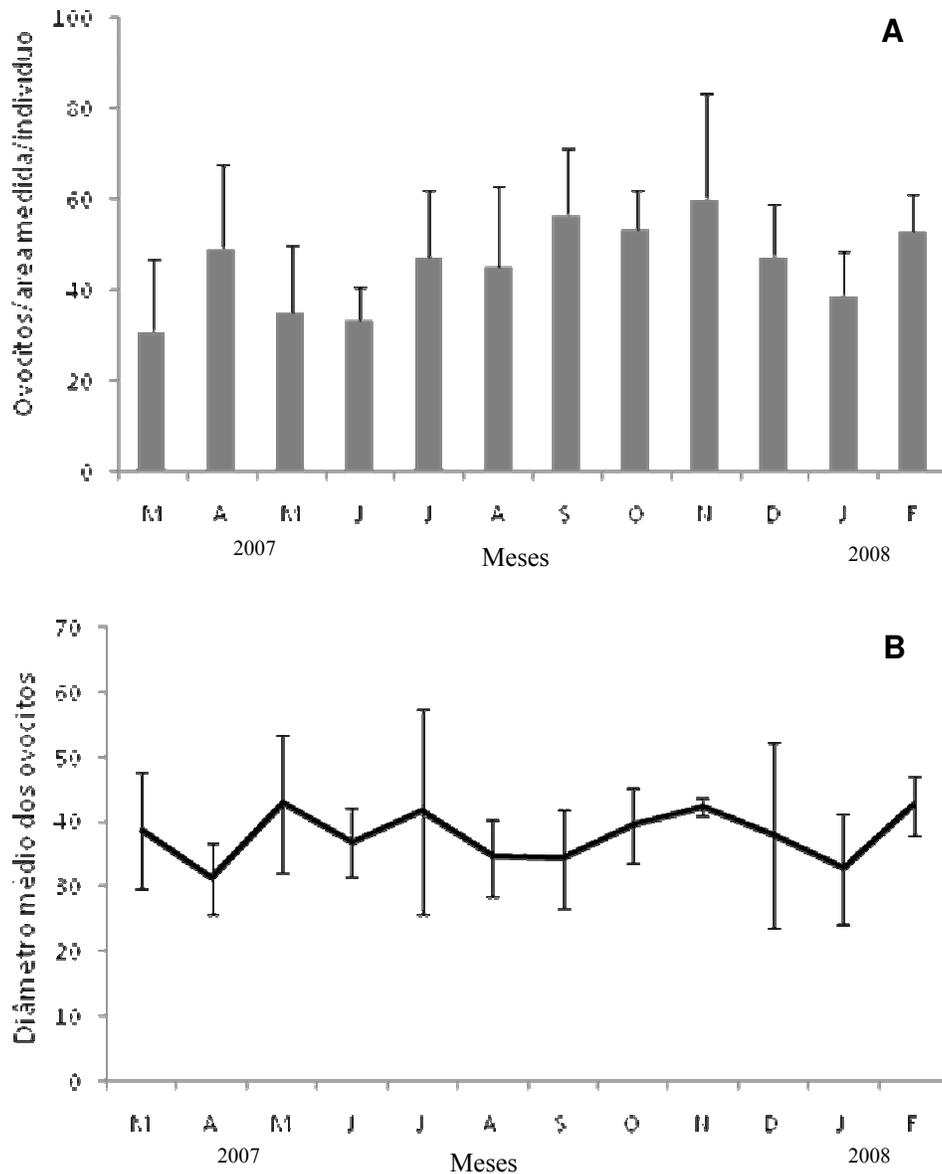


Fig. 2.8 – *Anomalocardia brasiliana*. Variação mensal no número médio de ovócitos medidos por área de $547.404\mu\text{m}^2$ por indivíduo (A) e no diâmetro médio dos ovócitos (B) na praia da Cidade. As barras indicam os desvios padrões.

Em julho de 2007 há uma elevação para $47,3 (\pm 14,72)$ com ápice em novembro ($60,2 \pm 22,97$ ovócitos/área medida/indivíduo). Em dezembro se inicia uma queda na quantidade média de ovócitos, estendendo-se até janeiro de 2008, mês em que foi observado uma média de $38,9$ ovócitos/área medida/indivíduo ($\pm 9,73$). Em fevereiro a quantidade sobe novamente, chegando a $52 (\pm 8,25)$. Concomitantemente ao número de ovócitos medidos notou-se uma variação no tamanho dos ovócitos. Uma oscilação no diâmetro médio foi constatada entre março e agosto de 2007. Nesse período, o menor tamanho médio foi registrado em abril ($31,2 \pm 5,37\mu\text{m}$), enquanto o maior em maio ($42,9 \pm 10,61\mu\text{m}$). Os ovócitos de agosto e setembro foram caracterizados por diâmetros próximos a $34\mu\text{m}$ ($\pm 5,92$ e $\pm 7,47$, respectivamente). Em outubro o diâmetro médio dos ovócitos aumentou para $39,1\mu\text{m}$ ($\pm 5,96$) e alcançou $42,4\mu\text{m}$ ($\pm 1,96$) em novembro, quando se inicia uma nova queda até janeiro de 2008 ($32,8 \pm 8,53\mu\text{m}$). Fevereiro foi marcado por novo aumento, com média de $42,5\mu\text{m}$ ($\pm 4,45$).

Padrões bem definidos foram registrados quanto à análise quantitativa dos estágios do ciclo oôgenico (Fig. 2.14). Indivíduos em gametogênese tiveram em média $53,9 (\pm 12,8)$ ovócitos/área medidos com diâmetro médio de $31,2\mu\text{m}$ ($\pm 14,4$). Na maturação dos folículos ovarianos, a quantidade de ovócitos/área medidos passa a uma média de $52,1 (\pm 9,5)$, enquanto o diâmetro médio sobe para $41,5\mu\text{m}$ (± 12). Com a liberação dos gametas, o número de ovócitos medidos por indivíduo diminui para $39,3 (\pm 7,3)$ e o diâmetro para $36,4\mu\text{m}$ ($\pm 12,9$). No período de repouso foram medidos em média 14 ovócitos ($\pm 8,8$) com diâmetro de $21,2\mu\text{m}$ ($\pm 6,6$). O tamanho médio observado nos ovócitos maduros de *A. brasiliiana* na praia da Cidade foi de $47,2\mu\text{m}$ ($\pm 5,9$).

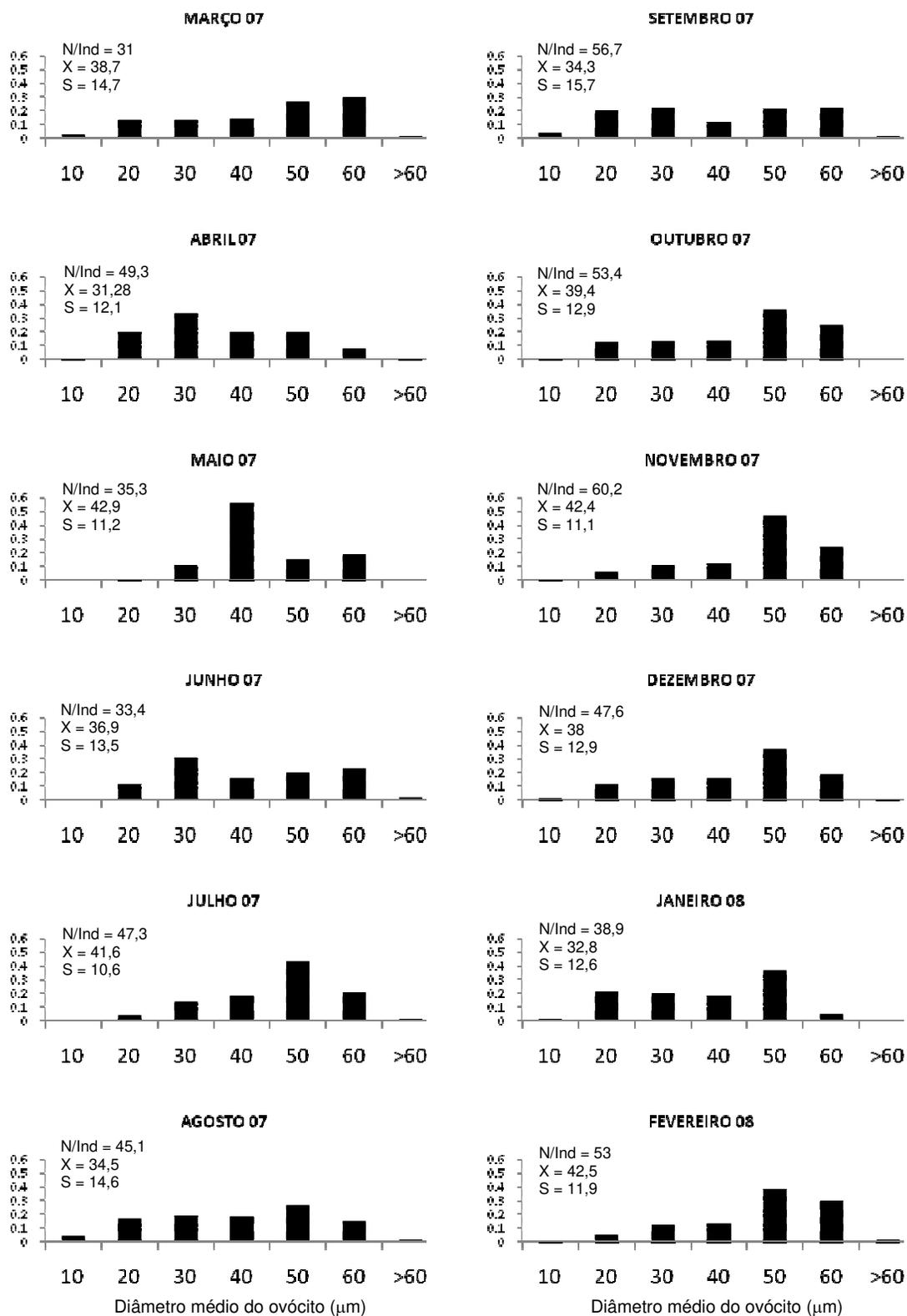


Fig. 2.9. *Anomalocardia brasiliana*. Frequência relativa na distribuição mensal dos diâmetros dos ovócitos de *A. brasiliana* coletados na praia da Cidade. N/Ind – Número médio de ovócitos medidos por indivíduo. X – média do diâmetro dos ovócitos. S – desvio padrão do diâmetro médio dos ovócitos.

Ciclo espermatogênico

Assim como as fêmeas, os machos da praia da Cidade demonstraram potencial para reprodução contínua. Espécimes no estágio de gametogênese foram observados ao longo de todo o período analisado, com predominância nos meses de março e abril de 2007 e fevereiro de 2008 (Fig. 2.10). O estágio maduro esteve presente durante todo o ano de coleta, com maior proporção em maio, junho, julho e novembro de 2007. Indivíduos no estágio de liberação de gametas estiveram presentes em abril e maio de 2007 e entre agosto de 2007 e fevereiro de 2008. Um único indivíduo no período de vazio/repouso foi observado em agosto de 2007.

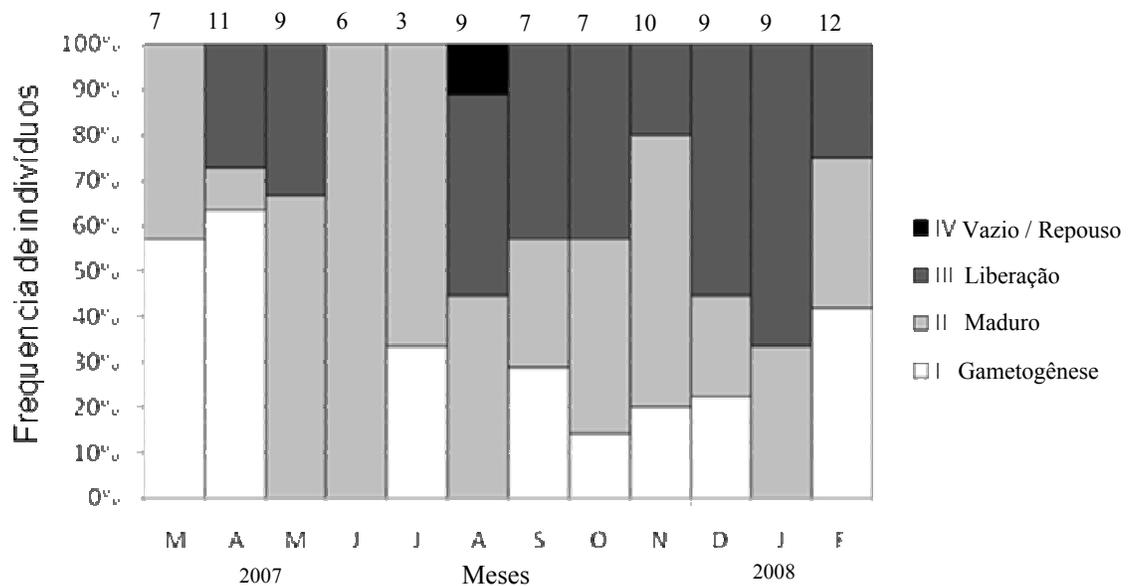


Fig. 2.10 – *Anomalocardia brasiliana*. Frequência relativa dos estágios de maturação dos folículos espermáticos dos indivíduos da Cidade. Os números sobre as barras indicam a quantidade de indivíduos analisados.

2.3.2.3.2- Baía do Araçá

Ciclo ovôgenico

No Araçá, fêmeas em estágio de gametogênese foram observadas nos últimos meses de estudo, entre janeiro e março de 2009 (Fig. 2.11). Indivíduos maduros

estiveram presentes somente em alguns meses, destacando-se junho de 2008. Fêmeas no estágio de liberação de gametas foram observadas durante quase todo o ano de coleta, principalmente entre os meses de abril e junho de 2008. Foi detectada uma maior quantidade de fêmeas no estágio de vazio/reposo entre agosto de 2008 e fevereiro de 2009.

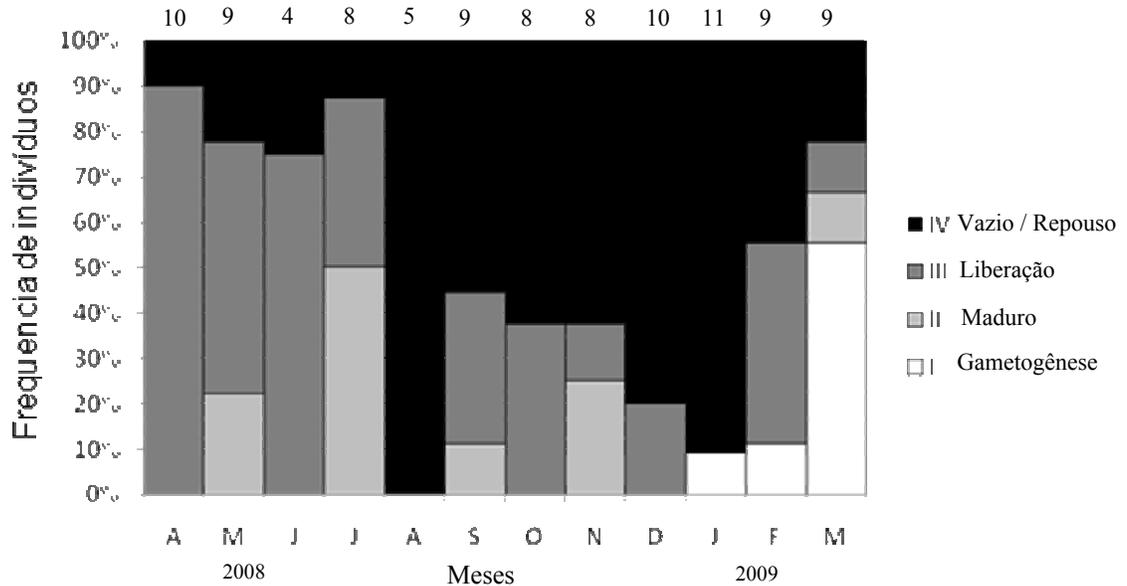


Fig. 2.11 – *Anomalocardia brasiliiana*. Frequência relativa dos estágios de maturação dos folículos ovarianos dos indivíduos da Baía do Araçá. Os números sobre as barras indicam a quantidade de indivíduos analisados.

Número e tamanho de ovócitos

O número médio de ovócitos/área medida/indivíduo aumentou de 27,6 (\pm 6,78) em abril para 31 (\pm 12,8) em maio de 2008. Em junho, a quantidade de ovócitos começa a diminuir e atinge a média de 6,8 (\pm 5,59) em agosto. No mês seguinte, a quantidade média de ovócitos/área medida/indivíduo se eleva para 17,2 (19,43), mas passa a sofrer uma queda gradual até janeiro de 2009, quando é atingido o valor mais baixo de todo o período estudado (média de 6,3 \pm 10,56 ovócitos/área medida /indivíduo). Em fevereiro de 2009 esse valor volta a subir, atingindo um pico de 56 (\pm 40,26) em março de 2009. A

média dos tamanhos dos ovócitos manteve-se estável em abril, maio e junho de 2008 ($43,1 \pm 2,62$, $44,4 \pm 8,60$ e $42,2 \pm 1,84\mu\text{m}$, respectivamente). Em julho, esse valor aumenta para $48,2\mu\text{m} (\pm 3,26)$ e sofre uma redução em agosto ($34,9\mu\text{m} \pm 12,52$), eleva-se em setembro e outubro, mês em que foi registrado o maior diâmetro médio dos ovócitos ($50,1\mu\text{m} \pm 3,30$). Nos meses seguintes, o diâmetro médio sofre reduções atingindo o valor de $27,5\mu\text{m} (13,22)$ em janeiro. Um novo aumento foi observado no mês de fevereiro ($42,8\mu\text{m} \pm 5,29$), e uma queda foi registrada em março, com um diâmetro médio de $27,6\mu\text{m} (\pm 10,27)$.

Indivíduos em estágio de gametogênese tiveram uma média de 64 ovócitos/campo medidos ($\pm 37,8$) com diâmetro médio de $22,02\mu\text{m} (\pm 10,6\mu\text{m})$ (Fig. 2.14). Com a maturação dos ovócitos, a quantidade medida decresce para $52,9 (\pm 18,3)$, enquanto o diâmetro médio sobe para $49,5\mu\text{m} (\pm 7,4\mu\text{m})$. A partir do início da liberação dos gametas, o número e tamanho dos ovócitos diminuem passando para $28,6 (\pm 8,5)$ e $44,1\mu\text{m} (\pm 9,6\mu\text{m})$ no estágio em liberação e $5,2 (\pm 4,9)$ e $41,3\mu\text{m} (\pm 11,8\mu\text{m})$ em repouso. No Araçá, o tamanho médio dos ovócitos maduros foi de $47,5\mu\text{m} (\pm 6,2\mu\text{m})$.

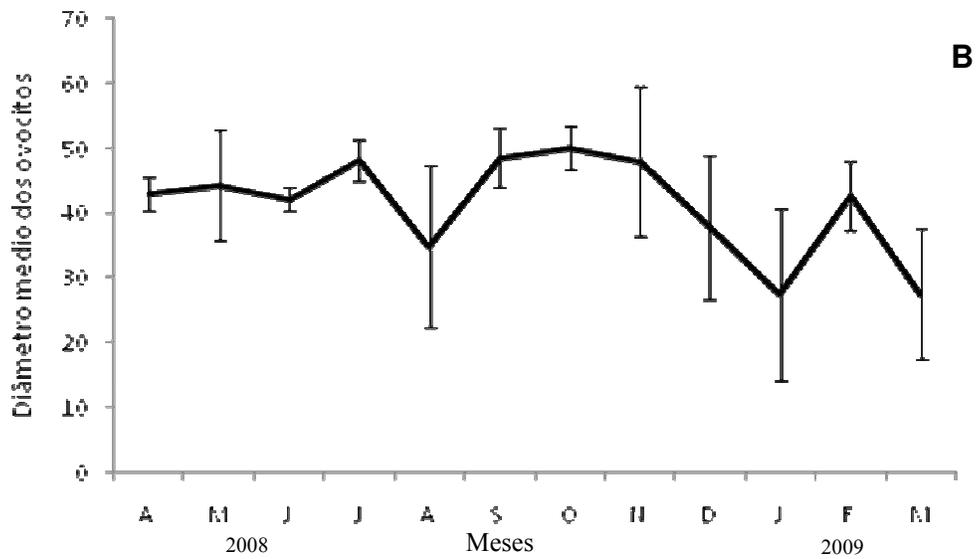
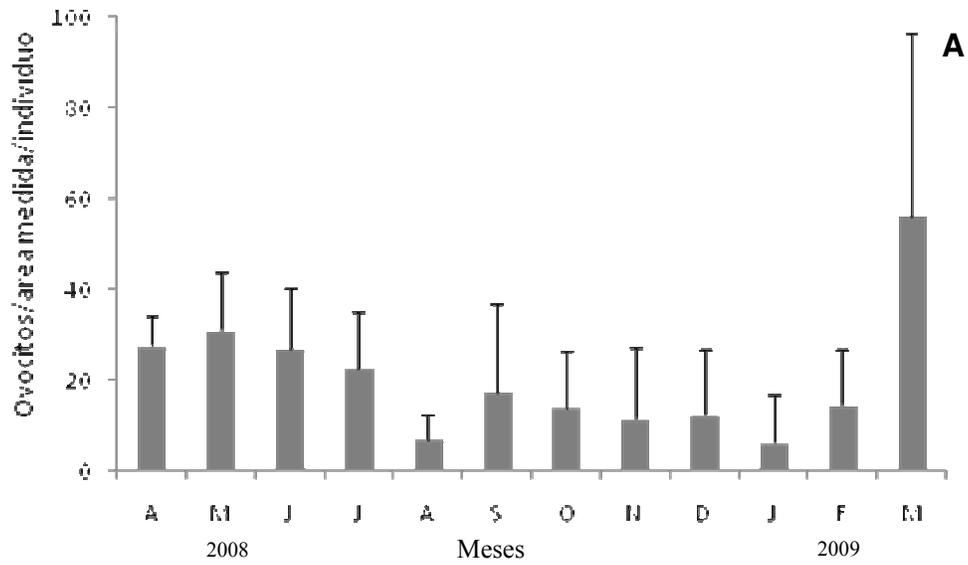


Fig. 2.12. *Anomalocardia brasiliiana*. Variação mensal no número médio de ovócitos medidos por área de 547.404 μm^2 por indivíduo (A) e no diâmetro médio dos ovócitos (B) na baía do Araçá. As barras indicam os desvios padrões.

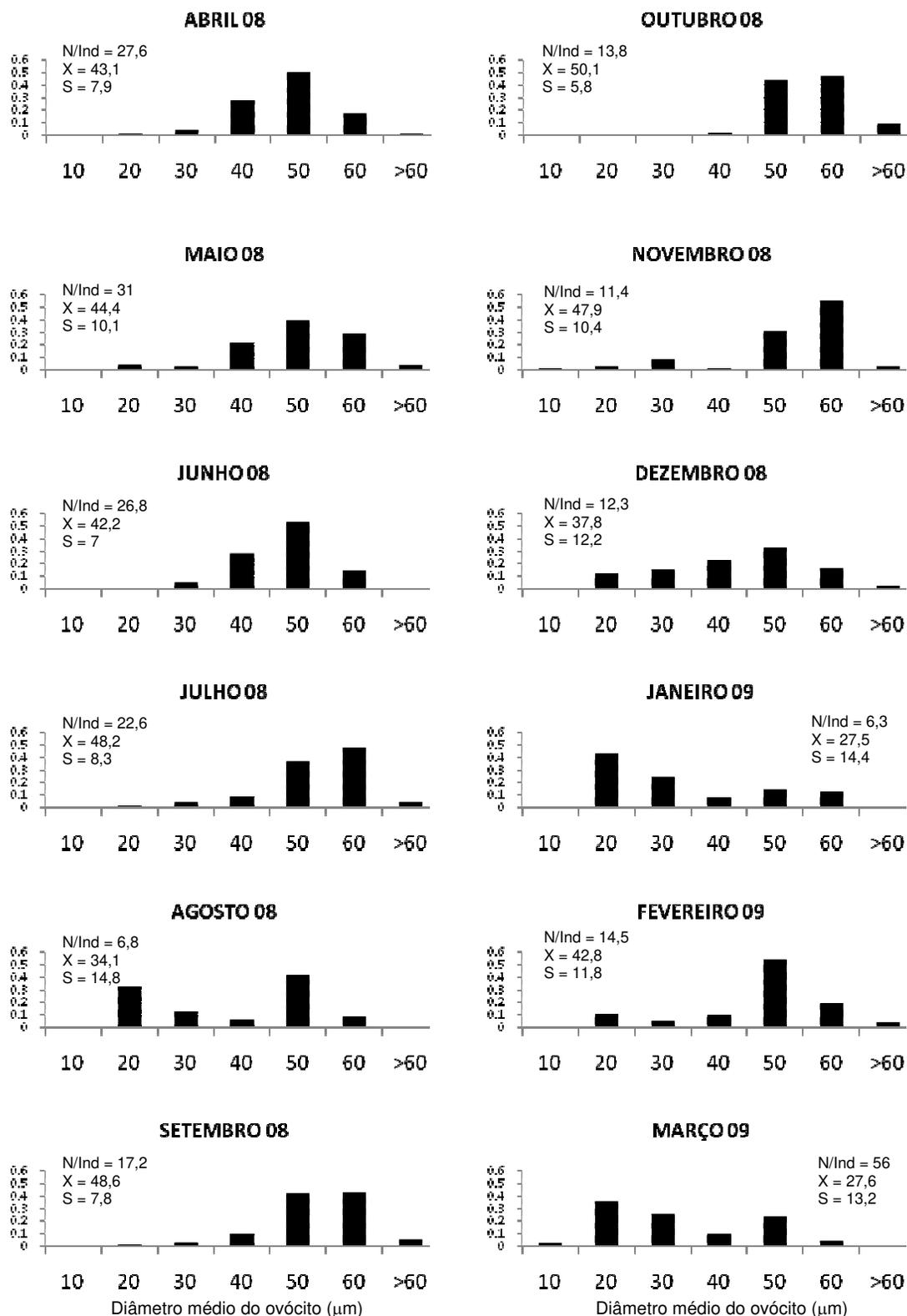


Fig. 2.13. Frequência relativa na distribuição mensal dos diâmetros dos ovócitos de *A. brasiliiana* coletados no Araçá. N/Ind – Número médio de ovócitos medidos por indivíduo. X – média do diâmetro dos ovócitos. S – desvio padrão do diâmetro médio dos ovócitos.

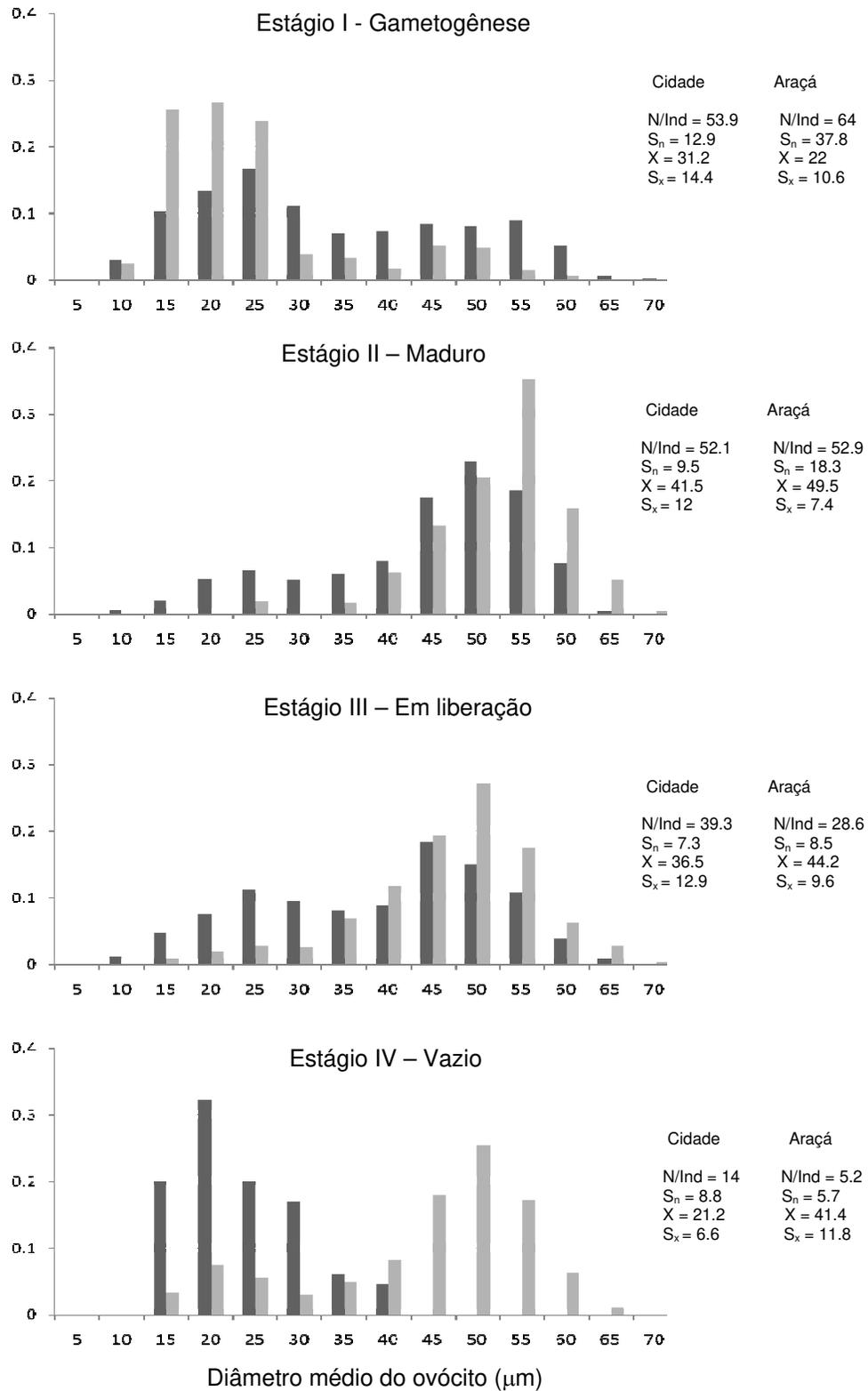


Fig. 2.14. *Anomalocardia brasiliiana*. Frequência relativa da distribuição dos diâmetros dos ovócitos em cada estágio de maturação dos folículos ovarianos na praia da Cidade e baía do Araçá. Barras escuras – Cidade. Barras claras – Araçá. N/Ind – Número médio de ovócitos medidos por indivíduo analisado. X – Tamanho médio dos ovócitos medidos. S – Desvio padrão.

Ciclo espermatogênico

Poucos machos em fase de produção de gametas foram observados na Baía do Araçá, com a presença de indivíduos nessa fase restrita aos meses de setembro de 2008 e fevereiro e março de 2009 (Fig. 2.15). Exemplares maduros estiveram presentes na quase totalidade do período estudado, ocorrendo em maior proporção entre abril e setembro de 2008. O estágio de liberação de gametas foi o mais representativo entre os indivíduos do Araçá (38% dos indivíduos). Indivíduos nesse estágio foram observados em todos os meses de coleta. Uma grande quantidade de indivíduos em período de vazio/repouso foi observado, sobretudo entre os meses de outubro de 2008 e março de 2009.

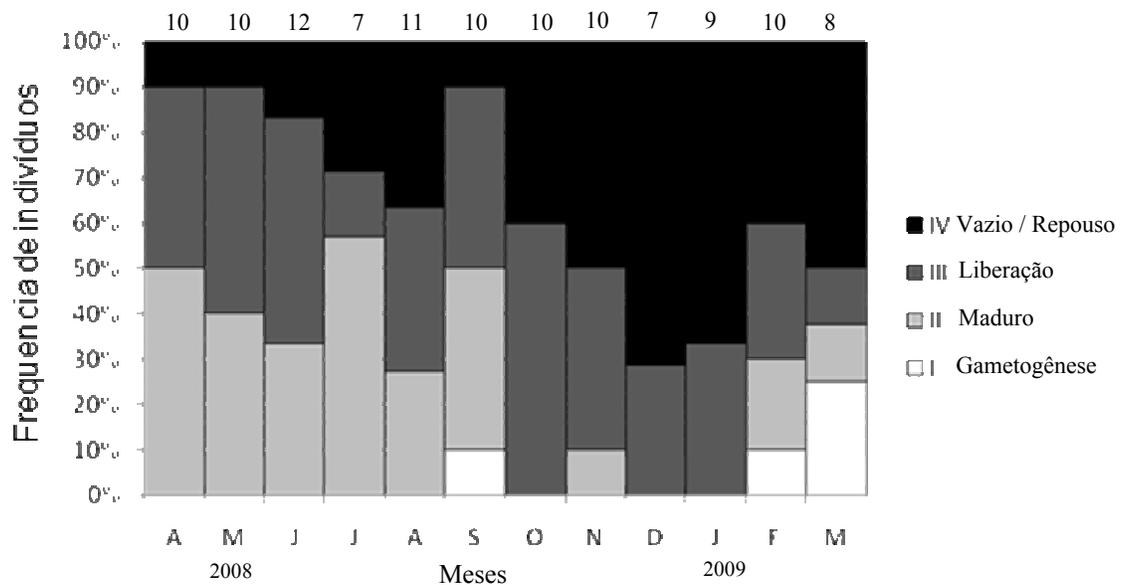


Fig. 2.14 – *Anomalocardia brasiliana*. Frequência relativa dos estágios de maturação dos folículos espermáticos dos indivíduos do Araçá. Os números sobre as barras indicam a quantidade de indivíduos analisados.

2.3.3 – Parasitismo

Durante a análise histológica para avaliação da biologia reprodutiva de *A. brasiliensis*, verificou-se a presença de parasitas na gônada de alguns indivíduos. A identificação dos parasitas foi possível apenas em nível de subclasse, sendo classificado como um Trematoda pertencente à Sub-Classe Digenea. Foram evidenciados 15 indivíduos infectados na praia da Cidade e 18 na baía do Araçá, correspondendo, respectivamente, a 7,25 e 7,75% do total de espécimes analisados.

Os indivíduos infectados apresentavam grande parte da massa visceral contendo esporocistos e cercárias, e pouco tecido interfolicular (Fig. 2.16). A presença do parasita ocasionou castração total em todos os indivíduos analisados, não sendo possível indentificar o sexo de nenhum dos 33 indivíduos infectados, sendo estes classificados apenas como parasitados. Nenhuma variação sazonal quanto à ocorrência de espécimes infectados foi observada nas duas áreas de estudo (Figs. 2.17).

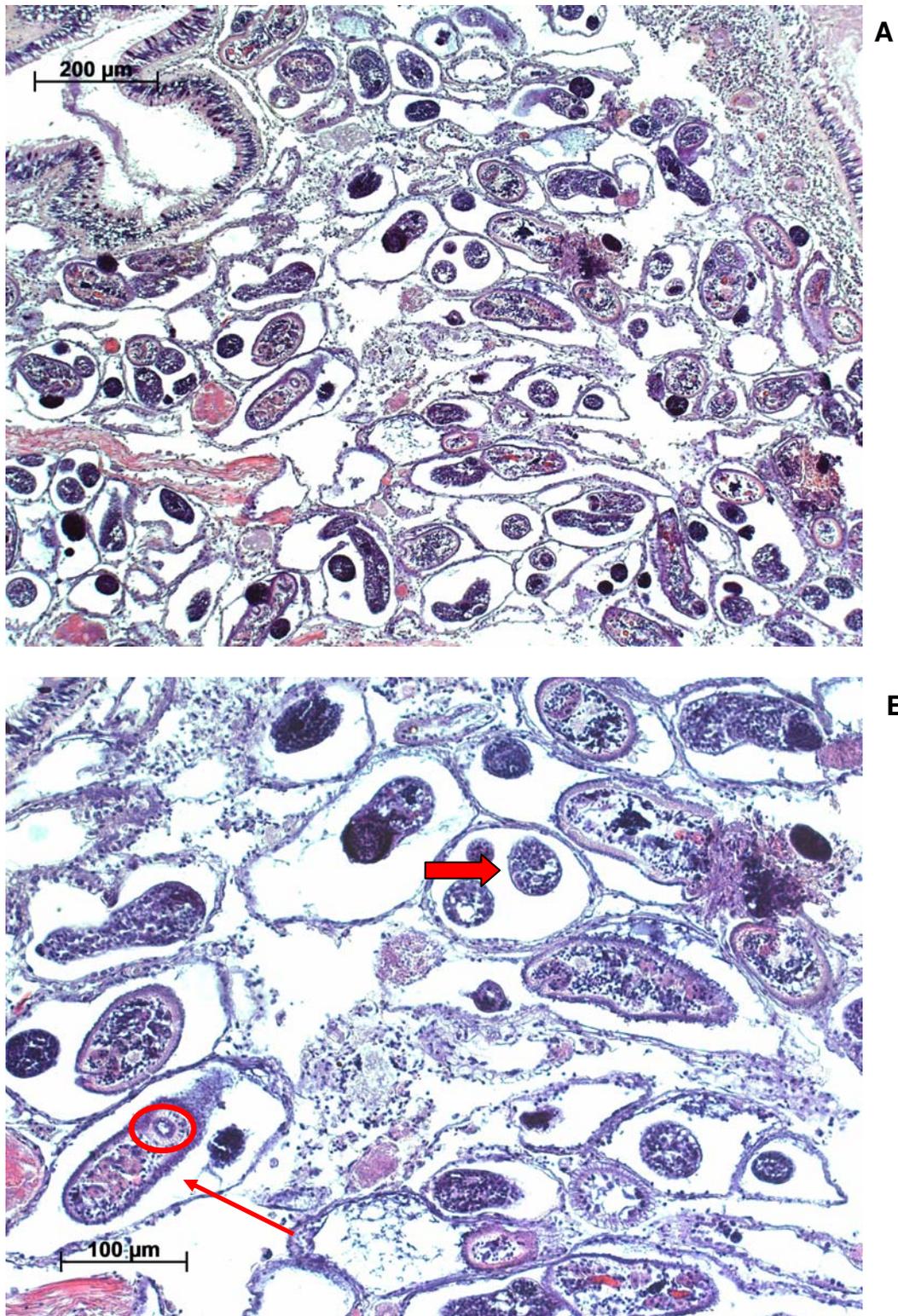


Fig. 2.16. *Anomalocardia brasiliana*. (A) Aspecto geral da massa visceral repleta de trematódeos. (B) Esporocistos (seta grossa) e cercarias (seta fina) com ventosa em destaque (círculo).

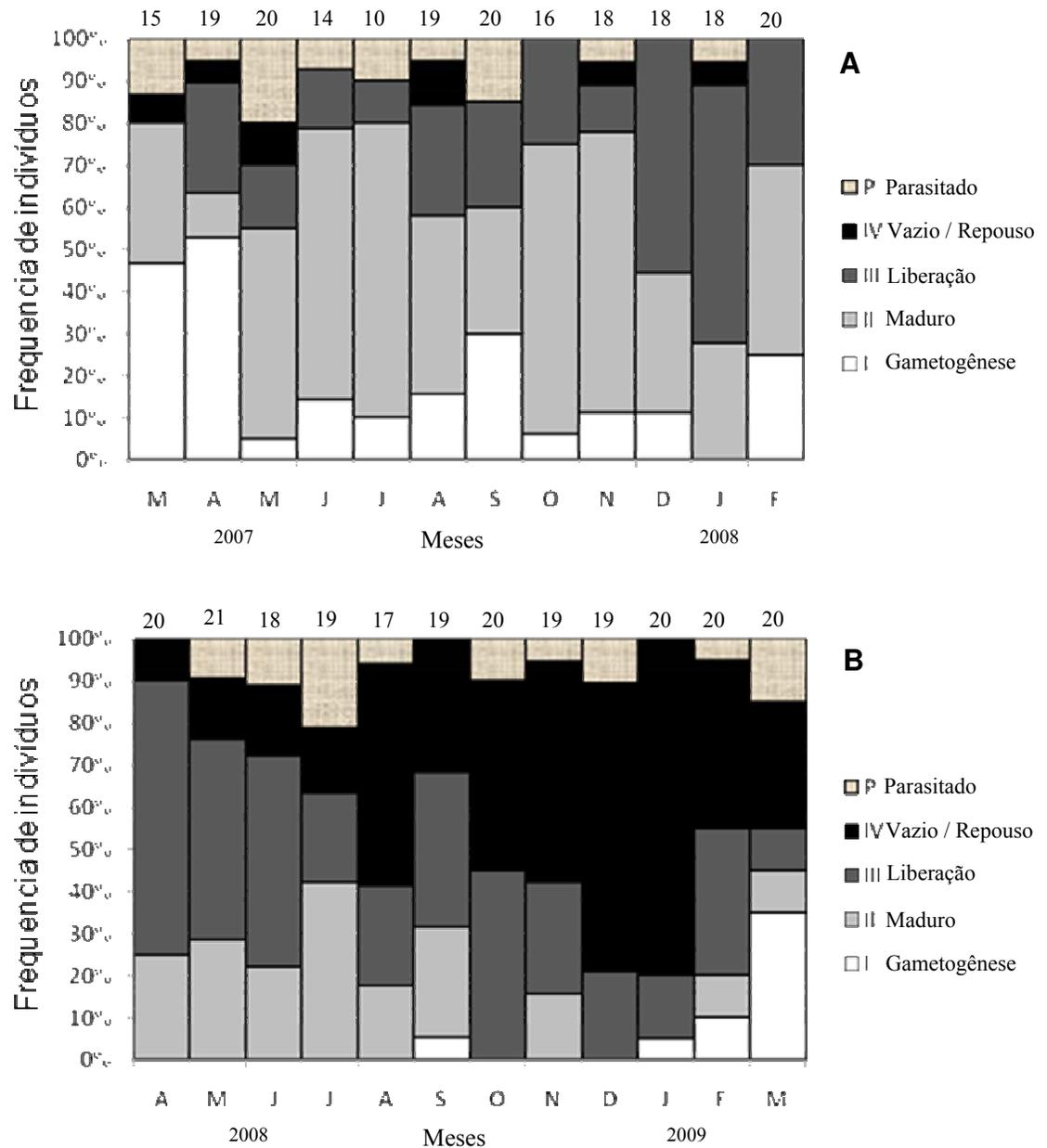


Fig. 2.17 – *Anomalocardia brasiliana*. Frequência relativa dos estágios de maturação dos folículos gonadais dos indivíduos da praia da Cidade (A) e baía do Araçá (B), incluindo os indivíduos parasitados. Os números sobre as barras indicam a quantidade de indivíduos analisados.

2.4 – DISCUSSÃO

2.4.1 - Razão sexual

Não foi constatada diferença na razão sexual dos indivíduos de *A. brasiliana* na praia da Cidade e na baía do Araçá. De acordo com Coe (1943), a grande maioria dos

bivalves possui sexos separados com número aproximadamente igual de machos e fêmeas, padrão corroborado com os resultados de McLachlan e Hanekom (1979), Peredo *et al.* (1987) e Grant e Creese (1995). Morton (1991) salienta que essa estabilidade entre os sexos ocorre mais claramente em espécies marinhas da zona entremarés; entretanto, variações desse padrão podem ser observadas, estando provavelmente relacionadas às condições ambientais e a diferentes populações da mesma espécie.

Para *A. brasiliiana*, diferentes proporções sexuais têm sido encontradas em populações ao longo do litoral brasileiro. Narchi (1976), em São Paulo; Grotta (1979) e Grotta e Lunetta (1980; 1982), na Paraíba; Peso (1980), na Bahia; Boehs (2000, 2008), no Paraná, e Barreira e Araújo (2005), no Ceará, analisando indivíduos de diversas classes de tamanho, encontraram uma maior frequência de machos. Boehs (2000) relaciona o maior número de machos a um maior suprimento alimentar do habitat, porém não explica como a maior quantidade de recursos de nutrientes poderia beneficiar somente o desenvolvimento deste sexo. Outra possibilidade levantada pela autora é uma maior mortalidade das fêmeas após a eliminação de gametas. Araújo (2001), estudando uma população de *A. brasiliiana* na Reserva Extrativista de Pirajubaé, em Santa Catarina, observou razão sexual 1:1 entre machos e fêmeas. Todavia, restringindo a análise para indivíduos com comprimento de concha superior a 30mm, machos ocorreram em menores proporções. Uma justificativa utilizada para tal observação seria uma maior longevidade para indivíduos do sexo feminino, tal como justificado por Brousseau (1995) em *Crassostrea virginica*.

Um grande número de estudos relaciona desproporções sexuais ao ciclo de vida das espécies, sobretudo com um maior número de machos nas etapas juvenis e uma

posterior obtenção de equilíbrio na fase adulta. Ropes *et al.* (1984) e Rowell *et al.* (1990), para a espécie *Artica islandica*, encontraram um maior número de machos em animais mais jovens e menores. Eversole (1980) salienta que tais desproporções são claramente observadas ao longo do ciclo de vida do venerídeo *Mercenaria mercenaria*. Morton (1991) relaciona o maior número de machos em idades juvenis a uma predação diferenciada sobre indivíduos desse sexo, o que resultaria em um equilíbrio sexual em idade adulta.

Apesar de a maioria dos estudos realizados com *A. brasiliiana* destacar razões sexuais desviadas a favor de um sexo, os resultados de 1:1 observados na praia da Cidade e baía do Araçá não discordam necessariamente de tais estudos. Deve-se salientar a restrição de classes de tamanho realizada no presente estudo, com a análise somente de indivíduos com comprimento de concha superior a 30 mm, o que não permite uma análise sobre a existência de diferentes proporções sexuais ao longo do ciclo de vida de *A. brasiliiana* na praia da Cidade e baía do Araçá. Contudo, a razão sexual de 1:1 observada nas duas áreas estudadas apóia a afirmação de Coe (1943) sobre o padrão observado para a maioria dos bivalves. Nesse sentido, e também considerando a hipótese de uma equalização tardia levantada para alguns venerídeos, é possível que a razão sexual observada nas duas áreas estudadas seja favorável ao sucesso reprodutivo e adaptativo de *A. brasiliiana*. Uma vez que indivíduos com comprimento de concha superior a 30mm estão seguramente aptos a produzir gametas, um número igual de machos e fêmeas pode favorecer o encontro de gametas masculinos e femininos (e a conseqüente fecundação), bem como evitar a ocorrência de endogamia nos dois locais analisados. Ainda nesse sentido, é possível que a relativa constância dos parâmetros ambientais observada nos

dois locais estudados, sem a constatação de alguma grande variação que possa estimular a produção de determinado sexo, possa colaborar para que a razão entre os sexos seja igual.

2.4.2 - *Ciclo Reprodutivo*

Nas duas áreas estudadas, os ciclos reprodutivos de machos e fêmeas de *Anomalocardia brasiliiana* estiveram relacionados, ocorrendo reprodução contínua com liberação de gametas ao longo de todo o período estudado. Na praia da Cidade houve um acentuado período de gametogênese no final do verão e início do outono (março e abril de 2007 e fevereiro de 2008) e um período de maior maturidade sexual durante o final do outono, inverno e início da primavera (maio a novembro de 2007). A liberação de gametas ocorreu ao longo de todo o período analisado, entretanto, com maior intensidade no início do verão (dezembro e janeiro de 2007). Indivíduos em repouso foram pouco frequentes na praia da Cidade e dispersos ao longo do ano. Na baía do Araçá, o período de maior gametogênese deu-se no verão (janeiro, fevereiro e março de 2009), enquanto indivíduos maduros foram observados principalmente no outono e inverno (abril a setembro de 2008). Uma liberação de gametas mais acentuada ocorreu no outono (abril, maio e junho de 2008) e primavera (setembro, outubro e novembro de 2008). Diferente do observado na Cidade, um grande período de repouso foi constatado no Araçá. A partir do final do inverno e durante a primavera e início do verão (agosto de 2008 a janeiro de 2009) foi registrada uma grande quantidade de indivíduos com poucos ou nenhum gameta presente.

Entre os estudos realizados sobre a biologia reprodutiva de *A. brasiliiana*, a população estudada por Barreira e Araújo (2005), na praia do Canto da Barra, Ceará,

apresentou ciclo de reprodução contínuo, no qual todos os estágios de desenvolvimento da gônada foram observados simultaneamente em quase todos os meses. Entretanto, dois períodos de maior liberação de gametas foram constatados, sendo o primeiro no final do inverno e início da primavera, e o segundo no final do verão e início do outono. No Estado da Paraíba, Grotta e Lunetta (1980) constataram um ciclo contínuo sem claro período de maior liberação de gametas. Narchi (1976), na baía de Santos, litoral de São Paulo, observou ciclo contínuo com dois períodos de liberação, um mais longo na primavera e outro mais curto no outono. Na baía de Paranaguá, Paraná, Boehs (2000) observou maior intensidade na eliminação de gametas no outono e primavera e nenhum período de repouso reprodutivo total. Araújo (2001), analisando a reprodução de indivíduos da Reserva Extrativista do Pirajubaé, Santa Catarina, registrou uma maior liberação de gametas no verão, outono e primavera, e um período de repouso no inverno e início da primavera.

Os ciclos gametogênicos observados na praia da Cidade e na baía do Araçá assemelham-se aos observados em outras áreas estudadas na costa brasileira, entretanto diferem consideravelmente entre si (Tabela 2.1). Nesse contexto, Morton (1991) ressalta que diferenças nos períodos de eliminação de gametas entre populações de regiões próximas podem ocorrer naturalmente. Na praia da Cidade, assim como observado por Narchi (1972), Grotta e Lunetta (1980), Boehs (2000) e Barreira e Araújo (2005), *A. brasiliiana* apresentou um padrão de reprodução contínua e com alguns períodos de liberação de gametas mais intensos. Esse padrão contínuo parece ser resultado de uma falta de sincronização dos ciclos gametogênicos entre indivíduos, uma vez que em praticamente todos os meses estudados foram observados pelo menos três estágios do

ciclo gametogênico nos espécimes analisados. Tal assincronia pode ser resultado da ausência de variação significativa das condições ambientais, o que resultaria na falta de estímulos bem definidos para que todos os indivíduos se comportassem de maneira semelhante. Tirado *et al.* (2003) obteve resultados semelhantes ao pesquisar o venerídeo *Venus verrucosa* no litoral de Málaga, sul da Espanha, assim como Morsan e Kroeck (2005) analisando outra espécie de venerídeo, *Amiantis purpurata*, no norte da Patagonia, Argentina.

Tabela 2.1. Revisão dos padrões reprodutivos de *Anomalocardia brasiliana*

	Gametogênese	Maduro	Em eliminação	Vazio
Santos (SP) (Narchi, 1976)			contínua (> out/prim)	sem período definido
Paraíba (Grotta e Lunetta, 1980)			contínua	sem período definido
Paranaguá (PR) (Boehs, 2000)			contínua (>out/prim)	sem período definido
Pirajubaé (SC) (Araújo, 2001)	ver/out/prim	out	contínua (>out/inv)	inv/prim
Fortim (CE) (Barreira e Araújo, 2005)	ver/inv	ver/inv	contínua (> out/prim)	sem período definido
Cidade, Caraguatatuba (SP) (este estudo)	ver/out	inverno	contínua (> prim/ver)	sem período definido
Araçá, São Sebastião (SP) (este estudo)	ver	out/inv	contínua (> out/prim)	prim/ver

Apesar de também ocorrer liberação de gametas ao longo de todo o período analisado na baía do Araçá, o período de repouso registrado é bastante semelhante ao observado por Araújo (2001) na costa de Santa Catarina. De acordo com a autora, os fenômenos reprodutivos estavam diretamente relacionados com a variação de

temperatura, sendo que em períodos de temperaturas mais elevadas os indivíduos apresentavam folículos em proliferação e maturação, assim como liberavam gametas. Com o declínio da temperatura, ocorreu uma pausa na gametogênese, maturação e liberação de gametas, definindo um período de repouso nas épocas mais frias. Meneghetti *et al.* (2004) salientam que um período de repouso no ciclo reprodutivo de bivalves está associado a algum fator de estresse, seja ele ambiental ou endógeno. Entre os fatores ambientais, a temperatura é considerada como um dos mais importantes na regulação do ciclo reprodutivo dos bivalves (Eversole, 1989); entretanto, ao observar as variações na temperatura da água registrada na baía do Araçá (capítulo 1), foram constatados valores próximos ao longo de todo o ano, não havendo nenhum padrão sazonal de variação, o que levanta a possibilidade de outro fator ser o responsável pelo grande período de repouso observado nessa localidade. Assim como a temperatura, não foi observada nenhuma alteração acentuada quanto aos valores de salinidade obtidos.

Durante o segundo semestre de coleta no Araçá, ocorreu um grande aumento na quantidade de macroalgas *Ulva* sp., o que pode ter influenciado o ciclo gametogênico dos indivíduos. Em um estudo sobre o impacto de macroalgas em comunidades bentônicas, Jones e Pinn (2006) destacam que, próximo ao substrato, um gradiente anóxico pode resultar da decomposição das algas, enquanto que a água próxima às algas pode se tornar supersaturada, ocasionando uma acentuada variação na quantidade de oxigênio. Essas alterações no ambiente levam a uma maior decomposição por bactérias tanto no sedimento quanto na coluna d'água (Nedergaard *et al.*, 2002), acarretando situações de hipóxia e anóxia. Ainda, de acordo com Peckol *et al.* (1994) e Raffaelli *et al.* (1998), um aumento na abundância de macroalgas representa um elevado estoque de

carbono e nutrientes no sistema, o que pode ocasionar mudanças nos ciclos biogeoquímicos, resultando em alterações nas cadeias alimentares, na fauna associada e nos processos do ecossistema. Raffaelli *et al.* (1998) ressaltam que alterações oriundas de uma grande abundância de macroalgas são complexas e resultam de diversos fatores, os quais incluem redução da velocidade de circulação da água e uma menor troca de oxigênio, podendo ocasionar situações de anóxia e produção de compostos sulfurados tóxicos.

Marinov *et al.* (2007), analisaram o impacto que *Ulva* sp. ocasiona na reprodução e crescimento do venerídeo *Tapes philippinarum*. Os autores observaram que, dependendo da intensidade, a presença da alga acarreta em uma queda de 14,3% a 28,3% na produção dos bivalves. Segundo os autores, o aumento na biomassa de *Ulva* sp. levou a um maior risco de anóxia, e esse fator foi responsável pela maior mortalidade e menor produção de *T. philippinarum*. Resultado semelhante foi registrado por Murphy (2006) no estuário de Avon-Heathcote, Nova Zelândia. Analisando o efeito da remoção de *Ulva lactuca* da região, o autor observou que a quantidade de oxigênio dissolvido na água aumenta com a diminuição da presença da alga. Na região entremarés, a camada de sedimento em que o oxigênio está disponível é confinada a não mais que os milímetros superiores (Revsbech, 1989), o que faz com que a disponibilidade de oxigênio se torne fator limitante, sobretudo em planícies de maré com granulometria fina (o que dificulta a difusão do oxigênio para o interior do sedimento) como a baía do Araçá. Além da menor disponibilidade de oxigênio, uma menor quantidade de alimento pode ser resultante da ocorrência de *Ulva* sp.. *Anomalocardia brasiliiana* é um bivalve filtrador que se alimenta de matéria em suspensão na coluna d'água e, assim, é importante que não existam

barreiras ao fluxo de alimento, ficando este livre para ser consumido pelos berbigões. Nesse sentido, apesar da quantidade de matéria orgânica encontrada no Araçá ser maior que a da Cidade, a presença de *Ulva* sp. pode constituir um obstáculo à aquisição de alimento, dificultando a circulação da água e resultando em uma menor obtenção de energia e um conseqüente menor investimento em reprodução. Importante salientar que, apesar dos resultados encontrados na literatura comprovando um efeito prejudicial da presença de macroalgas sobre espécies de bivalves, nenhum estudo sobre esse tema foi realizado com *A. brasiliiana*. Ainda nesse sentido, nenhum teste ou experimento foi realizado na praia da Cidade ou baía do Araçá, o que impossibilita alguma conclusão, cabendo apenas a formulação de hipóteses.

Análises quantitativas têm se mostrado um eficiente modo de caracterizar o processo de maturação gonadal, ajudando a diminuir a subjetividade das observações histológicas. Meneghetti *et al.* (2004) ressaltam que medidas obtidas com análises de imagens podem fornecer informações importantes sobre o ciclo reprodutivo de bivalves, sendo necessário análises qualitativas e quantitativas para uma mais precisa compreensão da biologia reprodutiva. Morsan e Kroeck (2005) e Kim *et al.* (2005) destacam que o tamanho médio e a quantidade de ovócitos medidos são eficiente medidas para a caracterização do ciclo gametogênico.

Nas duas áreas estudadas, análises quantitativas foram importantes para a definição dos estágios reprodutivos. Uma grande amplitude de valores na distribuição de frequência de tamanhos de ovócitos foi observada (de 6 a 68 μ m, Fig. 2.14) nos dois locais, refletindo uma alta variação inter- e intraindividual. Xie e Burnell (1994) e Meneghetti *et al.* (2004) encontraram resultados semelhantes analisando populações de

venerídeos do gênero *Tapes* na costa da Irlanda e da Itália, respectivamente. Em *A. brasiliana* no Litoral Norte de São Paulo, uma grande assimetria no tamanho dos ovócitos é observada no estágio de gametogênese, indicando indivíduos em processo de maturação. No estágio maduro é registrada uma pequena queda no número; entretanto ocorre uma acentuada elevação no diâmetro médio dos ovócitos. Com o início da liberação de gametas, o número e o tamanho dos ovócitos diminuem, atingindo menores valores no estágio de repouso. Estudos com outras espécies de bivalves mostram que, após o início da liberação de gametas, o diâmetro médio dos ovócitos diminui rapidamente, uma vez que os ovócitos maduros passam a ser eliminados (Barber e Blake, 1981, 1983; Lauren, 1982; Barber *et al.*, 1988).

As características morfológicas observadas nos ovócitos maduros de *A. brasiliana* na praia da Cidade e na baía do Araçá foram semelhantes entre si, mas diferem dos resultados obtidos por Moueza *et al.* (1999) nas Índias Ocidentais Francesas, Antilhas. O diâmetro médio de um ovócito maduro na Cidade foi de 47,2 μ m (\pm 5,9 μ m), enquanto no Araçá o valor obtido foi de 47,5 μ m (\pm 6,2 μ m). Moueza *et al.* (1999) registrou valores médios de 60 μ m para os ovócitos maduros. Nas duas áreas analisadas, foi observada uma grande variabilidade na distribuição de tamanhos de ovócitos maduros, o que pode ser responsável pelo menor diâmetro constatado. Ovócitos com diâmetro inferior a 40 μ m foram classificados como maduros, já que se encontravam totalmente soltos no lúmen, sem nenhum contato com as paredes do folículo. É possível que o menor diâmetro observado nesse estudo seja resultado de condições menos favoráveis ao acúmulo energético e o posterior investimento na produção de gametas nas duas áreas estudadas. Outra possibilidade seria que o ambiente encontrado no Litoral Norte de São Paulo

apresente condições bióticas mais adversas, com maiores taxas de predação de larvas e menor sucesso no recrutamento, que as observadas por Moueza *et al.* (1999). Dessa maneira, a adoção de uma estratégia reprodutiva com a produção de maiores quantidades de gametas e um menor investimento energético em cada um seria uma alternativa viável para compensar uma possível maior mortalidade nos estágios iniciais de desenvolvimento.

2.4.3 - Parasitismo

Apesar da importância para o manejo natural, cultivo e saúde dos consumidores, trabalhos sobre parasitas e doenças em moluscos são escassos no Brasil, destacando-se os realizados com espécies de ostras e mexilhões (Boehs *et al.*, 2010). Para o venerídeo *Anomalocardia brasiliana*, os poucos estudos são os de Narchi (1966), Araújo (2001), Boehs e Magalhães (2004), Barreira e Araújo (2005) e Boehs *et al.* (2010). De acordo com Kinne (1983), os principais agentes biológicos causadores de doenças em moluscos são vírus, bactérias, fungos, trematódeos digenéticos, poliquetas e copépodos. Entre estes, os trematódeos digenéticos são os mais frequentes e importantes parasitas de bivalves. Como resultado de efeitos físicos (abrasão ou pressão dos esporocistos) ou químicos (secreção de substâncias líticas, toxinas ou antagonistas endocrinológicos), esses simbiossomas podem ocasionar castração parasitária (Valderrama *et al.*, 2004), levando a uma total inibição da produção de gametas. Segundo Bower *et al.* (1994), os esporocistos dos trematódeos reduzem o conteúdo de glicogênio (reserva energética) dos tecidos e a eficiência do sistema circulatório, resultando em distúrbios na gametogênese e até castração.

Dos 439 indivíduos analisados na praia da Cidade e baía do Araçá, 33 (7,51%) estavam parasitados por trematódeos digenéticos. O número de espécimes infectados na Cidade correspondeu a 7,25% do total de indivíduos observados, enquanto no Araçá foi de 7,75%, não havendo diferença entre as áreas. Entre os trabalhos realizados com *A. brasiliiana*, Narchi (1966), nas regiões de São Vicente e Ubatuba, ambas localizadas em São Paulo, relatou a presença do trematódeo digenético *Bucephalopsis haimeana* (Trematoda: Bucephalidae) em 30% dos indivíduos analisados em São Vicente e a ausência de parasitas em Ubatuba. De acordo com o autor, a alta incidência de parasitas em São Vicente estaria relacionada aos baixos valores de salinidade.

Na Reserva Extrativista de Pirajubaé, Santa Catarina, Araújo (2001) relata um pequeno número de indivíduos parasitados, perfazendo um total de apenas 0,57% do total analisado. A autora salienta o baixo índice de infestação e uma possível melhor qualidade para o consumo dos indivíduos que habitam a reserva; entretanto, não discute profundamente as causas para a menor incidência de parasitismo. Ainda no Estado de Santa Catarina, Boehs e Magalhães (2004) observaram a ocorrência de esporocistos contendo massas germinativas e cercárias de um trematódeo digenético em 8,6% dos indivíduos em uma estação de coleta na baía Norte da ilha de Santa Catarina e em 5% dos indivíduos coletados na baía Sul da ilha.

No Nordeste brasileiro, Barreira e Araújo (2005) constataram a presença de esporocistos e cercarias de *Bucephalus sp.* nas gônadas de 2,7% dos indivíduos de *A. brasiliiana* habitantes da praia do Canto da Barra, no município de Fortim, Ceará. No estuário do rio Cachoeira, Litoral Sul da Bahia, Boehs *et al.* (2010) estudaram a ocorrência de parasitas em três espécies de bivalves exploradas comercialmente, uma

delas *A. brasiliiana*. De acordo com os resultados, foram observadas diferenças consideráveis entre diversidade de parasitas associadas às três espécies estudadas, sendo esporocistos de trematódeos o mais frequente em *A. brasiliiana* (7,43% dos indivíduos parasitados). Nenhuma variação temporal no número de indivíduos infectados foi constatada, o que, segundo os autores, se deveu à ausência de grandes flutuações na temperatura e salinidade.

A quantidade de indivíduos parasitados na praia da Cidade e baía do Araçá (7,25% e 7,75%, respectivamente) é bastante próxima à encontrada nos estudos realizados por Boehs e Magalhães (2004) e Boehs *et al.* (2010). Resultados semelhantes são observados em outros trabalhos com venerídeos na América do Sul, como o de Cremonte *et al.* (2001), estudando *Tagelus plebeius* em laguna Mar Chiquita, Nordeste da Argentina (8,3% dos indivíduos analisados estavam infectados por trematódeos digenéticos) e o de Cremonte *et al.* (2005) na região da Patagônia (Argentina), (ocorrência de esporocistos de trematódeos em 6,6% do total de indivíduos analisados da espécie *Protothaca antiqua*). A semelhança entre os valores obtidos no presente estudo e de outros encontrados na literatura pode indicar que índices de contaminação de bivalves, sobretudo venerídeos, por trematódeos digenéticos entre 5 e 10% sejam bastante comuns, caracterizando um padrão de infestação normal. Caso essa hipótese esteja correta, os valores obtidos para a praia da Cidade e a baía do Araçá podem ser considerados regulares, viabilizando a exploração comercial de *A. brasiliiana* com relação à presença de parasitas.

Apesar de haver diferenças na quantidade mensal de espécimes parasitados na Cidade e Araçá, nenhuma sazonalidade marcante foi observada. Boehs *et al.* (2010)

relacionam a falta de prevalência temporal de parasitas com uma pequena amplitude de temperatura e falta de padrões de variações de salinidade e pluviometria ao longo do ano. Possivelmente esse também seja o motivo para os resultados encontrados nas duas áreas de estudo, uma vez que não foram detectadas grandes alterações na temperatura e salinidade nas duas áreas durante o período estudado. Variações na densidade média (ver capítulo 3) não demonstraram ter influenciado na incidência de parasitismo. Considerando que as densidades observadas nas duas áreas estudadas foram abaixo dos valores encontrados em outros estudos (ver capítulo 3), é possível que o efeito do tamanho populacional na transmissão de parasitas seja percebido somente em densidades bastante elevadas, o que seria resultado de uma maior probabilidade do parasita encontrar seu hospedeiro e, assim, ocasionar um significativo aumento na infestação. Contudo, trabalhos que relacionem esses dois fatores são ausentes na literatura.

2.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albentosa, M., Fernández-Reiriz M.J., Labarta U. e Pérez-Camacho A. (2007) Response of two species of clams, *Ruditapes decussatus* and *Venerupis pullastra*, to starvation: Physiological and biochemical parameters. **Comp Biochem Physiol**, Part B 146:241–249
- Araújo, C. M. Y. (2001) **Biologia reprodutiva do berbigão *Anomalocardia brasiliana* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé**. 204 p. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- Araújo, M. L. R. (2004) **Ciclo reprodutivo e distribuição espacial de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia: Veneriidae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, CE.
- Araújo, M.L.R. e Rocha-Barreira, C.A. (2004) Occurrence of *Bucephalus* sp. (Trematoda: Bucephalidae) in *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Veneridae) at Canto da Barra Beach, Fortim, Ceará State, Brazil. **Arq Ciênc Mar**, Fortaleza, 37:35-37.
- Arellano-Martinez, M., Racotta, I.S., Ceballos-Vásquez, B.P. e Elourdy-Garay, J.F. (2004) Biochemical composition, reproductive activity and food availability of the lion's scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja Califórnia Sur, México. **J Shell Res**, 23: 15-23.
- Baqueiro, E.C. e Aranda, D.A. (2000) A review of reproductive patterns of bivalve mollusks from Mexico. **Bull Mar Sci**, 66: 13-27.
- Barber, B. J. e Blake, N. J., (1981) Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). **J Exp Mar Biol Ecol**, 52:121–134.
- Barber, B. J. e Blake, N. J., (1983) Growth and reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck) at its southern distributional limit. **J Exp Mar Biol Ecol**, 66:247–256.

- Barber, B. J.; Getchell, R.; Shumway, S. e Shick, D., (1988) Reduced fecundity in a deep-water population of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, in the Gulf of Maine, U.S.A. **Mar Ecol Prog Ser**, 42:207–212.
- Barreira, C.A.R. e Araújo, M.L.R. (2005) Ciclo reprodutivo de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na Praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará, Brasil. **Bol Inst Pesca**, 31:9-20.
- Boehs, G. (2000). **Ecologia Populacional, Reprodução e Contribuição em Biomassa de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia:Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 201p.
- Boehs, G. e Magalhães, R.M. (2004) Simbiontes associados com *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na Ilha de Santa Catarina e região continental adjacente, Santa Catarina, Brasil. **Rev Bras Zool**, 21(4):865–869.
- Boehs, G.; Absher, T.M. e Cruz-Kaled, A. C. (2008) Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) na baía de Paranaguá, Brasil. **Bol Inst Pesca**, São Paulo, 34(2): 259 – 270
- Boehs, G.; Villalba, A.; Ceuta, L. A. e Luz, J. R. (2010) Parasites of three commercially exploited bivalve mollusc species of the estuarine region of the Cachoeira river (Ilhéus, Bahia, Brazil). **J Invertbr Pathol**, 103:43–47.
- Bower, S.M., McGladdery, S.E. e Price, I.M., (1994) Synopsis of infectious diseases and parasites of commercially exploited shellfish. **Annu Rev Fish Dis**, 4:1–199.
- de Bravo M.I.S. (2003) Influence of salinity on the physiological conditions in mussels, *Perna perna* and *Perna viridis* (Bivalvia : Mytilidae). **Rev Biol Trop**, 51: 153-158
- Brousseau, D. J. (1995) Gametogenesis and spawning in intertidal oysters (*Crassostrea virginica*) from Western Long Island Sound. **J. Shellfish Res**, 14(2): 483- 487.
- Cano, J., Rosique, M.J. e Rocamora, J. (1997) Influence of environmental parameters on reproduction of the European flat oyster (*Ostrea edulis* L.) in a coastal lagoon (Mar Menor, southeastern Spain). **J Moll Stud**, 63:187-196.
- Coe, W.R. (1943) Development of the primary gonads differentiation of sexuality in *Teredo navalis* and other pelecypod mollusk. **Biol Bull**, Woods Hole, 84:178-186.
- Cremonte, F., Kroeck, M.A. e Martorelli, S.R., (2001) A new monorchiid (Digenea) cercaria parasitising the purple clam *Amiantis purpurata* (Veneridae) from the Southwest Atlantic Ocean, with notes on its gonadal effect. **Folia Parasitol**. 48:217-223.
- Cremonte, F.; Figueras, A. e Burreson, E.M. (2005) A histopathological survey of some commercially exploited bivalve molluscs in northern Patagonia, Argentina. **Aquaculture**, 249:23–33.
- Eversole, A.G.; Michener, W.K. e Eldridge, P.J. (1980) Reproductive cycle of *Mercenaria mercenaria* in a South Carolina estuary. **Proc Natio Shellf Assoc**, 70: 22-30.
- Eversole, A.G (1989) Gametogenesis and spawning in north american clam populations: implications for culture. In: Mazi, J.J.; Castagna, M. (eds). Clam mariculture in North America. **Developments in Aquaculture and Fisheries Science**. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Fretter, V. e Graham, A. (1962) **British prosobranch molluscs**. Royal Society of London, London.
- Fretter, V. e Graham, A. (1994) **British prosobranch molluscs. Their functional anatomy and ecology**. Royal Society of London, London.
- Gabbott, P.A., (1976). Energy metabolism. In: Bayne, B.L. (Ed.), **Marine Mussels: their Ecology and Physiology**. Cambridge University Press, 293–357 pp.
- Grant, C.M. e Creese, R.G (1995) The reproductive cycle of the tua tua- *Paphies subtriangulata* (Wood,1828), in New Zealand. **J Shellfish Res**, 2(14):287-292.
- Grotta, M. (1979). **Histofisiologia da reprodução de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin,1791) (Mollusca brasiliana: Bivalvia) do litoral do Estado da Paraíba**. Tese de doutorado, Instituto de Biociências da USP, 138p.
- Grotta, M. e Lunetta, J.E. (1980).Ciclo sexual de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin,1791) do litoral do Estado da Paraíba. **Rev Nordest Biol**, 1(3):5-55.
- Grotta, M.; e Lunetta, J. E. (1982). Morpho-functional alterations in the rough endoplasmic reticulum of vegetative oocytes in *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791). **Rev Nordest Biol**, 1(5):29-34.

- Heffernan, P.B.; Walker, R.L. e Carr, J.L. (1989) Gametogenic cycles of three bivalves in Vassaw Sound, Georgia: I *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758). **J Shellf Res**, 8:51-60.
- Jones, M. e Pinn, E. (2006) The impact of a macroalgal mat on benthic biodiversity in Poole Harbour. **Mar Pollut Bull**, 53:63-71.
- Kim, S.K.; Rosenthal, H.; Clemmesen, C.; Park, K.Y.; Kim, D.H.; Choi, Y.S. e Seo, H.C. (2005) Various methods to determine the gonadal development and spawning season of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby). **J Appl Ichthyol**, 21:101-106.
- Kinne, O. (1983) **Diseases of Marine Animals**. Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg.
- Lauren, D. J., (1982) Oogenesis and protandry in the purple-hinge rock scallop, *Hinnites giganteus* in upper Puget Sound, Washington, U.S.A. **Can J Zool**, 60:2333-2336.
- Lunetta J.E. (1969) Fisiologia da reprodução dos mexilhões (*Mytilus perna* - Mollusca Lammelibranchia). **Bolm Zool USP**, 1:33-111
- MacCord, F.S. e Amaral, A. C. Z. (2007) The reproductive cycle of *Scolecopsis goodbodyi* (Polychaeta, Spionidae). **Mar. Biol**, 151:1009-1020.
- Marinov, D.; Galbiati, L.; Giordani, G.; Viaroli, P., Norro, A.; Bencivelli, S. e Zaldívar, J.-M. (2007) An integrated modelling approach for the management of clam farming in coastal lagoons. **Aquaculture**, 269:306-320
- McLachan, A.; e Hanekom, N. (1979) Aspects of the biology, ecology and seasonal fluctuations in biochemical composition of *Donax serra* in the East Cape. **S Afr J Zool**, 14:183-193.
- Meneghetti, F., Moschino, V. e Da Ros, L., (2004) Gametogenic cycle and variations in oocyte size of *Tapes philippinarum* from the Lagoon of Venice. **Aquaculture**, 240:473-488.
- Moran, A.L. (1997) Spawning and larval development of the black turban snail *Tegula funebris* (Prosobranchia: Trochidae). **Mar Biol**, 128:107-114.
- Morsan, E.M. e Kroeck, M.A. (2005) Reproductive cycle of purple clam, *Amiantis purpurata* (Bivalvia: Veneridae) in northern Patagônia (Argentina). **J Mar Biol Ass UK**, 85:367-373.
- Morton, B. (1991) Do the Bivalvia demonstrate environment-specific sexual strategies? A Hong Kong model. **J Zool**, 223:131-142.
- Mouëza, M.; Gros, O e Frenkiel, L. (1999) Embryonic, Larval and Postlarval Development of the Tropical Clam, *Anomalocardia brasiliensis*, Bivalvia: Veneridae). **J Mollusca Stud**, 64:73-88,
- Murphy, G. (2006). **Ecological effects of *Ulva lactuca* in Avon-Heathcote Estuary**. Dissertação de Mestrado em Zoologia. Universidade de Canterbury, Nova Zelândia.
- Narchi, W. (1966) Encontro de *Bucephalopsis haimeana* (Lacaze-Duthiers) no Brasil. **Ciênc Cult**, São Paulo, 18:22-24.
- Narchi, W. (1972) Comparative study of the functional morphology of *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791) and *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia, Veneridae). **Bull Mar Sci**, 22:643-670.
- Narchi, W. (1974) Aspectos ecológicos e adaptativos de alguns bivalves do litoral paulista. **Papéis Avul Zool**, 27(19):235-262.
- Narchi, W. (1976) Ciclo anual da gametogênese de *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791) (Mollusca Bivalvia). **Bolm Zool USP**, 1:331-350.
- Nedergaard, R.I., Risgaard-Petersen, N. e Finser, K., (2002) The importance of sulfate reduction associated with *Ulva lactuca* thalli during decomposition: a mesocosm experiment. **J Exp Mar Biol Ecol**, 275:15-29
- Newell R.I.E., Hilbish T.J., Koehn R.K. e Newell C.J. (1982) Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. **Biol Bull**, 162:299-310
- Peckol, P., DeMeo-Anderson, B., Rivers, J., Valiela, I., Maldonado, M., Yates, J., (1994) Growth, nutrient uptake capacities and tissue constituents of the macroalgae *Cladophora vagabunda* and *Gracilaria tikvahiae*, related to site-specific nitrogen loading rates. **Mar Biol**, 121:175-185.
- Peredo S., Parada E. e Valdebenito I. (1987) Gametogenesis and reproductive cycle of the surf clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Bivalvia: Mesodesmatidae) at Queule beach, southern Chile. **The Veliger**, 30(1):55-68

- Peso, M. C. (1980) **Bivalves Comestíveis da Baía de Todos os Santos: Estudo Quantitativo com especial referência a *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin,1791) (Bivalvia:Veneridae)**. Curitiba. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 174p.
- Revsbech N.P. (1989) Diffusion characteristics of microbial communities determined by use of oxygen microsensors. **J Microbiol Methods**, 9:111-122.
- Ropes, J.W.; Murawski, S.A. e Serchuk, F.M. (1984) Size, Age, Sexual Maturity, and Sex Ratio in Ocean Quahogs. *Artica islandica* Linné, off Long Island, New York. **Fish. Bull.** 82:253-267.
- Rowell, T.W.; Chaisson, D.R. e McLane, J.T. (1990) Size and age of sexual maturity and annual gametogenic cycle in the ocean quahog, *Artica islandica* (Linnaeus, 1767) from coastal waters in Nova Scotia, Canada. **J Shellf Res** 9(1):195-203.
- Raffaelli, D.G., Raven, J.R. e Poole, L., (1998) Ecological impact of green macroalgal blooms. **Annu Rev Mar Biol Oceanogr**, 36:97-125.
- Tirado, C.; Salas, C. e Márquez, I (2003) Reproduction of *Venus verrucosa* L., 1758 (Bivalvia: Veneridae) in the littoral of Málaga (southern Spain). **Fish Res**, 63:437-445.
- Valderrama, K.; Oliva, M.; Campos, B. e Brown, D. (2004) Parasitic castration of *Eurhomalea lenticularis* (Bivalvia: Veneridae) by a digenetic trematode: quantitative histological analysis. **Dis Aquat Org.** 59: 151-158
- Xie, Q., Burnell, G.M., (1994). A comparative study of the gametogenic cycles of the clams *Tapes philippinarum* (Adams e Reeve 1850) and *Tapes decussatus* (Linnaeus) on the south coast of Ireland. **J Shellfish Res**, 13(2): 467-472.

DINÂMICA POPULACIONAL E
PRODUÇÃO SECUNDÁRIA

RESUMO

Os parâmetros populacionais densidade, estrutura populacional, crescimento, recrutamento, mortalidade e produção secundária de *Anomalocardia brasiliiana* foram analisados em duas praias do Litoral Norte de São Paulo. Os indivíduos foram amostrados mensalmente de março de 2007 a fevereiro de 2008 na praia da Cidade, Caraguatatuba, SP, e entre abril de 2008 e março de 2009 na baía do Araçá, São Sebastião, SP. Um total de 2852 indivíduos foi amostrado, sendo 1430 na Cidade e 1452 no Araçá. Não foram constatadas diferenças nas densidades médias anuais (Cidade= $52,92 \pm 19,82$ inds/m²; Araçá= $53,18 \pm 14,22$ inds/m²). No entanto, foram registradas variações significativas ao longo dos meses (Cidade: $H=53,2946$; $p<0,001$; Araçá: $H=27,5510$; $p=0,003$), porém não relacionadas às variações na temperatura do sedimento ou salinidade da água intersticial. A estrutura populacional de *A. brasiliiana* foi caracterizada pela presença de pelo menos duas coortes durante o ano, com recrutamento contínuo. O padrão de crescimento foi caracterizado como médio, com uma velocidade mais baixa que a registrada em outras latitudes. Entre áreas, indivíduos da Cidade apresentaram menor tamanho médio, maior comprimento assintótico e maior taxa de crescimento do que os do Araçá. Os índices de mortalidade, produção secundária e biomassa também foram superiores na Cidade, porém, nas duas áreas foram considerados elevados, o que caracteriza *A. brasiliiana* como um importante recurso pesqueiro na Cidade e no Araçá.

ABSTRACT

The density, population structure, growth, recruitment, mortality and secondary production of *Anomalocardia brasiliiana* were assessed in two locations on the northern coast of the state of São Paulo. The individuals were sampled monthly from March 2007 to February 2008 in the Cidade beach, and from April 2008 to March 2009 in the Araçá bay. A total of 2.852 individuals were collected, 1,430 at Cidade and 1,452 at Araçá, with no significant differences in the mean annual densities (Cidade= 52.92 ± 19.82 inds/m²; Araçá= 53.18 ± 14.22 inds/m²). For both areas, significant variations over the months were recorded (Cidade: $H=53.2946$; $p<0.001$; Araçá: $H=27.5510$; $p=0.003$) but this variation was not related to changes in the sediment temperature or interstitial water salinity. The population structure of *A. brasiliiana* was characterized by the presence of at least two cohorts, with continuous recruitment along the year. The growth pattern was characterized as moderate, with slower rate than those recorded on other studies. The individuals collected on the Cidade beach had a smaller mean size, a higher asymptote length and higher growth rate than the Araçá individuals. Mortality, secondary production and biomass were also higher at Cidade, but the values observed were considered high in both areas, characterizing *A. brasiliiana* as an important fishing at Cidade and Araçá.

3.1 - INTRODUÇÃO

O estudo da dinâmica populacional constitui instrumento fundamental no manejo adequado das espécies, uma vez que o desconhecimento das características demográficas de uma população (abundância, estrutura etária, taxa de crescimento, mortalidade e produção secundária) torna impossível a compreensão em escala temporal e espacial do comportamento dos organismos. Chatzinikolaou e Richardson (2008) ressaltam a importância destes parâmetros populacionais para o entendimento da biologia da espécie e de sua evolução e manutenção no ecossistema (Malaquias e Sprung, 2005), além da influência das pressões do ambiente (Cerrato, 1980). Grant *et al.* (1987) destacam que um dos principais fatores para a compreensão da dinâmica populacional é a determinação da proporção da população em cada classe de tamanho, com a sua posterior utilização para a obtenção de taxas de crescimento. Tais taxas dependem de fatores genéticos (Brey, 2001), assim como podem variar com mudanças na temperatura da água (Moran *et al.*, 1984; Chow, 1987), disponibilidade de alimento (Takada, 1995) e período reprodutivo (Moran *et al.*, 1984).

Informações sobre o crescimento são de grande valia para determinar a composição etária de uma população, de modo a caracterizar temporalmente eventos biológicos inerentes à população, como maturação gametogênica e recrutamento. Brey (2001) salienta que o conhecimento sobre o crescimento é fundamental para que parâmetros populacionais importantes como mortalidade e produtividade de uma população possam ser estimados. Segundo Petracco (2008), a produção é o meio pelo qual a energia torna-se disponível de um nível trófico para outro, sendo uma medida importante do funcionamento da população em um ecossistema (Dolbeth *et al.*, 2005). Estudos de

produção podem fornecer subsídios para o manejo racional dos recursos biológicos, o monitoramento de comunidades bentônicas e as análises de teias tróficas (Petracco, 2008), podendo também adquirir importância econômica quando relacionados com a exploração de estoques de peixes e de invertebrados como crustáceos e moluscos (Brey, 2001). Segundo Defeo (1996), grande parte da importância dos estudos sobre a biologia populacional de moluscos bivalves se deve ao fato de muitas espécies serem coletadas e utilizadas na alimentação humana.

Entre os estudos sobre biologia populacional de espécies pertencentes ao gênero *Anomalocardia*, destacam-se os trabalhos realizados com *A. squamosa* em Hong Kong, China, por Morton (1978), e em Guadalupe, Caribe, por Monti *et al.* (1991) e Lee (1996). Na costa brasileira, estudos populacionais com *A. brasiliiana* foram realizados por Schaeffer-Novelli (1976, 1980), Arruda-Soares *et al.* (1982), Pezzuto e Echternacht (1999), Salvador (2001), Araújo (2004), Souza (2007), Boehs *et al.* (2008) e El-Deir (2009). Apesar de bastante explorada comercialmente, muitos aspectos da dinâmica populacional de *A. brasiliiana* carecem de melhor entendimento, sobretudo com relação aos fatores abióticos que podem exercer forte influência em sua abundância e produtividade.

Neste contexto, o objetivo do presente capítulo é analisar alguns parâmetros da biologia populacional de *Anomalocardia brasiliiana* como densidade, estrutura populacional, crescimento, recrutamento e produção secundária na praia da Cidade e baía do Araçá. Por se tratar de um importante recurso pesqueiro, atenção será dada a razão de renovação (P/B) de *A. brasiliiana*, uma vez que esta é relacionada com a capacidade de exploração de uma população (Petracco, 2008).

3.2 - METODOLOGIA

3.2.1 - Procedimentos de campo e laboratório

Os indivíduos de *Anomalocardia brasiliiana* foram amostrados mensalmente, em dias de marés de sizígia, de março de 2007 a fevereiro de 2008 na praia da Cidade, e de abril de 2008 a março de 2009 na baía do Araçá. Para maiores informações acerca das áreas de estudo e da amostragem dos indivíduos consulte o capítulo 1.

Todos os indivíduos foram quantificados e tiveram o comprimento máximo (eixo antero-posterior) da concha medido com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. As estimativas de produção secundária foram realizadas no Laboratório de Macrobentos Marinhos do Departamento de Biologia Animal do Instituto de Biologia da UNICAMP. Para tanto, os indivíduos foram separados de suas conchas e suas partes moles secas em estufa a 80°C durante 24 horas, para a obtenção dos pesos secos (PS). As cinzas restantes do peso seco (CRPS) foram obtidas após a queima das partes moles a 550°C em forno mufla durante 5 horas (Urban e Campos, 1994). O peso livre de cinzas (PSLC) foi calculado subtraindo o peso das cinzas (CRPS) do peso seco (PS) (Urban e Campos, 1994).

3.2.2 - Análise dos dados

Os dados de densidade e tamanho foram inicialmente avaliados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Este procedimento prévio permitiu a escolha de testes paramétricos e não paramétricos adequados para cada conjunto de dados. Comparações das densidades médias anuais entre as duas localidades foram realizadas por meio de um

teste t de Student. A existência de variações mensais nas densidades em cada população foi avaliada por uma análise de variância (ANOVA). O teste U de Man-Whitney foi utilizado para a comparação do tamanho médio de *A. brasiliana* entre as duas áreas. Para cada uma, variações mensais nos comprimentos médios da concha foram avaliadas por meio do teste de Kruskal-Wallis. A existência de diferentes grupos etários nas populações de *A. brasiliana* foi observada por meio das distribuições das frequências mensais de tamanho, permitindo a identificação de padrões de crescimento e de recrutamento.

Para realizar a análise de crescimento, as distribuições de frequências de comprimento mensais foram usadas de acordo com os procedimentos sugeridos por Gómez e Defeo (1999) e Defeo *et al.* (2001), que consiste em: (i) separar as distribuições de frequências de comprimento por meio da rotina NORMSEP do programa FISAT (Gayaniilo *et al.*, 1996); (ii) designar idades absolutas para as respectivas coortes (comprimentos) e construir a relação idade-comprimento; (iii) utilizar o resultado da relação idade-comprimento para ajustar a curva de von Bertalanffy modificada para oscilação sazonal no crescimento (VBGF: Gayaniilo *et al.*, 1996) pelo teste não linear dos mínimos quadrados:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{[-K(t-t_0) + (KC/2\pi) \sin 2\pi(t-wp) - (KC/2\pi) \sin 2\pi(t_0 - wp)]}]$$

onde L_t é comprimento (mm) na idade t ; L_∞ é o comprimento máximo teórico atingido pela espécie; K é o parâmetro de curvatura; C é a constante de amplitude da oscilação sazonal no crescimento; t_0 é a idade teórica no comprimento zero; wp é o período de redução de crescimento, expresso como uma fração decimal do ano. O método de Pauly (1979) foi utilizado para determinar t_0 :

$$\log(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \log L_\infty - 1.038 \log k$$

O índice de crescimento phi-prima (ϕ'), definido como: $\phi' = 2 \log_{10}(L_{\infty}) + \log_{10}K$ (Pauly e Munro, 1984; Defeo *et al.*, 1992) foi usado para medir o desempenho do crescimento.

A taxa instantânea de mortalidade (Z) foi calculada com base no modelo exponencial negativo simples usando o método da curva de captura convertida em comprimento (Pauly *et al.*, 1984) fornecida pelo programa FISAT (Gayanilo *et al.*, 1996). A estimativa de Z foi dada por: $\ln(N) = g - Zt$, onde N é o número de indivíduos; g é o ponto de intersecção da regressão; Z , em módulo, é a mortalidade instantânea estimada; e t , a idade estimada em cada coorte (Pauly *et al.*, 1984).

A longevidade foi estimada pelos parâmetros de crescimento de VBGF e com base em $L_{99\%}$ do comprimento representando 99% da população (Sparre *et al.*, 1989).

A produção secundária foi estimada utilizando-se o método taxa de crescimento peso-específica (Crisp, 1984), a qual é dada pela seguinte equação: $P = \sum f_i G_i W_i \Delta t$, onde f é o número médio de indivíduos na classe de tamanho i na população durante o período Δt , G_i é a taxa de crescimento peso-específica em massa na classe de tamanho i , W_i é o peso médio do corpo na classe de tamanho i , e Δt é o intervalo de tempo. G_i foi obtido através da equação: $G_i = bK[(L_{\infty}/L_i)-1]$, onde b é o expoente da relação peso-comprimento, K e L_{∞} parâmetros da VBGF, e L_i é o comprimento médio na classe de tamanho i . A biomassa média anual foi calculada como: $\bar{B} = \sum f_i W_i \Delta t$. A partir desses dois parâmetros, foi calculada a taxa de renovação, dada pela razão entre produção secundária e a biomassa (P/B).

3.3 - RESULTADOS

3.3.1 - Densidade

Um total de 2882 indivíduos de *Anomalocardia brasiliana* foi amostrado. Na praia da Cidade foram amostrados 1430 indivíduos, e no Araçá 1452 indivíduos. Não houve diferença significativa na densidade média entre as áreas estudadas (Cidade= $52,92 \pm 19,82$ inds/m²; Araçá= $53,18 \pm 14,22$ inds/m²), entretanto variações mensais em tais parâmetros foram registradas para cada praia (Cidade: $H=53,2946$; $p<0,001$; Araçá: $H = 27,5510$; $p = 0,003$) (Fig. 3.1).

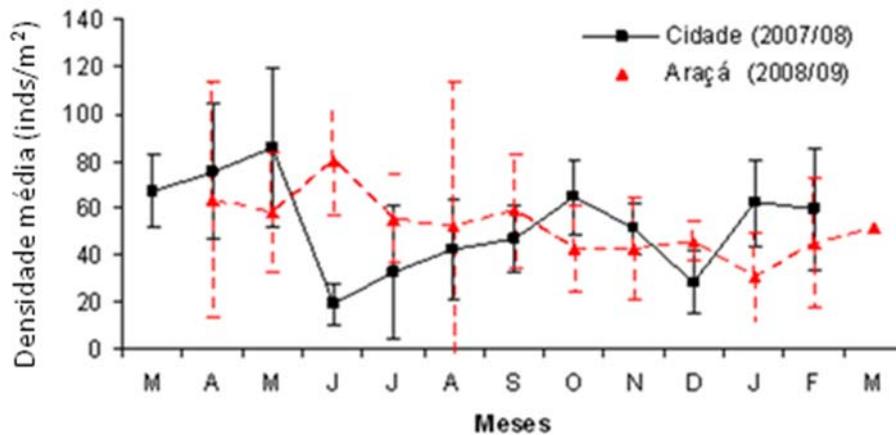


Fig 3.1 - *Anomalocardia brasiliana*. Variação temporal da densidade média nas praias da Cidade (março de 2007 a fevereiro de 2008) e do Araçá (abril de 2008 a março de 2009). As barras verticais indicam o desvio padrão da média.

Na Cidade, ocorreu forte redução na densidade de maio ($85,33 \pm 33,46$ inds/m²) a junho ($19,11 \pm 8,58$ inds/m²). Neste período, houve diminuição na temperatura do sedimento de 29°C em abril para 20°C em junho e julho (Fig 3.2). A partir de julho, a densidade de *A. brasiliana* aumenta e, em outubro, atinge $64,44 (\pm 16,12)$ inds/m². Durante esse período, a temperatura sofreu apenas pequenas oscilações. No mês de dezembro a densidade volta a reduzir ($28,44 \pm 13,05$ inds/m²) para aumentar em janeiro ($62,22 \pm 18,41$ inds/m²). Em dezembro de 2007, e janeiro e fevereiro de 2008 foram

registrados os maiores valores de temperatura do sedimento (31°C, 28°C e 29°C, respectivamente).

No Araçá, os maiores valores de densidade foram encontrados nos três primeiros meses de coleta (abril, maio e junho), alcançando 79,55 (\pm 25,29) inds/m² em junho de 2008 (Fig. 3.3). Enquanto isso, a temperatura sofreu uma queda, de 25°C em maio para 21°C em junho. Em julho, o número médio de indivíduos por metro quadrado diminuiu para 55,11 (\pm 23,07) e se manteve constante até setembro, período no qual a temperatura não sofreu grandes alterações e se manteve próximo à 25°C. A partir de outubro, ocorre uma nova queda na densidade atingindo o menor valor encontrado durante todo o período de estudo no mês de janeiro de 2009 (30,22 \pm 8,53 inds/m²). Em fevereiro, a densidade média no Araçá volta a crescer, atingindo 51,11 (\pm 27,64) inds/m² em março de 2009. Entre setembro e dezembro não foram observadas grandes alterações na temperatura, sendo que foram registrados os maiores valores em janeiro e fevereiro de 2009 (29°C e 28°C, respectivamente).

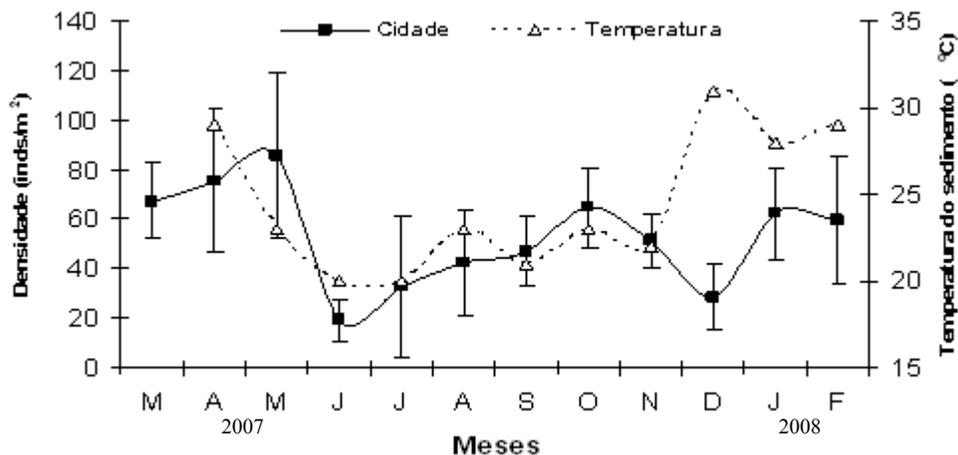


Fig 3.2 - *Anomalocardia brasiliiana*. Variação temporal da densidade média e da temperatura do sedimento na praia da Cidade. As barras verticais indicam o desvio padrão da média.

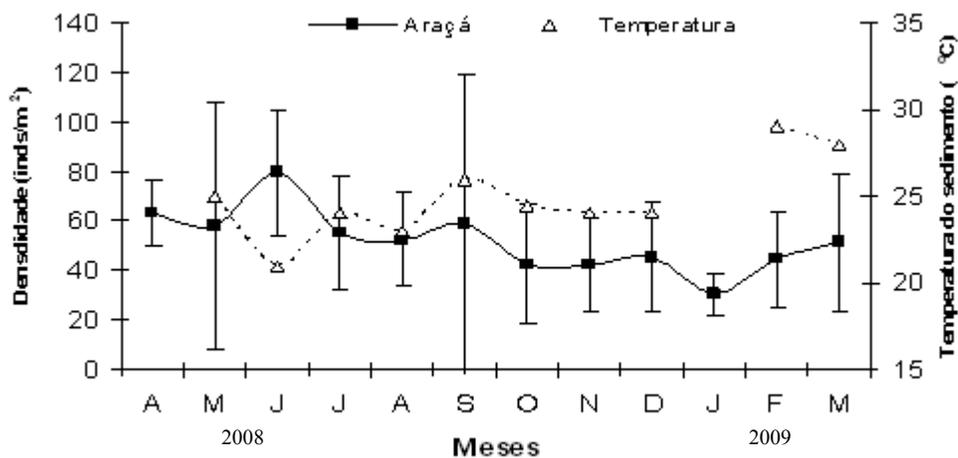


Fig 3.3 - *Anomalocardia brasiliana*. Variação temporal da densidade média e temperatura do sedimento na baía do Araçá. As barras verticais indicam o desvio padrão.

Não foram constatadas diferenças significativas na comparação das densidades médias entre os níveis de uma mesma área ($F = 1,8411$; $p = 0,1222$) e entre os níveis das duas áreas ($F = 0,004492$; $p = 0,9498$) (Fig. 3.4).

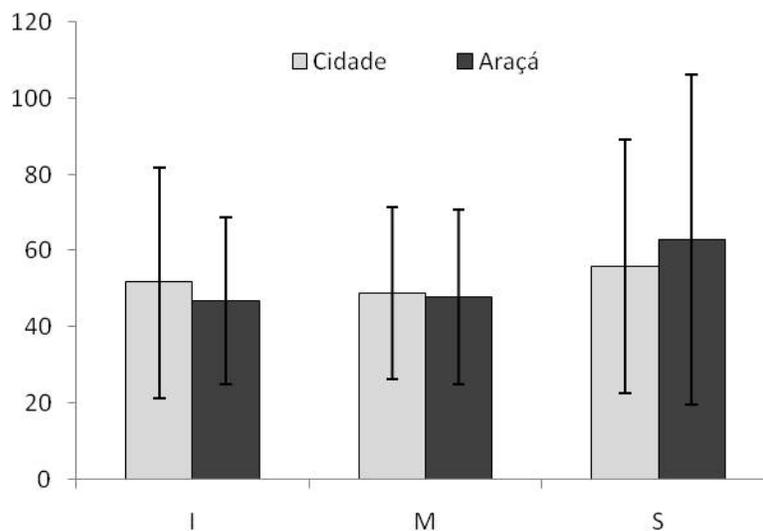


Fig. 3.4. *Anomalocardia brasiliana*. Densidade média observada nos níveis das duas áreas de coleta. As barras indicam o desvio padrão. Níveis: I, inferior; M, médio e S, superior.

Poucas variações temporais ocorreram dentro dos níveis em ambas as áreas (Fig. 3.5). Na Cidade, houve uma maior densidade nos meses iniciais do período de coleta (abril e maio de 2007) nos níveis superior e inferior ($p < 0,001$). No Araçá, no nível superior, observa-se uma maior densidade nos meses de maio, junho e setembro ($p = 0,0038$).

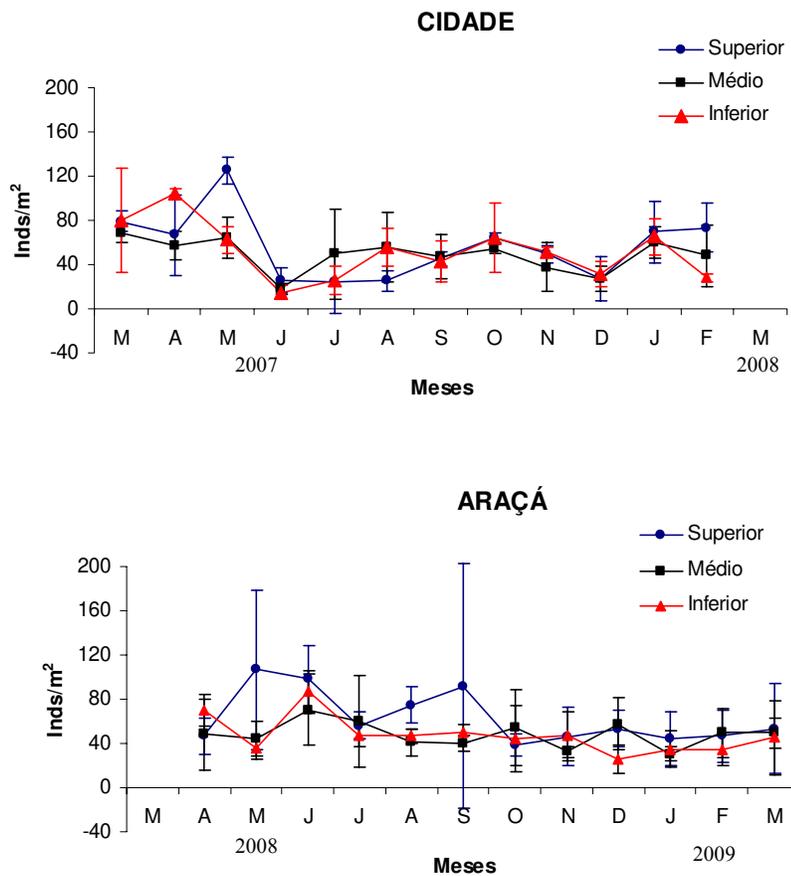


Fig. 3.5. *Anomalocardia brasiliana*. Variação da densidade nos níveis para cada área estudada. As barras indicam o desvio padrão.

3.3.2 – Estrutura populacional, recrutamento e crescimento

3.3.2.1 - Praia da Cidade

O tamanho médio dos indivíduos de *Anomalocardia brasiliana* amostrados na Cidade foi de 16,21mm ($\pm 11,4$). O maior (40,8 mm) e o menor (1,5 mm) espécimes

foram encontrados no mês de agosto. A classe de 3,01-6 mm foi a mais representativa ao longo dos 12 meses de coleta, compondo 22,26% dos indivíduos coletados (Fig.3.6). Foi encontrada uma significativa variação mensal no tamanho médio dos indivíduos ($H = 162.770$; $p = 0$), com os menores valores encontrados nos meses de março, abril e maio (Fig. 3.7). Ao comparar a variação do tamanho em relação à da densidade, observa-se que os maiores valores médios de densidade ocorreram nos meses em que os indivíduos tiveram menor tamanho médio (Fig. 3.8).

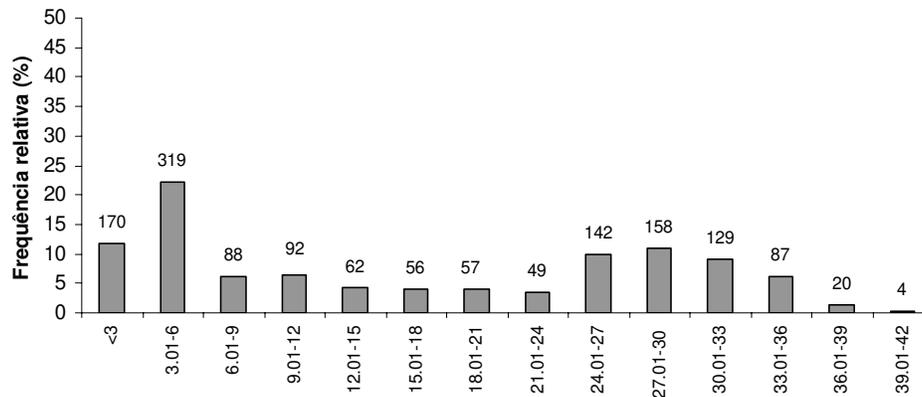


Fig. 3.6 - *Anomalocardia brasiliana*. Distribuição relativa dos indivíduos por classes de tamanho (mm) na praia da Cidade. O número sobre a coluna indica a quantidade de indivíduos amostrados em cada classe de tamanho.

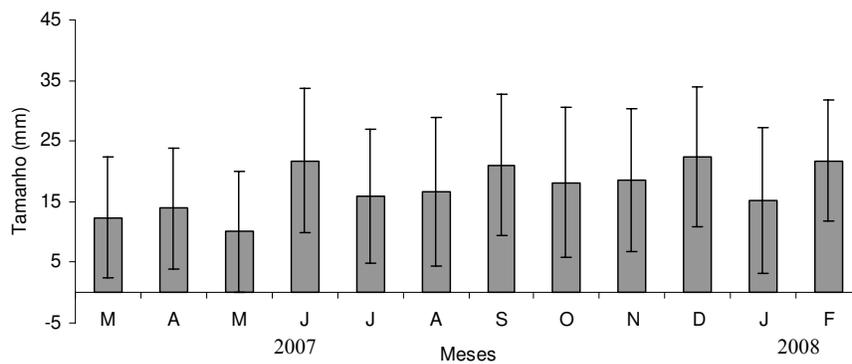


Fig. 3.7 - *Anomalocardia brasiliana*. Tamanho médio dos indivíduos na praia da Cidade. As barras indicam o desvio padrão.

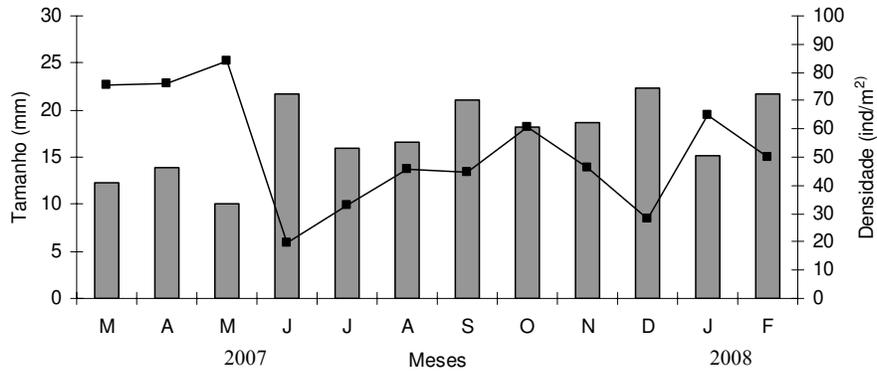


Fig. 3.8 – *Anomalocardia brasiliana*. Variação do tamanho médio (colunas) e densidade (linha) ao longo do tempo na praia da Cidade.

Durante o período analisado, três coortes foram identificadas na Cidade, uma de indivíduos adultos e duas de juvenis. Duas coortes estavam presentes em março de 2007, uma adulta, cujo tamanho modal estava situado na classe 30-33 mm (coorte 1) e outra jovem, provavelmente resultante de um evento de recrutamento ocorrido em meados do ano anterior (inverno/primavera de 2006), e cuja moda se situava na classe de 3–6 mm (coorte 2) (Fig. 3.9). Em janeiro de 2008, a coorte 1 deixou de ser registrada. Entretanto, é possível que tenha ocorrido uma sobreposição dos indivíduos da coorte 1 com a coorte 2, a qual continuou sendo observada durante todo o período de estudo. No mês de fevereiro de 2008, a coorte 2, após um rápido crescimento, estava com sua moda situada na classe de 30-33 mm. Um segundo pico de recrutamento ocorre no início de 2007 (verão/outono) e, em maio desse ano, é registrada uma terceira coorte (coorte 3) com tamanho modal na classe de 0–3 mm (Fig. 3.9). Em fevereiro de 2008, o tamanho modal dos indivíduos da coorte 3 situava-se na classe de 9-12 mm. De acordo com as análises realizadas com o programa FISAT, observou-se um padrão de recrutamento contínuo entre os meses de janeiro e novembro, com maior intensidade entre abril e agosto (Fig. 3.10).

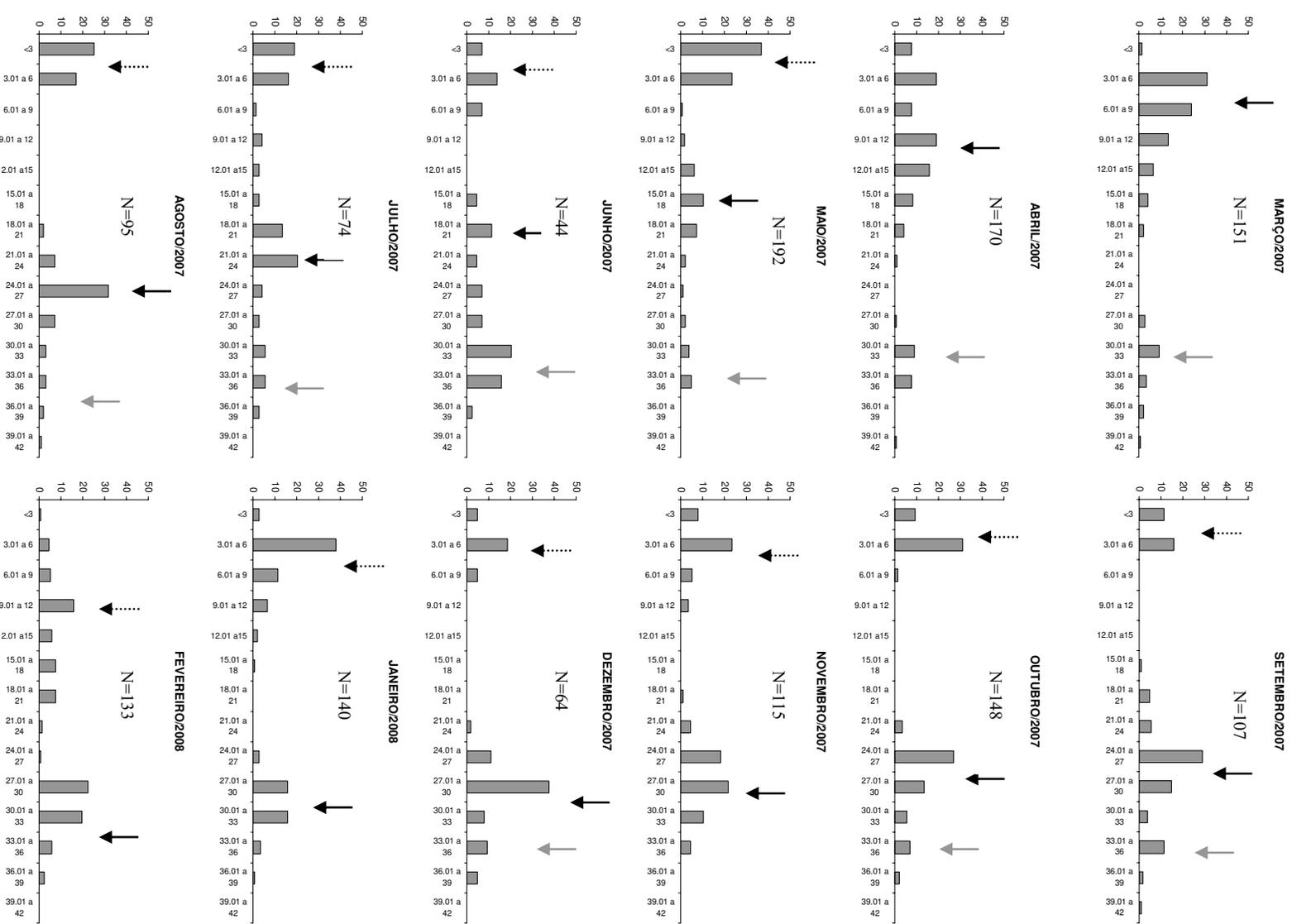


Fig. 3.9 – *Anomalocardia brasiliiana*. Histogramas de frequências relativas de classes de tamanho (comprimento em mm) na Cidade. Setas indicam as diferentes coortes: cinza: coorte 1; preto: coorte 2; tracejada: coorte 3. N: número total de indivíduos coletados por mês.

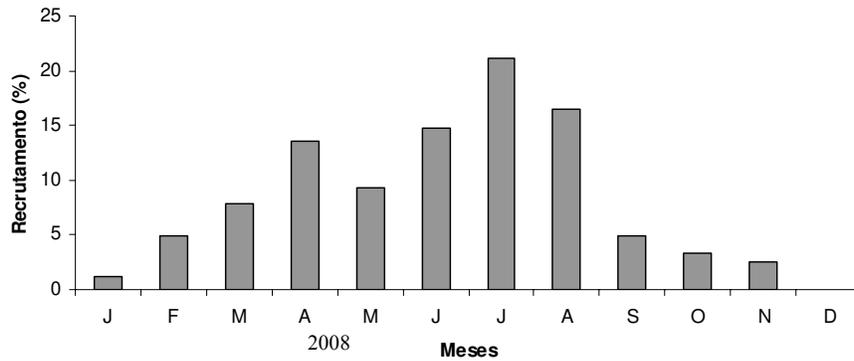


Fig. 3.10 – *Anomalocardia brasiliana*. Padrão de recrutamento obtido por meio da curva de crescimento de Von Bertalanffy para a praia da Cidade. Gerado pelo programa Fisat.

O tamanho assintótico de *A. brasiliana* na praia da Cidade foi estimado em 50,64 mm, sendo que 100% dos indivíduos encontram-se abaixo deste tamanho. A constante de crescimento K (0,526) e a constante de oscilação C (-0,989) demonstram rápido crescimento com alta oscilação (Fig. 3.11). O ponto de crescimento mínimo (WP) foi de 0,743 e o índice de crescimento phi-prima (ϕ') calculado foi de 3,13.

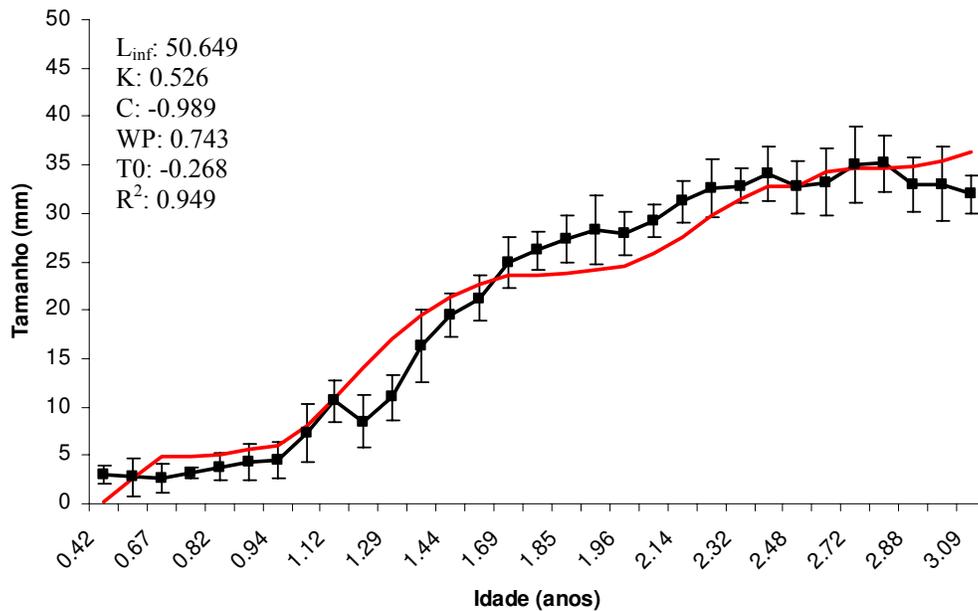


Fig. 3.11 – *Anomalocardia brasiliana*. Curva de crescimento estimada segundo a função de crescimento sazonal de Von Bertalanffy para a praia da Cidade. Linha com marcações: valor observado. Linha contínua: valor esperado.

3.3.2.2 - Baía do Araçá

O tamanho médio dos indivíduos de *Anomalocardia brasiliana* na baía do Araçá foi de 21,98 mm ($\pm 11,43$) O maior espécime, com 39,96 mm de comprimento de concha, foi encontrado no mês de junho; enquanto o menor em maio (1,62 mm). A classe de 30-33 mm foi a mais representativa ao longo dos 12 meses de coleta, compreendendo 19,70% dos indivíduos (Fig. 3.12). Foi encontrada uma variação sazonal no tamanho médio dos indivíduos ($H = 151,73$; $p = 0$), com os menores valores situando-se nos meses de abril, maio e junho de 2008 e fevereiro de 2009 (Fig. 3.13). Assim como o observado na Cidade, ao analisar a variação do tamanho dos indivíduos em relação à variação da densidade, observa-se que os maiores valores de densidade ocorreram nos meses de menor tamanho dos indivíduos (Fig. 3.14).

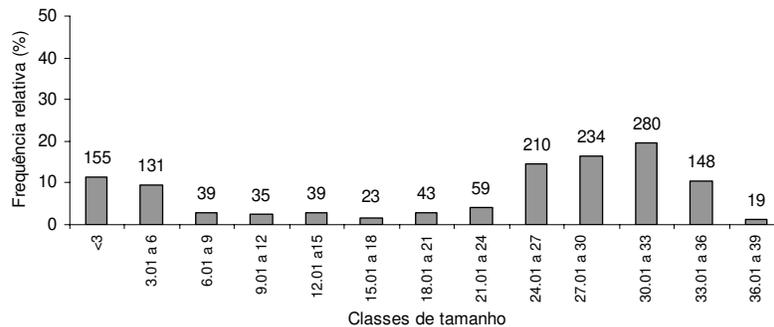


Fig. 3.12 - *Anomalocardia brasiliana*. Distribuição relativa dos indivíduos por classes de tamanho (mm) na baía do Araçá. O número sobre a coluna indica a quantidade de indivíduos amostrados em cada classe de tamanho.

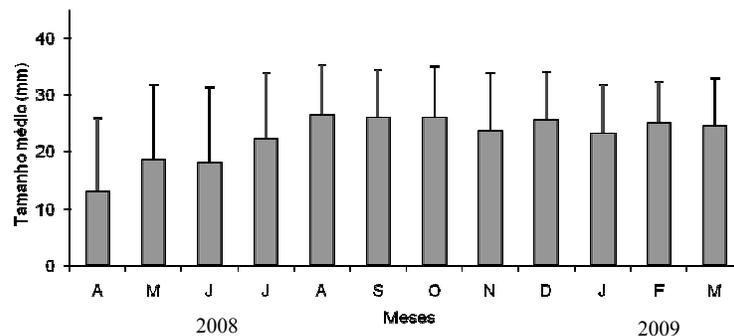


Fig. 3.13 - *Anomalocardia brasiliana*. Tamanho médio dos indivíduos no Araçá. As barras indicam o desvio padrão.

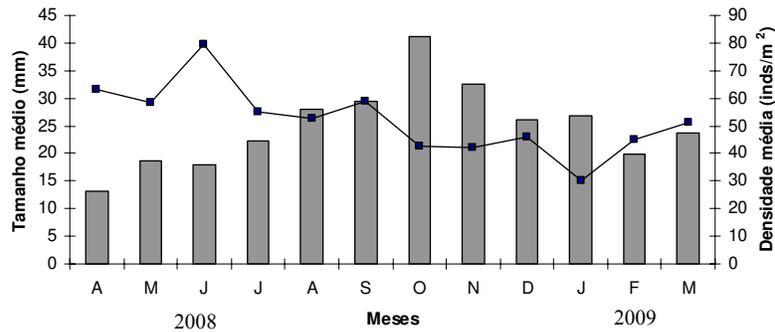


Fig. 3.14 – *Anomalocardia. brasiliana*. Variação do tamanho médio (colunas) e densidade média (linha) ao longo do tempo no Araçá.

No Araçá, três coortes foram registradas durante o período de estudo (Fig. 3.15). Em abril de 2008 foram observadas uma coorte adulta, cujo tamanho médio se situava na classe 27-30 mm (coorte 1); e outras duas mais jovens (coorte 2 e coorte 3), as quais possuíam tamanho médio nas classes de 9-12 mm e <3 mm respectivamente. As três coortes continuaram a ser observadas durante todo o período analisado, entretanto a coorte 2 sempre apresentou as menores frequências quanto ao número de indivíduos. No último mês de coleta (março de 2009), a coorte 1 possuiu tamanho médio na classe de 30–33 mm, enquanto o tamanho médio da coorte 2 situava-se na classe de 21-24 mm e o da coorte 3 na classe de 12 a 15 mm (Fig. 3.15), o que demonstra uma velocidade de crescimento inferior à observada na Cidade. Nenhuma coorte nova foi registrada durante o período analisado, caracterizando um padrão de recrutamento de baixa intensidade. Tal padrão, a partir das análises realizadas com o programa FISAT, foi definido como contínuo entre os meses de janeiro e novembro, com picos entre março e junho (Fig 3.16).

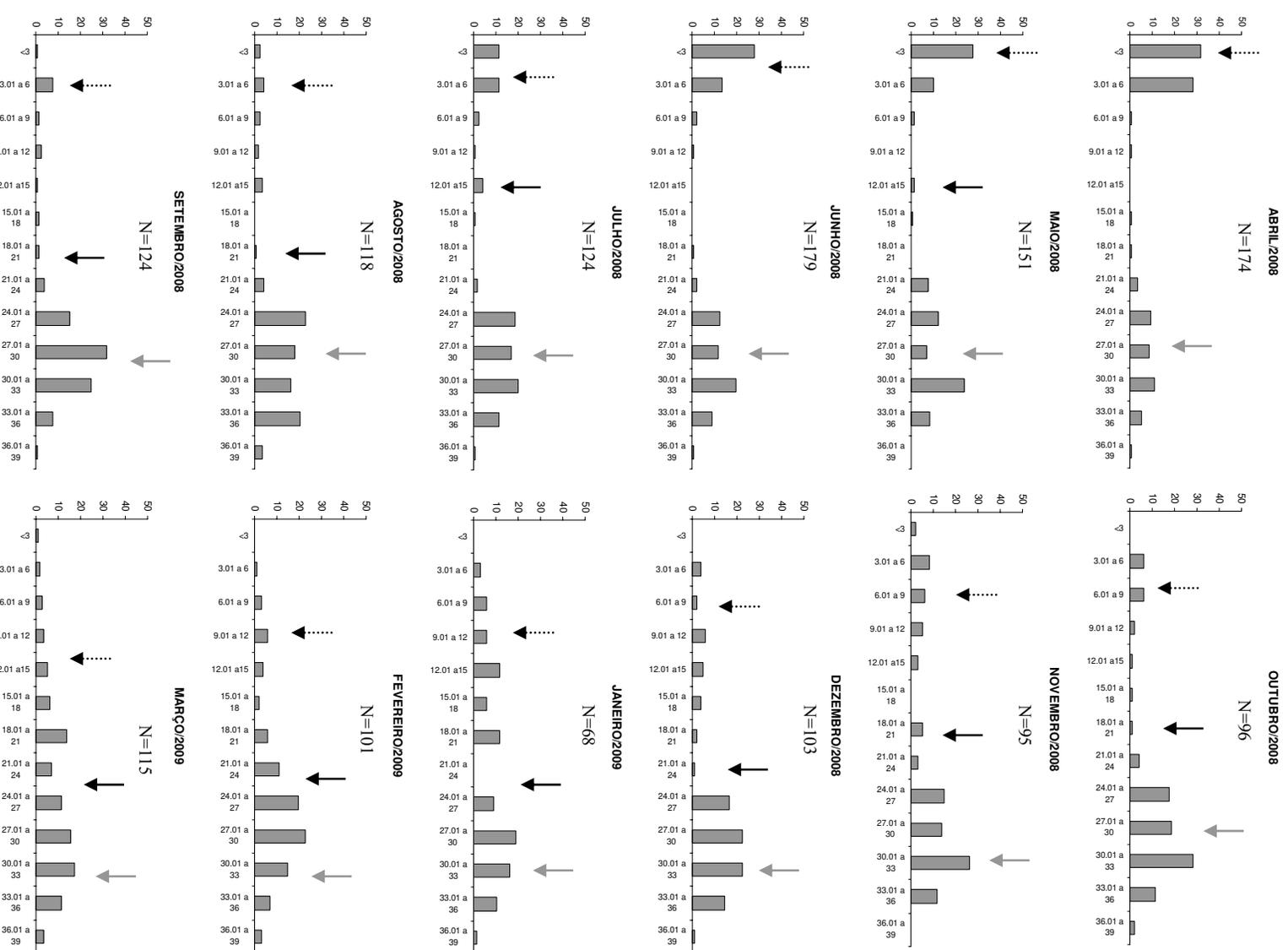


Fig. 3.15 – *Anomalocardia brasiliiana*. Histograma de frequências relativas de classes de tamanho (comprimento em mm) no Araçá. Setas indicam as diferentes coortes: cinza: coorte 1; preto: coorte 2; tracejada: coorte 3. N: número total de indivíduos coletados por mês (soma de 9 quadrados = 2.25m²).

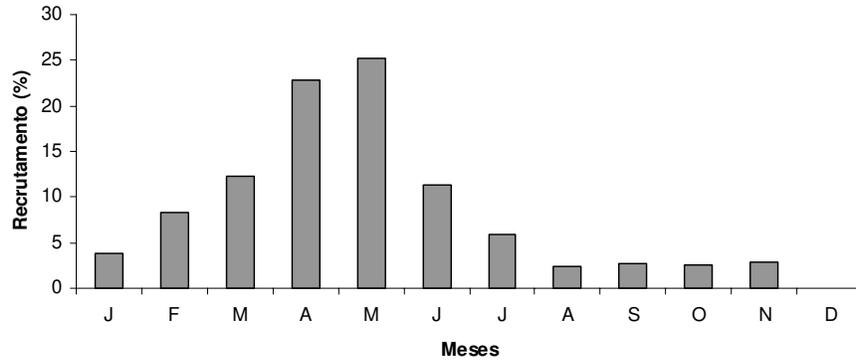


Fig. 3.16 – *Anomalocardia brasiliana*. Padrão de recrutamento obtido por meio da curva de crescimento de Von Bertalanffy para a baía do Araçá. Gerado com a utilização do programa Fisat.

O crescimento da população de *A. brasiliana* no Araçá caracterizou-se por um menor tamanho assintótico (44,75 mm) que o observado para a praia da Cidade. Todos os indivíduos amostrados no Araçá possuíam um tamanho abaixo do limite calculado. A constante de crescimento K também foi inferior no Araçá, com valor estimado em 0,436. A constante de oscilação C foi de 0,544 e o ponto de crescimento mínimo (WP) de 0.281 (Fig. 3.17). O índice de crescimento phi-prima (ϕ') foi calculado em 2,94.

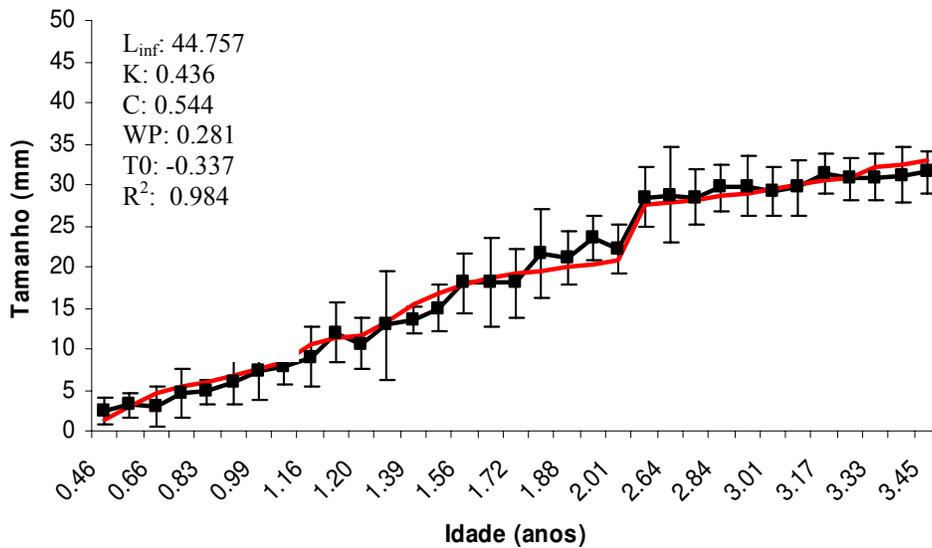


Fig. 3.17 – *Anomalocardia brasiliana*. Curva de crescimento estimada segundo a função de crescimento sazonal de Von Bertalanffy para a baía do Araçá. Linha marcada: valor observado. Linha contínua: valor esperado.

3.3.3 - Mortalidade e produção secundária

A taxa de mortalidade instantânea (Z) foi de 3,61/ano, para os indivíduos da praia da Cidade, a qual se torna mais acentuada a partir de dois anos de idade. A biomassa média no período amostrado foi de 1,958 g PSLC m^{-2} e a produção de 5,445 g PSLC $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$ ($P/B = 2,779$). Para a baía do Araçá, a taxa de mortalidade instantânea (Z) foi de 0,969/ano, sendo que ela se torna mais acentuada a partir do terceiro ano de vida. A biomassa média no período amostrado foi de 0,655 g PSLC m^{-2} e a produção de 0,586 g PSLC $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$ ($P/B = 0,894$).

3.4 - DISCUSSÃO

3.4.1 - Densidade

Embora as duas áreas estudadas sejam bastante diversas quanto às suas características ambientais (capítulo 1), as densidades de *A. brasiliiana* não diferiram entre a Cidade e o Araçá, o que reflete o alto grau de adaptação da espécie às variações de parâmetros ambientais, como temperatura, hidrodinamismo, sedimento e disponibilidade de alimento (Read, 1964; Schaeffer-Novelli, 1980). Apesar da semelhança das densidades médias observadas no presente estudo (Cidade=52,92 \pm 19,82 inds/ m^2 ; Araçá=53,18 \pm 14,22 inds/ m^2), os valores encontrados foram menores que os relatados por outros autores. Souza (2007) observou valores entre 95 e 191 inds/ m^2 na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Florianópolis/SC). Bohes *et al.* (2008), estudando duas áreas na baía de Paranaguá (PR), encontrou valores médios de densidade de 95 e 489 inds/ m^2 por área, enquanto que El-Deir (2009), analisando a abundância de *A.*

brasiliiana em três bancos no complexo estuarino do Itamaracá (Igarassu, PE), observou valores médios de densidade próximos a 50, 80 e 130 inds/m².

Anomalocardia brasiliiana é um bivalve lamelibrânquio, filtrador, de hábito escavador superficial e com pouca mobilidade (Narchi, 1972). Devido aos hábitos suspensívoros e a presença de sífões curtos e fundidos com tentáculos simples, essa espécie apresenta dificuldades em barrar a entrada de sedimentos para o interior da cavidade palial, o que geralmente leva o indivíduo à asfixia e à morte, e resulta em diminuição na densidade e biomassa (Narchi, 1972). Narchi (1974) descreve que *A. brasiliiana* habita locais com pouco material em suspensão e sedimento composto por areia fina e baixo teor de silte e argila (cerca de 2%). Por esse motivo, essa espécie não ocorre em áreas de alta energia, como praias expostas e áreas estuarinas com fortes correntes. Souza (2007) também relaciona o tipo do sedimento com os níveis de abundância de *A. brasiliiana*, destacando uma relação inversa entre o número de indivíduos e a concentração de sedimentos finos, sobretudo de silte e argila. Schaeffer-Novelli (1980); Monti *et al.* (1991); Boehs *et al.* (2008) e El-Deir (2009) destacam que *A. brasiliiana* habita locais com sedimento arenoso e, principalmente areno-lamoso, sendo pouco frequente nos manguezais e em locais com vegetação. A presença de cascalho associado ao sedimento também dificulta o estabelecimento da espécie. Souza (2007), ao caracterizar a pescaria de *A. brasiliiana* na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, SC, destaca a crença dos pescadores de que o cascalho “sufoca” o berbigão, diminuindo o espaço físico e, conseqüentemente, a abundância dos bivalves. Nesse contexto, é possível que a menor densidade observada na Cidade e no Araçá, quando comparadas às relatadas em outros estudos, possa ser explicada pelas características físicas de cada local. A

granulometria da praia da Cidade (areia muito grossa e grossa), e a presença de grande quantidade de cascalho e a proximidade do núcleo de mangue da ilha Pernambuco do local de coleta no Araçá não caracterizam as áreas de estudo como as melhores condições para a existência de grandes bancos de *A. brasiliiana*, o que pode resultar em uma menor densidade.

Variações na densidade ocorreram em ambas as áreas com os menores valores coincidindo com os meses de maior tamanho médio na população. Estudos anteriores (Monti *et al.*, 1991; Pezzuto e Echternacht, 1999, Boehs *et al.*, 2008) concluíram que a abundância de *A. brasiliiana* é controlada, em grande parte, por uma forte competição intraespecífica. Uma auto-limitação natural seria imposta principalmente pelas classes mais velhas da população, que, estando presentes em altas densidades, causariam diminuição de espaço e de alimento para os indivíduos mais jovens (Boehs *et al.*, 2008). Lana e Guiss (1991) relacionam uma diminuição nas densidades de invertebrados bentônicos nas faixas entremarés da baía de Paranaguá em função de um aumento na taxa de predação. Monti *et al.* (1991) e Boehs *et al.* (2008) relacionam a redução da densidade de *A. brasiliiana* à elevação na taxa de precipitação pluviométrica, pois, além de ocasionarem reduções bruscas na salinidade, as chuvas podem causar ressuspensão de material do fundo, com conseqüente aumento da carga de sedimentos em suspensão. A amplitude dos valores de salinidade encontrados no presente estudo (mínimo de 23,3 e máximo de 36,5 ppm) está dentro da estipulada por Leonel *et al.* (1983) (mínimo de 17 e máximo de 42), o que leva a uma diminuição da importância da salinidade na regulação populacional de *A. brasiliiana* nas áreas estudadas. Variações na temperatura também foram insuficientes para explicar alterações na densidade média.

Influenciando essa competição intraespecífica na baía do Araçá, pode estar a presença da macroalga *Ulva* sp. que ocasiona modificações em características físico-químicas da água e do sedimento, deixando o ambiente menos propício para *A. brasiliiana* (ver discussão do capítulo 2). Tais alterações provocariam um aumento na competição de *A. brasiliiana* com seus co-específicos e também com outras espécies de mesma guilda, o que levaria a uma menor abundância e redução de parâmetros populacionais como crescimento e produção secundária (Marinov *et al.* 2007). Everett (1994) observou que a abundância do telinídeo *Macoma baltica* diminui com a presença de macroalgas. De modo semelhante, Osterling e Pihl (2001) registraram um impacto negativo causado pela presença de algas na abundância de organismos suspensívoros, como bivalves do gênero *Cerastoderma*. Embora sejam encontrados estudos sobre os efeitos deletérios que macroalgas ocasionam em populações de bivalves, nenhum teste foi realizado na Cidade ou Araçá. Tal ausência de comprovações empíricas impossibilita a certeza de algum efeito de *Ulva* sp. sobre *A. brasiliiana*, caracterizando essa hipótese apenas como uma possibilidade.

É possível também que as variações nas densidades observadas estejam ligadas a ocorrência de predação com diferentes intensidades ao longo do tempo. Entretanto, para um maior esclarecimento sobre essa possibilidade seria necessário não só a caracterização da abundância de *A. brasiliiana*, mas também as de seus predadores naturais e a quantificação da coleta (mariscagem) nas áreas. Em uma análise da variação mensal da abundância na praia da Cidade, pode-se observar que os meses de menor densidade são os de junho, julho e dezembro de 2007. Essas datas coincidem com o aumento da população humana em cidades litorâneas, o que acarreta uma elevação do

consumo do marisco. Dessa maneira, o menor número de indivíduos amostrados nesses meses pode ser consequência de um maior esforço de coleta realizado pelos marisqueiros, uma vez que o mercado consumidor torna-se maior. Nesse sentido, El-Deir (2009), estudando a coleta de *A. brasiliiana* por marisqueiros no banco da Coroa do Avião (PE), complexo estuarino de Itamaracá, observou uma relação inversa entre o esforço de captura dos marisqueiros e a abundância de indivíduos nos sítios de coleta, concluindo que os locais que sofreram ação dos marisqueiros apresentaram menores valores, chegando, por vezes, a zerar o seu estoque em momentos de maior pressão da mariscagem devido à demanda mercadológica. Em Guadalupe (Caribe), Mouëza *et al.* (1999) relataram o desaparecimento de *A. brasiliiana* da maioria das áreas onde costumava ser coletada devido a uma exploração descontrolada.

3.4.2 - *Estrutura populacional, recrutamento e crescimento*

A estrutura de tamanho de *A. brasiliiana* nas duas áreas diferiu consideravelmente. Na praia da Cidade, houve uma maior abundância de indivíduos nas menores classes de tamanho, com aproximadamente 23% de todos os indivíduos coletados presentes na classe de 3 a 6 mm. Na baía do Araçá, a maior parte dos indivíduos amostrados (19,7%) possuía tamanho entre 30 e 33 mm.

Nas duas áreas analisadas, os indivíduos de tamanho médio foram menos representados. Grande mortalidade dos indivíduos das classes de tamanho iniciais e um crescimento acelerado nas fases intermediárias seriam alternativas plausíveis para o menor número de indivíduos de tamanho médio. Gosselin e Qjan (1997) salientam que a alta mortalidade no início da fase da vida juvenil é comum entre invertebrados

bentônicos. Em uma revisão sobre mortalidade juvenil de invertebrados marinhos, os autores observaram que a sobrevivência de juvenis diminui drasticamente nos primeiros dias ou semanas de vida. Thorson (1966) estimou que menos de 1,4% dos bivalves de planícies lamosas conseguem atingir 2 mm de comprimento de concha. Assim, variações na mortalidade juvenil devem repercutir significativamente no tamanho, abundância e distribuição populacional. A pressão seletiva exercida por essa mortalidade é dependente da idade, sendo mais intensa durante um breve período ao invés de adquirir constância ou redução linear com o aumento da idade (Gosselin e Qjan, 1997). A ocorrência de predação diferencial sobre os indivíduos das classes de tamanho intermediário também pode ser responsável pela menor presença destes. Por apresentarem uma quantidade de recurso maior que os indivíduos menores, e mais acessível que os indivíduos de maior classe de tamanho por possuírem concha mais fina e vulnerável, os indivíduos de tamanho médio podem constituir um recurso ótimo aos seus predadores naturais, resultando em uma menor abundância.

Analisando-se as curvas de crescimento obtidas para as duas áreas de estudo, observa-se uma maior taxa de crescimento nas fases intermediárias (Fig. 3.18), o que pode ser uma resposta um maior risco de predação nessas classes de tamanho. Nesse sentido, Lee (1996) relacionou uma rápida taxa de crescimento em indivíduos de *A. squamosa* à redução dos riscos de predação, como alternativa para diminuir o tempo de exposição dos jovens à ação dos predadores na superfície do sedimento. De maneira semelhante, Morton (1978) relatou que jovens recém-recrutados de *A. squamosa* apresentaram maior crescimento, enquanto adultos cresceram numa taxa mais lenta, provavelmente devido à alocação de seus produtos metabólicos para a gametogênese

(Morton, 1978). Para *A. brasiliana*, Salvador (2001), no Litoral Norte de São Paulo, observou elevada taxa de crescimento principalmente nos jovens.

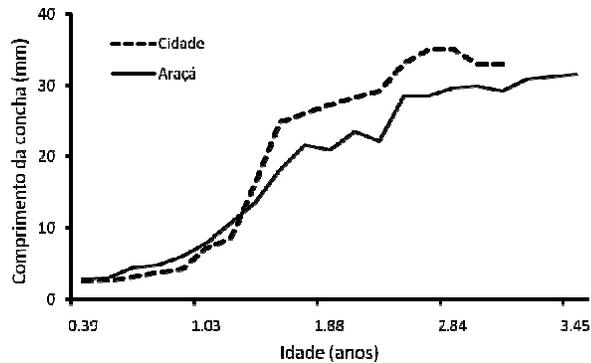


Fig. 3.18. *Anomalocardia brasiliana*. Curvas de crescimento estimadas segundo a função de crescimento sazonal de Von Bertalanffy para a praia da Cidade e baía do Araçá.

Indivíduos do Araçá ($21,98 \pm 11,43$ mm) foram significativamente maiores ($U = 780058$, $p < 0,0001$) do que os da Cidade ($16,34 \pm 11,74$ mm). O maior tamanho de *A. brasiliana* no Araçá pode estar associado ao tipo de sedimento, bem como aos padrões de recrutamento observados nas duas áreas. Melo (1975) menciona que quanto maior a porcentagem de silte e argila no sedimento, maior o tamanho atingido pelo animal. Salvador (2001) relaciona o tamanho relativamente pequeno de *A. brasiliana* em São Francisco, São Sebastião (SP) (maior espécime coletado com 31,1 mm), ao tipo de sedimento, constituído por areia grossa e fragmentos rochosos. Apesar de a maior média ser observada no Araçá, o maior espécime foi coletado na praia da Cidade (40,8 mm). Esse valor, assim como o valor do maior espécime encontrado no Araçá (39,96 mm), supera os valores máximos registrados em outros estudos: 33mm (Schaeffer-Novelli, 1980); 39,9mm (Arruda-Soares *et al.*, 1982); 35mm (Monti *et al.*, 1991); 31,5mm (Salvador, 2001), 33mm (Boehs *et al.*, 2008) e 36mm (El-Deir, 2009), mas está abaixo do tamanho máximo estipulado pela função de Von Bertalanffy. Uma vez que os marisqueiros se concentram na captura de indivíduos das maiores classes de tamanho, a

intensa coleta pode estar ocasionando uma redução de tamanho nos indivíduos de *A. brasiliiana*, levando-os a se reproduzirem em idades mais jovens e atingirem um tamanho final menor, o que poderia explicar a ausência de indivíduos com tamanho próximo ao valor assintótico calculado.

Apesar de contínuos ao longo do ano nas duas áreas, o padrão de recrutamento diferiu em intensidade entre a Cidade e o Araçá, sendo mais intenso na primeira e resultando em uma população com estrutura etária mais jovem e menor tamanho médio. Picos no recrutamento foram registrados entre abril e agosto na Cidade e março e junho no Araçá. O menor período de recrutamento observado no Araçá pode ser em função de um menor investimento na produção de gametas observada nessa área (capítulo 2). Moüeza *et al.* (1999) salienta que o tempo de permanência da larva de *A. brasiliiana* no plâncton varia entre 11 e 30 dias, fazendo com que os recrutas oriundos da desova de uma estação assentem no substrato até o início da estação seguinte (Souza *et al.*, 2007). Assim, os padrões de recrutamento nas duas áreas de estudo resultariam em um maior número de indivíduos jovens nos meses do final do verão e início do outono, corroborando o padrão dos ciclos gametogênicos (ver capítulo 2) onde foram observadas maiores liberações de gametas nos meses de primavera e verão.

A extensão do recrutamento ao longo do ano na praia da Cidade e baía do Araçá pode ser resultado do padrão de reprodução de *A. brasiliiana*, o qual é contínuo com alguns períodos de maior intensidade. Narchi (1976), para o Litoral Norte do Estado de São Paulo e Boehs (2008), na baía de Paranaguá (PR), relatam que *A. brasiliiana* apresenta reprodução contínua com dois picos reprodutivos, um na primavera (setembro-outubro) e outro no outono (março-maio), resultando em duas coortes anuais. Schaeffer-

Novelli (1980), no Saco da Ribeira (Ubatuba, SP), Arruda-Soares *et al.* (1982), na região da ilha do Cardoso (SP), Monti *et al.* (1991), em Guadalupe (Guianas Francesas) e Salvador (2001), na praia de São Francisco, em São Sebastião (SP), constataram que *A. brasiliiana* apresenta duas coortes anuais. Morton (1978), estudando uma população de *A. squamosa*, registrou a presença de três coortes durante 30 meses, período aproximado em que a espécie completa seu ciclo de vida. Os resultados encontrados no presente estudo corroboram os existentes na literatura, uma vez que na Cidade foram observadas duas ou três coortes concomitantes durante os doze meses analisados, enquanto que no Araçá a existência de três coortes foi notada durante praticamente todo o período de estudo.

A análise conjunta dos parâmetros de curvatura (K) (0.526 na Cidade e 0.436 no Araçá) e do índice de crescimento phi-prima (ϕ') demonstra um crescimento mais rápido na Cidade. Após o assentamento dos juvenis, o crescimento foi similar em ambas as áreas, com indivíduos atingindo aproximadamente 10,00 mm no comprimento da concha com pouco mais de um ano de vida. No entanto, após este período, a população da Cidade apresentou maior crescimento atingindo cerca de 30 mm, no segundo ano, enquanto a população do Araçá cresceu para 24,00 mm. O terceiro ano ainda apresenta uma separação entre as populações, com os indivíduos da Cidade alcançando cerca de 35 mm, enquanto a população do Araçá, com uma taxa de crescimento menor, atinge apenas 30 mm. Nesta população, somente ao final do quarto ano é alcançado o comprimento de 35 mm (Figs. 3.10 e 3.16).

O crescimento mais rápido de *A. brasiliiana* observado na Cidade acarreta em uma menor expectativa de vida para os indivíduos dessa localidade, com uma mortalidade

mais acentuada a partir de dois anos de idade quando atingem cerca de 30 mm. No Araçá, a expectativa de vida é de três anos, idade em que os indivíduos alcançam um tamanho de 30 mm. Segundo Souza (2007), na Reserva Extrativista do Pirajubaé, Santa Catarina, a expectativa de vida de *A. brasiliiana* é de no máximo três anos, caindo drasticamente após dois anos quando atingem os mesmos 30 mm de tamanho médio. Além das causas naturais de mortalidade, esta pode ser provocada na população de *A. brasiliiana* por diversos fatores, como a predação humana ou a competição intra-específica por espaço, como proposto por Morton (1978) e Monti *et al.* (1991). Esses autores também relataram ciclos de vida curtos, de dois a três anos, para *A. brasiliiana*.

De acordo com os resultados citados, o padrão de crescimento para as duas populações pode ser caracterizado como moderado, sendo que os dois valores de K (0.526 na Cidade e 0.436 no Araçá) foram menores que o de 1,3 relatado por Salvador (2001), o qual, segundo a autora, permite que o animal atinja 20 mm em um ano. De acordo com Souza (2007), em Santa Catarina, *A. brasiliiana* atinge o comprimento de 20 mm em oito ou nove meses após o recrutamento.

3.4.3 - Mortalidade e produção secundária

A taxa de mortalidade instantânea (Z) foi de 3,61/ano na Cidade, enquanto no Araçá, foi de 0,969/ano. Assim como a mortalidade, a produção secundária de *A. brasiliiana* diferiu entre as áreas estudadas, sendo praticamente três vezes maior na Cidade comparada ao Araçá. Analisando a abundância de *A. brasiliiana* em ambas as áreas, encontram-se padrões próximos, o que leva a acreditar que tal discrepância entre os valores obtidos deva-se aos padrões de recrutamento e à estrutura de tamanho observada

em cada área. A presença de mais indivíduos jovens na Cidade pode caracterizar um padrão de recrutamento mais intenso, o que resultaria em maiores valores de produção secundária. Ainda nesse sentido, como consequência do crescimento assintótico, os indivíduos mais jovens apresentam maiores taxas de crescimento em peso que os organismos mais velhos, os quais alocam mais energia para reprodução que crescimento (Urban e Campos, 1994). Associado à estrutura de tamanho, observa-se uma maior taxa de crescimento e maior tamanho assintótico na Cidade, o que também colabora para uma maior produtividade nessa área.

A presença da macroalga *Ulva* sp. na baía do Araçá pode ser outra possibilidade, contudo não testada, para o menor valor de produção secundária observada nessa área (ver discussão capítulo 2). McLachlan e Van der Horst (1979) relacionam a biomassa de bivalves à quantidade de matéria orgânica disponível no ambiente. No presente estudo não foi verificado tal relação, uma vez que, apesar da maior quantidade de matéria orgânica disponível na baía do Araçá, maiores biomassa e produção foram observadas na praia da Cidade. É possível que em ambas as áreas a matéria orgânica esteja disponível em quantidade suficiente e que a presença de *Ulva* sp. no Araçá atue como uma barreira física ao fluxo de matéria, prejudicando a obtenção de alimento por organismos suspensívoros, como *A. brasiliiana*.

A taxa de renovação (P/B), assim como a produção, se relaciona a aspectos biológicos da espécie, os quais podem ser influenciados por fatores ambientais, podendo ser considerado um indicador do limite máximo da exploração sustentável das populações. Segundo Robertson (1979), é esperado que um aumento no número de classes de idade em uma população deva diminuir a razão P/B, já que a aquisição de

indivíduos adultos, apesar do grande peso corporal, leva a uma pequena taxa de crescimento e, portanto, não traria grandes alterações à produção secundária de uma população, ocasionando redução de P/B. Devido à tendência de P/B declinar com o peso máximo individual, espécies de menor tamanho podem ser exploradas com maiores taxas que aquelas com maior tamanho corporal, uma vez que as primeiras podem repor sua biomassa rapidamente. Assim, de forma geral, espécies menores com maiores valores de P/B tendem a se recuperar mais prontamente de perturbações ambientais e, conseqüentemente, têm mais sucesso em contrabalancear a sobreexploração (Tumbilo e Downing, 1994).

Assim como a produtividade, a taxa P/B foi superior na Cidade, sendo a estrutura de tamanho da população a principal responsável. De acordo com Allen (1971), para populações que se ajustam ao modelo de crescimento de Von Bertalanffy, a taxa P/B é relacionada à taxa de mortalidade, e populações com menor longevidade tendem a apresentar maiores taxas de renovação. Essa premissa pode ser utilizada para os resultados obtidos no presente estudo, já que na Cidade foi observada uma maior taxa de mortalidade e uma menor longevidade dos indivíduos de *A. brasiliiana*. Comparando as razões P/B aqui obtidas com as razões encontradas na literatura para outras espécies de Veneridae (Tabela 3.1), verifica-se que os resultados são bastante variáveis e a taxa P/B encontrada para a *A. brasiliiana* está entre as mais altas. Essa alta taxa de renovação reforça a caracterização dessa espécie como um importante recurso pesqueiro para populações litorâneas.

Tabela 3.1 – Relação P/B de bivalves venerídeos (modificado de Salvador, 2001)

Espécie	Localização	P/B	Referência
<i>Chione cancellata</i>	Baía de Biscayne (EUA) (25°41'N, 80°14'W)	0.42	Moore e López (1969)
<i>Mercenaria mercenaria</i>	Southampton (Inglaterra) (50°48'N, 1°18'W)	0.52 0.28 0.17	Hibbert (1976)
<i>Venerupis decussata</i>	Southampton (Inglaterra) (50°48'N, 1°18'W)	0.52 0.28	Hibbert (1976)
<i>Venus aurea</i>	Southampton (Inglaterra) (50°48'N, 1°18'W)	1.11 1.1	Hibbert (1976)
<i>Venus striatula</i>	Baía de Carmarthen (País de Gales) (51°41'N, 4°24'W)	0.41	Warwick <i>et al.</i> (1978)
<i>Venus ovata</i>	Baía de Marlaix (França) (48°40'N, 3°54'W)	2.05 1.11 1.62	Dauvin (1985)
<i>Venus antique</i>	Baía de Yaldad (Chile) (43°07'S, 73°44'W)	0.58	Clasing (1994)
<i>Protothaca thaca</i>	Baía de Dichato (Chile) (36°32'S, 73°57'W)	0.27	Urban e Campos (1994)
<i>Anomalocardia brasiliana</i>	Praia de São Francisco (Brasil) (23°45'S, 45° 25'W)	1.85	Salvador (2001)
<i>Anomalocardia brasiliana</i>	Praia da Cidade (Brasil) (23°37'S, 45°23'W)	2.77	este estudo
<i>Anomalocardia brasiliana</i>	Baía do Araçá (Brasil) (23°49'S, 45°24'W)	0.89	este estudo

3.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Allen, K. R., (1971) Relation between production and biomass. **J Fish Res Board Can**, 28:1573-1581.
- Araújo, M. L. R. (2004) **Ciclo reprodutivo e distribuição espacial de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia: Veneriidae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, CE.
- Arruda-Soares, H., Schaeffer-Novelli, Y. e Mandelli, J.Jr. (1982) “Berbigão” *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), bivalve comestível da região da Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo, Brasil: Aspectos biológicos de interesse para a pesca comercial. **Bolm Inst Pesca**, 9:21-38.
- Boehs, G.; Absher, T.M. e Cruz-Kaled, A. C. (2008) Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) na baía de Paranaguá, Brasil. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 34(2):259-270.

- Brey T. (2001) Models for seasonal oscillations in growth. In: **Population Dynamics in Benthic Invertebrates - A Virtual Handbook. Version 01.2.** <http://www.thomasbrey.de/science/virtualhandbook/>.
- Cerrato, R.M. (1980) Demographic analysis of bivalve populations. In: Rhoads, D.C. e Lutz, R.A. (eds). **Skeletal growth aquatic organisms: biological records of environmental change**, pp. 417-465. Plenum Press, New York.
- Chatzinikolaou, E. e Richardson, C.A. (2008) Population dynamics and growth of *Nassarius reticulatus* (Gastropoda: Nassariidae) in Rhosneigr (Anglesey, UK). **Mar Biol**, 153:605-619.
- Chow, V. (1987) Patterns of growth and energy allocation in northern California populations of *Littorina* (Gastropoda: Prosobranchia). **J Exp Mar Biol Ecol**, 110: 69-89.
- Crisp, D.J. (1984) Energy flow measurements. pp. 284-372. In: Holme, N.A. e McIntyre, A.D. (eds.) **Methods for the Study of Marine Benthos**. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Defeo, O., Arreguín-Sánchez, F. e Sánchez, J. (1992) Growth study of the yellow clam *Mesodesma mactroides*: a comparative analysis of three length-based methods. **Sci Mar**, 56: 53-59.
- Defeo, O. (1996) Experimental management of an exploited sandy beach bivalve population. **Rev Chil Hist Nat**, 69:605-614.
- Defeo, O., Gómez, J. e Lercari, D. (2001) Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. **Mar Ecol Progr Ser**, 212:159-170.
- Dolbeth, M.; Lillebo, A.I.; Cardoso, P.G.; Ferreira, S.M. e Pardal, M.A. (2005) Annual production of estuarine fauna in different environmental conditions: An evaluation of the estimation methods. **J Exp Mar Biol Ecol**, 326:115-127.
- El-Deir, S. G. (2009) **Estudo da mariscagem de Anomalocardia brasiliensis (Mollusca: Bivalvia) nos bancos de Coroa do Avião, Ramalho e Mangue Seço (Igarassu, Pernambuco, Brasil)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, PE.
- Everett, R.A., (1994) Macroalgae in marine soft-sediment communities: effects on benthic faunal assemblages. **J Exp Mar Biol Ecol**, 175:253-274.
- Gayanilo, F.C., Sparre, P. e Pauly, D. (1996) The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) user's guide. **FAO Comput Inf Ser Fis**, 8, 126 pp.
- Gómez, J. e Defeo, O. (1999) Life history of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda) in sandy beaches with contrasting morphodynamics. **Mar Ecol Progr Ser**, 182:209-220.
- Gosselin, L.A. e Qjan, P.Y. (1997) Juvenile mortality in benthic marine invertebrates. **Mar. Ecol Progr Ser**, 146: 265-282.
- Grant, A.; Morgan, P.J. e Olive, P.J.W. (1987) Use made in marine ecology of methods for estimating demographic parameters from size/frequency data. **Mar Biol.**, 95:201-208.
- Lana, P.C.; Guiss, C. (1991) Influence of *Spartina alternifolia* on structure and temporal variability of macrobenthic associations in a tidal flat of Paranaguá Bay (Southeastern Brazil). **Mar Ecol Progr Ser**, (7): 231-244.
- Lee, S.Y. (1996) Distribution pattern and interaction of two infaunal bivalves, *Tapes philippinarum* (Adams e Reeve) and *Anomalocardia squamosa* (Linnaeus) (Bivalvia: Veneridae). **J Exp Mar Biol Ecol**, 201:253-273.
- Leonel, R.M.V., Magalhães, A.R.M. e Lunetta, J.E. (1983) Sobrevivência de *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791) (Mollusca:Bivalvia), em diferentes salinidades. **Bolm Fisiol Animal USP**, 7: 63-72.
- Malaquias, M.A.M. e Sprung, M.J. (2005) Population biology of the cephalaspidean mollusc *Haminoea orbygniana* in a temperate coastal lagoon (Ria Formosa, Portugal). **Estuar Coast Shelf Sci**, 63:177-185.
- Marinov, D.; Galbiati, L.; Giordani, G.; Viaroli, P., Norro, A.; Bencivelli, S. e Zaldívar, J.-M. (2007) An integrated modelling approach for the management of clam farming in coastal lagoons. **Aquaculture**, 269: 306-320.
- McLachlan, A. e Van der Horst, G. (1979) Growth and production of two molluscs from an exposed sandy beach. **S Afr J Zool**, 14:194-201.

- Melo, R.L.S. (1975) *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791): estudos ecológicos e importância alimentar (Mollusca: Bivalvia). **Encontro da Sociedade Brasileira de Malacologia**, 4:169-173.
- Moran, M.J.; Fairweather, P.G. e Underwood, A.J. (1984) Growth and mortality of the predatory intertidal whelk *Morula marginalba* Blainville (Muricidae): the effects of different species of prey. **J Exp Mar Biol Ecol**, 75: 1-17.
- Monti, D., FrenkieL, L. e Moüeza, M. (1991) Demography and growth of *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin) (Bivalvia: Veneridae) in a mangrove, in Guadeloupe (French West Indies). **J Moll Stud**, 57: 249-257.
- Morton, B. (1978) The population dynamics of *Anomalocardia squamosa* Lamarck (Bivalvia: Veneracea) in Hong Kong. **J Moll Stud**, 44: 135-144.
- Mouëza, M. e Gros, O.; Frenkiel, L. (1999) Embryonic, larval and postlarval development of the tropical clam, *Anomalocardia brasiliana* (Bivalvia, Veneridae). **J Moll Stud**, 65: 73-88.
- Murphy, G. (2006). **Ecological effects of *Ulva lactuca* in Avon-Heathcote Estuary**. Dissertação de Mestrado em Zoologia. Universidade de Canterbury, Nova Zelândia.
- Narchi, W. (1972) Comparative study of the functional morphology of *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) and *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia, Veneridae). **Bull Mar Sci**, 22: 643-670.
- Narchi, W. (1974) Aspectos ecológicos e adaptativos de alguns bivalves do litoral paulista. **Papéis Avul Zool**, 19(27): 235-262.
- Osterling, M. e Phil, L., (2001) Effects of filamentous green algal mats on benthic macrofaunal functional feeding groups. **J Exp Mar Biol Ecol**, 263:159-183.
- Pauly D. (1979) Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of Von Bertalanffy's formula. **Ber Inst Meereskunde**, 63:156.
- Pauly, D. e Munro, J.L. (1984) Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. **ICLARM Fishbyte**, 2:21.
- Pauly, D., Moreau, J. e Abad, N. (1995) Comparison of age structure and length-converted catch curves of brown trout *Salmo trutta* in two French rivers. **Fish Res**, 22:197-204.
- Petracco, M. (2008) **Produção secundária da macrofauna bentônica da zona entremarés no segmento norte da praia do Una, litoral sul do estado de São Paulo**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, SP.
- Pezzuto, P. R.; Echternacht, A. M. (1999) Avaliação de impactos da construção da Via Expressa SC-SUL sobre o berbigão *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin,1791) (Mollusca: Bivalvia) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, (Florianópolis, SCBrasil). **Atlântica**, 21:105-119.
- Read, K.R.H. (1964) Ecology and environmental physiology of some Puerto Rican bivalve molluscs and a comparison with boreal forms. **Carib J Sci**, Mayaguez, Puerto Rico, 4(4): 459-465.
- Robertson, A. I., (1979) The relationship between annual production: biomass ratio and lifespan for marine macrobenthos. **Oecologia**, 38:193-202.
- Salvador, L.B. (2001) **Malacofauna da região entremarés de praias de areia com fragmentos de rochas: Distribuição temporal e espacial; Dinâmica populacional e produção secundária de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) e *Corbula cubaniana* (Orbigny, 1853)**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.
- Schaeffer-Novelli, Y. (1976) **Alguns aspectos ecológicos e análise da população de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), na praia do Saco da Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Schaeffer-Novelli, Y. (1980) Análise populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), na praia do Saco da Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo. **Bolm Inst Oceanogr**, 29: 351-355.
- Souza, D.S. (2007) **Caracterização da pescaria do berbigão *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca:Bivalvia) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Florianópolis/SC): Subsídios para o manejo**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Itajaí, SC.
- Sparre, P., Ursin, E. e Venema, S. (1989) Introduction to tropical fish stock assessment, part I. **FAO Fish Tech Pap**, 306:1-337.
- Takada, Y. (1995). Variation of growth rate with tidal level in the gastropod *Monodonta labio* on a

boulder shore. **Mar Ecol Prog Ser**, 117:103-110.

Thorson G (1966) Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities. *Neth J Sea Res* 3 267-29.

Tumbiolo, M.L. e Downing, J.A. (1994) An empirical model for the prediction of secondary production in marine benthic invertebrates populations. **Mar Ecol Prog Ser**, 114:165-174.

Urban, H-J. e Campos, B. (1994) Population dynamics of the bivalves *Gari solida*, *Semele solida* and *Protothaca thaca* from a small bay in Chile at 36° S. **Mar Ecol Progr Ser**, 115: 93-102.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente trabalho teve por finalidade analisar e discutir os padrões ambientais de duas áreas localizadas no Litoral Norte do Estado de São Paulo (praia da Cidade, Caraguatatuba e baía do Araçá, São Sebastião), bem como os parâmetros reprodutivos e populacionais da espécie *Anomalocardia brasiliiana* (Bivalvia, Veneridae) em cada uma delas. Devido à ampla distribuição de *A. brasiliiana* ao longo da costa brasileira e a sua elevada produtividade, esta espécie é utilizada como um importante recurso pesqueiro, servindo como fonte alimentar e de renda para populações litorâneas. As coletas foram realizadas, de março de 2007 a fevereiro de 2008 na Cidade, e de abril de 2008 a março de 2009 no Araçá, em um setor de 30m de lado, na zona entremarés de cada área estudada. Nesses setores, mensalmente, foram coletadas três amostras de sedimento e da água intersticial para a análise dos padrões ambientais, e nove amostras (com a utilização de um quadrado de 0,25m² de área) para o estudo da biologia reprodutiva e populacional de *A. brasiliiana*. Na Cidade, o sedimento foi constituído predominantemente por areia grossa e muito grossa pobremente selecionada, enquanto o Araçá foi caracterizado principalmente por areia fina e muito fina, moderadamente selecionada. Maiores quantidades de silte, argila, calcário e matéria orgânica foram observados no Araçá. A temperatura do sedimento e a salinidade da água intersticial oscilaram nas duas áreas de estudo, porém sem grande amplitude. Com a utilização de técnicas histológicas,

constatou-se que *A. brasiliiana* não apresentou proporção de indivíduos desviada a favor de um dos sexos nas duas áreas estudadas. O ciclo reprodutivo foi caracterizado como contínuo nos dois locais; entretanto, foram observadas diferenças quanto aos períodos de maturação e liberação de gametas ao longo do ano. Na praia da Cidade a maturidade gametogênica foi atingida na primavera com liberação de gametas principalmente no verão. Na baía do Araçá, indivíduos maduros foram observados principalmente no outono e inverno, com liberação de gametas mais expressiva no outono e primavera. Um período de repouso foi constatado no Araçá, enquanto na Cidade os indivíduos se mantiveram sexualmente ativos durante todo o ano. A análise da dinâmica populacional demonstrou não haver diferença nas densidades médias anuais entre as duas áreas (Cidade= $52,92 \pm 19,82$ inds/m²; Araçá= $53,18 \pm 14,22$ inds/m²) (Tab. 4.1). No entanto, foram registradas variações significativas ao longo dos meses, porém não relacionadas às variações na temperatura do sedimento ou salinidade da água intersticial. A estrutura populacional de *A. brasiliiana* foi caracterizada pela presença de pelo menos duas coortes durante o ano, com recrutamento contínuo. O padrão de crescimento foi caracterizado como moderado, com uma velocidade mais baixa que a registrada em outros estudos. Entre as áreas, indivíduos da Cidade apresentaram menor tamanho médio, maior comprimento assintótico e maior taxa de crescimento do que os do Araçá. Altos valores de biomassa e produção secundária foram registrados nas duas áreas, principalmente na praia da Cidade, o que confirma o status de *A. brasiliiana* como um importante recurso pesqueiro.

Tabela 4.1. *Anomalocardia brasiliiana*. Resumo dos parâmetros populacionais e reprodutivos na praia da Cidade e baía do Araçá.

<i>Área</i>	<i>DM</i>	<i>TM</i>	<i>Crescimento</i>	<i>Recrut</i>	<i>P</i>	<i>B</i>	<i>Z</i>	<i>RS</i>
Cidade	52.92	16.21	Moderado	Abr-ago	5,445	1.958	3.61	1:1
Araçá	53.18	21.98	Moderado/lento	Mar-jul	0.586	0.655	0.969	1:1

DM- densidade média (inds/m²); TM – tamanho médio (mm); Recrut – Recrutamento; P – produção (gPSLC m⁻²); B – biomassa (gPSLC m⁻² ano⁻¹); Z – mortalidade (ano); RS – razão sexual (fêmea/macho).

A despeito dos resultados apresentados neste trabalho, torna-se clara a necessidade de mais estudos para uma maior compreensão sobre os fatores abióticos que influenciam a biologia reprodutiva e populacional de bivalves presentes no litoral brasileiro. A necessidade de experimentos de campo e laboratório se faz evidente quando o foco passa a ser temas relativamente inexplorados, como a ocorrência de parasitismo e seus efeitos sobre o desempenho de invertebrados marinhos, e a influência que o crescimento rápido de vegetação, como no caso aqui comentado de *Ulva* sp. possa ocasionar na comunidade bentônica.