



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS**

INSTITUTO DE BIOLOGIA

RAFAEL KENJI MURAYAMA

**ECOLOGIA POPULACIONAL DO GASTROPODA *Neritina virginea*
(LINNAEUS, 1758) NA ZONA ENTREMARÉS DA BAÍA DO
ARAÇÁ, LITORAL NORTE DE SÃO PAULO**

CAMPINAS 2016

RAFAEL KENJI MURAYAMA

**ECOLOGIA POPULACIONAL DO GASTROPODA *Neritina virginea*
(LINNAEUS, 1758) NA ZONA ENTREMARÉS DA BAÍA DO
ARAÇÁ, LITORAL NORTE DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biologia da Universidade Estadual de
Campinas como parte dos requisitos
exigidos para a obtenção do título de
Mestre em Ecologia.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO
RAFAEL KENJI MURAYAMA, E ORIENTADA PELA
PROF^a DR^a ANTONIA CECILIA ZACAGNINI AMARAL

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Antonia Cecilia Zacagnini Amaral

CAMPINAS 2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): FAPESP, 2013/25313-3

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Biologia
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

M934e Murayama, Rafael Kenji, 1985-
Ecologia populacional do gastropoda *Neritina virginea* (Linnaeus, 1758) na zona entremarés da Baía do Araçá, litoral norte de São Paulo / Rafael Kenji Murayama. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

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

1. Ecologia. 2. Dinâmica populacional. 3. Gastrópode. 4. Molusco - São Sebastião (SP). I. Amaral, Antonia Cecília Zacagnini, 1948-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Population ecology of *Neritina virginea* (Linnaeus, 1758) in the intertidal zone of the Araçá Bay, north coast of São Paulo

Palavras-chave em inglês:

Ecology

Population dynamics

Gastropoda

Mollusks - São Sebastião (São Paulo, Brazil)

Área de concentração: Ecologia

Titulação: Mestre em Ecologia

Banca examinadora:

Antonia Cecília Zacagnini Amaral [Orientador]

Fosca Pedini Pereira Leite

Leonardo Querobim Yokoyama

Data de defesa: 29-02-2016

Programa de Pós-Graduação: Ecologia

Campinas, 29 de fevereiro de 2016.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Antonia Cecilia Zacagnini Amaral

Profa. Dra. Fosca Pedini Pereira Leite

Prof. Dr. Leonardo Querobim Yokoyama

Os membros da Comissão Examinadora acima assinaram a Ata de Defesa, que se encontra no processo de vida acadêmica do aluno.

AGRADECIMENTOS

À Cecília, por ter sido muito mais que uma orientadora: por respeitar meus limites e minhas estranhezas; por sempre confiar em mim desde o início; por ter me acolhido tão bem, seja no laboratório, nas coletas ou nas reuniões em sua casa; e, principalmente, pelos conhecimentos adquiridos que nossa convivência proporcionou à minha vida pessoal e acadêmica.

À Universidade Estadual de Campinas, ao curso de Graduação em Ciências Biológicas, à Pós-graduação em Ecologia, a todos os professores, técnicos de laboratório, funcionários, colegas de turma e todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação acadêmica.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo “FAPESP”, pela bolsa concedida (referente ao Proc. nº 2013/23513-3) e ao Programa Biota/FAPESP – Araçá (Proc. nº 2011/50317-5).

Ao CEBIMar-USP, pelo alojamento, infraestrutura de laboratórios e apoio técnico durante as coletas.

Ao Prof. Dr. Luiz Ricardo L. Simone que me ensinou, em poucas horas, a anatomia interna da *Neritina virginea*, e também me deu boas dicas e indicações interessantes em relação a esta dissertação.

Aos professores da pré-banca examinadora por terem aceitado o convite e por contribuírem com os ajustes finais e providenciais deste trabalho.

A todos os companheiros de laboratório que sempre me ajudaram nas coletas e nas idas ao laboratório, seja me ensinando alguma coisa, ou apenas me fazendo rir. Principalmente ao Cabeça, que sempre me ajudou desde o projeto até a dissertação final, me ensinando muito e me fazendo rir mais ainda.

Aos meus amigos: meus veteranos, galera 08, meus bixos, colegas da Ecologia, da Bateria Alcalina, da Bateria Zeferina, pois sem eles minha vida não teria a mesma graça. Por ter aprendido (e desaprendido) muita coisa com eles. Por todas as chopadas, viagens dos bixos, batucadas, Interbios, matérias, viagens de campo, casamentos dos bixos e muito mais. Em especial, aos amigos que moraram comigo, que tornaram meus dias muito melhores (e piores)

e por isso sempre estarão no meu coração (e no meu pé).

À pessoa que deu, e continua dando, sentido para a minha vida. A ela devo tudo, pois sem sua amizade, compreensão, carinho e companheirismo eu não teria conquistado nada. A ela que, com seus olhos, me conquistou desde o primeiro dia em que a vi e que, com seus sorrisos, ainda continuo me derretendo todos os dias. Ao seu amor, que me completa. À Melô.

Aos meus pais e minha irmã, que apesar da distância, sempre me ajudaram como puderam. Pelas broncas, carinhos, mesadas, reuniões de família e amigos, festas de aniversário, pescarias e fugidas da rotina.

RESUMO

Esta dissertação propõe-se a estudar a dinâmica populacional, crescimento, produção secundária, morfologia, razão sexual, comportamento migratório e dieta de *N. virginea* na região entremarés da Baía do Araçá, São Sebastião, SP. As coletas foram realizadas mensalmente envolvendo duas amostragens: 1) Do tipo aninhada, voltada para a determinação da dinâmica espacial e temporal, e da contribuição de três escalas na variação da dinâmica espacial; e 2) Busca ativa, para aumentar o número de indivíduos coletados, marcados e recapturados. Os indivíduos coletados foram marcados e tiveram seu comprimento medido. Para o estudo da dieta e razão sexual alguns indivíduos foram dissecados, tiveram o sexo determinado e o conteúdo do aparelho digestivo fotografado. Pela análise da dinâmica temporal foram encontradas maiores densidades no final da primavera e menores densidades no outono. Não foram encontradas relações entre densidade média de indivíduos e temperatura do ar ou precipitação diária. Em relação à distribuição espacial, foi encontrada significância na variação espacial de duas escalas, com a Residual sendo a que mais contribuiu para a variância das densidades. Para estimar o crescimento e a mortalidade, foi utilizado o modelo de von Bertalanffy. Foi obtido $K = 1,1 \text{ ano}^{-1}$, $\phi' = 2,59$ e $Z = 3,94$. A produção secundária do período chuvoso e seco, a biomassa e a taxa de renovação foram avaliadas pelo Peso Seco Livre de Cinzas, $P_{\text{chuvoso}} = 0,9248 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$, $B_{\text{chuvoso}} = 1,0394 \text{ g PSLC m}^{-2}$, $R_{p/b} \text{ chuvoso} = 0,8931 \text{ ano}^{-1}$ e $P_{\text{seco}} = 0,991 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$, $B_{\text{seco}} = 1,5536 \text{ g PSLC m}^{-2}$, $R_{p/b} \text{ seco} = 0,706 \text{ ano}^{-1}$. Não foram encontradas diferenças entre os períodos. O estudo da morfometria indica que o crescimento das conchas dos indivíduos dessa população é isométrico. A razão sexual dessa população está deslocada para as fêmeas (1:2,19) e durante o período chuvoso esse deslocamento aumenta, e no seco ele se aproxima do esperado 1:1. O número de espermatóforos cheios é maior no período chuvoso do que no seco. Não foi encontrado nenhum padrão no comportamento migratório, temporal ou espacial. A distância média percorrida pelos indivíduos foi de $69,35\text{m} \pm 7,8$ (erro padrão), com a menor distância média de 35m e a maior, de 170m. A dieta dessa população é dominada pelo consumo de diatomáceas ($\%NI_i = 29,4$ e $\%FO_i = 100$), e se considerada a importância do biofilme dos grãos de areia ($\%NI_i = 69,9$ e $\%FO_i = 100$), essa população possui uma dieta bastante especializada e estratégia trófica seletiva. Esses resultados, quando comparados com os de outros trabalhos com *N. virginea* ou com outras espécies de gastrópodes, sugerem que as diferentes populações de *N. virginea* possuem dinâmicas populacionais distintas com parâmetros populacionais bastante variáveis entre si e entre diferentes espécies. Isso mostra que *N. virginea* possui uma grande plasticidade no uso de habitats, o que lhe confere grande amplitude geográfica e ecológica.

ABSTRACT

This thesis study the population dynamics, growth, secondary production, morphology, sex ratio, migratory behavior and diet of *N. virginea* in the intertidal region of the Araçá Bay, São Sebastião, SP. Samples were collected monthly in two distinct ways: 1) nested sampling, to determine the spatial and temporal dynamics, and the contribution of three scales to the variation of the spatial dynamics; and 2) Active search to increase the number of individuals marked and recaptured. Individuals collected were marked and had its length measured. For the study of diet and sex ratio, some individuals were dissected, sexed and digestive tract content photographed. With the analysis of the temporal dynamics, higher densities were found in late spring and lower densities in the fall. There were no relationship between average density of individuals and the air temperature and daily rainfall. Regarding the spatial distribution, significance was found in the spatial variation of two scales, with the Residual being the largest contributor to the variance of densities. To estimate the growth and mortality, we used the von Bertalanffy model. We obtained $K = 1.1 \text{ year}^{-1}$, $\phi' = 2.59$ and $z = 3.94$. The secondary production of the rainy and dry season, biomass and turnover rate were evaluated by AFDW, $P_{\text{rainy}} = 0.9248 \text{ g AFDW m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, $B_{\text{rainy}} = 1.0394 \text{ g AFDW m}^{-2}$, $R_{p/b \text{ rainy}} = .8931 \text{ years}^{-1}$; $P_{\text{dry}} = 0.991 \text{ g AFDW m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, $B_{\text{dry}} = 1.5536 \text{ g AFDW m}^{-2}$, $R_{p/b \text{ dry}} = 0.706 \text{ years}^{-1}$. Differences were not found between the periods. The study of morphometry indicates that the growth of the shells of the individuals of this population is isometric. The sex ratio of this population is displaced to females (1:2.19) and during the rainy season this displacement increases, and in the dry, it approaches the expected 1:1. The number of full spermatophores is higher in the rainy than the dry season. No pattern was found in migratory behavior, temporal or spatial. The average distance traveled by individuals was $69,35\text{m} \pm 7.8$ (standard error), with the lowest average distance of 35m and the biggest, of 170m. The diet of this population is dominated by diatoms ($\%NI_i = 29.4$ and $\%FO_i = 100$) and if considered the importance of biofilm from the sand grains ($\%NI_i = 69.9$ and $\%FO_i = 100$), this population has a very specialized diet and selective trophic strategy. These results, when compared with other works with *N. virginea* or other gastropod species suggest that the different populations of *N. virginea* have distinct population dynamics, with distinct population parameters within each other and vary considerably between different species. This shows that *N. virginea* has a great plasticity in the use of habitats, which gives it great geographical and ecological range.

SUMÁRIO

Introdução	10
1. Capítulo I: Dinâmica populacional, crescimento e produção secundária	12
1.1. Introdução	15
1.2. Material e Métodos	16
1.2.1. Área de estudo	16
1.2.2. Procedimentos de campo	17
1.2.3. Procedimentos de laboratório	19
1.2.4. Análise dos dados	20
1.3. Resultados	21
1.3.1. Distribuição espacial e temporal.....	21
1.3.2. Parâmetros populacionais	30
1.3.3. Produção secundária	32
1.4. Discussão.....	33
1.4.1. Distribuição espacial e temporal.....	33
1.4.2. Parâmetros populacionais	35
1.4.3. Produção secundária	38
2. Capítulo II: Morfometria, razão sexual, migração e dieta	39
2.1. Introdução	42
2.2. Material e Métodos	44
2.2.1. Área de estudo	44
2.2.2. Procedimentos de campo	44
2.2.3. Procedimentos de laboratório	45
2.2.4. Análise dos dados	46
2.3. Resultados	47
2.3.1. Morfometria.....	47
2.3.2. Razão sexual	50
2.3.3. Comportamento migratório	52
2.3.4. Caracterização da dieta	53
2.4. Discussão	53
2.4.1. Morfometria.....	53
2.4.2. Razão sexual	54
2.4.3. Comportamento migratório	55
2.4.4. Caracterização da dieta	56
3. Perspectivas futuras	58
4. Referências	58
5. Anexos	64

Introdução

A dinâmica populacional, como o estudo de qualquer tipo de variação no número de indivíduos ou de sua taxa de sobrevivência (Turchin, 2003), mostra-se importante pois: revela a resposta das populações a manipulações e/ou perturbações no ecossistema; auxilia na identificação e elaboração de planos de manejo, de espécies ameaçadas de extinção ou para estoque pesqueiro; e possibilita entender a dinâmica dos ecossistemas e dos processos ecológicos envolvidos (King, 1995).

Assim, este trabalho, focado principalmente na dinâmica populacional de uma população de *Neritina virginea*, soma ao conhecimento que se tem sobre a biologia de invertebrados bentônicos, que no Brasil é tido como insatisfatório (Amaral & Jablonski, 2005). Mesmo para Gastropoda, considerada como bastante frequente e abundante em muitas praias brasileiras (Amaral *et al.*, 2003; Salvador *et al.*, 1998; Denadai & Amaral, 1999), ainda existem poucos trabalhos sobre a biologia desse grupo.

Contudo, o estudo da biologia populacional de moluscos vem crescendo nas últimas décadas, visto sua importância ecológica e econômica. No Brasil, as pesquisas sobre populações de moluscos geralmente são: 1) aquelas de interesse para o cultivo de espécies comestíveis; 2) as que enfocam o impacto da pesca/extração sobre esses recursos; 3) as que buscam a compreensão do ambiente praias e sua dinâmica; e 4) as que se voltam para o impacto da poluição sobre esses organismos. Essas pesquisas são escassas e se concentram principalmente no litoral sudeste (Denadai *et al.*, 2011). Entre os moluscos gastrópodes, os estudos de dinâmica populacional e de produção secundária em praias arenosas, têm se concentrado em entender esse ambiente dinâmico e exposto a diversos impactos antrópicos. Nesse contexto, encontram-se apenas os estudos sobre as espécies *Olivancillaria vesica vesica* (Caetano *et al.*, 2003), *Cerithium atratum* (Denadai *et al.*, 2004), *Nassarius vibex* (Cabrini & Cardoso, 2012) e *Neritina virginea* (Cruz-Neta & Henry-Silva, 2013).

Neritina virginea (Linnaeus, 1758), (Gastropoda: Neritidae) é uma espécie com distribuição ampla, encontrada desde a Flórida até o Brasil, ocorrendo em rios, estuários e na região costeira marinha (Andrews, 1940). No Brasil, pode ser encontrada de Norte a Sul, sendo considerada por Matthews-Cascon *et al.* (1990) como característica de zonas estuarinas, mas também bastante presente na região entremarés e do sublitoral raso, onde pode ser encontrada em abundância sobre diferentes tipos de substratos: arenosos, cascalhosos,

rochosos, lamosos e em raízes de algumas espécies de mangue (Matthews-Cascon *et al.*, 1990; Fernandes *et al.*, 1994/95; Blankensteyn & Moura, 2002; Amaral *et al.*, 2010).

Blanco & Scatena (2006), propõem uma série de filtros ambientais (de conectividade de rios, de barreiras químicas e físicas e de características de microhabitat) que controlariam a distribuição das populações de *Neritina virginea*, em Porto Rico. Esses filtros influem diretamente na distribuição de *N. virginea*, pois estão relacionados a fatores importantes ao ciclo de vida desses organismos, como, por exemplo, disponibilidade de alimento dependente do tipo de substrato, características químicas e físicas da água influenciando a mortalidade, reprodução e pressão de predação.

Outra característica importante da biologia de *N. virginea*, relatada também para outros nerítídeos, é a migração (Pyron & Covich, 2003). Em Blanco & Scatena (2005), as migrações rio acima, massivas e periódicas, de *N. virginea* são associadas a períodos prolongados de chuva.

Apesar de sua ampla distribuição geográfica e ecológica, poucos estudos sobre a biologia de *Neritina virginea* foram realizados, destacando-se o trabalho clássico de Andrews (1940) que associa alterações na salinidade de um lago de águas salobras na Jamaica com mudanças morfológicas dos indivíduos, e os trabalhos de Blanco & Scatena (2005, 2007) sobre o comportamento migratório dessa espécie em Porto Rico. No Brasil, têm-se os estudos de Absalão *et al.* (2009) e de Cruz-Neta & Henry-Silva (2013), sobre a dinâmica populacional em um estuário no Rio de Janeiro, e no Rio Grande do Norte, respectivamente, e a pesquisa experimental de Matthews-Cascon & Martins (1999) sobre reprodução e desenvolvimento larval, realizada em laboratório com exemplares do Nordeste. Além desses, a maioria dos trabalhos apenas listam *N. virginea* como uma espécie comum nas comunidades bentônicas da região entremarés (Denadai *et al.*, 2000; Amaral *et al.*, 2003; Barroso & Matthews-Cascon, 2009).

Diante do exposto, este trabalho propõe-se a avaliar: em seu primeiro capítulo, a dinâmica espacial e temporal, os parâmetros populacionais e a produção secundária, e em seu segundo capítulo, a morfometria, razão sexual, migração e dieta de uma população de *N. virginea* na Baía do Araçá, no Litoral Norte de São Paulo. Assim, este presente estudo soma-se ao conhecimento sobre a biologia e ecologia desse gastrópode e torna-se mais uma ferramenta para o manejo e conservação dessa espécie, principalmente por sua importância econômica e ecológica.

1. CAPÍTULO I

DINÂMICA POPULACIONAL, CRESCIMENTO E PRODUÇÃO SECUNDÁRIA

RESUMO

Este trabalho propõe-se a estudar a dinâmica populacional, crescimento e produção secundária de *N. virginea* na região entremarés da Baía do Araçá, São Sebastião, SP. As coletas foram realizadas mensalmente envolvendo duas formas de amostragem: 1) Amostragem do tipo aninhada, em diferentes ambientes, voltada para a determinação da dinâmica espacial e temporal, e da contribuição de três escalas na variação da dinâmica espacial; e 2) Busca ativa, que teve como intenção aumentar o número de indivíduos coletados, marcados e recapturados. Os indivíduos coletados foram marcados e tiveram seu comprimento medido. Pela análise da dinâmica temporal foram encontradas maiores densidades no final da primavera e menores densidades no outono. Não foram encontradas relações entre densidade média de indivíduos e temperatura média do ar ou precipitação diária média. Em relação à distribuição espacial, foi encontrada significância na variação espacial de duas escalas, com a escala residual sendo a que mais contribuiu para variância das densidades. Para estimar o crescimento e a mortalidade, foi utilizado o modelo generalizado de von Bertalanffy. Foi obtido $K = 1,1 \text{ ano}^{-1}$, $\phi' = 2,59$ e $Z = 3,94$. A produção secundária de um período chuvoso e outro seco, a biomassa anual e a taxa de renovação foram avaliadas pelo cálculo do peso livre de cinzas com $P_{\text{chuvoso}} = 0,9248 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$, $B_{\text{chuvoso}} = 1,0394 \text{ g PSLC m}^{-2}$, $R_{p/b \text{ chuvoso}} = 0,8931 \text{ ano}^{-1}$ e $P_{\text{seco}} = 0,991 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$, $B_{\text{seco}} = 1,5536 \text{ g PSLC m}^{-2}$, $R_{p/b \text{ seco}} = 0,706 \text{ ano}^{-1}$. Não foram encontradas diferenças entre os períodos. Esses resultados, quando comparados com os de outros trabalhos com *N. virginea* ou com outras espécies de gastrópodes, sugerem que as diferentes populações de *N. virginea* possuem dinâmicas populacionais distintas com parâmetros populacionais bastante variáveis entre si e entre diferentes espécies. Isso mostra que *N. virginea* possui uma grande plasticidade no uso de habitats, o que lhe confere grande amplitude geográfica e ecológica.

ABSTRACT

This work proposes to study the population dynamics, growth and secondary production of *N. virginea* in the intertidal region of the Araçá Bay, São Sebastião, SP. Samples were collected monthly involving two ways: 1) nested sampling in different environments, aimed at determining the spatial and temporal dynamics, and the contribution of three scales to the variation of the spatial dynamics; and 2) active search, which was intended to increase the number of individuals collected, tagged and recaptured. Individuals collected were marked and had their length measured. By the analysis of the temporal dynamics, we found higher densities in late spring and lower densities in the fall. We did not find any relationship between average density of individuals and average air temperature or average daily precipitation. With regard to spatial distribution, we found significance in the spatial variation of two scales, with the residual scale being the largest contributor to the variance of densities. To estimate the growth and mortality we used the generalized model of von Bertalanffy. We obtained $K = 1.1 \text{ yr}^{-1}$, $\phi' = 2.59$ and $Z = 3.94$. Secondary production of a wet season and a dry season, the annual biomass and the turnover was assessed by calculating the ash free dry weight with $P_{\text{rainy}} = 0,9248 \text{ AFDW g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, $B_{\text{rainy}} = 1,0394 \text{ g AFDW m}^{-2}$, $R_{p/b \text{ rainy}} = 0,8931 \text{ yr}^{-1}$, $P_{\text{dry}} = 0,991 \text{ g AFDW m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, $B_{\text{dry}} = 1,5536 \text{ AFDW g m}^{-2}$, $R_{p/b \text{ dry}} = 0.706 \text{ yr}^{-1}$. There were no differences between the periods. These results, when compared with those of other studies with *N. virginea* or other species of gastropods, suggest that the different populations of *N. virginea* have distinct population dynamics with population parameters highly variable between each other and between different species. This shows that *N. virginea* has a great plasticity in the use of habitats, which gives it great geographic and ecological range.

1.1. Introdução

A macrofauna da região entremarés de praias arenosas é composta principalmente por Crustacea, Mollusca e Polychaeta, os quais constituem mais de 90% das espécies e da biomassa (Brown & McLachlan, 1990; Amaral *et al.*, 2003). Das diferentes classes de Mollusca, Gastropoda possui a maior diversidade de espécies, e exibe grande variação morfológica, fisiológica e ecológica. (Schulte-Oehlmann *et al.*, 1995; Castro *et al.*, 2004; Hall *et al.*, 2009). Gastrópodes Neritidae ocorrem em ambientes marinhos, estuarinos, de água doce e até em ambientes praticamente terrestres sendo considerados eurialinos (Baker, 1923). No litoral, geralmente habitam as zonas médias e superiores da região entremarés, supralitoral rochoso e manguezais, e são conhecidos por serem gregários (Matthews-Cascon *et al.*, 1990; Tan & Clements, 2008).

Neritina virginea é um gastrópode bastante comum e abundante em estuários, lagos de água salobra e planícies arenosas e lamosas da região entremarés (Matthews-Cascon *et al.*, 1990; Fernandes *et al.*, 1994/95; Blankensteyn & Moura, 2002; Absalão *et al.*, 2009; Amaral *et al.*, 2010). Pode ser encontrado desde o sul dos Estados Unidos até o sul do Brasil, ocorrendo também nas Bermudas e nas Antilhas (Warmke & Abbott, 1962). Em relação à sua posição na cadeia trófica, *N. virginea* é um consumidor primário que se alimenta de microalgas e diatomáceas principalmente (Matthews-Cascon & Martins, 1999). Por outro lado, é predada por caranguejos, siris, aves e peixes (Santana *et al.*, 2009; Hamilton, 1976; Layman & Silliman, 2002; Blanco & Arroyave, 2009).

Considerando a amplitude geográfica e ecológica de *N. virginea*, a descrição do padrão de variação das abundâncias por escalas espaciais e temporais é essencial para entender os fatores e processos que controlam sua distribuição (Underwood *et al.*, 2000; Burrows *et al.*, 2009). Do mesmo modo, parâmetros populacionais, como taxa de crescimento, mortalidade e produção secundária, são importantes para o entendimento da biologia de *N. virginea*, de sua evolução e manutenção no ecossistema, e da influência das pressões do ambiente (Cerrato, 1980; Malaquias & Sprung, 2005; Chatzinikolaou & Richardson, 2008).

Em particular, a produção secundária, que é uma medida composta da densidade, biomassa, taxa de crescimento, reprodução, sobrevivência e tempo de desenvolvimento (Benke, 1993), tem sido usada para melhor entendimento de importantes questões como a transferência de energia dentro de comunidades, monitoramento de comunidades bentônicas (Wilber & Clarke, 1998), manejo racional de recursos aquáticos (Downing, 1984) e análises de redes alimentares (Benke, 1998).

Assim, este capítulo tem como objetivo descrever e discutir aspectos da biologia populacional de *Neritina virginea*. Para a dinâmica espacial e temporal, temos como hipóteses: a) que os fatores mês, escala, a interação entre mês e escala, e área amostral influenciam a média mensal de indivíduos assim como a densidade média mensal de indivíduos; b) que o principal componente da variância, em relação às escalas, é a da área amostral; c) que a temperatura média do ar e a precipitação diária média são fatores relacionados com a densidade média mensal e o número médio mensal de indivíduos. Em relação ao crescimento e a mortalidade, as hipóteses são: a) que a curva de crescimento estimada possua parâmetros semelhantes aos encontrados para outras espécies de gastrópodes tropicais; b) que o fator classe de tamanho dos indivíduos influencia o crescimento médio mensal. E, sobre a produção secundária, biomassa e taxa de renovação, as hipóteses são: a) que a produção secundária, biomassa anual e a taxa de renovação estimadas sejam compatíveis com a de outros gastrópodes tropicais de tamanho semelhante; b) e que o fator período do ano (chuvoso ou seco) influencia a produção secundária, a biomassa anual e a taxa de renovação.

1.2. Material e Métodos

1.2.1. Área de estudo

As coletas foram realizadas na Baía do Araçá (23°49'S, 45°24'W), situada na parte central do Canal de São Sebastião, no Litoral Norte do Estado de São Paulo (Fig. 1.1).

O Canal de São Sebastião possui cerca de 25 km de extensão e duas entradas (norte e sul). É margeado a leste pela Ilha de São Sebastião e a oeste pelo continente. Possui ambas margens costeiras estreitas e, em geral, inclui praias arenosas intercaladas por costões rochosos (Furtado *et al.*, 1987). No geral, o canal é caracterizado por um regime de micromarés (Furtado & Mahiques, 1980), predominantemente semidiurnas (Kvinge, 1967).

A Baía do Araçá é limitada por costões rochosos na parte sul e um enrocamento na parte norte e que possui uma fisionomia composta por uma região com diferentes ambientes de declive suave, com largura entremarés de cerca de 300m. Devido à proximidade da malha urbana, esse conjunto de ambientes, que incluem pequenas praias, costões rochosos, bancos arenosos e lamosos, ilhotas e núcleos de manguezais está, há muitos anos, exposto a diferentes tipos de ação antrópica (Amaral *et al.*, 2010). E alguns desses ambientes (costões rochosos, núcleos de manguezais e bancos arenosos e lamosos) foram utilizados no desenho amostral desse estudo.

As amostragens dos indivíduos de *Neritina virginea* foram realizadas, mensalmente, no período de agosto de 2013 a julho de 2014, 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/2013, 2014). Para as análises comparativas específicas da avaliação da produção secundária foram feitas seis coletas, uma em cada mês, de novembro de 2013 a janeiro de 2014 e de maio a julho de 2014, caracterizando um período chuvoso e um seco, respectivamente.

Os dados de temperatura média do ar e precipitação diária média foram obtidos a partir das medições da estação meteorológica do CEBIMar/USP, especificamente para a Baía do Araçá.

1.2.2. Procedimentos de campo

Para determinar as áreas de ocorrência de *N. virginea* e avaliar a contribuição das diferentes escalas espaciais na variação de sua distribuição, foi utilizada metodologia de coleta de Sandrini-Neto & Lana, 2012, e de Barboza *et al.*, 2013, com modificações. O desenho amostral aninhado incluiu quatro tipos de ambientes, expostos durante o período de maré baixa: costões rochosos (CR), manguezais (M), bancos areno- lamosos (BL) e de cascalho (BC). Dessa forma temos: escala de ambiente, representada por três réplicas em cada um dos ambientes expostos durante a maré baixa, distando mais de 100m entre si; escala de área amostral, representada por três réplicas, escolhidas ao acaso, dentro de cada um dos ambientes, com distâncias maiores do que 10m entre si; e, em cada réplica de área amostral, foram feitas três pseudo-réplicas com mais de 1m de distância entre si, representando a escala residual (Fig. 1.1). Para amostragem foi utilizado um quadrado de 0,5 m de lado e todos os indivíduos de *N. virginea* visualizados dentro dos limites do amostrador foram coletados.

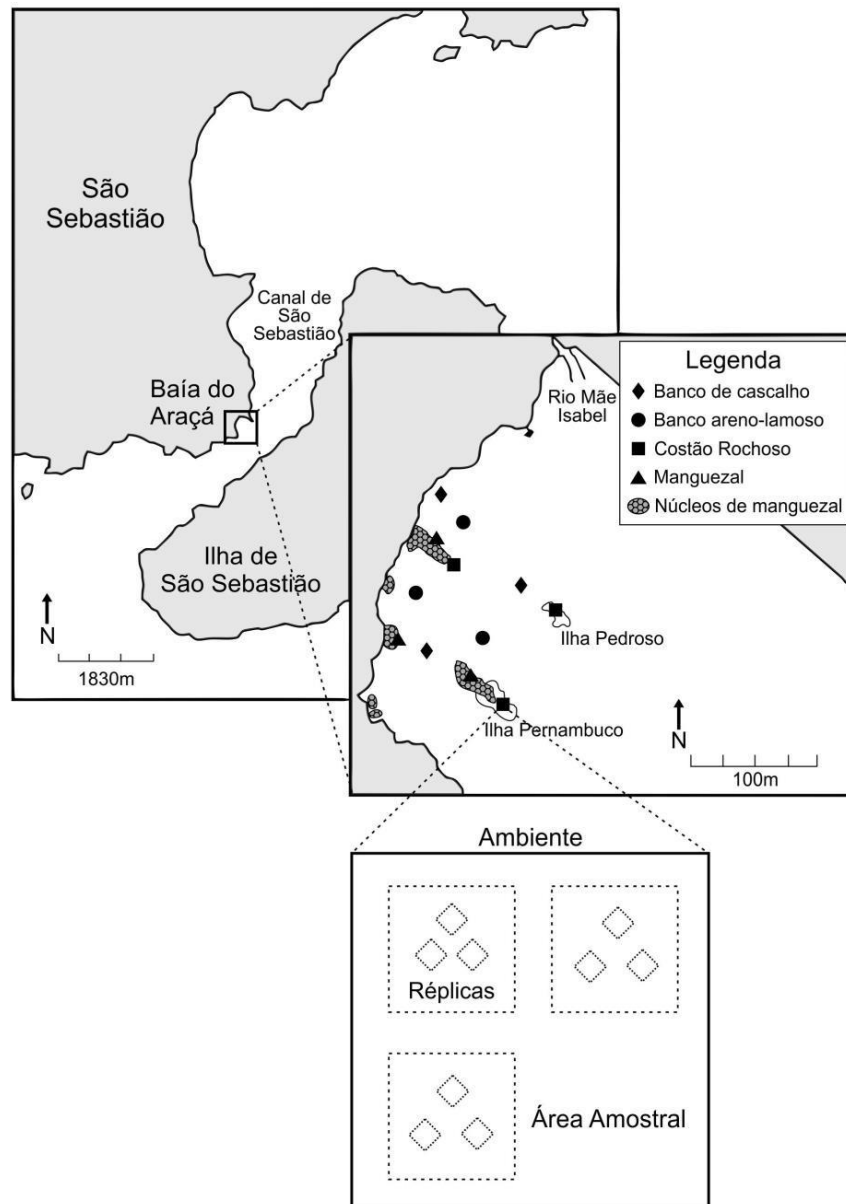


Figura 1.1. Representação do desenho amostral aninhado. A escala de ambiente, de centenas de metros, possui três réplicas (representado pelos formatos preenchidos de preto no mapa e pelo quadrado abaixo) em cada um dos ambientes expostos durante a maré baixa (Bancos de cascalho, bancos areno-lamosos, costões rochosos e manguezais). A escala de área amostral, de dezenas de metros, é representada por três réplicas (quadrados pontilhados) feitas dentro de cada uma das réplicas da escala de ambiente. E dentro de cada réplica da escala de área amostral, a escala residual, de metros, é representada por três pseudo-réplicas (losangos).

Também foi feita busca ativa, pelo método de captura por unidade de esforço, durante 10 minutos, por apenas uma pessoa, em cada uma das réplicas dos ambientes. Dos indivíduos coletados pela busca ativa, quinze por ambiente foram sorteados, para posterior medição e marcação.

Todos indivíduos coletados foram devolvidos aos mesmos locais de onde foram retirados, com exceção daqueles que foram utilizados para o cálculo da produção secundária.

1.2.3. Procedimentos de laboratório

Todos os indivíduos de *N. virginea* coletados foram quantificados. Os indivíduos coletados pelo desenho aninhado e 15 por ambiente em cada coleta mensal da busca ativa foram marcados e tiveram o comprimento da concha medido. As medidas foram tomadas com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Caso fossem recapturas, seus códigos de identificação eram anotados e os indivíduos eram medidos novamente.

A marcação foi feita com papel impermeável, com código de identificação feito com caneta permanente, colado na concha dos indivíduos com cola do tipo cianoacrilato. Após serem marcados, os indivíduos eram devolvidos, no dia seguinte, para os locais onde foram coletados.

As estimativas de produção secundária foram realizadas no Laboratório de Macrobenetos Marinhos do IB/UNICAMP. Dos indivíduos coletados pela busca ativa, foram sorteados cerca de 30 em cada réplica de ambiente, em cada mês. Esses indivíduos foram deixados por aproximadamente um minuto em papel toalha, para determinação do peso úmido (PU) (Dermott & Paterson, 1974). Em seguida foram secos 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 & Campos, 1994). O peso livre de cinzas (PSLC) foi calculado subtraindo o peso das cinzas (CRPS) do peso seco (PS) do animal. Todo o procedimento para determinação da produção secundária foi feito com os indivíduos inteiros, sem separá-los das conchas, para que não se perdesse nenhum material da parte mole do corpo do animal, e para que a porção da matriz orgânica da concha também fosse contabilizada.

1.2.4. Análise dos dados

Uma análise hierárquica de variância (ANOVA aninhada) foi aplicada para avaliar a significância da variação espacial e temporal das densidades de *N. virginea* considerando três fatores: o tempo (ortogonal ao espaço), ambientes (três níveis), áreas amostrais (três níveis, aninhado em ambientes com três réplicas por nível). Para densidade de indivíduos, além da significância estatística, também foram calculados os componentes de variância, que representam a magnitude do efeito analisado. Essas análises foram feitas no ambiente R.

Para realizar a análise de crescimento, as distribuições de frequências de comprimento mensais foram usadas de acordo com os procedimentos sugeridos por Gómez & 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 II (Gayanilo *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: Gayanilo *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 índice de crescimento phi-prima (ϕ'), definido como:

$$\phi' = 2 \log_{10}(L_\infty) + \log_{10}K,$$

foi usado para medir o desempenho do crescimento (Pauly & Munro, 1984).

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.*, 1995) 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*, 1995).

A produção foi estimada por meio do método taxa de crescimento peso-específica (Crisp, 1984), a qual é dada pela seguinte equação:

$$P = \sum \sum f_i \cdot G_i \cdot W_i \cdot \Delta t,$$

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:

$$G_i = b \cdot K \cdot [(L_\infty/L_i)-1],$$

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:

$$\bar{B} = \sum \sum f_i \cdot W_i \cdot \Delta t.$$

1.3. Resultados

1.3.1. Distribuição espacial e temporal

Em relação à distribuição temporal, a população de *N. virginea*, amostrada pelo desenho aninhado, apresentou um pico em sua densidade no final da primavera (novembro de 2013) e suas menores densidades foram registradas para o outono (abril a junho) (Fig. 1.2). Foi constatada influência temporal nas densidades mensais e diferenças significativas nas densidades entre alguns meses (Tabela 1.1 e Fig. 1.2). A média mensal das abundâncias amostradas pela busca ativa apresentou um padrão semelhante ao encontrado pelo desenho aninhado (Fig. 1.3). A principal diferença é que as variâncias nas abundâncias entre as áreas amostrais foram muito maiores, resultando em diferenças não significativas (Tabela 1.2).

Tabela 1.1. Tabela de ANOVA onde foi testada a hipótese de que o fator tempo (mês) influencia a densidade média mensal de indivíduos de *N. virginea* da do Baía do Araçá estimada pelo desenho aninhado. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Tempo	11	1869,01	6,17	0,00
Resíduo	408	302,91		

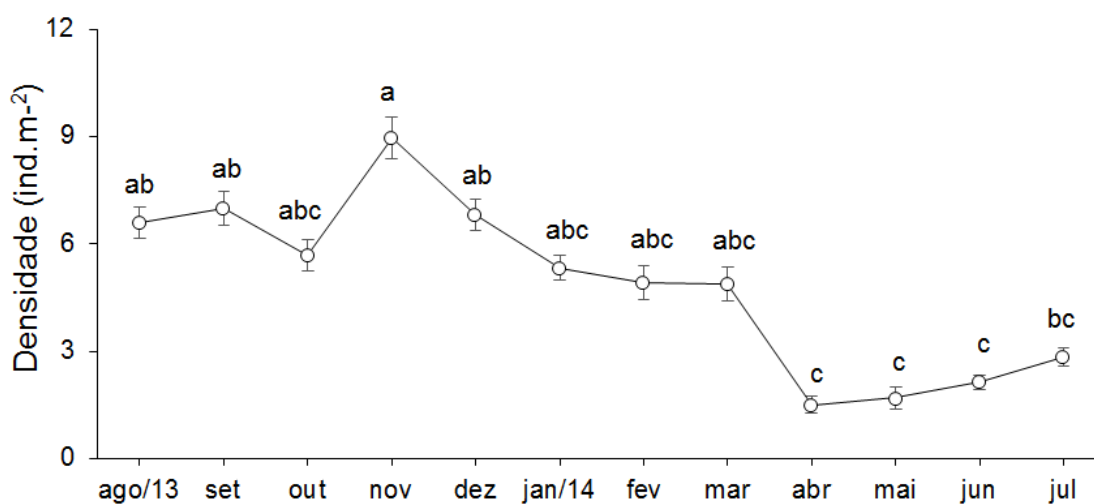


Figura 1.2. Densidades médias (barras: erro padrão) de *N. virginea* na Baía do Araçá, estimadas pelo desenho aninhado, entre os meses de agosto de 2013 a julho de 2014. Letras iguais representam diferenças não significativas segundo o teste HSD de Tukey.

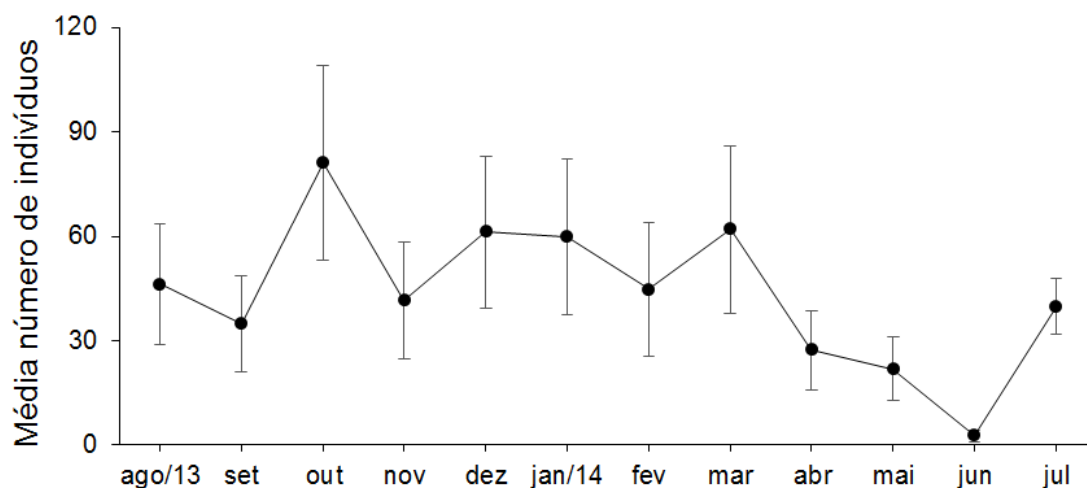


Figura 1.3. Médias do número de indivíduos (barras: erro padrão) de *N. virginea* na Baía do Araçá, estimadas pela busca ativa, entre os meses de agosto de 2013 a julho de 2014. Não foi encontrada diferença entre os meses.

Tabela 1.2. Tabela de ANOVA onde foi testada a hipótese de que o fator tempo (mês) influencia a média mensal do número de indivíduos de *N. virginea* na Baía do Araçá estimada pela busca ativa. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Tempo	11	6227,2	1,65	0,09
Resíduo	132	3761,9		

Não foram encontradas relações entre densidade média de indivíduos e temperatura média do ar (gl = 9; $r^2_{\text{ajustado}} = -0,10$; $p = 0,82$), densidade média e precipitação diária média (gl = 9; $r^2_{\text{ajustado}} = -0,08$; $p = 0,66$), número médio e temperatura média do ar (gl = 9; $r^2_{\text{ajustado}} = 0,05$; $p = 0,23$) e número médio e precipitação diária média (gl = 9; $r^2_{\text{ajustado}} = -0,08$; $p = 0,64$) (Figs. 1.4, 1.5, 1.6 e 1.7).

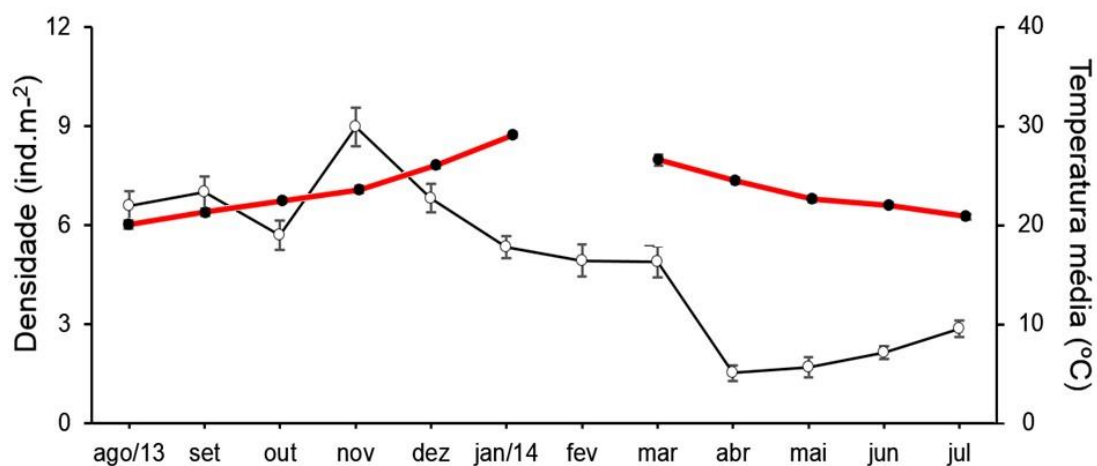


Figura 1.4. Densidades médias (barras: erro padrão) de *N. virginea* na Baía do Araçá, estimadas pelo desenho aninhado, entre os meses de agosto de 2013 a julho de 2014: marcadores brancos. Temperatura média do ar (°C; barras: erro padrão): marcadores pretos.

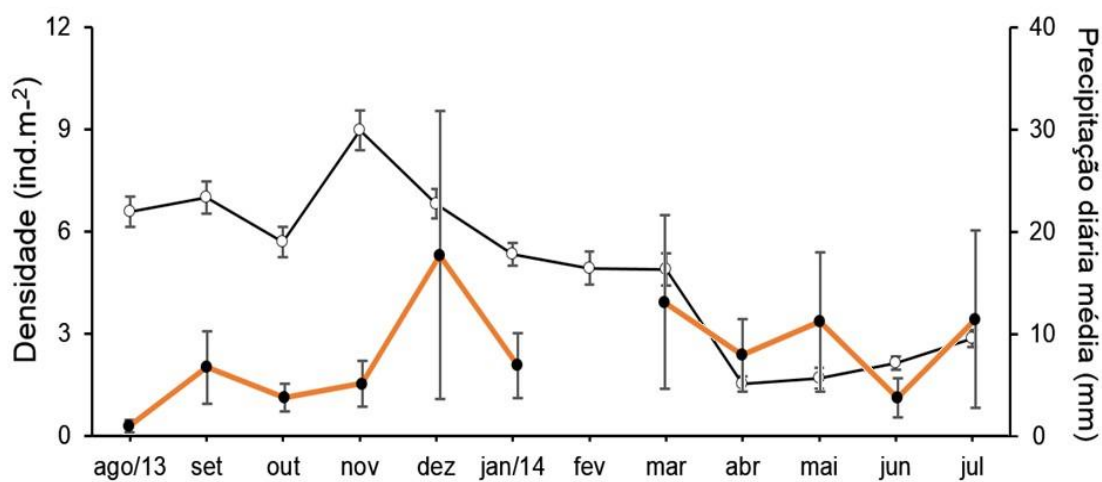


Figura 1.5. Densidades médias (barras: erro padrão) de *N. virginea* na Baía do Araçá, estimadas pelo desenho aninhado, entre os meses de agosto de 2013 a julho de 2014: marcadores brancos. Precipitação diária média (mm; barras: erro padrão): marcadores pretos.

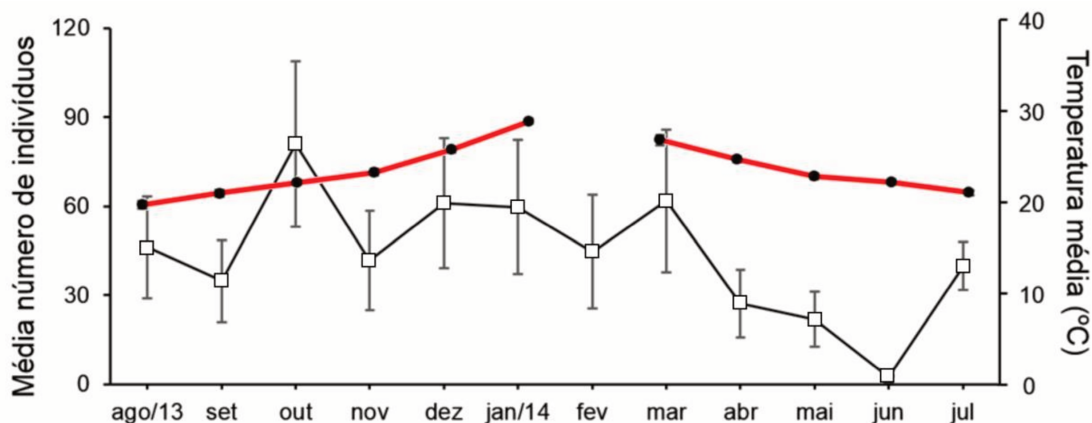


Figura 1.6. Número médio de indivíduos (barras: erro padrão) de *N. virginea* na Baía do Araçá, estimadas pela busca ativa, entre os meses de agosto de 2013 a julho de 2014: marcadores brancos. Temperatura média do ar (°C; barras: erro padrão): marcadores pretos.

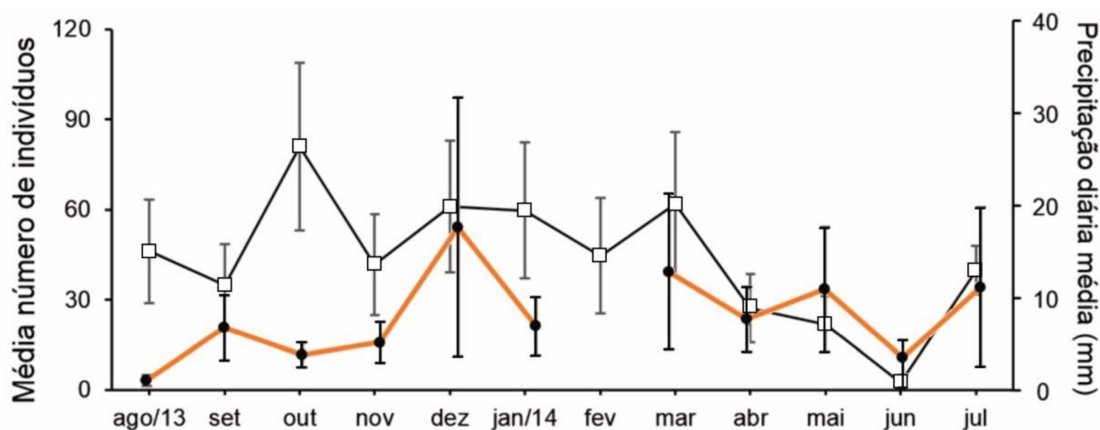


Figura 1.7. Número médio de indivíduos (barras: erro padrão) de *N. virginea* na Baía do Araçá, estimadas pela busca ativa, entre os meses de agosto de 2013 a julho de 2014: marcadores brancos. Precipitação diária média (mm; barras: erro padrão): marcadores pretos.

Para a distribuição espacial, foi encontrada significância na variação espacial de duas escalas (de ambiente e das áreas amostrais), do tempo e da interação entre escalas e tempo (Tabela 1.3). As densidades dos indivíduos entre os ambientes foram maiores em Bancos de Cascalho e Manguezal (Fig. 1.8), mas, entre as áreas amostrais, as maiores densidades foram encontradas em BCb e CRa (Fig. 1.9). O principal componente da variância foram os resíduos, representados pelos amostradores, seguido pela maior escala, a de ambiente (Fig. 1.10).

Tabela 1.3. Tabela de ANOVA aninhada onde foi testada a hipótese de que os fatores escalas (de ambiente e de área amostral), tempo (mês) e a interação entre escalas e tempo influenciam a densidade média mensal de indivíduos de *N. virginea* na Baía do Araçá estimada pelo desenho aninhado. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Ambiente	11	1223,68	14,23	0,00
Tempo	11	149,49	2,75	0,002
Escalas x Tempo	121	85,99	1,58	0,001
Área Amostral	288	54,23	4,20	0,00
Resíduo	864	12,92		

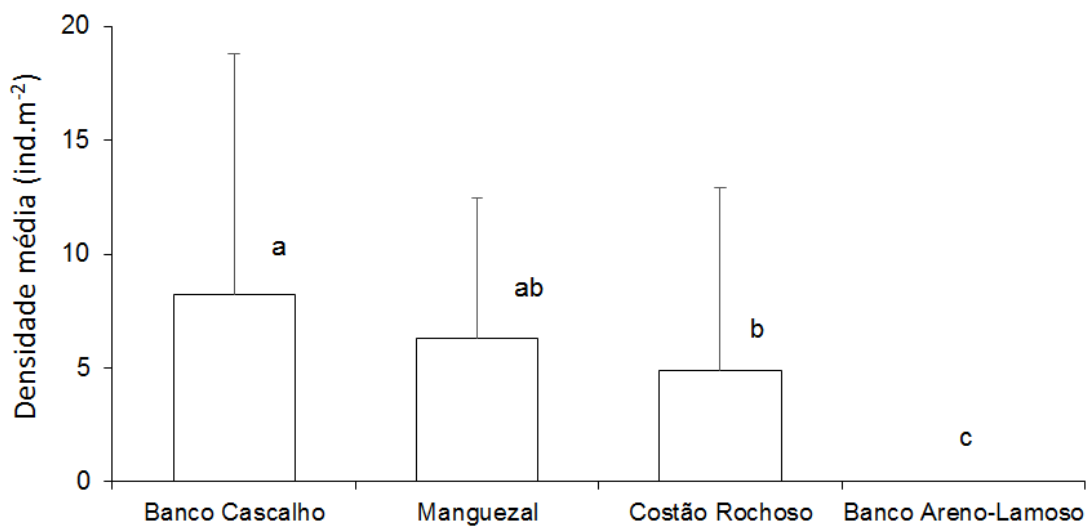


Figura 1.8. Densidades médias (barras: erro padrão) de *N. virginea* na Baía do Araçá, estimadas pelo desenho aninhado, entre os ambientes, representando a escala Ambiente. Letras iguais representam diferenças não significativas segundo o teste HSD de Tukey.

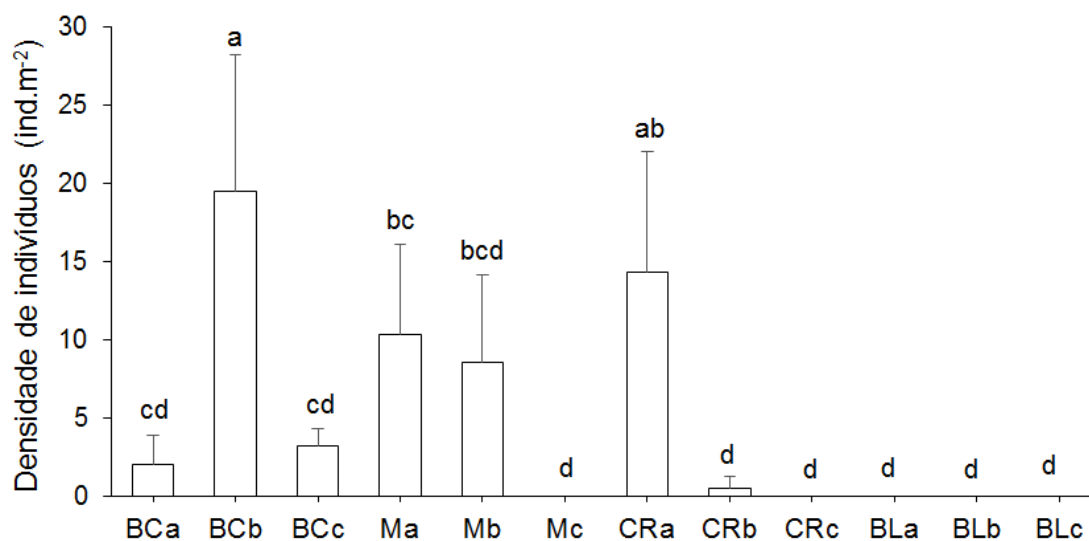


Figura 1.9. Densidades médias (barras: erro padrão) de *N. virginea* na Baía do Araçá, estimadas pelo desenho aninhado, entre as réplicas de cada Ambiente, representando a escala Área Amostral. BCa, BCb e BCc = Bancos de Cascalho; Ma, Mb, Mc = Manguezais; CRa, CRb, CRc = Costões Rochosos; BLa, BLb, BLc = Bancos Areno-Lamosos. Letras iguais representam diferenças não significativas segundo o teste HSD de Tukey.

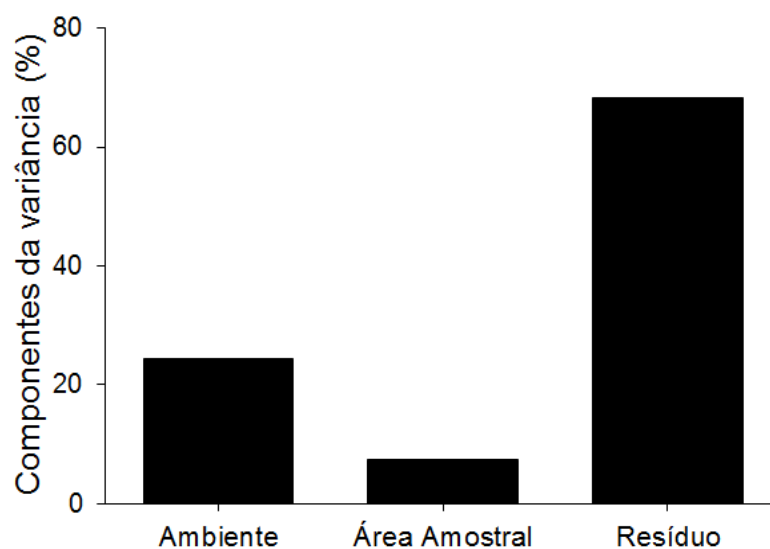


Figura 1.10. Componentes da variância (%) da influência das escalas na variabilidade das densidades de *N. virginea* na Baía do Araçá. Resíduo é a escala residual, dentro da escala de área amostral, representada pelo amostrador.

Ainda a respeito da distribuição espacial, dois padrões semelhantes (Figs. 1.9 e 1.11) foram encontrados. Apenas algumas diferenças podem ser ressaltadas: as maiores densidades médias nas áreas amostrais BCb e CRa, na amostragem aninhada, e as maiores abundâncias em Ma e BCb, na busca ativa. Em ambos desenhos amostrais foi encontrada influência das áreas amostradas nas densidades e nas abundâncias (Tabelas 1.4 e 1.5).

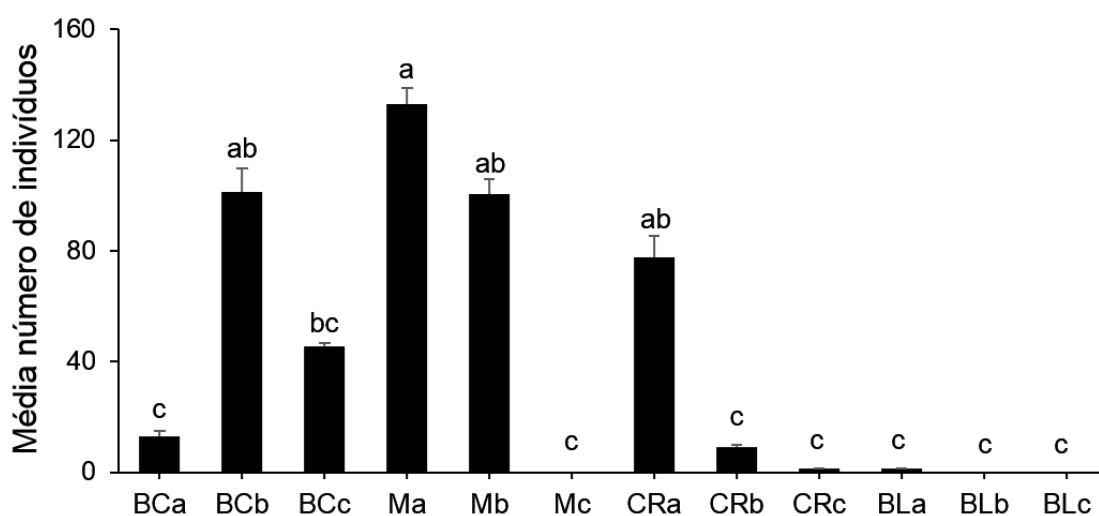


Figura 1.11. Média do número de indivíduos (barras: erro padrão) de *N. virginea* na Baía do Araçá, estimada pela busca ativa, entre as Áreas Amostrais. BCa, BCb e BCc = Bancos de Cascalho; Ma, Mb, Mc = Manguezais; CRa, CRb, CRc = Costões Rochosos; BLa, BLb, BLc = Bancos Areno-Lamosos. Letras iguais representam diferenças não significativas segundo o teste HSD de Tukey.

Tabela 1.4. Tabela de ANOVA onde foi testada a hipótese de que o fator área amostral influencia a densidade média mensal de indivíduos de *N. virginea* na Baía do Araçá estimada pelo desenho aninhado. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Área amostral	11	538,84	13,22	0,00
Resíduo	132	40,74		

Tabela 1.5. Tabela de ANOVA onde foi testada a hipótese de que o fator Área amostral influencia a média mensal do número de indivíduos de *N. virginea* na Baía do Araçá estimada pela busca ativa. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Área amostral	11	29387,3	13,6	0,00
Resíduo	132	2160,8		

1.3.2. Parâmetros populacionais

Os parâmetros de crescimento de *N. virginea* encontrados foram: $L_{\infty} = 18,9$ mm; $K = 1,1 \text{ ano}^{-1}$; $\phi' = 2,59$; e $Z = 3,94$. Essa população não apresentou diminuição em seu crescimento durante o inverno ($C = 0$ e $WP = 0$). A curva de crescimento, obtida pelo programa FISAT II através do ajuste segundo a função de von Bertalanffy está na figura 1.12.

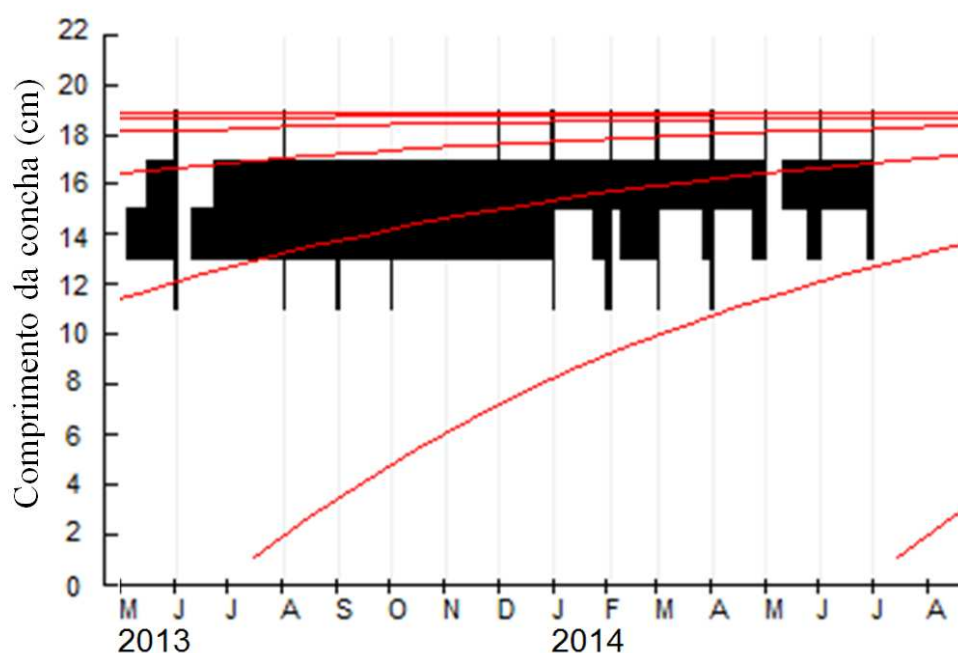


Figura 1.12. Curva de crescimento, em vermelho, ajustada pela função de von Bertalanffy gerada pelo programa FISAT II. Os histogramas representam as frequências das classes de tamanho para cada mês, de junho de 2013 a julho de 2014.

Outras taxas de crescimento médio, separadas por classes de tamanho, foram estimadas através das diferenças de tamanhos entre indivíduos que foram marcados e posteriormente recapturados (Fig. 1.13). Os indivíduos de 10 a 12mm possuem taxas de crescimento maiores que os das demais classes de tamanho (Tabela 1.6). O crescimento das classes de tamanho 16 a 18mm e 18mm ou mais, não foi estimado pois nenhum indivíduo dessas classes de tamanho foram recapturados.

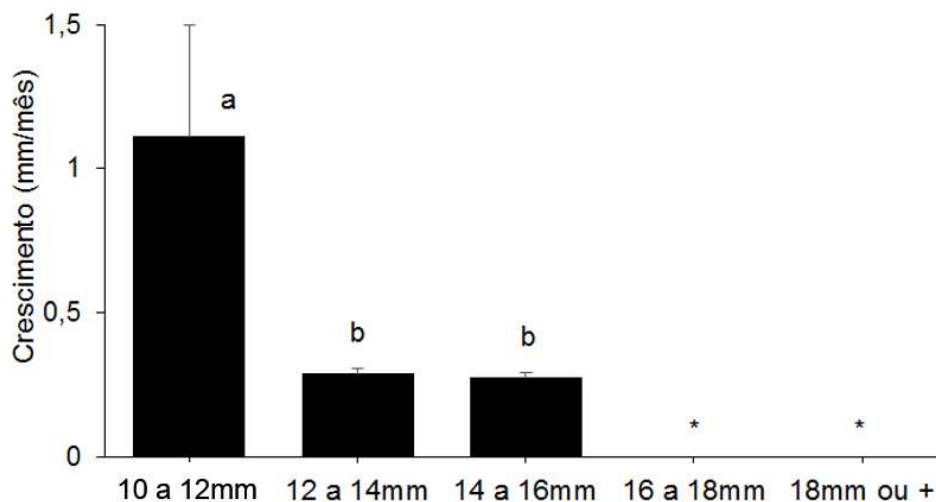


Figura 1.13. Crescimento (mm/mês) (barras: erro padrão) das classes de tamanho de *N. virginea* da Baía do Araçá, estimado por marcação e recaptura. As classes de tamanho com * não possuem taxa de crescimento, pois não foram recapturados indivíduos nessas classes. Letras iguais representam diferenças não significativas segundo o teste HSD de Tukey.

Tabela 1.6. Tabela de ANOVA onde foi testada a hipótese de que o fator classe de tamanho (mm) influencia o crescimento médio mensal de indivíduos de *N. virginea* na Baía do Araçá estimado por marcação e recaptura. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Classe de tamanho	2	1,01	39,65	0,00
Resíduo	137	0,02		

1.3.3. Produção secundária

A partir da análise de 361 indivíduos, foi possível estabelecer a relação peso-comprimento da população de *N. virginea*:

$$W_{(g \text{ PSLC})} = 9 \times 10^{-5} C_{(mm)}^{2,5295}$$

onde W é o peso seco livre de cinzas, em gramas, e C, o comprimento da concha, em mm ($r^2_{\text{ajustado}} = 0,6875$; $F = 790,95$; $gl = 358$; $p < 0,001$).

Assim, no período deste trabalho, a produção foi igual a $P = 1,052 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ e a biomassa a $B = 1,2516 \text{ g PSLC m}^{-2}$. A taxa de renovação (P/B) foi de $R_{p/b} = 0,8411 \text{ ano}^{-1}$.

Também foram calculadas as produções e biomassas relativas ao período chuvoso e ao seco, sendo $P_{\text{chuvoso}} = 0,9248 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$, $B_{\text{chuvoso}} = 1,0394 \text{ g PSLC m}^{-2}$, $R_{p/b \text{ chuvoso}} = 0,8931 \text{ ano}^{-1}$ e $P_{\text{seco}} = 0,991 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$, $B_{\text{seco}} = 1,5536 \text{ g PSLC m}^{-2}$, $R_{p/b \text{ seco}} = 0,706 \text{ ano}^{-1}$. Não foi encontrada nenhuma diferença na produção, na biomassa, nem na taxa de renovação entre os períodos (Tabelas 1.7, 1.8 e 1.9).

Tabela 1.7. Tabela de ANOVA onde foi testada a hipótese de que o fator período do ano (chuvoso ou seco) influencia a produção secundária de *N. virginea* na Baía do Araçá. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Período	1	0,01	0,12	0,73
Resíduo	8	0,08		

Tabela 1.8. Tabela de ANOVA onde foi testada a hipótese de que o fator período do ano (chuvoso ou seco) influencia a biomassa de *N. virginea* na Baía do Araçá. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Período	1	0,66	3,02	0,12
Resíduo	8	0,22		

Tabela 1.9. Tabela de ANOVA onde foi testada a hipótese de que o fator período do ano (chuvoso ou seco) influencia a taxa de renovação de *N. virginea* na Baía do Araçá. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Período	1	0,09	1,78	0,22
Resíduo	8	0,05		

1.4. Discussão

1.4.1. Distribuição espacial e temporal

As maiores densidades, no final da primavera, e as menores densidades, no outono, revelam um padrão semelhante aos encontrados em Absalão *et al* (2009) para uma população de *N. virginea* de um estuário no Rio de Janeiro, com um pico em setembro e outubro, durante a primavera, e uma queda em julho, durante o inverno. Esse padrão também está parcialmente de acordo com Hernandez e Lanza (1989), para uma população de *N. virginea* de um conjunto de lagos no México. De forma diferente, Cruz-Neta e Henry Silva (2013), estudando uma população de *N. virginea* num estuário do Rio Grande do Norte, encontraram um pico pronunciado em maio e junho, durante o outono e Lana e Guiss (1991), encontraram, para uma população de *N. virginea* de uma planície entremarés no Paraná, um pico no inverno. Portanto, pode-se dizer que a reprodução de *N. virginea* é contínua, mas com um ou dois picos durante o

ano, que podem ocorrer na estação seca ou na chuvosa.

Apesar do que foi discutido anteriormente, para a população de *N. virginea* estudada neste trabalho, ainda não foi possível inferir quais variáveis estão relacionadas com a distribuição temporal de densidades encontrada, pois os fatores testados, temperatura média do ar e precipitação, não afetaram as densidades nem as abundâncias. No caso de Cruz-Neta e Henry Silva (2013), não foi encontrada correlação entre a densidade de indivíduos de *N. virginea* e a temperatura da água e nem entre a densidade e as classes texturais do sedimento, mas encontraram forte correlação negativa entre a densidade de indivíduos e a salinidade. De toda forma, sabe-se que em populações de macrofauna de praias arenosas, a flutuação temporal da abundância é comum e associada tanto a fatores biológicos, como recrutamento (Veloso & Cardoso, 1999), alta mortalidade e migração (McLachlan & Brown, 2006), flutuação sazonal da presa, quanto a fatores físicos, como declividade (Caetano *et al.*, 2003), salinidade, temperatura (Leber, 1982) e ação de ondas (McLachlan & Brown, 2006).

O resultado encontrado pelo desenho aninhado (Tabela 1.3) constata que a distribuição espacial dessa população de *N. virginea* forma manchas de indivíduos nas três escalas consideradas (ambiente, área amostral e residual). Ou, em outras palavras, o padrão na distribuição dessa população é formado de grandes manchas de indivíduos separadas por centenas de metros; essas grandes manchas, por sua vez, são também formadas de manchas, separadas por dezenas de metros; e por fim, essas manchas são formadas por manchas ainda menores, separadas por metros. Na escala de ambiente, as manchas de indivíduos de *N. virginea* provavelmente estão relacionadas à distribuição dos diferentes ambientes que também estão distribuídos em manchas na Baía do Araçá. Como mostrado pela figura 1.8, existe uma preferência pelos ambientes de Bancos de Cascalho, assim como uma aparente aversão aos Bancos Areno-Lamosos, onde foram encontrados apenas alguns indivíduos com a busca ativa e nenhum com o desenho aninhado. A separação física dos ambientes Banco de Cascalho, Manguezal e Costão Rochoso, entremeados pelos Bancos Areno-Lamosos, explicaria então o resultado encontrado para a escala de ambiente. Na escala residual, de metros, onde as diferenças entre as densidades são as maiores (Fig. 1.10), o padrão de distribuição em manchas resulta de processos ecológicos específicos atuando em escalas muito pequenas. Esses processos podem estar relacionados à distribuição de microhabitats em manchas, mudanças de pequena escala em condições ambientais, comportamento e competição (Sandrini-Neto e Lana, 2012).

Ao contrário do que foi encontrado neste trabalho, Aron (1989), Lana e Guiss (1991) e Bonnet *et al* (1994) verificaram preferência de *N. virginea* por substratos lamosos. Por outro lado, Cruz-Neta e Henry-Silva (2013) não acharam relação entre o tipo de sedimento e as densidades de *N. virginea*. Mas Absalão *et al* (2009) encontraram relação entre a abundância de *N. virginea* e a granulometria do sedimento, constatando maiores abundâncias nos setores de coleta onde os grãos eram mais grosseiros. De forma geral, *N. virginea* pode viver em diferentes tipos de substratos e habitats (Andrews, 1940; Matthews-Cascon *et al.*, 1990; Fernandes *et al*, 1994/95; Blankensteyn & Moura, 2002; Amaral *et al.*, 2010), mas o que poderia explicar a diversidade de ambientes em que é encontrada e suas diferentes preferências locais é a busca por alimento. Nos trabalhos citados acima, onde foram encontradas maiores densidades em locais lamosos, as populações de *N. virginea* viviam associadas à *Spartina*, de onde tiravam seu alimento. Assim como no local de estudo de Absalão *et al* (2009), na Baía do Araçá a população de *N. virginea* não vive associada a nenhum tipo de vegetação, com a ocorrência de *Ulva* sendo bastante esporádica (obs. pessoal). Portanto, essa população buscaria em substratos mais consistentes seu alimento, explicando assim as maiores densidades em Bancos de Cascvalho, onde os grãos de areia são mais grosseiros e há a presença de inúmeras conchas de moluscos. Explica também a preferência pelos outros ambientes: as raízes do mangue, nos Manguezais, e os próprios Costões Rochosos também seriam substratos mais consistentes, sendo assim mais adequados à atividade de suas rádulas.

1.4.2. Parâmetros populacionais

A velocidade de crescimento, representada pelo valor de $K = 1,1 \text{ ano}^{-1}$, foi semelhante ao encontrado por Absalão *et al* (2009), que variam entre 0,93 e 1,15; maior se comparado ao encontrado por Lillebo *et al* (1999) para *Hydrobia ulvae* ($0,73 \text{ ano}^{-1}$); e menor do que para

H. ventrosa (2,6 a 3 ano^{-1}) e *H. minoricensis* (1,9 a $2,1 \text{ ano}^{-1}$) (Drake & Arias, 1995). Absalão *et al* (2009) sugerem que essas variações encontradas estão relacionadas às diferentes latitudes das áreas estudadas, às tolerâncias de cada espécie, à coexistência entre espécies equivalentes no mesmo habitat e os métodos para calcular o crescimento.

Assim como a velocidade de crescimento K , o desempenho do crescimento estimado, $\phi' = 2,6$, também foi bastante semelhante ao encontrado por Absalão *et al* (2009), que variaram entre 2,5 e 2,6. Comparando com os mesmos trabalhos citados acima, percebe-se que os valores de ϕ' para *N. virginea* são maiores do que para *H. ulvae* ($\phi' = 1,6$; Lillebo, 1999),

H. ventrosa ($\phi' = 1,0$) e *H. minoricensis* ($\phi' = 1,5$) (Drake & Arias, 1995). Essas diferenças provavelmente se devem às diferenças de latitude, já que existe uma tendência ao maior crescimento em regiões tropicais (Absalão *et al.*, 2009).

O crescimento de *N. virginea* na Baía do Araçá não apresentou decréscimo durante o inverno (WP = 0), de forma diferente do encontrado por Absalão *et al* (2009) e Lillebo (1999), o que pode ser explicado por estações mais bem definidas em regiões temperadas e pelas estações com variações muito próximas entre si no litoral de São Paulo. O que pode ser observado na baixa amplitudes de temperaturas do ar registradas no período deste trabalho (Figs. 1.4 e 1.6).

A mortalidade instantânea para a população de *N. virginea*, $Z = 3,94$, novamente se aproximou da encontrada por Absalão *et al* (2009), $Z = 3,47$ e $3,99$, assim como da encontrada por Petracco *et al* (2013), para *Olivella minuta*, $Z = 3,55$ e $4,5$. Mas, comparando com McLachlan & van der Horst (1979) para *Bullia rhodostoma*, $Z = 2,41$, a mortalidade é maior. Os fatores físicos controlam os ecossistemas de praias arenosas (McLachlan, 1983), e isso pode explicar a menor mortalidade encontrada para *B. rhodostoma*. Apesar de ser encontrada em praias arenosas, as populações estudadas por Petracco *et al* (2013) eram de praias arenosas abrigadas, nas quais os fatores físicos ficam atenuados. Assim, tanto para as populações de *N. virginea* quanto para as populações de *O. minuta*, que possuem valores de mortalidade instantânea mais elevados, o fator mais importante seria a interação entre espécies, com a predação sendo, provavelmente a mais relevante para a mortalidade (Absalão *et al* 2009).

1.4.3. Produção secundária

O valor de produção secundária calculado para a população de *N. virginea* deste trabalho de $P = 1,052 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ foi maior, em pelo menos uma ordem de magnitude, quando comparado com os valores de Absalão *et al* (2009) ($P = 0,099$ e $0,135 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$), mas mais próximas dos valores para *Hydrobia ulvae* ($P = 0,8 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$; Drake e Arias, 1995). De forma geral, os valores de produção secundária são muito variáveis entre as espécies, dentro da mesma espécie e até dentro da mesma população, como mostram Sola (1996) e Petracco *et al* (2013). Sola (1996) estudou a mesma população de *H. ulvae* em diferentes anos e viu que a variação pode ser bastante grande. Petracco *et al* (2013) reúnem, numa tabela, diferentes valores de produção secundária, estimados por diferentes autores, para cinco espécies de gastrópodes de praias arenosas (*Olivancillaria vesica*, *Nassarius vibex*, *Olivella minuta*, *Hastula cinerea* e *Bullia rhodostoma*). As produções variam de $0,02 \text{ g PSLC m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$

¹, para *Olivella minuta* (Petracco *et al*, 2013) a 3,6 g PSLC m⁻² ano⁻¹, para *Nassarius vibex* (Yokoyama, 2010). Mas Yokoyama (2010) mostra uma grande variação para *N. vibex*, com as produções variando de 0,35 a 3,6 g PSLC m⁻² ano⁻¹, assim como Lillebo *et al* (1999) que, para *H. ulvae*, estimou valores de produção secundária de uma mesma população ao longo de um gradiente de eutrofização, e obteve valores de 15,2 a 93,7 g PSLC m⁻² ano⁻¹.

De forma semelhante à produção secundária, os valores de biomassa obtidos por este trabalho, $B = 1,2516$ g PSLC m⁻², foram maiores que os obtidos por Absalão *et al* (2009) ($B = 0,057$ e $0,087$ g PSLC m⁻²). A biomassa também pode variar bastante, dependendo da espécie, da população, do local e do ano de estudo (Petracco *et al*, 2013).

O índice que pode melhor comparar a produtividade entre espécies, populações e até mesmo comunidades é a taxa de renovação (P/B) (Ansell *et al*, 1978), pois representa o crescimento médio em biomassa de um indivíduo de uma dada população (Benke, 1996). Os valores de taxa de renovação de Absalão *et al* (2009) variaram entre 1,55 e 1,75 ano⁻¹, maiores do que encontrados nesse estudo, 0,84 ano⁻¹. Os valores de taxa de renovação levantados por Petracco *et al* (2013), variaram entre 0,38 e 1,91 ano⁻¹. Portanto, o valor da taxa de renovação obtido para *N. virginea* da Baía do Araçá é um valor intermediário, quando comparado com algumas espécies de gastrópodes de praias arenosas. Como regra geral, populações com alta taxa de renovação são compostas de indivíduos pequenos, com crescimento rápido e baixa expectativa de vida. Por outro lado, uma baixa taxa de renovação está associada a indivíduos maiores, com crescimento lento e alta longevidade (Brey e Clarke, 1990; Tumbiolo e Downing, 1994). Isso está de acordo com o encontrado para *N. virginea* na Baía do Araçá, já que essa população apresenta tamanho e crescimento intermediários quando comparados com outras espécies de gastrópodes de praias arenosas, como *Olivancillaria vesica*, *Nassarius vibex*, *Olivella minuta*, *Hastula cinerea* e *Bullia rhodostoma* (Caetano *et al*, 2003; Yokoyama, 2010; Petracco *et al*, 2013; Petracco, 2008; McLachlan *et al*, 1979; McLachlan e van der Horst, 1979) e com espécies estuarinas, como *Hydrobia ulvae*, *H. ventrosa*, *H. minoricensis*, *Bittium varium* e *B. reticulatum* (Drake e Arias, 1995; Sola, 1996; Lillebo *et al*, 1999; Fredette *et al*, 1990; Yerro, 1984).

Com esses resultados mostrando que a população de *N. virginea* da Baía do Araçá deve possuir uma reprodução que pode ser considerada contínua, a distribuição espacial em manchas aninhadas, preferência por certos tipos de ambiente, e crescimento, produção secundária e biomassa anual relativamente altos, importantes pontos puderam ser adicionados

ao conhecimento sobre a ecologia de *N. virginea*. Como um todo, esses resultados, assim como os encontrados na literatura, quando interpretados em conjunto mostram que *N. virginea* possui uma grande plasticidade no uso de habitats, o que lhe confere grande amplitude geográfica e ecológica.

2. CAPÍTULO II

MORFOMETRIA, RAZÃO SEXUAL, MIGRAÇÃO E DIETA

RESUMO

Com o intuito de reunir mais informações sobre a biologia populacional de *N. virginea*, da região entremarés da Baía do Araçá, São Sebastião, SP, este capítulo investiga sua morfologia, razão sexual, comportamento migratório e dieta. As coletas foram realizadas mensalmente envolvendo duas formas de amostragem: 1) Amostragem do tipo aninhada, em diferentes ambientes, voltada para o estudo do comportamento migratório; e 2) Busca ativa, que teve como intenção aumentar o número de indivíduos coletados, marcados e recapturados. Os indivíduos coletados foram marcados e tiveram seu comprimento medido. Para o estudo da dieta e razão sexual os indivíduos coletados foram dissecados, e tiveram o sexo determinado e o conteúdo do aparelho digestivo preparado em lâminas e fotografado. O estudo da morfometria indica que o crescimento das conchas dos indivíduos dessa população é isométrico. A razão sexual dessa população está deslocada para as fêmeas (1:2,19) e durante o período chuvoso esse deslocamento para fêmeas aumenta e no seco ele se aproxima mais do esperado 1:1. O número de espermatóforos cheios é maior no período chuvoso do que no seco. É possível que o alto custo da cópula para os machos influencie diretamente a sobrevivência desses machos. Não foi encontrado nenhum padrão no comportamento migratório, temporal ou espacial, apesar de ter sido relatado para a mesma espécie em outros trabalhos. A distância média percorrida pelos indivíduos foi de $69,35\text{m} \pm 7,8$ (erro padrão), com a menor distância média de 35m e a maior, de 170m. A dieta dessa população é dominada pelo consumo de diatomáceas (%NI_i = 29,4 e %FO_i = 100), e se considerada a importância do biofilme dos grãos de areia (%NI_i = 69,9 e %FO_i = 100), essa população possui uma dieta bastante especializada e estratégia trófica seletiva, possivelmente com a ajuda de órgãos sensoriais para localização das manchas de alimento.

ABSTRACT

In order to gather more information about the population biology of *N. virginea*, in the intertidal zone of the Baía do Araçá, São Sebastião, this chapter investigates the morphology, sex ratio, migratory behavior and diet. Samples were collected monthly, involving two ways : 1) nested sampling in different environments, focused on the study of migratory behavior ; and 2) active search, which was intended to increase the number of individuals collected, tagged and recaptured. Individuals collected were marked and had their length measured. For diet and sex ratio study, collected individuals were dissected, and had the sex determined and digestive tract content prepared on slides and photographed. The study of morphometry indicates that the growth of the shells of individuals of this population is isometric. The sex ratio of this population is displaced to females (1: 2,19) and during the rainy season this shift for females increases and on dry season it is closer to the expected 1:1. The number of full spermatophores is higher during the rainy season than in the dry season. It is possible that the high cost of copulation for males directly influences the survival of males. We found no pattern in the migratory behavior, spatial or temporal, despite it being reported for the same species in other studies. The mean distance traveled by individuals was $69,35\text{m} \pm 7.8$ (standard error), with the smallest mean distance of 35m and biggest of 170m. The diet of this population is dominated by diatoms (%NI_i = 29,4 e %FO_i = 100), and if considered the importance of biofilm from the sand (%NI_i = 69,9 e %FO_i = 100), this population has a very specialized diet and selective trophic strategy, possibly with the help of sense organs for locating the food patches.

2.1. Introdução

Diversos processos biológicos produzem diferenças na forma e no tamanho de indivíduos e suas partes, como, por exemplo, doenças e ferimentos, desenvolvimento ontogenético, adaptação a fatores geográficos locais ou diversificação evolutiva de longo prazo. Variações na forma e no tamanho podem indicar diferentes: papéis funcionais desempenhados pelas mesmas partes, respostas para as mesmas pressões seletivas (ou mesmo diferenças nas pressões seletivas) e processos de crescimento. Dessa forma, a morfometria, como uma maneira quantitativa de comparação entre formas e tamanhos de organismos biológicos, pode ser utilizada em diversos tipos de estudos biológicos, como anatomia, ecologia, sistemática e filogenia (Zelditch *et al.*, 2004). Mais especificamente no contexto da ecologia de populações, para muitos táxons a morfologia ótima para uma condição de um ambiente em particular pode variar pelo curso do crescimento e desenvolvimento do organismo. Portanto, espera-se que componentes seletivos de tamanho-específico promovam variação fenotípica numa população (Hollander *et al.*, 2006).

Moluscos, em geral, se reproduzem repetidamente após a maturação de seus órgãos sexuais e por isso *trade-offs* entre o crescimento e a reprodução são aspectos importantes na estratégia de suas histórias de vida (Lawler 1976; Ernsting *et al.*, 1993). De forma a maximizar o sucesso reprodutivo por toda a vida, os machos e fêmeas podem controlar diferentemente a taxa de crescimento, a longevidade, e o tempo para começar a reprodução em resposta à disponibilidade de recursos e padrões de mortalidade em diferentes ambientes (Shigemiya & Kato, 2001). Assim, para examinar esse *trade-off* entre crescimento e reprodução é preciso ter acesso a parâmetros populacionais, como crescimento e sucesso reprodutivo, para cada sexo separadamente.

Uma das mais importantes influências no formato de conchas de organismos marinhos parece ser a própria taxa de crescimento do animal (Urduy *et al.*, 2010) que pode ser influenciada por fatores ambientais como: disponibilidade e qualidade de alimento, tempo de alimentação e densidade de indivíduos da mesma e de outras espécies (Saunders *et al.*, 2009). O papel do microfitobentos em áreas de entremarés é amplamente reconhecido (Admiraal, 1984; Colijn *et al.*, 1987; Underwood & Kromkamp, 1999), principalmente onde as planícies entremarés são desprovidas de vegetações de macrófitas (McLusky, 1989). Nesses sistemas, o microfitobentos é composto basicamente por diatomáceas, que são a fonte da produção primária

(Admiraal, 1984; Colijn & de Jonge, 1984) que diretamente sustenta os depositívoros (Herman *et al.*, 2000). Por outro lado, é provável que a pressão de pastagem aplicada pelos depositívoros tenha um impacto na biomassa do microfitobentos (Cariou-Le Gall & Blanchard, 1995).

Para muitos organismos com uma distribuição restrita e mobilidade reduzida, como muitas espécies das zonas entremarés, pequenas escalas espaciais e a disponibilidade de habitats e microhabitats pode influenciar enormemente a estrutura da população (O'Dwyer *et al.*, 2014). As migrações podem ser utilizadas para o uso desses habitats e microhabitats que podem estar associados a evitar o risco de predação (Orrock *et al.*, 2013; Vaudo & Heithaus, 2013) e de parasitismo (O'Dwyer *et al.*, 2014), e podem alterar características importantes da história de vida, como a sobrevivência (Kovach & Tallmon, 2010) e o crescimento (Orrock *et al.*, 2013).

Com o intuito de reunir mais informações sobre a biologia de *N. virginea*, este capítulo investiga sua morfologia com as hipóteses: a) que uma função linear não pode descrever a relação entre o comprimento da concha e sua largura, nem a relação entre o comprimento do opérculo e sua largura. Para a razão sexual, as hipóteses são: a) que a razão sexual estimada seria igual a razão esperada (1:1); b) que o fator período do ano (chuvoso ou seco) influencia a razão sexual, assim como o número médio de espermatozoides cheios encontrados nas bursas copulatórias de fêmeas. Em relação ao comportamento migratório, as hipóteses são: a) que existe alguma evidência de padrão migratório, espacial ou temporal; b) que existe relação direta entre o número de recapturas de uma coleta com o número de marcações feitas no mês anterior, com o número de indivíduos coletados no mesmo mês e com o número total acumulado de marcações feitas; c) que existe um número pequeno, porém significativo, de indivíduos que migram entre as áreas amostrais de maior distância; d) que existem um número grande de indivíduos que migram entre as áreas amostrais de menor distância; e) que a distância média percorrida mensalmente durante migrações seja mais próxima das menores distâncias entre as áreas amostrais; f) que existe uma relação indireta entre o número de migrações e as distâncias entre as áreas amostrais em que ocorreram essas migrações. E, sobre a dieta, as hipóteses são: a) que o item alimentar com maior importância numérica são as diatomáceas; b) que o item alimentar mais frequente são as diatomáceas; c) que existe uma baixa diversidade e baixa equitabilidade, em relação aos itens alimentares; e d) que o fator período do ano (chuvoso ou seco) influencia os índices de diversidade e equitabilidade estimados.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Área de estudo

As coletas foram realizadas na Baía do Araçá (23°49'S, 45°24'W), situada na parte central do Canal de São Sebastião, no Litoral Norte do Estado de São Paulo.

O Canal de São Sebastião possui cerca de 25 km de extensão e duas entradas (norte e sul). É margeado a leste pela Ilha de São Sebastião e a oeste pelo continente. Possui ambas margens costeiras estreitas e, em geral, inclui praias arenosas intercaladas por costões rochosos (Furtado *et al.*, 1987). No geral, o Canal é caracterizado por um regime de micromarés (Furtado & Mahiques, 1980), predominantemente semidiurnas (Kvinge, 1967).

A Baía do Araçá é uma pequena enseada limitada por costões rochosos na parte sul e por enrocamento na norte e que possui uma fisionomia composta por uma região com diferentes ambientes de declive suave, com largura entremarés de cerca de 300m. Devido à proximidade da malha urbana, esse conjunto de pequenas praias, costões rochosos, bancos arenosos e lamosos, ilhotas e núcleos de manguezais está, há muitos anos, exposto a diferentes tipos de ação antrópica (Amaral *et al.*, 2010).

As amostragens dos indivíduos de *Neritina virginea* foram realizadas, mensalmente, no período de agosto de 2013 a julho de 2014, 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/2013, 2014). Para as análises comparativas foram feitas seis coletas, uma em cada mês, de novembro de 2013 a janeiro de 2014 e de maio a julho de 2014, caracterizando um período chuvoso e um seco, respectivamente.

2.2.2. Procedimentos de campo

A amostragem de indivíduos foi feita de duas formas, com desenho amostral aninhado e busca ativa. O desenho amostral aninhado, seguiu a metodologia de coleta de Sandrini- Neto & Lana, 2012, e de Barboza *et al.*, 2013, com modificações. O desenho amostral aninhado incluiu quatro tipos de ambientes (costões rochosos, manguezais, bancos areno-lamosos e de cascalho), com três ambientes aninhados em cada ambiente (CRa, CRb, CRc: Costões Rochosos; Ma, Mb, Mc: Manguezais; BLa, BLb, BLc: Bancos areno-lamosos; BCa, BCb, BCc: Bancos de cascalho), três áreas amostrais aninhadas em cada ambiente, e três pseudo-réplicas aninhadas em cada área amostral. Esse desenho amostral foi utilizado no

capítulo anterior para responder questões sobre dinâmica espacial e temporal, mas os indivíduos coletados também foram utilizados para responder as questões deste capítulo, sobre migração, razão sexual, morfometria e dieta.

Também foi feita busca ativa, pelo método de captura por unidade de esforço, durante 10 minutos, por apenas uma pessoa, durante 10 minutos, em cada um dos ambientes. Dos indivíduos coletados pela busca ativa, quinze por ambiente foram sorteados, para posterior medição e marcação. A busca ativa foi feita, principalmente, no intuito de maximizar o número de indivíduos marcados, para responder as perguntas relativas à migração.

Todos indivíduos coletados foram devolvidos aos locais de onde foram retirados, a não ser os indivíduos que foram utilizados para o estudo da dieta e razão sexual.

2.2.3. Procedimentos de laboratório

Todos os indivíduos de *N. virginea* coletados foram quantificados. Os indivíduos coletados pelo desenho aninhado e 15 por ambiente em cada coleta mensal da busca ativa foram marcados e tiveram o comprimento e a largura da concha, assim como o comprimento e a largura do opérculo medidos. As medidas foram tomadas com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

Além das medições, esses indivíduos de *N. virginea* foram marcados para avaliar a migração entre as áreas. As marcações foram feitas com papel impermeável com código escrito com caneta permanente e colados com cola do tipo cianoacrilato. Foi registrado o código da marcação e em qual ambiente o indivíduo foi coletado. Os indivíduos recapturados foram novamente medidos, e registrados os ambientes nos quais foram recapturados.

Para caracterizar a dieta de *N. virginea*, foi feita a dissecação do trato digestivo de indivíduos com mais de 10 mm de comprimento de concha, escolhidos aleatoriamente durante as coletas mensais dos períodos comparativos (novembro de 2013 a janeiro de 2014 e de maio a julho de 2014) de cada um dos ambientes, seguindo, com modificações, a metodologia de Malaquias *et al.*, 2004.

De acordo com a metodologia de Malaquias *et al.*, 2004, assim que foram coletados, os indivíduos de *N. virginea* foram congelados para interromper a digestão e posteriormente preservados em álcool 70%. Já no Laboratório de Macrobentos Marinhos do IB/UNICAMP, o conteúdo de seus estômagos e da porção final do trato digestivo foram retirados e observados

em estereomicroscópio. Fotos do conteúdo estomacal e da porção final do trato digestivo foram tiradas para posterior identificação e contagem dos itens alimentares.

Durante a dissecação do trato digestivo, foi registrado o sexo do indivíduo observando-se a presença de pênis na região da cabeça nos machos, assim como de bursa copulatória nas fêmeas. Além do sexo, foi registrado o número de espermatozoides cheios localizados dentro da bursa copulatória das fêmeas.

2.2.4. Análise dos dados

A morfometria foi analisada com a ajuda de regressões lineares entre o comprimento e a largura da concha; a razão entre o comprimento e a largura da concha, e o comprimento da concha; o comprimento e a largura do opérculo; e a razão entre o comprimento e a largura do opérculo, e o comprimento do opérculo.

Foi calculada a razão sexual, nos períodos seco e chuvoso:

$$R = N_m/N_f,$$

onde N_m é o número de indivíduos machos de *N. virginea* e N_f é o número de indivíduos fêmeas. Além dessas razões, foram feitas comparações através de ANOVA's, entre o período seco e o chuvoso, assim como também foram comparados os números de espermatozoides cheios encontrados nas bursas copulatórias das fêmeas, entre os mesmos períodos. Também foi feito um teste χ^2 onde foi testada a hipótese de que a razão sexual estimada diferia da razão esperada de 1:1.

Para avaliar a migração, foram registrados os números de indivíduos recapturados em ambiente ou área amostral diferente do qual foi anteriormente coletado e marcado. Foram calculadas as distâncias média, mínima e máxima de migração, usando as distâncias entre os diferentes ambientes. A distância mínima e a máxima foram a menor e a maior distância, respectivamente, entre os ambientes em que houve recaptura. Além disso, foram feitas regressões lineares para tentar estabelecer um padrão temporal e/ou espacial das migrações.

A caracterização da dieta foi feita de forma qualitativa e quantitativa, segundo Malaquias *et al.*, 2004. A caracterização qualitativa foi feita com a enumeração dos taxa presentes na dieta e determinação dos índices de diversidade de Shannon (H') e de equitabilidade de Pielou (J), para avaliação da estratégia trófica e especialização da dieta. Os dois índices também foram

calculados para o período seco e chuvoso. A caracterização quantitativa foi feita com o cálculo da importância numérica de cada item alimentar:

$$\%NI_i = (N_i/N) * 100,$$

onde $\%NI_i$ é a proporção do item alimentar i no total de itens encontrados na dieta, N_i é o número total de itens i e N é o total de todos os itens encontrados; também foi calculada a frequência dos diferentes itens alimentares:

$$\%FO_i = (N_{ei}/N_e) * 100,$$

onde $\%FO_i$ é a proporção de *N. virginea* na qual o item i foi encontrado, N_{ei} é o número de indivíduos de *N. virginea* nas quais o item i foi encontrado e N_e é o número total de indivíduos de *N. virginea* dissecados.

2.3. Resultados

2.3.1. Morfometria

O comprimento e a largura da concha, o comprimento e a largura do opérculo foram medidos de 2977 indivíduos de *N. virginea*. Foram feitas análises relacionando o comprimento e a largura da concha (Fig. 2.1), a razão comprimento/largura da concha e o comprimento (Fig. 2.2), o comprimento e a largura do opérculo (Fig. 2.3), e a razão comprimento/largura do opérculo e o comprimento do opérculo (Fig. 2.4). Regressões lineares foram feitas para comprimento e a largura da concha ($gl = 2974$; $r^2_{ajustado} = 0,87$; $p = 0,000$), e para o comprimento e a largura do opérculo ($gl = 2974$; $r^2_{ajustado} = 0,58$; $p = 0,000$).

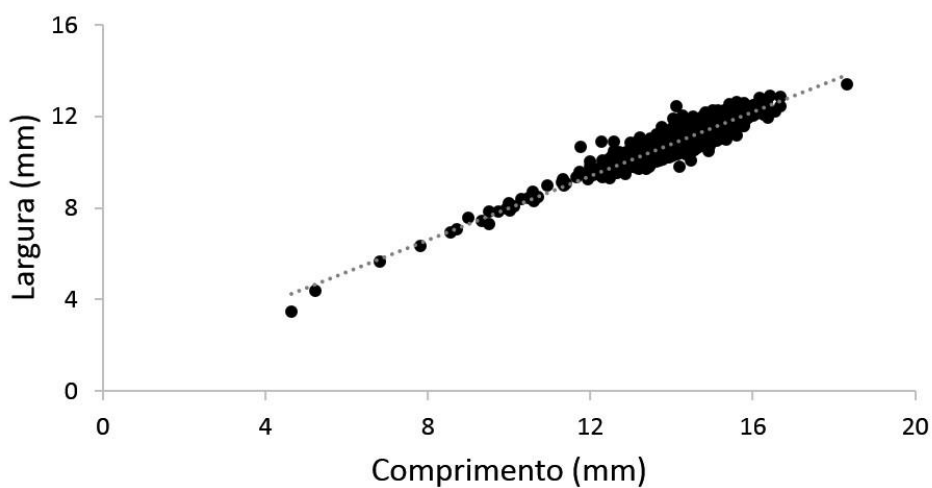


Figura 2.1. Morfometria de *N. virginea* da Baía do Araçá, gráfico relacionando largura e comprimento da concha. A reta pontilhada representa a regressão linear de fórmula $L = 0,699C + 1,007$, onde L é a largura da concha (mm), e C o comprimento da concha (mm) ($gl = 2974$; $r^2_{ajustado} = 0,87$; $p = 0,000$).

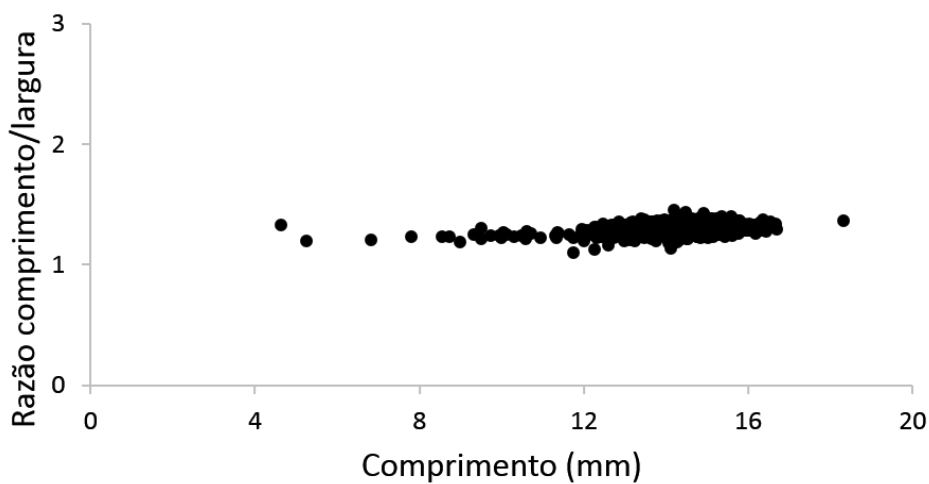


Figura 2.2. Morfometria de *N. virginea* da Baía do Araçá, gráfico relacionando razão comprimento da concha/largura da concha e comprimento da concha.

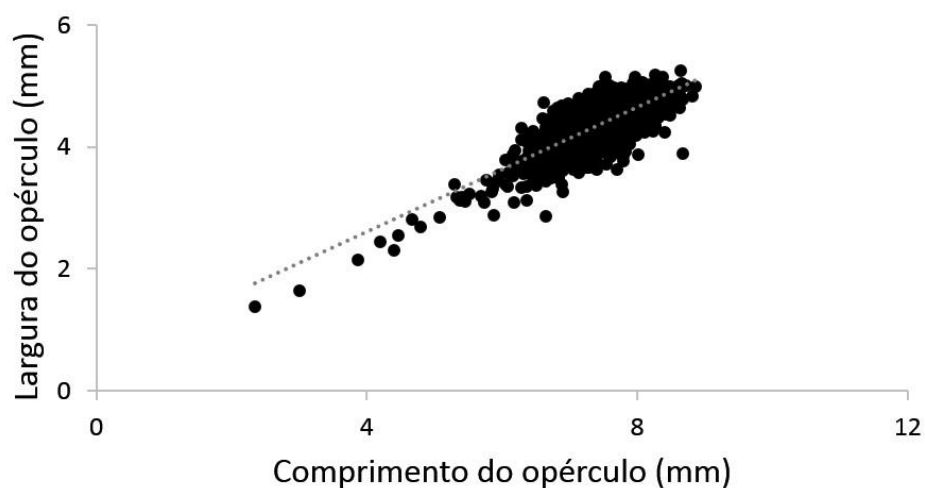


Figura 2.3. Morfometria de *N. virginea* da Baía do Araçá, gráfico relacionando largura do opérculo e comprimento do opérculo. A reta pontilhada representa a regressão linear de fórmula $L_o = 0,51C_o + 0,575$, onde L_o é a largura do opérculo (mm), e C_o o comprimento do opérculo (mm) ($gl = 2974$; $r^2_{ajustado} = 0,58$; $p = 0,000$).

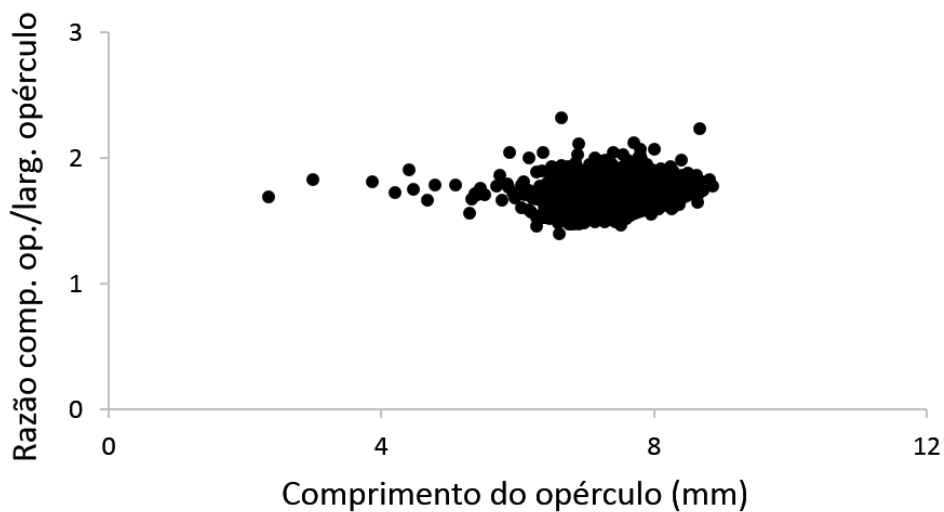


Figura 2.4. Morfometria de *N. virginea* da Baía do Araçá, gráfico relacionando razão comprimento do opérculo/largura do opérculo e comprimento do opérculo.

2.3.2. Razão sexual

A razão sexual encontrada pela identificação do sexo de 115 indivíduos foi de 1:2,19 (machos:fêmeas), e esta razão difere-se do esperado 1:1 (Tabela 2.1). Quando foram considerados os dois períodos, chuvoso e seco, as razões sexuais diferiram significativamente, com um maior deslocamento para fêmeas no primeiro período e mais próxima da proporção esperada no segundo (Fig. 2.5 e Tabela 2.2). O número médio de espermatozoides cheios diferiu entre os mesmos períodos (Fig. 2.6, Tabela 2.3).

Tabela 2.1. Tabela de χ^2 onde foi testada a hipótese de que a razão sexual estimada diferia da razão esperada de 1:1. Legenda: gl = graus de liberdade; χ^2 = número Chi; p = alfa.

	gl	χ^2	p
Razão sexual	1	16,08	0,00

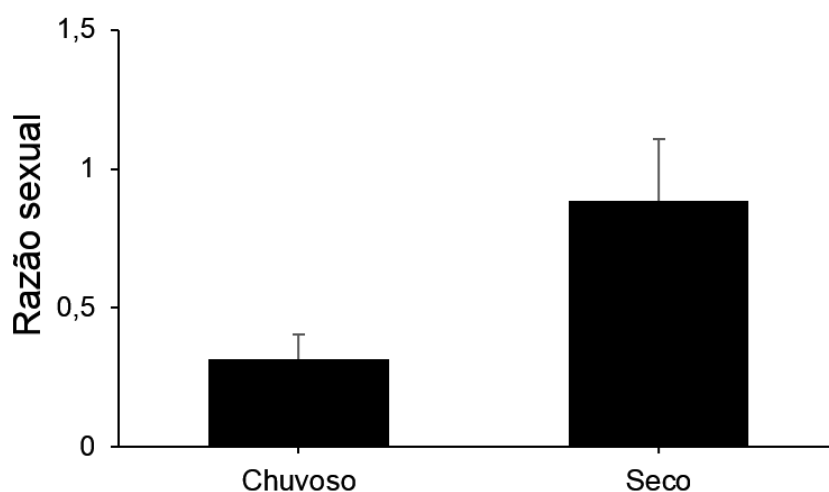


Figura 2.5. Razões sexuais (número de macho/número de fêmeas; barras: erro padrão) de *N. virginea* da Baía do Araçá, estimadas durante o período comparativo (chuvoso e seco).

Tabela 2.2. Tabela de ANOVA onde foi testada a hipótese de que o fator período (chuvoso ou seco) influencia a razão sexual da população de *N. virginea* na Baía do Araçá. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Período	1	0,88	6,36	0,03
Resíduo	9	0,14		

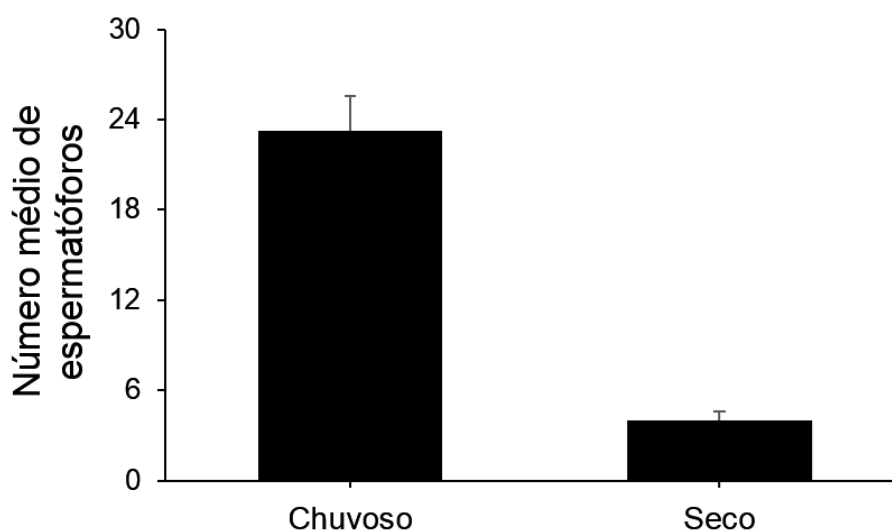


Figura 2.6. Números médios de espermatóforos cheio (erro padrão) encontrados dentro da bursa copulatória de fêmeas de *N. virginea* da Baía do Araçá, estimados durante o período comparativo (chuvoso e seco).

Tabela 2.3. Tabela de ANOVA onde foi testada a hipótese de que o fator período do ano (chuvoso ou seco) influencia o número médio de espermatozoides cheios encontrados dentro da bursa copulatória de indivíduos fêmeas de *N. virginea* na Baía do Araçá. Legenda: gl = graus de liberdade; QM = quadrados médios; F = número F; p = alfa.

	gl	QM	F	p
Período	1	5883,5	42,78	0,00
Resíduo	65	137,5		

2.3.3. Comportamento migratório

No total, foram marcados 3143 indivíduos de *N. virginea* e desses, 333 (10,6%) foram recapturados pelo menos uma vez. Com o auxílio de regressão linear, foi encontrada uma relação entre o número de recapturas e o número de marcações feitas no mês anterior ($gl = 11$; $r^2_{ajustado} = 0,49$; $p = \mathbf{0,004}$). Também foi encontrada uma relação entre o número de recapturas e o número de indivíduos coletados no mesmo mês ($gl = 11$; $r^2_{ajustado} = 0,45$; $p = \mathbf{0,006}$). Mas não foi encontrada relação entre o número de recapturas e o número acumulado total de marcações feitas ($gl = 11$; $r^2_{ajustado} = -0,09$; $p = 0,89$). De todos os indivíduos recapturados, 31 deles (9,3%) migraram para áreas amostrais diferentes das que foram anteriormente marcados ou recapturados. Dois indivíduos percorreram a maior distância média entre as áreas amostrais Ma e Mb, 170m, enquanto 16, percorreram a menor distância média entre as áreas amostrais Ma e CRa, 35m. A distância média percorrida pelos indivíduos durante as migrações foi de $69,35m \pm 7,8$ (erro padrão). Mas não foi encontrada relação entre o número de migrações e as distâncias entre as áreas amostrais em que ocorreram essas migrações ($gl = 8$; $r^2_{ajustado} = 0,05$; $p = 0,25$).

2.3.4. Caracterização da dieta

Foram feitas cerca de 2.600 fotos de 133 indivíduos de *N. virginea*, das quais foram encontrados 73 itens alimentares diferentes, incluindo grãos de areia. Os itens alimentares foram separados em morfotipos, com 68 morfotipos de diatomáceas ($\%NI_i = 29,4 \pm 1,68$ erro padrão; $\%FO_i = 100$), 2 morfotipos de foraminíferos ($\%NI_i = 0,13 \pm 0,06$ erro padrão; $\%FO_i = 11$), 2 morfotipos de molusco ($\%NI_i = 0,005 \pm 0,00$ erro padrão; $\%FO_i = 1,57$) e grãos de areia ($\%NI_i = 69,9 \pm 1,69$ erro padrão; $\%FO_i = 100$). Quando retirados os grãos de areia da análise, as diatomáceas ($\%NI_i = 97,76 \pm 0,5$ erro padrão) se destacam muito mais que foraminíferos ($\%NI_i = 0,4 \pm 0,16$ erro padrão) e moluscos ($\%NI_i = 0,02 \pm 0,01$ erro padrão) na dieta de *N. virginea*.

Os valores de diversidade e equitabilidade obtidos foram $H' = 1,53$ e $J = 0,36$, respectivamente. Os índices para o período chuvoso foram $H'_{\text{chuv}} = 1,35$ e $J_{\text{chuv}} = 0,31$, e para o período seco foram $H'_{\text{seco}} = 1,73$ e $J = 0,41$.

2.4. Discussão

2.4.1. Morfometria

Quanto a morfometria de *N. virginea*, nota-se que sua concha possui formato bastante arredondado, com seu comprimento maior, mas com valor aproximado de sua largura (Fig. 2.1). Além disso, a relação linear entre o comprimento e largura da concha (Fig. 2.1) indica que essa espécie não possui crescimento alométrico. O crescimento isométrico de *N. virginea* é corroborado pela relação entre a razão comprimento/largura da concha e o comprimento da concha (Fig. 2.2), onde as proporções da concha praticamente não se alteram ao longo do crescimento do indivíduo. Em relação ao opérculo, nota-se um formato mais ovalado com o comprimento sendo quase o dobro da largura (Fig. 2.3). O mesmo padrão das medidas da concha, em relação à sua isometria, é encontrado quando analisamos a regressão linear e as proporções das medidas do opérculo (Fig. 2.3 e 2.4).

O crescimento alométrico ou isométrico da concha de gastrópodes marinhos é bastante plástico e responde a diversas condições ambientais (Troost *et al.*, 2012). Hollander *et al.*, 2006, mostram que *Littorina saxatilis* possui crescimento tanto alométrico como

isométrico e que o padrão de crescimento ontogenético está fortemente relacionado com microhabitat, sexo e estágio de vida do indivíduo. Yokoyama & Amaral, 2011, estudando a morfometria de *Nassarius vibex* também chegam à conclusão que o crescimento alométrico dessa espécie é irregular e muda ao longo do desenvolvimento, com as condições ambientais exercendo importante papel. No caso de *N. virginea*, ou de outros Nerítídeos, ainda não existem estudos sobre a influência desses fatores no crescimento de suas conchas. Mas, como foram utilizadas conchas de diferentes ambientes dentro da Baía do Araçá, coletadas em diferentes meses do ano, é possível que, pelo menos para essa população, a influência desses fatores seja irrelevante.

2.4.2. Razão sexual

A razão sexual de *N. virginea* da Baía do Araçá mostrou-se deslocada para as fêmeas (1:2,19; machos:fêmeas), da mesma forma que em Absalão *et al* (2009) (1:2,89), e em Shigemiya e Kato (2001) (1:3,45 a 1:6,67) para *Clithon retropictus*, um gastrópode nerítídeo de água doce. O deslocamento da razão sexual para fêmeas pode ser produto de uma menor taxa de sobrevivência dos machos causada pelo alto custo da cópula (Shigemiya e Kato, 2001). Essa hipótese pode ser corroborada pela relação entre as razões sexuais e o número de espermatóforos cheios encontrados dentro da bursa copulatória das fêmeas de *N. virginea*, para o período comparativo (de novembro de 2013 a janeiro de 2014 e de maio a julho de 2014). Shigemiya e Kato (2001) sugerem que o número de espermatóforos cheios encontrados dentro da bursa copulatória de fêmeas de *Clithon retropictus* representa o número real de copulações recentes dentro de uma estação reprodutiva. Durante o segundo período (de maio a julho de 2014), o número médio de espermatóforos cheios, para *N. virginea* da Baía do Araçá, é muito menor do que no primeiro (de novembro de 2013 a janeiro de 2014; Fig. 2.6). Isso indica que o número de cópulas também deve ser menor no segundo período (de maio a julho de 2014), apesar do número de machos nesse período ter sido maior (Fig. 2.5). Pode ser então que o custo das cópulas seja menor no segundo período, propiciando uma maior taxa de sobrevivência para os machos, o que geraria a razão sexual mais próxima do esperado. No primeiro período (de novembro de 2013 a janeiro de 2014), o padrão se inverte: maior número de cópulas e menor número de machos. Nesse caso, a

hipótese de Shigemiy e Kato, 2001, se aplica de forma mais direta. O maior número de cópulas gera um alto custo na sobrevivência dos machos, e isso se reflete na razão sexual deslocada para as fêmeas.

2.4.3. Comportamento migratório

Apesar do comportamento migratório, de subir rios ou riachos, e de migrações gregárias já terem sido descritos para alguns nerítídeos tropicais e subtropicais (Schneider & Frost, 1986; Kappes & Haase, 2012), e até mesmo para *N. virginea* (Blanco & Scatena 2005, 2007), a população da Baía do Araçá não apresentou comportamento migratório bem definido em relação ao tempo, nem ao espaço. Foram registrados poucos indivíduos, cerca de 10% das recapturas, que migraram de uma área amostral para outra, aparentemente sem nenhum padrão temporal. A maioria dos indivíduos foi recapturada na mesma área amostral em que foi inicialmente marcada.

De forma geral, gastrópodes herbívoros de regiões entremarés se movimentam em resposta a diversos processos bióticos e abióticos, aos quais devem sobreviver, sendo os principais a ação das ondas, a dessecação durante a maré baixa, predação e competição por espaço e alimento (Chappon e Seuront, 2009, 2011; Bazterrica *et al*, 2007; Fernandes *et al*, 1999; Rajasekharane e Crowe, 2007). O comportamento migratório, então, influencia diretamente os padrões de distribuição e dispersão dos gastrópodes herbívoros de regiões entremarés (Chapman, 2000). O padrão de recapturas encontrado, com poucas mudanças entre ambiente e áreas amostrais, pode sugerir que os indivíduos de *N. virginea* possuam um padrão de atividade de forrageamento extensivo associado a uma forte flexibilidade no comportamento de movimentação, assim como para *Nerita atramentosa*, um nerítídeo de regiões entremarés (Chappon e Seuront, 2011). Ou seja, os indivíduos forrageam principalmente em linha reta em busca de seu alimento, que, no caso de *N. virginea* e de *N. atramentosa*, são um recurso tipicamente distribuído num padrão de manchas em pequenas escalas (Seuront e Spilmont, 2002). A forte flexibilidade no comportamento de movimentação é caracterizada como uma adaptação a mudanças ambientais de curto prazo, em resposta a rápidas flutuações ambientais previsíveis ou imprevisíveis, no tempo e no espaço, como marés, condições climáticas e predadores, por exemplo (Underwood e Chapman, 2000). Dessa forma, os indivíduos de *N. virginea* da Baía do Araçá, ao responder às variações relativamente repentinas que a mudança de ambiente ou área amostral representariam, permaneceriam a maior parte do tempo nas

mesmas áreas amostrais para buscar maior estabilidade nessas condições ambientais.

Interessante notar que o maior número de mudanças entre áreas amostrais, 16 recapturas, foi para a menor distância média entre áreas amostrais, 35m, que, na realidade, eram áreas adjacentes (CRa e Ma). Isso pode sugerir que, apesar de não haver relação entre a distância entre áreas amostrais e o número de migrações, a planície areno-lamosa, que permeia quase todos os ambientes e áreas amostrais, apresenta características desfavoráveis aos indivíduos de *N. virginea*. O número de indivíduos coletados na planície areno-lamosa, próximo a zero, corrobora essa hipótese. Por serem áreas abertas e visualmente homogêneas, podem ser regiões mais propícias à predação, tanto por aves quanto por caranguejos e siris. Schneider e Lyons (1993) e Blanco-Libreros e Arroyave-Rincón (2009), sugerem que a predação é um importante promotor da migração de *N. virginea*, e Blanco e Scatena (2005, 2007) afirmam que a predação também é um fator decisivo na escolha de habitats e microhabitats. Deste modo, a predação pode ser mais intensa nas planícies areno-lamosas, forçando os indivíduos a permanecerem nas mesmas áreas amostrais.

2.4.4. Caracterização da dieta

Gastropodes da família Neritidae assim como todos os outros Archaeogastropoda, exceto a superfamília Patellaceae, possuem rádula do tipo rhipidoglossa. Devido à fragilidade de seus dentes, que não são endurecidos com ferro, e por possuírem músculos bucais não muito robustos, não conseguem capturar alimentos mais duros, como algas calcáreas, portanto, se alimentam de microalgas, como por exemplo, cianofíceas e diatomáceas (Baker, 1923; Steneck & Watling, 1982). A população da Baía do Araçá de *N. virginea* parece estar de acordo com exposto acima, já que foram encontrados apenas diatomáceas, minúsculos foraminíferos e moluscos, além dos grãos de areia.

A baixa diversidade encontrada ($H' = 1,53$), juntamente com a baixa equitabilidade ($J = 0,41$), quando comparados com *Haminoea orbygniana* ($H' = 2,36$ e $J = 0,82$; Malaquias *et al.*, 2004), indicam que a população de *N. virginea* da Baía do Araçá possui uma dieta muito especializada. A dominância das diatomáceas, quando não considerados os grãos de areia ($\%NI_i = 97,8$ e $\%FO_i = 100$), na dieta de *N. virginea* corrobora essa ideia de dieta especializada.

Lopez & Levinton, 1987, afirmam que depositívoros atingem seus requerimentos nutricionais a partir da parte orgânica do sedimento ingerido. Isso não foi muito diferente para

N. virginea da Baía do Araçá, já que foi constatada grande quantidade de grãos de areia ($\%NI_i = 69,9$ e $\%FO_i = 100$) como item alimentar dessa população. A grande quantidade de areia na alimentação pode indicar que *N. virginea* não possua estratégia trófica, se alimentando de forma randômica, apenas ingerindo o sedimento. Dessa forma, a dominância das diatomáceas ($\%NI_i = 29,4$ e $\%FO_i = 100$) na alimentação de *N. virginea* viria da distribuição e abundância natural desse organismo nos habitats e microhabitats usados pela população de *N. virginea* da Baía do Araçá. Nesse caso, a baixa incidência e representatividade de moluscos, por exemplo, na dieta de *N. virginea* ($\%NI_i = 0,005$ e $\%FO_i = 1,57$), poderia ser explicada pela sua ingestão acidental, junto com o sedimento.

Por outro lado, como a metodologia usada neste trabalho não pôde quantificar a importância de bactérias, fungos e outras algas além das diatomáceas, a dieta de *N. virginea*, principalmente em relação à importância dos grãos de areia, pode estar subestimada. Mas se considerada a importância do biofilme presente nos grãos de areia na dieta de *N. virginea*, então a estratégia trófica utilizada por essa espécie pode ser considerada como de alimentação seletiva, com estruturas sensoriais localizando as áreas com disponibilidade de alimento.

Neste capítulo, outros pontos sobre a ecologia de *N. virginea* foram abordados. Os resultados de forma geral, concordam com o ponto levantado pelo capítulo anterior de que essa espécie é bastante plástica no uso do habitat. A análise de sua dieta mostra que mesmo que não se alimente seletivamente, *N. virginea* possui uma alimentação bastante especializada, o que pode estar relacionado, ao mesmo tempo, com sua distribuição aninhada em manchas e com a distribuição das diatomáceas. De forma semelhante, a não existência de padrões migratórios pode sugerir que os indivíduos de *N. virginea* conseguem todos recursos necessários para sobrevivência e reprodução nos ambientes em que estão, sem a necessidade de buscar novos locais ou ambientes, mesmo que a disponibilidade desses recursos possa variar no tempo. O que indicaria, novamente a plasticidade no uso do habitat. O estudo da razão sexual e da morfometria mostram outros aspectos interessantes da ecologia de *N. virginea*, respectivamente, um possível *trade-off* entre o sucesso reprodutivo e a sobrevivência dos machos e o crescimento isométrico das conchas dos indivíduos.

3. Perspectivas futuras

Se considerados todos os resultados obtidos a partir dos dois capítulos, esta dissertação encontra diversas evidências sobre a ecologia de *N. virginea*. Ao mesmo tempo, essas evidências encontradas possibilitam a criação de novas questões sobre *N. virginea* que ainda devem ser investigadas, como, por exemplo: quais fatores influenciam sua distribuição espacial e temporal; se a predação tem papel importante na exclusão dos indivíduos no ambiente lamoso; se a eutrofização da Baía do Araçá tem relação com as relativamente altas produção secundária e biomassa anual; como se dá a movimentação individual e quais fatores estão envolvidos, e de que forma isso influenciaria a não existência do comportamento migratório na Baía do Araçá; como e quanto a reprodução diminuiria a sobrevivência dos machos; quais e em que intensidade fatores ambientais mudam o crescimento ontogenético de suas conchas; e quanto bactérias e fungos são importantes para sua dieta. Essas e outras questões podem (e devem) ser estudadas para que o entendimento sobre a ecologia de *N. virginea* seja o mais completo possível.

4. Referências

- Absalão, R. S., Cardoso, R. S., Alencar, A. S. (2009). Population dynamics and secondary production of the snail *Neritina virginea* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Gastropoda: Neritidae) in an estuary in southern Brazil. **Animal Biology Journal**, 1(1): 1-16.
- Admiraal, W., 1984. The ecology of estuarine sediment-inhabiting diatoms. In: Round, F.E., Chapman, D.J. (Eds.), **Progress in Phycological Research**, vol. 3. BioPress, Bristol, pp. 269–322.
- Amaral, A. C. Z., Denadai, M.R., Turra, A. & Rizzo, A.E. (2003) Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical tide-dominated sandy beaches. **Journal of Coastal Research**, 35: 446-455.
- Amaral, A. C. Z. & Jablonski, S. (2005) Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. **Megadiversidade**, 1(1): 43-51.
- Amaral, A. C. Z., A.E. Migotto, A. Turra & Y. Schaeffer-Novelli. (2010). Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças. **Biota Neotropica**, 10(1): 219-264.
- Andrews, E. A. (1940). The snail, *Neritina virginea*, L., in a changing salt pond. **Ecology** 21: 335-46.
- Barroso, C. X., Matthews-Cascon, H. (2009). Distribuição espacial e temporal da malacofauna no estuário do rio Ceará, Ceará, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 2 (1): 79-86.
- Ansell, A.D., McLusky, D. S., Stirling, A., Trevallion, A. (1978). Production and energy flow in the macrobenthos of two sandy beaches in south west India. **Proceedings of the Royal Society of Edinburgh**, 76: 269-296.
- Aron, A. M. (1989). Aspectos ecológicos e comportamentais de *Neritina virginea* (Gastropoda: Prosobranchia) na região estuarino-lagunar de Iguapé – Cananéia – SP. Tese de Mestrado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.
- Baker, H. B. (1923). Notes on the radula of the Neritidae. **Proceedings of the Natural Sciences**, 75: 117-178.
- Barboza, C. A. M., Hadlich, H. L., Sandrini-Neto, L., Martins, C. C., Lana, P. C. (2013). Is the distribution of the lancelet *Branchiostoma caribaeum* affected by sewage discharges? An analysis at multiple scales of variability. **Marine Pollution Bulletin**, 69: 178-188.
- Benke, A. C. (1993). Concepts and patterns of invertebrate production in running waters. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, 25: 15-28.

- Benke, A. C. (1996). Secondary production of macroinvertebrates. In: **Methods in Stream Ecology**. (F.R. Hauer; G.A. Lamberti, eds), 557-578. London, Academic Press.
- Benke, A.C. (1998). Production dynamics of riverine chironomids: extremely high biomass turnover rates of primary consumers. **Ecology** 79: 899-910.
- Bazterrica M. C., Silliman B. R., Hidalgo F. J., Crain C. M. and Bertness M. D. (2007) Limpet grazing on a physically stressful Patagonian rocky shore. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 353: 22-34.
- Blanco, J. F. & Scatena F. N. (2005). Floods, habitat hydraulics and upstream migration of *Neritina virginea* (Gastropoda: Neritidae) in Northeastern Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, 41:55-74.
- Blanco, J. F. & Scatena F. N. (2006). Hierarchical contribution of river-ocean connectivity, water chemistry, hydraulics, and substrate to the distribution of diadromous snails in Puerto Rican streams. **Journal of the North American Benthological Society**, 25: 82-98.
- Blanco, J. F. & Scatena F. N. (2007). The spatial arrangement of *Neritina virginea* (Gastropoda: Neritidae) during upstream migration in a split-channel reach. **River Research and Applications**, 23: 235-245.
- Blanco, J. F. & Arroyave, A. (2009) Daños por depredación y tamaño de concha del caracol diádromo *Neritina virginea* (Gastropoda: Neritidae) en el Río Mameyes, Puerto Rico. **Revista de Biología Tropical**, 57: 1069-1080.
- Blankensteyn, A., Moura, R. S. (2002) Lista preliminary da macrofauna de fundos inconsolidados da Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 19 (3): 715-721.
- Bonnet, B. R. P., Lana, P. C., Guiss, C. (1994). Influência da gramínea *Spartina alterniflora* sobre a distribuição e densidade de *Neritina virginea* (Gastropoda : Neritidae) em marismas da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). **Nerítica**, 8: 99-108.
- Brey, T., Clarke, A. (1993). Population dynamics of marine benthic invertebrates in Antarctic and subantarctic environment: Are there unique adaptations? **Antarctic Science**, 5: 253-266.
- Brown, A. C. & McLachlan, A. (1990) **Ecology of Sandy Shores**. Elsevier Science, 328 pp. Burrows, M.T., Harvey, R., Robb, L., Poloczanska, E.S., Mieszkowska, N., Moore, P., Leaper, R., Hawkins, S.J., Benedetti-Cecchi, L. (2009). Spatial scales of variance in abundance of intertidal species: effects of region, dispersal mode, and trophic level. **Ecology** 90: 1242-1254.
- Cabrini, T. M. B. & Cardoso, R. S. (2012) Population biology of *Nassarius vibex* (Say, 1822) on a sheltered beach in southeastern Brazil. **Journal of Shellfish Research**, 31: 809-815.
- Caetano, C. H. S., Veloso, V. G., Cardoso, R. S. (2003) Population biology and secondary production of *Olivancillaria vesica vesica* (Gmelin, 1791) (Gastropoda: Olividae) on a southeastern Brazilian sandy beach. **Journal of Molluscan Studies**, 69: 67-73.
- Cariou-Le Gall, V., Blanchard, G.F., 1995. Monthly HPLC measurements of pigment concentration from an intertidal muddy sediment of Marennes-Oleron Bay, France. **Marine Ecology Progress Series**, 121, 171- 179.
- Castro, I. B., Meirelles, C. A. O., Matthews-Cascon, H. & Fernandez, M. A. S. (2004). *Thais (Stramonita) rustica* (Lamarck, 1822) (Mollusca: Gastropoda: Thaididae), a potential bioindicator of contamination by organotin Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 52: 135-139.
- 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.
- Chapman, M. G. (2000). A comparative study of differences among species and patches of habitat on movements of three species of intertidal gastropods. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 244: 181-201.

- Chapperon C. & Seuront L. (2009). Cue synergy in *Littorina littorea* navigation following wave dislodgement. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 89: 1225–1228.
- Chapperon C. & Seuront L. (2011). Variability in the motion behavior of intertidal gastropods: ecological and evolutionary perspectives. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 91: 237–244.
- Chatzinikolaou, E. & Richardson, C.A. (2008). Population dynamics and growth of *Nassarius reticulatus* (Gastropoda: Nassariidae) in Rhosneigr (Anglesey, UK). **Marine Biology**, 153: 605–619.
- Colijn, F., de Jonge, V.N., (1984). Primary production of microphytobenthos in the Ems-Dollard estuary. **Marine Ecology Progress Series**, 14: 185–196.
- Colijn, F., Admiraal, W., Baretta, J.W., Ruardij, P., (1987). Primary production in a turbid estuary, the Ems-Dollard: field and model studies. **Continental Shelf Research**, 7: 1405–1409.
- Crisp, D. J. (1984). Energy flow measurements. pp. 284–372. In: Holme, N.A. & McIntyre, A.D. (eds) **Methods for the Study of Marine Benthos**. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Cruz-Neta, C. P., Henry-Silva, G. G. (2013). Aspectos da dinâmica populacional do gastrópode *Neritina virginea* em região estuarina do Rio Grande do Norte, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, 39(1): 1–14.
- Defeo, O., Gómez, J. & Lercari, D. (2001) Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. **Marine Ecology Progress Series**, 212: 159–170.
- Denadai, M. R. & Amaral, A. C. Z. (1999) A comparative study of intertidal molluscan communities in sandy beaches, São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. **Bulletin of Marine Science**, 65, 91–103.
- Denadai, M. R., Amaral, A. C. Z. & Turra, A. (2000) Annual variation of the malacofauna on two intertidal substrates with rocky fragments in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 48: 141–150.
- Denadai, M. R., Amaral, A. C. Z. & Turra, A. (2004) Biology of a tropical intertidal population of *Cerithium atratum* (Born, 1778) (Mollusca, Gastropoda). **Journal of Natural History**, 38: 1695–1710.
- Denadai, M. R., Turra, A., Amaral, A. C. Z. (2011) Biologia populacional de moluscos. In: Amaral, C. Z. & Nallin, S. A. H. (eds) **Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo, Sudeste do Brasil**. e-Book: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=000812694>
- Dermott, R. M., Paterson, C. G. (1974). Determining dry weight and percentage dry matter of chironomid larvae. **Canadian Journal of Zoology**. 52: 1243–1250.
- Downing, J.A. (1984). Assessment of secondary production: the first step. In: Downing JA, Rigler FH (eds) **A manual on the assessment of secondary productivity in fresh waters**. IBP Handbook 17. Blackwell, Oxford, pp 1–18.
- Drake, P., Arias, A. M. (1995). Distribution and production of three *Hydrobia* species (Gastropoda: Hydrobiidae) in a shallow coastal Lagoon in the Bay of Cadiz, Spain. **Journal of Molluscan Studies**, 61: 185–196.
- Ernsting, G., Zooneveld, C., Isaaks, J.A., Kroon, A. (1993). Size at maturity and pattern of growth and reproduction in an insect with indeterminate growth. **Oikos** 66: 17–26.
- Fernandes, M. L. B., Melo, R. L. S., Tenório, D. O. (1994/95). A Família Neritidae no complexo estuarino-lagunar de Suape, PE, Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, 23: 203–209.
- Fernandes, T. F., Huxham M. and Piper S. R. (1999) Predator caging experiments: a test of the importance of scale. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 241: 137–154.
- Fredette, T. J., Diaz, R. J., van Montfrans, J., Orth, R. J. (1990). Secondary production within a seagrass bed (*Zostera marina* and *Ruppia maritima*) in lower Chesapeake Bay. **Estuaries**, 13: 431–440.
- Furtado, V.V. & 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., Bícigo, M. C. & 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.
- Gayanilo, F. C., Sparre, P. & Pauly, D. (1996) **The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) user's guide**. FAO Computerized Information Series (Ficheries) 8, 126 pp.
- Gómez, J. & Defeo, O. (1999). Life history of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda) in sandy beaches with contrasting morphodynamics. **Marine Ecology Progress Series**, 182: 209-220.
- Hall, C. M., Rhind, S. M., & Wilson, M. J. (2009). The potential for use of gastropod molluscs as bioindicators of endocrine disrupting compounds in the terrestrial environment. **Journal of Environmental Monitoring**, 11 (3) : 491-497.
- Hamilton, P. V. (1976). Predation on *Littorina irrorata* (Mollusca: Gastropoda) by *Callinectes sapidus* (Portunidae). **Bulletin of Marine Science**, 26: 403-409.
- Herman, P.M.J., Middelburg, J.J., Widdows, J., Lucas, C.H., Heip, C.H.R. (2000). Stable isotopes as trophic tracers: combining field sampling and manipulative labelling of food resources for macrobenthos. **Marine Ecology Progress Series**, 204, 79– 92.
- Hernandez, C. T., Lanza, E. G. (1989). Contribución a la biología de *Neritina virginea* (Mollusca) en comunidades de pasto marino *Ruppia maritima* L., (Ruppiacea) en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, México. **Annales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma del México, Ser. Zoología**, 60: 143-158.
- Hollander, J., Adams, D. C., & Johannesson, K. (2006). Evolution of adaptation through allometric shifts in a marine snail. **Evolution**, 60 (12): 2490-2497.
- Kappes, H., Haase, P. (2012). Slow, but steady: dispersal of freshwater molluscs. **Aquatic Sciences**, 74: 1-14.
- King, M., 1995. **Fisheries Biology, assessment and management**. Fishing News Books, Oxford.
- Matthews-Cascon, H., Pinheiro, P. R. C., Matthews, H. R. (1990) A família Neritidae no Norte e Nordeste do Brasil (Mollusca: Gastropoda). **Revista Caatinga**, 7: 44-56.
- Kovach, R.P. & Tallmon, D.A. (2010). Strong influence of microhabitat on survival for an intertidal snail, *Nucella lima*. **Hydrobiologia** 652: 49–56.
- Kvinge, T. (1967). On the special current water level variations in the channel of São Sebastião. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, 16 (1): 23-38.
- Lana, P. C., Guiss, C. (1991). Influence of *Spartina alterniflora* on structure and temporal variability of macrobenthic associations in a tidal flat of Paranaguá Bay (southeastern Brazil). **Marine Ecology**, 73: 231-244.
- Lawler, R.L. (1976). Molting, growth and reproductive strategies in the terrestrial isopod, *Armadillidium vulgare*. **Ecology** 57: 1179–1194.
- Layman, C. A. & Silliman, B. R. (2002). Preliminary survey and diet analysis of juvenile fishes of an estuarine creek on Andros Island, Bahamas. **Bulletin of Marine Science**, 70: 199-210.
- Leber, K., M. (1982). Seasonality of macroinvertebrates on a temperate high wave energy sandy beach. **Bulletin of Marine Science**, 32(1): 86-98.
- Lillebo, A. I., Pardal, M. A., Marques, J.C. (1999). Population structure, dynamics and production of *Hydrobia ulvae* (Pennant) (Mollusca: Prosobranchia) along an eutrophication gradient in the Mondego estuary (Portugal). **Acta Oecologica**, 20: 289-304.
- Lopez, G. R., & Levinton, J. S. (1987). Ecology of deposit-feeding animals in marine sediments. **Quarterly Review of Biology**, 235-260.
- Malaquias, M. A. E., Condinho, S., Cervera, J. L. & Sprung, M. (2004). Diet and feeding biology of *Haminoea orbygniana* (Mollusca: Gastropoda: Cephalaspidea). **Journal of the Marine Biological Association of the UK**, 84: 767-772.
- Malaquias, M.A.M. e Sprung, M.J. (2005) Population biology of the cephalaspidean mollusk *Haminoea orbygniana* in a temperate coastal lagoon (Ria Formosa, Portugal). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 63:177-185.
- Matthews-Cascon, H., Pinheiro, P. R. C., Matthews, H. R. (1990) A família Neritidae no Norte e Nordeste do Brasil (Mollusca: Gastropoda). **Revista Caatinga**, 7: 44-56.
- Matthews-Cascon, H., Martins, I. X. (1999). Notes on the reproduction of *Neritina virginea* (Linnaeus, 1758) in northeast Brazil (Mollusca: Gastropoda: Neritidae). **Arquivos de Ciências do Mar**, 32:

- 129-132.
- McLachlan, A. & van der Horst, G. (1979). Growth and reproduction of two mollusks from an exposed sandy beach. **South African Journal of Zoology**, 14: 194-201.
- McLachlan, A., Cooper, C., van der Horst, G. (1979). Growth and production of *Bullia rhodostoma* on an open sandy beach in Algoa Bay. **South African Journal of Zoology**, 14: 49-53.
- McLachlan, A. (1983) Sandy beach ecology: a review. pp. 321-380. *In*: McLachlan, A. & Erasmus, T. (eds.) **Sandy Beaches as Ecosystems**. W. Junk Publishers, Hague.
- McLachlan, A. & Brown, A. (2006). **Sandy Beaches as Ecosystems**. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, 373p.
- McLusky, D.S., (1989). **The estuarine ecosystem**. 2nd edition. Blackie, London, UK.
- Pauly, D. & Munro, J. L. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. **ICLARM Fishbyte**, 2: 21.
- O'Dwyer, K., Kamiya, T., & Poulin, R. (2014). Altered microhabitat use and movement of littorinid gastropods: the effects of parasites. **Marine biology**, 161(2): 437-445.
- Orrock, J.L., Preisser, E.L., Grabowski, J.H., Trussell, G.C. (2013). The cost of safety: refuges increase the impact of predation risk in aquatic systems. **Ecology** 94: 573-579.
- Pauly, D., Moreau, J., Abad N. (1995). Comparison of age-structured and length-converted catch curves of brown trout *Salmo trutta* in two French rivers. **Fisheries Research**, 22: 197-204.
- Petracco, M. (2008). Produção secundária da macrofauna bentônica da zona entre- marés no segmento norte da praia do Una, litoral sul do estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Brazil.
- Petracco, M., Camargo, R. M., Tardelli, D. T., Turra, A. (2013). Population biology of the gastropod *Olivella minuta* (Gastropoda, Olividae) on two sheltered beaches in southeastern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 150: 149-156.
- Pyron, M., & Covich, A. P. (2003). Migration patterns, densities and growth of *Neritina punctulata* snails in Río Espíritu Santo and Río Mameyes, Northeastern Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, 39: 338-347.
- Rajasekharan M. and Crowe T. P. (2007) Intrinsic differences in dispersal between populations of gastropods separated by a few metres: evidence from reciprocal experimental transplantation. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 341: 264-273.
- Salvador, L. B., Domaneschi, O., Amaral, A. C. Z., Morgado, E. H., Henriques, S. A. (1998) Malacofauna da região entremarés de praias da Ilha de São Sebastião (São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, 15: 1013-1035.
- Sandrini-Neto, L., Lana, P. C. (2012). Distribution patterns of the crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ucididae) at different spatial scales in subtropical mangroves of Paranaguá Bay (southern Brazil). **Helgoland Marine Research**, 66: 167-174.
- Santana, G. X., Fonteles-Filho, A. A., Bezerra, L. E. A., Matthews-Cascon, H. (2009). Comportamento predatório *ex situ* do caranguejo *Menippe nodifrons* Stimpson, 1859 (Decapoda: Brachyura) sobre moluscos gastrópodes. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 4(3): 326-338.
- Saunders, T.M., Connell, S.D. & Mayfield, S. (2009). Differences in abalone growth and morphology between locations with high and low food availability: morphologically fixed or plastic traits? **Marine Biology**, 156: 1255-1263.
- Schneider, D. W., Frost, T. M. (1986). Massive upstream migrations by a tropical freshwater neritid snail. **Hydrobiologia** 137: 253-157.
- Schneider, D. W. & Lyons, J. (1993). Dynamics of upstream migration in two species of tropical freshwater snails. **Journal of the North American Benthological Society**, 12: 3-16.
- Schulte-Oehlmann U., Bettin C., Fioroni P., Oehlmann J., Stroben E. (1995) *Marisa cornuarietis* (Gastropoda, Prosobranchia) A potential TBT bioindicator for freshwater environments. **Ecotoxicology**, 4:372-384.
- Seuront, L. & Spilmont, N. (2002). Self-organized criticality in intertidal microphytobenthos patch patterns. **Physica A** 313: 513-539.
- Shigemiya, Y., & Kato, M. (2001). Age distribution, growth, and lifetime copulation frequency of a freshwater snail, *Clithon retropictus* (Neritidae). **Population Ecology**, 43(2): 133-140.
- Sola, J. C. (1996). Population dynamics, reproduction, growth, and secondary production of the mud-

- snail *Hydrobia ulvae* (Pennant). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 205: 49–62.
- Steneck, R. S., & Watling, L. (1982). Feeding capabilities and limitation of herbivorous molluscs: a functional group approach. **Marine Biology**, 68: 299–319.
- Tan, S. K. & Clements, R. (2008). Taxonomy and distribution of the Neritidae (Mollusca: Gastropoda) in Singapore. **Zoological Studies**, 47(4): 481–494.
- Troost, A. I., Rupert, S. D., Cyrus, A. Z., Paladino, F. V., Dattilo, B. F., & Peters, W. S. (2012). What can we learn from confusing *Olivella columellaris* and *O. semistriata* (Olivellidae, Gastropoda), two key species in panamic sandy beach ecosystems? **Biota Neotropica**, 12(2): 101–113.
- Tumbiolo, M.L., Downing, J. A. (1994). An empirical model for the prediction of secondary production in marine benthic invertebrate populations. **Marine Ecology**, 114: 165–174.
- Turchin, P., (2003). **Complex population dynamics: A theoretical/empirical synthesis**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Underwood, G.J.C., Kromkamp, J., (1999). Primary production by phytoplankton and microphytobenthos in estuaries. **Advances in Ecological Research**, 29: 93–153.
- Underwood A. J. & Chapman M. G. (2000). Variation in abundances of intertidal populations: consequences of extremities of environment. **Hydrobiologia**, 426: 25–36.
- Underwood, A.J., Chapman, M.G., Connell, S.D. (2000). Observations in ecology: you can't make progress on process without understanding the patterns. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 250: 97–115.
- Urban, H-J. & Campos, B. (1994). Population dynamics of the bivalves *Gari solida*, *Semele solida* and *Protothaca thaca* from a small bay in Chile at 36° S. **Marine Ecology Progress Series**, 115: 93–102.
- Urdu, S., Goudemand, N., Bucher, H. & Chirat, R. (2010). Allometries and the morphogenesis of the molluscan shell: a quantitative and theoretical model. **Journal of Experimental Zoology**, 314: 280–302.
- Vaudo, J.J. & Heithaus, M.R. (2013). Microhabitat selection by marine mesoconsumers in a thermally heterogeneous habitat: behavioral thermoregulation or avoiding predation risk? **Plos One** 8:e61907
- Veloso, V. G., & Cardoso, R. S. (1999). Population biology of the mole crab *Emerita brasiliensis* (Decapoda:Hippidae) at Urca beach, Brazil. **Journal of Crustacean Biology**, 19: 147–153.
- Warmke, G; Abbott, RT. (1962). *Caribbean Seashells*. New York, Livingston Publ. 348p.
- Wilber, D.H., Clarke, D.G. (1998). Estimating secondary production and benthic consumption in monitoring studies: a case study of the impacts of dredged material disposal in Galveston Bay, Texas. **Estuaries** 21: 230–245.
- Yerro, A. B. (1984). *Rissoa parva* (da Costa), *Barleeia unifasciata* (Montagu) y *Bittium reticulatum* (da Costa) (Mollusca: Gastropoda): Estudio de la segregación de tres estrategias de crecimiento, dinámica y producción sobre *Halopteris scoparia* (L.) Sauv. Ph.D. Thesis, Universidad del Pais Vasco.
- Yokoyama, L. Q. (2010). *Nassarius vibex* (Gastropoda, Nassariidae): crescimento e reprodução em bancos de mitilídeos de substrato areno-lamoso na costa sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Brazil.
- Yokoyama, L. Q., & Amaral, A. C. Z. (2011). Allometric growth of a common Nassariidae (Gastropoda) in south-east Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 91(05): 1095–1105.
- Zelditch ML, Swiderski DL, Sheets HD, Fink WL (2004). **Geometric Morphometrics for Biologists. A Primer**. San Diego: Elsevier Academic Press.

5. Anexos



COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
Universidade Estadual de Campinas
Caixa Postal 6109. 13083-970, Campinas, SP, Brasil
Fone (19) 3521-6378. email: cpgib@unicamp.br



DECLARAÇÃO

Em observância ao §5º do Artigo 1º da Informação CCPG-UNICAMP/001/15, referente a Bioética e Biossegurança, declaro que o conteúdo de minha Dissertação de Mestrado, intitulada **"ECOLOGIA POPULACIONAL DO GASTROPODA *Neritina virginea* (LINNAEUS, 1758) NA ZONA ENTREMARÉS DA BAÍA DO ARAÇÁ, LITORAL NORTE DE SÃO PAULO"**, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ecologia do Instituto de Biologia da Unicamp, não versa sobre pesquisa envolvendo seres humanos, animais ou temas afetos a Biossegurança.

Assinatura: RAFAEL KENJI MURAYAMA
Nome do(a) aluno(a): Rafael Kenji Murayama

Assinatura: Antonia Cecília Zacagnini Amaral
Nome do(a) orientador(a): Antonia Cecília Zacagnini Amaral

Data: 16 de dezembro de 2015

Profa. Dra. Rachel Meneguello
Presidente
Comissão Central de Pós-Graduação
Declaração

As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Dissertação/Tese de Mestrado/Doutorado, intitulada **ECOLOGIA POPULACIONAL DO GASTROPODA *Neritina virginea* (LINNAEUS, 1758) NA ZONA ENTREMARÉS DA BAÍA DO ARAÇÁ, LITORAL NORTE DE SÃO PAULO**, não infringem os dispositivos da Lei n.º 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 16 de dezembro de 2015

Assinatura : RAFAEL KENJI MURAYAMA
Nome do(a) autor(a): **Rafael Kenji Murayama**
RG n.º 34.606.988-9

Assinatura : Antonia Cecilia Zacagnini Amaral
Nome do(a) orientador(a): **Antonia Cecilia Zacagnini Amaral**
RG n.º 415.362-3