Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Jéssica Beck Carneiro

Dinâmica populacional e caracterização conquiliomorfológica de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 (Bivalvia: Unionoida: Hyriidae) da lagoa dos Caiçaras (Piraí, Rio de Janeiro, Brasil)

Rio de Janeiro

2015

Jéssica Beck Carneiro

Dinâmica populacional e caracterização conquiliomorfológica de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 (Bivalvia: Unionoida: Hyriidae) da lagoa dos Caiçaras (Piraí, Rio de Janeiro, Brasil)

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Evolução, ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução, do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador (a): Prof.ª Dra. Sonia Barbosa dos Santos

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

C289 Carneiro, Jéssica Beck.
Dinâmica populacional e caracterização conquiliomorfológica de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 (Bivalvia: Unionoida: Hyriidae) da lagoa dos Caiçaras (Piraí, Rio de Janeiro, Brasil) / Jéssica Beck Carneiro. - 2014.
104 f. : il.
Orientadora: Sonia Barbosa dos Santos.
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.
1. Molusco – Comportamento – Teses. 2. Molusco - Lagoa dos Caiçaras (RJ) – Teses. I. Santos, Sonia Barbosa. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.
CDU 594.1

Autorizo para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

_____ _____

Assinatura Data

Jéssica Beck Carneiro

Dinâmica populacional e caracterização conquiliomorfológica de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 (Bivalvia: Unionoida: Hyriidae) da lagoa dos Caiçaras (Piraí, Rio de Janeiro, Brasil)

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Evolução, ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2015.

Orientadora:

_____
Prof.ª Dra. Sonia Barbosa dos Santos
Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes – UERJ

Banca Examinadora:

_____
Prof.ª Dra. Rosana Mazzoni Buchas
Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes - UERJ

_____
Prof.ª Dra. Monica Lemos Ammon Fernandez
Instituto Oswaldo Cruz – IOC FioCruz

_____
Prof. Dr. Carlos Henrique Soares Caetano
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

_____
Prof. Dr. Vinícius Neres de Lima (Suplente)
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

_____
Prof. Dr. Igor Christo Miyahira (Suplente)
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO

Rio de Janeiro

2015

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus avós e a todos os amigos e professores que ajudaram na elaboração dessa dissertação.

AGRADECIMENTOS

A minha avó Maria Apparecida dos Santos Carneiro e ao meu avô Walter Gomes Carneiro pelos ensinamentos e apoio as minhas escolhas. A eles eu devo tudo que sou e construí até hoje.

A minha mãe Roseli Beck por entender a minha ausência e acreditar em mim e nas minhas escolhas.

A minha segunda família, a família Santos de Souza, minha avó Therezinha Vitovisky e minha tia Maristella Nascimento, por me acolherem nos momentos mais difíceis, me apoiar e incentivar.

A Prof. Dra. Sonia Barbosa dos Santos pelo suporte e incentivo durante a elaboração da dissertação.

Ao Prof. Dr. Carlos Henrique Soares Caetano que, mesmo cheio de tarefas na direção do IBIO, não exitou em me ajudar com a metodologia empregada na dissertação.

A Prof. Dra. Maria Cristina Dreher Mansur pelas valiosas dicas com os bivalves e pela ajuda com a extração de gloquídios.

Ao amigo e Dr. Igor Chirsto Miyahira por me apresentar aos bivalves de água doce e por me fazer enxergar beleza nessas criaturinhas.

Ao laboratório de Hidrobiologia (UFRJ) pelas análises de água. Ao laboratório de Ecologia Marinha – ECOMAR (UNIRIO) pela ajuda com a granulometria.

A equipe do laboratório de Zoologia de Invertebrados Marinhos – ZOOMAR (Caeta, Igor, Isa, Léo, Renatinho, Vanessinha, Tarciso, Flavinha e Priscila) e a equipe do Laboratório de Malacologia Límnica e Terrestre (Jaque, Regiana, Mari, Renatinhas, Gleisse, Igor, Eduardo, Amilcar, Augusto, Sérgio Thiago, Thainá, Vitor, Caroline, Roberta, Ximena e Isabela) pela ajuda nos trabalhos de campo. Sem os dedinhos colados de vocês, nenhuma recaptura seria possível!

Ao Leonardo Souza pelas conversas e empréstimos de livro, mas acima de tudo por ser um ótimo namorado, sempre muito paciente e carinhoso.

A amiga Vanessa Fontoura por toda a ajuda com as análises estatísticas e por sempre estar presente como amiga, fosse nos barzinhos ou nos desesperos da dissertação. A família Fontoura pelo empréstimo do único computador onde o FISAT funciona.

A amiga Izabel Ivancko, engenheira mais bióloga que conheço, que sempre que possível largava os cálculos para ajudar a amiga desesperada nos campos.

As amigas-irmãs Morgana Bernabucci, Juliana Cardoso, Cássia Souza, Jéssica Rempto e Rane Bessa que sempre entenderam minha ausência durante a elaboração da dissertação.

Aos amigos Thiago Souza, Gustavo Ignácio e Igor Raposo pela preocupação e amizade para comigo.

A todos os motoristas da Unirio que nos levaram em segurança às coletas.

Aos membros da banca que gentilmente aceitaram o convite para participar da dissertação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de mestrado concedida durante o período de março de 2013 a março de 2015. Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução – PPGEE pelos auxílios financeiros; à Faperj e ao CNPq pelos financiamentos concedidos aos projetos de pesquisa em desenvolvimento no Laboratório de Malacologia da UERJ.

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução pelo auxílio concedido para o I CAM. A Malacological Society of London pelo travel award concedido para o congresso Mollusca 2014.

A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e não na vitória propriamente dita.

Mahatma Gandhi

RESUMO

CARNEIRO, Jéssica Beck. Dinâmica populacional e caracterização conquiliomorfológica de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 (Bivalvia: Unionoida: Hyriidae) da lagoa dos Caiçaras (Piraí, Rio de Janeiro, Brasil). 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

No presente estudo monitoramos uma população de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 da lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, e avaliamos alguns aspectos conquiliomorfológicos da larva e do adulto, a relação peso-comprimento, os padrões populacionais tais como crescimento, mortalidade e expectativa de vida, e o ciclo larval. Amostragens mensais foram realizadas de novembro/2012 a novembro/2013 em três pontos da lagoa. Em cada ponto, definimos uma area de 15 m^2, que foi subdividida em 15 quadrados de 1m^2 cada. Os bivalves foram procurados por três coletores, usando mãos e pés, totalizando 45 minutos de coleta/área. Posteriormente, foram medidos com um paquímetro em relação ao comprimento total, marcados e devolvidos a lagoa. Quinze bivalves foram coletados e analisados em laboratório durante dois anos. Os fatores abióticos (condutividade, temperatura da água, temperatura do ambiente, umidade, pH e oxigênio dissolvido) foram mensurados e amostragens do sedimento e da água foram realizados em cada ponto. Os indivíduos foram agrupados em classes de comprimento com intervalo de 2,0 mm para análise da estrutura de comprimento da população. Os parâmetros de curva de crescimento foram estimados pela rotina ELEFAN (distribuição de frequência) e pelo método de Gulland-Holt (marcação e recaptura), ambos no programa FISAT. A mortalidade foi calculada pelo método da curva de captura convertida em comprimento e a expectativa de vida foi calculada pela equação invertida de von Bertalanffy. Ao todo, 3474 bivalves foram marcados e 1849 recapturados, alguns deles mais de uma vez. O menor bivalve recapturado mediu 23,58 mm e foi recapturado 127 dias depois com 25,50 mm e o maior bivalve recapturado mediu 62,14 mm e foi recapturado 31 dias depois com 62,20 mm. Pelo método indireto analizamos 6922 bivalves com comprimentos variando de 11,37 a 62,49 mm. A maior frequência de comprimento foi encontrada em tamanhos intermediários de 44-46 mm, como foi observado em outras populações de *Diplodon*. A análise do crescimento, mortalidade e expectativa de vida foram similares em ambos os métodos, por isso, utilizamos em conjunto para ajustar a curva de crescimento da população. A relação peso-comprimento foi alta ($r = 0,7$-$0,8$). A avaliação do ciclo reprodutivo indica uma continuidade no desenvolvimento larval ao longo dos meses, à exceção de janeiro/2014. Contabilizamos um total de 54.617 gloquídios, havendo mais indivíduos grávidos com gloquídios (n=5) nos meses de julho e setembro de 2014. Padrão similar foi encontrado em outras espécies de bivalves de água doce, inclusive em *Diplodon ellipticus* no estado do Paraná. Os gloquídios maduros foram encontrados em amplitudes de temperaturas de 20,1-25,27ºC e acreditamos que a temperatura pode influenciar na liberação dos mesmos. Os bivalves com o maior e o menor número de gloquídios foram encontrados em novembro/2013 (n= 4759) e setembro/2014 (n= 212), respectivamente. A correlação entre o comprimento do marsúpio e o tamanho da ninhada foi testada pela primeira vez nesse gênero e foi significativa ($r= 0,303$, $p<0,05$). As informações deste estudo são relevantes ao conhecimento da espécie e às futuras ações de gestão que tenham como objetivo preservar as espécies de *Diplodon*.

Palavras-chave: Bivalves de água doce. Naiades. Gloquídios. Ciclo larval. Frequência de comprimento. Marcação e recaptura.

ABSTRACT

CARNEIRO, Jéssica Beck. Population dynamics and morphological characterization and of *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 from Caiçaras lake (Piraí, Rio de Janeiro, Brasil). 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

In the present study we monitor a population of *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 from Caiçaras lake, Piraí, Rio de Janeiro, evaluating some aspects of larval and adult conquiliomorphology, length–weight relationship, population parameters such as growth, mortality and life span, and the larval cycle. Monthly samples were taken from November/2012 to November/2013 in three points of the lake. At each point, we defined an area of 15 m^2, which was subdivided into fifteen squares with $1m^2$ each. The bivalves were searched for three collectors using bare hands and feet, totaling 45 minutes/area. Then, they were measured with a caliper in relation to total length, marked and returned to the lake. Fifteen bivalves were collected and analysed in laboratory during two years. In each point, abiotic factors (conductivity, water temperature, ambient temperature, humidity, pH and dissolved oxygen) were measured and and sediment and water sampling were performed at each point. Individuals were grouped into length classes with an interval of 2.0 mm for length structure. The curve parameters were estimated by ELEFAN routine (length frequencies) and the Gulland-Holt method (mark and recapture), both in FISAT program. The mortality was performed through the Length-Converted Catch Curve and life span through the inverted equation of von Bertalanffy. A total of 3474 bivalves were tagged and 1849 were recaptured, some of them more than once. The lowest recaptured bivalve measured 23.58 mm and was recaptured 127 days after with 25.50 mm and the highest recaptured bivalve measured 62.14 mm and was recaptured after 31 days with 62.20 mm. In the indirect method were analyzed 6922 bivalves with length ranging from 11.37 to 62.49 mm. The highest frequencies were found in intermediate sizes 44-46 mm, as has been observed in other populations of *Diplodon*. The analyses of growth, mortality and life span were very similar in both methods which indicates that we can use both together to adjust the growth curve of this population. The length–weight relationship showed to be high (r = 0.7-0.8). The evaluation of the reproductive cycle indicates continuity in larval development during the months, with an exception in january/2014. We account 54.617 glochidia, with more pregnant individuals with glochidia (n = 5) in July and September 2014. Similar pattern was found in other species of freshwater bivalves, including *Diplodon ellipticus* in a study in Paraná State. Mature glochidia were found in temperatures range between 20.1-25.27ºC and this might influence in glochidia release. 54617 mature glochidia were counted in the two years. The bivalve with the highest number of glochidia were found in november/2013 (n= 4759) and the bivalve with the lowest number of glochidia were found in september/2014 (n= 212). The correlation between the marsupial length and the brood size was tested for the first time in this genus and was significant ($r = 0{,}303$, $p<0{,}05$). These information should be relevant for the species knowledge and future management action aimed to preserve *Diplodon* species.

Keywords: Freshwater mussels. Naiades. Glochidia. Larval cycle. Length frequency. Mark-recapture.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	10
1	**ESTADO DA ARTE SOBRE OS BIVALVES DE ÁGUA DOCE**.....	10
1.1	**Características morfológicas de *Diplodon ellipticus***.....	13
1.2	**Características do gloquídio de *Diplodon***.....	16
1.3	**Distribuição geográfica da espécie no Brasil**.....	17
1.4	**Aspectos ecológicos**.....	18
1.5	**Ciclo de vida e ciclo reprodutivo**.....	20
1.6	**Estimativas de crescimento individual**.....	22
1.6.1	Estudos com frequência de comprimento (Método indireto).....	23
1.6.2	Estudos com marcação e recaptura (Método direto).....	23
1.6.3	Estudos com crescimento anual de anéis de crescimento.....	25
1.7	**Relevância**.....	26
2	**OBJETIVOS**.....	28
2.1	**Objetivo geral**.....	28
2.2	**Objetivos específicos**.....	28
3	**MATERIAL E MÉTODOS**.....	29
3.1	**Área de estudo**.....	29
3.2	**Metodologia de coleta**.....	30
3.2.1	Amostragem.....	30
3.2.2	Caracterização do ambiente.....	33
3.3	**Procedimentos de laboratório**.....	34
3.3.1	Primeiros procedimentos.....	34
3.3.2	Caracterização morfológica da concha e do gloquídio.....	36
3.4	**Análise dos dados**.....	38
3.4.1	Estrutura de comprimento da população e crescimento por distribuição de freqüências (Método indireto).....	38
3.4.2	Crescimento por marcação e recaptura (Método direto).....	38
3.4.3	Mortalidade e expectativa de vida.....	39
3.4.4	Relação peso-comprimento.....	40
3.4.5	Análise do ciclo larval.....	40

4 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**..... 41
4.1 **Caracterização do ambiente**..... 41
4.2 **Caracterização morfológica da concha e do gloquídio**..... 46
4.3 **Estrutura de comprimento da população**..... 52
4.4 **Análise do comprimento e parâmetros populacionais**..... 57
4.5 **Mortalidade e expectativa de vida**..... 72
4.6 **Relação peso-comprimento**..... 77
4.7 **Análise do ciclo larval**..... 79
CONCLUSÃO..... 89
REFERÊNCIAS..... 90

INTRODUÇAO

1 ESTADO DA ARTE SOBRE OS BIVALVES DE ÁGUA DOCE

A Classe Bivalvia, cujas estimativas variam entre 20.000 e 50.000 espécies (Gaston e Spicer 1998; Giribet 2008; Ruppert et al. 2008), corresponde a cerca de 35% do Filo Mollusca, abrigando animais predominantemente marinhos (Giribet 2008). Todavia, algumas linhagens colonizaram os ambientes de água doce, como os Unionoida (Paleoheterodonta) e Heterodonta representados por Corbiculidae, Sphaeriidae e Dreissenidae e também pelos mexilhões verdadeiros (Pteriomorphia: Mytilidae) (Mansur 2007; Giribet 2008). Assim, os bivalves de água doce formam um grupo diversificado do ponto de vista filogenético e ecológico (Mansur et al. 2012; Pereira et al. 2014).

Existem aproximadamente 1.300 espécies de água doce (Ruppert et al. 2008), ocorrendo em todos os continentes, a exceção da Antártida (Bogan 2008). Para o Brasil, Simone (2006) propôs a existência de 120 espécies; Pereira et al. (2012) estimaram a ocorrência de 109 espécies e Pereira et al. (2014) de 117 espécies. As variações numéricas na literatura indicam o grau de desconhecimento que ainda existe sobre os bivalves de água doce, tanto do ponto de vista taxonômico, como também da biologia e ecologia.

Alguns autores têm concentrado seus estudos no estabelecimento de padrões de história de vida das espécies de bivalves de água doce relacionando parâmetros dos indivíduos e das populações, tais como primeira idade reprodutiva, fecundidade, número de reproduções, taxa de crescimento, mortalidade e expectativa de vida, densidade e distribuição, com o habitat em que esses animais se encontram (Negus 1966; Smith 1976, 1979; Bauer 1983; Dugeon e Morton 1983; Young e Williams 1984).

Um exemplo dessa plasticidade é vista em *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758), na qual a longevidade varia de 40 a 200 anos, dependendo do hábitat no qual se encontra (Bauer 1992). O bivalve *Velesunio ambiguus* (Philippi, 1847) pode chegar a 11 anos de idade e atingir 108 mm quando habitam rios (Walker 1981), mas indivíduos com a mesma idade que habitam lagos, só atingem 75 mm de comprimento (Humphrey 1984).

Os bivalves de água doce geralmente vivem muitos anos (Bauer 2001; Walker et al. 2001), e como na maioria dos organismos, o crescimento é rápido nos primeiros anos de vida, mas diminui à medida que a idade aumenta, pois parte da energia é revertida para reprodução e manutenção. A quantidade de energia alocada para o crescimento *versus* a alocada para outras funções e o tempo de alocação para cada um desses são características fundamentais da história de vida de muitos organismos. Esses padrões de investimento/alocação de energia variam significativamente entre as espécies de bivalves (Haag 2012).

A aumento na temperatura das águas atrelado ao aquecimento global podem aumentar as taxas de crescimento de bivalves e reduzir a longevidade (Kendall et al. 2010). Outro fator que faz a taxa de crescimento e a expectativa de vida variar é a latitude, provavelmente, devido às baixas temperaturas da água e as curtas estações de crescimento nas latitudes do norte (Dunca e Mutvei 2001; Schöne et al. 2004; Haag e Rypel 2011). Populações de *M. margaritifera* do hemisfério norte crescem devagar e atingem idade de mais de 100 anos, mas as populações do hemisfério sul crescem sete vezes mais rápido e vivem menos do que 30 anos (Ziuganov et al. 2000; Helama e Valovirta 2008).

As taxas de mortalidade anual também variam de acordo com a espécie e podem estar relacionadas à latitude, já que em regiões tropicais a taxa de mortalidade é mais alta quando comparada as taxas nas regiões temperadas (Ansell et al. 1978).

Estes trabalhos estão muito avançados quando comparados aos estudos realizados na América Latina, embora alguns pesquisadores tenham fornecido importantes contribuições (Alvarenga 1978; Alvarenga e Ricci 1979a,b; Mansur e Campos-Velho 1990; Mansur 1999; Semenas e Brugni 2002; Soldati et al. 2009; Pereira et al. 2014; Meyer et al. 2014).

Tendo em vista que o foco dessa dissertação é uma espécie de *Diplodon* Spix in Wagner, 1827 segue abaixo uma listagem dos estudos realizados no Brasil com as espécies deste gênero abordando aspectos ecológicos e/ou populacionais (Tabela 1).

Tabela 1 – Listagem com os estudos ecológicos e populacionais mais importantes realizados no Brasil com o gênero *Diplodon* Spix in Wagner, 1827.

Espécie	**Principal abordagem**	**Localidade**	**Referência**
***Diplodon besckeanus* (Dunker, 1848)**	Reprodução	lagoa Juturnaíba, Silva Jardim, RJ	Alvarenga (1978)
***Diplodon delodontus expansus* (Küster, 1856)**	Hermafroditismo	rio Cerne, Campina Grande do Sul e rio Timbu, Quatro Barras, PR	Curial e Lange (1974a)
	Determinação do sexo	rio Cerne, Campina Grande do Sul, PR	Curial e Lange (1974b)
	Distribuição e densidade populacional	rio Pardo, Botucatu, SP	Henry e Simão (1985)
***Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827**	Comprimento, proporção sexual histologia de marsúpios	lago artificial, Morretes, PR	Meyer et al. (2014)
	Crescimento por marcação e recaptura	Lagoa dos Caiçaras, Piraí, RJ	Fountoura-da-Silva et al. (2013); Carneiro et al. (2014)
***Diplodon expansus* (Küster, 1856)**	Reprodução e cultivo	rio Mogi Guaçu, Porto Ferreira, SP	Lima (2010)
	Tamanho e histologia de marsúpios	rio Piraquara, Piraquara, PR	Meyer et al. (2013)
***Diplodon martensi* (Ihering, 1893)**	Reprodução	rio Caí, Triunfo e Montenegro, RS	Mansur (1999)
***Diplodon rhuacoicus* (Lea, 1834)**	Crescimento	rio São Francisco, Nova Glória, BA	Amaral et al. (2007)
***Diplodon rotundus gratus* (Wagner, 1827)**	Distribuição, preferência de substrato e reprodução	rio Tiete, nas proximidades da cidade de Barra Bonita, SP	Hebling e Penteado (1974)

***Diplodon rotundus gratus* (Wagner, 1827)**	Histologia e reprodução	rio Pardo, São José do rio Pardo, SP	Avelar e Mendonça (1998)
	Reprodução e cultivo	rio Mogi Guaçu, Porto Ferreira, SP	Lima (2010)

Legenda: Estudos com cunho ecológico em espécies de *Diplodon.*
Fonte: Presente trabalho (2015).

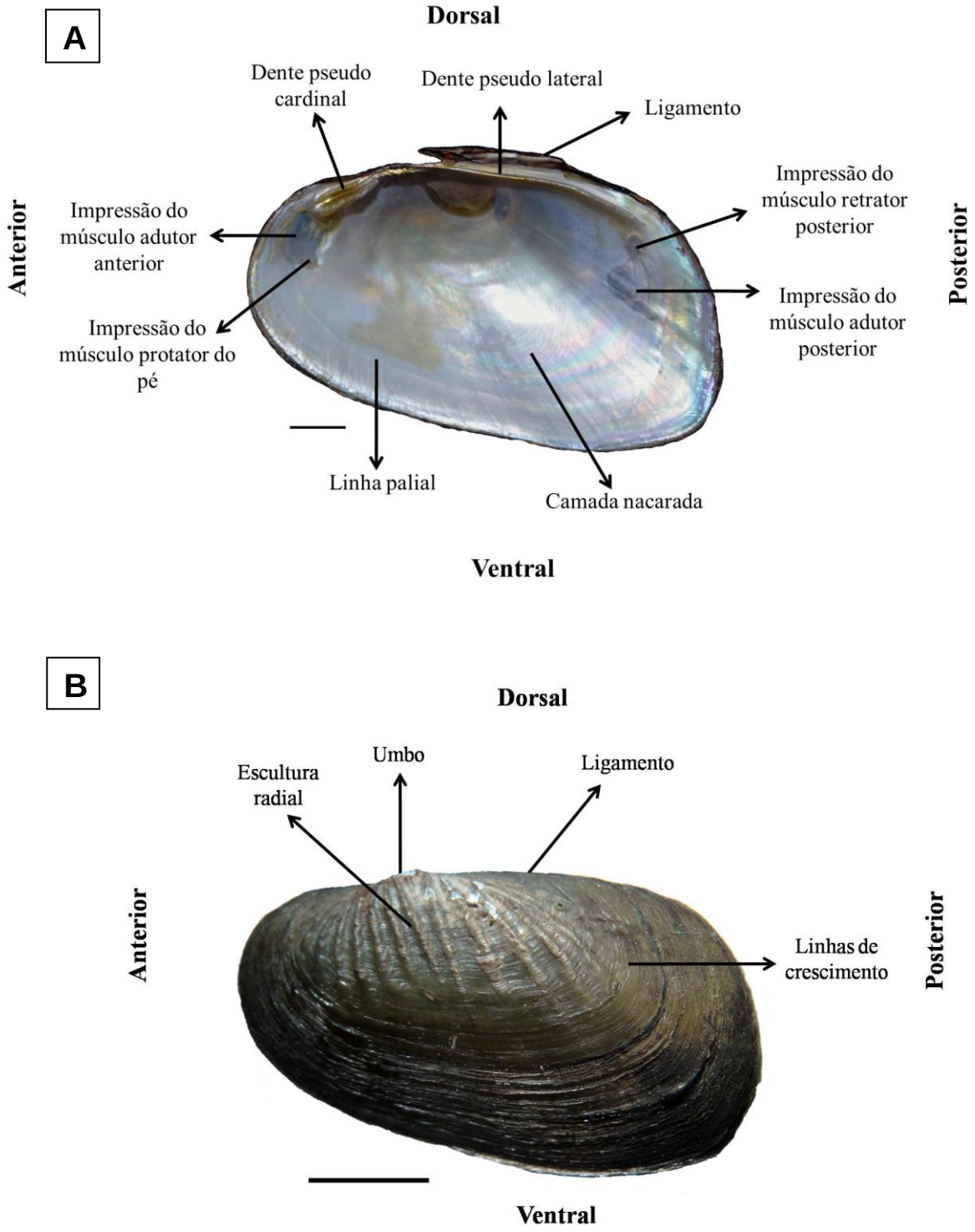
Estudos que acompanham as alterações relacionadas ao número de indivíduos, taxa de natalidade, mortalidade, dispersão e migração de uma população ao longo do tempo, são ditos como estudos de dinâmica populacional. A dispersão, o crescimento, o nascimento e a mortalidade são processos que estruturam as populações e indicam a quantidade de matéria e energia que passam através dessas populações na teia alimentar. Esses estudos são essenciais para compreender os processos que atuam na estrutura e função dos ecossistemas (Sette et al. 2013).

1.1 Características morfológicas de *Diplodon ellipticus*

Diplodon ellipticus é uma espécie de bivalve de água doce da família Hyriidae (Mollusca: Bivalvia: Unionoida: Palaeoheterodonta) que habita rios, córregos e lagos.

Apresenta concha (Figura 1) não inflada com contorno elíptico a lanceolado e região anterior menor do que a posterior. O umbo é levemente elevado e apresenta escultura umbonal formada por costelas radiais. Perióstraco marrom escuro com linhas concêntricas geralmente pouco marcadas. A camada nacarada varia de acinzentada a azul-acinzentada. A charneira é do tipo esquizodonte, com dois dentes cardinais, ligeiramente crenulados, e dois dentes laterais na valva direita. Na valva esquerda há um dente pseudo cardinal lamelar e dois dentes pseudo laterais. A cicatriz muscular anterior é mais profunda do que a posterior (Miyahira et al. 2013).

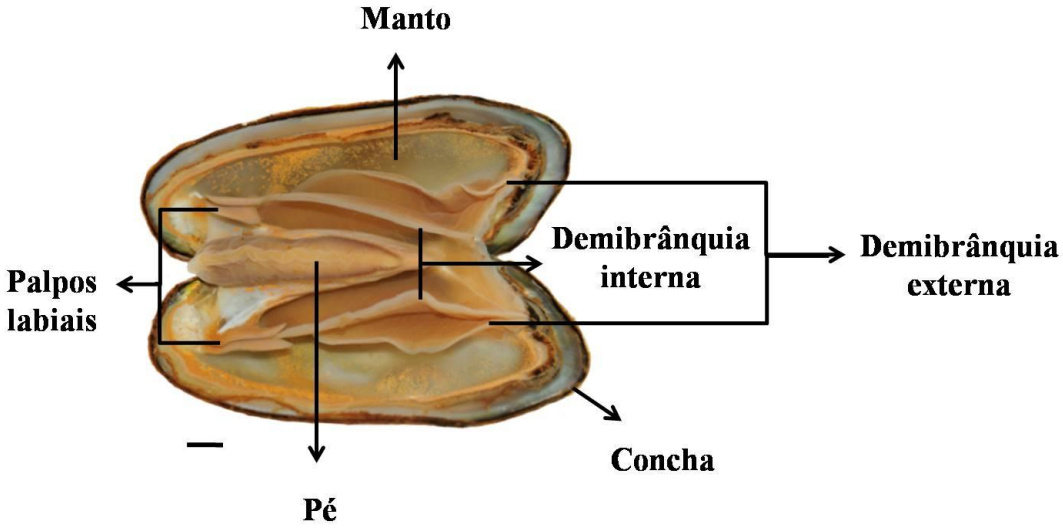
Figura 1- Conquiliomorfologia de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827.



Legenda: A - Vista interna da concha; B - Vista externa da concha. Escala: A - 1cm ; B – 1 cm.
Fonte: Presente trabalho (2015).

O pé muscular é usado na locomoção e no enterramento no substrato. Há dois pares de brânquias, sendo que cada brânquia é formada pela demibrânquia interna e pela demibrânquia externa, que atuam na respiração e na alimentação dos indivíduos. Além disso, as demibrânquias internas apresentam a função de marsúpio, local onde ocorre o desenvolvimento de ovos até a fase gloquídio, larva madura desta espécie. O manto envolve toda a parte mole do animal, sendo este responsável pela secreção das conchas; na porção posterior do bordo do manto, encontramos as aberturas exalante, abaixo do ânus, e a inalante, acima do ânus (Bauer 2001; Miyahira 2014) (Figura 2).

Figura 2- Morfologia interna de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 em vista ventral com as valvas abertas.



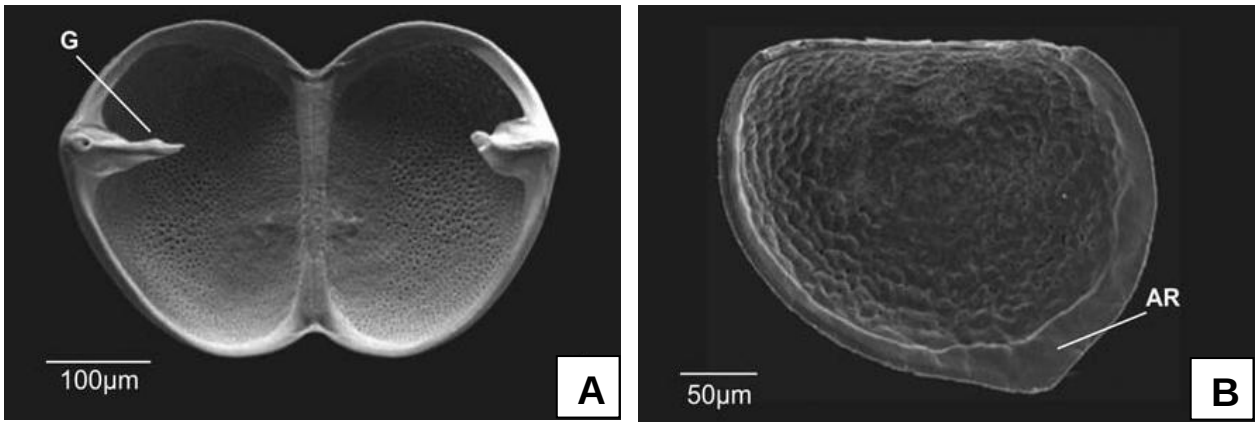
Escala: 1cm.
Fonte: Fotos de M.R. Salgado e presente trabalho (2015).

Diplodon ellipticus é uma das espécies mais desconhecidas dentro do gênero *Diplodon* (Haas 1931, 1969). Haas (1969) afirma que todos os indivíduos de *Diplodon* com forma da concha elíptica e poucas ornamentações são inseridas dentro dessa espécie, o que dificulta a identificação.

1.2 Características do gloquídio de *Diplodon*

O gloquídio é a fase larval obrigatória a qual o bivalve passa durante seu ciclo de vida. Existem dois tipos de gloquídios: uns apresentam ganchos e parasitam peixes até a fase de pós-larva, o qual caracteriza *Diplodon* (*Diplodon*) (Figura 3A); outros não apresentam gancho gloquidial e exibem um desenvolvimento completo dentro dos marsúpios até a fase de pós-larva, sem utilizar o peixe para se desenvolver e para se dispersar, o qual caracteriza *Diplodon* (*Rhipidodonta*) (Figura 3B) (Ortmann 1921; Parodiz e Bonetto 1963; Mansur 1999; Wächtler et al. 2001). Essas diferenças foram usadas por Simone (2006) para elevar o sub-gênero *Rhipidodonta* Mörch, 1853 a gênero e foram corroboradas por Graf e Cummings (2007).

Figura 3- Conchas gloquidiais de *Diplodon obsolescens* (Baker, 1913) e *Diplodon hylaeus* (d´Orbigny, 1835).



Legenda: A – Gloquídio de *Diplodon obsolescens* (Baker, 1913); B – Gloquídio de *Diplodon hylaeus* (d´Orbigny, 1835). G - gancho gloquidial, AR - aresta ventral.
Fonte: Retirado de Mansur et al. (2012).

Todas as espécies de *Diplodon* apresentam o estágio larval do tipo gloquídio e no caso de *D. ellipticus* o gloquídio é parasito de peixe (Ricci et al. 1990).

A detecção das variações nas conchas gloquidiais, tais como, presença ou ausência de dente e cúspides terminais, tipo e forma de dente, porosidade e relevo da superfície interna ou externa da concha, e também, nas estuturas internas dos gloquídios (presença ou não de cirros, tufos ciliares e filamento larval), são muito importantes, pois auxiliam na identificação e classificação das espécies de bivalves de água doce (Mansur 1983; Mansur e Campos-Velho 1990; Mansur e Silva 1999).

Diplodon ellipticus teve o gloquídio descrito pela primeira vez por Bonetto (1960a,b, 1961), como *Diplodon ellipticus santanus* (Ihering, 1910), provenientes da lagoa Grande, Espirito Santo e *Diplodon wagnerianus* (Ihering, 1910), provenientes do Brasil, ambos caracterizados como parasitos. Alguns anos mais tarde, Alvarenga e Ricci (1979a) apresentaram alguns resultados para o gloquídio de *Diplodon besckeanus* (Dunker, 1848) oriundo da lagoa de Juturnaíba, Rio de Janeiro. As três espécies supracitadas entram na lista sinonímica de *D. ellipticus* (Miyahira 2014).

Das 43 espécies de *Diplodon* descritas para a América do Sul, 36 estão presentes nas bacias hidrográficas brasileiras e, dentre estas, somente oito não apresentam alguma informação sobre os gloquídios (Pereira et al. 2014). Apesar disso, são poucas as espécies que têm gloquídios bem descritos e algumas destas estão em sinonímia com outras, podendo resultar em diferentes tipos de larvas para uma mesma espécie. Essa situação realça a necessidade de ampliar os estudos sobre os tipos larvais das espécies brasileiras.

1.3 Distribuição geográfica da espécie no Brasil

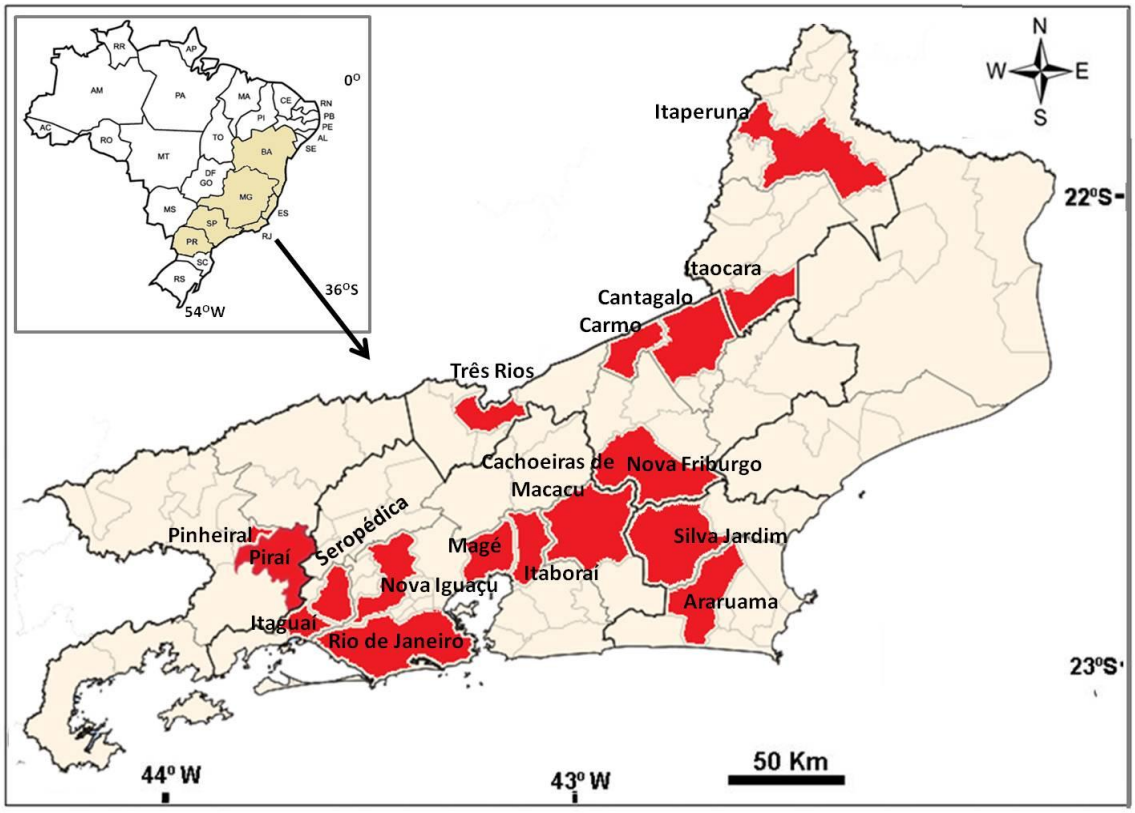
Existem registros de *D. ellipticus* desde o estado da Bahia, mais ao norte do país, até o estado do Rio Grande do Sul, mais ao sul (Simone 2006), sendo o rio São Francisco a localidade tipo da espécie conforme a publicação original (Wagner 1827), contudo, sem fornecer o estado de origem. Fechter (1983) e Nuttall (1990) afirmaram que a localidade tipo é o rio São Francisco no estado de Minas Gerais, mas não existem fatos que evidenciem que foi nesse estado que Spix coletou, já que este rio corta cinco estados brasileiros (Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas) (Miyahira et al. 2013).

Pereira et al. (2012) sugeriram que esta espécie ocorre nas bacias do rio São Francisco e nos rios costeiros do atlântico leste do Brasil (Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Espirito Santo e Paraná). Contudo, os autores levantaram dúvidas sobre a presença da espécie nas bacias dos rios do atlântico sul e sudeste do Brasil. Miyahira (2014) incluiu a bacia do alto rio Paraná, especialmente seus tributários, na distribuição da espécie.

De acordo com Miyahira (2014), a espécie tem registros no estado do Rio de Janeiro nos seguintes ambientes límnicos: lagoa de Juturnaíba (Araruama), rio Macacu (Cachoeiras de Macacu), Santana de Macacu, rio Paraíba do Sul (Cantagalo), rio

Caceríbu (Itaboraí), lagoa anexa ao rio Mazomba (Itaguaí), Fazenda do Salgado (Itaperuna), córrego São Luiz (Itaocara), rio da Estrela (Magé), Nova Friburgo, rio Guandu (Nova Iguaçu), rio Cachimbaú (Pinheiral), lagoa dos Caiçaras e represa de Lages (Piraí), rio Guandu (Seropédica), lagoa de Juturnaíba (Silva Jardim), rio Paraíba do Sul (Três Rios), rio Paraíba do Sul (próximo a Chiador), rio Macacu, rio Negro e rio Conceição sem determinar o município (Figura 4).

Figura 4 – Mapa mostrando a área de ocorrência de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 no Brasil, com destaque para o Rio de Janeiro.



Legenda: No mapa do Brasil os estados onde há registro de ocorrência de *D. ellipticus* foram pintados em bege e no mapa do Rio de Janeiro os municípios onde há registro de ocorrência foram pintados de vermelho.
Fonte: Miyahira (2014) e presente trabalho (2015).

1.4 Aspectos ecológicos

Os bivalves de água doce são encontrados tanto em ambientes lóticos como lênticos, de águas claras ou turvas, e em diferentes profundidades (Alvarenga e Ricci 1981). Os

Unionoida, como *D. ellipticus*, são mais encontrados em substratos lodosos, embora vivam também em substratos arenosos (Miyahira 2014).

Há uma tendência dos indivíduos apresentarem uma distribuição agregada e nos ambientes lênticos as populações serem maiores (Alvarenga e Ricci 1981), como assinalado por Alvarenga (1978) na represa de Juturnaíba para *D. besckeanus*. Miyahira (2014) encontrou *D. ellipticus* em diferentes corpos hídricos, de pequenos riachos a grandes rios e também em lagoas. Nos pequenos riachos não encontrou muitos indivíduos vivos, já nas represas do rio Guandu e de Juturnaíba, observou a presença de grandes populações.

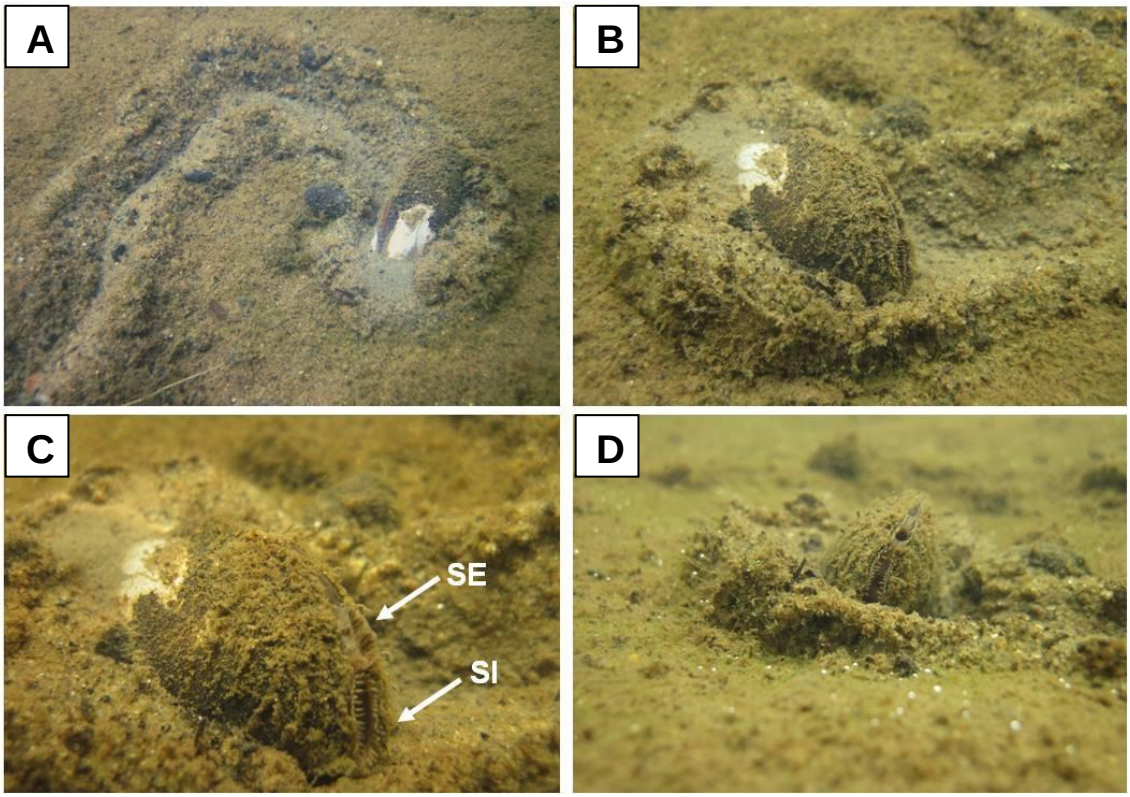
A maioria dos bivalves de água doce locomove-se no substrato deixando um rastro, que muitas vezes é a indicação da sua ocorrência no local e é o que facilita sua captura (Alvarenga e Ricci 1981) (Figura 5A,B).

Assim como os outros bivalves, *D. ellipticus* não possui rádula e depende das brânquias para obtenção de alimento através da filtragem de plâncton (Ruppert et al. 2008). Inalam grande quantidade de água que é filtrada por cílios que selecionam as partículas alimentícias (Figura 5C,D). O restante é englobado por muco e excretado, sendo depositado no substrato. Assim, desempenham um papel muito importante no ambiente límnico, contribuindo para a diminuição das partículas em suspensão na água. Pode ser considerado indicador de condições ambientais ou biomonitor de alterações ambientais ou de poluição (Amaral et al. 2008).

Além disso, os bivalves integram a cadeia alimentar de vários vertebrados, incluindo aves, peixes e até mesmo o homem (Cummings e Bogan 2006; Amaral et al. 2008). Em *Diplodon chilensis* (Gray, 1828) há registros de predação por lontras (Chehebar 1985), peixes (Bonetto e Castello 1985), aves (Lara 1988) e pelo caranguejo *Aegla abtao* Schmitt, 1942 (Lara e Moreno 1995).

Não se sabe exatamente o tipo de alimentação dos bivalves embora haja registro que *D. chilensis* se alimente de fitoplâncton (Busse 1970; Lara et al. 2002), bactérias (Vallejos 1996), matéria orgânica (Soto e Mena 1999 *apud* Lara et al. 2002) e fitobentos (Lara et al. 2002).

Figura 5. *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 parcialmente enterrado e filtrando a água na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil.

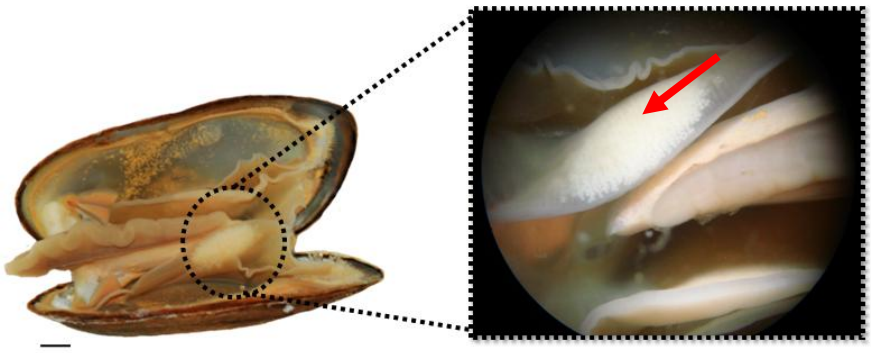


Legenda: A e B – Caminho feito por *Diplodon ellipticus* no substrato, com ênfase no enterramento anteroposterior; C e D – Detalhe da porção posterior, mostrando os sifões exalante (SE) e inalante (SI).
Fonte: Fotos de I.C. Miyahira (2014).

1.5 Ciclo de vida e ciclo reprodutivo

Em Unionoida, os gametas femininos são retidos em uma porção das demibrânquias internas do "indivíduo mãe", onde são fertilizados por gametas masculinos de outro indivíduo (Alvarenga e Ricci 1981). Os ovos são fecundados na câmara suprabranquial do bivalve fêmea, e descem ligados por um fio de muco aos tubos aquíferos, amontoando-se em áreas branquiais denominadas marsúpio, o qual tem função incubadora (Figura 6). A localização do marsúpio nos Hyriidae é sempre na demibrânquia interna, geralmente centralizado, não ocupando toda a demibrânquia, podendo variar de posição de acordo com a espécie (Mansur e Campos-Velho 1990).

Figura 6- Marsúpio de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827.



Legenda: Demibrânquia interna de *Diplodon ellipticus*. À esquerda, vista geral das branquias direita e esquerda, demarcando a região do marsúpio; à direta, detalhe do marsúpio com ovos (seta vermelha). (Aumento de 20x). Escala: 1cm.
Fonte: Presente trabalho (2015).

Após o desenvolvimento, as larvas são liberadas e aderem-se às escamas, nadadeiras ou brânquias de peixes, durante um período de incubação que é dito como fase parasita (Mansur et al. 1987). A larva forma um cisto no local de adesão, e ali permanece até o completo desenvolvimento em pós-larva. Este período de parasitismo é variável segundo a espécie, entre 10 e 30 dias (Mansur e Silva 1999). Quando atingem o estágio juvenil, os cistos se rompem e os juvenis se desprendem e caem no substrato desenvolvendo-se até a fase adulta (Mansur 1999).

As espécies cujos gloquídios apresentam desenvolvimento direto (gloquídio não parasito) têm seu período de maturação de larvas condicionado à temperatura da água, podendo eliminar gloquídios no início e no fim do verão. Já os gloquídios com desenvolvimento indireto (gloquídio parasito) têm seu período de eliminação geralmente condicionado às épocas de águas altas na primavera e utilizam o peixe como meio de dispersão rio acima em direção as águas mais interiores (Mansur 1999; Mansur e Silva 1999).

Segundo Mansur (1999), existe uma especificidade na relação peixe-gloquídio, mas na América do Sul existem poucas informações e não se sabe exatamente quais são os peixes que "permitem" o desenvolvimento do gloquídio, nem se todas as espécies apresentam essa especificidade.

No estudo de Bonetto e Ezcurra (1963) os gloquídios de *Diplodon delodontus* (Lamarck,1819) se incistaram em alguns peixes, como: *Prochilodus platensis* Holmberg, 1891, *Serrasalmus* sp., *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819), *Geophagus* sp.,

Aequidens sp., *Schizodon faciatum* Spix e Agassiz, 1829 e *Charax stenopterus* (Cope, 1894). Os autores relataram uma maior quantidade de juvenis provenientes da infestação em *A. fasciatus*. Descreveram que três dias após a fixação do gloquídio no peixe, ocorreu o encistamento, e entre 25 a 30 dias se deu o desenvolvimento completo quando os cistos foram rompidos e os bivalves jovens se desprenderam. Para *Diplodon parallelopipedon* (Lea, 1834) e para *Diplodon parodizi* Bonetto, 1962 os autores citaram os peixes *P. platensis* e *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794).

Mansur (1999) realizou um encistamento experimental no peixe *Gymnogeophagus gymnogenys* (Hensel, 1870), utilizando larvas do bivalve *Diplodon martensi* (Ihering, 1893). O encistamento ocorreu na nadadeira dorsal, caudal e ventral e na cabeça do peixe. Os gloquídios encistados eclodiram a partir do 30º dia até o 33º dia de vida parasitária. Embora a autora tenha constatado indivíduos de *D. martensi* grávidos com embriões no final do inverno, os gloquídios maduros só apareceram na primavera, no período de fortes precipitações.

Para *D. ellipticus* não existem dados completos na literatura em relação ao ciclo reprodutivo e crescimento, o que reforça a necessidade em se estudar essa espécie.

1.6 Estimativas de crescimento individual

O crescimento somático ou crescimento corporal de um indivíduo pode ser descrito em termos de mudanças no comprimento, na largura ou qualquer outra dimensão linear, assim como em peso. Em populações de bivalves, os meios mais comuns de se estimar o crescimento somático baseiam-se: (1) nos dados de frequência de comprimento (método indireto); (2) nos dados de crescimento por marcação e recaptura (método direto); (3) nos anéis de crescimento, partindo do pressuposto que essas marcas são periódicas e associadas a períodos determinados de tempo. As três abordagens apresentadas acima possuem aspectos positivos e negativos.

1.6.1 Estudos com frequência de comprimento (Método indireto)

Esse é o método mais usado para invertebrados (Strayer e Smith 2003), embora alguns autores o considerem controverso devido à identificação subjetiva das coortes (Gayalino et al. 2005). A facilidade de coleta de dados e baixo custo, quando comparado ao método de marcação e recaptura, fazem deste método o mais empregado.

A análise de frequências de comprimento incorpora uma variedade de extensões dentro do programa FISAT, as quais produzem estimativas de crescimento. Alguns exemplos: (1) a extensão ELEFAN I (Pauly 1984), que adota o modelo de von Bertalanffy modificado com oscilação sazonal (Gayanilo et al. 1996). Nesse método é analisada a distribuição mensal de comprimentos da população (classes de comprimento) e se estima os parâmetros populacionais; (2) NORMSEP e BHATTACHARYA, os quais analisam a progressão modal com base em dados mensais de frequências de comprimento de uma população (Gayanilo et al. 2005).

Este método e suas diferentes extensões têm sido amplamente aplicados em invertebrados marinhos e de água doce (Cataldo e Boltovskoy 1999; Darrigran et al. 2011; Cabrini e Cardoso 2012; Adjei-Boateng e Wilson 2013; Petracco et al. 2013; Sette et al. 2013).

1.6.2 Estudos com marcação e recaptura (Método direto)

A metodologia de marcação-recaptura foi utilizada, inicialmente, para estimar o tamanho populacional das espécies, no entanto, também provou ser uma boa ferramenta na quantificação de vários parâmetros populacionais, tais como: taxa de sobrevivência, recrutamento, migração e crescimento (Hart et al. 2001; Senar et al. 2004; Amstrup et al. 2005). Estes modelos de marcação e recaptura são amplamente utilizados em ecologia (Seber 1982, 1986; Cormack 1992; Lebreton et al. 1992; Krebs 1998), especialmente em populações de vertebrados. Raramente são utilizados para avaliar populações de bivalves (Anthony et al. 2001; Hart et al. 2001; Strayer e Smith 2003), apesar de serem essenciais para responder a muitas das questões fundamentais na compreensão da dinâmica das populações, inclusive auxiliando na gestão e manejo dos indivíduos (Villella et al. 2004; Adjei-Boateng e Wilson 2013).

Normalmente são realizadas amostragens repetidas de uma determinada população, permitindo o reconhecimento de indivíduos marcados em amostragens prévias (Brenner

2005; Fontoura-da-Silva et al. 2013), quando os animais marcados são recapturados em coletas subsequentes e reavaliados quanto às taxas de crescimento (Brenner 2005) e demais parâmetros. Existe uma variedade de técnicas de marcação para identificar os espécimes, como pode ser visto em Fontoura-da-Silva et al. (2013).

Para utilização desse método existem algumas premissas, como: (1) os animais devem ter a mesma probabilidade de captura; (2) as recapturas devem ser registradas com precisão; (3) as marcações não podem ser perdidas ou tornarem-se ilegíveis ao longo do tempo, principalmente no caso de animais que vivem muito tempo, como Unionoida; (4) a marcação e manipulação não devem afetar a sobrevivência ou a captura dos animais e (5) a marcação de animais deve ser representativa da população estudada (Villella et al. 2004). Violações dessas suposições podem gerar erros nas estimativas de crescimento (Carothers 1973, 1979; Pollock et al. 1990).

Em uma visita a Seção de Malacologia do Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ), encontramos registros da provável primeira tentativa de marcação e recaptura em *Diplodon* sp. (MNRJ 3801) coletados em Ambaí, sítio do senhor Gonçalves, no município de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, realizada pelos pesquisadores Célia Ricci e Luiz Carlos Alvarenga nas décadas de 70 a 90 (Figura 7). Provavelmente os espécimes foram coletados e cultivados em aquário, mas infelizmente, estas pesquisas não foram publicadas.

Figura 7 - Planilha de acompanhamento do crescimento e exemplar de *Diplodon* sp. do Ambaí, sítio do senhor Gonçalves, no município de Nova Iguaçu.

Legenda: Foto de *Diplodon* sp. com marcações de captura e recaptura e o controle de crescimento.
Fonte: Foto de L.S. Souza.

1.6.3 Estudos com crescimento anual de anéis de crescimento

Alguns autores acreditam que os bivalves depositam anéis de crescimento visíveis em suas conchas, semelhantes aos anéis de crescimento em árvores e escamas de peixes, e assumem que os anéis de crescimento são produzidos anualmente (Jones et al. 2004; Haag e Commens-Carson 2008; Helama e Valovirta 2008). A interpretação dessa produção nos dá a base para estimar o crescimento e a idade em bivalves (Hart et al. 2001).

Embora essa hipótese tenha sido validada para algumas espécies de bivalves, principalmente na Europa e América do Norte, o método tem sido considerado controverso, por causa da dificuldade em vincular os anéis ou marcas com o tempo e, assim, padronizar um método de avaliação (Hart et al. 2001).

Uma série de trabalhos examinou a periodicidade da produção dos anéis utilizando experimentos de marcação e recaptura, em que o crescimento de indivíduos marcados foi monitorado anualmente, ao longo de vários anos (Downing et al. 1992; Downing e Downing 1993; Kesler e Downing 1997). Esses estudos mostraram que os anéis foram depositados menos de uma vez por ano e, portanto, os bivalves eram muito mais velhos do que o estimado anteriormente.

Em regiões de clima temperado, os bivalves crescem mais rapidamente na primavera e no verão, com redução ou parada do crescimento durante o outono e inverno, quando ocorre a formação do anel de crescimento (Gaspar et al. 2004; Moura et al. 2009). Desse modo, pode-se estimar a idade dos bivalves através da análise de seus anéis de crescimento. Contudo, nos trópicos, este padrão parece não existir (Walker et al. 2001; Sparre e Venema 1997).

Evidências de outras formas de marcação de anéis nas conchas foram observadas em *Galatea paradoxa* (Born, 1778), um bivalve tropical que vive em ambientes com temperaturas relativamente constantes no Rio Volta, Gana (Adjei-Boateng e Wilson 2011; 2013) e em *Egeria radiata* (Larmarck, 1804) em um sistema de rios na Nigéria. A época de desova ocorre nos meses de junho a julho e outubro, a qual coincide com os períodos chuvosos e de inundações. Para Etim (1996) e Moses (1990) a atividade de desova junto com a suspensão de matéria orgânica nas águas altas, pouca disponibilidade alimento e taxas de crescimento reduzidas, podem causar a deposição anual de anéis de crescimento neste período de tempo. A deposição de anéis na época de desova foi vista também por outros autores em *Chione cortezi* (Carpenter, 1864),

Chione fluctifraga (Sowerby, 1853), *Chione californiensis* (Broderip, 1835) (Schöne 2003) e *Ensis siliqua* (Linnaeus, 1758) (Gaspar et al. 1994).

Soldati et al. (2009) afirmaram que não existem estudos que determinem se os padrões de crescimento das conchas de *Diplodon* apresentam sazonalidade de fato ou se seguem as tendências ontogenéticas da composição da concha. Os autores estabeleceram a periodicidade anual de crescimento da concha de *Diplodon chilensis patagonicus* (d'Orbigny 1835) no Chile, através do estudo dos anéis internos de crescimento utilizando a solução de Mutvei.

1.7 Relevância

Os bivalves de água doce estão entre os indivíduos mais ameaçados de extinção no mundo (Williams et al. 1993; Ricciardi e Rasmussen 1999; Vaughn e Taylor 1999), em particular Unionoida (Lydeard et al. 2004; Strayer et al. 2004), por diversas causas, como a alteração e poluição dos ambientes límnicos, o assoreamento e a introdução de espécies exóticas.

Na secção de Invertebrados Aquáticos do Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção do Brasil constam 26 espécies de bivalves límnicos ameaçados para o Brasil, incluindo dez espécies de *Diplodon*: *Diplodon caipira* (Ihering, 1893), *Diplodon dunkerianus* (Lea, 1856), *Diplodon expansus* (Küster, 1856), *Diplodon fontainianus* Orbigny,1835, *Diplodon greeffeanus* (Ihering, 1893), *Diplodon iheringi* (Simpson, 1900), *Diplodon koseritzi* (Clessin, 1888), *D. martensi*, *Diplodon pfeifferi* (Dunker, 1848) e *Diplodon rotundus* Wagner, 1827 (Amaral et al. 2008). Dentre as ameaças, os autores apontaram a construção de barragens e hidrelétricas, além da introdução de espécies exóticas.

Desta forma, podemos estar perdendo parte importante de nossa fauna sem ao menos conhecê-la, já que a perda de espécies tem sido mais acelerada que o estudo das mesmas, o que ressalta a importância das pesquisas sobre os bivalves nativos de água doce.

O manejo eficaz e a conservação de bivalves de água doce dependem de informações precisas sobre a idade e crescimento, os quais são componentes da viabilidade populacional. Os estudos populacionais, além de fornecer dados para

entender a biologia das espécies, possibilitam contribuir para a elaboração de estratégias de conservação apropriadas para esses bivalves.

Optamos por estudar essa espécie na lagoa dos Caiçaras por ser uma lagoa onde não ocorre outras espécies de bivalves, nem nativos e nem exóticos, influenciando na densidade, mortalidade e sobrevivência de *D. ellipticus*, além desta ser uma espécie que carece de estudos ecológicos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Contribuir para o conhecimento sobre os bivalves límnicos nativos do gênero *Diplodon*, através do estudo da conquiliomorfologia, dinâmica populacional e ciclo reprodutivo de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro.

2.2 Objetivos específicos

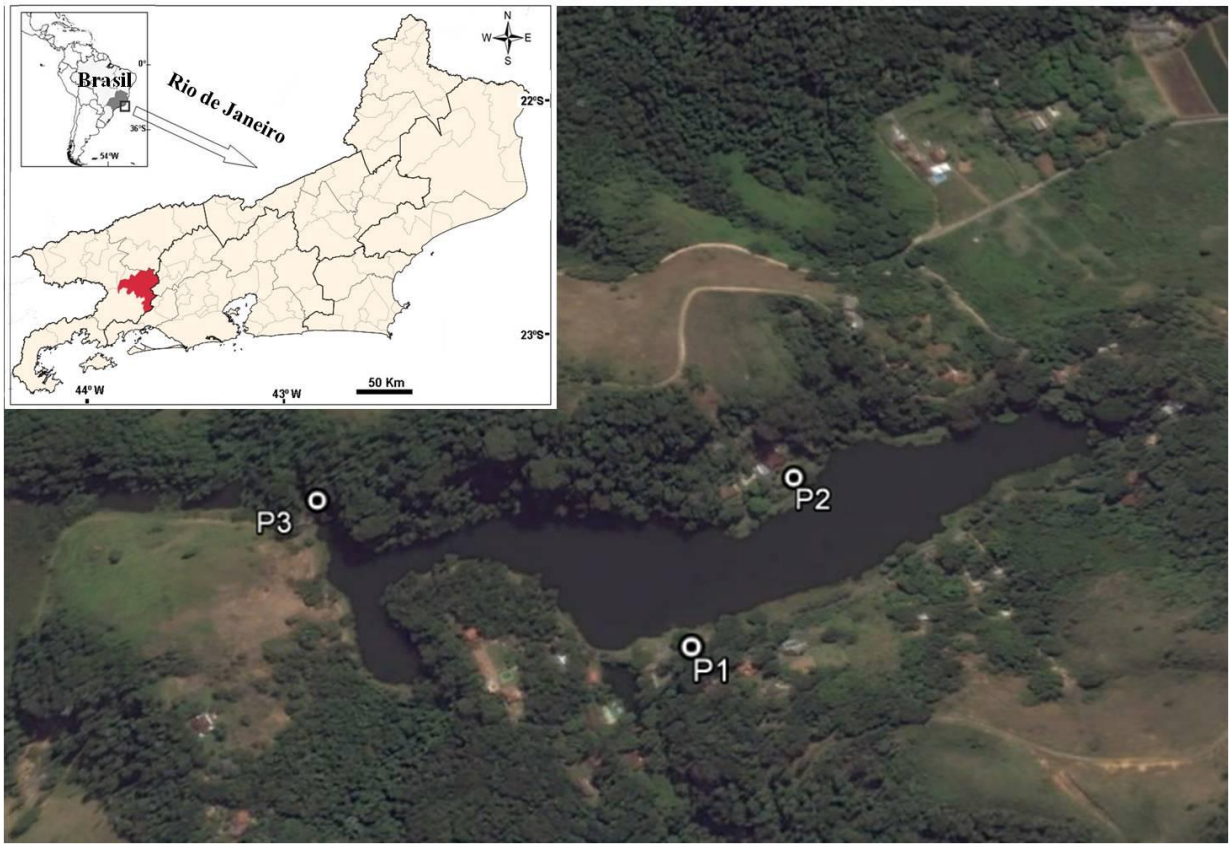
Caracterização morfológica da concha e do gloquídio;
Caracterização da estrutura de comprimento da população;
Estimativas do crescimento pelo método de marcação e recaptura e de distribuição de frequências;
Determinação da mortalidade e da expectativa de vida;
Caracterização da relação peso x comprimento;
Análise do ciclo larval no bivalve adulto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A lagoa dos Caiçaras está localizada no bairro Caiçara, no município de Piraí, Rio de Janeiro, Brasil (Figura 8). Com uma área aproximada de 50.000 m^2, a lagoa é circundada por vegetação composta principalmente por quaresmas, espatódeas, amendoeiras, pinheiros entre outras espécies, além de remanescentes da Floresta Atlântica (Portal Piraí 2014). As margens encontram-se alteradas, com uma estrada que circunda toda a lagoa e em seu entorno existem algumas casas.

Figura 8- Mapa mostrando a localização da lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil.



Legenda: Mapa do Rio de Janeiro com o município de Piraí em vermelho. P1 - Ponto de coleta 1 (S22°39'33,2"; O43°50'54,8"); P2 - Ponto de coleta 2 (S22°39'27,3"; O 43°50'47,1"); P3 - Ponto de coleta 3 (S22°39'29,9"; O43°51'03,9"). Imagem de fundo - Retirada do Google Earth.
Fonte: Presente trabalho (2015).

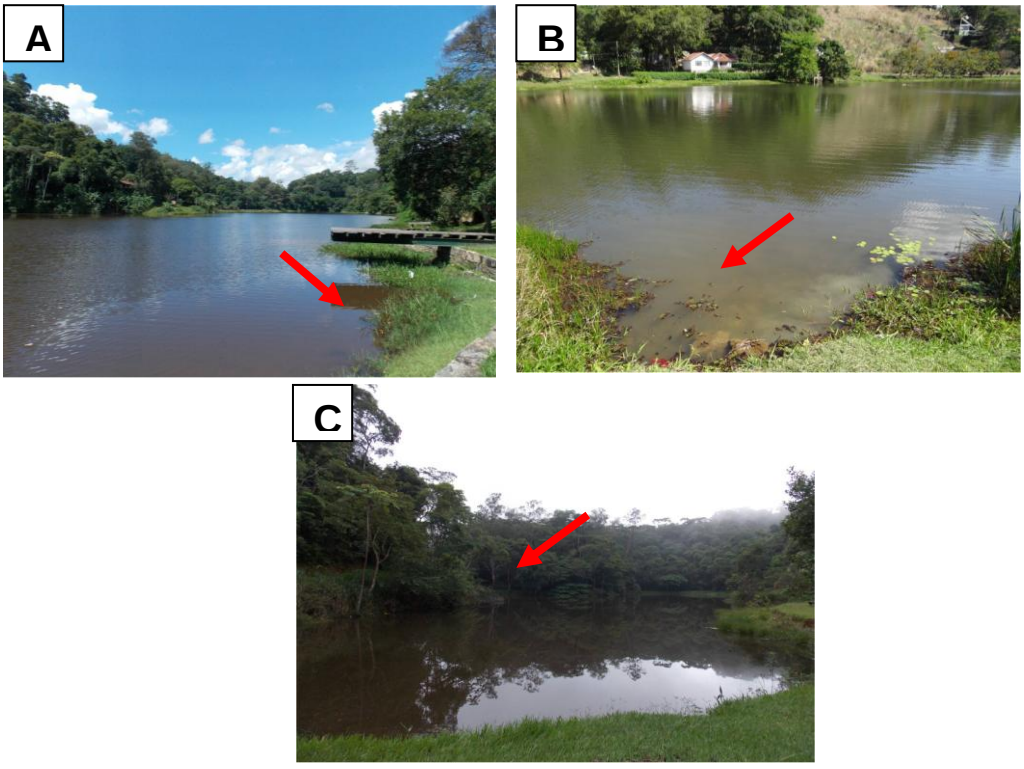
A lagoa está inserida no Parque Municipal Caiçara e é uma área muito utilizada na pesca e lazer pela população local e por visitantes. Pertence a Região Hidrográfica do Guandu, RH II, segundo o INEA (2008) e aparentemente não se comunica com nenhum rio nem com o complexo de Ribeirão das Lajes (observação pessoal). Um dos fatos que pode comprovar isso é a inexistência de outros bivalves na lagoa, tais como *Anodontites* e *Corbicula*, os quais estão amplamente difundidos em Ribeirão das Lajes. Acredita-se que a lagoa foi no passado um meandro de um rio que secou ou, como alguns moradores afirmam, um lago artificial sustentado pelo acúmulo de água de chuva.

3.2 Metodologia de coleta

3.2.1 Amostragem

As amostragens foram realizadas em três pontos da lagoa (Figura 9) por meio de coletas mensais entre novembro/2012 a novembro/2013.

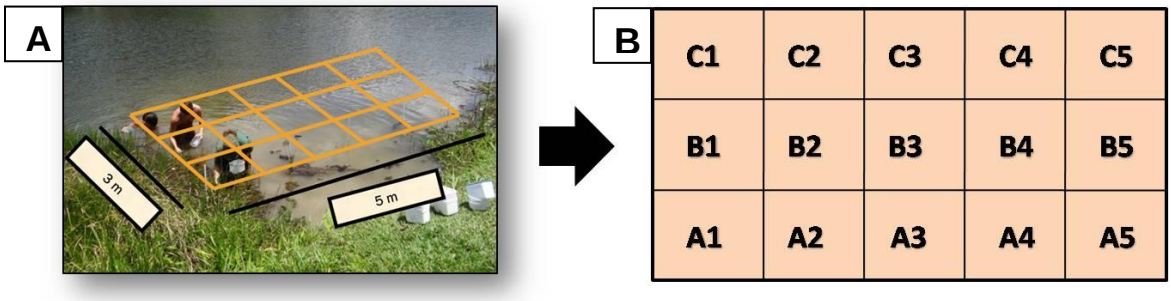
Figura 9- Pontos de coleta na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil.



Legenda: A – Ponto de coleta 1; B – Ponto de coleta 2; C – Ponto de coleta 3. As setas vermelhas indicam o local de coleta. .
Fonte: Fotos A e B - R. F. Ximenes; C - R. Rosa; Presente trabalho (2015).

Uma vez que Miyahira (2014) relatou que *D. ellipticus* é usualmente coletado perto das margens, foi delimitada a área de estudo na margem (Figura 10A). Em cada ponto, foi demarcada uma área de *15* m^2, a qual foi dividida em três transectos paralelos de cinco metros cada, distando um metro entre si e subdivididos em cinco subáreas cada (Figura 10B). Três pessoas procuraram os bivalves nesses três transectos com o mesmo esforço amostral, tateando o substrato com pés e mãos, por três minutos/coletor/subárea, totalizando 15 minutos/coletor/ponto.

Figura 10- Esquema com a área e as subáreas de coleta na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil.

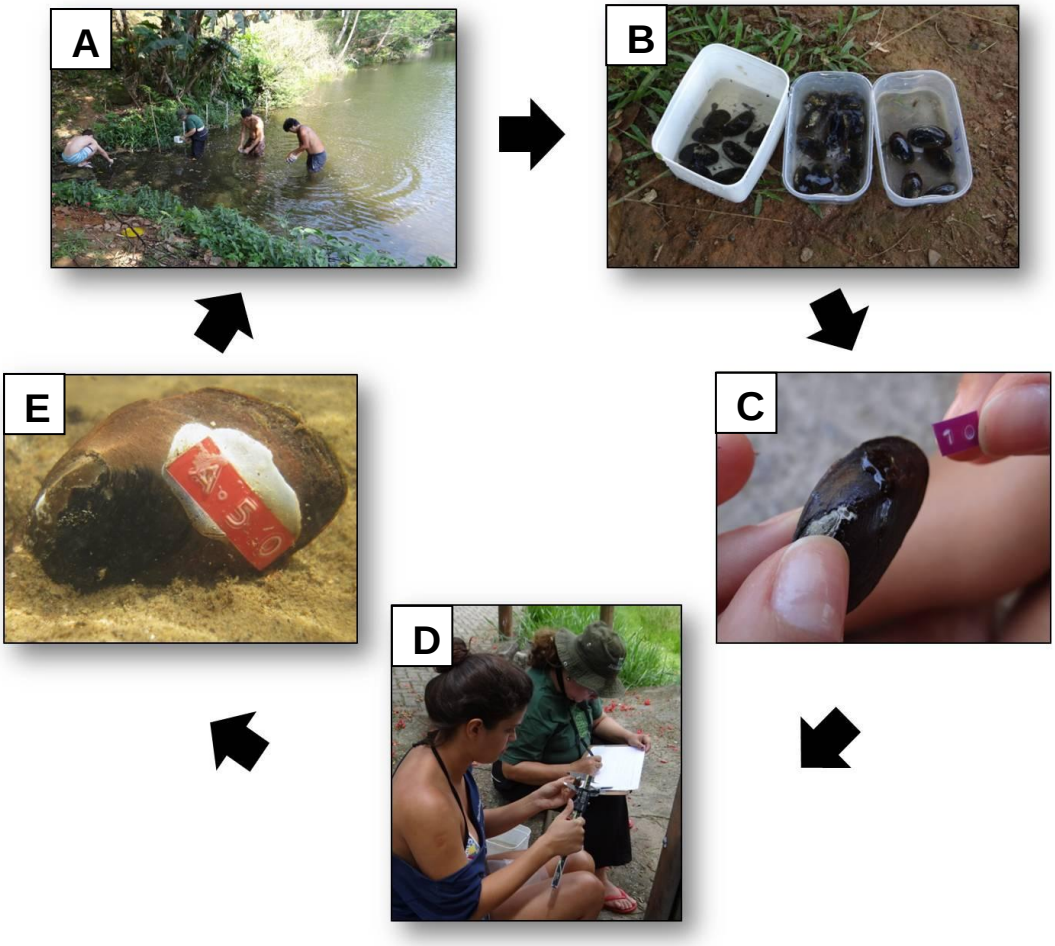


Legenda: A – Ponto 2 e a área de coleta de *15* m^2, subdividida em subáreas de *1* m^2; B - esquema da área de coleta, mostrando a notação utilizada para indicar cada sub-área.
Fonte: Foto V. Fontoura-da-Silva e presente trabalho (2015).

Apesar de estabelecermos três pontos de coleta e, em cada ponto, 15 subáreas, analisamos os dados de forma global. Os indivíduos coletados em cada sub-área foram acondicionados em potes com água da lagoa previamente identificados (Figura 11A,B). Em seguida, após secar as conchas, foram marcados na região posterior com etiquetas de vinil numeradas e cola Epoxi Araldite-10 minutos. A etiqueta foi aderida na parte posterior da concha por ser a área que sofre menor abrasão com o enterramento do bivalve no substrato (Figura 11C). Após a secagem da cola, todos os animais capturados pela primeira vez foram mensurados com paquímetro, obtendo-se o comprimento maior (C) (Figura 11D). Em seguida, foram devolvidos à lagoa na mesma subárea onde foram coletados, para garantir a manutenção da estrutura da população (Figura 11E).

Nos meses subsequentes, os indivíduos recapturados foram mensurados em relação ao C para análise do comprimento mensal através das metodologias de distribuição de frequências e marcação e recaptura e, também, para análise da estrutura de comprimento da população. Os indivíduos novos, ou seja, que não apresentavam marcação prévia foram etiquetados e medidos, como descrito acima

Figura 11- Etapas da coleta e marcação de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.



Legenda: A – Coleta dos bivalves; B - Bivalves separados por subárea de coleta; C - Bivalves sendo marcados com etiqueta de vinil e cola Epoxi; D - Medidas aferidas de cada indivíduo marcado e as anotações realizadas; E - Devolução à lagoa.
Fonte: Fotos de L.S.Souza (B,D), I.C.Miyahira (E), L.E.M. Lacerda(A,C). Presente trabalho (2015).

Para análise dos aspectos conquiliomorfológicos e do ciclo reprodutivo, coletou-se mensalmente, durante 25 meses (novembro de 2012 a novembro de 2014), 15 exemplares de *D. ellipticus* com auxílio de mãos e pés, numa área afastada dos três pontos de coleta. Os indivíduos foram levados ao laboratório em sacos zip sem água para análises do peso (julho de 2013 a novembro de 2014) e da demibrânquia.

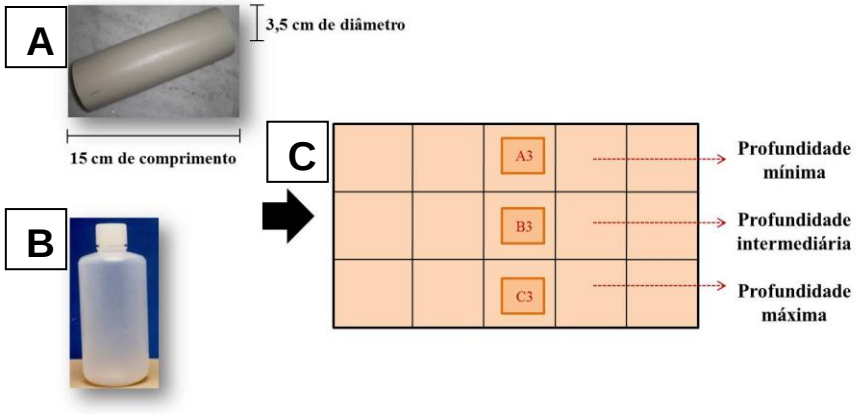
3.2.2 Caracterização do ambiente

Paralelamente a coleta de bivalves, foram recolhidas informações mensais sobre os parâmetros físico-químicos em cada um dos três pontos da lagoa, tais como condutividade (condutivímetro Thermo mod. RL060C), temperatura da água (termômetro Incoterm), temperatura e umidade do ambiente (Termo-higrômetro Incoterm) e pH (pHmetro Analyser 2A13). O oxigênio dissolvido (Instrutherm MO-910) foi medido a partir do mês junho de 2013.

A granulometria e o teor de matéria orgânica também foram amostrados em um mês de cada estação, seca (agosto de 2013) e chuvosa (dezembro de 2013). Utilizou-se um corer de 3,5cm de diâmetro e 15 cm de profundidade para retirar o sedimento de três subáreas de cada ponto de coleta da lagoa (maior profundidade, profundidade média e profundidade máxima) (Figura 12A). Cada amostra de sedimento foi acondicionada em sacos plásticos previamente identificados e posteriormente congeladas.

A análise do nitrogênio total e fósforo total foi realizada na estação seca (julho de 2013) e na estação chuvosa (março de 2014). Utilizou-se duas garrafas de 250 mL esterilizadas por ponto (Figura12B), com réplicas um e dois, totalizando doze/garrafas/coleta.

Figura 12- Aparatos e esquema da área de coleta de sedimento e de água na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil.



Legenda: A – Corer para retirada de sedimento; B – Garrafa utilizada na coleta de água; C - Esquema de coleta nas subáreas A3, B3 e C3.
Fonte: Presente trabalho (2015).

3.3 Procedimentos de laboratório

3.3.1 Primeiros procedimentos

No Laboratório de Malacologia Límnica e Terrestre da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), os exemplares destinados às análises conquiliomorfológicas, relação peso-comprimento e ciclo larval foram anestesiados individualmente com cristais de mentol por 12h, utilizando água da lagoa (Figura 13A). Convém ressaltar que geralmente os moluscos eliminam as larvas devido a ação do anestésico, como visto por Mansur e Campos-Velho (1990); por isso, após o tempo de anestesia, foi utilizado um microscópio estereoscópico para análise da água onde cada indivíduo foi anestesiado em busca de possíveis gloquídios eliminados.

Para análise da relação peso-comprimento mediu-se o comprimento maior (C) e aferiu-se o peso total (PT) (parte mole mais concha) e o peso úmido (PU) (parte mole) em balança analítica (Figura 13B).

Todos os bivalves tiveram suas demibrânquias internas inspecionadas para análise do ciclo larval através da abertura das valvas de cada indivíduo com um estilete para desprender a parte mole aderida à concha (borda do manto e músculos) (Figura 13C, D e E).

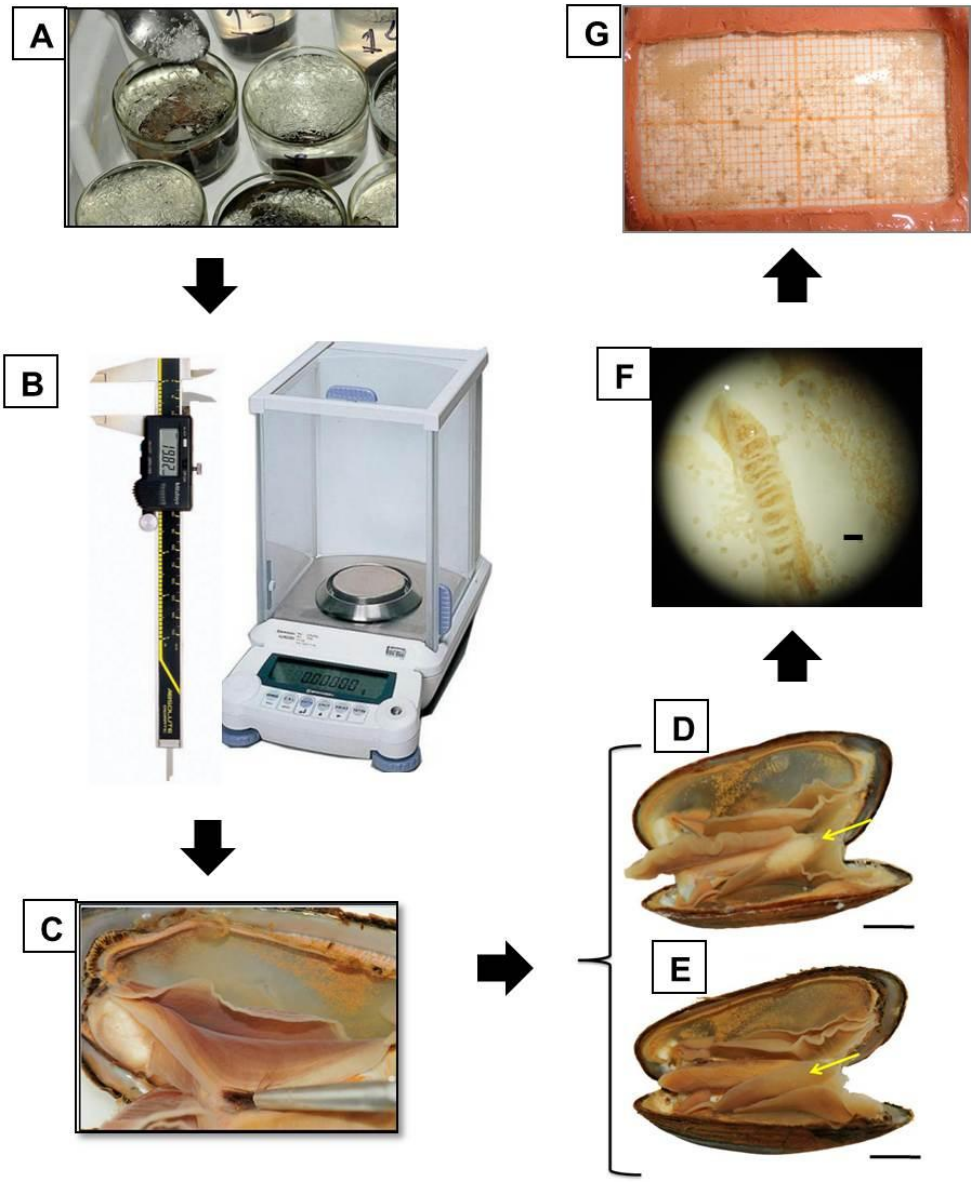
Os indivíduos grávidos foram separados em duas categorias de acordo com os estágios larvais: I - grávidos com ovos e II - grávidos com gloquídios maduros. Em caso de gravidez de gloquídios, a demibrânquia interna direita foi retirada, mensurada em relação ao comprimento do marsúpio (CTM). Foram retiradas sempre brânquias do mesmo lado como forma de padronizar o estudo e torná-lo comparável.

Os gloquídios maduros foram separados da demibrânquia (Figura 13F) com auxílio de estilete e pinças e contados para estimativa do número de larvas por mês. O microscópio estereoscópico e uma placa de Petri milimetrada adaptada com 32 quadrículas de 5 mm (Figura 13G) foram utilizados na contagem, acrescentando-se 20 ml de água destilada para homogeneizar a distribuição de gloquídios na placa, segundo a metodologia de Beasley et al. (2003) com algumas modificações, como descrito abaixo.

Foram selecionadas aleatoriamente 20 quadrículas e o número de gloquídios dentro de cada quadrícula foi contado. Após cada contagem, a mistura de gloquídios e água foi homogeneizada pois os gloquídios apresentam uma tendência em se aglomerar depois

de um tempo. O número médio de gloquídios por quadrícula foi calculado e o número total de gloquídios foi estimado através da multiplicação da média por 32, número total de quadrículas na placa. Os gloquídios foram armazenados em microtubos etiquetado contendo álcool 70º para preservação.

Figura 13 – Procedimentos de laboratório pós-coleta de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil.



Legenda: A - Bivalves anestesiando em potes individualizados com mentol; B - Paquímetro para medidas e balança para pesar os bivalves; C - Análise das demibrânquias internas; D – Bivalve grávido com ovos (seta amarela) (1 cm); E - Bivalve não grávido (seta amarela) (escala: 1 cm); F - Corte transversal na demibrânquia direita (escala: 1 mm); G – Quadrículas de 5 mm para contagem de gloquídios por demibrânquia.
Fonte: Fotos de M.R. Salgado e presente trabalho (2015).

Após descongelar os sedimentos no laboratório de Ecologia Marinha (ECOMAR) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), cada amostra foi colocada em uma placa de Petri devidamente identificada. Posteriormente, as amostras foram secas em uma estufa a 70ºC por 12h. Passado este tempo, 100g de substrato de cada placa de Petri foram pesados numa balança analítica de precisão e agitados em um agitador de peneiras, uma amostra de cada vez, por 20 minutos com as seguintes malhas: 3350mm, 1700mm, 850mm, 600mm, 425mm, 300mm, 212mm, 150mm, 106mm, 750mm e 53mm, de acordo com a metodologia de Folk e Ward (1957). O substrato retido nas malhas de cada uma das onze peneiras foi pesado e os valores foram anotados para posteriormente serem lançados no programa GRADISTAT Excel (Blott e Pye 2001), onde a média do tamanho das partículas foi calculada.

Para análise do teor de matéria orgânica, pesou-se, em balança analítica de precisão, 10g de substrato que, posteriormente, foram acondicionados em cadinhos numa mufla a 600ºC por 2h. Após esse tempo, uma nova pesagem do substrato foi realizada. A diferença entre as duas pesagens representou a matéria orgânica do substrato.

As amostras de água foram processadas pelo Laboratório de Hidrobiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Os nutrientes fósforo e nitrogênio totais foram obtidos pela análise de alíquotas de amostra que não sofreram filtração (Paranhos 1996).

3.3.2 Caracterização morfológica da concha e do gloquídio

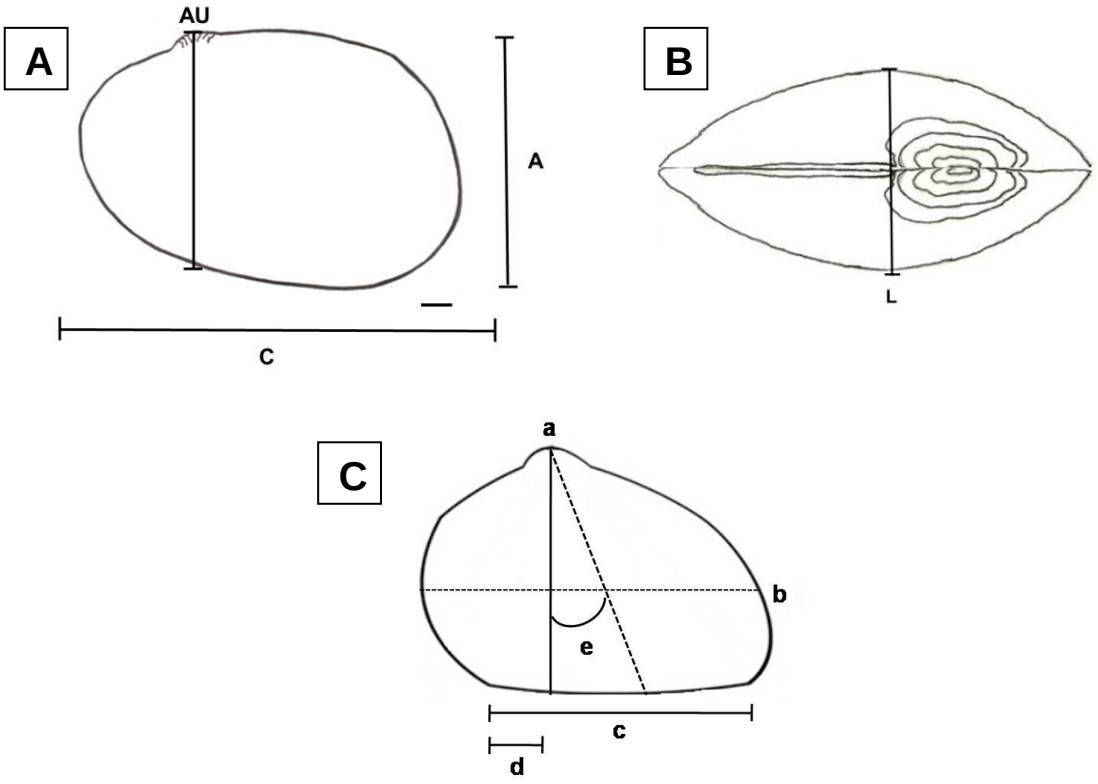
Com as conchas dos indivíduos coletados, além do C, foram aferidas em relação a altura maior (A), altura no umbo (AU) e largura (L) (Figura 14A,B). As observações sobre a região umbonal foram realizadas em exemplares jovens pois na maioria dos adultos ocorre o desgaste dessa região.

A limpeza e preparação dos gloquídios para montagem de lâminas permanentes e microscopia eletrônica de varredura (MEV) seguiram a metodologia de Mansur e Campos-Velho (1990) e Pimpão et al. (2012), como descrito em seguida. Após a anestesia e retirada dos gloquídios das brânquias, os mesmos foram transferidos para um tubo de ensaio, onde acrescentou-se oito gotas de hipoclorito de sódio (5% NaClO) para 10 mL de água destilada, durante cinco minutos, para remoção dos tecidos. A lavagem do material e a desidratação por uma série crescente de álcool etílico (50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 96%) foram realizadas, seguidas de dois banhos de álcool

isopropílico. Os gloquídios foram pipetados em lâminas, as quais foram montadas com Entelan e cobertas com lamínulas.

Após a montagem das lâminas permanentes, as valvas gloquidiais em máxima horizontalidade e com o contorno em foco foram selecionadas e desenhadas em microscópio Olympus BX41 com câmara clara. Posteriormente, as seguintes medidas foram tomadas em cada gloquídio: (a) altura, (b) comprimento maior, (c) comprimento da linha dorsal, (d) deslocamento do ponto ventral em relação ao meio da charneira e (e) ângulo de obliquidade, que é medido entre a reta que une a ponta ventral ao meio da linha dorsal e a perpendicular que sai desta linha em direção à ponta ventral (Alvarenga 1978; Mansur e Campos-Velho 1990) (Figura 14C).

Figura 14 - Medidas usadas na caracterização das conchas e gloquídios de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827.



Legenda: A e B - Medidas da concha do adulto: (A) altura no umbo, (A) altura maior, (C) Comprimento maior; largura da concha (L); (C) – Medidas do gloquídio: (a) altura, (b) comprimento maior, (c) comprimento da linha dorsal, (d) deslocamento do ponto ventral em relação ao meio da charneira e (e) ângulo de obliquidade. Escala = 1cm.
Fonte: A e B - Presente trabalho (2015); C - modificado de Pimpão et al. (2012).

Para a análise por microscopia eletrônica de varredura, algumas valvas gloquidiais foram colocadas para secar em papel filtro. Quando as mesmas secaram, foram fixadas em fitade carbono cortados no tamanho adequado para servir nos *stubs*. Os processos de metalização com ouro e fotografia seguiram a metodologia convencional de microscopia de varredura.

3.4 Análises dos dados

3.4.1 Estrutura de comprimento da população e crescimento por distribuição de frequências (Método indireto)

Todos os indivíduos coletados em uma determinada coleta, independente de estarem ou não marcados, foram agrupados em classes de comprimento com intervalo de 2,0 mm, para caracterização da estrutura de comprimento da população e para a realização dos cálculos de distribuição de frequências de comprimento mensal. O limite mínimo de comprimento foi definido na classe de 10 mm e o limite máximo de comprimento na classe de 64 mm.

Os parâmetros da curva de crescimento foram estimados por meio da rotina ELEFAN I no programa FISAT, que adota o modelo de von Bertalanffy modificado com oscilação sazonal (Gayanilo et al. 1996), como mostra a equação : $\mathbf{L_t = L_\infty\,[1\text{-}e^{[-K\,(t\text{-}to)\,+\,(KC/2\pi)\,sin2\pi\,(t\text{-}WP)\,-\,(KC/2\pi)\,sin2\pi\,(to\,\text{-}WP)]}]}$, onde *Lt* é o comprimento na idade *t*, L_∞ = comprimento máximo teórico alcançado; *K* = parâmetro de curvatura; *C* = constante de amplitude da oscilação sazonal no crescimento**;** t_0= idade teórica no comprimento zero e *WP* = período de redução do crescimento (Pauly 1984).

3.4.2 Crescimento por marcação e recaptura (Método direto)

Inicialmente, foi construída uma tabela com o comprimento maior da primeira captura (L_1) e das recapturas subsequentes (L_2). O intervalo de tempo ($T_2 - T_1$) entre a captura e a recaptura do individuo foi registrado. A taxa de crescimento foi calculada a partir do intervalo de tempo entre duas capturas consecutivas.

O crescimento individual através do método direto é descrito pelo modelo de von Bertalanffy com os parâmetros $\boldsymbol{L_\infty}$ (L assintótico = comprimento máximo teórico

alcançado) e *K* (parâmetro de curvatura) sendo estimados através do método de Gulland e Holt (1959), que é utilizado para interpretar dados com intervalos de tempo variáveis entre as amostras (King 1995). Esse método consiste em uma regressão linear simples entre a taxa de crescimento e o comprimento médio da concha, com os parâmetros sendo descritos como se segue: $K = -b$ (coeficiente angular da reta); $\boldsymbol{L_\infty} = -a/b$ (a = intercepto no eixo Y) e usando-se a fórmula **(L2 - L1)/(t2 – t1) = a + b[(L2 + L1)/2].**

Para fins comparativos entre as metodologias de marcação e recaptura e distribuição de frequências, o índice do crescimento (phi prima = ϕ') foi calculado pela seguinte fórmula: $\boldsymbol{\phi' = 2\ \log10(L_\infty) + \log10(K)}$ (Pauly e Munro 1984). Este índice é empregado como medida de desempenho global do crescimento**.**

A taxa de crescimento também foi calculada a partir da equação $TC = K\ (L_\infty - L_t)$, onde L_∞ e *K* são parâmetros de crescimento de von Bertalanffy e L_t é o comprimento encontrado com mais frequência na população.

A idade foi calculada para as médias das respectivas classes de comprimento (média: 11, 13, 15,...,59, 61, 63 mm) e foi obtida após a designação dos parâmetros populacionais aplicados na equação de von Bertalanffy. A partir desse resultado, foi construído o gráfico da relação idade-comprimento pelos dois métodos.

3.4.3 Mortalidade e Expectativa de vida

Em ambos os métodos, a taxa de mortalidade instantânea (Z) foi calculada pelo método da curva de captura convertida em comprimento (Pauly et al. 1995), disponível na extensão ELEFAN do programa FISAT (Gayanilo et al. 2005). O valor de Z foi estimado segundo a fórmula: **ln(N) = g – Z*t**, onde *N* corresponde ao número de indivíduos, *g* é o intercepto da regressão, *Z*, em módulo, é a taxa de mortalidade instantânea, e t é a idade estimada para cada coorte.

A mortalidade anual (A) foi calculada com base no valor de Z (Ricker 1975), segundo a equação $\mathbf{A = 1 - e^{-Z}}$.

Para a expectativa de vida utilizou-se a equação invertida de von Bertalanffy (King 1995), com base no maior comprimento que representa 99% da população, L99% (Cardoso e Veloso 1996).

3.4.4 Relação peso-comprimento

A relação entre comprimento maior da concha (C) e o peso total do indivíduo (PT) foi determinada por meio do modelo linear, com os dados convertidos em logaritmo natural na equação **lnPT = loga + b lnC**, onde *PT* é o peso total do indivíduo (g); *C* é o comprimento maior da concha (mm); *a* é o intercepto e *b* é o coeficiente angular da reta.

A relação entre comprimento maior da concha e o peso úmido também foi medida pelo mesmo método, de acordo com a seguinte fórmula **lnPU = loga + b lnC**, onde *PU* é o peso úmido do indivíduo (g); *C* é o comprimento maior da concha (mm *a* é o intercepto e *b* é o coeficiente angular da reta.

3.4.5 Análise do ciclo larval

A relação entre a temperatura da água no ambiente e o estádio de liberação dos gloquídios foi analisada.

A relação entre o tamanho da ninhada de indivíduos grávidos com gloquídios maduros e o comprimento do marsúpio (CM) foi testada através de uma regressão linear simples.

Para essas duas análises foi utilizado o programa estatístico Systat 12.

O material coletado será depositado na Coleção de Moluscos da UERJ (Col.Mol.UERJ), no Museu Nacional do Rio de Janeiro da UFRJ (MNRJ) e no Museu de Zoologia da USP (MZSP).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do ambiente

A presença e o sucesso de um organismo ou de um conjunto de organismos no ambiente dependem de um complexo de fatores ambientais, os quais podem determinar as condições de existência para os seres vivos, bem como influenciar na sua distribuição e no seu comportamento (Townsend et al. 2010).

A predominância de características lênticas do ambiente pode ter atuado de forma positiva para o sucesso no estabelecimento da população de *D. ellipticus* no local estudado, contribuindo para a manutenção da distribuição agregada, característica do gênero que favorece o sucesso reprodutivo em época de desova (Amyot e Downing 1988). Esse padrão foi observado também por Lara e Parada (2008) para *D. chilensis*, Henry e Simão (1984) para *D. delontus expansus*, e Meyer et al. (2010) para *D. expansus*.

Em agosto de 2013, o tamanho médio do grão variou de 3,8 mm a 6,87 mm. Os grãos maiores e cascalhos (>74%) e grãos médios e finos (>10%) caracterizaram o substrato apesar de, em alguns pontos, o substrato se tornar mais arenoso ou argiloso. A matéria orgânica variou de 0,131g (1,23%) a 0,804g (7,5%).

Em dezembro de 2013, o tamanho médio do grão variou de 3,68 mm a 6,94 mm. O substrato foi caracterizado principalmente por grãos maiores e cascalhos em todas as subáreas de amostragem (>70%), seguidos de grãos médios e finos (>20%) e areia (>9%). A matéria orgânica variou de 0,136g (1,29%) a 1,01g (9,21%).

Quando analisamos o tipo de sedimento e o tamanho dos grãos presentes na lagoa dos Caiçaras percebemos que predominam os cascalhos e areia grossa, assim como visto por Bonetto e Di Persia (1975) no ambiente de *Diplodon parallelopipedon* na Argentina. Segundo os autores, esse padrão de sedimento é próprio de águas lênticas. Também encontramos algumas subáreas compostas por grãos médios e finos e areia. Esse padrão foi diferente na lagoa de Juturnaíba, com grãos de areia fina, argila e sapropel predominando no substrato, onde ocorre *D. besckeanus* (Alvarenga 1978).

Alvarenga e Ricci (1981) apontaram que o substrato lodoso-argiloso e arenoso com rochas de diferentes granulometrias não foi determinante para o estabelecimento da população de *D. besckeaunus*. Meyer et al. (2010) relataram a ocorrência de *D.*

expansus para trechos lodosos e arenosos do rio Piraquara, o que demonstra a capacidade de adaptação das espécies do gênero aos diferentes tipos de substrato, como no presente trabalho.

Na tabela 2 são apresentados os resultados da análise de água nos meses de julho de 2013 e março de 2014.

Tabela 2 – Concentração de Fósforo total e Nitrogênio total na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, nos meses de julho de 2013 e março de 2014.

Julho/13	**Média Fósforo total (mg/L^{-1}) ± DP**	**Média Nitrogênio total (mg/L^{-1}) ± DP**
Ponto1	0,014 ± 0,033	0,512 ± 0,037
Ponto 2	0,020 ± 0,081	0,721 ± 0,041
Ponto 3	0,018 ± 0,076	0,626 ± 0,012
Março/14	**Média Fósforo total (mg/L^{-1}) ± DP**	**Média Nitrogênio total (mg/L^{-1}) ± DP**
Ponto1	0,017 ± 0,073	0,614 ± 0,011
Ponto 2	0,013 ± 0,031	0,473 ± 0,036
Ponto 3	0,012 ± 0,024	0,469 ± 0,012

A avaliação do fósforo presente em ecossitemas aquáticos para estimativa da produtividade primária é indiscutível, uma vez que ele é, na maioria dos ambientes, o fator limitante para este processo. O fósforo precipita, concentrando-se nos sedimentos e pode ser remobilizado em baixas concentrações de oxigênio. Essa fonte interna também pode ter grande influência na produtividade primária de lagos e reservatórios (Reynolds 1978).

A legislação brasileira que define padrões de qualidade das águas (CONAMA 20/86 – Brasil 1986) estabelece como limite superior para o fósforo, a concentração de 0,025 mg/L^{-1} de fósforo total para as águas classes 1, 2 e 3 e para o nitrogênio total os valores não devem ultrapassar 1,27 mg/L^{-1} em ambientes lênticos.

No estudo de Lamparelli (2004) sobre os rios e reservatórios de São Paulo, 50% apresentaram concentrações inferiores ou iguais de fósforo total a 0,05 mg/L^{-1} e 30,4% estavam abaixo ou eram iguais a 0,025 mg/L^{-1}. As concentrações de Fósforo total encontradas na lagoa dos Caiçaras indicam boa qualidade de água de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005 e encontram-se abaixo do valor limite estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005 para ambientes lênticos (0,05 mg/L^{-1} F).

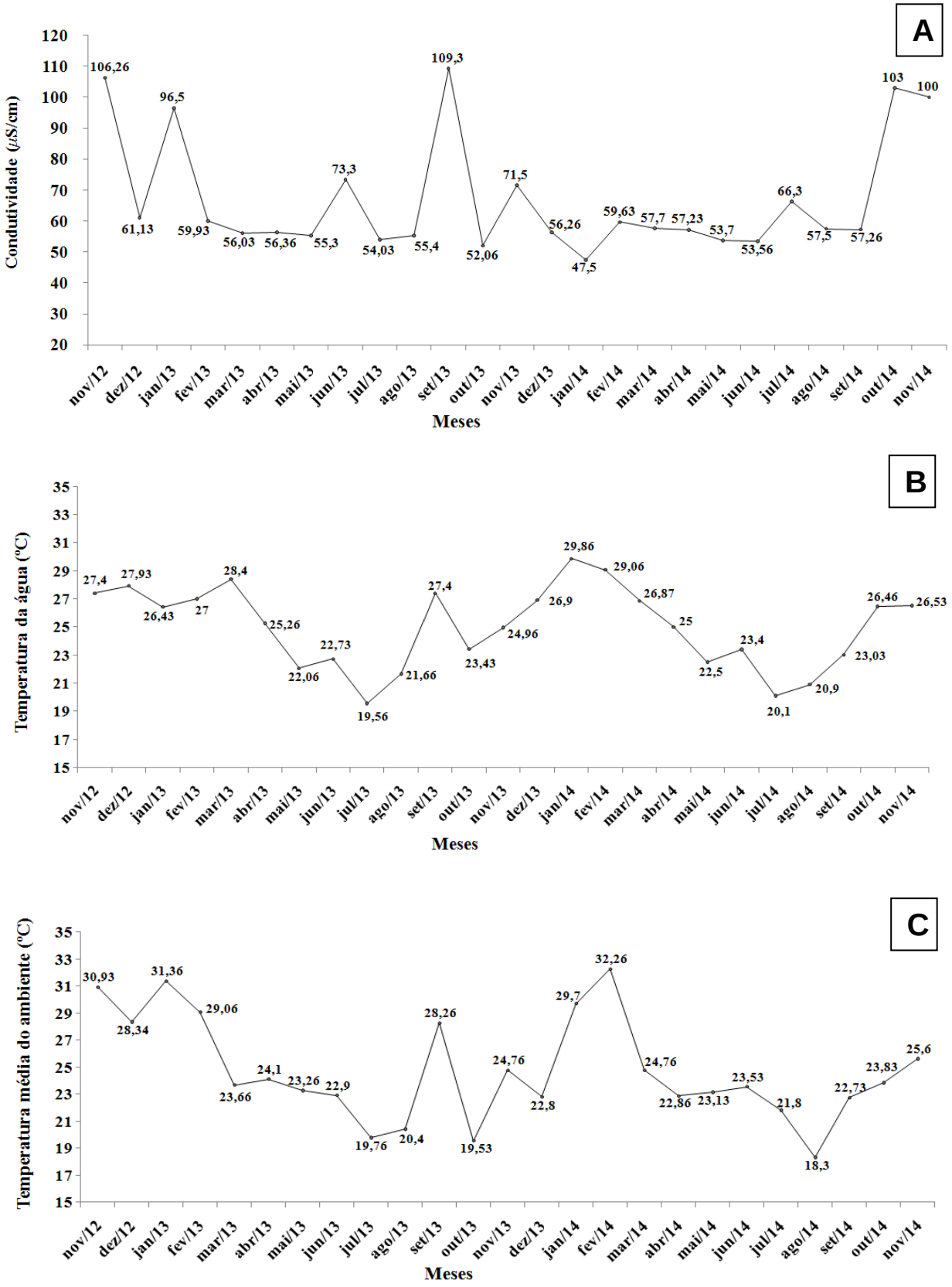
A incorparação das diferentes formas de nitrogênio pelos organismos é necessária para a produção da matéria orgânica, a qual irá, por sua vez, liberar o nitrogênio na forma de amônia. A fixação de nitrogênio é maior em ambientes eutróficos, estando associado a altas concentrações de fósforo (Wetzel 2001). As concentrações de Nitrogênio total encontradas na lagoa dos Caiçaras não ultrapassaram o valor de 1,27 mg/L^{-1} N estabelecido pela Resolução citada acima.

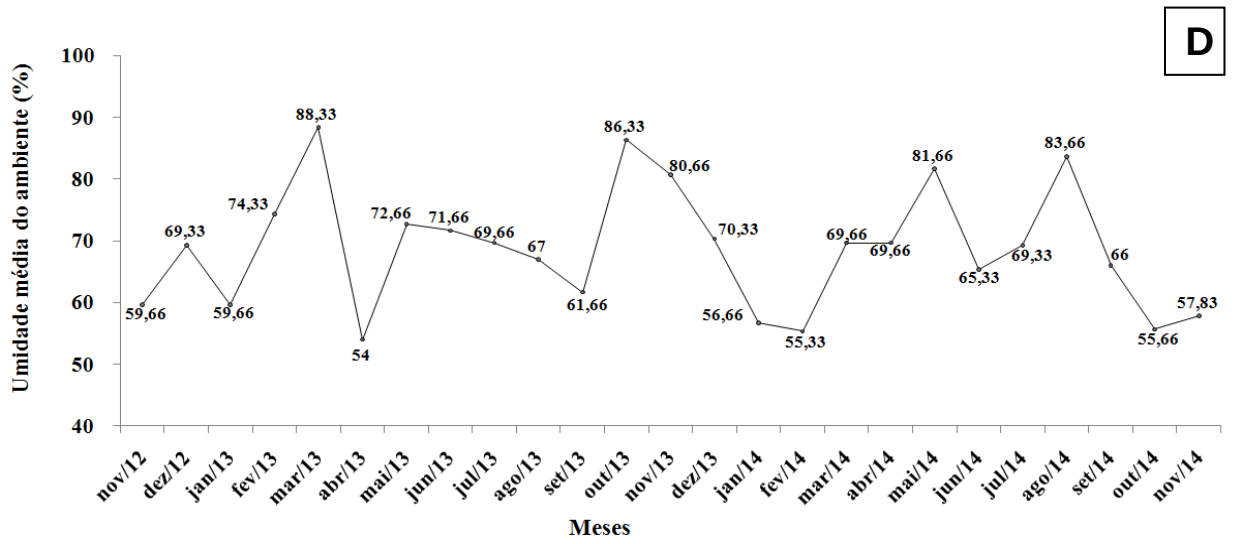
A análise de água na lagoa dos Caiçaras revelou que não existe excesso de material orgânico de fósforo total e nitrogênio total na coluna d'água. Provavelmente, uma parte desse material pode estar sedimentado. Esse pode ser um dos motivos pelo qual a população de *D. ellipticus* consegue ser tão grande na lagoa, pois concentrações muito altas de substâncias orgânicas na água diminuiriam o oxigênio dissolvido, reduzindo a sobrevivência dos bivalves e aumentando a mortalidade. Os altos níveis de poluição são uma das grandes causas da redução do número de indivíduos, que muitas vezes desaparecem de locais impactados, como discutido por Miyahira (2014) e Pereira et al. (2014) para populações de bivalves de água doce.

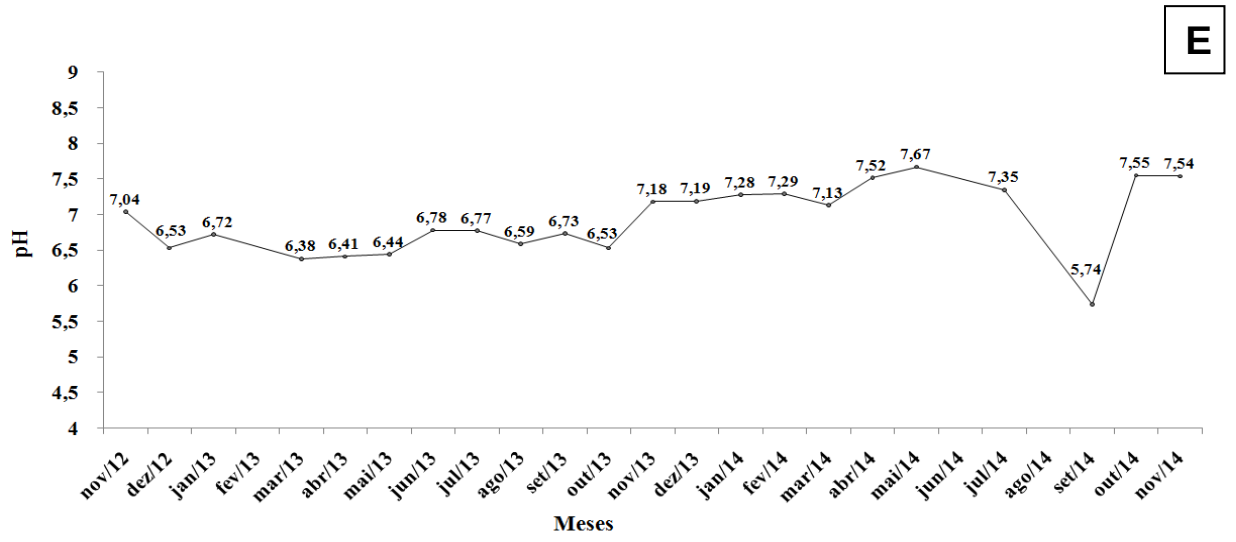
A aparente ausência de fatores limitantes na lagoa dos Caiçaras faz com que este seja um local adequado para o estudo da dinâmica populacional (crescimento, desenvolvimento, reprodução, entre outros) de *D. ellipticus*, assim como foi o reservatório do rio Pardo no estudo de *D. delodontus expansus* (Henry e Simão 1985).

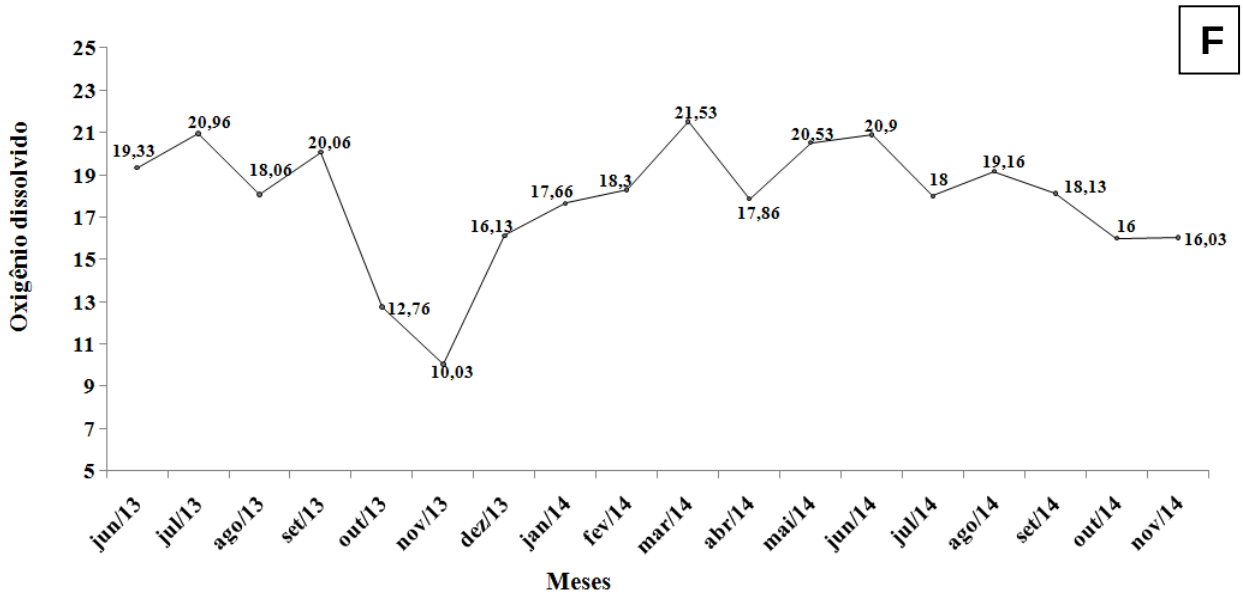
Os valores médios mensais da condutividade, do pH, da temperatura da água, da temperatura e da umidade do ambiente e do oxigênio dissolvido podem ser vistos na figura 15.

Figura 15. Médias dos parâmetros físico-químicos da lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2014.









Legenda: A – Média da condutividade; B – Média da temperatura da água; C – Média da temperatura do ambiente; D – Média da umidade; E - Média do pH; F – Média do oxigênio dissolvido.

Fonte: Presente trabalho (2015).

A condutividade é a expressão numérica da capacidade da água de conduzir a corrente elétrica e normalmente é bem correlacionada com sólidos dissolvidos e com a temperatura da água (Golterman 1975). A condutividade da lagoa dos Caiçaras quase não variou durante os meses, exceto em novembro de 2012, janeiro de 2013, setembro de 2013 e outubro e novembro de 2014, meses de intenso calor. Durante esses meses a água estava mais quente, acarretando em uma maior movimentação dos íons que a compoem, os quais conduzem a corrente elétrica. Consequentemente, os altos valores da condutividade, com relação aos outros períodos, já eram esperados.

A temperatura da água oscilou (19,56 – 29,86 ºC) de acordo com as condições metereológicas do dia da coleta. Se a temperatura do ambiente estava alta a temperatura da água também estava alta e vice-versa. A umidade também oscilou de acordo com os dias de coleta, apresentando maiores valores em dias mais frios.

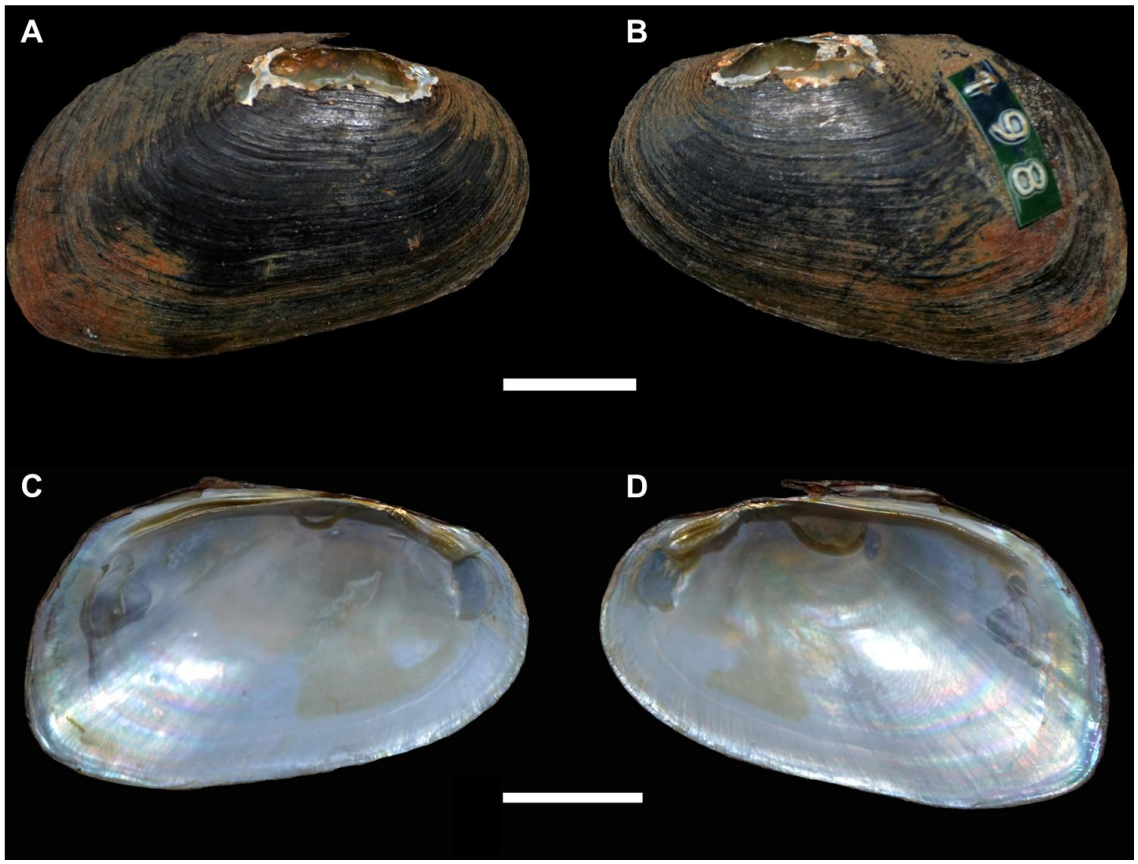
De acordo om a legislação brasileira que define padrões de qualidade das águas (CONAMA 20/86 – Brasil 1986) o pH deve variar entre 6,0 a 9,0, e o pH da lagoa dos Caiçaras se enquadra nesses valores, pois oscilou de 5,74 a 7,67, com média de 6,93. Em setembro de 2014 ocorreu a troca do eletrodo do pHmetro e acreditamos que o mesmo não foi calibrado corretamente por isso o valor do pH foi tão baixo.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos (Esteves 1998). Portanto, estima-se que a solubilidade do O_2 em água, a 25 °C e no nível do mar, seja de 8,6 mg/L^{-1}. A variação de oxigênio dissolvido foi de 10,03 – 21,53 mg/L^{-1} na lagoa dos Caiçaras. Pela Resolução CONAMA 20/86, o oxigênio dissolvido deve apresentar valores superiores a 2,0 mg/L^{-1} assim como visto no nosso estudo. A presenca de fitoplâncton, além da presença de material orgânico provenientes de esgotos, podem consumir o oxigênio dos rios e lagos. Contudo, a lagoa dos Caiçaras não apresentou grandes concentrações de matéria orgânica para deplecionar o oxigênio.

4.2 Caracterização morfológica da concha e do gloquídio

Foram medidas 375 conchas de *D. ellipticus* coletados durante o período de novembro de 2012 a novembro de 2014 (Figura 16). Os valores de média, mínimo, máximo e desvio padrão das medidas das conchas são apresentados na tabela 3.

Figura 16 – Concha de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 procedente da lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil. A etiqueta está colada na valva esquerda.



Legenda: A – Valva direita, vista externa; B - Valva esquerda, vista externa; C - Valva esquerda, vista interna; D - Valva direita, vista interna. Escala: 1cm
Fonte: Presente trabalho (2015).

Tabela 3 - Medidas de comprimento maior, altura maior, altura no umbo e largura, todas em milímetros, das conchas de *Diplodon elipticus* Spix in Wagner, 1827 coletados na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2014 (n = 375).

Medidas (mm)	**Média± DP**	**Mínimo**	**Máximo**
Comprimento maior	44,60 ± 5,22	18,51	62,45
Altura maior	24,41 ± 2,08	10,02	45,82
Altura no umbo	21,85 ± 2,61	8,77	32,29
Largura	14,52 ± 2,35	4,35	20,84

Fonte: Presente trabalho (2015).

O comprimento das conchas de *D. ellipticus* da lagoa dos Caiçaras atingiu tamanhos grandes (>60 mm), contudo não representou a maioria dos exemplares da população, uma vez que apenas cinco exemplares atingiram tamanhos superiores a esse.

As conchas são caracterizadas pelo contorno elíptico-lanceolado; alguns exemplares apresentam forma mais ovóide, com o valor da altura mais próximo ao valor do comprimento. Geralmente é pouco inflada e pouco espessa; a extremidade posterior forma uma aresta situada abaixo da metade da altura maior da concha; perióstraco lustroso com linhas bastante marcadas e coloração do perióstraco variando de marrom claro com tons em cobre, nos exemplares menores, à marrom escuro, nos exemplares de maior comprimento; umbo na altura da charneira ou sobressaindo levemente, sendo a escultura umbonal composta por raios radiais lisos e divergentes. Os raios das extremidades são mais longos, em número de cinco a sete raios anteriores, formando um ou raramente dois "Vs" centrais e cinco a seis raios posteriores. Nácar com coloração que varia de branco a cinza-azulado, predominando os tons azulados; linha palial bem marcada. Dente cardinal espesso em alguns exemplares e dente lateral mais curvado do que retilíneo em ambas as valvas; impressão dos músculos dorsais usualmente em número de três ou quatro, sendo as mais marcadas as do músculo adutor anterior e posterior. A impressão muscular posterior é maior do que a anterior, sendo a anterior a mais marcada. A conquiliomorfologia das conchas procedentes da lagoa dos Caiçaras coincidiu com o descrito por Miyahira (2014) para a espécie.

O tipo de *D. ellipticus* apresenta 48 mm de comprimento, 26 mm de altura e 15 mm de largura segundo os desenhos de Spix in Wagner (1827) e Ihering (1890) e 47,7 mm de comprimento, 25,75 de altura e 15,10 mm de largura segundo Miyahira et al. (2013), que revisaram o material e redescreveram o holótipo.

Para *D. besckeanus* da lagoa de Juturnaíba, um dos sinônimos de *D. ellipticus*, as medidas de comprimento, altura no umbo e altura maior foram 49 mm, 23 mm e 28 mm, respectivamente (Alvarenga 1978). Para *D. ellipticus* do lago artificial em Morretes, Meyer et al. (2014) encontraram variações de 14 mm a 86 mm de comprimento, com tamanho médio de 50 mm. Os exemplares do nosso estudo estão de acordo com as medidas encontradas para os autores supracitados.

Em bivalves de água doce, assim como em outros moluscos, existe uma variabilidade intraespecífica na forma da concha (espessura da concha, comprimento, largura e altura, entre outros) devido as variáveis ambientais (Tevesz e Carter 1980).

Parodiz e Hennings (1965, *apud* Focht e Veitenheimer-Mendes 2001) e Alvarenga e Ricci (1981) perceberam variações morfológicas nas conchas de populações de *Neocorbicula limosa* (Maton, 1811), ressaltando que esta variação é maior quando há uma comparação entre diferentes populações e que os indivíduos dentro de uma mesma população não mostram grande variabilidade. Entretanto, Parodiz (1973) comentou em seu trabalho que nem sempre as variações que ocorrem nos indivíduos se devem às condições do ambiente. Ele enfatizou que a constituição genética também influencia nas características da forma.

Mediu-se 15 gloquídios, pois existem pequenas variações de tamanho entre um e outro. Os valores médios, mínimo, máximo e desvio padrão das medidas gloquidiais seguem na tabela 4.

Tabela 4 - Medidas de altura, comprimento maior, comprimento da linha dorsal, deslocamento do ponto ventral e ângulo de obliqüidade, todas em milímetros, dos gloquídios de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 coletados na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2014 (n = 15).

Medidas (mm)	**Média ± DP**	**Mínimo**	**Máximo**
Altura	0,25 ± 1,39	0,25	0,27
Comprimento maior	0,28 ± 1,55	0,27	0,31
Comprimento da linha dorsal	0,21 ± 0,01	0,19	0,23
Deslocamento do ponto ventral	0,06 ± 0,01	0,05	0,08
Ângulo de obliqüidade	15° ± 0,92	13º	16°

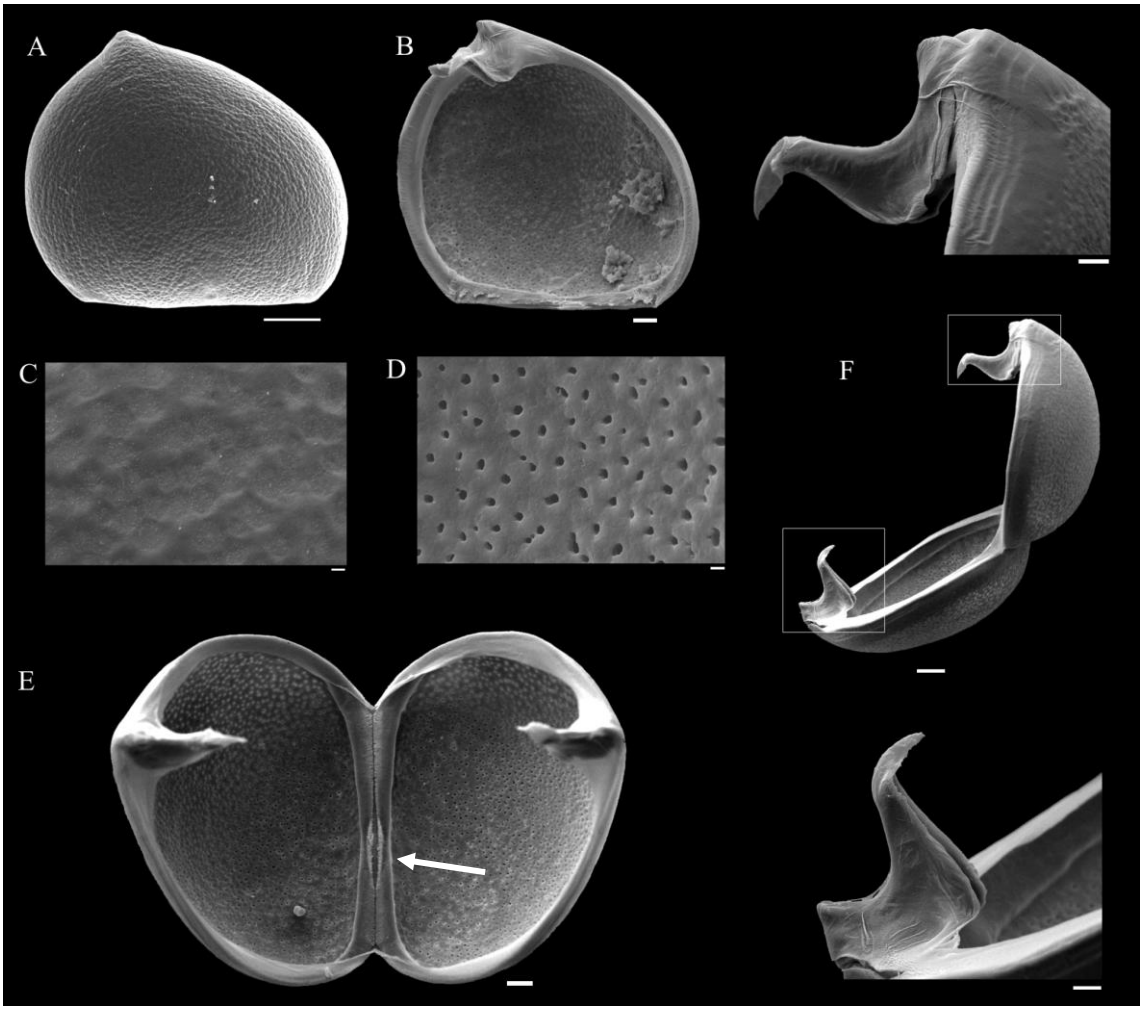
Fonte: Presente trabalho (2015).

A partir da análise das valvas gloquidiais, pode-se perceber que o gloquídio é do tipo parasito, com formato aproximado de um triângulo escaleno, e possui ganchos gloquidiais e protuberância de diferentes tamanhos em cada valva (Figura 17A,B).

Tanto a superfície interna quanto a externa apresentam ondulações. Na região externa há pequenas projeções de formato arredondado (Figura 17C). Na região interna percebe-se a presença de poros que parecem atravessar as conchas gloquidiais (Figura 17D). Os ganchos gloquidiais possuem forma de "S", com três cúspides terminais (central, mais alongada e afilada e, duas laterais reduzidas e juntas na base da central). O gancho é mais

longo na valva direita, e na hora do fechamento, se encaixa por baixo do gancho mais curto, o qual possui um canal ventral (Figura 17F). O início da formação do ligamento já pode ser visto nos gloquídios (Figura 17E). Essa descrição está de acordo com a descrição feita por Miyahira (2014) para a espécie.

Figura 17 - Gloquídio de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827.



Legenda: A - Visão externa do gloquídio (escala: 50 μm) B – Visão interna do gloquídio (escala: 20 μm); C – Ondulações externas das conchas gloquidiais (escala: 2 μm); D – Poros internos das conchas gloquidiais (escala: 2 μm); E – Articulação das valvas gloquidiais com destaque para o início da formação do ligamento (escala: 10 μm). F – Ganchos gloquidiais de ambas as valvas direita e esquerda com protuberância central e lateral (visão geral, escala: - 30 μm; visão ampliada, escala: – 10 μm).
Preparação: I.C. Miyahira e M.C.D. Mansur.
Fonte: Fotos de M. Franklin e presente trabalho (2015).

No gênero *Diplodon* o dente gloquidial dos bivalves é longo, fino e em forma de "S", apresentando cúspides terminais (Mansur e Campos-Velho 1990), exatamente como visto no presente estudo. O contorno do gloquídio de *D. ellipticus* observado neste estudo é similar ao contorno de *Diplodon suavidicus* (Lea, 1856), *Diplodon*

obsolescens e *Diplodon hylaeus* na Amazônia (Pimpão et al. 2012). Bonetto et al. (1986) afirmaram que a conformação de um gloquídio parasito típico do gênero *Diplodon* é notoriamente subtriangular, com longitude de 0,30 mm e altura de 0,25 mm, aproximadamente.

Algumas comparações entre as medidas dos gloquídios encontradas nesse trabalho e no trabalho de outros autores se encontram na tabela 5.

Tabela 5 – Medidas do gloquídio encontradas no nosso estudo e no estudo de outros autores que estudaram o gênero *Diplodon*.

		Espécies				
		Diplodon wagnerianus	***Diplodon delodontus***	***Diplodon besckeanus***	***Diplodon ellipticus***	**Presente estudo**
Medidas (mm)	**Altura**	0,22	0,25-0,26	0,24	0,24	0,25
	Comprimento maior	0,28-0,29	0,30-0,31	0,28	0,27	0,28
	Comprimento da linha dorsal	0,20	-	0,19	0,20	0,21
	Deslocamento do ponto ventral	0,04	-	0,03	0,06	0,06
	Ângulo de obliquidade	14°	-	14°	14°	15°

Fonte: Presente trabalho (2015).

Desta forma, pode-se perceber a similaridade entre as medidas apresentadas neste estudo e nos estudos de Bonetto (1960b, 1961), Bonetto e Mansur (1970), Alvarenga e Ricci (1979a) e Miyahira (2014).

A caracterização conquiliomorfológica da população da lagoa dos Caiçaras foi realizada com o intuito de fazer uma determinação taxonômica correta. As variáveis morfométricas e os caracteres merísticos da concha dos exemplares de *D. ellipticus* foram muito similares as caracterizações de *D. ellipticus* anteriormente realizadas. A morfologia da concha ainda é amplamente utilizada na taxonomia de *Diplodon*, apesar da pouca variabilidade intraespecífica mencionada anteriormente. Dados anatômicos e

moleculares podem e devem ser utilizados na taxonomia do grupo, entretanto o estudo conquiliológico foi capaz de identificar a espécie. A correta determinação taxonômica para grupos ameaçados é de extrema importância a fim de elaborar estratégias de conservação.

4.3 Estrutura de comprimento da população

O somatório total do número de indivíduos capturados por mês foi 6.922 (Tabela 6), que estão distribuídos em 27 classes de comprimento, com amplitude de 2 mm, e com comprimento maior variando de 11,37 mm a 62,49 mm (Figura 18).

Tabela 6 – Número total de indivíduos capturados por mês de coleta, incluindo os bivalves sem marcação prévia (novos) e os recapturados na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.

Meses	**Novos**	**Eventos de recaptura**			
		Ponto 1	**Ponto 2**	**Ponto 3**	**Total**
Nov/12	542	-	-	-	542
Dez/12	436	36	13	25	510
Jan/13	334	42	30	49	455
Fev/13	280	64	27	81	452
Mar/13	220	72	33	120	445
Abr/13	234	74	47	106	461
Mai/13	235	91	73	156	555
Jun/13	241	111	35	194	581
Jul/13	229	148	69	164	610
Ago/13	168	123	46	161	498
Set/13	215	122	80	213	630
Out/13	187	118	80	234	619
Nov/13	153	120	74	217	564
Total	3474	1121	607	1720	6922

Fonte: Presente trabalho (2015).

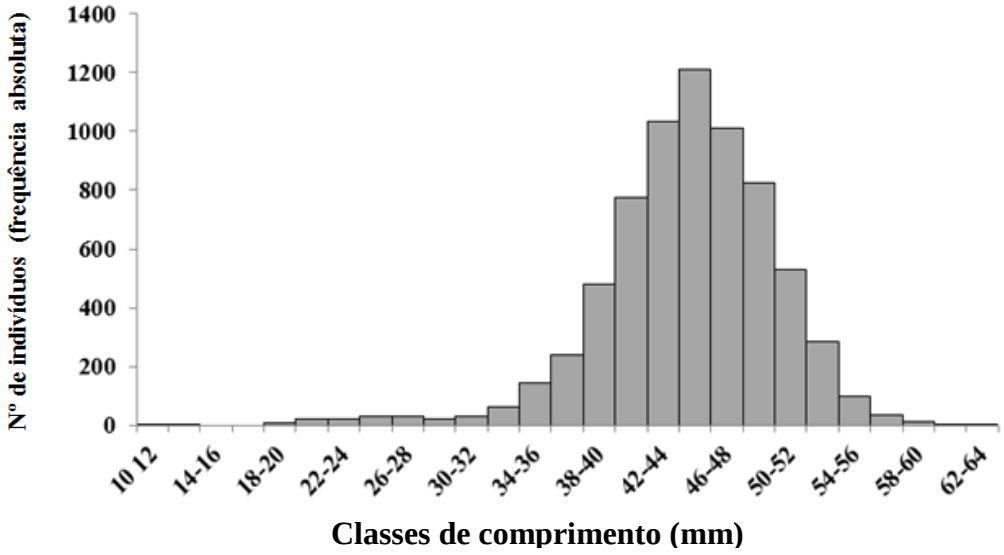
No presente estudo, a classe de tamanho 44-46 mm (classe modal) conteve o maior número de indivíduos (n=1212) e as classes inferiores a 32-34 mm e superiores a 56-58 mm corresponderam às com menor número de indivíduos (Figuras 18 e 19). A faixa na qual a classe modal foi encontrada indica que a população é constituída principalmente por indivíduos de tamanhos intermediários, como já foi observado em outros estudos com populações do mesmo gênero, tais como *D. expansus* (Meyer et al. 2010) e *D. delontus expansus* (Henry e Simão 1984).

Parada et al. (1990) estudaram *D. chilensis* em duas subáreas de um mesmo lago, e em um local encontraram indivíduos com classes de tamanho variando de 15-60 mm e classe modal de 46-50 mm e em outro, indivíduos com comprimento variando de 36-70 mm e classe modal de 16-60 mm. Meyer et al. (2010) encontraram classes de comprimento que variaram de 17-65 mm em uma população de *D. expansus*. Alguns meses mais tarde, as mesmas autoras observaram o tamanho mínimo de 38 mm e máximo de 63 mm na mesma população, alegando crescimento dos indivíduos (Meyer et al. 2013).

Meyer et al. (2014) analisaram 150 exemplares de *D. ellipticus* provenientes de um lago artificial, em Morretes, Paraná. O menor exemplar encontrado mediu 14 mm e o maior 86 mm, com classe modal de 50-59 mm. O padrão encontrado nessa população não se assemelhou ao encontrado no presente estudo possivelmente pois a população estudada pelos autores era uma população mais antiga do que a estudada no presente trabalho. Como discutido acima, a disponibilidade de alimento, presença de competidores, diferentes fatores ambientais (temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido) e genéticos podem ser os responsáveis pela variação no comprimento das conchas das diferentes populações.

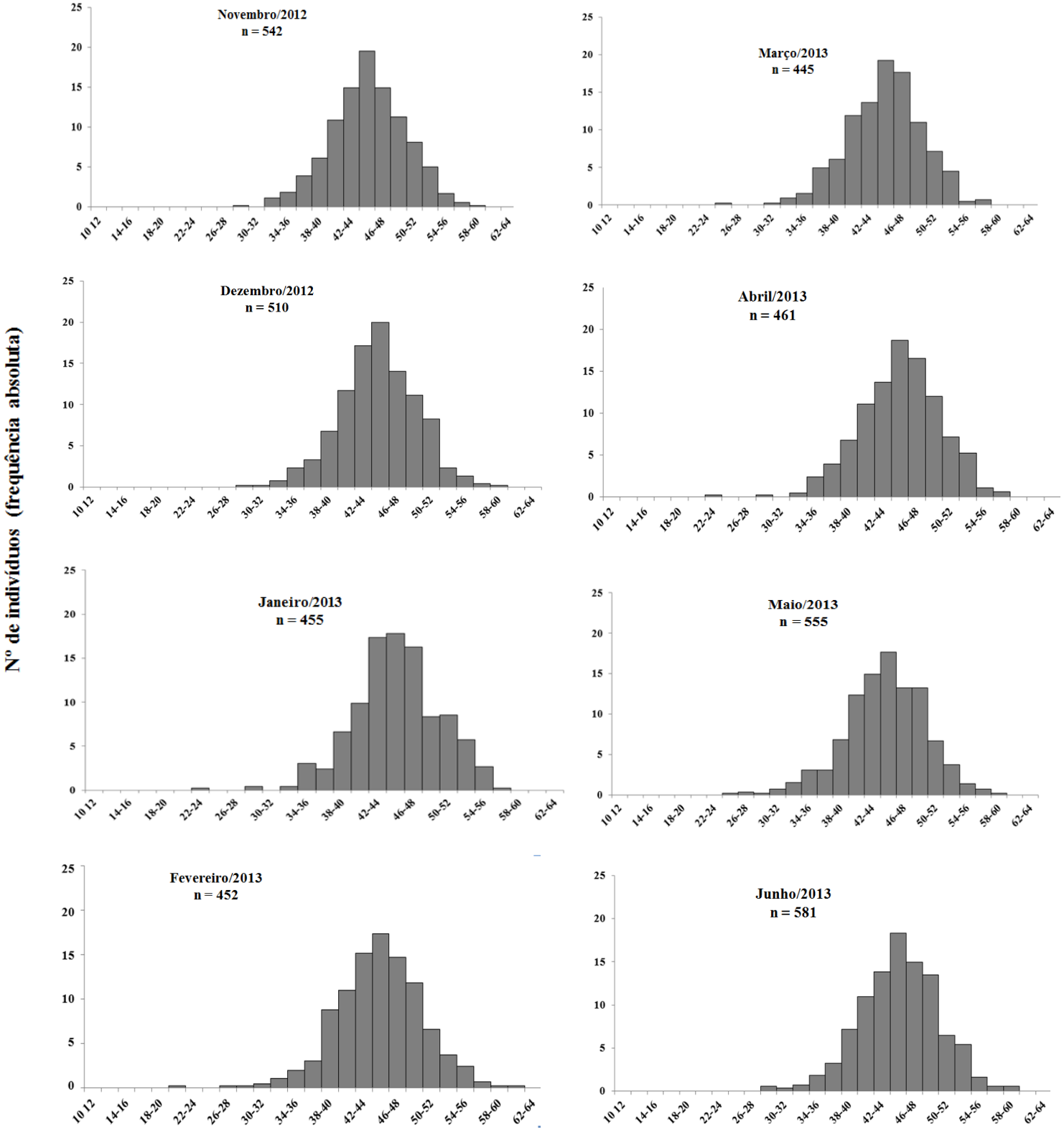
A estabilidade da estrutura de comprimento da população estudada pode ser explicada pela baixa taxa de crescimento anual e pelos poucos eventos de recrutamento de *D. ellipticus*, assim como encontrado por Parada et al. (1990) numa população de *D. chilensis*.

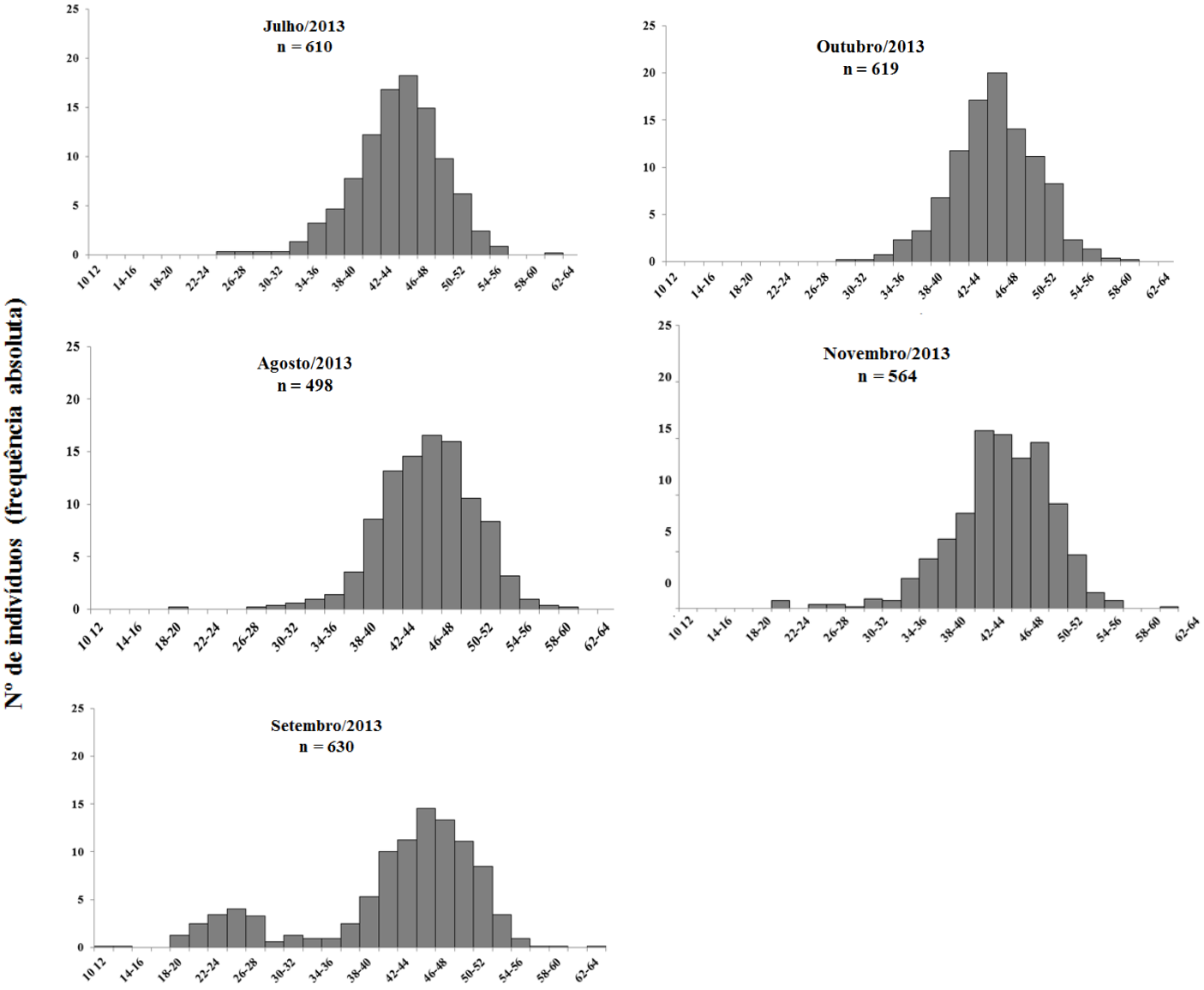
Figura 18 - Distribuição total por classes de comprimento (mm) de todos os meses coletados de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.



Legenda: Para composição deste gráfico foram considerados como base o número de indivíduos por classes de comprimento.
Fonte: Presente trabalho (2015).

Figura 19 - Distribuição por de classes de comprimento (mm), por mês de amostragem, de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.





Legenda: Para composição deste gráfico foram considerados como base o número de indivíduos por classes de comprimento por mês no somatório dos três pontos de coleta.
Fonte: Presente trabalho (2015).

Indivíduos de menor tamanho foram encontrados nos meses de fevereiro de 2013 (21,58 mm), agosto de 2013 (18,51 mm), setembro de 2013 (11,37 mm e 13,4 mm) e novembro de 2013 (20,45 mm). Isso pode ter relação com os meses de recrutamento nesta população, como corroborado por Lara e Parada (2008) e Parada et al. (1989). Os meses de menor investimento em crescimento foram abril de 2013 e outubro de 2013 e, coincidentemente, foram meses de grande produção de gloquídios maduros, logo, é esperado que nos meses que seguem haja recrutas no substrato.

Estudando *D. chilensis*, Parada et al. (1990) encontraram 28 recrutas em novembro nas duas localidades estudadas. Em Muelle Viejo, Chile encontraram um exemplar que media 26 mm e em La Poza, Chile encontraram outra que media 37 mm. Bonetto e Mansur (1970) também encontraram exemplares muito pequenos, com 20 mm de comprimento, que já estavam grávidos. No presente estudo, o menor indivíduo de *D. ellipticus* grávido com ovos media 29,25 mm (maio de 2013) e o menor indivíduo grávido com gloquídio media 31,73 mm (abril de 2014). Esses valores são semelhantes aos encontrados por Parada et al. (1990), embora os autores não tenham identificado o estágio larval em que se encontram as fêmeas.

4.4 Análise do comprimento e parâmetros populacionais

Durante o período de estudo, 3474 bivalves foram marcados e 1849 foram recapturados, o que correspondeu a 53,22% de sucesso de recaptura. Alguns destes bivalves foram recapturados mais de uma vez, totalizando 3448 eventos de recaptura.

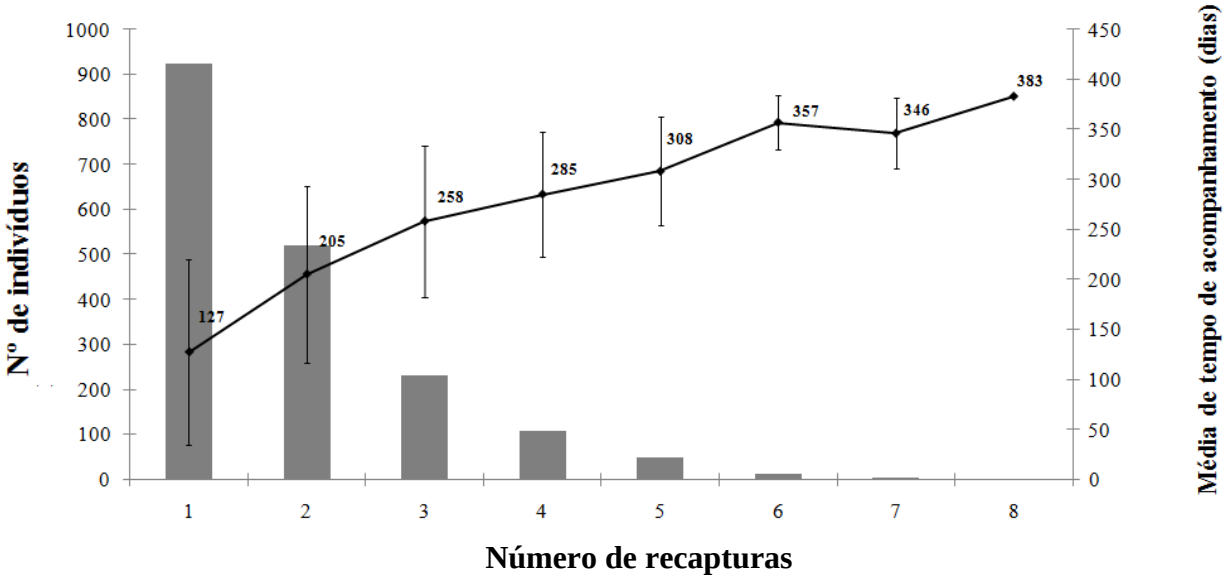
Villella et al. (2004) recapturaram menos do que 50% dos indivíduos de *Elliptio complanata* (Lightfoot, 1786), *Elliptio fisheriana* (Lea, 1838) e *Lampsilis cariosa* (Barnes, 1823) marcados durante os quatro anos de estudo. No estudo de Wisniewski et al. (2013) com os bivalves *Medionidus penicillatus* (Lea, 1857), *Pleurobema pyriforme* (Lea, 1857) e *Hamiota subangulata* (Lea, 1840) pelo menos cinco ocasiões de amostragem foram necessárias até que mais da metade das capturas anuais consistissem de indivíduos recapturados.

O número máximo de recapturas na lagoa dos Caiçaras foi de oito vezes em doze coletas, sendo os indivíduos recapturados predominantemente uma ou duas vezes, o que equivale a 78,15% das recapturas. A metade dos indivíduos (n=925) foi recapturada somente uma vez e um total de 404 indivíduos foram recapturados mais de três vezes (Figura 20).

Wisniewski et al. (2013) marcaram 970 indivíduos dos quais 435 foram recapturados pelo menos uma vez, 46 foram recapturados mais de três vezes e dois indivíduos foram capturados em seis ocasiões de coleta. No nosso estudo, embora tenhamos acompanhado a população por um menor tempo que Wisniewski et al. (2013), que acompanharam por sete anos, marcamos e recapturamos um número maior de

indivíduos. Esta divergência pode ser porque os autores coletaram somente uma vez por ano.

Figura 20 - Número de indivíduos de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 (barras) e seu tempo de acompanhamento (média de dias ± SD) pelo número de recapturas na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.



Legenda: Para composição deste gráfico foram considerados como base o número de indivíduos por número de recapturas (barras) e a média de tempo de acompanhamento em dias (linha).
Fonte: Presente trabalho (2015).

Para análise do crescimento por marcação e recaptura é necessário o reconhecimento individual dos espécimes capturados, de forma a possibilitar a contagem inequívoca dos indivíduos da população amostrada (Schmidt 2003; Beausoleil et al. 2004) e permitir amostragens repetidas, não destrutivas e com poucos impactos para os indivíduos e para as populações marcadas (Villella et al. 2004). Outro ponto importante nesse método é que a etiqueta utilizada deve ser durável e não suscetível à perda, para não influenciar negativamente as estimativas dos parâmetros populacionais.

Com tal metodologia, conseguimos realizar muitas recapturas de *D. ellipticus*, inclusive com poucos impactos para a população, já que o número de indivíduos coletados se manteve praticamente constante durante os meses de estudo (tabela 6).

Brownie et al. (1985) recomendaram marcar um mínimo de 300 animais por ano e um número maior do que este para indivíduos que apresentam baixas taxas de recaptura. Na lagoa dos Caiçaras excedemos esse valor, tanto em relação a marcação de indivíduos quanto ao número de recapturas, o que demonstra a eficácia da metodologia empregada.

Não encontramos nenhum outro trabalho de marcação e recaptura em bivalves que tenha marcado e recapturado tantos indivíduos anualmente como o presente estudo. Enquanto recapturamos 1849 de 3474 indivíduos marcados, Anthony et al. (2001) recapturaram um número máximo de 204 indivíduos de *E. complanata*, 68 de *L. siliquoidea* e 45 de *Pyganodon grandis* (Say, 1829) por ano. Villella et al. (2004) capturaram e marcaram um pouco mais de 2200 indivíduos em quatro anos. Para *E. complanata* o ano com mais recapturas foi 1999, com 180 indivíduos recapturados. Para *E. fisheriana* foi o ano de 1999, com 21 recapturas e para *L. cariosa* foi o ano de 2000, com 17 recapturas (Villella et al. 2004).

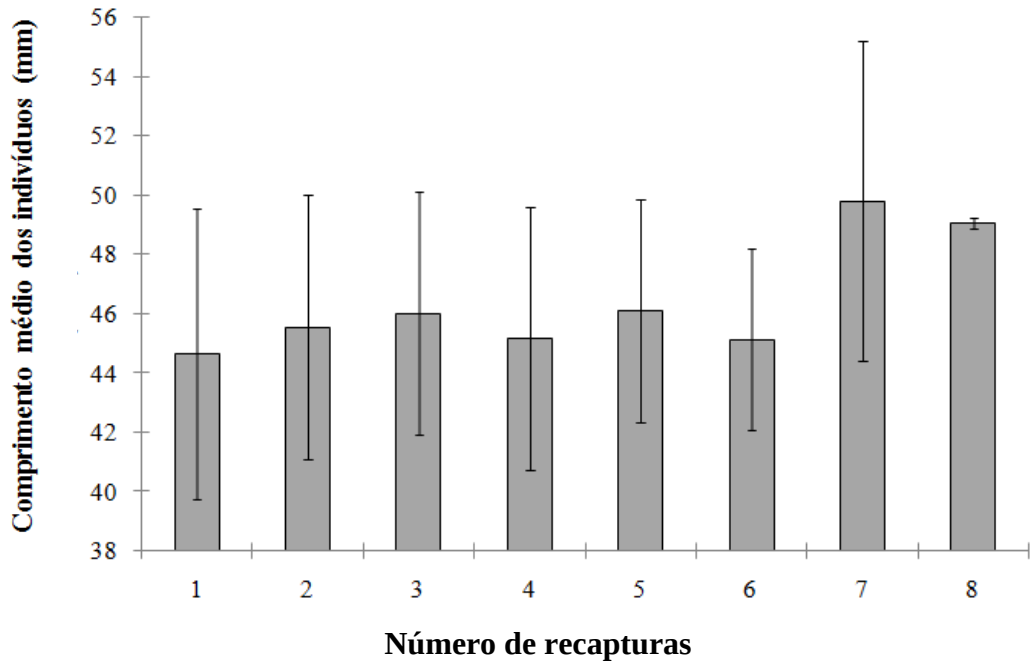
O menor indivíduo recapturado mediu 23,58 mm e após 127 dias apresentava 25,50 mm de comprimento. Já o maior indivíduo recapturado mediu 62,14 mm e foi recapturado 31 dias depois com 62,2 mm.

A escassez de indivíduos menores que 11,37 mm nas amostragens pode estar relacionada com a metodologia de coleta empregada, a qual é realizada com mãos e pés, e, por isso, dificulta a coleta de indivíduos jovens, enterrados no substrato, enquanto facilita a recaptura de indivíduos maiores. Pode também estar relacionada ao grau de enterramento de juvenis, que por serem pequenos, atingem maiores profundidades no substrato. A maioria dos indivíduos com comprimento acima de 45 mm foi recapturada de sete a oito vezes, como pode ser visto na Figura 21.

Roper e Rickey (1994) não encontraram indivíduos menores que 20 mm em suas coletas e afirmaram que é improvável existir falhas de metodologia e que de fato não existiam bivalves pequenos nas localidades estudadas.

Neves e Widlak (1987) e Miller e Payne (1988), entre outros autores, afirmaram que os Unionídeos juvenis são raramente coletados devido ao seu pequeno tamanho e aos diferentes e desconhecidos habitats que ocupam. Villella et al. (2004) relataram que indivíduos menores são facilmente confundidos com o substrato quando se coleta bivalves usando as mãos, e Wisniewski et al. (2013) perceberam que a probabilidade de captura de indivíduos de maior comprimento era mais alta do que a de indivíduos de menor comprimento nas espécies *M. penicillatus* e *P. pyriforme*; enquanto que em *H. subangulata* encontrou o padrão inverso.

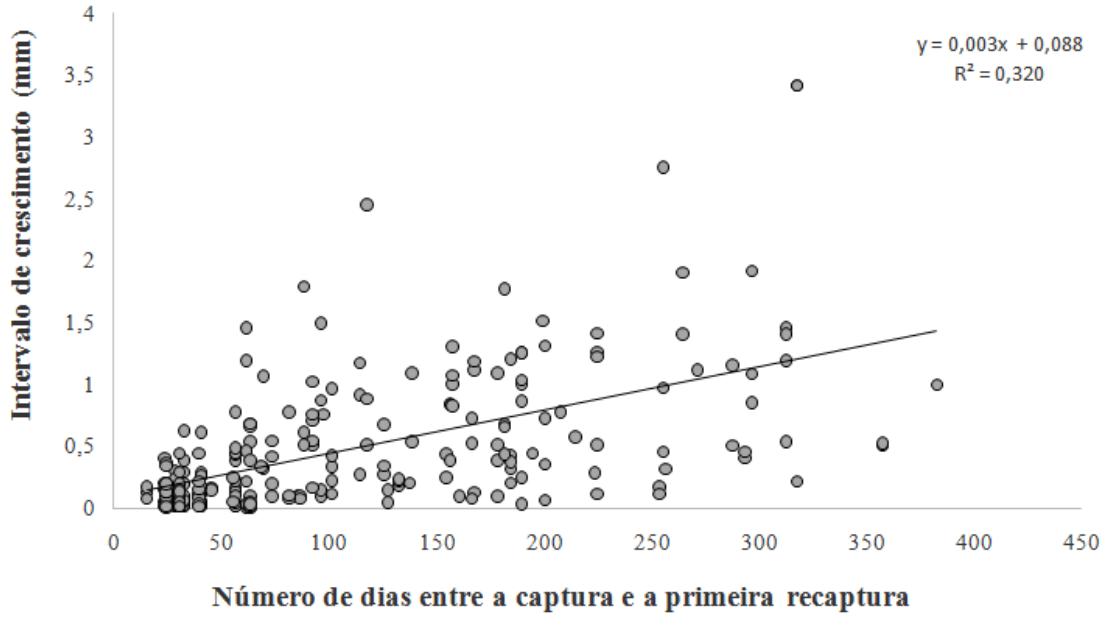
Figura 21 - Relação entre o comprimento médio da concha e o número de recapturas de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.



Legenda: Para composição deste gráfico utilizou-se o comprimento médio dos indivíduos e o número de recapturas.
Fonte: Presente trabalho (2015).

Para a realização da regressão entre o intervalo de tempo e a captura e a primeira recaptura dos indivíduos utilizamos 20 indivíduos de cada mês e suas respectivas primeiras recapturas. Na figura 22 é possível observar que quanto maior o intervalo de tempo entre a captura e a primeira recaptura dos indivíduos, maior são as mudanças no crescimento dos mesmos. Essa regressão é positiva e significativa ($p < 0,05$).

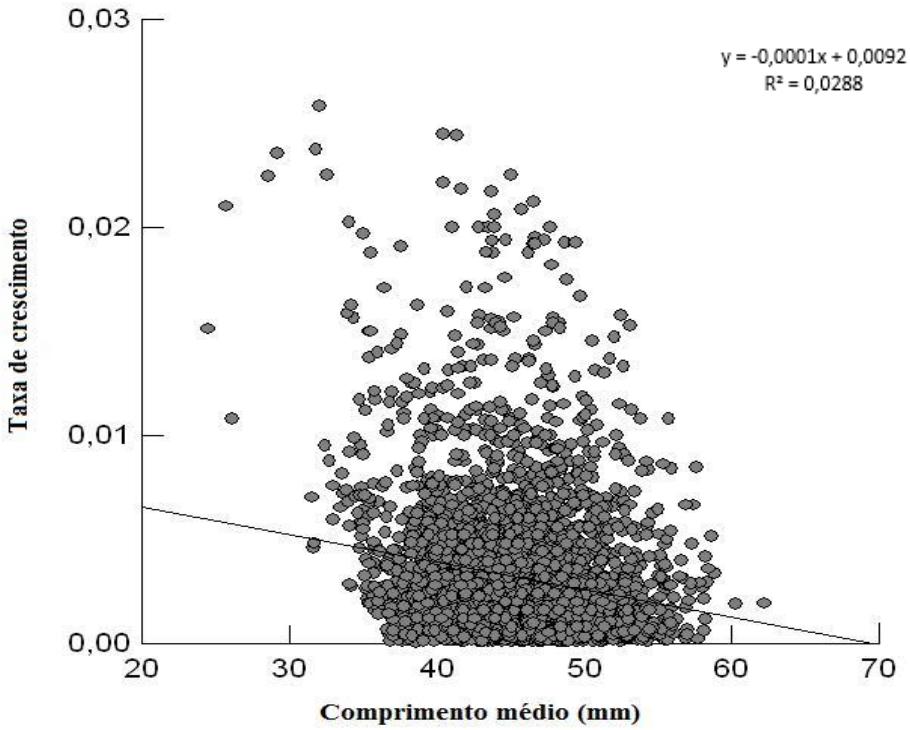
Figura 22 - Relação entre o número de dias da primeira captura e a primeira recaptura com as mudanças no crescimento de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.



Legenda: Para composição deste gráfico foi considerado o número de dias entre a captura e a primeira recaptura e o intervalo de crescimento entre a captura e primeira recaptura.
Fonte: Presente trabalho (2015).

A regressão da figura 23 é significativa ($p < 0,05$), e nela é possível observar uma tendência de decréscimo na taxa de crescimento à medida que aumenta o tamanho médio dos animais. Isso está relacionado ao rápido crescimento de juvenis quando comparados a indivíduos mais velhos, que tem seu crescimento reduzido na fase adulta-senil devido a um maior investimento em reprodução e/ou senescência (Bauer 1987).

Figura 23 - Plotagem de Gulland-Holt para *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.



Legenda: Para composição deste gráfico foram considerados como base o número de indivíduos por classes de comprimento.
Fonte: Fonte: Presente trabalho (2015).

Como pode ser observado na tabela 7, os indivíduos com maior tamanho apresentaram menor variação de comprimento em um dado intervalo de tempo (*e.g.* indivíduo 1 com variação de 0,7 mm no comprimento durante um acompanhamento de 378 dias). Em contrapartida, indivíduos menores, como o indivíduo 3, apresentaram variação de comprimento quase duas vezes maior que o indivíduo 1 e em menos dias (358 dias), confirmando a maior velocidade de crescimento nos indivíduos jovens, se comparados aos adultos.

Tabela 7 – Comprimento dos indivíduos de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827. A variação no comprimento (L_f-L_0) e no tempo (T_f-T_0) também foram avaliadas.

Indivíduo		**1º captura**	**1º recaptura**	**2º recaptura**	**3º recaptura**	**4º recaptura**	**5º recaptura**	**6º recaptura**	**7º recaptura**	**8° recaptura**	**(L_f-L_0)**	**(T_f-T_0)**
1	Data	07/11/2012	17/12/2012	16/01/2013	14/03/2013	24/04/2013	27/05/2013	20/06/2013	20/06/2013	25/11/2013	0,7	378
	C	48,73	48,8	48,91	48,99	49,11	49,26	49,33	49,39	49,43		
2	Data	07/11/2012	17/12/2012	01/02/2013	14/03/2013	30/07/2013	30/09/2013				0,73	265
	C	46,58	46,77	47	47,09	47,19	47,31					
3	Data	07/11/2012	27/05/2013	28/08/2013	30/09/2013	31/10/2013					1,36	358
	C	36,86	37,29	37,49	37,92	38,22						
4	Data	07/11/2012	20/06/2013	30/07/2013	28/08/2013						1,33	297
	C	44,77	46	46,15	46,2							
5	Data	24/04/2013	28/08/2013	25/11/2013							1,13	221
	C	45,73	46,5	46,86								
6	Data	01/02/2013	25/11/2013								0,19	303
	C	51,93	52,12									

C = Comprimento maior do indivíduo (mm); L_f-L_0 = comprimento final-comprimento inicial; (T_f-T_0) = tempo final-tempo inicial.

Pelo método de distribuição de frequências, os indivíduos com tamanho entre 44-46 mm foram predominantes na maioria dos meses, correspondendo a 17,5% dos indivíduos de toda a população.

Os valores dos parâmetros populacionais de von Bertalanffy para os dois métodos analisados encontram-se na tabela 8.

Tabela 8 - Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados pelo método de marcação e recaptura (Método direto) e distribuição de frequências (Método indireto) em *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.

Parâmetros	**Método direto**	**Método indireto**
L_∞ **(mm)**	70,84	72,8
K **(ano^{-1})**	0,046	0,06
C	0,15	0,30
Wp	0,35	0,40

Legenda: L_∞ . comprimento máximo teórico alcançado; *K* – parâmetro de curvatura; *C* – constante de oscilação; *Wp* – período de crescimento reduzido.
Fonte: Presente trabalho (2015).

É comum que os parâmetros populacionais de von Bertalanffy sofram variações. Abrahão et al. (2010) compilaram os parâmetros de crescimento para bivalves marinhos e perceberam que variaram entre diferentes espécies. Hermann et al. (2011) constataram que essa variação pode ocorrer também entre diferentes populações de uma mesma espécie, como no caso de *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854. Anthony et al. (2001) também perceberam essa diferença em populações de *Elliptio complanata* de lagoas distintas.

Cardoso e Veloso (2003) observaram que essa variação pode ocorrer em gerações sucessivas de uma mesma espécie, como no caso de uma população de *Donax hanleyanus* Philippi, 1847, acompanhada por dois anos. Em bivalves de água doce, Anthony et al. (2001) encontraram variações anuais nos parâmetros populacionais e taxas de crescimento de *E. complanata* durante oito anos de estudo, *L. siliquoidea* por seis anos e *P. grandis* por três anos.

Os parâmetros da equação de crescimento de von Bertalanffy indicam que a longevidade dos bivalves de água doce varia de população para população. Isso se deve ao fato dos sistemas aquáticos e do habitat como um todo nem sempre apresentarem condições ótimas para o crescimento do bivalve (Bauer 1992). Essas variações podem provocar diferenças na longevidade e no tamanho máximo dos adultos e, portanto, levar a variações nos parâmetros L_∞ (comprimento assintótico) e K (parâmetro de curvatura).

Os valores de L_∞ encontrados para *D. ellipticus* da lagoa dos Caiçaras pelos dois métodos (70, 84 mm pelo método direto e 72,8 mm pelo método indireto) condizem com o esperado, uma vez que encontramos na lagoa uma valva com 69,1 mm de comprimento. Meyer et al. (2014) encontraram indivíduos de até 86 mm numa população de *D. ellipticus.* Provavelmente essa diferença no tamanho ocorre devido as diferentes condições as quais os indivíduos estão submetidos, assim como eventuais fatores intrínsecos (alguns indivíduos crescem mais do que outros).

As espécies que se aproximam rapidamente do L_∞ vivem pouco, e vive-versa. A taxa na qual as espécies se aproximam do seu crescimento assintótico é descrita pelo parâmetro K da equação de crescimento de von Bertalanffy. Valores altos de K indicam que a velocidade até atingir o L_∞ é rápida e pode representar um grande e precoce investimento em crescimento e geralmente uma taxa de crescimento mais elevada (Bauer 1992).

Esse padrão é exatamente o oposto do encontrado nas populações supracitadas e na população de *D. ellipticus* estudada, pois a constante de crescimento K atingiu valores muito baixos em ambos os métodos (Método direto com K = 0,046 ano^{-1} e método indireto com K = 0,06 ano^{-1}). Esses bivalves estão atingindo o crescimento teórico máximo L_∞ com uma taxa de crescimento muito baixa e, provavelmente, são indivíduos de vidas longas, como será discutido na seção expectativa de vida.

Padrões semelhantes ao do método direto foram encontrados para outras populações de bivalves de água doce, tais como *L. siliquoidea* (K = 0,055 ano^{-1}), *P. grandis* (K = 0,032 ano^{-1}), *E. complanata* (K = 0,027 ano^{-1}) (Anthony et al. 2001). Em *Margaritifera margaritifera* diferentes autores encontraram valores de K distintos para diferentes populações: 0,023 a 0,075 ano^{-1} (Hastie et al. 2000); 0,023 a 0,063 ano^{-1} (Ziuganov et al. 2000); e 0,016 a 0,107 ano^{-1} (Beasley 1996).

Para o bivalve *Galatea paradoxa* (Born, 1778), Adjei-Boateng e Wilson (2013) encontraram constantes de crescimento semelhantes, usando três metodologias distintas: marcação e recaptura com K = 0,16 ano^{-1}, distribuição de frequências K = 0,14 ano^{-1} e

anéis de crescimento K = 0,17 ano^{-1}. As taxas de crescimento em *G. paradoxa* foram mais altas do que nas espécies supracitadas, podendo existir uma relação com a longevidade. Esses bivalves vivem de 8-12 anos enquanto a estimativa de idade para *E. complanata*, por exemplo, é de 75 anos (Anthony et al. 2001). No nosso estudo, a idade máxima em *D. ellipticus* variou de 33 a 46 anos.

O menor valor de *K* nos dados de marcação e recaptura já eram esperados, devido à ausência de indivíduos recapturados com menos de 23,58 mm de comprimento. Além disso, sabe-se que geralmente os bivalves atingem grandes tamanhos e apresentam uma taxa de crescimento baixa quando estão mais velhos. Isso também se entrecruza com a longevidade, pois quanto menor a taxa de crescimento, mais tempo o indivíduo levará para atingir seu comprimento máximo.

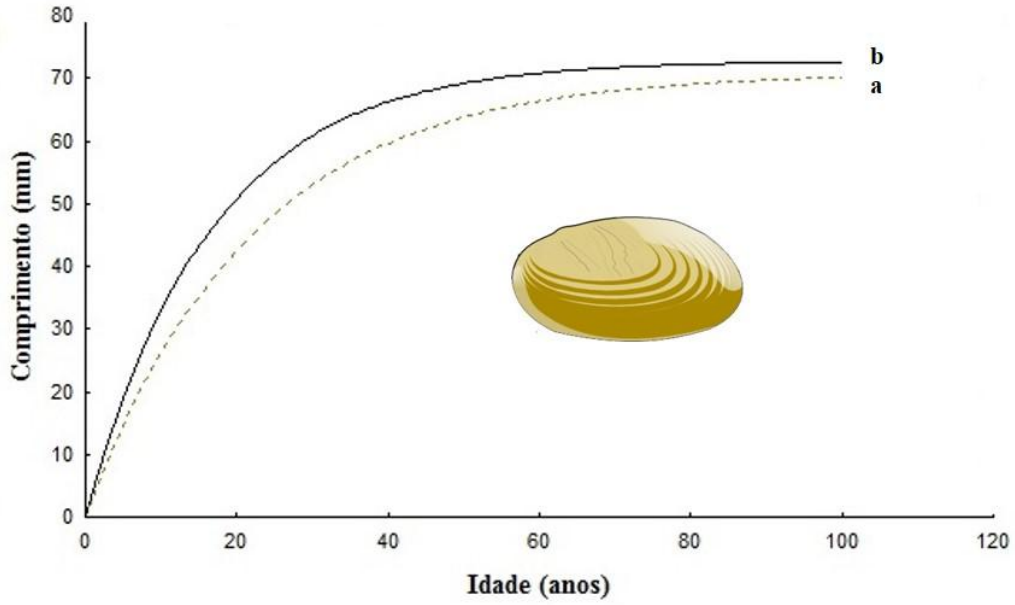
A constante de amplitude de oscilação sazonal (C) pelo método direto e pelo método indireto caracteriza uma oscilação de crescimento lento, mostrando que não há paradas nem redução no crescimento. Para *C. fluminea* essa constante já apresenta uma oscilação moderada (C = 0,5) (Cataldo e Boltovskoy 1999) provavelmente porque sua taxa de crescimento e o valor de *K* são mais altos, causando maiores oscilações na curva de crescimento.

O valor do parâmetro *Wp* multiplicado pelos 12 meses do ano resultam no mês de menor crescimento dos indivíduos, como mostra a equação: 0,35*12 meses = 4,8 (abril/maio) para o método direto e 0,4*12 meses = 4,2 (abril/maio) para o método indireto. Isso quer dizer que o menor crescimento dos indivíduos ocorreu no final do verão e início do outono, fato provavelmente relacionado às altas temperaturas em fevereiro (27ºC) e março (28,4ºC), o que seria um fator importante para estimular a reprodução. Em abril de 2013 não foram encontrados indivíduos menores que 30 mm, os quais se transformaram em recrutas nos meses seguintes: maio e junho de 2013. Em outubro de 2013 também vemos uma redução no crescimento dos indivíduos a partir da análise das modas do método indireto.

Nesses dois meses, a redução no crescimento pode estar relacionada a um maior investimento na reprodução, embora a atividade reprodutiva seja contínua em *D. ellipticus*, como observado em *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) e *Diplodonta punctata* (Say, 1822) (Narchi 1976; Boehs 2000 *apud* Mattos e Cardoso 2012). Outros autores também encontraram valores semelhantes nos bivalves marinhos (Ndomahina 1975; Cardoso e Veloso 2003). Mais detalhes sobre esse assunto serão discutidos na parte ciclo larval.

Os parâmetros populacionais foram utilizados no cálculo da relação idade-comprimento e na construção da curva de crescimento de *D. ellipticus* (Figura 24). Na lagoa dos Caiçaras, a idade do menor indivíduo coletado que media 11,37 mm, foi estimada em 3,83 anos pelo método direto e 2,87 anos pelo método indireto, e a do maior indivíduo, que media 62,49 mm, foi estimada em 46 anos pelo método direto e em 33 anos pelo método indireto.

Figura 24 – Curvas de crescimento de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.



Legenda: A - Curva de crescimento pelo método de marcação e recaptura (método direto); B - Curva de crescimento pelo método de distribuição de frequência (método indireto).
Fonte: Imagem de *Diplodon* elaborada por C.D.C. Oliveira e A.D. Pimenta.

O comprimento mais frequente (45 mm) foi usado no cálculo da taxa de crescimento de *D. ellipticus*. A partir desse comprimento, encontramos valores médios das taxas de crescimento de 1,19 mm/ano e 0,10 mm/mês pelo método direto e 1,6 mm/ano e 0,14 mm/mês pelo método indireto, valores estes semelhantes. Para a maior valva encontrada (69,1 mm) estimamos a taxa de crescimento em 0,08 e 0,22 mm/ano e para o maior (62,49 mm) e o menor (11,37 mm) indivíduo coletado, estimamos uma taxa de 0,38 e 0,62 mm/ano e 2,73 e 3,68 mm/ano, respectivamente.

Soldati et al. (2009) estimaram as taxas de crescimento de *D. chilensis patagonicus* em 4,31 e 0,02 mm/ano. Parada et al. (1989) calcularam as taxas de crescimento de

espécimes com cinco anos de idade em 4,18 e 4,96 mm/ano e de indivíduos acima de 30 anos em 0,002 e 0,007 mm/ano. Quando calculamos a taxa de crescimento de *Diplodon ellipticus* em cinco e 30 anos de idade, a fim de tornar os trabalhos comparáveis, obtivemos uma taxa de crescimento de 3,03 e 4,07 mm/ano e 1,87 e 2,57 mm/ano, respectivamente. Esses valores diferem dos reportados em Parada et al. (1989). Nossos dados se assemelharam aos de Soldati et al. (2009), que por utilizarem uma ampla variação da taxa de crescimento tornou grande a chance dos dados serem semelhantes.

Segundo Adjei-Boateng e Wilson (2013), a latitude geográfica tem um profundo efeito sobre a taxa de crescimento e a idade dos bivalves. Contudo, nem todas as espécies parecem seguir esse padrão. No caso supracitado, pode-se pensar errôneamente que a latitude influencia na taxa de crescimento, pois o local onde *D. chilensis* foi coletado encontra-se mais distante do Equador (39º18'S) do que *D. ellipticus* da lagoa dos Caiçaras (22º39'S). Quanto mais próximo ao Equador, maior a taxa de crescimento, assim como foi observado na população em estudo. Contudo, quando observamos a latitude onde Soldati et al. (2009) coletaram representantes de *D. chilensis patagonicus* (41º30'S), percebemos que de fato, esse padrão não ocorre, já que para ser verdadeiro a taxa de crescimento de *D. chilensis patagonicus* deveria ser ainda menor do que a relatada em Parada et al. (1989), e não foi.

Outros fatores ambientais relacionados às diferentes condições geográficas e limnológicas de cada rio ou lago, tais como eutrofização, disponibilidade de nutrientes e temperatura da água, podem ser os principais causadores das diferenças observadas entre as taxas de crescimento do nosso estudo e de Parada et al. (1989). O próprio fato de se tratar de espécies diferentes já acarretaria nessa discrepância.

Acreditamos que a lei de Bergmann, que associa os maiores valores de comprimento às maiores latitudes, não se aplica a estes bivalves de água doce. Também não temos representantes da família fora do Hemisfério Sul, para tornar o estudo comparável em grandes variações de latitudes.

O parâmetro *K* dado pela equação de von Bertalanffy sempre será negativamente correlacionado com o comprimento máximo atingido na população (L_{∞}) e com a idade máxima atingida ($A_{máx}$) na espécie. Isso quer dizer que, independente dos efeitos latitudinais que podem afetar o crescimento de uma espécie, o valor de *k* e a taxa de crescimento, poderiam variar de acordo com às características próprias de cada população, com os fatores ambientais relativos ao habitat e com o próprio tipo de habitat.

Ortmann (1920) percebeu que as variações nas conchas dos bivalves de água doce poderiam ocorrer em função dos diferentes trechos de um mesmo rio. Enquanto estudava as conchas de náiades do estado de Ohio, Estados Unidos, percebeu que as formas das conchas de bivalves encontradas em cabeceiras e pequenos riachos são bastante comprimidas e achatadas, enquanto as formas de rios mais largos e maiores são mais convexas e infladas. Essa lei foi chamada de Lei de Ortmann para as posições dos rios. Ortmann (1921) afirmou, ainda, não ter dúvidas de que uma espécie muda a sua obesidade (largura) ao longo do curso do rio, e que isso se aplica também a outros rios, além dos estudados por ele.

Coker (1914 *apud* Ball, 1922) também observou uma diferenciação quanto a forma e espessura das conchas, quando as mesmas foram encontradas em rios e em lagos. Roper e Hickey (1994) estudaram o hiriídeo *Hyridella menziesi* (Gray, 1843) em sete lagos e um rio do sistema de rios do Waikato, Nova Zelândia e também perceberam variações nas conchas devido a variações do ambiente.

Isely (1911) notou que indivíduos da mesma espécie assumem diferentes formas em águas calmas e rápidas, ou seja, em diferentes ambientes. Similarmente, Balla e Walker (1991) afirmaram que diferenças intraespecíficas podem estar atreladas a diferentes velocidades da água, e que as formas encontradas do bivalve límnico *Alathyria jacksoni* Iredale,1934 nada mais são do que variações da mesma espécie. Essas observações estão de acordo com a lei de Ortmann.

Além disso, o simples fato de analisar indivíduos jovens e adultos nas populações, por si só, já mostrariam variações nas conchas relativas à idade, como visto por Ortmann (1920, 1921) e Ball (1922).

Como discutido anteriormente, os parâmetros L_{∞} e K variaram entre as metodologias, resultando em diferentes valores de phi prima (ϕ'). A análise de crescimento (ϕ') foi de 2,37 para o método direto e de 2,50 para o método indireto, valores esses não tão discrepantes. Se a diferença entre eles fosse maior, poderíamos considerar a possibilidade de erros na estimativa dos parâmetros populacionais (Valkily 1990).

Valkily (1990) estudou o crescimento de *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758) e *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) através de estudos de marcação e recaptura, comparando os resultados obtidos de ϕ' com os resultados preexistentes que usavam metodologias diferentes, para ambas espécies. As comparações foram feitas sem a preocupação de

qual metodologia foi empregada na obtenção do parâmetro nos outros estudos. Para ele, o índice ϕ' supera o problema de correlação entre diferentes metodologias para obter as constantes de von Bertalanffy. Ele percebeu que, sob condições de cultivo semelhantes, os parâmetros populacionais podem variar bastante em cada espécime, mas que o valor resultante de ϕ' permanece quase constante. Apesar de semelhantes, o valor de ϕ' do método indireto indica um crescimento mais acelerado quando comparado com o valor de ϕ' do método direto, o que explica a menor expectativa de vida, e consequentemente explica a maior mortalidade dos indivíduos pelo método indireto. Apesar disso, os valores de ϕ' encontrados em ambas as metodologias parecem descrever bem o crescimento de *D. ellipticus*. A tabela 9 mostra valores de ϕ' em outras populações de bivalves marinhos e de água doce.

Tabela 9 - A análise de crescimento (ϕ') para espécies de bivalves marinhos e de água doce.

Ambiente	**Espécie**	**ϕ'**	**Referência**
Marinhos	*Anadara granosa* (Linnaeus, 1758)	3,42	Broom (1982)
	Anomalocardia brasiliana (Gmelin, 1791)	3,00	Mattos e Cardoso (2012)
	Diplodonta punctata (Say, 1822)	2,58	Mattos e Cardoso (2012)
	Donax hanleyanus Philippi, 1847	2,86	Cardoso e Veloso (2003)
Água doce	*Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758)	3,40	Crowley (1957)
	Anodonta minima (Linnaeus, 1758)	3,28	Negus (1966)
	Aspatharia sinuata (von Martens, 1883)	3,19	Blay e Yoloye (1987)
	Caelatura teretiuscula (Philippi, 1847)	2,10	Leveque (1971)
	Corbicula africana (Krauss, 1848)	1,38	Leveque (1971)
	Egeria radiata (Larmarck, 1804)	3,66	Kwei (1965)
	Unio pictorum (Linnaeus, 1758)	3,55	Nagel (1987)
	Unio tumidus Retzius, 1788	3,47	Nagel (1987)
	Diplodon ellipticus Spix in Wanger, 1827	2,37/2,50	Presente estudo (2015)

Legenda: Índice da performance de crescimento (ϕ''). Fonte: Presente trabalho (2015).

Negus (1966) estudou o bivalve *Anodonta minima* (Linnaeus, 1758) na Inglaterra, Europa (altas latitudes = 51º28'N) e apontou resultados de ϕ' de 3,28. Este valor é maior do que o encontrado no nosso estudo em baixas latitudes (22º39'S), o que demostra um padrão inverso do observado para populações de invertebrados marinhos que vivem em baixas latitudes, os quais apresentam crescimento mais rápido do que as viventes em altas latitudes (Cardoso e Veloso 2003; Cardoso e Defeo 2004). Kwei (1965) estudou o bivalve *Egeria radiata* em Gana, África (5º99'N) e encontrou ϕ' de 3,66, valor acima do encontrado por nós, e que validaria a regra de Bergmann. Contudo, para validarmos a regra, *A. mínima* deveria exibir o menor valor de ϕ' por se encontrar em altas latitudes e *C. africana* estudada por Leveque (1971) em Tachad, África (13º28'N) deveria apresentar o segundo maior valor de ϕ' pois é a segunda localidade mais próxima do Equador, mas isso não ocorreu. *C. africana* apresentou o menor valor de ϕ' entre as quatro localidades citadas (ϕ' = 1,38).

Estas abordagens sugerem que cada espécie segue seu próprio padrão, determinado geneticamente e/ou afetado pelos fatores ambientais locais que influenciam o habitat onde se encontram.

Vinarskii (2012) comentou que no passado muitos pesquisadores consideravam que moluscos de água doce não seguiam a regra de Bergman porque trabalhavam com variações microgeográficas. Contudo, o simples exemplo dado acima, com quatro espécies em macroescala indica que *Diplodon* não segue essa regra.

Adjei-Boateng e Wilson (2013) utilizaram as metodologias de distribuição de frequência e marcação e recaptura e também a metodologia de anéis de crescimento no bivalve límnico *Galatea paradoxa,* e viram que as três metodologias resultaram em parâmetros populacionais, estimativas de idade e taxas de crescimento bastante similares.

Esse padrão também parece ser congruente para a população em estudo, onde ambas as metodologias (distribuição de frequência e marcação e recaptura) demostraram ser ferramentas úteis para estimar o crescimento somático dos indivíduos. Os parâmetros populacionais das duas metodologias podem ser utilizados, em conjunto, no ajuste da curva de crescimento (comprimento-idade) de *Diplodon ellipticus*.

Acreditamos que, como as temperaturas do ambiente e da água da lagoa dos Caiçaras, área de estudo do presente trabalho, não sofrem variações abruptas como ocorre no Chile para *D. chilensis patagonicus*, os exemplares de *D. ellipticus* não

apresentem anéis por parada de crescimento, e essa não seria uma metodologia adequada no estudo do crescimento e estimativa de idade da população. Além disso, para realizar uma contagem significativa de anéis de crescimento internos ou externos seria necessário sacrificar muitos indivíduos, o que contraria o intuito do presente estudo, ou seja, a preocupação com a conservação da biodiversidade.

Cabe salientar que os parâmetros de crescimento estimados no nosso estudo não se aplicam às formas larvais de *Diplodon* e, somente as formas após o assentamento foram analisadas. Nas formas larvais e em juvenis de bivalves de água doce, acredita-se que o crescimento seja muito mais rápido (Bauer 1992).

4.5 Mortalidade e expectativa de vida

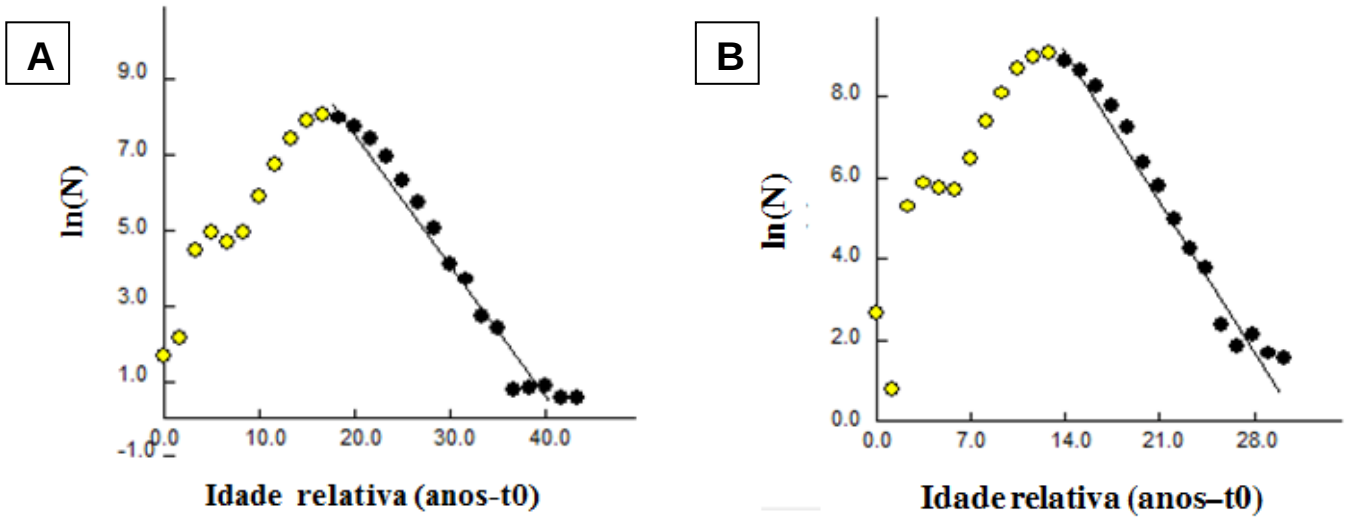
Abaixo seguem os valores da mortalidade instantânea, mortalidade anual e da expectativa de vida encontrados através da aplicação do método de marcação e recaptura (Método direto) e do método de distribuição de freqüências (Método indireto) (Tabela 10) e os gráficos da mortalidade instantânea das duas metodologias (Figura 25). As bolinhas amarelas reperesentam os dados que não foram analisados na estimativa da mortalidade. Os resultados obtidos são referentes as bolinhas pretas, onde passa a reta.

Tabela 10 – Valores da mortalidade instantânea (Z), mortalidade anual (A) e da expectativa de vida ($T_{máx}$) estimados para *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2013.

Parâmetros	**Método direto**	**Método indireto**
Z	0,35	0,52
A (ano^{-1})	1,35	1,52
$T_{máx}$ (anos)	46	33

Legenda: Z – mortalidade instantânea; A – mortalidade anual; $T_{máx}$ – expectativa de vida.
Fonte: Presente trabalho (2015).

Figura 25. Gráfico da mortalidade instantânea de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827.



Legenda: A – Gráfico dado pelo método de marcação e recaptura (método direto); B – Gráfico dado pelo método de distribuição de frequências (método indireto).
Fonte: Presente trabalho (2015).

O presente estudo confirma os dados de outros autores ao mostrar que os bivalves de água doce adultos geralmente vivem bastante e apresentam baixa mortalidade anual (Negus 1966; Bauer 1987). Não analisamos a mortalidade das larvas e nem dos juvenis, os quais apresentam uma taxa de mortalidade alta, como visto por Young e Williams (1984), Bauer (1991) e Franco et al. (2012).

Acreditamos que os indivíduos mais jovens apresentam uma maior taxa de mortalidade devido a maior vulnerabilidade quando comparados aos indivíduos mais velhos. Por isso, os jovens teriam uma maior taxa de crescimento relacionada à função adaptativa para que o mesmo passe um menor intervalo de tempo como juvenil e tenha menos chances de ser predado. A maturidade sexual também poderia explicar esse crescimento acelerado. Nos juvenis a energia assimilada é convertida e usada no crescimento, na manutenção das funções vitais e na produção de tecidos (King 1995; Darrigran et al. 2011).

As taxas de mortalidade encontradas nesse estudo pelo método direto (Z = 0,35) e pelo método indireto (Z = 0,52) são semelhantes a algumas das encontradas para outras populações de bivalves marinhos e de água doce, como demonstrado na tabela 12.

Tabela 12. Taxas de mortalidade encontradas em outras espécies de bivalves marinhos e de água doce.

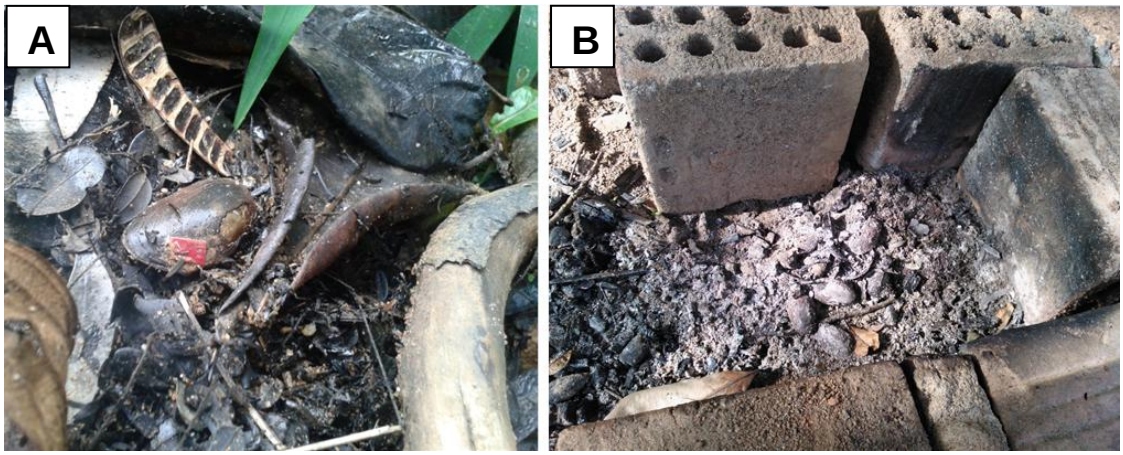
Ambiente	Espécie	Mortalidade	Autor
Marinho	*Amusium pleuronectes* (Linnaeus, 1758)	7,2 ano^{-1}	Nugranad (1988)
	Anadara granosa (Linnaeus, 1758)	1,88 ano^{-1}	Broom (1982)
	Anadara granosa (Linnaeus, 1758)	0,35 ano^{-1}	Vakily (1990)
	Cerastoderma edule (Linnaeus, 1758)	0,99 ano^{-1}	Boyden (1972)
	Diplodonta punctata (Say, 1822)	3,53 ano^{-1}	Mattos e Cardoso (2012)
	Donax hanleyanus Philippi, 1847	1,70 ano^{-1}	Cardoso e Veloso (2003)
	Gari solida (Gray, 1828)	1,64 ano^{-1}	Urban e Tarazona (1996)
	Mesodesma donacium (Lamarck, 1818)	2,50 ano^{-1}	Arntz et al. (1987)
	Perna viridis (Linnaeus, 1758)	0,52 ano^{-1}	Choo e Speiser (1979)
Água doce	*Lampsilis siliquoidea* (Barnes, 1823)	0,1295 ano^{-1}	Anthony et al. (2001)
	Pyganodon grandis (Say, 1829)	0,1504 ano^{-1}	Anthony et al. (2001)
	Elliptio complanata (Lightfoot, 1786)	0,1004 ano^{-1}	Anthony et al. (2001)
	Margaritifera margaritifera (Linnaeus, 1758)	0,05-0,18 ano^{-1}	Hastie (2006)
	Diplodon ellipticus Spix in Wagner, 1827	0,35-0,52 ano^{-1}	Presente estudo (2015)

Fonte: Presente trabalho (2015).

Em alguns trabalhos sobre bivalves, a alta taxa de mortalidade esta associada à presença de espécies exóticas ou a mudanças ambientais (Ricciardi e Rasmussen 1998). Em outros, a pesca ilegal em busca de pérolas tem sido o maior contribuinte para a mortalidade dos bivalves adultos (Hastie 2006). Entretanto, na lagoa dos Caiçaras não encontramos nenhum bivalve exótico que pudesse afetar a mortalidade de *D. ellipticus* e nem mudanças ambientais drásticas, e ainda nessa espécie, não ocorre a produção comercial de pérolas, podendo, algumas vezes, serem encontradas ampolas.

Grande parte da mortalidade não natural pode estar atrelada a limpeza constante da vegetação marginal da lagoa pela prefeitura de Piraí, local onde encontramos a maior concentração de bivalves. Também encontramos conchas marcadas queimadas em fogueiras feitas por pescadores, que usam a parte mole do bivalve como isca para peixes (Figura 26).

Figura 26 – Ações que aumentam a mortalidade de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil.



Legenda: A – Bivalve encontrado fora da lagoa, junto aos cascalhos e folhas retirados da vegetação marginal da lagoa provavelmente pela prefeitura de Piraí; B – Conchas de bivalves encontrados em fogueiras feitas por pescadores.
Fonte: Fotos de A.F. Pignataro.

Parada et al. (1990) estimaram a mortalidade de *D. chilensis* no Lago Villarrica, Chile, em duas áreas através da contagem das valvas direitas vazias. O método usado visou fornecer somente uma ideia da mortalidade da lagoa, mas pode ser comparado com outras populações. Os autores estimaram a mortalidade adulta em 10,9 indivíduos/m^2 em Muelle Viejo e em 0,5 indivíduos/m^2 em La Poza, valores considerados baixos em ambas as populações frente à densidade de bivalves nestes locais: 102,7 indivíduos/m^2 e 89,6 indivíduos/m^2. Comparando nosso estudo com o de

Parada et al. (1990), obtivemos um valor de mortalidade de 0,71 indivíduos/m^2 para o mês com mais valvas encontradas (n = 32) e 0,2 indivíduos/m^2 para o mês com menos valvas encontradas (n = 9), valor considerado extremamente baixo, se considerarmos o número total de indivíduos encontados na lagoa durante o período de abril de 2014 a novembro de 2014 dividido pela área total (4801indivíduos/45 m^2 = 106,6 indivíduos/m^2).

A alta taxa de sobrevivência na idade adulta é comum em histórias de vida de mamíferos e outros vertebrados, mas não é relatada com tanta frequência em invertebrados de água doce. Os Unionídeos são únicos entre os invertebrados de água doce, tanto em sua longevidade quanto em sua alta e constante sobrevivência na fase adulta das populações (Villella et al. 2004).

As estimativas de idade e os processos de crescimento podem variar de acordo com a espécie e dentro da mesma espécie, devido a fatores genéticos ou a outros fatores, tais como: tipo de habitat (Moura et al. 2009), latitude geográfica (Moura et al. 2009), temperatura (Cataldo e Boltovskoy 1999; Walker et al. 2001), turbulência da água (Bailey e Green 1987), disponibilidade de alimento (Walker et al. 2001) e acidez da água (Machado et al. 1988).

Por viverem em localidades regidas por diferentes fatores, os bivalves requerem adaptabilidade e variabilidade das características de história de vida. Existem unionídeos que apresentam crescimento rápido em poucos anos de vida, como *Leptodea fragilis*, que pode atingir o comprimento máximo de 136,3 mm e ter expectativa de vida de menos de cinco anos e *P. grandis* que pode chegar a 141,9 mm de comprimento máximo em pouco mais de 10 anos (Haag 2012). Outros possuem crescimento mais lento durante os longos anos de vida, como *Megalonaias nervosa* (Rafinesque, 1820) que atinge 180 mm de comprimento em quase 40 anos de vida, *Quadrula pustulosa* (Lea, 1831) que atinge 79 mm em cerca de 50 anos e *Elliptio crassidens* (Lamarck, 1819) que atinge quase 120 mm em mais de 60 anos de vida (Haag 2012).

Parada et al. (1989) demostraram que *D. chilensis* apresenta crescimento lento e vive por bastante tempo, cerca de 40 anos. Soldati et al. (2008) através de análises de crescimento por anéis internos da concha e isótopos $\delta^{18}O$ estimou a longevidade de *D. chilensis patagonicus* em 70 anos no rio Manso e 90 anos no lago Steffen, ambos no Chile.

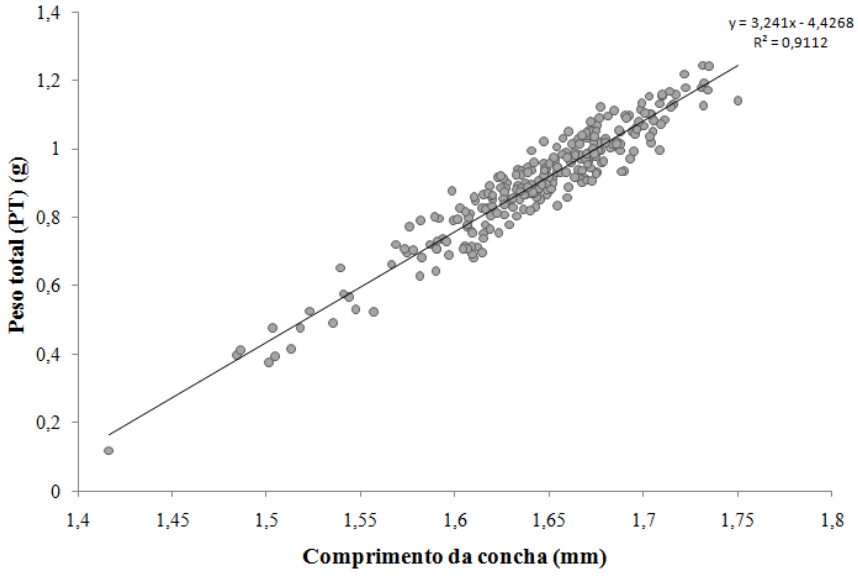
Para *D. ellipticus* a expectativa de vida foi estimada em 46 anos pelo método direto e em 33 anos pelo método indireto. Quando utilizamos o comprimento da maior valva

encontrada na lagoa dos Caiçaras (69,1 mm), percebemos que a idade máxima dos bivalves pode chegar a 50 – 80 anos. Como esperado, as variações no parâmetro *K* mostram um padrão oposto à longevidade. A expectativa de vida é maior quanto menor for a taxa de crescimento e quanto mais lenta for a velocidade com que o indivíduo atinge o comprimento máximo. Por isso, na população de *Diplodon ellipticus*, através do método direto, onde o valor de *K* foi menor (0,046 ano^{-1}), a expectativa de vida foi maior.

4.6 Relação peso x comprimento

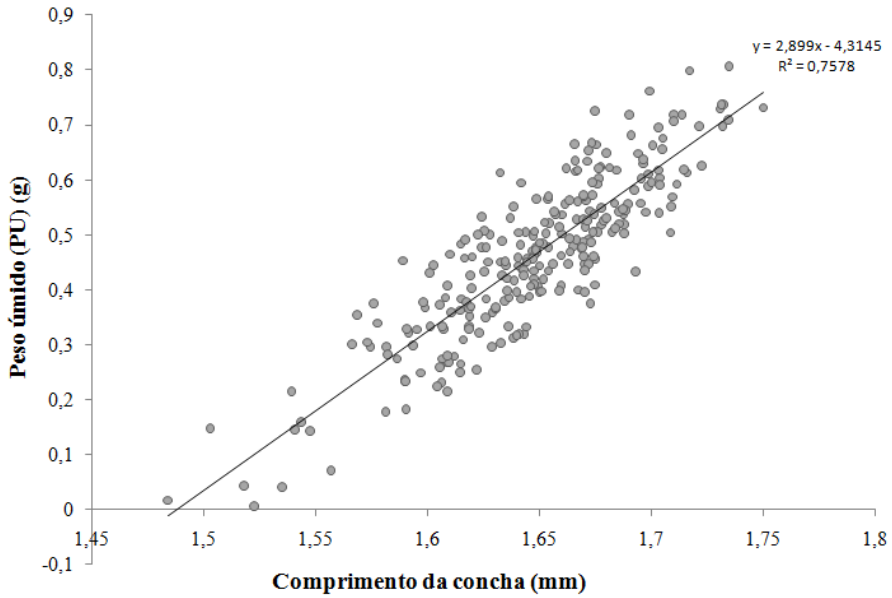
Foram pesados 270 indivíduos em relação ao peso total (PT) e peso úmido (PU) obtidos de junho de 2013 a novembro de 2014. Os modelos lineares de relação peso x comprimento para as duas medidas citadas acima se encontram na figura 27 e 28 e indicam um crescimento alométrico positivo do peso.

Figura 27 – Relação entre o peso total - comprimento de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre junho de 2013 a novembro de 2014.



Legenda: Análise da relação entre o comprimento da concha em mm e o peso total (conha mais parte mole) em gramas (g).
Fonte: Presente trabalho (2015).

Figura 28 – Relação entre o peso úmido - comprimento de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre junho de 2013 a novembro de 2014.



Legenda: Análise da relação entre o comprimento da concha em mm e o peso úmido (parte mole) em gramas (g).
Fonte: Presente trabalho (2015).

O peso total variou de 1,312 a 17,518 gramas e o peso úmido variou de 0,535 a 6,4 gramas. A relação peso-comprimento fornece informações biológicas que possibilitam a estimativa do peso dos indivíduos mediante o conhecimento do comprimento, ou vice-versa. Também permite medir a variação de peso esperada para o comprimento de um indivíduo ou grupo de indivíduos como indicação de sua condição (Gurgel e Mendonça 2001).

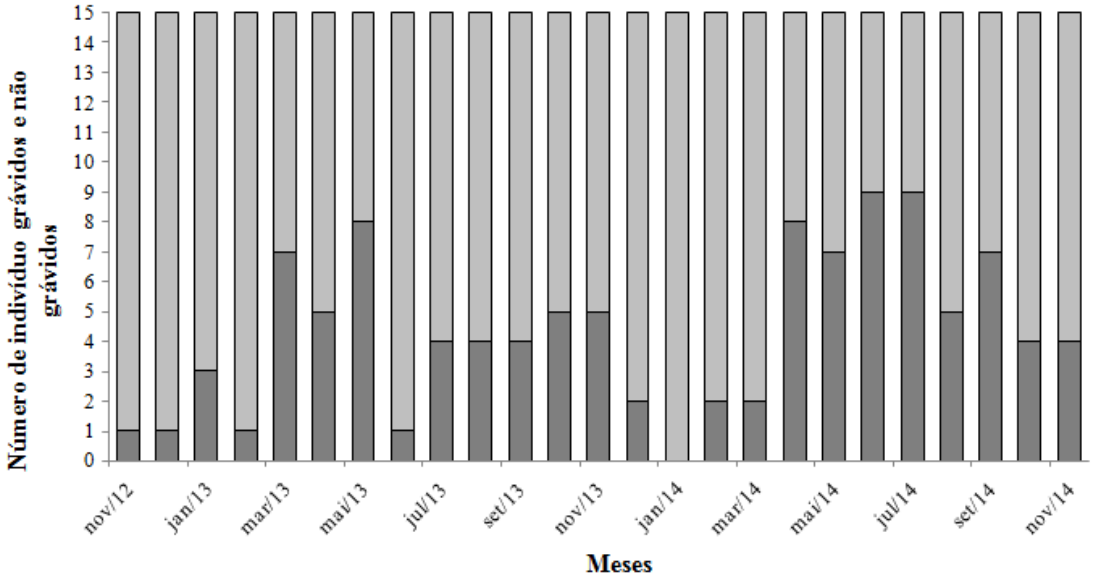
A partir da análise do gráfico sobre a relação peso-comprimento percebemos que os indivíduos com maior comprimento foram os mais pesados. Representantes de *D. ellipticus* mais jovens apresentaram conchas mais leves e finas pois ainda não incorporaram muito carbonato de cálcio as mesmas. Logo, o peso total foi muito semelhante ao peso úmido. À medida que os indivíduos vão crescendo, a concha vai ficando mais pesada e a diferença entre o PT e PU fica maior, com o PT sendo muito maior.

4.7 Análise do ciclo larval

Para análise do ciclo larval foram coletados 375 indivíduos, dos quais 108 (28,8%) estavam grávidos, 83 com ovos e 25 com gloquídios. No primeiro ano encontramos menos indivíduos grávidos do que no segundo ano (1º ano - 44 indivíduos; 2º ano - 64 indivíduos). O menor indivíduo grávido com ovos mediu 29,25 mm (maio de 2013) e o maior mediu 54,1 mm (janeiro de 2013). O menor indivíduo grávido com gloquídio mediu 31,73 mm (abril de 2014) e o maior mediu 57,27 mm (março de 2013). Parada et al. (1990) encontraram um indivíduo grávido com 26 mm, três milímetros abaixo do que encontramos em D. *ellipticus,* mas os autores não mencionaram em qual estágio de desenvolvimento o mesmo se encontrava.

O número de indivíduos grávidos com ovos e com gloquídios é dado na figura 29, na qual podemos notar maior número de indivíduos grávidos nos meses de março (47%) e maio (53%) de 2013 e abril (53%), maio (47%), junho (60%), julho (60%) e setembro (47%) de 2014

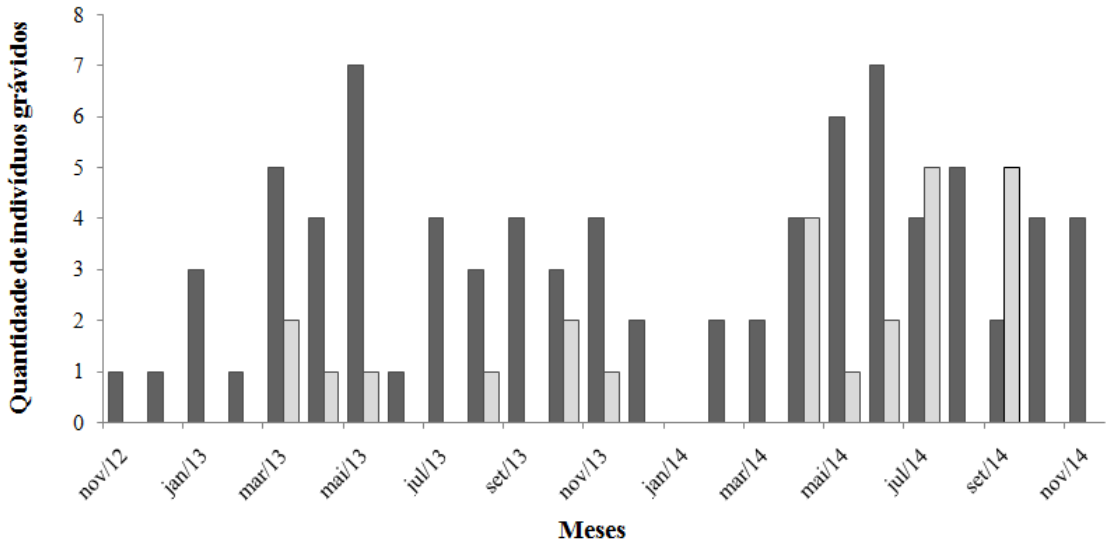
Figura 29 – Gráfico do número de indivíduos grávidos (cinza escuro) e não grávidos (cinza claro) de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2014.



Legenda: Número de indivíduos grávidos e não grávidos por mês durante o período de estudo.
Fonte: Presente trabalho (2015).

A avaliação das demibrânquias internas dos bivalves mostrou que os indivíduos alocam ovos no marsúpio durante todos os meses do ano, à exceção de janeiro de 2014. Contudo, gloquídios maduros só foram encontrados nos meses de março (n = 2), abril (n = 1), maio (n = 1), agosto (n = 1), outubro (n = 2) e novembro (n = 1) do primeiro ano e abril (n = 4), maio (n = 1), junho (n = 2), julho (n = 5) e setembro (n = 5) do segundo ano (Figura 31).

Figura 31 – Gráfico da quantidade de indivíduos grávidos com ovos (cinza escuro) e com gloquídios (cinza claro) de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2014.



Legenda: Quantidade de indivíduos grávidos com gloquídio e com ovos por mês durante o período de estudo.
Fonte: Presente trabalho (2015).

Não encontramos dificuldade em visualizar os indivíduos que estavam grávidos com ovos e com gloquídios através da análise das demibrânquias internas. Observamos que a coloração da demibrânquia passou de esbranquiçada para amarelada/amarronzada e o aspecto se assemelhou a areia molhada, como já observado por Mansur e Campos-Velho (1990) em seu estudo e por nós neste trabalho. Tal como relataram Meyer et al. (2014), o marsúpio estava localizado na porção mediana.

Contamos sempre os gloquídios da mesma demibrânquia, no caso a demibrânquia direita, como forma de padronização do estudo. Percebemos também que os ovos ou gloquídios de um mesmo indivíduo sempre se encontravam no mesmo estágio de desenvolvimento. Essa sincronia, no entanto, não ocorre em nível populacional. Num

mesmo mês os indivíduos grávidos de uma população incubam embriões em diferentes estágios de desenvolvimento, como notado também por Parada et al. (1990).

A partir da dissecação dos marsúpios, observou-se a presença constante de embriões, que variaram em relação à maturidade (ovos ou gloquídios) e à quantidade de indivíduos presentes na demibrânquia, em um mesmo mês de coleta e entre diferentes meses. Também foi notório que a eliminação de gloquídios em cada demibrânquia ocorre de forma assincrônica, já que quando observamos as duas demibrânquias de um mesmo indivíduo percebemos a diferença na quantidade de juvenis alocados, como dito anteriormente.

A avaliação do ciclo reprodutivo indica uma continuidade no desenvolvimento larval, com indivíduos alocando ovos no marsúpio durante todos os meses do ano como assinalado por Peredo e Parada (1986) e Meyer et al. (2014).

Em *D. ellipticus* notamos a presença de gloquídios maduros nos meses de março-maio, agosto, outubro e novembro de 2013 e abril-julho e setembro de 2014 (vide Figura 31). Mansur e Campos-Velho (1990) apontaram que a maturação das larvas gloquidiais ocorre nos períodos do fim do inverno, na primavera, até o início do verão. Porém, no nosso estudo não encontramos gloquídios maduros no final da primavera, e nem no início do verão. Os mesmos ocorreram no final do verão (março), durante o outono (abril, maio e junho) e o inverno (julho, agosto e setembro) e no início da primavera (outubro e novembro).

Alvarenga (1978) encontrou indivíduos de *D. besckeanus* incubados nos meses de março, abril e maio. Contudo, não realizou coletas mensais a fim de estabelecer um ciclo anual de gravidez.

Com base nas informações supracitadas, é provável que existam de dois a três picos de liberação de gloquídios, que parecem variar de ano para ano. Em 2013, o primeiro pico ocorreu nos meses de abril-junho, o segundo pico ocorreu em setembro e o terceiro pico em novembro-dezembro. Em 2014, o primeiro pico ocorreu de maio-agosto e o segundo ocorreu em novembro-dezembro.

Meyer et al. (2014) analisaram a histologia de *D. ellipticus* e notaram que a espermatogênese e ovogênese ocorrem ao longo de todo ano, comprovando que essa espécie apresenta uma estratégia de reprodução contínua, contudo os picos de liberação de gloquídios ocorreram no inverno (julho) e na primavera (setembro e novembro).

Esse padrão de liberação de gloquídios maduros parece ser característico de algumas espécies do gênero, se assemelhando com dados de Curial e Lange (1974a) para *D.*

expansus no rio do Cerne, estado do Paraná, Avelar e Mendonça (1998) para *Diplodon rotundus gratus* Wagner, 1827 no rio Pardo, estado de São Paulo e Meyer et al. (2013) para *D. expansus* no rio Piraquara, estado do Paraná, os quais encontraram dois picos de desova, um entre maio e junho e outro em outubro.

Contudo, exibe diferenças quanto à população de *D. chilensis*, do Lago Villarrica, Chile. Peredo e Parada (1986) observaram que os folículos masculinos estão mais cheios nos meses de outono e inverno e que a maior porcentagem de fêmeas grávidas foi encontrada em outubro, novembro e dezembro, ou seja, nos meses de primavera-verão, os quais também foram os meses de liberação. Parada et al. (1990) registraram um aumento de fêmeas grávidas da mesma espécie na primavera-verão (novembro-janeiro) e uma diminuição grande nos meses de inverno (maio a julho).

Moles e Layzer (2008) estudaram o bivalve *Actinonaias ligamentina* Lamarck, 1819 na represa Green River, Estados Unidos, e perceberam que as fêmeas com brânquias totalmente cheias foram observadas em meados de agosto, mas os óvulos fertilizados só foram observados quase no final de agosto. Os gloquídios viáveis foram observados no início de setembro.

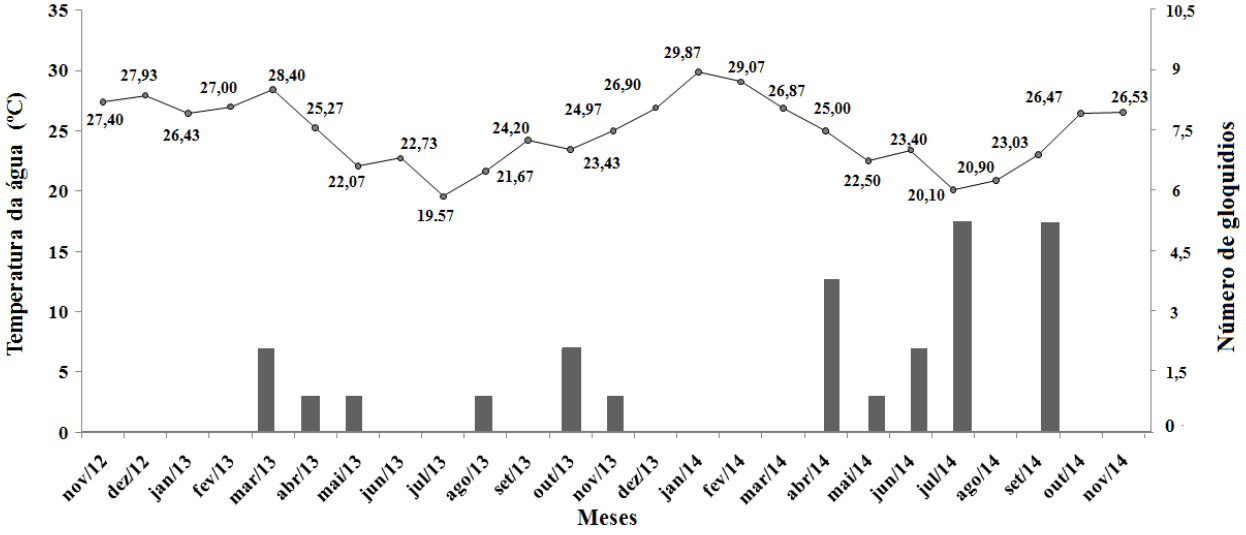
Parada et al. (1990) encontraram variação ao longo do ano na porcentagem de indivíduos grávidos nas populações estudadas no Chile. Os autores observaram uma diminuição considerável nos meses de inverno (de maio a julho) e um aumento progressivo na primavera-verão (de novembro a janeiro), assim como Peredo e Parada (1986) e Parada e Peredo (1994). Como descrito nos resultados acima, também encontramos uma grande variação na porcentagem de indivíduos grávidos, só que, diferente do estudo de Parada et al. (1990), tivemos picos bem marcados em maio dos dois anos e em junho e julho de 2014.

As diferenças observadas nos períodos de picos reprodutivos devem-se, provavelmente, a diferenças encontradas nos parâmetros ambientais ao longo de suas áreas de ocorrência. Como reportado para vários grupos de moluscos e outros invertebrados, o período de liberação de juvenis está atrelado ao aumento na temperatura da água, que desencadeia a gametogênese e a reprodução (Fretter e Graham 1964; Peredo e Parada 1986; Beekey e Karlson 2003; Fernandes 2011).

A relação entre a temperatura da água do ambiente e a presença de gloquídios na demibrânquia nos meses estudados encontra-se na figura 32. Os resultados mostram que os gloquídios maduros ocorrem em temperaturas entre 20,1ºC a 25,27 ºC e que estas

temperaturas podem influenciar na liberação dos mesmos. Acima de 26ºC não encontramos indivíduos grávidos com gloquídios (Figura 32).

Figura 32 – Gráfico da relação entre a temperatura mensal da água (bolas) e os meses de eliminação de gloquídio de *Diplodon ellipticus* Spix in Wagner, 1827 (quadrados) na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2014.



Legenda: Número de indivíduos grávidos com gloquídios e a relação com a temperatura da água durante o período de estudo.
Fonte: Presente trabalho (2015).

Na lagoa dos Caiçaras, as temperaturas altas em fevereiro (27ºC) e março (28,4ºC) de 2013 e janeiro (29,86 ºC), fevereiro (29,07 ºC) e março (26,87 ºC) de 2014 podem ter influenciado a reprodução e a gametogênese e, em abril-junho de 2013 e maio-agosto de 2014, quando as temperaturas estavam mais amenas, a energia antes alocada no crescimento somático foi revertida para a produção de gametas. Porém, meses quentes não antecederam os meses que encontramos gloquídios na demibrânquia dos indivíduos (setembro, novembro e dezembro de 2013 e novembro e dezembro de 2014).

Em *C. fluminea* a temperatura de liberação de juvenis variou entre 19 e 26 °C, cessando-se acima de 30 °C (Aldridge e McMahon 1978). No nosso trabalho, a liberação ocorreu numa faixa muito extensa de temperatura, assim como em *C. fluminea*, oscilando de 20,1 ºC até 26,9 ºC. Não ocorreu a liberação de gloquídios acima de 27ºC (Cataldo e Boltovskoy 1999). Apesar disso, não encontramos uma relação direta entre a temperatura da água e o período de liberação dos gloquídios já que a temperatura variou numa amplitude muito grande e durante alguns meses não influenciou na liberação.

Ao todo, 19.836 gloquídios maduros foram contabilizados no primeiro ano e 34.781 no segundo ano. O indivíduo com maior número de gloquídios foi encontrado na coleta de novembro de 2013 e continha 4.759 juvenis. O indivíduo com menor número de gloquídios na demibrânquia foi encontrado no mês de setembro de 2014, com 202 juvenis.

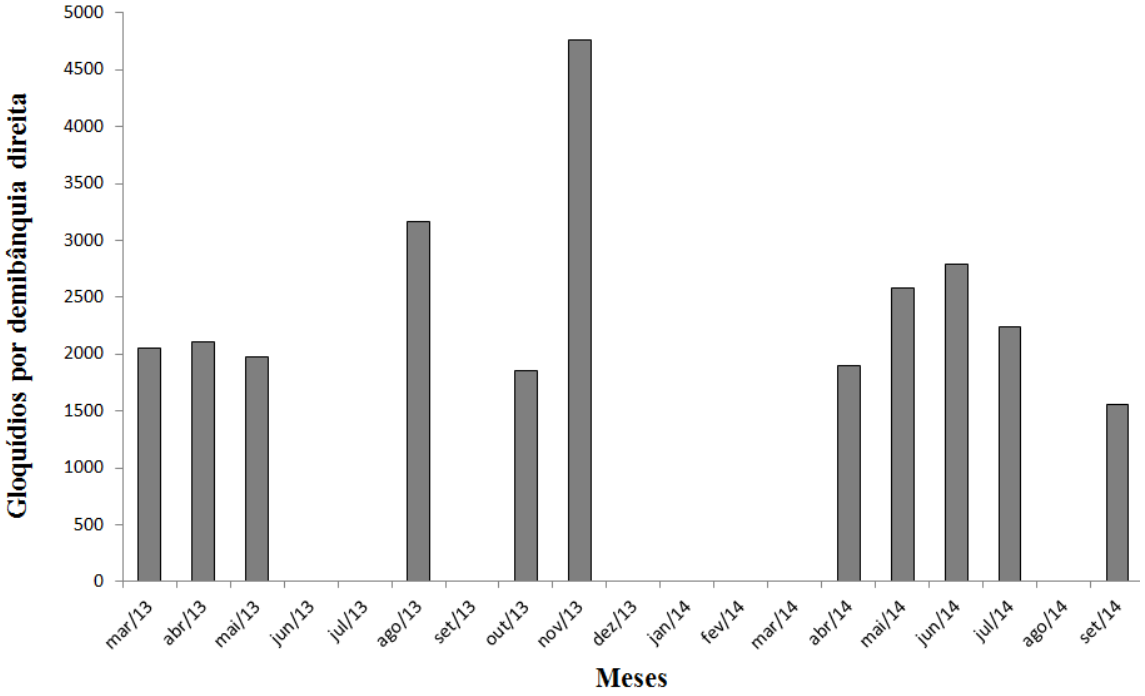
Para realização do gráfico 35, foi utilizada a média do número de gloquídios por demibrânquia direita nos meses de março e outubro de 2013 e abril, junho, julho e setembro de 2014 e nos outros meses, nos quais encontramos um único indivíduo grávido, utilizou-se o número total de gloquídios (Tabela 13; Figura 33).

Tabela 13- Valores mínimo, médio, máximo do número de gloquídios presentes na demibrânquia interna direita de *Diplodon elipticus* Spix in Wagner, 1827 coletados na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil entre novembro de 2012 a novembro de 2014.

Meses	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**	**Com gloquídio**
Mar/13	2057	429	3685	2
Abr/13	-	-	-	1
Mai/13	-	-	-	1
Ago/13	-	-	-	1
Out/13	1859	748	2970	2
Nov/13	-	-	-	1
Abr/14	1896	1580	2237	4
Mai/14	-	-	-	1
Jun/14	2796	2702	2891	2
Jul/14	2243	3186	1703	5
Set/14	1561	202	2131	5

Fonte: Presente trabalho (2015).

Figura 33 – Gráfico do número de gloquídios presentes na demibrânquia interna direita de *Diplodon elipticus* Spix in Wagner 1827, coletados na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2014.



Legenda: Quantidade gloquídios por demibrânquia direita por mês durante o período de estudo.
Fonte: Presente trabalho (2015).

A reprodução geralmente apresenta uma forte relação com o tamanho do corpo. Indivíduos de maior tamanho apresentam maior fecundidade que indivíduos menores (Haag 2012). Contudo, em alguns casos, a fecundidade pode declinar em indivíduos de tamanhos muito grandes, devido à idade avançada, sendo interpretada como o período de senescência (Bauer 1987; Haag e Staton 2003).

Beasley et al. (2005) estudaram a estação de reprodução de *Paxydon syrmatophorus* (Meuschen, 1781) do rio Tocantins durante os meses de fevereiro a setembro de 1998 e observaram que existe uma correlação positiva e significativa entre o comprimento da concha da fêmea adulta e o número de larvas por fêmea. Perceberam que o número de larvas por demibrânquia vai aumentando a medida que os meses vão passando, de fevereiro a julho e, depois, voltam a cair em agosto, quando os valores voltam a se assemelhar aos de fevereiro, com um pequeno aumento em setembro.

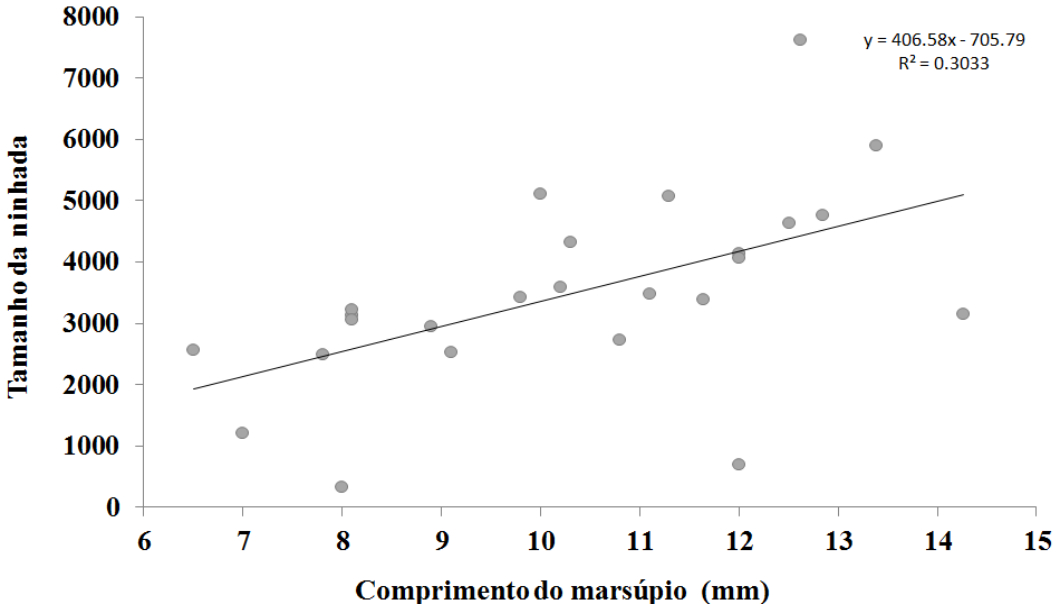
No nosso estudo não observamos um padrão reprodutivo, com o número de gloquídios crescendo ao longo dos meses, como visto por Beasley et al. (2005). A

assincronia na liberação de gloquídios pode ter sido um fator que nos impediu de visualizar esse padrão. Em um mesmo mês havia indivíduos que estavam com brânquia cheia e outros com a brânquia esvaziando e, com embriões em diferentes estágios de desenvolvimento, o que nos permite dizer que os individuos liberam os gloquídios de forma assincrônica e em dias diferentes. Esse padrão foi reportado também por Peredo e Parada (1986). A liberação parcial e assincrônica evidencia a existência de mais de um pico de liberação de gloquídios no nosso estudo e também o período prolongado de liberação de gloquídios no estudo de Peredo e Parada (1986).

Como exemplos, em março de 2013 havia indivíduos com a brânquia cheia, como o indivíduo 7 com 3685 juvenis e indivíduos esvaziando, como o indivíduo 6 com 429 juvenis. Assim como em setembro de 2014 havia indivíduos com a brânquia cheia (indivíduo 7 com 2012 e indivíduo 8 com 1907 juvenis) e brânquia esvaziando (indivíduo 3 com 202 juvenis).

Não encontramos uma correlação positiva forte entre o comprimento da concha e o número de juvenis por demibrânquia, como visto por Beasley et al. (2005). King (1995) afirmou que indivíduos de maior comprimento apresentam maior espaço interno para alocar os ovos e/ou a produção de ovos maiores. No nosso estudo, não encontramos essa relação já que o menor indivíduo com gloquídios maduros media 31,37 mm e continha aproximadamente 2554 gloquídios, número relativamente grande para um bivalve tão pequeno. Os maiores bivalves encontrados (acima de 45 mm) apresentaram estimativas que variaram de 686 - 5896 gloquídios por demibrânquia. Entretanto, encontramos uma correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) entre o comprimento do marsúpio onde estão alocados os juvenis e o tamanho da ninhada (estimativa do número de juvenis por demibrânquia), como visto na figura 34.

Figura 34 – Gráfico do número de gloquídios presentes na demibrânquia interna direita de *Diplodon elipticus* Spix in Wagner, 1827, coletados na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro, Brasil, entre novembro de 2012 a novembro de 2014.



Legenda: Relação entre o tamanho da ninhada e o comprimento do marsúpio.
Fonte: Presente trabalho (2015).

As diferenças no ciclo larval observadas em *D. ellipticus* comparadas a outros bivalves reiteram as variações que existem nos moluscos de água doce em geral com relação a vários aspectos reprodutivos, inclusive a expectativa de vida, sexualidade, liberação de juvenis, número de aniversários por ano, entre outros.

As duas populações de *D. chilensis* estudadas por Parada et al. (1990) e as populações de *D. ellipticus* estudadas no presente trabalho e em Meyer et al. (2014) apresentaram semelhanças e diferenças em alguns aspectos biológicos e populacionais relacionados as mudanças ambientais de cada localidade e genéticas de cada indivíduo e de cada espécie, os quais fazem com que o ciclo reprodutivo e larval variem.

A partir deste estudo, contribuímos com o conhecimento sobre os bivalves límnicos nativos do gênero *Diplodon*, através do estudo da dinâmica populacional e do ciclo reprodutivo de *D. ellipticus* na lagoa dos Caiçaras, Piraí, Rio de Janeiro.

Embora o número de pesquisadores interessados em bivalves venha crescendo nos últimos anos (vide a quantidade de trabalhos recentes utilizados como referência), o conhecimento sobre os bivalves de água doce ainda deve ser aprofundado, a fim de se reconhecer e resolver os problemas taxonômicos, biológicos e ecológicos existentes. O

estudo aqui apresentado deve ser expandido para outras populações e outras espécies dentro do gênero *Diplodon*, afim de torná-lo comparável e favorecer o reconhecimento das variações intra e interpopulacionais. Com isso, também conseguiríamos estabelecer padrões e entender melhor a influência dos fatores bióticos e abióticos sobre as características da história de vida dessa espécie.

CONCLUSÃO

A concha e o gloquídio de *Diplodon ellipticus* da lagoa dos Caiçaras coincidiram com o disponível na literatura, confirmando a identificação específica.

A análise da estrutura de crescimento mostrou que a população estudada é constituída principalmente por indivíduos de tamanhos intermediários (44-46 mm de comprimento), como já foi observado em outros estudos com *Diplodon*. A estabilidade da estrutura de comprimento pode ser explicada pela baixa taxa de crescimento anual de *D. ellipticus*.

Os meses de menor investimento em crescimento coincidiram com os meses de grande produção de gloquídios maduros, por isso, nos meses seguintes havia recrutas no substrato.

Ambas as metodologias, marcação e recaptura e distribuição de frequências, foram ferramentas úteis e confiáveis para medir o crescimento somático dos indivíduos. Além disso, também foram eficazes na determinação de parâmetros populacionais de *D. ellipticus*, e podem ser usadas em conjunto para ajustar a curva de crescimento da espécie e estimar a idade.

A mortalidade e expectativa de vida foram estimadas pela primeira vez para *D. ellipticus* e mostraram ser essenciais para entender o ciclo de vida desses animais. Em ambas metodologias a mortalidade foi baixa e a expectativa de vida alta.

A relação peso-comprimento foi alta (r= 0,8) e mostrou que quanto maior o indivíduo, maior é o seu peso.

Apesar de um indivíduo sempre estar no mesmo estágio de desenvolvimento, num mesmo mês existem indivíduos grávidos com ovos e gloquídios. A avaliação do ciclo reprodutivo indica uma continuidade no desenvolvimento larval, com indivíduos alocando ovos no marsúpio durante todos os meses do ano, exceto em janeiro/2014. Contabilizamos um total de 54.617 gloquídios, havendo mais indivíduos grávidos com gloquídios (n=5) nos meses de julho e setembro de 2014. Os gloquídios maduros foram encontrados em amplitudes de temperaturas de 20,1-25,27ºC e acreditamos que a temperatura pode influenciar na liberação dos mesmos. A correlação entre o comprimento do marsúpio e o tamanho da ninhada foi testada pela primeira vez nesse gênero e foi positiva.

As informações deste estudo são relevantes ao conhecimento da espécie e às futuras ações de gestão que tenham como objetivo preservar as espécies de *Diplodon*.

REFERÊNCIAS

Abrahão JR, Cardoso RS, Yokoyama LQ, Amaral ACZ. 2010. Population biology and secondary production of the stout razor clam *Tagelus plebeius* (Bivalvia, Solecurtidae) on a sandflat in southeastern Brazil. Zoologia. 27(1):54-64.

Adjei-Boateng D, Wilson JG. 2011. Body condition and gametogenic cycle of *Galatea paradoxa* (Mollusca: Bivalvia) in the Volta River estuary, Ghana. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 132:94-98.

Adjei-Boateng D, Wilson JG. 2013. Age Determination and Growth Rate of the Freshwater Clam *Galatea Paradoxa* (Born 1778) from the Volta River Estuary, Ghana. Journal of Aquatic Science. 1(2):31-38.

Aldridge DW, McMahon RF. 1978. Growth, fecundity, and bioenergetics in a natural population of the freshwater clam, *Corbicula fluminea* Philippi, from north central Texas. Journal of Molluscan Studies. 44:49-70.

Alvarenga LCF. 1978. Estudo de *Diplodon besckeanus* (Dunker, 1849) existente na Lagoa de Juturnaíba, Município de Araruama, Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Bivalvia, Unionoidea, Hyriidae). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. Rio de Janeiro. 55 p.

Alvarenga LCF, Ricci CN. 1979A. Contribuição ao conhecimento de *Diplodon* Spix, 1827: *Diplodon besckeanus* (Dunker, 1849) (Bivalvia; Unionoidea; Hyriidae). Anais do V Encontro de Malacologistas Brasileiros. Publicações Avulsas da Fundação Zoobotânica (Porto Alegre). 4:33-38.

Alvarenga LCF, Ricci CN. 1979B. Variações morfológicas encontradas em conchas de uma população de *Diplodon besckeanus* (Dunker, 1849) (Bivalvia, Unionoidea, Hyriidae). Anais do V Encontro de Malacologistas Brasileiros. Publicações Avulsas da Fundação Zoobotânica (Porto Alegre). 4:41-53.

Alvarenga LCF, Ricci CN. 1981. Morfologia das partes moles de *Diplodon* (*D.*) *besckeanus* (Dunker, 1849) (Bivalvia, Unionoidea, Hyriidae). Boletim do Museu Nacional, Zoologia. 298:1-8.

Amaral ABL, Alves TVF, Lopes-Lima M, Machado J. 2007. A short-term comparative study on *Diplodon rhuacoicus* young adults shell growth under enriched São Francisco river water. Thalassas. 23(1):33-38.

Amaral ACZ, Ribeiro CV, Mansur MCD, Santos SB, Avelar WEP, Matthews-Cascon H, Leite FPP, Melo GAS, Coelho PA, Buckup GB, et al. 2008. A situação de ameaça dos invertebrados aquáticos no Brasil. In: Machado ABM, Drummond GM, Paglia AP, editores. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Série Biodiversidade. p. 156-301.

Amstrup SC, McDonald TL, Manly BFJ. 2005. Handbook of Capture Recapture Analysis. Princeton: Princeton University Press. 336 p.

Amyot JP, Downing JA. 1988. Locomotion in *Elliptio complanata* (Mollusca: Unionidae) a reproductive function. Freshwater Biology. 39(2):51-358.

Ansell AD, Parulekar AH, Allen JA. 1978. On the rate of growth of *Nuculana minuta* (Mueller) (Bivalvia: Nuculanidae). Journal of Molluscan Studies. 44:71-82.

Anthony JL, Kesler DH, Downings WL, Downings JA. 2001. Length-specific growth rates in freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae): extreme longevity or generalized growth cessation?. Freshwater Biology. 46:1349-1359.

Arntz WE, Brey T, Tarzona J, Robles A. 1987. Changes in the structure of a shallow sandy-beach community in Peru during an El Niño event. African Journal of marine Science. 5:645-658.

Avelar WEP, Mendonça SHS. 1998. Aspects of gametogenesis of *Diplodon rotundus gratus* (Wagner 1827) (Bivalvia: Hyriidae) in Brazil. American Malacological Bulletin. 14(2):157-163.

Bailey RC, Green RH. 1987. Within-basin variation in the shell morphology and growth rate of a freshwater mussel. Canadian Journal of Zoology. 66:1704-1708.

Ball GH. 1922. Variation in Freshwater Mussels. Ecology. 2:93-121.

Balla SA, Walker KF. 1991. Shape variation in the Australian freshwater mussel *Alathyria jacksoni* Iredale (Bivalvia, Hyriidae). Hydrobiologia. 220:89- 98.

Bauer G. 1983. Age structure, age specific mortality rates and population trend of the freshwater pearl mussel in North Bavaria. Archives für Hydrobiologie. 98(4):523-532.

Bauer G. 1987. Reproductive Strategy of the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera*. Journal of Animal Ecology. 56(2):691-704.

Bauer G. 1991. Plasticity in life history traits of the freshwater pearl mussel: consequences for the danger of extinction and for conservation measures. In: Seitz A, Loeschcke V, editores. Species Conservation: A Population Biological Approach. , Berlim: Springer-Verlag. p. 103-120.

Bauer G. 1992. Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. Journal of Animal Ecology. 61:425-436.

Bauer G. 2001. Life-History variation on different taxonomic levels of naiads. In: Bauer G, Wächtler K, editores. Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida**.** Ecological Studies 145. Berlin (Germany): Springer-Verlag. p. 83-91.

Beasley CR. 1996. The distribution and ecology of the freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera* L. 1758, in County Donegal, Ireland and implications for its conservation. Tese de Doutorado. Queen's University of Belfast. Belfast.

Beasley CR, Miranda LQ, Alves STM, Melo AG, Souza JO, Tagliaro CH. 2005. Brood size and larval length of *Paxyodon syrmatophorus* (Bivalvia: Hyriidae) from the Tocantis river, Brazil. Amazoniana. (3/4):173-184.

Beasley CR, Miranda LQ, Alves STM, Tagliaro CH. 2003. Evaluation of methods for assessing brood size in freshwater mussels (Hyriidae). Journal of Molluscan Studies. 69:159-161.

Beausoleil NJ, Mellor DJ, Stafford KJ. 2004. Methods for marking New Zealand wildlife: amphibians, reptiles and marine mammals. Wellington: Department of Conservation, 147 p.
Beekey MA, Karlson RH. 2003. The effect of food availability on zygote production and brood size in a freshwater bivalve. Canadian Journal of Zoology. 81:1168-1173.

Blay J, Yoloye V. 1987. Observations on the growth of some populations of the freshwater bivalve *Aspatharia sinuata* (Unionacea, Mutelidae) in Nigeria. Korean Journal of Zoology. 30(2):140-153.

Blott SJ, Pye K. 2001. GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth Surface Processes and Landforms. 26:1237-1248.

Boehs G, Absher TM, Cruz-Kaled ACC. 2000. Ecologia populacional, reprodução e contribuição em biomassa de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia: Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. B. Inst. Pesca. 34(2):259-270.

Bogan AE. 2008. Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. Hydrobiologia. 595:139-147.

Bonetto AA. 1960A. Sobre algunas formas larvales de Hyriinae Ortmann. Actas y Trabajos Primer Congreso Sudamericano Zoológico (La Plata). 22(3):33-37.

Bonetto AA. 1960B. Contribuición al conocimiento de las gloquidias del gênero *Diplodon*. Actas y Trabajos Primer Congreso Sudamericano Zoológico (La Plata). 22(3):43-59.

Bonetto AA. 1961. Investigaciones acerca de las formas larvales en el género "*Diplodon*" y su aplicación a los estudios sistemáticos. Direccion General de Recursos Naturales, Ministerio Agricultura y Ganaderia. Santa Fe, Argentina. 48 p.

Bonetto AA, Castello HP. 1985. Pesca y Piscicultura en aguas continentales de América Latina. Monografía O.E.A. Biología. Washington DC: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. 118 p.

Bonetto AA, Di Persia DH. 1975. Las poblaciones de pelecípodos del Arroyo Ayui Grande (Prov. entre rios) y los factores que regulan su distribución y estructura. Ecosur. 2(3):123-151.

Bonetto AA, Ezcurra ID. 1963. Notas malacológicas, I. 1) El desarrollo del glochidium de *Diplodon delodontus delodontus* (Lam.); 2) El glochidium de *Prisodon* (*Triplodon*) *corrugatus* Lam.; 3) El lasidium de *Monocondylea paraguayana* d`Orb. Physis. 24(67):17-21.

Bonetto AA, Mansur MCD. 1970. Las nayades de la cuenca del Guaiba. Acta Zoologica Lilloana. 27:241-260.

Bonetto AA, Tassara MP, Rumi A. 1986. *Australis* n. subgen. de *Diplodon* Spix (Bivalvia, Unionacea) y posibles relaciones con Hyriidae australianos. Boletin de la Sociedad de Biologia de Concepcion. 57:55-61.

Boyden CR. 1972. Relationship of size to age in the cockles, Cerastoderma edule and C. glaucum from the river Crouch estuary, Essex. Journal of Conchology. 27:475-489.

Brenner B. 2005. Results of a Pilot Freshwater Mussel Survey in King County. Water and Land Resources Division. Seattle, Washington. 48 p.

Broom MJ. 1982. Analysis of the Growth of *Anadara granosa* (Bivalvia: Arcidae) in Natural, Artificially Seeded and Experimental Populations. Marine ecology Progress series. 9:69-79.

Brownie C, Anderson DR, Burnham KP, Robson DS. 1985. Statistical inference from band recovery data—a handbook, 2nd ed. U. S. Fish Wild. Serv. Resour. Publ. No. 156, Washington, D.C. 305 p.

Busse K. 1970. Nuevo método para medir flujos de agua producidos por organismos filtradores. Medición experimental en *Diplodon chilensis* (Gray), 1854 (Mollusca, Lamellibranchiata). Noticiario Mensual, Museu Nacional de Historia Natural. 172:3-10.

Cabrini TMB, Cardoso RS. 2012. Population biology of *Nassariuss vibex* (Say, 1822) on a sheltered beach in southeastern Brazil. Journal of Shellfish Research. 31:808-815.

Cardoso RS, Defeo O. 2004. Biogeographic patterns in life history traits of the Pan-American sandy beach isopod *Excirolana braziliensis*. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 61(3):559-568.

Cardoso RS, Veloso VG. 1996. Population biology and secondary production of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda: Talitridae) at Prainha beach, Brazil. Marine Ecology Progress Series. 142:111-119.

Cardoso RS, Veloso VG. 2003. Population dynamics and secondary production of the wedge clam *Donax hanleyanus* (Bivalvia: Donacidae) on a high energy, subtropical beach of Brazil. Marine Biology. 142 (1):153-162.

Carneiro JB, Miyahira IC, Santos SB. 2014. Monitoring freshwater mussel populations in Brasil: a tool for conservation. Tentacle. 22: 27-29.

Carothers AD. 1973. The effects of unequal catchability on Jolly-Seber estimates. Biometrics. 29:79-100.

Carothers AD. 1979. Quantifying unequal catchability and its effect on survival estimates in an actual population. Journal of Animal Ecology. 48:863-869.
Cataldo D, Boltovskoy D. 1999. Population dynamics of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) in the Paraná River Delta (Argentina). Hydrobiologia. 380:153-163.

Chehebar CE. 1985. A survey of the southern river Otter Lutra provocax Thomas in Nahuel Huapi National Park, Argentina. Biological Conservation. 32(4):299-307.

Choo PS, Speiser G. 1979. An estimation of the growth parameters and mortality of *Mytilus viridis* Linnaeus (Mollusca, Mytilidae), cultured in a suspended plastic cage in Jelutong, Penang. Malaysian Agricultural Journal. 52(1):9-16.

Coker RE. 1914.Water-power Development in relation to fishes and mussels of the Mississippi. Bur. Duc. 805. App. VIII to Rep. U. S. Com.Fish. for13.

CONAMA 20/86 – Brasil 1986. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html >. Acessado em: 14 de novembro 2014.

Cormack RM. 1992. Interval Estimation for Mark-Recapture Studies of Closed Populations. Biometrics. 48(2):567-576.

Crowley TE. 1957. Age determination in *Anodonta*. Journal of Conchology. 24:201-207.

Cummings KS, Bogan AE. 2006. Unionoida: freshwater mussels. In: C.F. Sturm, T.A. Pearce, A. Valdés, editores. The mollusks: a Guide to Their Study, Collection, and Preservation. Boca Raton (Florida): Universal Publishers. p. 313-325.

Curial O, Lange RR. 1974a. Hermafroditismo em *Diplodon delodontus expansus*. Arquivos de Biologia e Tecnologia (Curitiba). 17:109-110.

Curial O, Lange RR. 1974b. Observações sobre a proporção de sexos em *Diplodon delodontus expansus*. Arquivos de Biologia e Tecnologia (Curitiba). 17(2):111-112.

Darrigran G, Bonel N, Colautti D, Cazzaniga NJ. 2011. An alternative method to assess individual growth of the golden mussel (*Limnoperna fortunei*) in the wild. Journal of Freshwater Ecology. 26(4):527-535.

Downing WL, Downing JA. 1993. Molluscan Shell growth and loss. Nature. 362: 506.

Downing WL, Shostell J, Downing JA. 1992. Non annual external annuli in the freshwater mussels Anodonta grandis grandis and *Lampsilis radiata siliquoidea*. Freshwater Biology. 28(3):309-317.

Dugeon D, Morton B. 1983. The population dynamics and sexual strategy of *Anodonta woodiana* (Bivalvia: Unionacea) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong. Journal of Zoology. 201:161-183.

Dunca E, Mutvei H. 2001. Comparison of microgrowth pattern in *Margaritifera margaritifera* shells from south and north Sweden. American Malacological Bulletin. 16:239-250.

Esteves FA. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência. 575 p.
Etim L. 1996. Determination of the reproduction cycle in a population of *Egeria radiata* (Lam. 1804) (Bivalvia: Donacidae) using condition index and histological examination of gonads. Annals of Limnology. 32(2):105-113.

Fechter R. 1983. Das Typen material der von J. B. v. Spixin Brasilien gesammelten Unionacea (Mollusca/Bivalvia). Spixiana. 9:225-255.

Fernandes, LP. 2011. Crescimento e recrutamento do camarão sete barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, Heller, 1862, no Norte do Estado do rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro/UENF. Rio de Janeiro. 63p.

Focht T, Veitenheimer-Mendes IL. 2001. Distribuição sazonal e reprodução de *Neocorbicula limosa* (Maton) (Bivalvia, Corbiculidae) no Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia. 18(1):35-43.

Folk RL, Ward WC. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology. 27(1): 3-26.

Fontoura-da-Silva V, Carneiro JB, Miyahira IC, Santos SB, Caetano CHS. 2013. Mark-recapture methodology: A simple and inexpensive technique for the study of bivalves and gastropods in Brasil. Tentacle. 21:13-16.

Franco JN, Ceia FR, Patrício J, Modesto V, Thompson J, Marques JC, Neto JM. 2012. Population dynamics of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in mesohaline and oligohaline habitats: Invasion success in a Southern Europe estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 112:31-39.

Fretter V, Graham A. 1964. Reproduction. P 127-163. In: Wilbur KM, Yonge M, editores. Physiology of Mollusca. Academic Press: New York. p. 127-163.

Gaspar MB, Pereira AM, Vasconcelos P, Monteiro CC. 2004. Age and growth of *Chamelea gallina* from the Algarve coast (Southern Portugal): influence of seawater temperature and gametogenic cycle on growth rate. Journal of Molluscan Studies. 70:371-377.

Gaspar MB, Richardson CA, Monteiro CC. 1994. The effects of dredging on shell formation in the razor clam *Ensis siliqua* from Barrinha, southern Portugal. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 74:927-938.

Gaston KJ, Spicer JI. 1998. Biodiversity, an introduction**.** Oxford: Blackwell Sciences. 113 p.

Gayanilo FCJ, Sparre P, Pauly D. 1996. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) No. 8. Rome: FAO. 336 p.

Gayanilo FCJ, Sparre P, Pauly D. 2005. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FISAT II). Revised version. User´s guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) No. 8. Rome: FAO. 168 p.

Graf DL, Cummings KS. 2007. Review of the systematics and global diversity of freshwater mussel species (Bivalvia:Unionoida). Journal of Molluscan Studies. 73:291-314.

Giribet G. 2008. Bivalvia. In: Ponder WF, Lindberg DR, editores. Phylogeny and evolution of the Mollusca. London: University of Carolina Press. p. 105-141.

Golterman HL. 1975.Chemistry. In: Whitton BA, editor. River ecology. London: Blackwell, p. 39-80.

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.

Gulland JA, Holt SJ. 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. Journal of Conservation CIEM. 25:47-49.

Gurgel HCB, Mendonça VA. 2001. Estrutura populacional de *Astyanax bimaculatus vittatus* (Castelnau, 1855) (Characidae, Tetragonopterinae) do Rio Ceará-Mirim, Poço Branco, RN. Revista Ceres. 48(276):159-168.

Haag WR. 2012. North American Freshwater mussels. Natural History, Ecology, and Conservation. Cambrigde (UK): Cambridge University Press. 538 p.

Haag WR, Commens-Carson AM. 2008. Testing the assumption of annual shell ring deposition in freshwater mussels. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 65:493-508.

Haag WR, Rypel AL. 2011. Growth and longevity in freshwater mussels: Evolutionary and conservation implications. Biological Reviews. 86:225-247.

Haag WR, Staton JL. 2003. Variation in fecundity and other reproductive traits in freshwater mussels. Freshwater Biology. 48:2118-2130.

Haas F. 1931. Versucheinerkritischen Sichtung der sudamerikanischen Najaden, hauptsachlichan Hand der Sammlung des Senckenberg-Museums II. Senckenbergiana. 13: 30–52.

Haas F. 1969. Superfamilia Unionacea. In: Martens R, Hennig W, editors. Das Tierrich, Lieferung 88. Walter de Gruyter and Co. 663 p.

Hart RA, Grier JW, Miller AC, Davis M. 2001.Empirically derived survival rates of a native mussel, *Amblema plicata*, in the Mississippi and Otter Tail rivers, Minnesota. The American Midland Naturalist. 146(2):254-263.

Hastie LC. 2006. Determination of mortality in exploited freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) populations. Fisheries Research. 80:305-311.

Hastie LC, Young MR, Boon PJ. 2000. Growth characteristics of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). Freshwater Biology. 43:243-256.

Hebling NJ, Penteado AMG. 1974. Anatomia funcional de *Diplodon rotundus gratus* Wagner, 1827 (Mollusca, Bivalvia). Revista Brasileira de Biologia. 34(1):67-80.

Helama S, Valovirta I. 2008. Ontogenetic morphometrics of individual freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* (L.)) reconstructed from geometric conchology and trigonometric sclerochronology. Hydrobiologia. 610:43-53.

Henry R, Simão CA. 1984. Evalluation of density and biomass of a bivalve population (*Diplodon delontus expansus*) (Küster, 1856) in a small tropical reservoir. Revista Hidrobiologia Tropical. 17(4):309-318.

Henry R, Simão CA. 1985. Spatial distribution of a bivalve population (*Diplodon delodontus expansus*) (Küster, 1856) in a small tropical reservoir. Revista Brasileira de Biologia. 45(4):407-415.

Hermann M, Alfaya JEF, Lepore ML, Penchaszadeh PE, Arntz WE. 2011. Population structure, growth and production of the yellow clam *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mesodesmatidae) from a high-energy, temperate beach in northern Argentina. Helgoland Marine Research. 65:285-297.

Humphrey CL 1984. Biology and ecology of the freshwater mussel *Velesunio angasi* (Bivalvia: Hyriidae) in the Magela Creek, Alligator River regions, Northern Territory. Tese de Doutorado. University of New England, Austrália. 200 p.

Ihering H. 1890. Revision der von Spix in Brasilien gesammelten Najaden. Archiv für Naturgeschichte. 56:117-170.

INEA. 2008. Instituto Estadual do Ambiente. Disponível em: < www.inea.rj.gov.br/recursos/arquivos/Regioes Hidrograficas.pdf >. Acessado em: 14 de novembro 2014.

Isely FB. 1911. Preliminary Note on the Ecology of the Early Juvenile Life of the Unionidae. Biological Bulletin. 20(2):77-80.

Jones JW, Neves RJ, Ahlstedt SA, Mair RA. 2004. Life history and propagation of the endangered dromedary pearly mussel (*Dromus dromas*) (Bivalvia: Unionidae). Journal of the North American Benthological Society. 23:515-525.

Kendall NW, Rich HB, Jensen LR, Quinn TP. 2010. Climate effects on inter-annual variation in growth of the freshwater mussel (*Anodonta beringiana*) in an Alaskan lake. Freshwater Biology. 55:2339-2346.

Kesler DH, Downing JA. 1997. Internal shell annuli yield inacurrate growth estimates in the freshwater mussels *Elliptio complanata* and *Lampsilis radiata*. Freshwater Biology. 57:325-332.

King M. 1995. Fisheries Biology, assessment and management. Oxford: Fishing News Books. 331 p.

Krebs CJ. 1998. Ecological Methodology. 2nd ed. San Francisco: Benjamin Cummings. 624 p.

Kwei EA. 1965. The spawning and the growth of the Volta oyster Egeria radiata (Lam.). Ghana Journal of Science. 5(2):150-160.

Lamparelli MC. 2004. Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo/USP. São Paulo. 235 p.

Lara G. 1988. Ordenamiento espacial y abundancia de *Diplodon chilensis chilensis* (Gray, 1828) (Bivalvia: Hyriidae) en el Lago Panguipulli, Valdivia, Chile. Tesis, Universidad Austral de Chile. 83 p.

Lara G, Moreno C. 1995. Efectos de la depredación de *Aegla abtao* (Crustacea, Aeglidae) sobre la distribución espacial y abundancia de *Diplodon chilensis* (Bivalvia, Hyriidae) en el Lago Panguipulli, Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 68:123-129.

Lara G, Parada E. 2008. Mantención del patrón de distribución espacial, densidad y estructura de tamanños de la almeja de agua dulce *Diplodon chilensis* Gray, 1828 (Bivalvia: Hyriidae) en el Lago Panguipulli, Chile. Gayana. 72:45-51.

Lara G, Parada E, Peredo S. 2002. Alimentacion y conducta alimentaria de la almeja de agua dulce *Diplodon chilensis* (Bivalvia: Hyriidae). Gayana. 66(2):107-112.

Lebreton JD, Burnham KP, Clobert J, Anderson DR. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. Ecological Monographs. 62(1):67-118.

Leveque C. 1971. Equation de Bertalanffy et croissance des mollusques benthiques du lac Tschad. Cah. ORSTOM. Hydrobiologie. 5(3/4): 263-283.

Lima, RC. 2010. Reprodução e cultivo de bivalves límnicos ameaçados de extinção: uma estratégia para a conservação do gênero *Diplodon* (Spix, 1827) (Mollusca, Hyriidae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo/USP. São Paulo. 138 p.

Lydeard C, Cowie RH, Ponder WF, Bogan AE, Bouchet P, Clark SA, Cummings KS, Frest TJ, Gargominy O, Herbert DG. et al. 2004. The global decline of nonmarine mollusks. Bioscience. 54:321-330.

Machado J, Coimbra J, Sá C, Cardoso I. 1988. Shell thickening in *Anodonta cygnea* by induced acidosis. Comparative Biochemistry and Physiology. 91A(4):645-654.

Mansur MCD. 1983. Redescrição de duas espécies do gênero *Diplodon* Spix, 1827 (Mollusca, Bivalvia), da sub-família do Jacuí, Bacia Atlantica do Sudeste, Brasil. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. 151 p.

Mansur MCD. 1999. Gloquídio de *Diplodon martensi* (Ihering) (Mollusca, Bivalvia, Hyriidae) e seu ciclo parasitário. Revista Brasileira de Zoologia. 16(2):185-194.

Mansur MCD. 2007. Moluscos da classe Bivalvia que tiveram sucesso ao se irradiarem no ambiente de água doce. In: Pimenta AD & Fernandez MA, editores. Livro de Resumos do XX Encontro Brasileiro de Malacologia, Rio de Janeiro, SBMa. p. 27-29.

Mansur MCD, Campos-Velho NMR. 1990. Técnicas para o estudo dos gloquídios de Hyriidae (Mollusca, Bivalvia, Unionoida). Acta Biológica Leopoldensia.12(1):5-18.

Mansur MCD, Santos CP, Pereira D, Paz ICP, Zurita MLL, Rodriguez MTR, Nehrke MV, Bergonci PEA. 2012. Moluscos Límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. Porto Alegre: Editora Redes. 412 p.

Mansur MCD, Schulz C, Garces LMMP. 1987. Moluscos bivalves de água doce: identificação dos gêneros do sul e do leste do Brasil. Acta Biológica Leopoldensia. 9(2):181-202.

Mansur MCD, Silva MGO. 1999. Description of glochidia of five species of freshwater mussels (Hyriidae: Unionoidea) from South America. Malacologia. 41(2):475-483.

Mattos G, Cardoso RS. 2012. Population dynamics of two suspension-feeding bivalves on a sheltered beach in southeastern Brazil. Helgoland Marine Research. 66:393-400.

Meyer AAN, Martin JK, Oliveira E. 2013. Ocorrência e caracterização histológica de marsúpios de*Diplodon expansus* (Küster, 1856) (Mollusca, Bivalve, Hyriidae) no rio Piraquara, Paraná, Brasil. Biotemas. 26(1):97-108.

Meyer AAN, Oliveira E, Martim J. 2010. Classes de comprimento e proporção sexual em *Diplodon expansus* (Mollusca, Bivalvia, Hyriidae) no rio Piraquara, Paraná, Brasil. Iheringia, Série Zoológica. 100(4):329-335.

Meyer AAN, Oliveira E, Teixeira TB, Viesser JA. 2014. Classes de comprimento e descrição histológica das gônadas de *Diplodon ellipticus* (Wagner, 1827) (Mollusca, Bivalvia, Hyriidae) em um lago artifcial, Morretes, Paraná, Brasil. Biotemas. 27(3):81-96.

Miller AC, Payne BS. 1988. The need for quantitative sampling to characterize size demography and density of freshwater mussel communities. American Malacological Bulletin. 6(1):49-54.

Miyahira IC. 2014. Espécies de Rhipidodontini das bacias do alto rio Paraná, rio São Francisco e rios costeiros do Atlântico Leste, Norte e Nordeste (Bivalvia: Unionoida: Hyriidae). Tese de Doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 254 p.

Miyahira IC, Mansur MCD, Santos SB. 2013. Revision of the type specimens of *Diplodon ellipticus* and *Diplodon expansus* (Bivalvia, Unionoida, Hyriidae). Spixiana. 36(2):173-182.

Moles KR, Layzer JB. 2008. Reproductive ecology of Actinonaias ligamentina (Bivalvia:Unionidae) in a regulated river. Journal of the North American Benthological Society. 27(1):212-222.

Moses SB. 1990. Growth, biomass, mortality, production and potential yield of the West African clam, *Egeria radiata* (Lamarck) (Lamellibranchia, Donacidae) in the Cross River system, Nigeria. Hydrobiolobia. 196:1-15.

Moura P, Gaspar MB, Monteiro CC. 2009. Age determination and growth rate of a *Callista chione* population from the southwestern coast of Portugal. Aquatic Biology. 5:97-106.

Nagel KO. 1987. Untersuchungen an einer Najadenpopulation (Bivalvia: Unionidae) in einem Baggersee bei Kassel (Nordhessen). Philippia. V/5:383-395.

Narchi W.1976. Ciclo anual da gametogênese de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia). Boletim Zoológico da Universidade de São Paulo. 1:331-350.

Natanson LJ, Mello JJ, Campana SE. 2002. Validated age and growth of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the western North Atlantic Ocean. Fishery Bulletin. 100:266-278.

Ndomahina ET. 1975. Studies on the habitat, age and growth of the cockle *Senilia* (= Arca) *senilis* (L.). Tese de Doutorado, Department of Zoology, Fourah Bay College, Freetown, Sierra Leone.

Negus CL. 1966. A quantitative study of growth and production of unionid mussels in the River Thames at Reading. Journal of Animal Ecology. 35(3):513-532.

Neves RJ, Widlak JC. 1987. Habitat ecology of juvenile freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae) in a headwater stream in Virginia. American Malacological Bulletin. 5(1):1-7.

Nugranad J. 1988. Preliminary report on the growth, mortality, recruitment of the Asian moon scallop *Amusium pleuronectes* in Koh Chang (Koh Kood Area), eastern Gulf of Thailand. Unpublished.

Nuttall CP. 1990. A review of the Tertiary non-marine molluscan faunas of Pebasian and other inland basins of north-western South America. Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology. 45(2):264-353.

Ortmann AE. 1920. Correlation of shape and station in freshwater mussels (naiades). Proceedings of the American Philosophical Society. 59:269-312.

Ortmann AE. 1921. South American Naiades: a contribution to the knowledge of the freshwater mussels of South America. Memoirs of the Carnegie Museum. 8:451-684.

Parada E, Peredo S. 1994. Un enfoque ecológico evolutivo de las estrategias de historia de vida de los híridos chilenos (Mollusca : Bivalvia). Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción. 65:71-80.

Parada E, Peredo S, Gallardo C. 1990. Tácticas reproductivas y dinamica poblacional de *Diplodon chilensis* (Gray, 1828) (Bivalvia: Hyriidae). Revista Chilena de Historia Natural. 63:23-35.

Parada E, Peredo S, Lara G, Valdebenito I. 1989. Growth, age and life span of the freshwater mussel *Diplodon chilensis chilensis* (Gray, 1828). Archiv für Hydrobiologie. 115:563-573.

Paranhos R. 1996. Alguns métodos para análise de água. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ. Cadernos didáticos 19, 281p.

Parodiz JJ. 1973. The species complex of *Diplodon delodontus* (Lamarck) (Unionacea, Hyriidae). Malacologia. 14:247-270.

Parodiz JJ, Bonetto AA 1963. Taxonomy and zoogeographic relationships of the South American naiades (Pelecypoda: Unionacea: Mutelacea). Malacologia. 1(2):179-213.

Parodiz JJ, Hennings, L. 1965. The *Neocobicula* (Mollusca, Pelecypoda) of the Parana-Uruguay Basin, South America. Annals of Carnegie Museum. 38(3):69-96.

Pauly D.1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM Studies and reviews 8. 325 p.

Pauly D, Munro JL. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. Fishbyte. 2:1-21.

Pauly D, Munro JL, Abad N. 1995. Comparison of age structure and length-converted catch curves of brown trout *Salmo trutta* in two French rivers. Fisheries Research. 22:197-204.

Peredo S, Parada E. 1986. Reproductive cycle in the Freshwater Mussel *Diplodon chilensis chilensis* (Mollusca: Bivalvia). The veliger. 28(4):418-425.

Pereira D, Mansur MCD, Duarte LDS, Oliveira AS, Pimpão DM, Calil CT, Ituarte C, Parada E, Peredo S, Darrigran G, et al. 2014. Bivalve distribution in hydrographic regions in South America: historical overview and conservation. Hydrobiologia. 735:15-44.

Pereira D, Mansur MCD, Pimpão DM. 2012. Identificação e diferenciação dos bivalves límnicos invasores dos demais bivalves nativos do Brasil. In: Mansur MCD, Santos CP, Pereira D, Paz ICP, Zurita MLL, Rodriguez MTR, Nehrke MV, Bergonci PEA, editores. Moluscos límnicos invasores do Brasil: biologia, prevenção e controle. Porto Alegre: Redes Editora. p. 75-94.

Petracco M, Camargo RM, Tardelli DT, Turra A. 2013. Population biology of the gastropod *Olivella minuta* (Gastropoda, Olividae) on two sheltered beaches in southeastern Brazil. Estuarine Coastal and Shelf Science. 150A:149-156.

Pimpão DM, Mansur MCD, Bergonci PEA, Beasley CR. 2012. Comparative morphometry and morphology of glochidial shells of Amazonian Hyriidae (Mollusca: Bivalvia: Unionida). American Malacological Bulletin. 30(1):73-84.

Pollock KH, Nichols JD, Brownie C, Hines JE. 1990. Statistical inference for capture recapture experiments. Wildlife Monographs 107. 97 p.

Portal Piraí. 2014. Disponível em: < http://www.pirai.rj.gov.br/index.php/a-cidade >. Acessado em: 14 de novembro 2014.

Reynolds CS. 1978. Forum: Nutrient ratios - Non-determinism to Probability, or N: P in the community ecology of phytoplankton. Archiv für Hydrobiologie. 146(1):23-25.

Ricci CN, Alvarenga LCF, Coelho ACS. 1990. Gloquídios de *Diplodon* Spix, 1827: *D.* (D.) *multistriatus* (Lea, 1831) (Mollusca, Bivalvia, Hyriidae). Boletim do Museu Nacional, Zoologia. 344:1-10.

Ricciardi A, Neves RJ, Rasmussen JB. 1998. Impending extinctions of North American freshwater mussels (Unionoida) following the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion. Journal of Animal Ecology. 67:613-619.

Ricciardi A, Rasmussen JB. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. Conservation Biology 13(5):1220-1222.

Ricker WE.1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada.191:1-382.

Roper DS, Hickey CW. 1994. Population structure, shell morphology, age and condition of the freshwater mussel *Hyridella menziesi* (Unionacea: Hyriidae) from seven lake and river sites in the Waikato River System. Hydrobiologia. 284:205-217.

Ruppert EE, Fox RS, Barnes RD. 2008. Zoologia dos Invertebrados - Uma abordagem funcional-evolutiva. São Paulo: Editora Roca. 1145 p.

Schmidt BR. 2003. Count data, detection probabilities, and the demography, dynamics, distribution, and decline of amphibians. Comptes Rendus Biologies. 326:119-124.

Schöne BR, Dunca E, Mutvei H, Norlund U. 2004. A 217-year record of summer air temperature reconstructed from freshwater pearl mussels (*M. margarifitera*, Sweden). Quaternary Science Reviews. 23:1803-1816.

Schöne BR, Oschmann W, Rössler J, Freyre Castro AD, Houk SD, Kröncke I, Dreyer W, Janssen R, Rumohr H, Dunca E. 2003. North Atlantic Oscillation dynamics recorded in shells of a long-lived bivalve mollusk. Geology. 31:1237-1240.

Seber GAF. 1982. The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters. London: Griffin. 506 p.

Seber GAF. 1986. A Review of Estimating Animal Abundance. Biometrics. 42(2):267-292.

Semenas L, Brugni N. 2002. Características poblacionales y ciclo de vida de *Diplodon chilensis* (d'Orbigny, 1835) (Hyriidae, Bivalvia) en el lago Gutiérrez (Patagonia, Argentina). Ecología Austral. 12:29-40.

Senar JC, Dhondt AA, Conroy MJ. 2004. The quantitative study of marked individuals in ecology, evolution and conservation biology: a fore word to the EURING 2003 conference. Animal Biodiversity and Conservation. 27:1-2.

Sette CSC, Shinozaki-Mendes RA, Barros TL, Souza JRB. 2013. Age and growth of *Alitta succinea* (Polychaeta; Nereididae) in a tropical estuary of Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 93(8):2123-2128.

Simone LRL. 2006. Land and freshwater mollusks of Brazil. São Paulo: EGB, FAPESP. p. 255-273.

Smith DG. 1976. Notes on the biology of *Margaritifera margaritifera* (Linn) populations in Central Massachusetts. The American Midland Naturalist. 96:252-256.

Smith DG. 1979. Sexual characteristics of *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus) populations in central New England. The Veliger. 21(3):381-383.

Soldati AL, Jacob DE, Schöne BR, Bianchi MM, Hajduk A. 2009. Seasonal periodicity of growth and composition in valves of *Diplodon chilensis patagonicus* (d'Orbigny, 1835). Journal of Molluscan Studies. 75:75-85.

Soto D, Mena G. 1999. Filter feeding by the freshwater mussel, *Diplodon chilensis*, as a biocontrol of salmon farming eutrophication. Aquaculture. 171:65-81.

Sparre P, Venema SC. 1997. Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 1. Manual. FAO Documentos técnicos sobre as pescas. 306/1 (rev. 2). 404 p.

Strayer DL, Dowining JA, Haag WR, King TL, Layzer JB, Newton TJ, Nichols SJ. 2004. Changing perspectives on pearly mussels, North America´s most imperiled animals. Bioscience. 54(5):429-439.

Strayer DL, Smith DR. 2003. A Guide to Sampling Freshwater Mussel Populations. American Fisheries Society Monograph No. 8. Bethesda (Maryland): American Fisheries Society. 101 p.

Systat 12.Versão 12.02.00.SYSTAT Software, Inc. 2007.

Tevesz MJS, Carter JG. 1980. Environmental relationships of shell form and structure of Unionidae bivalves. In: Rhoads DC, Lutz RA, editores. Skeletal growth of aquatic organisms. New York: Plenum Press. p. 295-322.

Townsend CR, Begon M, Harper JL. (Eds.) 2010. Fundamentos em Ecologia. 3ed. Porto Alegre: Artmed. 576 p.

Urban H-J, Tarazona J. 1996. Effects of El Niño/Southern Oscillation on the population dynamics of a *Gari solida* population (Bivalvia: Psammobiidae) from Bahia Independencia, Peru. Marine Biology.125:725-734.

Valkily JM. 1990. Determination and comparison of growth in bivalves, with emphasis on the tropics and Thailand. Doutorado. Univesity of Kiel, Germany. 116 p.

Vallejos P. 1996. Utilización de bivalvos de agua dulce (*Diplodon chilensis*) para tratamientos de aguas domésticas domiciliarias. Informe Técnico CIDERE Bío-Bío. 95 p.

Vaughn CC, Taylor CM. 1999. Impoundments and the Decline of Freshwater Mussels: a Case Study of an Extinction Gradient. Conservation Biology. 13(4):912-920.

Villella RF, Smith DR, Lemarié DP. 2004. Estimating survival and recruitment in a freshwater mussel population using mark-recapture techniques. The American Midland Naturalist. 151:114-133.

Vinarskii MV. 2012. Geographical Variability in Freshwater Mollusks. Zhurnal Obshchei Biologii. 73(2):125-137.

Young M, Williams J. 1984. The reproductive biology of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (Linn) in Scotland. I. Field studies. Archiv für Hydrobiologie. 99(4):405-422.

Wächtler K, Mansur MCD, Rishter T. 2001. Larval types and early postlarval biology in naiads (Unionoida). In: Bauer G, Wächtler K, editores. Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. Ecological Studies. Volume 145. Berlin (Germany): Springer-Verlag. p. 93-125.

Wagner JA. 1827. Testacea fluviatilia quae in itinere per Brasiliam annis MDCCCXVII-MDCCCXX jussu et auspiciis Maximiliani Josephi I. Bavariae regis augustissimi suscepto collegit et pingenda curavit Dr. J. B. de Spix. Wolf, Munich. iv + [ii] + 36 p., 29 pls.

Walker KF. 1981. Ecology of freshwater mussels in the River Murray. Australian Water Resources Council technical paper 63. 119 p.

Walker KF, Byrne M, Hickey CW, Roper DS. 2001. Freshwater mussels (Hyriidae) of Australasia. In: Bauer G, Wachtler K, editors. Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. Ecological Studies Volume 145. Berlin (Germany): Springer-Verlag. p. 5-31.

Wetzel RG. 2001. Limnology - Lake and River Ecosystems. 3ed. Academic Press. San Diego. 1006 p.

Williams JD, Warren Jr. ML, Cummings KS, Harris JL, Neves RJ. 1993. Conservation status of the freshwater mussels of the United States and Canada. Fisheries. 18:6-22.

Wisniewski JM, Shea CP, Abbott S, Stringfellow RC. 2013. Imperfect Recapture: A Potential Source of Bias in Freshwater Mussel Studies. The American Midland Naturalist. 170(2):229-247.

Ziuganov VV, Miguel ES, Neves RJ, Longa A, Fernandez C, Amaro R, Beletsky V, Popkovitch E, Kaliuzhin S, Johnson T. 2000. Life span variation of the freshwater pearl shell: A model species for testing longevity mechanisms in animals. Ambio: A Journal of the Human Environment. 29(2):102-105.