



**Universidade de Brasília – UnB**

**Instituto de Biologia**

**Programa de Pós-graduação em Zoologia**

**Dissertação de Mestrado**

**Aspectos populacionais e reprodutivos do gastrópode invasor *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) no Lago Paranoá, Brasília, Brasil.**

**Carolina Teixeira Puppim Gonçalves**

**Brasília**

**2015**

**Universidade de Brasília – UnB**

**Instituto de Biologia**

**Programa de Pós-graduação em Zoologia**

**Aspectos populacionais e reprodutivos do gastrópode invasor *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) no Lago Paranoá, Brasília, Brasil.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em Zoologia  
como requisito parcial para a obtenção do  
título de Mestre em Zoologia.

**Carolina Teixeira Puppim Gonçalves**

Orientadora: Prof. Dra. Maria Júlia Martins Silva

(Departamento de Zoologia, IB, UnB)

Brasília

2015

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora, Prof. Dra. Maria Júlia Martins Silva, pela ajuda e amizade, pelo meu acolhimento no laboratório, e pelo auxílio ao longo de anos.

À toda minha família, meus pais e irmãos pelo apoio e carinho nos momentos mais difíceis. Agradeço à minha mãe Cleusa e minha irmã Luisa Puppín, pela constante ajuda nos períodos de coleta.

Ao Gustavo Hosannah Jacques Ribeiro, meu namorado, pelo amor, carinho, ajuda nas coletas, e ombro amigo ao longo de tantos anos. Este companheirismo foi indispensável para atingir os objetivos que almejei.

Agradeço ainda à Luisa Puppín e ao João Victor Caetano, pelo auxílio nas análises estatísticas.

À todos os colegas do Laboratório de Bentos, que me apoiaram e acreditaram em meu trabalho. Agradeço ao colega Yan Felipe Soares pelo auxílio nas saídas de campo ao longo do projeto.

Ao Prof. Dr. Marcos Antônio dos Santos Silva, à Prof. Dra. Claudia Padovesi Fonseca e à Prof. Dra. Mercedes Bustamante pelo empréstimo de materiais. Ao aluno João Paulo Motta (Laboratório de Limnologia - NEL) e à técnica Sandra Oliveira pelo ensinamento e ajuda no manuseio dos equipamentos de análises físico-químicas da água.

À Pós-Graduação da Zoologia da Universidade de Brasília (PPG-ZOO) pelo apoio financeiro nos momentos necessários, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e ao Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) pelas licenças de coleta.

Muito obrigada a todos.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da área de estudo.....	9
<b>Figura 2.</b> Visão geral dos pontos de coleta no Lago Paranoá (DF).....	14
<b>Figura 3.</b> Concha de <i>Melanooides tuberculata</i> coletada no Lago Paranoá (DF) .....	19
<b>Figura 4.</b> Indivíduo de <i>Melanooides tuberculata</i> coletado no Lago Paranoá (DF).....	30
<b>Figura 5.</b> Conchas de <i>Melanooides tuberculata</i> coletados no Lago Paranoá (DF).....	32
<b>Figura 6.</b> Relação entre altura e largura de uma amostra de 10% (790 exemplares) de <i>Melanooides tuberculata</i> reprodutivos do Lago Paranoá (DF). .....	33
<b>Figura 7.</b> <i>Boxplot</i> da densidade de <i>Melanooides tuberculata</i> ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF). .....	34
<b>Figura 8.</b> <i>Boxplot</i> da densidade de <i>Melanooides tuberculata</i> nos períodos de chuva e de seca no Lago Paranoá (DF). .....	34
<b>Figura 9.</b> Variação das médias de temperatura atmosférica e da água ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF) .....	35
<b>Figura 10.</b> Variação das médias de pH e condutividade ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF).....	36
<b>Figura 11.</b> Variação das médias de turbidez e oxigênio dissolvido (OD) ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF) .....	37
<b>Figura 12.</b> Variação das médias de profundidade média, matéria orgânica e precipitação ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF).....	38
<b>Figura 13.</b> Gráfico de dispersão relacionando os cinco braços do Lago Paranoá (DF) explorados nas expedições de coleta .....	41
<b>Figura 14.</b> Gráfico de dispersão relacionando as seis expedições de coleta realizadas no Lago Paranoá (DF) .....	41
<b>Figura 15.</b> <i>Boxplot</i> da densidade populacional de <i>Melanooides tuberculata</i> para cada braço do Lago Paranoá (DF) .....	42
<b>Figura 16.</b> Regressão relacionando a densidade de <i>Melanooides tuberculata</i> com o percentual de matéria orgânica do sedimento do Lago Paranoá (DF).....	43
<b>Figura 17.</b> <i>Boxplot</i> da densidade populacional de <i>Melanooides tuberculata</i> vivos do Lago Paranoá (DF) para cada classe de largura .....	44
<b>Figura 18.</b> <i>Boxplot</i> da densidade populacional de <i>Melanooides tuberculata</i> mortos do Lago Paranoá (DF) para cada classe de largura. ....	44
<b>Figura 19.</b> Variação das médias de cada classe de largura da população total de <i>Melanooides tuberculata</i> ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF). ....	45

<b>Figura 20.</b> Proporções entre as classes de tamanho de <i>Melanoides tuberculata</i> ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF).....	45
<b>Figura 21.</b> Variação das médias de densidade de <i>Melanoides tuberculata</i> ao longo das expedições de coleta para cada classe de tamanho nos braços Ribeirão do Torto e Ribeirão do Bananal .....	46
<b>Figura 22.</b> Variação das médias de densidade de <i>Melanoides tuberculata</i> ao longo das expedições de coleta para cada classe de tamanho na área central e braço Ribeirão do Gama.....	47
<b>Figura 23.</b> Variação das médias de densidade de <i>Melanoides tuberculata</i> ao longo das expedições de coleta para cada classe no Braço do Riacho Fundo .....	47
<b>Figura 24.</b> Proporções entre as classes de tamanho de <i>Melanoides tuberculata</i> para cada braço do Lago Paranoá (DF) .....	48
<b>Figura 25.</b> Aspectos anatômicos e histológicos de <i>Melanoides tuberculata</i> .....	62
<b>Figura 26.</b> Vista dorsal da região cefálica de <i>Melanoides tuberculata</i> coletado no Lago Paranoá (DF) .....	64
<b>Figura 27.</b> Categorias de desenvolvimento de <i>Melanoides tuberculata</i> .....	67
<b>Figura 28.</b> Regressões relacionando as diferentes categorias de filhotes de <i>Melanoides tuberculata</i> do Lago Paranoá (DF).....	70
<b>Figura 29.</b> Número de filhotes encontrados em indivíduos de <i>Melanoides tuberculata</i> ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF).....	71
<b>Figura 30.</b> Número de filhotes encontrados em indivíduos de <i>Melanoides tuberculata</i> em cada braço do Lago Paranoá (DF) .....	72
<b>Figura 31.</b> Número de filhotes de indivíduos de <i>Melanoides tuberculata</i> reprodutivos do Lago Paranoá (DF) nas diferentes classes de largura. ....	73
<b>Figura 32.</b> Variação das médias da quantidade de filhotes de indivíduos de <i>Melanoides tuberculata</i> de diferentes classes reprodutivas ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF) .....	74
<b>Figura 33.</b> Jovem com 8 voltas encontrado no marsúpio de um exemplar de <i>Melanoides tuberculata</i> coletado no Lago Paranoá (DF) .....	75
<b>Figura 34.</b> Relação entre as médias de filhotes/indivíduo e as respectivas larguras de indivíduos de <i>Melanoides tuberculata</i> do Lago Paranoá (DF).....	76
<b>Figura 35.</b> Regressões relacionando o número de filhotes/indivíduo de cada categoria com a largura de indivíduos de <i>Melanoides tuberculata</i> do Lago Paranoá (DF).....	76

<b>Figura 36.</b> Frequência de indivíduos de <i>Melanoides tuberculata</i> de cada classe de largura que abrigavam filhotes com deformidades. ....	77
<b>Figura 37.</b> Frequência de indivíduos de <i>Melanoides tuberculata</i> de cada classe de largura que abrigavam ovos translúcidos. ....	77
<b>Figura 38.</b> Regressão relacionando as médias de filhotes/indivíduo nos marsúpios de indivíduos de <i>Melanoides tuberculata</i> com o percentual de matéria orgânica para cada braço do Lago Paranoá (DF) ao longo das expedições de coleta. ....	78

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Datas e estações das expedições de coleta realizadas no Lago Paranoá (DF).....	12
<b>Tabela 2.</b> Relação dos pontos de coleta com os locais, regiões e coordenadas em que se encontram no Lago Paranoá (DF). .....	12
<b>Tabela 3.</b> Relação dos braços do lago com os tributários próximos, os pontos de coleta e as regiões em que se encontram no Lago Paranoá (DF).....	31
<b>Tabela 4.</b> Parâmetros ambientais para cada região do Lago Paranoá (DF), com os seus valores mínimos, máximos, médias e desvios padrão .....	39
<b>Tabela 5.</b> Valores de p e F de cada variável em relação aos meses de expedição e braços do Lago Paranoá (DF). .....	40
<b>Tabela 6.</b> Abundâncias de cada categoria de filhotes e as respectivas médias de filhotes para cada braço do Lago Paranoá (DF) .....	72
<b>Tabela 7.</b> Comparações entre características populacionais e reprodutivas das populações de <i>Melanoides tuberculata</i> da Malásia, Hong Kong e de Brasília (presente estudo). .....	80

## SUMÁRIO

RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	3
INTRODUÇÃO.....	4
OBJETIVOS E HIPÓTESES .....	7
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
Área de estudo .....	8
Amostragem .....	11
Análises ambientais .....	15
Matéria orgânica do sedimento .....	15
CAPÍTULO 1 - Aspectos populacionais do gastrópode invasor <i>Melanoides tuberculata</i> (Mollusca: Thiaridae) no Lago Paranoá, Brasília, Brasil. ....	16
BASES CIENTÍFICAS .....	16
Espécies exóticas invasoras.....	16
Espécies exóticas invasoras e reservatórios .....	17
Taxonomia e características conquiliológicas de <i>Melanoides tuberculata</i> .....	18
Distribuição de <i>Melanoides tuberculata</i> .....	19
Introdução de espécies e controle biológico .....	20
<i>Melanoides tuberculata</i> e parasitoses .....	22
Dinâmica populacional de <i>Melanoides tuberculata</i> .....	24
<i>Melanoides tuberculata</i> e o meio abiótico .....	26
Controle de espécies exóticas invasoras.....	27
MATERIAL E MÉTODOS.....	28
Triagem em laboratório .....	28
Conquiliometria dos indivíduos .....	29
Análises de dados .....	30
RESULTADOS .....	32
Morfotipos de <i>Melanoides tuberculata</i> .....	32
Morfometria dos indivíduos .....	32
Variação da densidade de <i>Melanoides tuberculata</i> ao longo das expedições de coleta .....	33



Meio abiótico e sua influência sobre a população de <i>Melanooides tuberculata</i> .....	34
Classes de largura.....	43
Dinâmica populacional.....	44
DISCUSSÃO.....	48
Morfometria dos indivíduos.....	48
Variação da densidade de <i>Melanooides tuberculata</i> ao longo das expedições de coleta.....	49
Meio abiótico e sua influência sobre a população de <i>Melanooides tuberculata</i> .....	49
Classes de largura.....	52
Dinâmica populacional.....	53
CONCLUSÕES.....	58
CAPÍTULO 2 - Aspectos reprodutivos do gastrópode invasor <i>Melanooides tuberculata</i> (Mollusca: Thiaridae) no Lago Paranoá, Brasília, Brasil. ....	59
BASES CIENTÍFICAS.....	59
Tipos de reprodução de <i>Melanooides tuberculata</i> .....	59
Características anatômicas e histológicas do sistema reprodutivo de <i>Melanooides tuberculata</i> .....	61
Conteúdo das bolsas cefálicas e taxa de liberação de jovens de <i>Melanooides tuberculata</i> .....	63
Influência das variáveis bióticas e abióticas na reprodução de <i>Melanooides tuberculata</i> .....	64
MATERIAL E MÉTODOS.....	66
Dissecção dos tiarídeos, sexagem e contagem dos jovens.....	66
Análises de dados.....	67
RESULTADOS.....	69
Características e correlações entre os jovens.....	69
Variação da quantidade de filhotes de <i>Melanooides tuberculata</i> ao longo das expedições de coleta e das regiões do lago.....	70
Influência da largura de <i>Melanooides tuberculata</i> sobre a quantidade e tamanho dos filhotes.....	72
Influência do meio abiótico sobre a quantidade de filhotes de <i>Melanooides tuberculata</i> .....	77
Influência da densidade de <i>Melanooides tuberculata</i> sobre a quantidade de filhotes.....	78
DISCUSSÃO.....	78

CONCLUSÕES .....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	86

## RESUMO

Espécies exóticas invasoras são organismos que causam prejuízos ambientais, econômicos e sociais. *Melanoides tuberculata* é uma espécie afro-asiática, e atualmente é caracterizada como cosmopolita. No Brasil, sua ocorrência é registrada em pelo menos 18 estados e no Distrito Federal (DF). *M. tuberculata* foi registrado pela primeira vez no DF em 1980, estando presente no Lago Paranoá, reservatório urbano localizado em Brasília, há mais de 30 anos. O objetivo deste trabalho foi verificar a distribuição da espécie no Lago Paranoá, assim como sua dinâmica populacional, aspectos reprodutivos, e possíveis variáveis ambientais que poderiam direcionar a sua distribuição, abundância e reprodução. Coletas bimensais foram realizadas em 14 pontos do lago (de setembro/2013 a julho/2014), sendo mensuradas as variáveis ambientais de cada ponto. Os tiarídeos coletados foram classificados conforme a largura de sua concha. Esta dissertação é composta por dois capítulos, o primeiro enfatizando a ecologia da espécie, e o segundo, características de sua biologia reprodutiva. O capítulo 1 relata que a população de *M. tuberculata* do Lago Paranoá encontra-se estável, com indivíduos presentes em todos os pontos amostrados. Indivíduos jovens foram predominantes na população, que exibiu preferência reprodutiva para o mês de janeiro. A matéria orgânica do sedimento influenciou a distribuição dos tiarídeos, que foram mais abundantes em ambientes com maior percentual da variável, por a utilizarem como alimento. As maiores densidades foram encontradas nos braços do Ribeirão do Bananal e do Ribeirão do Riacho Fundo, os quais contribuíram com 81% do total de tiarídeos coletados, uma vez que apresentaram os maiores percentuais de matéria orgânica. O capítulo 2 teve como metodologia a medição e dissecação de 10% do total de *M. tuberculata* adultos de cada ponto, cujo intuito foi identificar o sexo do indivíduo e quantificar os ovos e filhotes, quando existentes. Os filhotes foram classificados em categorias de desenvolvimento. A população aparentou ser partenogenética, e exibiu média de 118,8 filhotes/indivíduo, número consideravelmente maior que os valores já relatados. A matéria orgânica do sedimento também influenciou a quantidade de filhotes abrigados nos marsúpios das fêmeas, de forma que tiarídeos coletados em locais pobres em matéria orgânica exibiram médias de filhotes mais elevadas que ambientes com maior porcentagem da mesma. Foi sugerido, dessa forma, que indivíduos que habitam ambientes com pouco recurso alimentar utilizam a estratégia reprodutiva de semelparidade, enquanto os que vivem em ambientes com mais alimento utilizam-se da iteroparidade. Este trabalho contribui para o aumento do conhecimento biológico e

ecológico da espécie, e pode auxiliar na elaboração do mapeamento de potenciais agentes prejudiciais à saúde e ações de controle de espécies exóticas, principalmente no Lago Paranoá.

**Palavras-chave:** bioinvasão, distribuição, dinâmica populacional, reprodução, matéria orgânica, variáveis ambientais, reservatório urbano.

## ABSTRACT

Exotic species are organisms that cause social, environmental and economic damages. *Melanooides tuberculata* is an Afro-asiatic freshwater gastropod specie, nowadays classified as cosmopolite. In Brazil, it is dispersed in 18 states and the Distrito Federal (DF). *M. tuberculata* was first recorded at Distrito Federal in 1980, and it is present at the Paranoá Lake, urban reservoir located at Brasília, for more than 30 years. The aim of this study was to make an analysis of the distribution, population dynamics, and reproductive aspects of the thiarid, and relate them to the abiotic variables. Bimensal expeditions were made at 14 sampling stations of the lake (from September/2013 to July/2014), and the environmental variables were measured at each site. All thiarids were classified into shell width classes. The first chapter of this dissertation emphasizes the ecological characteristics of the specie, and the second, the reproductive biology. Chapter 1 describes that *M. tuberculata* population was stable and present at all sampling sites. Younger individuals prevailed in the population, which exhibit a preference reproductive peak in January. Since the specie feed of organic matter, the percentage of this variable influenced the distribution and abundance of these snails, showing higher densities in areas with more organic matter. *M. tuberculata* were more abundant at Bananal and Riacho Fundo branches, which contributed with 81% of all individuals collected in the lake along the expeditions. In chapter 2, 10% of the thiarids collected at each station were dissected for sex identification and eggs and hatchlings quantification. The juveniles were classified into development categories. The population appeared to be parthenogenetic, and females exhibited an average of 118,8 eggs or juveniles/individual, a considerable increase when compared to similar researches. The organic matter also influenced the amount of eggs and juveniles in the brood pouch, and demonstrated higher averages of eggs and hatchlings in environments with lower organic matter percentages. It is proposed that semelparous state occur when individuals live at environments with low food supply, and, when food is more abundant, the snails would be iteroparous. This study contributes to the increase of ecological and biological knowledge's of the specie, and it can collaborate to map potential pathological agents and to control exotic species in the Paranoá Lake.

**Keywords:** bioinvasion, distribution, population dynamics, reproduction, organic matter, environmental variables, urban reservoir.

## INTRODUÇÃO

A introdução de espécies exóticas é uma das maiores causas para a extinção de espécies, envolvendo questões ambientais, sociais e econômicas (MMA, 2006). Estas invasões se iniciaram com as primeiras migrações humanas, quando espécies de interesses sociais foram transportadas por pessoas para suprir necessidades. Este problema, porém, atingiu maiores proporções na atualidade, dada a facilidade e constância do deslocamento humano (LOWE *et al.*, 2000). Assim, pesquisas relacionadas às espécies invasoras têm ganhado foco, já que podem afetar a economia, o ambiente e ainda trazer preocupações para a saúde humana (FERNANDEZ *et al.*, 2003).

O processo de bioinvasão no Brasil foi classificado em três etapas, sendo a primeira o período que abrange desde a colonização até o século XIX, a segunda condiz ao século XX, e a terceira o século XXI. Acredita-se que a bioinvasão iniciou-se na época da colonização, através do tráfego de navios principalmente da Europa para o Brasil, que em seus cascos traziam espécies marinhas incrustantes. No século XX, o tráfego marítimo tornou-se constante, e a prática do uso de água de lastro, comum, facilitando a introdução de espécies. E, a partir do século XXI, percebe-se um grande avanço nas pesquisas científicas e nos registros de espécies invasoras, tendo em vista o gerenciamento do problema da bioinvasão (SOUZA *et al.*, 2008). A prevenção da introdução de espécies exóticas e seus impactos sobre o meio ambiente e sob o ponto de vista sanitário se tornaram relevantes nos últimos anos, uma vez que estas são a causa da extinção de diversas espécies nativas e trazem inquietações em relação à saúde por algumas hospedarem agentes patológicos (POINTIER; AUGUSTIN, 1999; SOUTO *et al.*, 2011).

*Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) é uma espécie de gastrópode límnico que ocorre originalmente na África, Arábia Saudita, países sul-asiáticos e regiões da China e Indonésia (VAZ *et al.*, 1986), e atualmente é caracterizada como cosmopolita (ISMAIL; ARIF, 1993). Abbott (1973) relatou que a espécie foi encontrada no Texas e Flórida em 1963 e que estava se espalhando rapidamente dos Estados Unidos para a América Central. Hoje, pode ser encontrada em toda a região Neotropical (GIOVANELLI *et al.*, 2005a). No Brasil, foi registrado pela primeira vez em 1967 na cidade de Santos (SP) (VAZ *et al.*, 1986). Acredita-se que este molusco pode ter sido introduzido através do comércio de peixes ornamentais (SANTOS *et al.*, 2007), uma vez que, em 1971, foram registrados seis caramujos semelhantes a *M. tuberculata* em aquários no município de Atibaia (SP), não tendo sido, porém, identificados por especialistas (VAZ *et al.*, 1986).

Segundo Santos e Eskinazi-Sant'anna (2010), existem outras hipóteses sobre a introdução da espécie no Brasil, tais como transporte associado a peixes, aves e água de lastro de navios. Atualmente *M. tuberculata* é o molusco dulcícola de distribuição mais ampla no país, sendo encontrado em 18 estados e no Distrito Federal (FERNANDEZ *et al.*, 2003; SILVA; BARROS, 2011; SOUTO *et al.*, 2011).

Altas taxas reprodutivas, baixas taxas de mortalidade, capacidade de dispersão e de migração são algumas das características do *M. tuberculata*, comuns às espécies exóticas invasoras (FREITAS *et al.*, 1987). Este gastrópode possui habilidades competitivas, e de acordo Pointier (1989) foi introduzido em alguns países para excluir competitivamente planorbídeos do gênero *Biomphalaria* Preston, 1910, hospedeiros intermediários do trematódeo *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907. Em Guadalupe, no Caribe, sua introdução está relacionada ao decréscimo populacional de *S. mansoni*, uma vez que utilizam os mesmos recursos alimentares e se estabelecem em habitats semelhantes aos planorbídeos (POINTIER; MCCULLOUGH, 1989; MADSEN, 1992). Dessa forma, a introdução do tiarídeo acarretou a diminuição ou eliminação da esquistossomose em algumas ilhas do Caribe, como em Saint Lucia (POINTIER, 1993; POINTIER; AUGUSTIN, 1999).

A espécie habita ambientes lóticos e lênticos, com pouca vegetação e altos índices de matéria orgânica, sendo mais abundante em locais onde há o despejo de esgotos. São encontrados majoritariamente em ambientes com água parada e fraca correnteza (GIOVANELLI *et al.*, 2005a). Sua dieta é composta basicamente de matéria orgânica e algas, como diatomáceas (MADSEN, 1992). O tipo de sedimento, a altitude e a temperatura da água são fatores que influenciam a distribuição do tiarídeo, que exhibe preferência por habitats com sedimento arenoso e lamacento, altitude de 500 a 1.500 m e temperaturas entre 16 a 25 °C (KOCK; WOLMARANS, 2009).

Apesar de existirem indivíduos machos e fêmeas, a reprodução deste molusco ocorre de forma assexuada, através da partenogênese (BERRY; KADRI, 1974; LIVSHITS, 1984), de forma que indivíduos machos encontram-se ausentes ou em baixa frequência na população (BERRY; KADRI, 1974; DUDGEON, 1986; LIVSHITS, 1984; SAMADI *et al.*, 1999). Populações isoladas, com sexos distintos, foram encontradas por Livshits (1984) em estudos realizados em Israel e Península Sinai, porém a proporção de machos foi em sua maioria baixa, atingindo um máximo de 33%. Dudgeon (1986) afirmou que quando existem machos, estes podem ser não funcionais, mas que na maioria das populações há apenas a ocorrência de fêmeas. O

desenvolvimento do tipo de reprodução partenogenética pode ter ocorrido devido ao isolamento de algumas populações, que sofreram adaptação evolutiva. Este tipo de reprodução pode aumentar o potencial invasivo da espécie, favorecendo a expansão desta em novos ambientes e ampliando sua distribuição (DUDGEON, 1986).

*Melanoides tuberculata* é um animal ovovivíparo (HOUBRICK, 1977; BEM-AMI; HODGSON, 2005). Todos os organismos da família Thiaridae possuem uma bolsa incubadora localizada na região cefálica, também chamada de marsúpio, onde se encontram armazenados os ovos e indivíduos jovens até o momento da liberação destes para o meio externo (BERRY; KADRI, 1974). A existência desta estrutura pode estar associada ao cuidado parental, uma vez que o jovem é liberado quando o ambiente está favorável à sua sobrevivência, evitando sua dessecação e exposição às altas temperaturas (DUDGEON, 1986).

Diferentemente do estimado em laboratório por Elkarmi e Ismail (2007), que afirmaram que o molusco poderia chegar a cinco anos de idade, a dinâmica populacional estudada por Dudgeon (1986) em canais de irrigação de Hong Kong, revelou que a expectativa de vida do animal é de até dois anos, com uma baixa proporção de indivíduos com mais de um ano de desenvolvimento na população. Dudgeon (1986) notou também que com o aumento do tamanho dos indivíduos, havia um acréscimo do número de ovos e jovens nos marsúpios, sendo os filhotes liberados mais expressivamente entre julho e setembro. Ao avaliarem a população de *M. tuberculata* na região dos Emirados Árabes Unidos, Ismail e Arif (1993) relataram que a liberação de jovens ocorreu de maio a outubro. No Brasil, Freitas (1987) e colaboradores observaram uma alta proporção de jovens durante todo o ano, principalmente em janeiro e fevereiro no reservatório da Pampulha, em Belo Horizonte, Minas Gerais (MG). Já Miyahira (2010) pesquisou uma população em um riacho de Ilha Grande, Rio de Janeiro (RJ), e notou que a reprodução ocorria ao longo de todo o ano, e apresentava um pico reprodutivo entre maio e novembro.

A dispersão de *M. tuberculata* no Brasil é preocupante também sob o ponto de vista de saúde pública, uma vez que este molusco é o primeiro hospedeiro intermediário de diversos trematódeos que parasitam o homem, como *Paragonimus westermani* (Kerbert, 1878) e *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875) (VAZ *et al.*, 1986). Em 2010, Pinto e Melo registraram em Belo Horizonte (MG) a infecção natural de indivíduos de *M. tuberculata* por larvas de trematódeos do grupo *Pleurolophocercous cercariae*, identificada como *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924). Este parasito tem como



hospedeiros secundários peixes, e como hospedeiros definitivos mamíferos (PAULA-ANDRADE *et al.*, 2012), e causa infecção intestinal em seres humanos através da ingestão de peixes crus ou mal-cozidos (SCHOLZ; SALGADO-MALDONADO, 2000). Em 1980, foram observados os primeiros espécimes de *M. tuberculata* por Monteiro e Dias no Lago Paranoá (DF), e em 2012 foi reportado o aparecimento de exemplares parasitados por *C. formosanus* por Paula-Andrade *et al.*

Neste trabalho foi realizado um estudo sobre a distribuição e abundância de *M. tuberculata* no Lago Paranoá, sendo verificada sua dinâmica populacional e as possíveis influências do ambiente sobre a espécie, e avaliados os aspectos de sua reprodução. Este estudo almeja auxiliar no aumento do conhecimento da biologia e ecologia de *M. tuberculata*, visando contribuir para a elaboração de ações de controle e monitoramento desse molusco, importante tanto sob o ponto de vista biológico quanto parasitológico.

## **OBJETIVOS E HIPÓTESES**

### **Objetivo geral:**

Analisar a abundância, distribuição e dinâmica populacional de *M. tuberculata*, avaliar suas características reprodutivas e verificar a existência de influências ambientais na distribuição, densidade e reprodução da espécie no Lago Paranoá, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

### **Objetivos específicos:**

Avaliar a ocorrência, distribuição e abundância de *M. tuberculata* no Lago Paranoá;

Verificar a dinâmica populacional da espécie no reservatório;

Identificar o tipo de reprodução da espécie no reservatório;

Avaliar a capacidade reprodutiva da espécie no reservatório;

Identificar quais fatores ambientais influenciam a distribuição, abundância e reprodução da espécie.

### **Hipóteses:**

*Melanoides tuberculata* ocorre em todo o Lago Paranoá, sendo mais abundante em locais com alto índice de matéria orgânica e maior condutividade. A população é partenogenética, e fatores ambientais e a densidade de tiarídeos do ambiente influenciam a quantidade de ovos e jovens nos marsúpios das fêmeas.

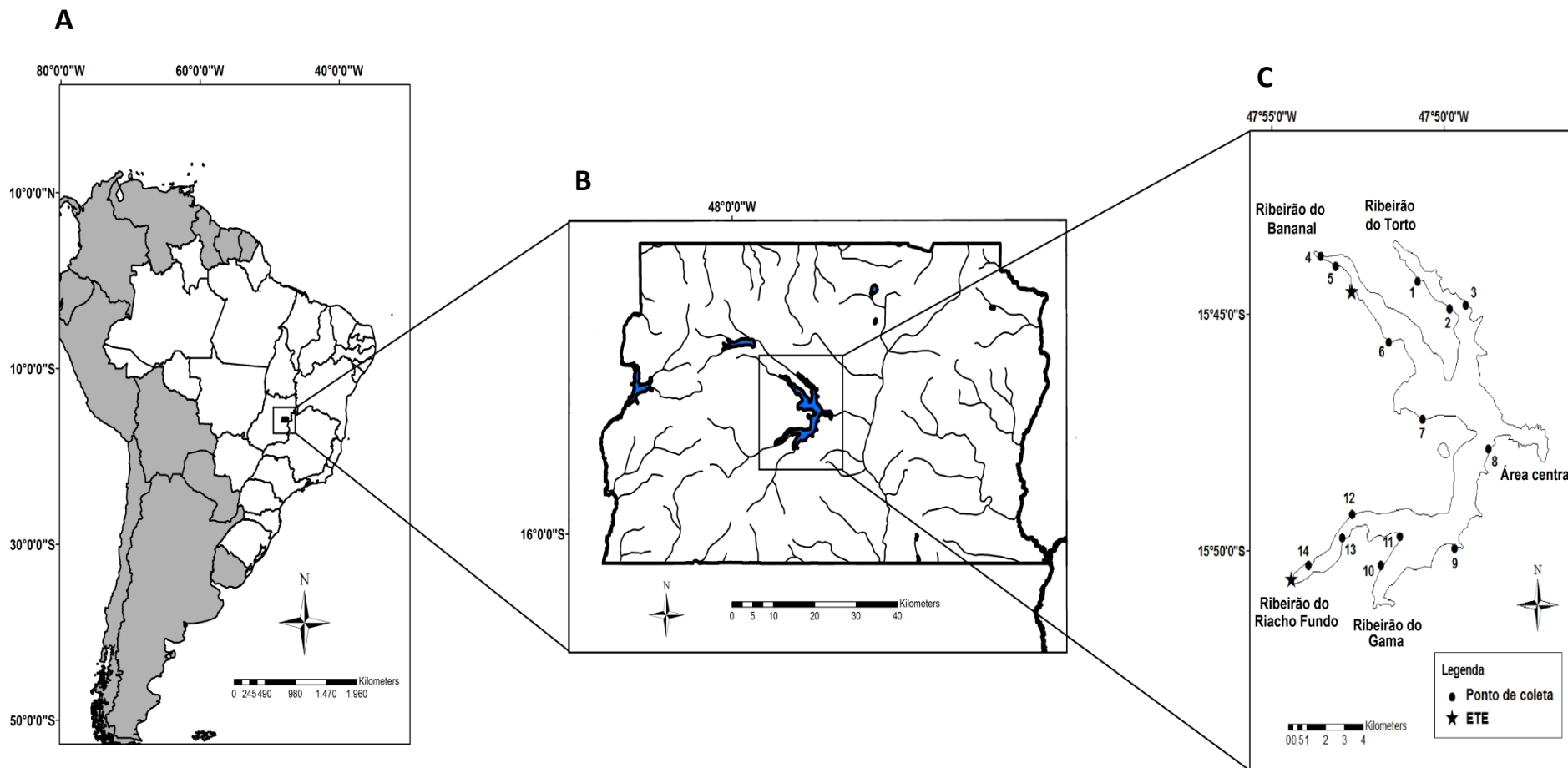
## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O Lago Paranoá (15°47'59"S, 47°47'5"W) (Fig. 1) é um reservatório localizado em Brasília, Distrito Federal (DF), região Centro-Oeste do Brasil, cujo bioma é o Cerrado, e com clima bem definido, semelhante à savana, com períodos de seca de maio a setembro, e de chuva de outubro a abril (FERRANTE *et al.*, 2001).

A Bacia do Paranoá, que abriga o lago, se encontra totalmente dentro do DF, ocupando 1034,07 km<sup>2</sup>, ou seja, 18% de seu território. Está inserida na bacia do Rio São Bartolomeu, sendo este pertencente à bacia hidrográfica do Rio Paraná. O Lago possui área superficial de 37,5 km<sup>2</sup>, está a 1.000 m acima do nível do mar, e apresenta quatro tributários que contribuem para a sua manutenção: o Ribeirão do Torto, Ribeirão do Bananal, Ribeirão do Gama e do Riacho Fundo (FERRANTE *et al.*, 2001; MOREIRA; BOAVENTURA, 2003).

Foi criado após o represamento do Rio Paranoá em 1959, com a intenção de aumentar a umidade da região, de gerar energia a partir da construção da Barragem do Lago Paranoá, de embelezar a cidade de forma paisagística, e de aumentar as opções de lazer da população, que o utiliza para múltiplos usos (FRANÇA *et al.*, 1964; JÚNIOR *et al.*, 2001; MAIOR *et al.*, 2001; PEREIRA, 2006).



**Figura 1.** Localização da área de estudo. (A) Localização do Distrito Federal (DF) no Brasil; (B) - localização do Lago Paranoá no DF; (C) - Lago Paranoá (DF) com a inserção dos pontos de coleta e localização das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's).

O grande aumento populacional na região e o constante despejo de esgoto nas águas do lago colaboraram para acarretar um intenso processo de eutrofização no reservatório, que culminou em acidentes ecológicos na década de 70, e durou ao menos 30 anos (de 1968 a 1998) (PADOVESI-FONSECA *et al.*, 2009; PEREIRA, 2006). Após esses eventos foram feitos investimentos nas estações de tratamento, que atualmente utilizam tratamento a nível terciário (PINTO; CAVALCANTI, 2001). Hoje, o lago recebe efluentes de duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's), uma localizada na Asa Norte (ETE Norte), no braço onde desemboca o Ribeirão do Bananal, e outra na Asa Sul (ETE Sul), localizada próximo ao tributário Ribeirão do Riacho Fundo, ambas gerenciadas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB).

Eventos de *flushing* são realizados desde 1998, e também contribuem para melhorar a qualidade das águas e diminuir a produtividade primária com a retirada da água superficial, que é liberada após a abertura das comportas da barragem (PADOVESI-FONSECA *et al.*, 2009; PEREIRA, 2006). O *flushing* ocorre em geral no final do período seco, e, com a chegada das chuvas, o nível do reservatório volta a subir e renova as águas do lago, diminuindo o nível de eutrofização deste (PEREIRA, 2006; ANGELINI *et al.*, 2008).

As regiões que abrigam as unidades hidrográficas Riacho Fundo e Gama são as mais impactadas por atividades antrópicas, possuindo maior taxa de ocupação urbana, e assoreamento, enquanto os Ribeirões do Torto e do Bananal são menos impactados até o momento, provavelmente pela existência do Parque Nacional Brasília (PNB) (MENEZES, 2010). Menezes (2010) avalia que a Bacia do Lago Paranoá encontra-se no nível máximo de ocupação do solo, sendo as Áreas de Preservação Permanente (APPs) as únicas que mantêm parcialmente as características naturais da área, fato que atenta para a qualidade do ambiente e da vida da população.

Os ambientes naturais da Bacia do Paranoá têm sofrido com o aumento da densidade populacional da cidade, assim como com a excessiva ocupação e utilização do solo. No intervalo entre 1954 (antes do represamento) e 1998, houve a perda de 20% das espécies vegetais da região (600 espécies), aproximadamente 58% da sua cobertura original (UNESCO, 2002). Esta degradação ambiental e desmatamento têm influenciado a densidade e movimentação da fauna associada à região, assim como têm comprometido nascentes e outros recursos hídricos, através, por exemplo, do aumento

dos níveis de assoreamento observados no lago (RAMOS *et al.*, 2001; MENEZES, 2010).

A ocupação excessiva, os desmatamentos, a poluição por esgotos clandestinos, e o assoreamento de suas margens e tributários são questões que podem afetar a viabilidade do reservatório no futuro (NETTO, 2001). Entretanto, segundo o mapa de balneabilidade do Lago Paranoá divulgado pela CAESB, todos os nove pontos monitorados apresentaram balneabilidade excelente, e todos os mananciais ou captações analisados classificaram a água como boa ou muito boa, segundo o Índice de Qualidade da Água (IQA) (CAESB, 2014). Logo, apesar do reservatório se encontrar em processo de recuperação da qualidade das suas águas, estas são classificadas como de boa qualidade (PEREIRA, 2006).

A fauna de invertebrados que habita o Lago Paranoá vem sendo estudada desde a década de 80, e abrange organismos como zooplâncton e macroinvertebrados bentônicos. Dentre os organismos bentônicos, os moluscos límnicos dependem totalmente do ambiente aquático, e, na área de estudos, é possível encontrar diversas espécies de bivalves e gastrópodes, nativas ou exóticas, dentre as quais a invasora *M. tuberculata* (MARTINS-SILVA *et al.*, 2001), foco do trabalho.

O Lago Paranoá foi escolhido para a realização do projeto por ser uma área turística e de lazer, por ser constantemente utilizada pela população para diferentes atividades, e pela presença de *M. tuberculata*, fatos que associados à ocorrência de outras espécies exóticas e de uma espécie de trematódeo de interesse médico a definem como de risco ecológico e de importância sob o ponto de vista da saúde pública.

### **Amostragem**

As coletas foram realizadas bimensalmente entre setembro de 2013 e julho de 2014, sempre no período matutino, totalizando seis coletas, sendo três na estação seca e três na chuvosa (Tabela 1).

**Tabela 1.** Datas e estações das expedições de coleta realizadas no Lago Paranoá (DF).

Expedição	Data	Estação
1	Setembro/2013	Seca
2	Novembro/2013	Chuva
3	Janeiro/2014	Chuva
4	Março/2014	Chuva
5	Maio/2014	Seca
6	Julho/2014	Seca

O desenho amostral foi desenvolvido com o intuito de abranger todos os braços do lago e sua parte central, portanto foram definidos três pontos de coleta em cada braço e dois na região central, totalizando 14 pontos amostrais (Fig. 1 e 2). As coordenadas foram registradas com um GPS *Garmin eTrex*, e expostas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Relação dos pontos de coleta com os locais, regiões e coordenadas em que se encontram no Lago Paranoá (DF).

Ponto	Local	Região	Latitude (S)	Longitude (W)
1	QL 9	Lago Norte	15°44'17,6"	47°50'47,5"
2	QL 13	Lago Norte	15°44'53,4"	47°49'51,1"
3	ML 5	Lago Norte	15°44'47,9"	47°49'23,3"
4	Parque Vivencial	Lago Norte	15°43'46,21"	47°53'34,71"
5	Calçadão da Asa Norte	Asa Norte	15°43'59,16"	47°53'9,51"
6	CO UnB	Asa Norte	15°45'34,9"	47°51'37,4"
7	Retiro Pescador	Vila Planalto	15°47'13,5"	47°50'37,8"
8	Ermida Dom Bosco	Lago Sul	15°47'49,77"	47°48'43,23"
9	Ponte JK	Lago Sul	15°49'57,1"	47°49'41,9"
10	Parque Asa Delta	Lago Sul	15°50'17,6"	47°51'50"
11	Península dos Ministros	Lago Sul	15°49'41,5"	47°51'17,7"
12	Praça dos Orixás	Lago Sul	15°49'13,4"	47°52'40,4"
13	QL 10	Lago Sul	15°49'42,9"	47°52'58,4"
14	Ponte Presidente Médici	Lago Sul	15°50'18,4"	47°53'57,1"

Em cada ponto, um local fixo foi delimitado, onde foi amostrada uma área de 2 m<sup>2</sup>, composta por seis réplicas de 1,1 m x 0,31 m (34,1 cm<sup>2</sup>/réplica), explorada

superficialmente com o auxílio de uma rede tipo “D”. O material coletado na rede foi passado para peneiras para facilitar a visualização e captura dos organismos presentes na área. Os indivíduos encontrados nas peneiras foram acondicionados em potes plásticos e transportados para o Laboratório de Bentos da Universidade de Brasília. O sedimento proveniente da área coletada também foi encaminhado ao laboratório em sacos plásticos para posterior triagem em busca de organismos de difícil visualização a olho nu e para a quantificação dos animais.





**Figura 2.** Visão geral dos pontos de coleta no Lago Paranoá (DF). Os números das figuras condizem com os mesmos da Tabela 2. Fotos: Carolina T. P. Gonçalves.



### **Análises ambientais**

Análises físico-químicas da água como temperatura, profundidade, pH, condutividade, oxigênio dissolvido (OD) e turbidez foram investigadas. A temperatura da água, o pH e a condutividade foram mensurados com o auxílio de um equipamento multiparâmetro da marca YSI. O oxigênio dissolvido foi medido através de um oxímetro *Lutron DO-5519*. E para o cálculo da turbidez utilizou-se do turbidímetro *Hach 2100P*. Todas as análises da água foram replicadas duas vezes, e o valor final é uma média entre as réplicas. As profundidades mínima e máxima foram mensuradas com uma trena métrica. Os valores de precipitação total foram obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

### **Matéria orgânica do sedimento**

A amostra da camada superficial do sedimento foi recolhida em cada ponto amostral, atentando para coleta-la na mesma região onde foram encontrados os indivíduos de *M. tuberculata*. Estas foram colocadas em potes e encaminhadas para o Laboratório de Limnologia (NEL), no Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília.

A matéria orgânica presente no sedimento foi estimada através do método de perda por ignição. As amostras foram colocadas em cadinhos, que foram identificados conforme o número da amostra e seu peso tarado com uma balança semi-analítica. O material foi então desidratado em estufa a 60°C, deixado em uma dessecadora até atingir a temperatura ambiente, e então pesado novamente. Este processo foi repetido até que o peso da amostra seca se estabilizasse. As amostras foram então transferidas para uma mufla, incineradas a uma temperatura de 550°C pelo período de duas horas, e foram deixadas para esfriar naturalmente. Os cadinhos foram pesados novamente, e os valores do peso dos cadinhos foram subtraídos do valor total para se obter apenas o peso da amostra. Por fim, o peso da amostra queimada foi subtraído da amostra inicialmente desidratada, e calculou-se a porcentagem da matéria orgânica que foi volatilizada após a incineração da amostra.

## CAPÍTULO 1

### Aspectos populacionais do gastrópode invasor *Melanooides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) no Lago Paranoá, Brasília, Brasil.

#### BASES CIENTÍFICAS

##### Espécies exóticas invasoras

A constante introdução de espécies exóticas nos mais variados habitats é uma realidade global, iniciada provavelmente devido à expansão comercial há cerca de 500 anos, e que se intensificou há aproximadamente 200 anos (MACK, 2000). Quando estabelecidas, as espécies invasoras podem acarretar diversos danos, dentre estes os de origem biológica, através da predação e competição com espécies nativas, além da alteração do habitat, os econômicos, referentes aos gastos para controle, manejo e erradicação da espécie, e epidêmicos, condizentes aos parasitas que podem ser transportados conjuntamente à espécie exótica (FERNANDEZ *et al.*, 2003; MACK, 2000; POINTIER; AUGUSTIN, 1999; SOUTO *et al.*, 2011).

Ambientes límnicos têm sofrido com a quantidade de introduções de organismos não nativos (HAVEL *et al.*, 1995). Segundo Fernandez e colaboradores (2003), as espécies de moluscos mais comuns e dispersas no Brasil são os bivalves *Corbicula flumínea* (Müller, 1774) e *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1856) e o gastrópode *Melanooides tuberculata*.

O bivalve *C. flumínea*, conhecido também por amêijoia asiática, já foi registrado na Europa, Américas do Sul e do Norte (ARAUJO *et al.*, 1993; ITUARTE, 1981; ALDRIDGE; MCMAHON, 1978), e seus impactos vão desde a mudança das condições do ambiente, até problemas econômicos, uma vez que o animal pode ficar preso em canais de água e nas tubulações das usinas hidrelétricas (SOUSA *et al.*, 2008; SURIANI *et al.*, 2007). Nos Estados Unidos, há um gasto anual bilionário no combate e controle deste bivalve (PIMENTEL *et al.*, 2005).

O mexilhão-dourado asiático, *L. fortunei*, é um dos principais causadores de diversos transtornos para o meio biótico e econômico, dentre eles a degradação ambiental e extinção de espécies nativas, já que podem se estabelecer em ambientes variados e competir por espaço com as espécies autóctones (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006). Ademais, a espécie possui alta capacidade de incrustação, e suas larvas se agregam aos mais variados sedimentos, culminando em muitos prejuízos socioeconômicos, como riscos à saúde, desvalorização de imóveis, e na obstrução de

estruturas (DARRIGRAN, 2002; DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006), sendo as mais preocupantes em compartimentos de usinas hidrelétricas, que envolvem altos custos de manutenção.

Em relação ao gastrópode *M. tuberculata*, as maiores inquietações envolvendo a espécie são voltadas à competição e possível erradicação de espécies nativas, e às questões médico-veterinárias, uma vez que o molusco pode ser hospedeiro de diversos trematódeos que infectam o homem e os animais (PINTO, 2009; ROCHA-MIRANDA; MARTINS-SILVA, 2006; VAZ *et al.*, 1986). Moluscos nativos como gastrópodes dos gêneros *Biomphalaria* e *Pomacea* foram apontados por sofrer com a introdução do tiarídeo, passando a terem suas populações deslocadas ou reduzidas (FERNANDEZ *et al.*, 2001; POINTIER; MCCULLOUGH, 1989).

### **Espécies exóticas invasoras e reservatórios**

Como o esperado para espécies exóticas, *M. tuberculata* é versátil, podendo habitar os mais variados tipos de corpos d'água, sedimentos, temperaturas, salinidades e altitudes. O Lago Paranoá constitui-se de um reservatório artificial, e, segundo a análise de preferência de habitat do gastrópode, locais que sofreram represamento são uns dos ambientes favoritos da espécie, abrigando maior quantidade de tiarídeos (KOCK; WOLMARANS, 2009; NDIFON; UKOLI, 1989; SANTOS; ESKINAZI-SANT'ANNA, 2010). Porém, também existem relatos sobre populações de ambientes lóticos que atingem densidades altíssimas, maiores que as encontradas em ambientes lênticos (MIYAHIRA, 2010).

Segundo Havel e colaboradores (2005), reservatórios podem ser mais suscetíveis às invasões biológicas, pois são ambientes já degradados, com perturbações físicas, químicas e biológicas. Tais perturbações não atingem negativamente *M. tuberculata* tanto quanto espécies nativas, podendo até favorecer o competidor, uma vez que os tiarídeos toleram águas poluídas, sem vegetação submersa, e frequentemente se associam a estruturas inseridas no ambiente pelo homem, como plásticos e madeira (ROCHA-MIRANDA; MARTINS-SILVA, 2006; SILVA *et al.*, 1994).

Os reservatórios também podem servir como trampolins ecológicos (*stepping-stones*), devido à homogeneização de habitats, e facilitar a dispersão passiva de espécies exóticas, a depender da conectividade do ambiente (HAVEL *et al.*, 2005). Epidemias causadas por parasitas, como *S. mansoni*, também podem se agravar quando presentes em ambientes represados, uma vez que podem favorecer a proliferação de gastrópodes

hospedeiros de importância médica, como os planorbídeos do gênero *Biomphalaria* sp. (MORGAN *et al.*, 2001). Tolley-Jordan e Owen (2008) sugerem que ambientes lênticos servem como *hot-spots* de possíveis agentes infecciosos provindos de *M. tuberculata* e *Tarebia granifera* (Lamarck, 1816), uma vez que a maioria dos tiarídeos infectados encontra-se em águas paradas e se dispõe de forma agregada.

### **Taxonomia e características conquiliológicas de *Melanoides tuberculata***

**Reino:** Animalia

**Filo:** Mollusca

**Classe:** Gastropoda

**Subclasse:** Prosobranchia

**Ordem:** Mesogastropoda

**Superfamília:** Cerithioidea

**Família:** Thiaridae

**Gênero:** *Melanoides*

**Espécie:** *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774)

*Melanoides tuberculata* apresenta concha turriforme, com 12 a 16 voltas, que diminuem de tamanho proporcionalmente em direção ao ápice (THIENGO *et al.*, 2005; MIYAHIRA, 2010). Pode apresentar perisotraco com pigmentações variadas, que caracterizam os diferentes morfotipos da espécie, podendo ser acinzentadas, amarronzadas, avermelhadas ou esverdeadas (SAMADI *et al.*, 1999). A coloração da concha pode ser mais uniforme ou apresentar flâmulas ou pontos, de pequenos a evidentes, e de coloração mais avermelhada ou amarronzada. Apresenta finas estrias horizontais em espiral cortadas por costelas verticais bem aparentes (THIENGO *et al.*, 2005; MIYAHIRA, 2010). A abertura da concha apresenta formato oval (MIYAHIRA, 2010), é voltada para o lado direito (dextrogira), e seu ápice é pontiagudo, porém pode se mostrar desgastado ou quebrado em alguns espécimes (Fig. 3).



**Figura 3.** Concha de *Melanoides tuberculata* coletada no Lago Paranoá (DF), com visão ventral e dorsal do espécime. Foto: Carolina T. P. Gonçalves.

### **Distribuição de *Melanoides tuberculata***

O tiarídeo é originário das regiões centrais e leste da África, sudeste da Ásia, China e Ilhas do Indo-Pacífico e se dispersou por ambientes tropicais e subtropicais (BROWN, 1980; MADSEN; FRANDBSEN, 1989, VAZ *et al.*, 1986), sendo classificado hoje como cosmopolita, uma vez que está presente em todos os continentes com exceção da Antártica (ISMAIL; ARIF, 1993; MIYAHIRA, 2010) . Segundo Miyahira (2010), dentre os 52 países que possuem registros sobre a ocorrência do animal, 52% se encontravam fora dos limites impostos para o endemismo da espécie, ou seja, aproximadamente metade dos registros era condizente a países em que a espécie foi introduzida.

Na América do Norte, acredita-se que o molusco foi introduzido nos anos 30 em São Francisco por um aquarista (KARATAYEV *et al.*, 2009), apesar de ter sido registrado pela primeira vez por Murray no Texas (ABBOTT, 1973). De acordo com Mitchell e colaboradores (2005), o tiarídeo ocorre em quinze estados americanos, em sua maioria na região sudeste.

Na América do Sul, a espécie já está dispersa por seis países, sendo estes o Brasil, Argentina, Colômbia, Peru, Venezuela e Paraguai (MIYAHIRA, 2010; PESO *et al.*, 2010; PESO *et al.*, 2011). Os primeiros espécimes observados no Brasil foram

encontrados em São Paulo, em 1967, e, em 1986, o molusco já estava disperso por diversos municípios do estado (VAZ *et al.*, 1986). O gastrópode hoje já invadiu ao menos 18 estados brasileiros e o Distrito Federal (FERNANDEZ *et al.*, 2003; SOUTO *et al.*, 2011).

O Lago Paranoá, localizado no Distrito Federal e alvo desta pesquisa, foi onde se constatou a primeira ocorrência do tiarídeo fora do estado de São Paulo (VAZ *et al.*, 1986), sendo observados primeiramente por Monteiro e Dias (1980), e registrados posteriormente por Vaz e colaboradores (1986) (PAULA-ANDRADE *et al.*, 2012). Estes espécimes foram encontrados próximos à ponte do Gilberto Salomão, região do Lago Sul pertencente ao braço do Ribeirão Riacho Fundo, ponto que também foi explorado neste trabalho. Em 1990, Vieira analisou a comunidade bentônica marginal do Lago Paranoá, e relatou a presença de *M. tuberculata* em todos os cinco braços do lago, cuja maior densidade encontrava-se no braço Ribeirão do Bananal. Novas publicações que mencionaram o tiarídeo no lago só ocorreram onze anos após esta última, quando Martins-Silva e Barros (2001) avaliaram a ocorrência e distribuição de moluscos dulcícolas no Ribeirão Riacho Fundo, córrego que desagua no Lago Paranoá, e dá nome ao braço onde foram encontrados os primeiros exemplares da espécie. Neste ribeirão, a abundância de *M. tuberculata* foi pouco expressiva, atingindo apenas 1,4% do total de moluscos coletados.

### **Introdução de espécies e controle biológico**

Segundo Darrigran e Damborenea (2006), as introduções podem ser classificadas como acidentais, quando existe uma falha institucional no controle e prevenção do organismo invasor, por exemplo, nos contrabandos, ou intencionais, que são aquelas planejadas e autorizadas, em que há o desejo de atingir algum objetivo com a ação.

Acredita-se que a introdução de *M. tuberculata* no estado de São Paulo foi acidental, e se deu através do comércio de peixes e plantas ornamentais por aquarofilistas, uma vez que, anos após o primeiro registro, foram encontrados exemplares da espécie em uma loja de aquários de um município paulista, e o proprietário preferiu não comentar a origem dos animais (VAZ *et al.*, 1986; FERNANDEZ *et al.*, 2003).

Quando mantidos em aquários em boas condições, estes moluscos apresentam grande capacidade reprodutiva (FREITAS *et al.*, 1987; MADSEN; FRANSEN, 1989), podendo atingir altas densidades de indivíduos. Devido a infestação, ou pela simples

limpeza do aquário, é possível que o proprietário se livre dos animais jogando-os em cursos d'água, ou que estes caiam de forma despercebida em tubulações de água ou esgoto não-tratados e sejam carregados a novos ambientes ainda não invadidos. A presença do tiarídeo também foi registrada em tanques de criação de peixes, caso semelhante ao encontrado em Guapimirim, município onde foram notados os primeiros exemplares da espécie no Rio de Janeiro (VAZ *et al.*, 1986; THIENGO *et al.*, 1998), o que suporta mais uma vez a hipótese de introdução acidental através da criação e comércio de peixes.

Outras hipóteses do ingresso acidental do gastrópode no ambiente se baseiam no transporte de água de lastro e sedimentos associados a embarcações, e na possibilidade de indivíduos serem transportados aderidos a outros animais, uma vez que a espécie resiste bem à dessecação realizando hipóxia, e poderia ser transportada por longos percursos sem chegar ao óbito (FACON *et al.*, 2004; MADSEN; FRANDBSEN, 1989; MIYAHIRA, 2010; MORENO; CALLISTO, 2006).

Introduções intencionais também foram realizadas com esta espécie, que, devido às características competitivas, tornou-se uma importante ferramenta no controle de outros moluscos de importância médica (POINTIER, 1989; POINTIER; MCCULLOUGH, 1989). Estas tentativas de controles biológicos são voltadas principalmente para o controle e erradicação do gastrópode do gênero *Biomphalaria* (*B. glabrata*<sup>1</sup>, *B. tenagophila*<sup>2</sup> e *B. straminea*<sup>3</sup>), hospedeiro intermediário do trematódeo *S. mansoni*, causador da esquistossomose no homem, que apresenta como principais sintomas diarreias, febres, náuseas e alterações hepáticas. Inicialmente, estudos realizados em Porto Rico por Butlers e colaboradores (1980) demonstraram que após a introdução de populações do tiarídeo *Thiara granifera* (Lamarck, 1822), havia o desaparecimento dos planorbídeos *Biomphalaria* (POINTIER; MCCULLOUGH, 1989). Já na República Dominicana, a presença de *T. granifera* causou o deslocamento de *B. glabrata*, sendo sustentado pelos autores que isto ocorreu devido a uma possível substância química produzida pelo tiarídeo, ou pelo contato físico com grandes populações de *T. granifera*, mas não pela competição por alimento ou espaço (PEREZ *et al.*, 1991).

---

<sup>1</sup> (Say, 1818)

<sup>2</sup> (d'Orbigny, 1835)

<sup>3</sup> (Dunker, 1848)

Estudos envolvendo o controle de *Biomphalaria* por *M. tuberculata* se iniciaram devido às afinidades relacionadas aos habitats que ocupam e aos alimentos que consomem (POINTIER; MCCULLOUGH, 1989), permitindo desta forma a competição interespecífica. Pesquisas de controle biológico foram realizadas em ilhas do Caribe, e notou-se que após a introdução de *M. tuberculata* em áreas da ilha Martinica, antes dominadas por *B. glabrata* e *B. straminea*, o desaparecimento dos planorbídeos foi percebido (POINTIER; MCCULLOUGH, 1989). No ano 2000, após uma coleta ao longo de toda a ilha, foi observada a presença de poucas populações de *B. straminea* restantes, e de nenhum indivíduo de *B. glabrata*, indicando que a presença do tiarídeo é capaz de reduzir as populações de planorbídeos, assim como as mantém incapazes de se reestabelecer nestas mesmas áreas (POINTIER, 2001). Isto se dá provavelmente devido às altas taxas reprodutivas da espécie, que podem manter as competidoras afastadas (MIYAHIRA, 2010), além de apresentarem maior expectativa de vida (POINTIER; MCCULLOUGH, 1989), tendendo a um maior aumento populacional quando comparadas às espécies de *Biomphalaria*.

No Brasil, Giovanelli (2004) relatou a competição entre *M. tuberculata* e *B. glabrata* logo após a introdução do tiarídeo no município de Sumidouro (RJ), e também observou o decréscimo da população do planorbídeo. Porém, além das hipóteses de controle já mencionadas por outros autores, como competição por alimento ou controle por substâncias químicas (GOMEZ *et al.*, 1990; PEREZ *et al.*, 1991; POINTIER; MCCULLOUGH, 1989; GIOVANELLI *et al.*, 2002; GIOVANELLI *et al.*, 2004), o autor sugeriu a hipótese de competição por facilitação. Neste tipo de competição, após a introdução do competidor, em vez de ocorrer o decréscimo da população nativa, há um relevante aumento populacional da mesma, fazendo com que aumente também as oscilações populacionais, levando a espécie à extinção (GIOVANELLI *et al.*, 2003). Giovanelli e colaboradores (2002) propõem a existência de um nutriente ou substância liberada por *M. tuberculata* que poderia favorecer ou desfavorecer *B. glabrata*, estimulando o crescimento e fecundidade dos planorbídeos.

### ***Melanoides tuberculata* e parasitoses**

Apesar de *M. tuberculata* ser introduzido com o intuito de controlar gastrópodes de importância médica, é preciso evidenciar que ele próprio requer ampla atenção, uma vez que também pode ser hospedeiro de 37 espécies de parasitas trematódeos, dentre elas *Clonorchis sinensis*, *Paragonimus westermani* e *Centrocestus formosanus* (PINTO,



2009; VAZ *et al.*, 1986). Pouco ainda se sabe sobre a associação dos trematódeos com a espécie no Brasil, por mais que ela seja registrada no território há 50 anos (PINTO, 2009). *M. tuberculata* é o primeiro hospedeiro intermediário dos parasitas. Nele, são formadas as cercarias que são liberadas no meio aquático, que, a depender do trematódeo, pode ter como hospedeiros secundários peixes (como o trematódeo *C. formosanus*), e como hospedeiros definitivos aves, peixes e mamíferos (LEITE *et al.*, 1989; PAULA-ANDRADE *et al.*, 2012; PINTO, 2009). Cercarias do tipo Pleurolofocerca foram descritas por Boaventura *et al.* (2002) e Bógea *et al.* (2005), mas a identificação da espécie é complexa devido à necessidade de fechamento do ciclo, utilizando-se hospedeiros intermediários e definitivos, para a posterior análise morfológica do parasita adulto (PINTO, 2009).

Dentre as espécies já investigadas em território brasileiro, foram relatados indivíduos de *M. tuberculata* naturalmente infectados por *C. formosanus* (Pleurolofocerca) na Lagoa da Pampulha (MG) e no Lago Paranoá (local do presente estudo), e de *Philophthalmus gralli* (Megalura) também na Lagoa da Pampulha (PAULA-ANDRADE *et al.*, 2012; PINTO, 2009).

*Centrocestus formosanus* são parasitas intestinais, que utilizam como hospedeiros intermediários secundários peixes, encistando-se em suas brânquias e podendo causar processos inflamatórios ou até levar os animais ao óbito, causando prejuízos ambientais e econômicos (SCHOLZ; SALGADO-MALDONADO, 2000). Com a ingestão do peixe, o parasita infecta aves e mamíferos, seus hospedeiros definitivos. Desta forma, recomenda-se a não ingestão de peixes crus ou mal cozidos (PAULA-ANDRADE *et al.*, 2012; SCHOLZ; SALGADO-MALDONADO, 2000).

*Philophthalmus* é um gênero constituído por parasitas oculares, que têm como hospedeiro definitivo aves e mamíferos, e com casos de infecção registrados em humanos, inclusive por *P. gralli* (LAMONTHE-ARGUMEDO *et al.*, 2003, GUTIÉRREZ *et al.*, 1987).

Casos de infecção por *Paragonimus* spp., que causam paragonimíase, são comuns em países asiáticos, mas também ocorrem em países da América do Sul, como no Equador, Peru e Colômbia. Este parasita atinge o sistema pulmonar dos indivíduos, que se infectam através do consumo de crustáceos crus ou mal cozidos (ALVARADO *et al.*, 2004; JAYYA *et al.*, 2000; KEISER; UTZINGER, 2005; LEMOS *et al.*, 2007; VÉLEZ *et al.*, 2000). Apenas um caso foi relatado até o momento no Brasil, em que uma mulher foi diagnosticada com a doença na cidade de Salvador, Bahia (LEMOS *et al.*, 2007).

Por fim, a clonorquiase, causada pela infecção de parasitas *Clonorchis* foi registrada no Brasil apenas em imigrantes chineses, até o momento. Semelhante à infecção por *Centrocestus*, a doença é contraída através da ingestão de peixes crus ou malcozidos portadores das metacercarias, podendo evoluir para uma cirrose quando agravada a doença (LEITE *et al.*, 1989).

O risco de infecção destes trematódeos na população brasileira ainda não é conhecido, porém, deve ser considerada a possibilidade de pessoas contraírem estes parasitas no futuro (PINTO, 2009). Provavelmente, existem mais casos que os relatados, já que muitas vezes há falta de procura por diagnóstico por parte da população e de unidades de atendimento médico para suprir a demanda necessária no Brasil. O registro da ocorrência do tiarídeo hospedeiro e de parasitas no Lago Paranoá traz preocupação sob o ponto de vista da saúde pública, pois o local é intensamente utilizado pela população para recreação e pesca, estando presentes no ambiente todos os hospedeiros necessários à ocorrência de ciclos parasitários dos trematódeos mencionados anteriormente.

### **Dinâmica populacional de *Melanoides tuberculata***

A dinâmica populacional da espécie vem sendo estudada há décadas nos mais variados continentes, com vistas a aumentar o conhecimento sobre a espécie a partir de investigações sobre a composição, estruturação e predominância de classes de indivíduos nas populações. Dudgeon (1986), ao pesquisar a dinâmica do tiarídeo em Hong Kong, onde a espécie é nativa, registrou oscilações na população, que apresentou um mínimo de menos de 200 indivíduos/m<sup>2</sup> no inverno (fevereiro de 1983), e um máximo de 631 indivíduos/m<sup>2</sup> no verão (setembro de 1982), variações igualmente acompanhadas pelo número de indivíduos mortos (conchas).

O pico populacional no verão se deu devido à liberação de jovens para o meio, e foi mais evidente nos meses de julho a setembro, constatando-se um único período reprodutivo. Esta liberação, porém, foi percebida também ao longo de outros meses, concordando com o proposto por Berry e Kadri (1974), os quais defendem a constante liberação de jovens pelo tiarídeo. A expectativa de vida dos animais foi calculada em ao menos um ano, com raros animais de largura acima de 7 mm (acima de 1 ano). A mortalidade dos tiarídeos se mostrou dependente da idade, sendo constante em animais menores, e maior em animais > 9 mm de largura.

Ismail e Arif (1993), ao investigarem a dinâmica de *M. tuberculata* nos Emirados Árabes, descreveram uma grande variação na densidade da espécie, que atingiu um pico de 50.960 indivíduos/m<sup>2</sup> em junho de 1990, seguido de decréscimo, onde a menor densidade foi de 3.650 indivíduos/m<sup>2</sup>. Diferente de Dudgeon (1986), os autores descreveram dois períodos reprodutivos para a espécie, um em maio e outro no mês de outubro (ISMAIL; ARIF, 1993), com liberações também em outros meses. A expectativa de vida também variou entre os autores, sendo estimada em um ano por Dudgeon (1986), e quatro a cinco anos por Elkarmi e Ismail (2007).

No reservatório da Pampulha (MG), ambiente lântico semelhante ao Lago Paranoá, os primeiros exemplares de *M. tuberculata* foram observados em 1984 (CARVALHO, 1986). A população foi então pesquisada por Freitas e colaboradores (1987), que relataram uma baixa densidade nos primeiros meses de expedição em 1986, e um rápido crescimento populacional, atingindo um pico de 10.693 indivíduos/m<sup>2</sup> em março de 1987 em uma das estações de coleta. Este pico é característico de espécies exóticas, que tendem a ter um crescimento exponencial quando invadem novos ambientes, e em seguida sofrem grande decréscimo ao serem reguladas pelo ambiente, tendendo a estabilização (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006). A população apresentou indivíduos jovens ao longo de toda a expedição, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, e exibiu grande capacidade reprodutiva, migratória e de estabelecimento nos mais diversos sedimentos (FREITAS *et al.*, 1987).

As densidades populacionais de *M. tuberculata* variam muito nas diferentes regiões investigadas no Brasil. Na Bacia do Paranã (GO), por exemplo, a espécie apresentou densidade máxima de 334 indivíduos/m<sup>2</sup> (ROCHA-MIRANDA; MARTINS-SILVA, 2006), e na bacia do Rio Piranhas-Assu (RN), variou entre 13 a 7.323 indivíduos/m<sup>2</sup> (SANTOS; ESKINAZI-SANT'ANNA, 2010), ambas com predominância de indivíduos jovens. Em Minas Gerais, no lago Soledade foram observadas densidades de até 11.700 indivíduos/m<sup>2</sup>, e na Lagoa Ferrugem, 961 indivíduos/m<sup>2</sup> (RAMOS, 2008; SILVA *et al.*, 1994). Em São Paulo, as densidades chegaram a 23.753 indivíduos/m<sup>2</sup> em um reservatório do baixo Tietê, e de 5.053 indivíduos/m<sup>2</sup> em represas do médio Tietê (FRANÇA *et al.*, 2007 ; SURIANI *et al.*, 2007).

Até o momento, o mais completo estudo sobre a dinâmica populacional de *M. tuberculata* no Brasil foi realizado por Miyahira (2010), em um riacho recém-invadido pela espécie em Ilha Grande (RJ). O autor descreveu um lento crescimento populacional, seguido de um pico entre maio e novembro de 2007, e, por conseguinte,

queda expressiva da densidade e possível estabilização, conforme o esperado para espécies exóticas. Houve a predominância de indivíduos jovens, de menor tamanho, porém a mortalidade foi mais evidente em classes de maior tamanho. A população se mostrou partenogenética e com alta densidade populacional, chegando a atingir 47.555 indivíduos/m<sup>2</sup>, maior densidade já relatada em território brasileiro.

### ***Melanoides tuberculata* e o meio abiótico**

A compreensão a respeito dos fatores ambientais que influenciam a ocorrência e distribuição da espécie é essencial para o aumento do conhecimento da biologia e ecologia da espécie, assim como de seu controle e erradicação, se necessário. A espécie é conhecida por tolerar as mais variadas condições ambientais, suportando temperaturas entre 16 e 37 °C, variados teores de salinidade (águas doce, salobras e salgadas) e altitudes (entre 0 e 1.500 m) (KOCK; WOLMARANS, 2009; OKUMURA, 2006; WINGARD, 2008).

Ainda, os tiarídeos demonstram preferências por ambientes impactados, que apresentam elevados níveis de detritos orgânicos no sedimento, como em locais que ocorram despejos de esgoto (GIOVANELLI *et al.*, 2005a; ROCHA-MIRANDA; MARTINS-SILVA, 2006). Estes locais podem apresentar menores níveis de oxigênio dissolvido e aumento da condutividade da água, de modo que a elevação do último fator pode favorecer a formação da concha dos moluscos (MACAN, 1961). Miyahira (2010) percebeu uma relação entre a alta da condutividade e o aumento da abundância de *M. tuberculata*, descrevendo a ocorrência de pico populacional após um pico de condutividade. O autor enfatiza, por outro lado, que esta associação poderia desaparecer com o tempo, visto que a espécie estava se dispersando por locais com menores valores da variável ambiental.

Giovanelli e colaboradores (2005a), ao pesquisarem as possíveis influências das variáveis abióticas sobre populações de *M. tuberculata*, classificaram como significativas as concentrações de coliformes fecais e cloreto. Estes fatores também estão relacionados à entrada de esgoto no ambiente, sendo responsáveis pelas maiores densidades de tiarídeos. No entanto, França *et al.* (2007) relataram a espécie como plástica, não estando relacionada a qualquer nutriente ou fator físico-químico da água investigados por eles, e encontrando-se dissipada por todos os reservatórios do estudo. A relação entre os tiarídeos e a granulometria do sedimento também se mostrou

presente, havendo uma preferência do molusco por sedimentos com maior percentual de areia fina (KOCK; WOLMARANS, 2009; MOLOZZI *et al.*, 2011).

Em 1964, a matéria orgânica do Lago Paranoá foi avaliada e considerada pobre para a região (FRANÇA *et al.*, 1964). Em 1990, porém, quando já estabelecidas as ETE's, Vieira registrou um significativo aumento dos teores desta variável no lago, e indicou as áreas próximas às estações de esgoto como as que exibiam as maiores concentrações de materiais orgânicos (acima de 30% do peso seco). A autora apontou o Ribeirão do Bananal como o braço com maior teor orgânico e maior densidade de tiarídeos, além de sugerir que o local poderia ser influenciado pelas fracas correntezas das águas, que favoreceriam não só a deposição de sedimentos, como também a espécie exótica.

### **Controle de espécies exóticas invasoras**

O controle ou erradicação de espécies exóticas é necessário quando elas prejudicam os seres humanos, o ambiente ou a economia. Este controle pode ocorrer por meios físicos, químicos ou biológicos, tendendo a ser bem sucedido na maioria dos casos (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006). Porém, ainda assim, a prevenção contra a introdução dessas espécies é uma importante atitude a ser considerada (SILVA; BARROS, 2011), já que sua erradicação é improvável, a menos que a invasão se encontre em seu estágio inicial (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006). Um controle efetivo é possível somente quando bem planejado, incluindo conhecimentos sobre a biologia e ecologia da espécie, além de métodos de prevenção e controle, políticas ambientais eficazes, informação e colaboração da população.

Estudos laboratoriais foram realizados por Ben-Ami e Heller (2001) com o intuito de controlar populações de *M. tuberculata* através da inserção de um possível predador, a carpa-negra *Mylopharyngodon piceus* (Richardson, 1846). Este predador se mostrou um bom controlador biológico, reduzindo as populações de tiarídeos. No Brasil, estudos preliminares demonstraram a eficiência de peixes jovens da espécie *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1847), conhecidos como piaparas, no controle do gastrópode (SASKA; ROCHA, 2005). Por outro lado, novas introduções para controle de espécies exóticas podem ser problemáticas quando o predador também é uma espécie invasora (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006), podendo atingir ambientes e organismos antes não afetados.

Métodos físicos foram relatados no controle do gastrópode *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822), que tem causado prejuízos em campos de arroz da Ásia, sendo possível a redução da mobilidade e da taxa alimentar do molusco via controle do nível do corpo d'água, quando praticável (YUSA; WADA, 1999). A retirada forçada do animal do ambiente, como catação e raspagem, também é classificada como controle físico, mas requer periodicidade, uma vez que as espécies-alvo podem retornar ao local de controle. Moluscidas e repelentes são escolhas para um controle químico, porém, é válido ressaltar que tais agentes podem também afetar outras espécies e o meio-ambiente, sendo essenciais pesquisas e experimentos laboratoriais antes da aplicação de quaisquer métodos de controle (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006).

Esta pesquisa pode contribuir para a elaboração do mapeamento de áreas de risco sanitário e biológico, já que o molusco pode abrigar parasitas e afetar negativamente espécies nativas. Ademais, o lago é frequentado pela população constantemente, tanto para recreação quanto para pesca, fazendo-se necessário maior conhecimento a respeito dos trematódeos que os tiarídeos da região albergam, e, conseqüentemente, do potencial de infecção para o ser humano e outros animais.

O presente capítulo tem como objetivo analisar a distribuição, abundância e dinâmica populacional de *M. tuberculata* no Lago Paranoá, e verificar a possível influência das variáveis ambientais sobre a distribuição e abundância da espécie. A hipótese é que locais com maiores percentuais de matéria orgânica e maior condutividade comportam as maiores populações do tiarídeo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Triagem em laboratório**

Em laboratório, o sedimento de cada ponto foi lavado e separado com o auxílio de peneiras no mesmo dia em que foi coletado, colocado em potes e fixado com álcool 80%, para então ser triado sob a lupa *Zeiss Stemi SV 11* em busca de moluscos de menor tamanho. Os organismos encontrados foram identificados até o nível taxonômico de interesse, quantificados, acondicionados em recipientes com álcool 80% e então tombados na Coleção de Moluscos da Universidade de Brasília (CMUnB).

Os tiarídeos foram separados em vivos, contemplando os que apresentavam corpo mole, e mortos, que apresentavam somente a concha calcária. Indivíduos que se encontravam vivos foram mortos através de imersão em água a 70°C, seguindo o método descrito por Thiengo (1995), que facilita a remoção do corpo mole aderido à

concha pelo músculo columelar, sendo depois fixados em álcool 80%. Uma vez vazias, as conchas foram lavadas, secadas e acondicionadas em sacos padronizados para a deposição na coleção. Conchas muito danificadas foram descartadas devido à dificuldade de quantificá-las ou mensurá-las com exatidão.

### **Conquiliometria dos indivíduos**

Após a separação dos indivíduos de *M. tuberculata*, todos foram medidos em relação à altura e largura (tamanho da abertura da concha) (Fig. 4) com um paquímetro de precisão de 0,05 mm. Conforme a largura calculada, os moluscos foram divididos em classes de desenvolvimento já estabelecidas por Miyahira (2010), dentre as quais se encontram:

Classe 1 – largura de 0,01 a 2,99 mm;

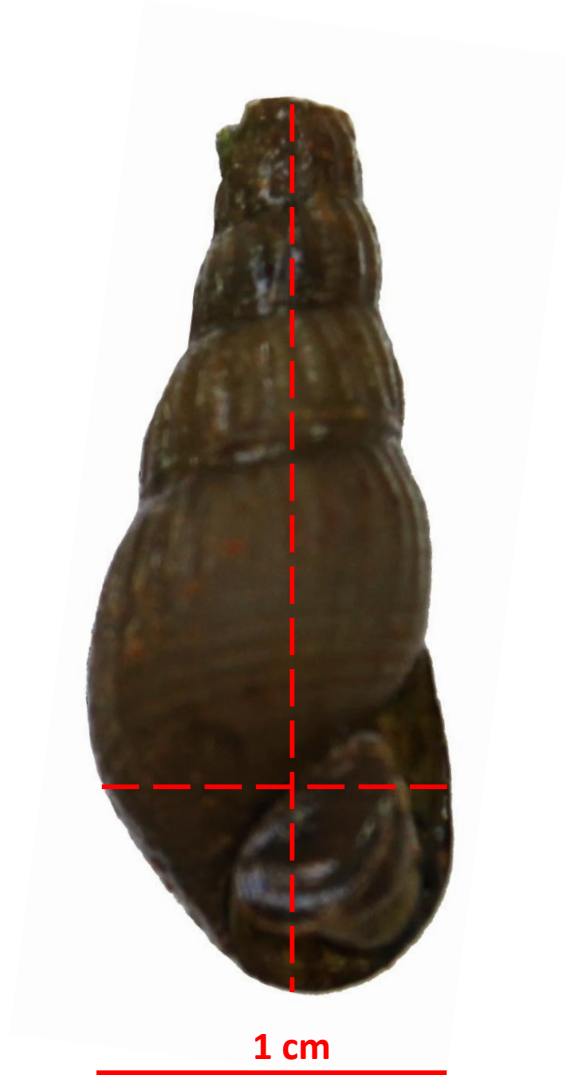
Classe 2 – largura de 3 a 5,99 mm;

Classe 3 – largura de 6 a 8,99 mm;

Classe 4 – largura acima de 9 mm.

As classes de largura foram estabelecidas com base na biologia reprodutiva da espécie, sendo a classe 1 ainda não reprodutiva, a classe 2 com indivíduos que iniciaram seu ciclo reprodutivo, a classe 3 composta por moluscos reprodutivos e a 4 por adultos que alcançaram a segunda etapa reprodutiva (DUDGEON, 1986; MIYAHIRA, 2010). A abertura da concha foi escolhida para ser utilizada em pesquisas que envolvem morfometria, visto que muitos indivíduos desta espécie perdem parte do ápice de sua concha, o que impediria a correta medição da altura do animal (SILVA, 2010).

A relação entre largura e altura dos animais foi realizada através da medição de 10% dos tiarídeos reprodutivos de cada ponto, totalizando 790 indivíduos, ou seja, somente foram aferidos tiarídeos de largura superior a 3 mm.



**Figura 4.** Indivíduo de *Melanoides tuberculata* coletado no Lago Paranoá (DF) com as medidas de altura e largura (linhas tracejadas). Foto: Carolina T. P. Gonçalves.

### **Análises de dados**

A relação entre a largura e a altura dos indivíduos reprodutivos foi esclarecida utilizando-se o teste de correlação de Pearson após a logaritmização dos dados, seguido por uma regressão linear, em que os valores ilustrados em gráfico têm como eixo x as medidas de largura, e eixo y os valores de altura.

Para avaliar a população do molusco invasor, todos os pontos do estudo foram agregados por tributários de forma a aperfeiçoar a análise (Tabela 3), uma vez que a avaliação dos pontos de coleta individualmente seria muito extensa, e não tão eficiente para a compreensão da dinâmica populacional do animal em relação ao ambiente.



**Tabela 3.** Relação dos braços do lago com os tributários próximos, os pontos de coleta e as regiões em que se encontram no Lago Paranoá (DF).

Número	Tributário próximo	Pontos de coleta	Região administrativa
1	Ribeirão do Torto	1, 2 e 3	Lago Norte
2	Ribeirão do Bananal	4, 5, e 6	Lago Norte e Asa Norte
3	Central	7 e 8	Vila Planalto e Lago Sul
4	Ribeirão do Gama	9, 10 e 11	Lago Sul
5	Ribeirão do Riacho Fundo	12, 13 e 14	Lago Sul

Realizaram-se testes de Shapiro-Wilk, para verificar a normalidade, e de Bartlett para homocedasticidade, ambos com nível de significância de 95% ( $p < 0,05$ ). Constatada a falta de normalidade e de homocedasticidade na distribuição dos dados, a logaritmização destes fez-se necessária. Desta forma, o teste ANOVA (Análise de Variância) foi utilizado para avaliar a distribuição dos organismos ao longo das expedições de coleta e por braço do lago, seguido de pós-teste de Tukey.

Os dados referentes aos fatores abióticos foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade, e como estas premissas não foram atendidas, eles foram logaritmizados, para então serem testados através da ANOVA de modo a verificar a existência de diferenças entre as médias das variáveis em relação às datas das expedições e as regiões do lago. Também foi realizada uma análise discriminante com o intuito de avaliar quais tributários e expedições de coleta se assemelham ou se diferenciam, em relação a estas variáveis ambientais. Ademais, calculou-se a eficiência de discriminação dos tributários e mês de coleta pelas variáveis ambientais por validação cruzada. Todos os dados foram plotados em forma de gráfico para facilitar a visualização dos resultados.

Para entender se as variáveis ambientais influenciavam a população de *M. tuberculata*, realizou-se uma regressão linear generalizada seguida de seleção de modelos. Inicialmente, foi usada a distribuição de Poisson, porém como o valor do desvio dos resíduos superou o valor dos graus de liberdade, o que caracteriza uma alta dispersão, optou-se por utilizar o modelo de Quasi-Poisson. Em seguida, foram calculadas as correlações de Pearson entre as variáveis selecionadas pelo modelo e a quantidade de tiarídeos presentes no ambiente em  $1\text{m}^2$ , após a logaritmização dos dados.

Para avaliar a abundância de indivíduos por classe de largura, a logaritmização não se mostrou eficiente, porque mesmo após sua realização, os dados ainda exibiam

falta de normalidade e de homocedasticidade. Logo, para esta porção da análise, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

A dinâmica populacional da espécie foi verificada para todo o Lago Paranoá e para cada região do mesmo através de gráficos específicos.

## RESULTADOS

### Morfotipos de *Melanoides tuberculata*

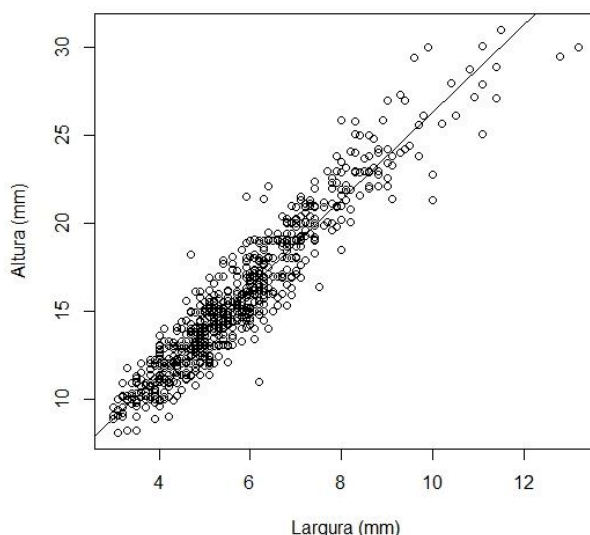
As populações encontradas no Lago Paranoá apresentavam diferentes padrões de cores e de ornamentações em suas conchas, que podem caracterizar diferentes morfotipos da espécie (POINTIER, 1989). A maioria apresentava uma tonalidade marrom, mas também foram encontrados tons esverdeados e acinzentados, com diferentes cores e padrões de flâmulas (Fig. 5).



**Figura 5.** Conchas de *Melanoides tuberculata* coletados no Lago Paranoá (DF). Foto: Carolina T. P. Gonçalves.

### Morfometria dos indivíduos

As medidas mínimas de largura entre todos os indivíduos de *M. tuberculata* mensurados foi de 3 mm, e altura mínima de 8,9 mm. Já as máximas foram de 12,8 mm de largura e 31 mm de altura. Os tiarídeos apresentaram médias de  $15,6 \pm 4,15$  mm para as medidas de altura e  $5,7 \pm 1,58$  mm para largura. Houve uma correlação significativa entre estas medidas ( $r^2=0,94$ ,  $t_{788}=79,54$ ,  $p<0,001$ ). A análise de regressão linear indicou que 89% da variação da medida de largura é explicada pela altura (Fig. 6).

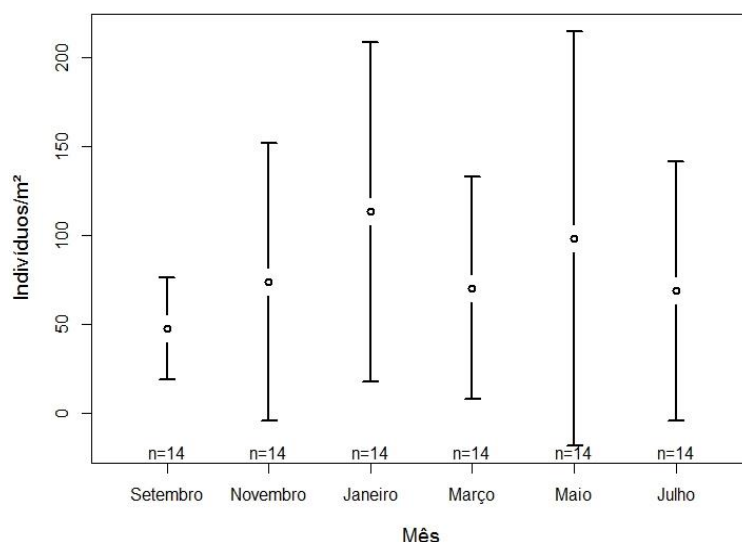


**Figura 6.** Relação entre altura e largura de uma amostra de 10% (790 exemplares) de *Melanoides tuberculata* reprodutivos do Lago Paranoá (DF).

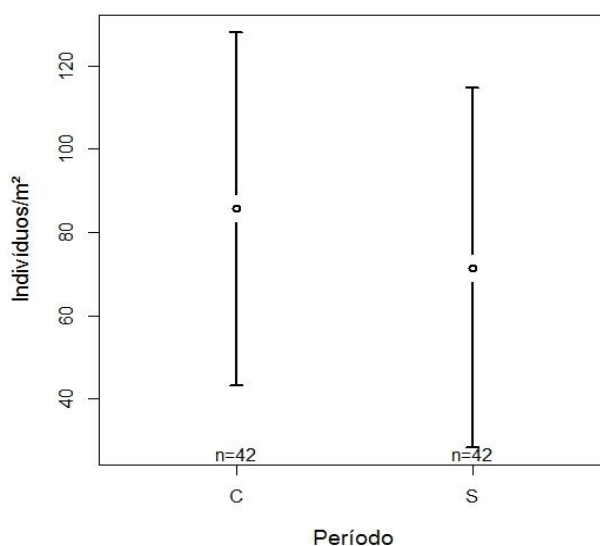
#### **Varição da densidade de *M. tuberculata* ao longo das expedições de coleta**

Foram coletados 13.196 indivíduos de *M. tuberculata* vivos e 20.710 mortos ao longo das seis expedições. Todos foram medidos em relação à largura e classificados conforme Miyahira (2010). Inicialmente, a variação da população do Lago Paranoá foi averiguada relacionando a média do total de indivíduos com o mês de coleta (Fig. 7). É possível verificar dois picos populacionais, o primeiro e maior em janeiro, com um total de 3.165 indivíduos, em torno de 24% do total tiarídeos, e o segundo em maio, com 2.747 indivíduos (20,8%).

Ao verificar se a densidade de *M. tuberculata* apresentava diferenças ao longo das expedições de coleta, foi confirmado que a densidade de tiarídeos não exibiu grandes variações ao longo dos meses ( $F_{5,78}=0,22$ ;  $p=0,95$ ) (Fig. 7). Com a divisão dos meses em períodos de seca e chuva, também não foi percebida nenhuma diferença na abundância de gastrópodes entre os períodos no Lago Paranoá ( $F_{1,82}=0,17$ ;  $p=0,68$ ) (Fig. 8).



**Figura 7.** Boxplot da densidade de *Melanoides tuberculata* ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF).



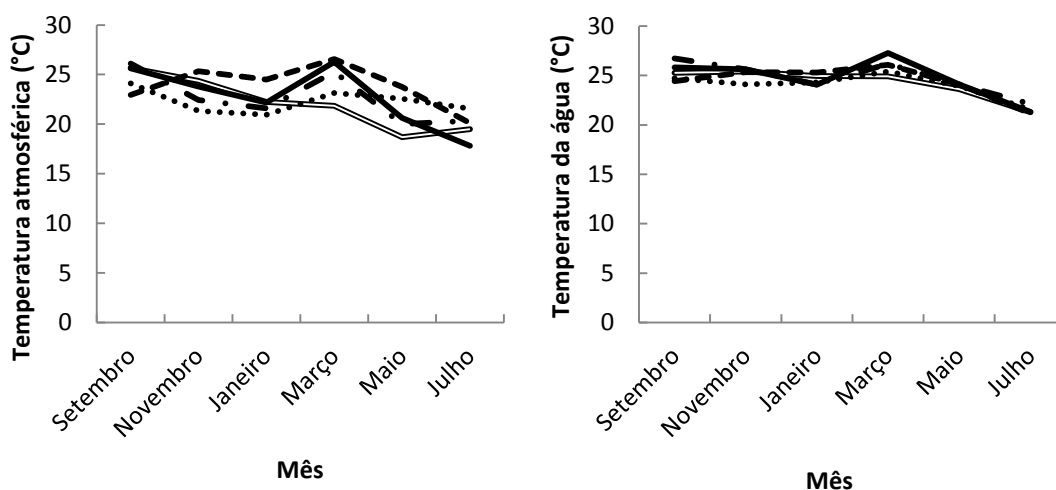
**Figura 8.** Boxplot da densidade de *Melanoides tuberculata* nos períodos de chuva (C) e de seca (S) no Lago Paranoá (DF).

## Meio abiótico e sua influência sobre a população de *Melanoides tuberculata*

### 1. Variáveis ambientais

As médias mais altas de temperatura atmosférica no Lago Paranoá ocorreram em setembro/2013 e março/2014, sendo 24,9 e 24,7 °C respectivamente, e a mais baixa no mês de julho/2014, com 19,5 °C. Já as temperaturas mais altas da água foram mensuradas nos meses de setembro e novembro/2013 (25,4 °C e 25,3 °C, respectivamente), e a mais baixa também no mês de julho, apresentando uma média de 21,4 °C (Fig. 9).

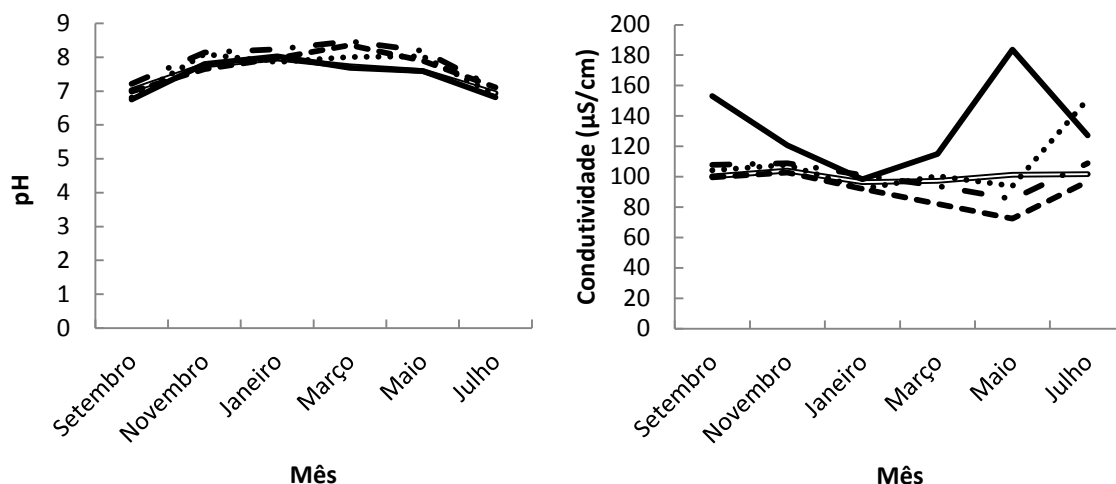
As temperaturas atmosféricas e da água não apresentaram diferenças em relação aos braços do lago ( $F_{4,79}=0,99$ ;  $p=0,41$  e  $F_{4,79}=1,1$ ;  $p=0,36$ , respectivamente), porém estas foram significativas para o mês de expedição ( $F_{5,78}=12,19$ ;  $p<0,001$  e  $F_{5,78}=57$ ;  $p<0,001$ ). As variações da temperatura do ar de março a maio/2014 e a da água a partir do mês de janeiro/2014 são as responsáveis pela significância do teste, quando levada em conta a ordem cronológica das coletas.



**Figura 9.** Variação das médias de temperatura atmosférica e da água ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF). Linha tracejada – braço Ribeirão do Torto; linha vazada – braço Ribeirão do Bananal; linha pontilhada – área central; linha intercalada – braço Ribeirão do Gama; linha sólida – braço Ribeirão do Riacho Fundo.

O pH exibiu seus menores valores nos meses de setembro/2013 e julho/2014, 6,96 e 6,97, respectivamente. Os meses com os menores valores de pH, apresentaram também as maiores médias de condutividade, sendo 113,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em setembro/2013 e 114,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em julho/2014. Os menores valores de condutividade foram mensurados em janeiro e março/2014 (96,6 e 97,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Fig. 10).

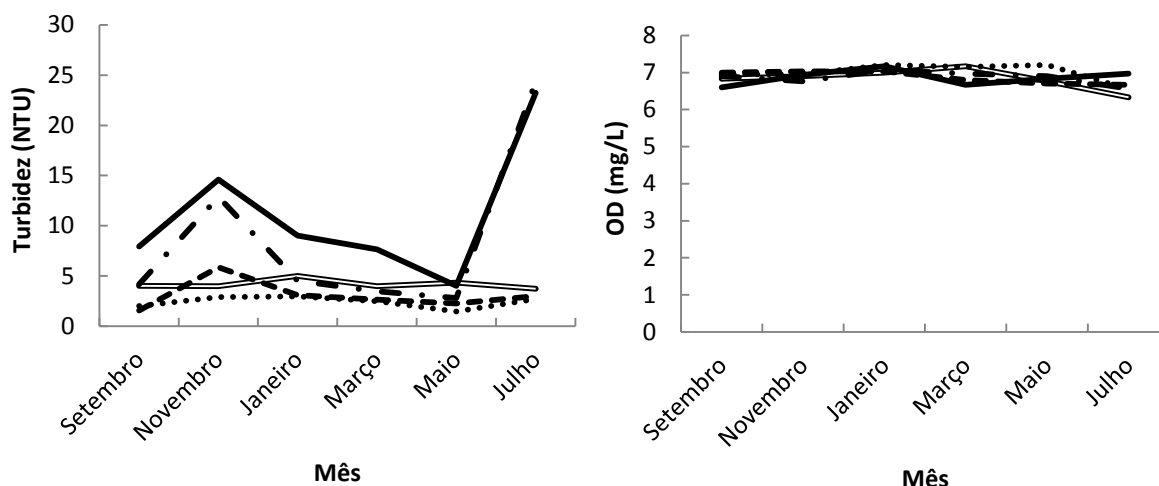
O pH variou apenas em relação às datas das coletas ( $F_{5,78}=41,72$ ;  $p<0,001$ ), devido aos períodos de setembro a novembro/2013 e maio a julho/2014. A condutividade não variou em relação ao mês ( $F_{5,78}=2,32$ ;  $p=0,5$ ), mas variou em relação ao braço ( $F_{4,79}=10,35$ ;  $p<0,001$ ), sendo o Riacho Fundo um dos responsáveis pela variação dos dados quando comparado aos outros, além da área central – Ribeirão do Torto.



**Figura 10.** Variação das médias de pH e condutividade ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF). Linha tracejada – braço Ribeirão do Torto; linha vazada – braço Ribeirão do Bananal; linha pontilhada – área central; linha intercalada – braço Ribeirão do Gama; linha sólida – braço Ribeirão do Riacho Fundo.

Em relação à turbidez, os maiores valores foram referentes a julho (12,02 NTU), e o oxigênio dissolvido (OD) se mostrou relativamente constante ao longo de todos os meses, com uma média total de 6,84 mg/L (Fig. 11).

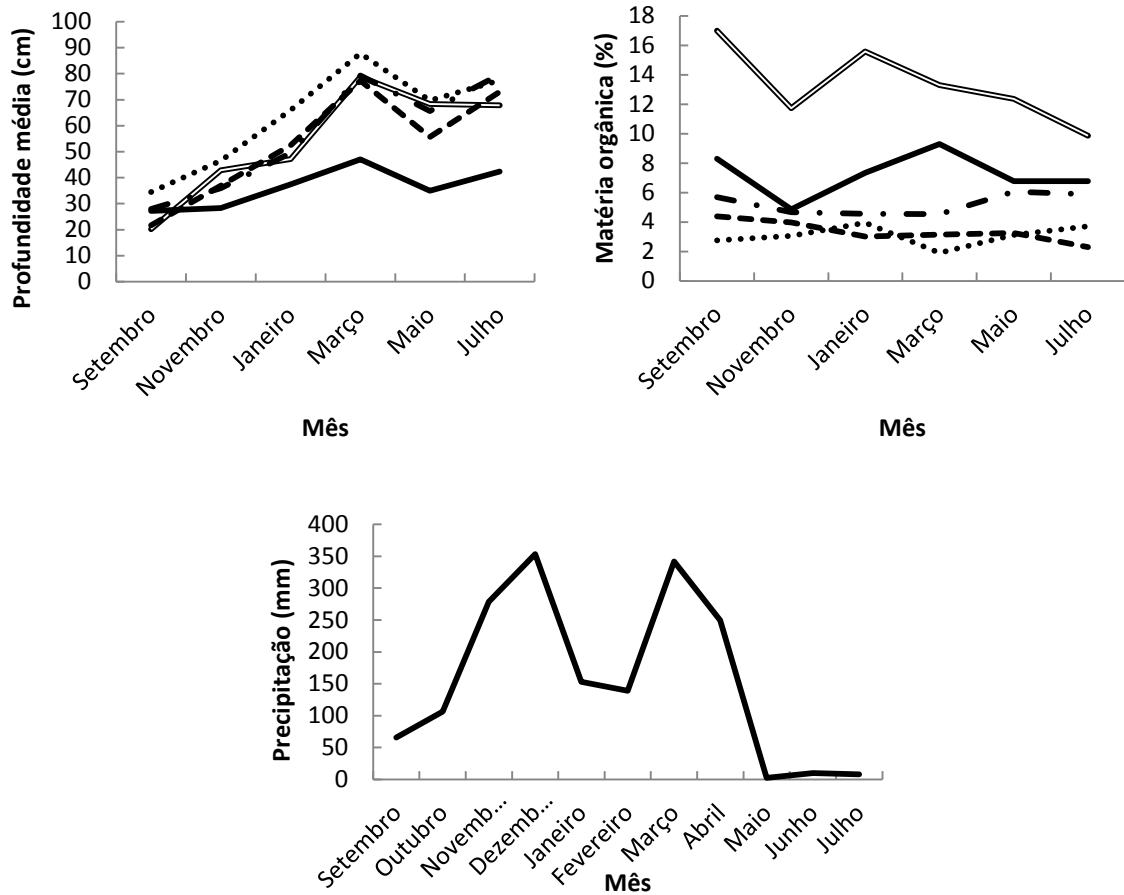
A turbidez apresentou variação em relação ao braço ( $F_{4,79}=11,04$ ;  $p<0,001$ ) e à expedição de coleta ( $F_{5,78}=3,33$ ;  $p=0,008$ ). Os únicos pares de braços que não apresentaram diferenças quando associados foram: Ribeirão do Gama – Ribeirão do Bananal, Ribeirão do Torto – Ribeirão do Bananal e Ribeirão do Torto – área central. A significância em relação ao mês ocorreu de setembro a novembro/2013. O OD foi significativo somente em relação à data de expedição ( $F_{5,78}=3,92$ ;  $p=0,003$ ), com os meses de maio a julho/2014 sendo os mais diferenciados.



**Figura 11.** Variação das médias de turbidez e oxigênio dissolvido (OD) ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF). Linha tracejada – braço Ribeirão do Torto; linha vazada – braço Ribeirão do Bananal; linha pontilhada – área central; linha intercalada – braço Ribeirão do Gama; linha sólida – braço Ribeirão do Riacho Fundo.

As profundidades mínimas e máximas apresentaram seus menores valores na primeira expedição de coleta, em setembro/2013, sendo a média da profundidade mínima 17 cm e da máxima, 34,4 cm. Os maiores valores foram encontrados em março/2014 (63,3 cm para mínimo e 82,8 cm para máximo), mês em que também foi mensurada a maior precipitação (359,6 mm) registrada pelo INMET. A matéria orgânica exibiu certa constância ao longo das expedições de coleta, com média total de 6,7% (Fig. 12).

A profundidade média divergiu ao longo dos meses e braços ( $F_{5,78}=14,71$ ;  $p<0,001$  e  $F_{4,79}=2,91$ ;  $p=0,02$ ), devido às variações nos meses de janeiro a março/2014, e em relação à área central – Riacho Fundo. Por fim, a matéria orgânica apenas exibiu diferença relevante em relação aos braços, sendo os únicos não divergentes, quando comparados, os do Ribeirão do Torto – área central, Ribeirão do Gama – Riacho Fundo e Ribeirão do Torto – Ribeirão do Gama. As condições das variáveis encontradas em cada região do Lago Paranoá podem ser visualizadas na Tabela 4. Todos os valores de p e F encontram-se expostos na Tabela 5.



**Figura 12.** Variação das médias de profundidade média, matéria orgânica e precipitação ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF). Linha tracejada – braço Ribeirão do Torto; linha vazada – braço Ribeirão Bananal; linha pontilhada – área central; linha intercalada – braço Ribeirão do Gama; linha sólida – braço Ribeirão do Riacho Fundo.



**Tabela 4.** Parâmetros ambientais para cada região do Lago Paranoá (DF), com os seus valores mínimos, máximos, médias e desvios padrão. 1 – Braço Ribeirão do Torto; 2 – braço Ribeirão do Bananal; 3 – área central; 4 – braço Ribeirão do Gama; 5 – braço Ribeirão do Riacho Fundo.

Variável	Braço	Mínimo	Máximo	$\bar{x} \pm \sigma$
Temperatura do ar (°C)	1	18,6	28,6	23,8 ± 2,6
	2	14,8	29,0	22,0 ± 3,4
	3	16,9	26,0	22,0 ± 2,6
	4	19,4	28,4	22,6 ± 2,6
	5	17,7	27,9	22,7 ± 3,2
Temperatura da água (°C)	1	21,0	26,8	24,4 ± 1,7
	2	19,3	26,5	24,2 ± 1,7
	3	21,1	25,6	24,0 ± 1,3
	4	21,3	26,9	24,8 ± 1,7
	5	20,9	27,5	24,8 ± 2,0
Profundidade mínima (cm)	1	4	76	45 ± 22
	2	3	94	45 ± 28
	3	17	87	56 ± 21
	4	5	93	49 ± 25
	5	7	51	24 ± 12
Profundidade máxima (cm)	1	17	95	61 ± 23
	2	18	111	64 ± 28
	3	26	96	71 ± 22
	4	17	115	63 ± 28
	5	25	72	48 ± 13
Turbidez (NTU)	1	1,3	9,8	3,0 ± 1,9
	2	2,0	8,2	4,2 ± 1,5
	3	1,0	4,0	2,4 ± 0,9
	4	1,5	44,2	8,7 ± 11,4
	5	2,6	33,0	11,1 ± 9,4
pH	1	6,6	8,4	7,7 ± 0,5
	2	6,7	8,4	7,5 ± 0,4
	3	6,4	8,5	7,6 ± 0,7
	4	6,9	8,5	7,9 ± 0,6
	5	6,4	8,2	7,4 ± 0,5

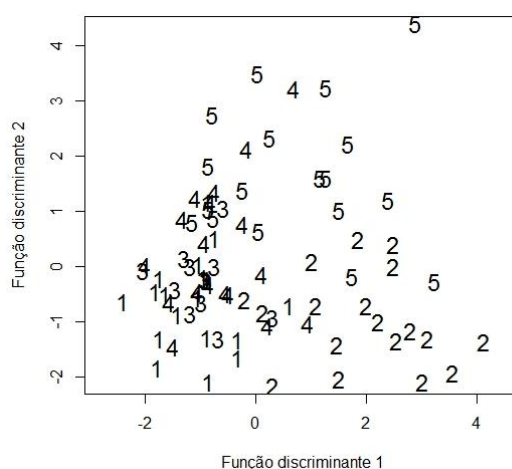
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	1	5,9	7,2	6,7 ± 0,4
	2	6,1	7,5	6,8 ± 0,3
	3	5,8	7,5	7,0 ± 0,5
	4	6,2	7,5	6,9 ± 0,3
	5	6,5	7,4	6,9 ± 0,2
Condutividade (µS/cm)	1	69,7	113,1	90,9 ± 11,6
	2	72,4	111,8	100,1 ± 8,7
	3	79,8	197,6	108,3 ± 29,6
	4	83,3	115,8	100,9 ± 9,6
	5	86,7	280,0	132,9 ± 44,7
Matéria orgânica (%)	1	1,9	7,9	3,5 ± 1,5
	2	6,6	23,3	13,3 ± 5,4
	3	0,4	7,2	3,0 ± 2,7
	4	1,2	9,5	5,2 ± 2,5
	5	0,8	19,3	7,2 ± 5,4

**Tabela 5.** Valores de p e F de cada variável em relação aos meses de expedição e braços do Lago Paranoá (DF).

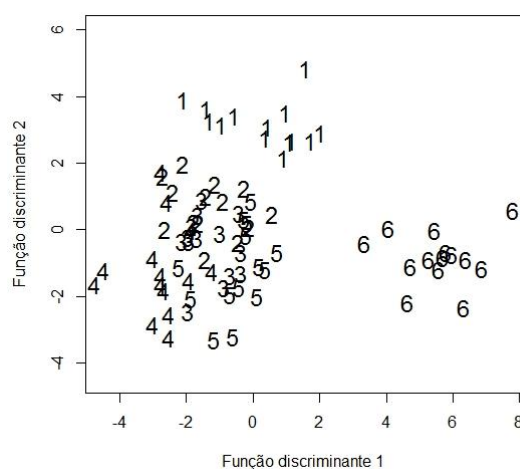
Variável	Mês		Braço	
	F	p	F	p
Temperatura do ar	12,19	>0,001	0,97	0,42
Temperatura da água	57	>0,001	1,10	0,35
Condutividade	2,32	0,05	10,35	>0,001
Turbidez	3,33	0,008	11,04	>0,001
pH	41,72	>0,001	1,97	0,10
OD	3,92	0,003	1,39	0,24
Profundidade média	14,71	>0,001	2,91	0,02
Matéria orgânica	0,19	0,96	17,43	>0,001

Ao se associar os fatores ambientais com os braços do lago, a matriz apresentou uma proporção de 52% para a função discriminante 1 e de 33% para a função discriminante 2 (Fig. 13). Pode-se perceber que os braços 2 (Ribeirão do Bananal) e 5 (Ribeirão do Riacho Fundo) se destacam dos demais, fato que evidencia que algumas

variáveis são determinantes para esta diferenciação. Após uma seleção de modelos, as variáveis que melhor discriminaram os braços, com uma eficiência de 50% baseada em validação cruzada, foram a matéria orgânica e a condutividade. O mesmo foi realizado tendo como foco a expedição de coleta, notando-se que os meses 1 e 6, equivalentes à setembro/2013 e julho/2014, se diferenciaram dos demais (Fig. 14). As funções discriminantes 1 e 2 foram responsáveis por 93% da variação observada, sendo as variáveis selecionadas pelo modelo a temperatura da água, a profundidade máxima e o pH, com eficiência de 72%.



**Figura 13.** Gráfico de dispersão relacionando os cinco braços do Lago Paranoá (DF) explorados nas expedições de coleta. 1 – Braço Ribeirão do Torto; 2 – Braço Ribeirão do Bananal; 3 – área central; 4 – Braço Ribeirão do Gama; 5 – Braço Ribeirão do Riacho Fundo.



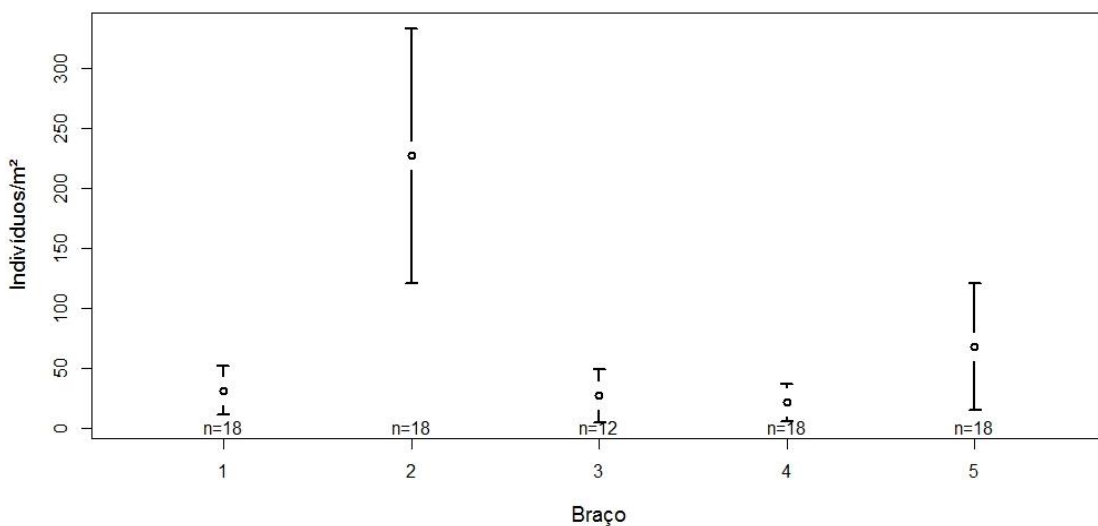
**Figura 14.** Gráfico de dispersão relacionando as seis expedições de coleta realizadas no Lago Paranoá (DF). 1 – setembro/2013, 2 – novembro/2013, 3 – janeiro/2014, 4 – março/2014, 5 – maio/2014, 6 – julho/2014.

## 2. Influência do meio abiótico sobre a população de *Melanoides tuberculata*

O braço próximo ao Ribeirão Bananal foi o que apresentou a maior densidade de tiarídeos, com média de 227 indivíduos/m<sup>2</sup> (Fig. 15). Nele somaram-se 8.173 tiarídeos coletados ao longo de todas as expedições, atingindo aproximadamente 62% do total encontrado no lago. Sua densidade média manteve-se acima dos demais braços, e atingiu um máximo de 735 tiarídeos/m<sup>2</sup> em maio no ponto “Calçadão da Asa Norte” (nº 5).

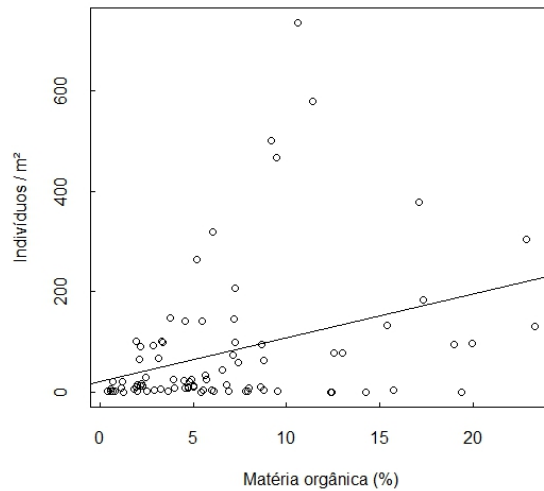
O braço próximo ao Ribeirão Riacho Fundo foi o segundo com maior densidade de moluscos, com 2.457 animais coletados, quase 19% do total, sendo registrado um máximo de 318 indivíduos/m<sup>2</sup> no ponto “Ponte Presidente Médici” (nº 14). Dessa forma, ambos contribuem com 81% do total de gastrópodes coletados, e ditam a maior parte da variação populacional dos organismos. O braço que apresentou a menor densidade de moluscos foi o Ribeirão do Gama, com média de 21,5 indivíduos/m<sup>2</sup> (Fig. 9).

A abundância do molusco invasor variou entre as regiões do lago ( $F_{4,79}=11,1$ ;  $p<0,001$ ), devido à existência de diferenças entre as médias de densidade de *M. tuberculata* em cada braço do lago e sua parte central. O pós-teste de Tukey indicou o braço Ribeirão Bananal (nº 2) como o principal responsável pela diferença observada na análise quando comparado aos outros braços do lago (Fig. 15).



**Figura 15.** Boxplot da densidade populacional de *Melanoides tuberculata* para cada braço do Lago Paranoá (DF). 1 – Braço Ribeirão do Torto; 2 – braço Ribeirão do Bananal; 3 – área central; 4 – braço Ribeirão do Gama; 5 – braço Ribeirão do Riacho Fundo.

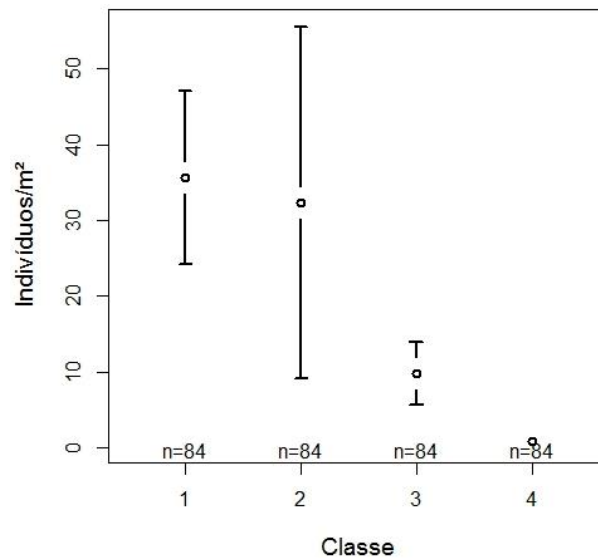
Apenas a matéria orgânica foi relevante para a ocorrência da espécie ( $p < 0,001$ ). O teste de correlação revelou que a espécie encontra-se positivamente correlacionada com a matéria orgânica ( $r^2 = 0,29$ ;  $t_{82} = 2,83$ ;  $p = 0,005$ ) (Fig. 16). A análise de regressão linear explicou 8% da variação.



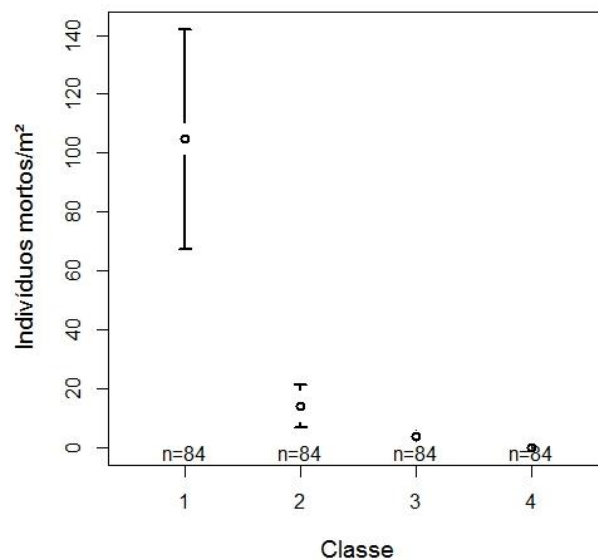
**Figura 16.** Regressão relacionando a densidade de *Melanoides tuberculata* com o percentual de matéria orgânica do sedimento do Lago Paranoá (DF).

### Classes de largura

A abundância de moluscos se mostrou diferente entre as classes ( $X^2 = 17,9$ ;  $p < 0,001$ ), sendo as classes 1 e 2 as mais abundantes (Fig. 17). A mesma análise foi realizada para os indivíduos que já se encontravam mortos no ambiente, e seu resultado também demonstrou diferenças significativas entre as classes ( $X^2 = 162,8$ ;  $p < 0,001$ ) (Fig. 18), sendo a classe 1 a que apresentou média mais elevada.



**Figura 17.** *Boxplot* da densidade populacional de *Melanoides tuberculata* vivos do Lago Paranoá (DF) para cada classe de largura.

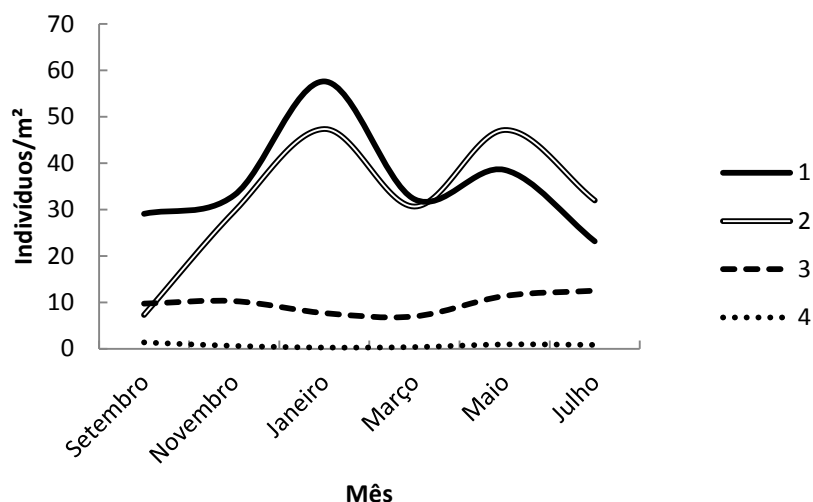


**Figura 18.** *Boxplot* da densidade populacional de *Melanoides tuberculata* mortos do Lago Paranoá (DF) para cada classe de largura.

## Dinâmica populacional

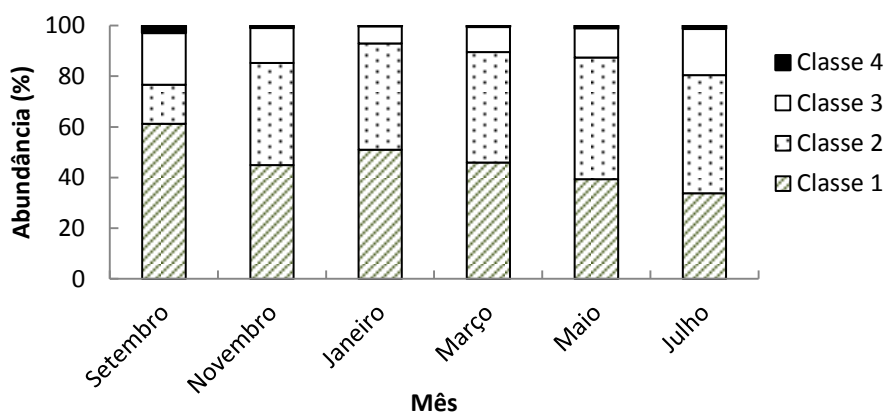
### 1. Dinâmica populacional de *Melanoides tuberculata* no Lago Paranoá

As classes de largura 1 e 2 foram as mais abundantes, exibindo picos populacionais em janeiro e maio (Fig. 19). Em janeiro, o pico se deve em sua maior parte pelos indivíduos da classe 1, e em maio por indivíduos da classe 2. Os moluscos pertencentes às classes 3 e 4 mantiveram-se estáveis ao longo do período de coleta, porém em proporções muito menores quando comparadas às classes de menor tamanho.



**Figura 19.** Variação das médias de cada classe de largura da população total de *Melanoides tuberculata* ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF).

No mês de setembro/2013, a população apresentou predominância de indivíduos classe 1 (61,2%) e cerca de 20% de indivíduos da classe 3, além de apresentar a maior porcentagem de tiarídeos classe 4 de todo o estudo (Fig. 20). A presença de organismos de classes superiores influenciou para a manutenção da proporção de jovens no mês de novembro, percebendo-se um aumento de indivíduos da classe 2, devido ao recrutamento de indivíduos classe 1 para a classe 2. As proporções de indivíduos das diferentes classes se mantiveram semelhantes até março. A partir de maio, a abundância de indivíduos da classe 2 superou a da classe 1, e foi observado um aumento das proporções relativas às classes 3 e 4, provavelmente devido ao recrutamento de indivíduos.

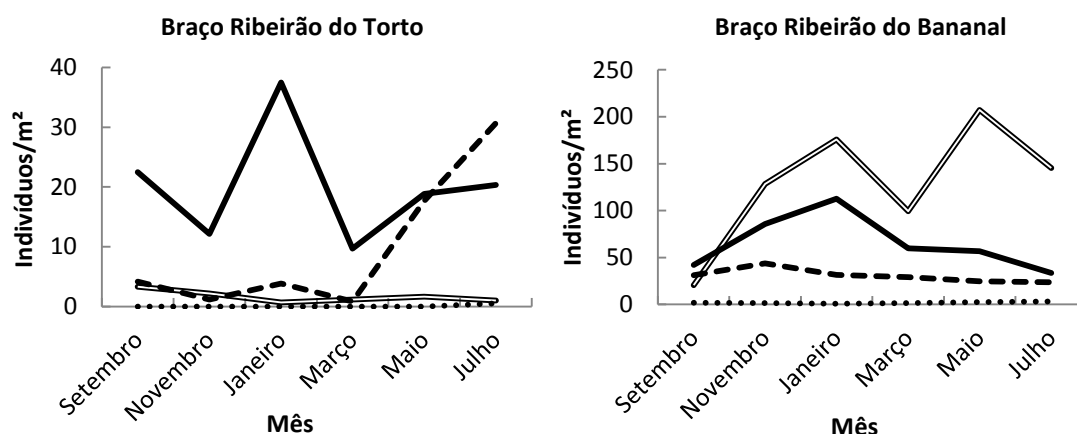


**Figura 20.** Proporções entre as classes de tamanho de *Melanoides tuberculata* ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF).

## 2. Dinâmica populacional de *Melanoides tuberculata* para cada região do Lago Paranoá

No braço do Ribeirão do Torto, a classe 1 exibiu grande crescimento em janeiro/2014, além de se mostrar predominante em quase todo o período de coleta, exceto a partir do mês de maio/2014, quando a classe 3 obteve um grande aumento e a ultrapassou em abundância (Fig. 21). Este evidente aumento ocorreu no ponto “QL 9” (nº 1). Sendo assim, a classe 1 representou aproximadamente 64% do total de tiarídeos, seguido pela classe 3, que representou quase 31% destes (Fig. 24).

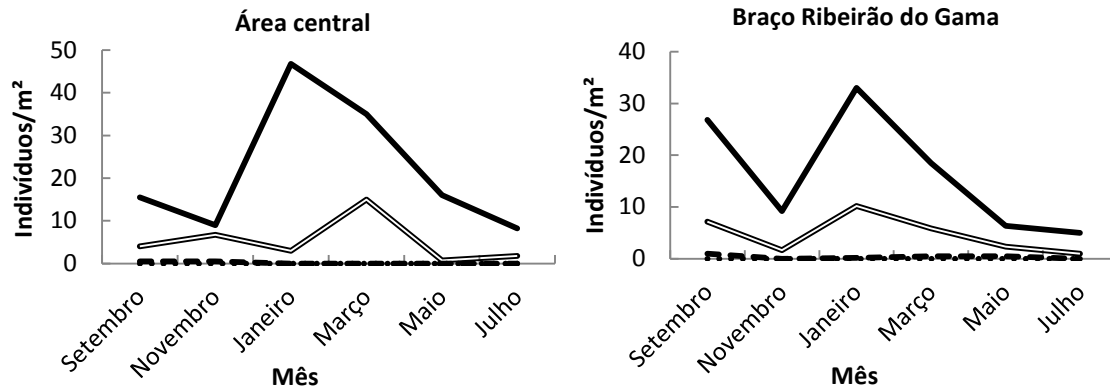
O braço do Ribeirão do Bananal exibiu a maior densidade de *M. tuberculata* por m<sup>2</sup>, tendo a classe 2 como predominante em toda a coleta a partir de novembro/2013 (57%), seguida por indivíduos da classe 1 (28,7%) (Fig. 24). Foram observados picos de indivíduos da classe 2 em janeiro e em maio/2014, sendo o mais evidente o deste último. As classes 3 e 4 mantiveram-se constantes, sendo que a classe 4 atingiu no máximo 3 indivíduos/m<sup>2</sup>. (Fig. 21)



**Figura 21.** Variação das médias de densidade de *Melanoides tuberculata* ao longo das expedições de coleta para cada classe de tamanho nos braços Ribeirão do Torto e Ribeirão do Bananal. A linha sólida é condizente aos indivíduos classe 1 (0,01 a 2,99 mm), a linha vazada condiz aos indivíduos classe 2 (3 a 5,99 mm), a tracejada refere-se aos tiarídeos classe 3 (6 a 8,99 mm) e a pontilhada é referente aos indivíduos classe 4 (>9 mm).

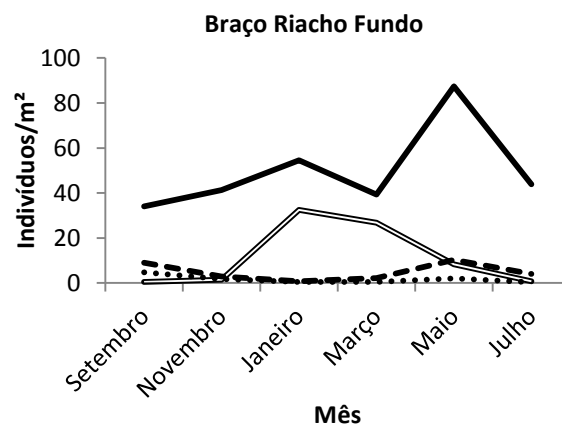
A área central apresentou pico reprodutivo em janeiro/2014, e o braço Ribeirão do Gama em setembro/2013 e janeiro/2014, ambos com a maior densidade de indivíduos presentes na classe 1, seguidos pela classe 2 (Fig. 22). Indivíduos das classes 3 e 4 eram muito raros, ou não ocorriam nestas regiões (Fig. 24).



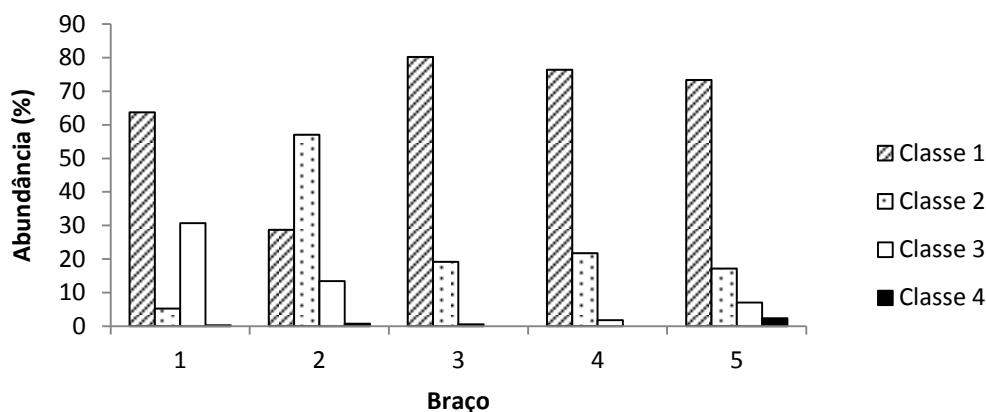


**Figura 22.** Variação das médias de densidade de *Melanoides tuberculata* ao longo das expedições de coleta para cada classe de tamanho na área central e braço Ribeirão do Gama. A linha sólida é condizente aos indivíduos classe 1 (0,01 a 2,99 mm), a linha vazada condiz aos indivíduos classe 2 (3 a 5,99 mm), a tracejada refere-se aos tiarídeos classe 3 (6 a 8,99 mm) e a pontilhada é referente aos indivíduos classe 4 (>9 mm).

Por fim, o braço do Riacho Fundo apresentou pico reprodutivo em maio/2014, que provavelmente ocorreu devido ao aumento de indivíduos da classe 2 em meses anteriores. A queda dos tiarídeos da classe 2 coincide com o aumento de indivíduos da classe 3 no mês de maio, o que pode indicar o recrutamento de moluscos de uma classe à outra (Fig. 23). As classes 1 e 2 somaram 90,5% do total de *M. tuberculata* coletados na área, e a classe 4 representou 2,4% destes, o maior percentual desta classe entre todos os braços (Fig. 24).



**Figura 23.** Variação das médias de densidade de *Melanoides tuberculata* ao longo das expedições de coleta para cada classe no Braço do Riacho Fundo. A linha sólida é condizente aos indivíduos classe 1 (0,01 a 2,99 mm), a linha vazada condiz aos indivíduos classe 2 (3 a 5,99 mm), a tracejada refere-se aos tiarídeos classe 3 (6 a 8,99 mm) e a pontilhada é referente aos indivíduos classe 4 (>9 mm).



**Figura 24.** Proporções entre as classes de tamanho de *Melanoides tuberculata* para cada braço do Lago Paranoá (DF). 1 – Braço Ribeirão do Torto; 2 – braço Ribeirão do Bananal; 3 – área central; 4 – braço Ribeirão do Gama; 5 – braço Ribeirão do Riacho Fundo.

## DISCUSSÃO

### Morfometria dos indivíduos

Muitos dos indivíduos encontrados no lago possuíam conchas com o seu ápice ausente ou danificado, acarretando a alteração dos valores dos testes estatísticos quando as medidas de altura e largura são associadas. O presente estudo apresentou médias de largura e altura mais elevadas do que a maioria dos trabalhos, provavelmente devido às medidas serem iniciadas em 3 mm de largura, fazendo com que as médias se refiram apenas aos indivíduos que já iniciaram seu período reprodutivo.

A alta correlação entre as medidas de altura e largura ( $r^2=0,94$ ) indica que estas crescem de forma proporcional no organismo. Estes valores de correlação foram maiores que o encontrado por Supian e Ikhwanuddin (2002) na Malásia ( $r^2=0,92$ ), porém menores que o encontrado por Miyahira (2010) e Elkarmi e Ismail (2007) ( $r^2=0,96$  para ambos), indicando que as populações presentes no Rio de Janeiro e na Península Arábica poderiam expor ápices mais íntegros que o presente trabalho, possivelmente devido à mensuração dos indivíduos menores que 3 mm.

Miyahira (2010), através de observações pessoais, sugere que populações que vivem em ambientes lóticos tendem a exibir conchas mais danificadas que populações de ambientes lênticos, talvez devido às maiores correntezas que gerariam mais atrito entre a água e os indivíduos. É provável que a ausência de indivíduos menores (não reprodutivos) tenha tendenciado o valor do teste, uma vez que estes apresentam conchas mais íntegras que poderiam aumentar a correlação e diminuir as médias de largura e

altura da espécie. Ainda é possível que o valor da correlação encontrado para o Lago Paranoá tenha sido menor devido aos organismos apresentarem ápices mais danificados que as demais populações investigadas, mas, para corroborar esta hipótese, seria necessário realizar a mensuração de todas as classes de indivíduos presentes na população.

### **Variação da densidade de *Melanoides tuberculata* ao longo das expedições de coleta**

Em geral, ambientes lóticos como a bacia do rio Guapimirim, localizado no Rio de Janeiro, sofrem grande redução na densidade de moluscos na época chuvosa, devido ao carreamento de indivíduos pela correnteza (GIOVANELLI *et al.*, 2005b). O Lago Paranoá, por outro lado, é um reservatório, com características de ambientes lênticos como a fraca correnteza e águas quase paradas (WETZEL, 2001). Este tipo de habitat pode explicar a falta de diferenças na densidade da população de *M. tuberculata* entre os meses, ou entre os períodos de seca e chuva, uma vez que, neste caso, as espécies não são levadas ou impactadas pela força da água.

Vieira (1990) já havia reportado que os tiarídeos coletados no lago se mostravam presentes em todo o período chuvoso, e em quase toda a seca, com semelhança de 75% entre eles. A densidade populacional da espécie é favorecida quando há águas permanentes, baixas profundidades, plantas emergentes e boa oxigenação da água (POINTIER; MCCULLOUGH, 1989), fatores que são encontrados no lago ao longo de todo o ano, e permite a manutenção da espécie no ambiente. O mesmo resultado foi encontrado para populações habitantes do reservatório Pampulha (MG) (FREITAS *et al.*, 1987), que exhibe características semelhantes às encontradas na área de estudo do presente trabalho.

### **Meio abiótico e sua influência sobre a população de *Melanoides tuberculata***

#### **1. Variáveis ambientais**

Baseando-se nas variáveis selecionadas pela análise discriminante, a temperatura da água apresentou os maiores valores em setembro/2013 e os menores em julho/2014. No mês de setembro ainda são percebidas características da seca, com altas temperaturas, e também da época chuvosa, quando são iniciadas as chuvas na região, acarretando em um ambiente mais abafado, úmido e quente. Julho, por outro lado, é o mês em que são mensuradas as menores temperaturas da localidade.

As menores profundidades encontradas no mês de setembro/2013 podem estar associadas ao recente término do período seco, que reduz o volume de água do reservatório. Já o contrário, percebido a partir de março/2014, pode ter decorrido do aumento dos valores de precipitação, culminando no enchimento do lago. A variação do pH, condutividade e OD entre os meses pode estar relacionada à entrada de detritos orgânicos na região (VIEIRA, 1990).

A matéria orgânica do sedimento e a condutividade foram as variáveis determinantes na distinção dos braços Ribeirão do Bananal e do Riacho Fundo, segundo a análise discriminante. Ambientes lânticos e eutrofizados tendem a apresentar elevados níveis de matéria orgânica (ESTEVES, 1988). Os maiores valores desta variável que se acumulam nestes braços podem ser explicados pela existência das estações de tratamento de esgotos (ETE's) nestas regiões, que contribuem com o lançamento de efluentes no lago (MOREIRA E BOAVENTURA, 2003). Ainda, o despejo de esgotos não tratados, a presença de usinas de lixo e outras atividades impactantes nos ribeirões promovem o aumento das concentrações de detritos e incitam a proliferação de algas epífitas (GIOVANELLI *et al.*, 2005a; MOREIRA E BOAVENTURA, 2003), aumentando o percentual de matéria orgânica do sedimento.

No caso do Ribeirão do Riacho Fundo, as elevadas medidas de condutividade também podem estar relacionadas à ETE, usina de lixo, e demais atividades antrópicas, que pode promover o aumento da quantidade de íons e indicar o nível de poluentes presentes na água (CETESB, 2009; PINTO, 2007). Já no caso do Ribeirão do Bananal, os sedimentos apresentavam maior quantidade de plantas e folhas que os demais, que contribuíram para o aumento da matéria orgânica, provavelmente por abrigar áreas de conservação (Parque Nacional de Brasília) (MENEZES, 2010).

Moreira e Boaventura (2003) avaliaram os níveis de enriquecimento do sedimento de vários pontos da Bacia do Paranoá, e citaram que o braço Ribeirão do Riacho Fundo apresentou maior enriquecimento, destacando como causas mais importantes as ações antrópicas, usinas de lixo, esgotos clandestinos e a ETE Sul. O braço referente ao Ribeirão do Bananal não foi avaliado no trabalho, mas o autor cita a ETE Sul como local relevante para o acúmulo de sedimento, provindo do lançamento de efluentes, sendo possível que o mesmo ocorra no Ribeirão do Bananal, que abriga a ETE Norte.

## **2. Influência do meio abiótico sobre a população de *Melanoides tuberculata***

As maiores densidades de *M. tuberculata* foram encontradas nos braços que continham os maiores teores de matéria orgânica, o que explica que esta variável influencia a distribuição e abundância dos organismos. Isto ocorre porque a espécie possui como dieta a matéria orgânica e algas diatomáceas (MADSEN, 1992). Os braços do Ribeirão do Bananal e do Ribeirão do Riacho Fundo comportaram os maiores percentuais de matéria orgânica do sedimento, podendo sustentar maiores populações dos tiarídeos, uma vez que apresentaram maiores quantidades de recurso alimentar. É possível que as baixas densidades de tiarídeos em algumas áreas sejam controladas pelas baixas proporções de matéria orgânica no sedimento, que poderiam aumentar a mortalidade dos animais e a competição por alimento (RICKLEFS, 2010).

Giovanelli e colaboradores (2005a) identificaram que as concentrações de coliformes fecais e cloreto eram fatores decisivos na abundância deste molusco, encontrados em maiores densidades em locais com despejo de esgoto. Este caso exhibe algumas semelhanças com o encontrado no Lago Paranoá, já que o maior aporte de matéria orgânica do sedimento nos braços do Bananal e do Riacho Fundo também poderia estar associado, principalmente, ao lançamento de efluentes provindos das ETE's, além de outros impactos antrópicos. Todavia, ainda são necessários mais estudos para esclarecer as principais fontes que contribuem para o aumento de matéria orgânica nas regiões.

Ademais, estudos relacionados à preferência de habitat realizados na África do Sul demonstraram que ambientes que apresentavam sedimento lamacento ou arenoso eram preferidos pela espécie (KOCK; WOLMARANS, 2009). Os sedimentos do Lago Paranoá possuem em sua maioria granulação silto-argilosa, que se encaixa na preferência da espécie, sendo que os braços do Riacho Fundo e do Ribeirão do Bananal apresentam as maiores proporções de sedimentos finos (silte e argila), e menores de sedimento grosso (areia média e fina) (MAIA *et al.*, 2006).

As áreas que apresentam maiores densidades de tiarídeos devem ser monitoradas, uma vez que coincidem com áreas utilizadas para o lazer da população. O Ribeirão do Bananal e do Riacho Fundo, por exemplo, são locais procurados para pesca, e também utilizados para esportes aquáticos e passeios, o que traz preocupações em relação à infecção de animais e pessoas por parasitas (VAZ *et al.*, 1986; SCHOLZ; SALGADO-MALDONADO, 2000; PINTO; MELO, 2010a; PINTO; MELO, 2010b; PAULA-ANDRADE *et al.*, 2012). Nas demais regiões, há ainda maior procura da população por

locais de lazer, uma vez que as pessoas costumam se dirigir aos braços que não possuem ETE's, evidenciando que apesar de encontrar populações de *M. tuberculata* menos abundantes, ainda há a necessidade de manter o monitoramento destas regiões.

### **Classes de largura**

A diferença significativa entre as classes de tamanho e a abundância de organismos vivos corresponde ao já observado por outros autores, que indicam que as classes de menor tamanho são mais abundantes que as demais (DUDGEON, 1986; GIOVANELLI *et al.*, 2005b; MIYAHIRA, 2010).

A presença da classe 1 durante todo o período de coleta sustenta a hipótese de que a reprodução ocorre ao longo de todo o ano, e, por causa da maior densidade de indivíduos classe 2, induz-se que esta classe é a que mais contribui para a reprodução da espécie, investindo em um rápido desenvolvimento reprodutivo (MIYAHIRA, 2010). As classes de maior tamanho (3 e 4) foram representadas por poucos indivíduos, não variando muito em relação à densidade, e encontravam-se presentes basicamente nos braços Ribeirão do Torto, Ribeirão do Bananal e Ribeirão do Riacho Fundo.

O maior indivíduo, coletado no braço Ribeirão do Bananal, apresentou 12,8 mm de largura, indicando que poderia possuir três ou quatro anos de idade, segundo as observações de Berry e Kadri (1974) em testes de laboratório, ou pelo menos 33 meses (2 anos e 9 meses), utilizando-se os relatos de Dudgeon (1986) obtidos em campo. A grande variedade de tamanhos entre os indivíduos ocorre em detrimento da qualidade do ambiente, uma vez que o indivíduo tem maior chance de sobreviver e se desenvolver em locais que consigam suprir a demanda de alimento e ter baixa predação e competição para a espécie (EISENBERG, 1970; RICKLEFS, 2010). É possível que as populações encontradas nos braços do Ribeirão do Bananal e do Riacho Fundo sejam maiores e tendem a atingir maiores tamanhos corporais devido ao maior percentual de matéria orgânica do sedimento, que favorece por sua vez a sobrevivência da espécie.

Dudgeon (1986) defende que a mortalidade de indivíduos menores é relativamente constante, e há um aumento desta taxa com o aumento do tamanho do indivíduo, alcançando os maiores valores em indivíduos classe 4 (DUDGEON, 1986). Miyahira (2010) registrou a menor taxa de mortalidade entre o recrutamento dos indivíduos classe 1 para a classe 2, e a maior para o recrutamento da classe 2 para a 3. Isto ocorre porque poucos indivíduos conseguem atingir a classe de largura consecutiva,

ou seja, poucos são recrutados para a próxima classe (MIYAHIRA, 2010), sendo raros os moluscos que conseguem chegar à classe 4 (DUDGEON, 1986; MIYAHIRA, 2010).

Para este trabalho, porém, aparentemente as taxas de mortalidade para a classe 1 são superiores às demais classes, ou seja, morrem mais indivíduos antes do recrutamento para a classe 2 do que para qualquer outra classe. Segundo Berry e Kadri (1974), a maioria dos jovens recém-liberados vem a falecer antes mesmo de completarem um mês livres no ambiente, e a taxa de sobrevivência e de crescimento da espécie aumenta quando o indivíduo atinge 8 mm de altura, aproximadamente 3 mm de largura. Isto também condiz com o observado por Dudgeon (1986), que afirma a existência de altos índices de mortalidade em indivíduos de 1 a 2,5 mm de largura. Ele menciona que indivíduos com larguras entre 5 e 9 mm exibem taxas de mortalidades estáveis, e estes valores aumentam drasticamente em tiarídeos classe 4 (>9 mm). A mortalidade dos indivíduos classe 4 se assemelhou às classes 2 e 3, porém quanto maior a classe, menos abundante esta se encontra no ambiente, de forma que poucos indivíduos atingem o segundo período reprodutivo (DUDGEON, 1986).

## **Dinâmica populacional**

### **1. Dinâmica populacional de *Melanoides tuberculata* no Lago Paranoá**

A população apresentou estabilidade durante o período investigado, sem picos de crescimento significativos ou grandes decréscimos, semelhante ao encontrado por Dudgeon (1986) em canais de irrigação de Hong Kong. Foi percebida também a predominância de indivíduos classe 1 no mês de janeiro, o que indica que é o mês preferido para a reprodução da espécie.

Aparentemente, a classe 2 é a principal responsável pela reprodução em razão da maior abundância no meio, assim como observado por Miyahira (2010). A presença da classe 1 em todas as expedições de coleta confirmam a contínua reprodução da espécie ao longo do ano.

O tamanho dos jovens que se encontram prontos para a sua liberação no ambiente é de 3 mm de altura e cerca de 2,6 mm de largura (BERRY; KADRI, 1974), e, levando-se em conta os exemplos de taxas de crescimento da espécie avaliadas em laboratório por Berry e Kadri (1974), os filhotes classe 1 (até 3 mm de largura) coletados podem ter sido liberados até 180 dias antes da sua captura. Isso realça a possibilidade de constante liberação de jovens ao longo de todos os períodos do ano, e insere a necessidade de mensuração dos filhotes classe 1 para melhor determinar o período de liberação destes.

Todavia, dada a grande mortalidade de jovens no ambiente (BERRY; KADRI, 1974; DUDGEON, 1986), presume-se que, quando presente o pico reprodutivo, a população teria investido consideravelmente em jovens em até pouco mais de um mês antes da expedição de coleta. Isso ocorre porque as pesquisas em laboratório indicam que muitos filhotes morrem antes da quarta semana após a liberação, e, dentre os que sobrevivem, 65% morrem antes da quinta semana (BERRY; KADRI, 1974). Desta forma, como as coletas foram realizadas sempre ao final dos meses, os indivíduos classe 1 foram provavelmente liberados neste mesmo mês de expedição.

## **2. Dinâmica populacional de *Melanoides tuberculata* para cada região do Lago Paranoá**

A dinâmica observada na área central e no braço Ribeirão do Torto poderia ser condizente à estratégia de invasão da espécie, uma vez que apresenta uma relevante variação das médias ao longo do ano. Em pesquisas realizadas por outros autores, a dinâmica populacional de *M. tuberculata* foi composta por um grande aumento da população, acarretando em um pico populacional, seguido por um expressivo decréscimo da mesma (FREITAS *et al.*, 1987; ISMAIL; ARIF, 1993; MIYAHIRA, 2010). A queda acentuada da densidade de indivíduos nestes casos ocorreria em consequência da extrapolação da capacidade suporte do ambiente. Após este processo, a população tenderia a se adaptar e se estabilizar, conquistando novos ambientes (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006). Entretanto, no caso do Lago Paranoá, as regiões não se encontram recém-invasidas, pois Vieira (1990) já havia mencionado a presença de tiarídeos em todas as suas regiões, e nem exibem grande aumento populacional característico do período de invasão, sugerindo assim que as populações encontram-se possivelmente estáveis, sendo reguladas principalmente pelo percentual de matéria orgânica do sedimento.

A população que compõe a área central do lago se assemelha ao encontrado por Miyahira (2010), quando a população investe em rápido desenvolvimento e maturidade. A área representada pelo Ribeirão do Torto exibiu características semelhantes, exceto pelo aumento da densidade da classe 3 nas últimas expedições. Aparentemente, a classe 3 é a mais influente em relação à liberação de filhotes para esta região, uma vez que apenas 1 indivíduo classe 4 foi encontrado, e a classe 2 apresentou uma média de 2 indivíduos/m<sup>2</sup> em todo o período de coleta. O crescimento do número de indivíduos classe 3 no Ribeirão do Torto pode indicar a dispersão deles para esta área,



principalmente no ponto “QL 9”, já que não foram coletados muitos indivíduos classe 2 neste braço, impossibilitando o recrutamento da classe 2 para a 3.

A população investigada no Ribeirão do Gama aparentemente não exibiu preferência reprodutiva por um período definido, uma vez que apresentou dois picos reprodutivos ao longo das expedições. Estas populações eram compostas basicamente por indivíduos jovens, mais uma vez concordando com o proposto por Miyahira (2010).

Os braços Ribeirão do Bananal e Ribeirão do Riacho Fundo somaram as maiores densidades da espécie, e, como na pesquisa realizada em Hong Kong por Dudgeon (1986), apresentaram pouca variação das médias, o que indica maior estabilidade. A presença de representantes de maior tamanho durante todo o período de coleta evidencia a estabilidade e o desenvolvimento das populações nestes ambientes, onde os indivíduos podem chegar a atingir o segundo período reprodutivo (a partir de 9 mm de largura) (DUDGEON, 1986).

Os meses de julho e agosto foram apontados como a época reprodutiva para as populações estudadas por Dudgeon (1986) em Hong Kong e por Miyahira (2010) na Ilha Grande (RJ). Ismail e Arif (1993) identificaram como os principais períodos reprodutivos os meses de maio e outubro para um manancial próximo à Abu-Dhabi, porém confirmam o aparecimento de jovens também em outros meses. Liberações constantes ou sem períodos definidos também foram observadas em outros trabalhos (BERRY; KADRI, 1974, FREITAS *et al.*, 1987; GIOVANELLI *et al.*, 2005b; MIYAHIRA, 2010). Semelhante ao pesquisado por Freitas e colaboradores (1987) no reservatório da Pampulha (MG), as populações presentes no Lago Paranoá exibiram época reprodutiva preferencial em janeiro para a grande maioria dos casos. O pico adicional em maio observado no braço do Riacho Fundo pode estar relacionado à alta de condutividade na mesma região, que favorece a formação das conchas dos moluscos (MACAN, 1961; MIYAHIRA, 2010).

O mês de janeiro está inserido no período de chuva para o centro-oeste, o que apoia as afirmações já relatadas por Pointier e colaboradores (1993), que observaram uma alta taxa reprodutiva entre junho e novembro nas Antilhas Francesas. A estação chuvosa contribui para o carreamento e aumento dos nutrientes e matéria orgânica para o reservatório (ALEXANDRE *et al.*, 2010), o que poderia colaborar para o aumento das chances de sobrevivência dos filhotes, uma vez que a espécie se alimenta de matéria orgânica (MADSEN, 1992).

Para o Ribeirão do Gama e do Bananal foi observada uma notável diferença na densidade populacional ao comparar as populações pesquisadas por Vieira em 1990 ao presente estudo. Vieira (1990) registrou uma densidade máxima de 2.803 indivíduos/m<sup>2</sup> para o Ribeirão do Gama e de mais de 3.000 indivíduos/m<sup>2</sup> para o Ribeirão do Bananal. Porém, no presente estudo, a densidade média encontrada para o Ribeirão do Gama foi de 21 indivíduos/m<sup>2</sup>, e de 227 indivíduos/m<sup>2</sup> para o Ribeirão do Bananal. Os padrões de comportamento dos dados remetem à ideia de estabilidade para as populações do Lago Paranoá, onde as populações poderiam ter demonstrado a dinâmica de curva sigmoide típica para introdução de espécies exóticas, estando atualmente na fase estável, apresentando apenas oscilações populacionais (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006).

Darrigran e Damborenea (2006) identificam a espécie estabelecida como aquela que ocorre e se reproduz no ambiente há ao menos dois anos consecutivos, caso que pode ser aplicado em todos os braços do lago. Outra possibilidade é que estas altas densidades tenham sido registradas devido à grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica presentes na época, quando o ambiente poderia sustentar populações mais densas, uma vez que as ETE's só iniciaram o tratamento a nível terciário das águas do lago em 1993. O grau de eutrofização do Lago Paranoá só melhorou em meados dos anos 90, quando o reservatório começou a ser recuperado, e o esgoto de toda a bacia tratado (BURNETT *et al.*, 2001).

Monteiro e Dias (1980) perceberam os primeiros indivíduos de *M. tuberculata* no Lago Paranoá, em uma coleta próxima à ponte do Gilberto Salomão (VAZ *et al.*, 1986), pertencente ao braço do Riacho Fundo. Em seguida, Vieira (1990) avaliou a comunidade bentônica do Lago Paranoá, e relatou a ocorrência da espécie em toda a região marginal explorada do lago. Em 2001, Martins-Silva e Barros identificaram a sua presença no córrego do Riacho Fundo, porém ainda em pequenas proporções (1,4% do total de moluscos coletados). Desde então, os tiarídeos foram coletados apenas por Paula-Andrade e colaboradores (2012) para a avaliação da infecção destes pelo parasita *C. formosanus*.

Utilizando-se como base a bibliografia existente sobre a espécie na localidade, a população representada pelo braço do Riacho Fundo (precisamente no ponto de coleta “Ponte Presidente Médici”) está presente no ambiente há no mínimo 34 anos. Inclusive, o ponto de coleta “Ponte Presidente Médici” explorado neste trabalho, abriga até hoje a mesma ponte citada por Vaz e colaboradores (1986), e foi o local com as maiores

densidades de tiarídeos encontrados no braço do Riacho Fundo, ficando descartada desta forma a recente invasão. O braço do Ribeirão do Bananal, que apresentou maior quantidade de indivíduos, foi o que também apresentava maior densidade de *M. tuberculata* em 1988 e 1989 (VIEIRA, 1990). De forma geral, todos os braços aparentam possuir populações estáveis, uma vez que a espécie é observada em todo o lago há pelo menos 25 anos.

Por outro lado, também é possível notar que alguns pontos de coleta possuem populações instáveis e com baixas densidades de *M. tuberculatus*, como os pontos “Ermida Dom Bosco” (nº 8), “Parque Asa Delta” (nº 10), “Praça dos Orixás” (nº 12) e “QL 10” (nº 13), indicando a possível existência de áreas recém-invasidas ou livres da espécie. E são essas áreas, por sua vez, as ideais para o controle e erradicação da espécie (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006).

A forma de introdução da espécie é difícil de definir devido ao longo tempo que já se encontra dispersa, e a dinâmica percebida na área durante o período de coleta não é compatível com o comportamento definido para a introdução por aquários, no qual apresentaria fase *lag* (lento crescimento) durante alguns meses e depois um significativo crescimento seguido de estabilização (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2006; MIYAHIRA, 2010). Dados os valores das densidades populacionais investigados por Vieira (1990), é possível notar que as populações presentes principalmente nas regiões do Ribeirão do Bananal e Ribeirão do Gama sofreram significativa queda e estabilização, o que poderia condizer com este tipo de introdução, que é a mais comumente mencionada pela comunidade científica. Mas a confirmação desta hipótese não é possível, dada a falta de informação em períodos anteriores.

Além disso, desde 1960, com o desenvolvimento de Brasília e construção da Barragem do Lago Paranoá, diversas espécies de peixes exóticos como tilápias e carpas provindas de tanques de piscicultura foram introduzidas no ambiente (RIBEIRO *et al.*, 2001), fato que poderia ter trazido exemplares de *M. tuberculata* aderidos aos animais (SANTOS; ESKINAZI-SANT’ANNA, 2010), no sedimento, ou nos recipientes de transporte de maneira acidental. A preocupação da possível introdução destes gastrópodes através de fazendas de piscicultura já havia sido mencionado por Vaz *et al.* (1986) e Thiengo e colaboradores (1998).

É possível que o lago tenha sido invadido antes mesmo dos seus tributários, dado que, quando investigado os trabalhos publicados por Vieira (1990) e Martins-Silva e Barros (2001), a abundância e predominância de tiarídeos eram maiores no ambiente

lêntico que no lótico. A espécie pode ter encontrado um ambiente favorável para se desenvolver, reproduzir e estabelecer em alguma área do lago, e enfim gradualmente iniciado sua dispersão para as demais regiões e tributários, estando dispersa por todos os braços do lago há pelo menos duas décadas. *M. tuberculata* é capaz de se dissipar e colonizar rapidamente as margens de áreas inundadas como reservatórios a partir do aumento do nível da água (DUDGEON, 1986), além de poder se dispersar ativamente dentro do mesmo corpo hídrico (MIYAHIRA, 2010).

## CONCLUSÕES

A população de *M. tuberculata* encontra-se estabelecida no Lago Paranoá, sendo os braços Ribeirão do Bananal e do Riacho Fundo os que apresentam as maiores densidades da espécie.

As populações se mostraram compostas em sua maioria por indivíduos jovens. A espécie apresentou reprodução contínua ao longo do ano, com pico reprodutivo preferencial para o mês de janeiro, período chuvoso para a região.

A sazonalidade não influenciou a densidade ou distribuição dos organismos.

A dinâmica populacional relatada para introdução de espécies exóticas não foi notada para esta região, uma vez que a introdução da espécie ocorreu há décadas.

A matéria orgânica do sedimento influenciou a distribuição e a densidade dos indivíduos no ambiente, sendo encontradas maiores densidades de tiarídeos em ambientes com maiores percentuais de matéria orgânica.

## CAPÍTULO 2

### Aspectos reprodutivos do gastrópode invasor *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) no Lago Paranoá, Brasília, Brasil.

#### BASES CIENTÍFICAS

##### Tipos de reprodução de *Melanoides tuberculata*

O filo Mollusca é extremamente diverso, e seus representantes podem ser encontrados em uma enorme variedade de habitats, apresentando as mais variadas adaptações e estratégias para a obtenção do sucesso reprodutivo. Gastrópodes pertencentes à família Thiaridae podem realizar reprodução tanto sexuada quanto assexuada (BERRY; KADRI, 1974). *M. tuberculata* é um exemplo, dado que podem ser encontradas populações partenogenéticas, compostas apenas por fêmeas, ou populações constituídas por ambos os sexos. Populações partenogenéticas de tiarídeos prevalecem sobre as com sexos distintos (BEM-AMI; HELLER, 2005), mas existem registros de populações de *M. tuberculata* com a presença de machos em Israel, na Península Sinai e na ilha Martinica (BEN-AMI; HELLER, 2005; LIVSHITS *et al.*, 1984; SAMADI *et al.*, 1999). As proporções de machos nestas populações, porém, costumam ser baixas (LIVSHITS *et al.*, 1984; SAMADI *et al.*, 1999).

A partenogênese ocorre quando os embriões se desenvolvem sem a ocorrência da fertilização, e é um dos tipos de reprodução mais raros do reino animal (BRANDE *et al.*, 1996). Esta reprodução é do tipo uniparental, ou seja, depende apenas de um indivíduo para sua realização, e independe da presença de machos na população (LIVSHITS *et al.*, 1984; SAMADI *et al.*, 1999). As fêmeas costumam utilizar a partenogênese apomítica, em que o óvulo do organismo sofre divisões mitóticas através da replicação genótipos maternos, originando clones de suas mães (JOHNSON, 1992; SAMADI *et al.*, 1999).

Esta reprodução apresenta vantagens e desvantagens quando comparada à sexuada. Dentre as vantagens estão a possibilidade de iniciar uma nova população a partir de um indivíduo, uma vez que as fêmeas podem se reproduzir individualmente, liberando para o ambiente clones também partenogenéticos (CUELLAR, 1977; FACON *et al.*, 2005; SAMADI *et al.*, 1999). Além disso, possuem maiores taxas reprodutivas, gerando mais descendentes que fêmeas sexuadas e podendo se sobrepor às populações das mesmas (LIVELY, 1992). Por outro lado, é esperado que populações partenogenéticas apresentem menor variabilidade genética, dado que não há cruzamento

cromossômico ou recombinações genéticas (LIVSHITS *et al.*, 1984; VRIJENHOEK, 1999).

Livshits e colaboradores (1984) analisaram geneticamente a similaridade e diversidade de populações sexuadas e partenogênicas de *M. tuberculata*, e observaram que não havia diferenças morfológicas entre elas, mas que exibiam diferenças na variabilidade, que se mostrava mais baixa em populações partenogênicas. Os autores esperavam que as populações partenogênicas fossem formadas por clones de um ou poucos morfotipos, mas apenas uma população se mostrou monomórfica, provinda de apenas um indivíduo. As demais se mostraram variadas, porém, menos que as populações sexuadas. Samadi *et al.* (1999) também avaliaram a variabilidade genética de populações dos tiarídeos originários de diversos locais do mundo, e notaram que, em geral, cada morfotipo apresentava o mesmo genótipo (*major genotype*).

Presume-se que eventos de mutação sejam os principais agentes formadores de novos morfotipos, dada a falta de fluxo gênico entre estes, e pelos jovens representarem clones de suas mães em populações tanto partenogênicas quanto de sexos distintos (LIVSHITS *et al.*, 1984; SAMADI *et al.*, 1998; SAMADI *et al.*, 1999), indicando a prevalência da partenogenicidade como estratégia reprodutiva. Ainda, populações que ocorrem no Velho Mundo parecem sofrer maior variação que as do Caribe e da América, sendo observada a ausência de organização geográfica entre os morfotipos, podendo o mesmo tipo ocorrer em áreas extremamente distantes (SAMADI *et al.*, 1999).

A reprodução sexuada parece ser incomum, mas ainda é observada devido à maior variação genética em populações com ambos os sexos (LIVSHITS *et al.*, 1984; SAMADI *et al.*, 1999), contrariando o proposto por Dudgeon (1986), que sugere que os machos sejam não funcionais. Ainda, não há comprovação de que os tiarídeos passem por uma fase do sexo masculino ao longo do seu desenvolvimento (BERRY; KADRI, 1974).

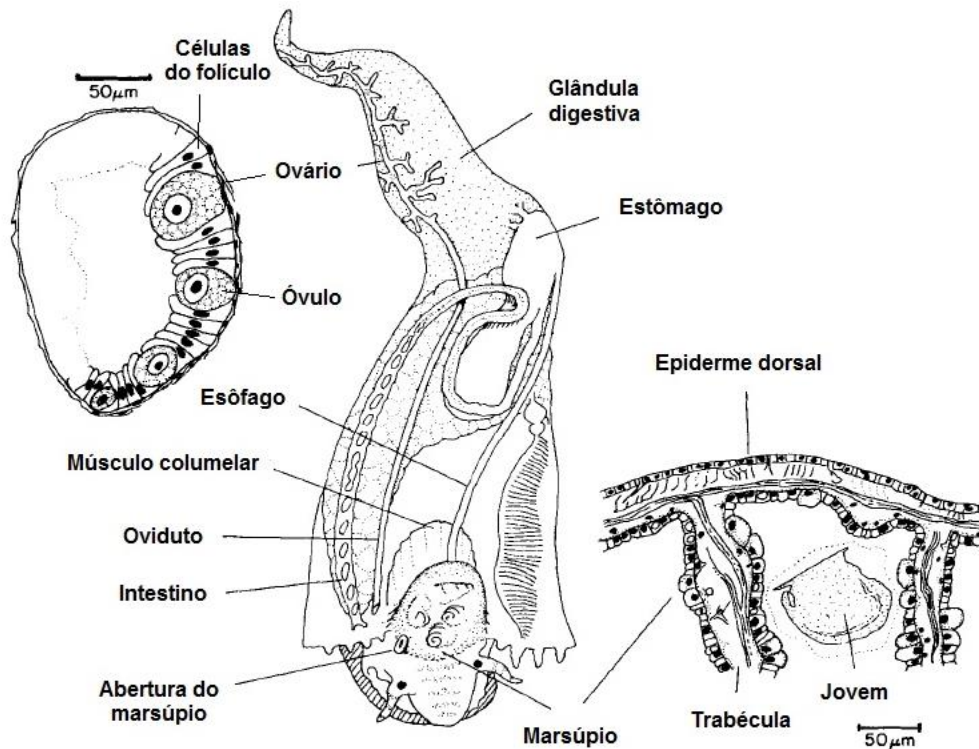
Os machos geralmente são estéreis devido à pentaploidia, que impede a meiose regular, mas a formação de um gameta haploide é possível, viabilizando a ocorrência de fecundação na espécie (JACOB, 1958; SAMADI *et al.*, 1999). Existem relatos sobre a atual ocorrência de dois tipos híbridos provindos de morfotipos anteriormente existentes no Caribe, o que mais uma vez sustenta a hipótese de reprodução sexuada (SAMADI *et al.*, 1999). Facon e colaboradores (2005) sugerem ainda que estes híbridos apresentam capacidade de invasão superior às populações antecessoras, e que este aumento ocorreu

conjuntamente às mudanças na história de vida do animal na região, como alterações nas taxas reprodutivas e de crescimento.

### **Características anatômicas e histológicas do sistema reprodutivo de *Melanoides tuberculata***

*Melanoides tuberculata* exibe um sistema reprodutivo simplificado, composto por ovário, oviduto e bolsa cefálica incubadora (marsúpio) (Fig. 25). O ovário é uma fina estrutura com ramificações e coloração amarelada, e está inserido na glândula digestiva do tiarídeo. É envolto por fino tecido conjuntivo, com algumas fibras musculares. Apresenta poucos ovócitos, com grandes núcleos. Alguns grandes ovócitos chegam a ficar com parte da célula exposta no lúmen, mas os pequenos encontram-se totalmente envoltos pelas células foliculares. Já o oviduto está ligado ao ovário, e segue pela cavidade do manto até próximo do ânus, onde localiza-se sua abertura. Os óvulos, após percorrerem o oviduto, são transferidos para a abertura da bolsa cefálica através da aproximação das estruturas (BERRY; KADRI, 1974).

A bolsa incubadora está localizada na parte dorsal da região posterior da cabeça do tiarídeo, e consiste em uma câmara dividida em compartimentos por trabéculas, formadas por tecido conjuntivo e muscular. Sua parede é composta por uma camada de células epiteliais do manto, com células ciliadas e não ciliadas. Os compartimentos podem abrigar diferentes tamanhos de ovos e jovens, sendo mais comum encontrar jovens de maior tamanho na região anterior do marsúpio, mais próximo à abertura da bolsa cefálica, e ovos e jovens de menor tamanho nas porções posteriores (BEN-AMI; HODGSON, 2005; BERRY; KADRI, 1974). A presença de tecido muscular na bolsa incubadora remete à existência de contração muscular, e conseqüentemente do controle da liberação de jovens pela mãe (BEN-AMI; HODGSON, 2005). Acredita-se que a fêmea pode ser influenciada por fatores ambientais para a liberação dos jovens, dado que eles podem favorecer ou subtrair as chances de sobrevivência dos filhotes no meio (DUDGEON, 1986).



**Figura 25.** Aspectos anatômicos e histológicos de *Melanoides tuberculata*. À esquerda – dissecção do ovário; centro – *Melanoides tuberculata* dissecado dorsalmente; à direita – dissecção do marsúpio. Adaptado de Berry e Kadri (1974).

A estratégia reprodutiva deste gastrópode tem sido discutida no meio acadêmico, sendo sustentada a viviparidade por alguns autores, e por outros, a ovoviviparidade. Para que o organismo seja classificado como vivíparo, é necessário que os embriões sejam continuamente nutridos pela fêmea (BEN-AMI; HODGSON, 2005). Células secretoras foram observadas em indivíduos de *M. tuberculata* e de *Melania scabra* (O. F. Müller, 1774), podendo, desta forma, haver a liberação de substâncias nutritivas na bolsa incubadora, que serviriam como fontes de alimentos para os jovens (BERRY; KADRI, 1974; MULEY, 1977), sustentando a hipótese de viviparidade.

Por outro lado, Dudgeon (1986) relatou a ausência de células nutritivas em *M. tuberculata*, e sugeriu que os filhotes poderiam se manter e desenvolver a partir do canibalismo, de forma que os mais desenvolvidos se alimentem de ovos e jovens de menor tamanho, fato que poderia explicar as proporções entre as categorias de filhotes (ovo – 1 volta > 2 – 4 voltas > 5 – 6 voltas). Ademais, seria possível que alguns ovos não se desenvolvessem e morressem, de forma a servir posteriormente como alimento para os filhotes sobreviventes (BERRY; KADRI, 1974). Ben-Ami e Hodgson (2005) também avaliaram histologicamente os tecidos da bolsa cefálica do tiarídeo, e chegaram



a notar estruturas secretoras de componentes nutritivos, porém, dada a pequena quantidade destas células, sugere-se que elas sejam incapazes de sustentar todos os jovens. Logo, os autores descartam a possibilidade de viviparidade, e sustentam a estratégia de ovoviviparidade para esta espécie.

### **Conteúdo das bolsas cefálicas e taxa de liberação de jovens de *Melanoides tuberculata***

As fêmeas reprodutivas de *M. tuberculata* abrigam em seus marsúpios ovos e jovens de variados tamanhos, com filhotes que chegam a apresentar mais de seis voltas (BEN-AMI; HODGSON, 2005; BERRY; KADRI, 1974) (Fig. 26). O desenvolvimento se inicia com o ovo, e logo se desenvolvem o pé rudimentar, a massa visceral e a concha, que começa a adquirir a pigmentação característica da espécie com cerca de 2 voltas e meia (BERRY; KADRI, 1974). Para padronizar a classificação dos filhotes, Berry e Kadri (1974) dividiram os estágios de desenvolvimento em ovo e filhotes de até seis voltas. O início da reprodução foi observado em indivíduos a partir de 3,5 mm de largura em Hong Kong, com idades entre 90 e 120 dias (DUDGEON, 1986). Na Malásia, esta idade foi calculada de 100 a 200 dias, em indivíduos a partir de 10,5 mm de altura (BERRY; KADRI, 1974).

Ao avaliar a composição das bolsas cefálicas de indivíduos de *M. tuberculata* coletados na Malásia, Berry e Kadri (1974) encontraram uma média de 48,7 filhotes por fêmea. Os autores notaram que a quantidade de filhotes variava entre os locais de coleta, entre as categorias de tamanho dos filhotes e em relação ao tamanho das fêmeas. O número de jovens aumentou conforme o crescimento dos indivíduos, mas declinou quando atingido grandes tamanhos corporais, como entre 31-34 mm de altura (BERRY; KADRI, 1974). Dudgeon (1986) ao verificar populações de Hong Kong, observou uma média de 54,1 filhotes/indivíduo, e também relatou o acréscimo do número de filhotes com o aumento da fêmea, havendo um declínio da quantidade nos animais com mais de 8,5 mm de largura. Bem-Ami e Hodgson (2005) sugeriram que quanto maior a densidade de filhotes, menor seria o tamanho médio dos jovens.



**Figura 26.** Vista dorsal da região cefálica de *Melanoides tuberculata* coletado no Lago Paranoá (DF). A seta evidencia a liberação do filhote pela abertura do marsúpio. Foto: Carolina T. P. Gonçalves.

Acredita-se que para que a liberação de filhotes ocorra, seja necessária a alternância de luminosidade, como dia e noite, sendo em média, 1 filhote/indivíduo liberado a cada dia. A taxa de liberação parece ser influenciada pela quantidade de jovens presentes no marsúpio, havendo um aumento desta taxa conforme o aumento da densidade de filhotes nas bolsas cefálicas (BERRY; KADRI, 1974).

### **Influência das variáveis bióticas e abióticas na reprodução de *Melanoides tuberculata***

As análises dos fatores ambientais são importantes para esclarecer suas relações com os aspectos reprodutivos da espécie, de forma a elucidar quais variáveis podem influenciar as taxas reprodutivas ou as taxas de liberação de filhotes. Dudgeon (1986) já havia mencionado que a espécie é basicamente semélpara, ou seja, investe em grande quantidade de descendentes. Em ambientes onde a chance de sobrevivência dos

indivíduos até o próximo período reprodutivo é baixa, a estratégia reprodutiva utilizada é a semelparidade, que se constitui de indivíduos que investem em reprodução única e maciça. Já em locais onde há recursos suficientes para a sobrevivência do indivíduo, investe-se em iteroparidade, havendo mais de uma época reprodutiva e uma diminuição da quantidade de filhotes por reprodução (MCKILLUP; BUTLER, 1979).

É sabido que algumas variáveis abióticas são capazes de influenciar as populações e a reprodução de diversas espécies de moluscos. Neto e colaboradores (2013) relataram que a temperatura da água, o nível de oxigênio dissolvido e a turbidez da água influenciaram no crescimento e reprodução do bivalve do gênero *Crassostrea* Sacco, 1897. Barros e Rocha-Barreira (2013) identificaram as vegetações submersas como determinantes na distribuição da fauna de moluscos no litoral do Ceará. Miyahira (2010) relatou um pico populacional de *M. tuberculata* logo após a mensuração de um pico de condutividade, provavelmente devido à influência desta variável sobre a formação da concha dos moluscos (MACAN, 1961).

Outro fator importante a ser avaliado é a quantidade de matéria orgânica do ambiente, dado que a espécie em estudo utiliza esse recurso como alimento (MADSEN, 1992). Os recursos alimentares podem ser decisivos para a reprodução da espécie. Os relatos variam na literatura, podendo haver tanto o aumento no investimento reprodutivo com o aumento da quantidade de recursos, quanto o aumento das taxas reprodutivas com o decréscimo do alimento no ambiente (MCKULLIP; BUTLER, 1979; SPIGHT; EMLLEN, 1976; THOMPSON, 1983). Na primeira hipótese, a população investiria em reprodução, dado que haveria mais recursos no ambiente, ou seja, mais alimento disponível para a prole (SPIGHT; EMLLEN, 1976). Porém, a segunda hipótese sugere que, quando escasso o alimento no ambiente, os indivíduos tenderiam a aumentar ainda mais sua capacidade reprodutiva, porque não seria possível prever sua sobrevivência no meio (THOMPSON, 1983).

Fatores biológicos, como a densidade populacional existente na área de estudo, também são características importantes no estudo da reprodução. A alta densidade de indivíduos no ambiente poderia culminar na queda da taxa reprodutiva do organismo, dada a possível existência de competição por recursos entre eles (BRÖNMARK *et al.*, 1991; PERONI; HERNANDÉZ, 2011). Baixas densidades populacionais, por outro lado, disponibilizariam maior quantidade de recursos para cada indivíduo, e possibilitaria um maior investimento reprodutivo (TANAKA *et al.*, 1999). Logo, a

mensuração de fatores bióticos e abióticos é necessária para uma compreensão mais completa da espécie, uma vez que estes podem atuar em sua regulação.

Este capítulo teve como objetivo analisar as características reprodutivas de *M. tuberculata*, identificar o tipo de reprodução e avaliar a capacidade reprodutiva da espécie no Lago Paranoá. Ainda, analisa-se a existência de influências ambientais e bióticas sobre a reprodução. A hipótese é que a população é partenogenética, e as variáveis ambientais e a densidade de tiarídeos do ambiente influenciam a quantidade de filhotes nos marsúpios das fêmeas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Dissecção dos tiarídeos, sexagem e contagem dos jovens**

Levando-se em conta as classes de largura, 10% dos indivíduos possivelmente reprodutivos (largura  $\geq 3$  mm) de cada ponto de coleta foram selecionados para serem dissecados com o intuito de avaliar a biologia reprodutiva da espécie e o sexo dos organismos. Caso o tiarídeo fosse uma fêmea, avaliar-se-ia se ela estaria reprodutiva, e se reprodutiva, o número de ovos ou filhotes seria quantificado. A observação do sexo do animal se dá pela presença de uma bolsa incubadora, localizada na região cefálica do gastrópode (BERRY; KADRI, 1974). Os tiarídeos foram escolhidos tentando-se abranger a maior variedade de medidas de abertura da concha possível.

Depois de mensurados e retirados da concha, o manto que cobre a bolsa incubadora foi removido, e com o auxílio de um bisturi, abriu-se o epitélio com cuidado para não atingir os filhotes presentes no seu interior. Os ovos e filhotes foram retirados com o auxílio de uma pinça, e contados em uma cuba de Dolfus com o auxílio de um contador.

Os filhotes foram classificados conforme definido por Berry e Kadri (1974), que os diferenciam conforme fossem ovos ou jovens. As categorias atribuídas aos jovens que já apresentam concha são baseadas no número de voltas nela presente (Fig. 27). São estas:

Categoria 1 – ovos a filhotes de uma volta;

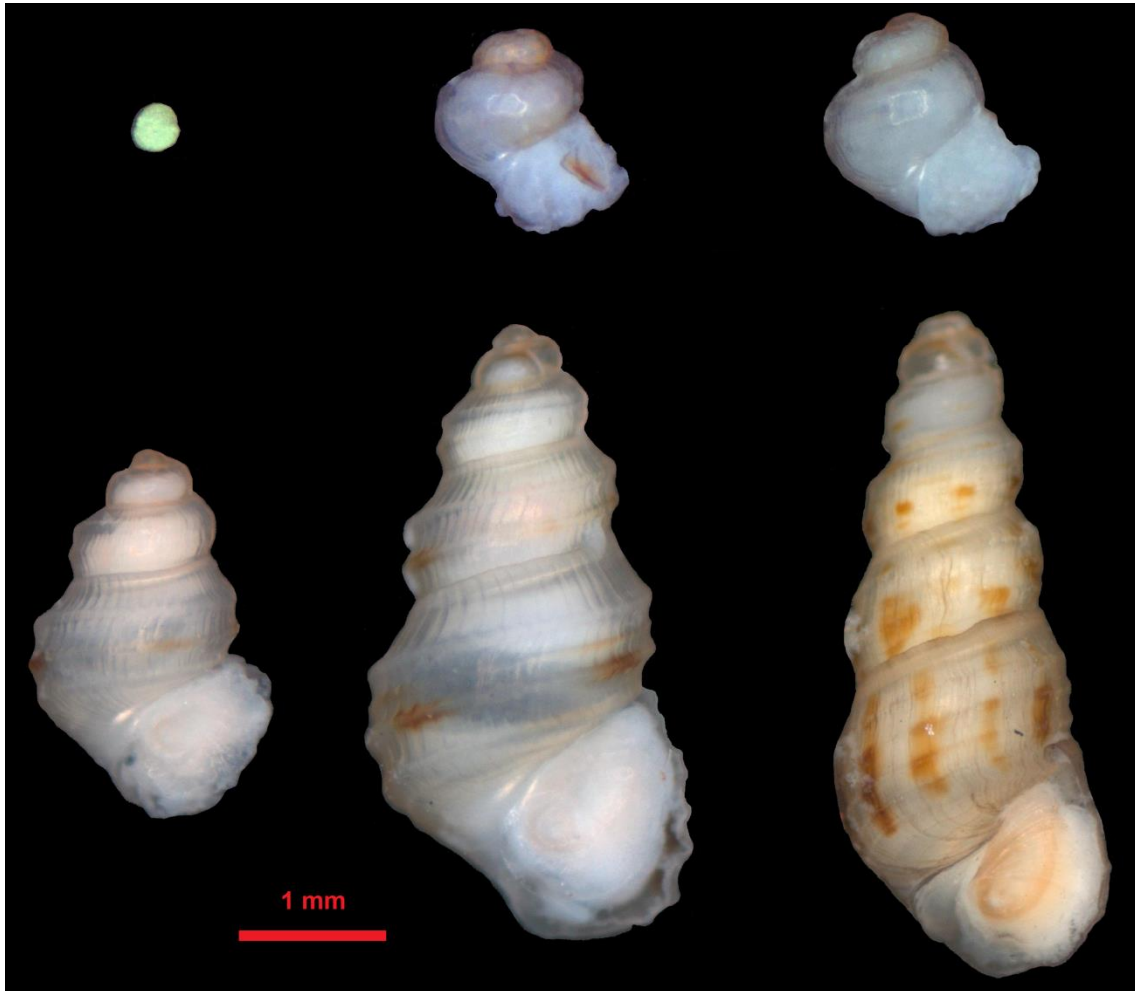
Categoria 2 – filhotes de 2 a 4 voltas;

Categoria 3 – filhotes acima de 5 voltas.

Ao término da quantificação dos filhotes, estes foram colocados em tubos de ensaios com álcool 80% juntamente com o adulto dissecado. Todos os adultos foram

individualizados em tubos com seus respectivos filhotes e depositados na Coleção de Moluscos da Universidade de Brasília (CMUnB).

A biologia reprodutiva de *M. tuberculata* investigada na Malásia e em Hong Kong foi utilizada como base para comparações com a população que habita o lago de Brasília. As idades mínima e máxima para a reprodução foram calculadas utilizando-se como base o ciclo de vida do gastrópode em Hong Kong (DUDGEON, 1986).



**Figura 27.** Categorias de desenvolvimento de *Melanoides tuberculata*. Encontram-se ilustrados: ovo, filhote de 2 voltas, filhote de 3 voltas, filhote de 4 voltas, filhote de 5 voltas e filhote de 6 voltas. Foto: Carolina T. P. Gonçalves.

### **Análises de dados**

Os dados foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade através dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Dada à falta de normalidade e homocedasticidade dos dados, estes foram logaritmizados, para então serem realizadas

correlações entre as três categorias de jovens a partir do método de Pearson. Todas as categorias foram correlacionadas entre si. Logo, realizou-se uma regressão linear e os resultados foram ilustrados em gráficos, com a adição da linha de tendência da regressão.

Com vistas a verificar a existência de diferenças na quantidade total de filhotes em relação à expedição de coleta e região do lago, utilizou-se o teste ANOVA após a logaritmização dos dados. Depois da análise que evidenciava o total de filhotes, estes foram divididos em categorias de desenvolvimento e também testados com o teste ANOVA, seguido por pós-teste de Tukey. Gráficos foram desenvolvidos para facilitar a visualização destas relações, utilizando como base a média do total de jovens presentes nos marsúpios.

O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para averiguar a existência de diferenças nas quantidades de filhotes entre as classes reprodutivas. Esta análise foi escolhida uma vez que a logaritmização dos dados não se mostrou eficiente, sendo mantida a falta de normalidade e de homocedasticidade dos dados após a transformação. As variações das quantidades de filhotes para cada classe e ao longo das expedições de coleta foi plotado em gráfico.

O tamanho da abertura da concha das fêmeas foi relacionado com as diferentes categorias de filhotes abrigados por estas. Os dados exibiram novamente a falta de normalidade, sendo, então, logaritmizados. Realizou-se o teste de correlação de Pearson entre os valores de largura e as categorias de “ovo - 1 volta”, “2-4 voltas” e “ $\geq 5$  voltas”, seguida por uma regressão simples com a inserção de curva de tendência.

Ovos translúcidos e muito pequenos foram encontrados em indivíduos de diferentes classes de larguras, e não foram contabilizados devido ao seu inicial estágio de desenvolvimento, pois se encontravam formando agregados, dificultando ainda mais a sua contagem. Indivíduos reprodutivos que possuíam filhotes com imperfeições e deformidades nas conchas também foram notados. Logo, foram criados gráficos para visualizar o percentual de indivíduos de cada classe que exibiam ovos translúcidos ou exibiam filhotes com deformidades.

Uma regressão múltipla foi realizada com o intuito de evidenciar se variáveis ambientais, da água, do sedimento ou o número de indivíduos presentes no ambiente influenciaria na quantidade de jovens presentes no marsúpio. Utilizou-se o método de Quasi-Poisson, uma vez que o valor dos resíduos superou o dos graus de liberdade. Os resultados foram plotados em gráfico com a inserção de curva de tendência. Foram

realizadas correlações de Pearson para testar a relação entre as variáveis selecionadas pelo modelo e a quantidade de ovos, e entre a abundância de indivíduos no ambiente e a quantidade de ovos presentes nos marsúpios.

## RESULTADOS

### Características e correlações entre os jovens

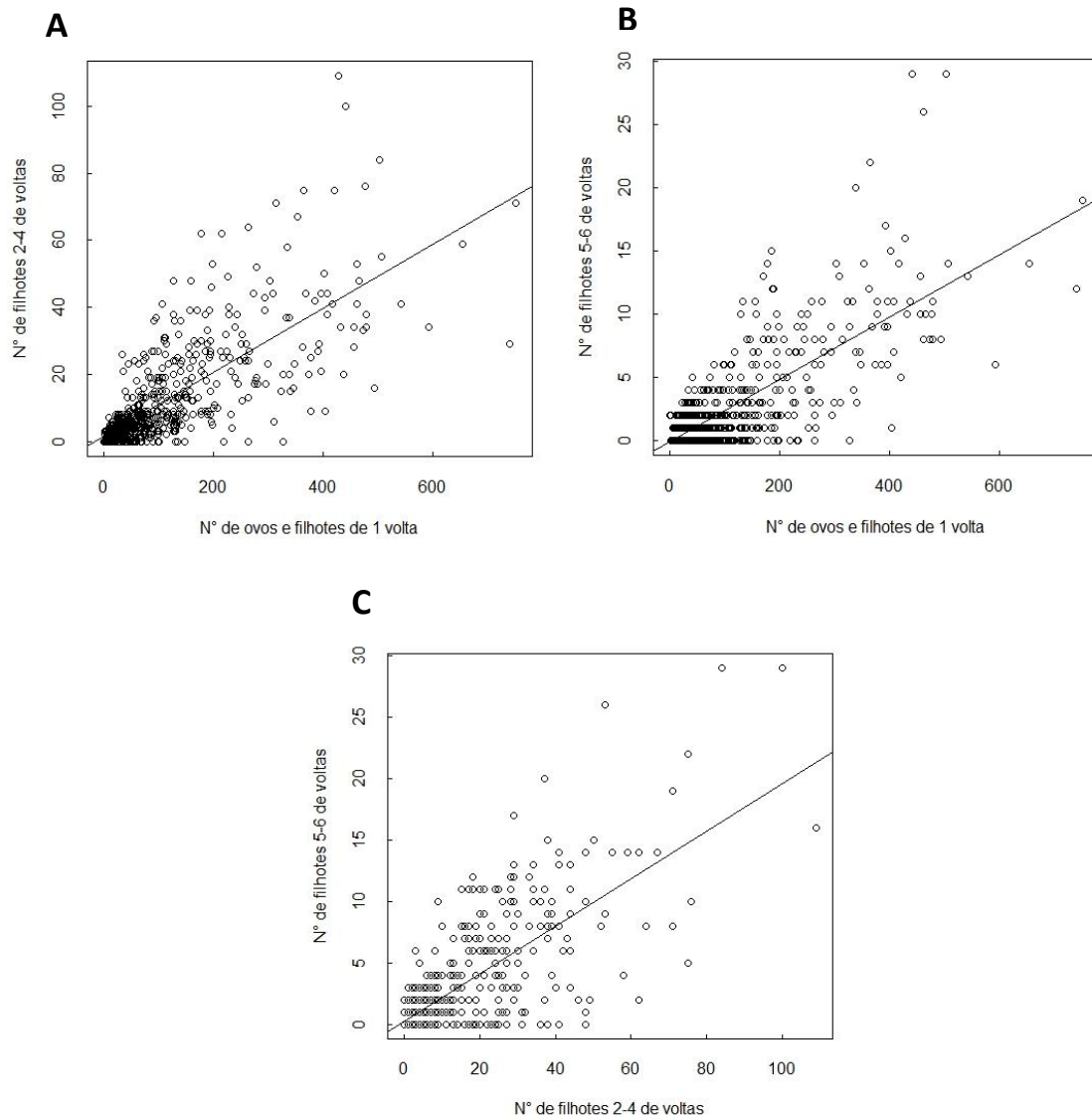
A dissecação de 10% dos tiarídeos reprodutivos, totalizando 790 indivíduos, revelou que a população provavelmente era partenogenética, ou seja, composta apenas por fêmeas. Dentre estas fêmeas reprodutivas, 17% não continham ovos ou filhotes desenvolvidos, porém em todas elas foram encontrados ovos ainda pouco desenvolvidos, translúcidos, e que se dispunham de forma agregada, fatores que inviabilizaram a contagem destes. Assim, a estimativa dos filhotes foi iniciada a partir dos ovos que atingiram desenvolvimento mais avançado, quando adquiriam cor esbranquiçada e maior tamanho, o que facilitava a sua quantificação.

Ao longo da dissecação, indivíduos com filhotes que exibiam deformações nas conchas foram observados e quantificados. Foram somados 25 indivíduos que abrigavam filhotes com diversas imperfeições, cerca de 3% do total de indivíduos averiguados. As deformidades atingiam em geral grande parte dos jovens presentes no marsúpio, e era percebida em todas as categorias de filhotes que já apresentavam concha calcária. Muitas vezes as deformações impossibilitavam a sobrevivência do animal, sendo observada apenas a concha com restos orgânicos no marsúpio da fêmea, porém, também eram encontrados em menores proporções filhotes que atingiam o estágio “ $\geq 5$  voltas” mesmo com a presença de imperfeições.

A população de *M. tuberculata* apresentou média de 118,8 filhotes/indivíduo. Todos os tiarídeos (i.e., 100%) continham exemplares da categoria “ovo-1 volta”, 88,7% dos moluscos continham filhotes de “2-4 voltas” e 65,61% abrigavam filhotes “ $\geq 5$  voltas”. Foi percebido que com o aumento da largura da abertura da concha dos indivíduos, havia também um acréscimo da densidade de filhotes das três categorias.

Com isso, calculou-se a correlação entre filhotes de diferentes categorias, com vistas a esclarecer o quão relacionadas as categorias se encontram no Lago Paranoá. Todas as correlações se mostraram significativas, indicando que a quantidade de filhotes de uma categoria influencia na densidade de indivíduos das demais. A categoria 1 se mostrou mais correlacionada com a categoria 2 ( $r^2=0,73$ ,  $t_{655}=27,40$ ,  $p<0,001$ ) (Fig. 28 A) do que com a 3 ( $r^2=0,62$ ,  $t_{655}=20,41$ ,  $p<0,001$ ) (Fig. 28 B). A análise de regressão

indicou que 53% da variação era explicada para a primeira correlação, e de 38% para a segunda. A categoria 2 também estava correlacionada à categoria acima de 5 voltas ( $r^2=0,70$ ,  $t_{655}=25,05$ ,  $p<0,001$ ) (Fig. 28 C). Para esta correlação, a análise de regressão linear explicou 49% da variação.



**Figura 28.** Regressões relacionando as diferentes categorias de filhotes de *M. tuberculata* do Lago Paranoá (DF).

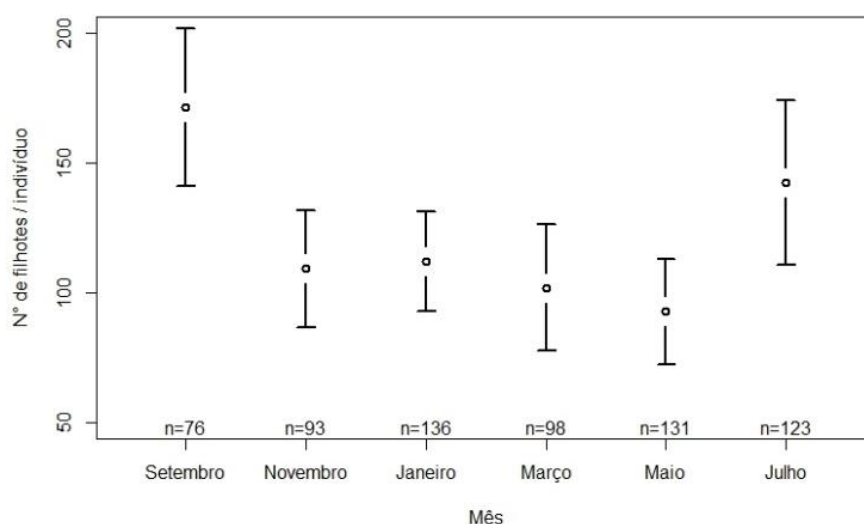
### **Varição da quantidade de filhotes de *Melanoides tuberculata* ao longo das expedições de coleta e das regiões do lago**

Os dados referentes ao total de jovens abrigados no marsúpio apresentaram diferenças significativas quando associados aos meses de coleta e aos braços do lago ( $F_{5,651}=6,54$ ;  $p<0,001$  e  $F_{4,652}=42,20$ ;  $p<0,001$ , respectivamente). O pós-teste de Tukey

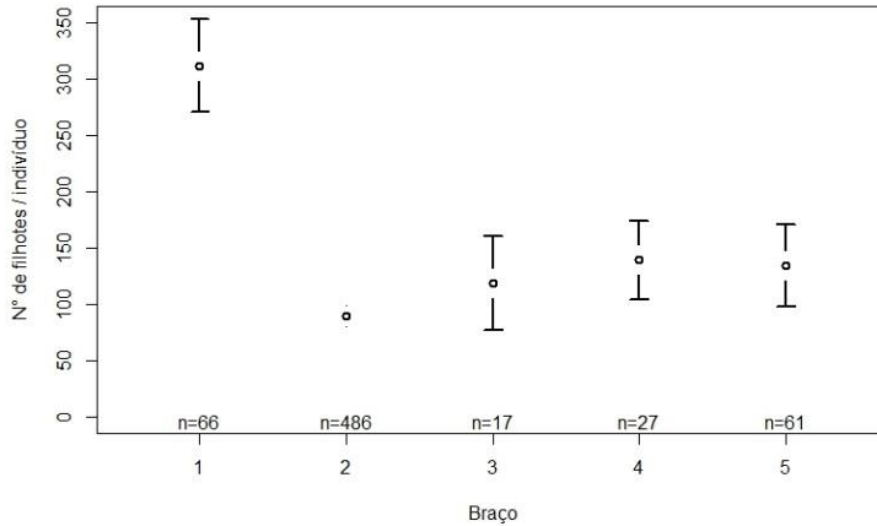


indicou a variação nos meses de setembro a novembro/2013 como os responsáveis pela significância do teste, quando levados em conta a sucessão cronológica dos meses de coleta (Fig. 29). O braço Ribeirão do Torto foi o principal responsável pelo valor significativo do teste ao ser comparado aos outros braços, apresentando médias de filhotes mais elevadas que os demais (Fig. 30).

Após a separação do total de ovos em categorias, foi avaliada a existência de diferenças nas quantidades de filhotes de cada categoria em relação ao mês e braço. Todas as categorias de filhotes encontravam-se presentes ao longo dos meses de expedição, e estas apresentaram diferenças significativas quando associadas ao braço e mês ( $p < 0,05$  para todos os casos). A Tabela 6 exibe algumas informações sobre a abundância de filhotes dos diferentes tamanhos para cada braço em relação à matéria orgânica presente nestes respectivos ambientes.



**Figura 29.** Número de filhotes encontrados em indivíduos de *Melanoides tuberculata* ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF).



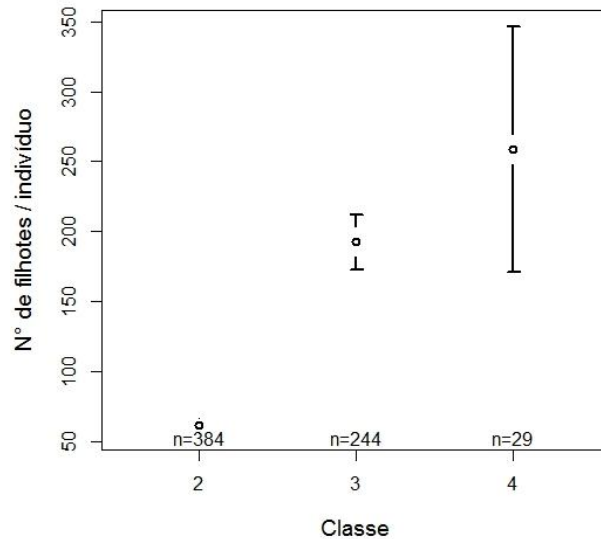
**Figura 30.** Número de filhotes encontrados em indivíduos de *Melanoides tuberculata* em cada braço do Lago Paranoá (DF). 1 – Braço Ribeirão do Torto; 2 – Braço Ribeirão do Bananal; 3 – área central; 4 – Braço Ribeirão do Gama; 5 – Braço Ribeirão do Riacho Fundo.

**Tabela 6.** Abundâncias de cada categoria de filhotes e as respectivas médias de filhotes para cada braço do Lago Paranoá (DF). 1 – Braço Ribeirão do Torto; 2 – Braço Ribeirão do Bananal; 3 – área central; 4 – Braço Ribeirão do Gama; 5 – Braço Ribeirão do Riacho Fundo.

Braço do lago	Ovo – 1 volta (%)	2 – 4 voltas (%)	>5 voltas (%)	Filhotes / indivíduo ( $\bar{x} \pm \sigma$ )
1	88,66	9,38	1,96	311,62 ± 166,27
2	88,98	9,02	2,02	89,51 ± 105,50
3	86,15	13,09	0,76	118,90 ± 80,38
4	81,44	17,20	1,36	139,33 ± 88,02
5	83,38	12,46	4,16	134,45 ± 142,15

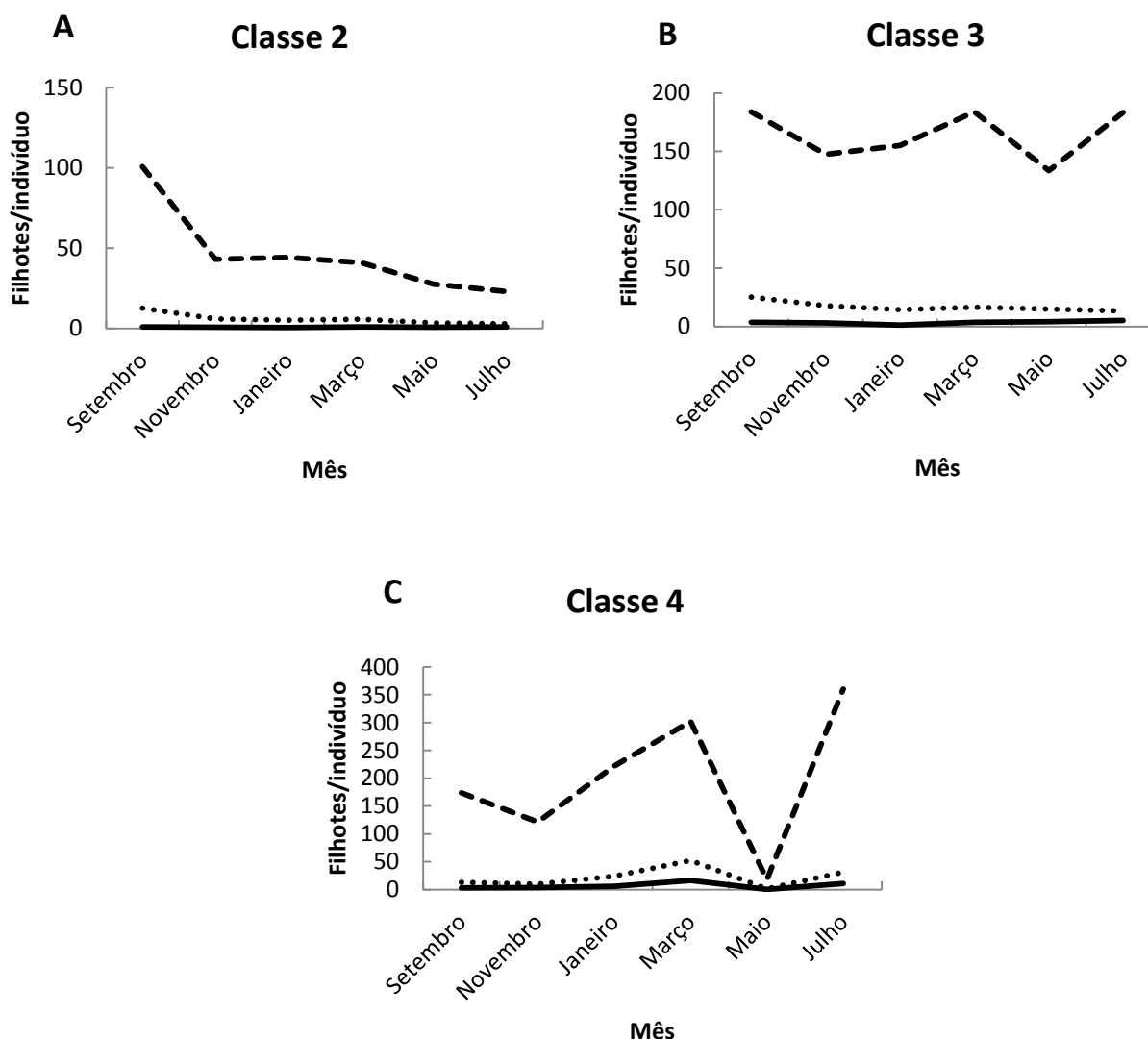
### Influência da largura de *Melanoides tuberculata* sobre a quantidade e tamanho dos filhotes

O menor indivíduo reprodutivo dissecado apresentava 3 mm de largura, e 9,1 mm de altura, e o maior 12,8 mm de largura e 29,5 mm de altura, sendo que o último estava com o ápice danificado. A abundância de filhotes quanto à classe dos indivíduos reprodutivos foi verificada (Fig. 31), e apresentou uma diferença significativa ( $X^2=151,37$ ,  $p<0,001$ ), uma vez que organismos das classes superiores (3 e 4) abrigam mais que o triplo de jovens que indivíduos da classe 2.



**Figura 31.** Número de filhotes de indivíduos de *Melanooides tuberculata* reprodutivos do Lago Paranoá (DF) nas diferentes classes de largura.

Indivíduos da classe 2 (Fig. 32 A) apresentaram pico de jovens em seus marsúpios em setembro/2013, seguida de uma queda e então estabilização do número de indivíduos. Filhotes que compõe a categoria 1 são os mais abundantes em todas as classes, assim como os filhotes de 2-4 voltas também sempre se mostraram mais abundantes que os filhotes acima de 5 voltas. Moluscos pertencentes à classe 3 (Fig. 32 B) apresentaram certa regularidade no número de filhotes, não apresentando picos ou grandes decréscimos. A classe reprodutiva 4 (Fig. 32 C) apresentou picos nos meses de março e julho/2014, e um significativo decréscimo em maio/2014, mês em que a maioria dos indivíduos apresentaram poucos ou nenhum filhote dentre as categorias descritas. Entretanto, isso não significa a ausência total de ovos ou filhotes, já que a maioria destes apresentava ovos pouco desenvolvidos, muito pequenos e abundantes, que inviabilizavam a contagem dos mesmos.



**Figura 32.** Variação das médias da quantidade de filhotes de indivíduos de *Melanoides tuberculata* de diferentes classes reprodutivas ao longo das expedições de coleta no Lago Paranoá (DF). Linha tracejada – ovos a filhotes de 1 volta; linha pontilhada – filhotes de 2 a 4 voltas; linha sólida – filhotes acima de 5 voltas.

No caso dos tiarídeos classe 2, a abundância de filhotes categoria 1 é maior em mais de sete vezes a densidade dos filhotes categoria 2, e os filhotes mais desenvolvidos (categoria 3) representam 1,75% do total de jovens, menor percentual entre as classes para a categoria. O percentual de jovens desenvolvidos (categoria 3) só atinge mais de 1% em indivíduos acima de 4,5 mm. Já os filhotes categoria 2 representam em média 11,18% do total de filhotes, maior percentual entre as classes.

Na classe 3, 88,82% dos filhotes pertencem à categoria 1, seguido por 9,01% da categoria 2 e 2,17% da categoria 3. Por fim, exemplares classe 4 comportam em média 88,12% de filhotes classificados como “ovo-1 volta”, 9,15% pertencem à categoria de

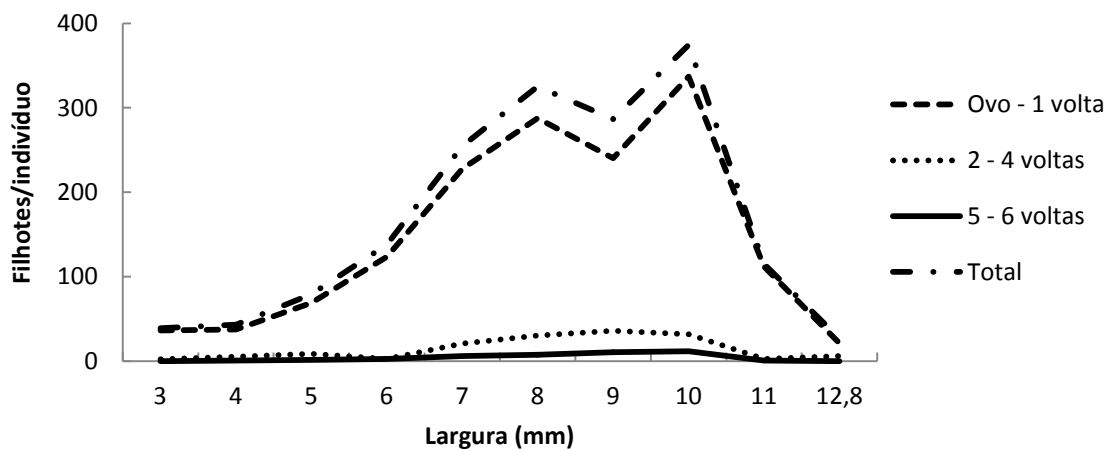
“2-4 voltas” e 2,73% de filhotes acima de 5 voltas. Um indivíduo classe 4 chegou a abrigar 842 filhotes em sua bolsa incubadora no pico do mês de julho/2014. Esta classe também apresentou os indivíduos que atingiram a maior quantidade de filhotes desenvolvidos (classe 3), chegando a atingir 29 filhotes em dois exemplares, e também os maiores em tamanho, sendo encontrados filhotes de até oito voltas nas bolsas cefálicas (Fig. 33).



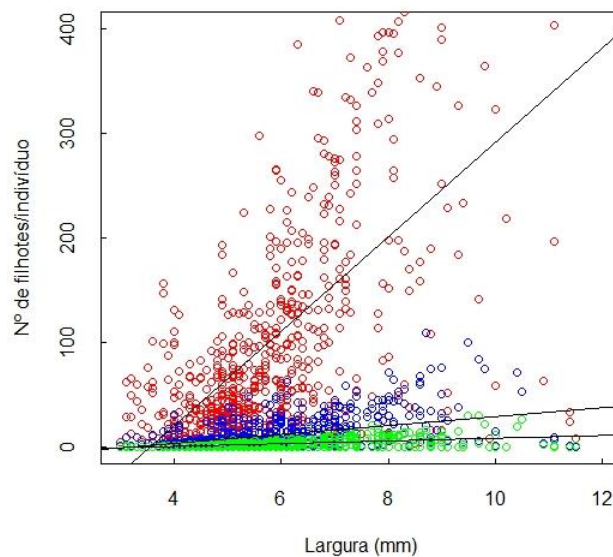
**Figura 33.** Jovem com 8 voltas encontrado no marsúpio de um exemplar de *Melanooides tuberculata* coletado no Lago Paranoá (DF). Foto: Carolina T. P. Gonçalves.

Além dos indivíduos classes 3 e 4 exibirem médias de filhotes superiores aos indivíduos da classe 2, eles também apresentaram as menores proporções relacionadas às categorias dos filhotes. A classe 4 apresentou proporção média de 1 filhote categoria 3, para cada 3 filhotes categoria 2, e para cada 32 filhotes categoria 1 (1:3:32). Já as classes 3 e 2 mostraram proporção de 1:4:41 e 1:6:50, respectivamente.

Ao se avaliar a correlação da largura com a quantidade de jovens no marsúpio, esta se mostrou significativa ( $r^2=0,49$ ,  $t_{655}=14,66$ ,  $p<0,001$  e 25% da variação explicada). E, quando analisadas as categorias de filhotes individualmente em relação à largura, todas foram significativas ( $p<0,001$  para todas as variáveis), ou seja, existem diferenças entre a largura dos tiarídeos e a quantidade de filhotes que estes carregam. Logo, com o aumento do tamanho do indivíduo, há o aumento da quantidade de filhotes de todas as categorias nos marsúpios (Fig. 34 e 35). Porém, pode-se notar que as taxas reprodutivas começam a decair quando indivíduos atingem tamanho corporal acima de 10 mm de largura.



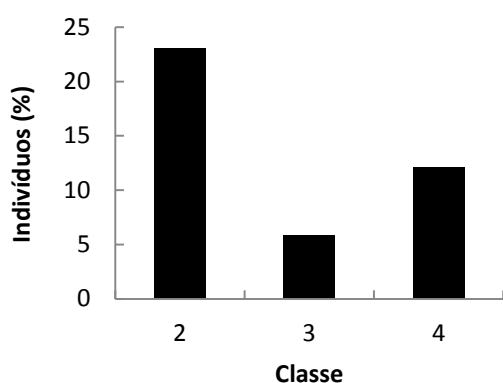
**Figura 34.** Relação entre as médias de filhotes/indivíduo e as respectivas larguras de indivíduos de *Melanoides tuberculata* do Lago Paranoá (DF).



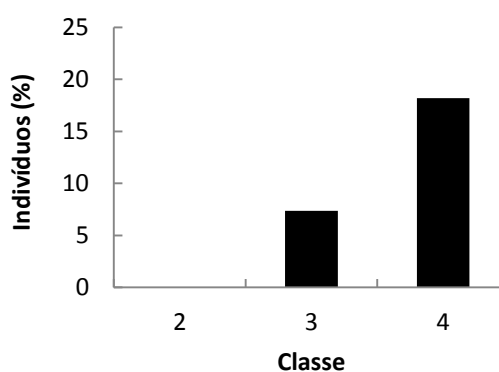
**Figura 35.** Regressões relacionando o número de filhotes/indivíduo de cada categoria com a largura de indivíduos de *Melanoides tuberculata* do Lago Paranoá (DF). Vermelho – categoria 1 (ovo a filhotes de 1 volta), Azul – categoria 2 ( filhotes de 2 a 4 voltas), verde – categoria 3 (filhotes de 5 a 6 voltas).

Indivíduos pertencentes à classe 2 apresentaram o maior percentual de ovos translúcidos em suas bolsas cefálicas, ou seja, ovos em estágio preliminar de desenvolvimento, atingindo 23% dos indivíduos. Na classe 3, apenas 5,8% dos indivíduos apresentavam somente ovos translúcidos, porém na classe 4 o valor voltou a crescer, chegando a 12% dos animais (Fig. 36).

Em relação ao percentual de filhotes com deformidades, a classe 4 teve o maior valor, com 18,2% dos indivíduos afetados, seguido pela classe 3, com 7,3% dos tiriádeos abrigando filhotes com imperfeições (Fig. 37). A classe 2 por sua vez, não apresentou nenhum indivíduo com filhotes com estas características.



**Figura 37.** Frequência de indivíduos de *Melanoides tuberculata* de cada classe de largura que abrigavam ovos translúcidos.

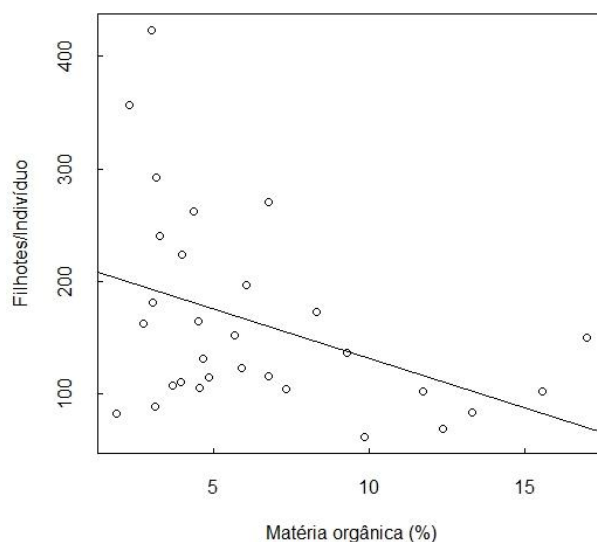


**Figura 36.** Frequência de indivíduos de *Melanoides tuberculata* de cada classe de largura que abrigavam filhotes com

### **Influência do meio abiótico sobre a quantidade de filhotes de *Melanoides tuberculata***

Através da análise de regressão generalizada, a única variável que se mostrou significativa, e, portanto, influente sobre a quantidade de jovens carregados nos marsúpios, foi o percentual de matéria orgânica presente no sedimento ( $p=0,03$ ).

Porém, diferente do percebido para a população de *M. tuberculata*, os filhotes se mostraram correlacionados negativamente com a porcentagem de matéria orgânica ( $r^2=-0,43$ ,  $t_{28}=-2,57$ ,  $p=0,01$ ). Desta forma, quanto maior o percentual de matéria orgânica no ambiente, menor é a quantidade de jovens abrigados nas bolsas cefálicas incubadoras (Fig. 38). A análise de regressão linear explicou 19% da variação.



**Figura 38.** Regressão relacionando as médias de filhotes/indivíduo nos marsúpios de indivíduos de *Melanoides tuberculata* com o percentual de matéria orgânica para cada braço do Lago Paranoá (DF) ao longo das expedições de coleta.

### **Influência da densidade de *Melanoides tuberculata* sobre a quantidade de filhotes**

A densidade de tiarídeos presentes no ambiente não influenciou a reprodução da espécie ( $r^2=-0,16$ ,  $t_{28}=-0,89$ ,  $p=0,38$ ). Nenhum dos braços apresentou correlações significantes entre a densidade de indivíduos presentes no ambiente e a quantidade de ovos abrigados nos marsúpios das fêmeas ( $p>0,05$  para todos os casos). Também não houve valores significativos quando correlacionada a abundância dos tiarídeos do ambiente com a quantidade de filhotes abrigados na bolsa cefálica incubadora, mês a mês ( $p>0,05$  para todos os casos).

## **DISCUSSÃO**

Os únicos parâmetros presentes na população do Lago Paranoá que se mostraram muito diferentes das demais localidades foram os relacionados ao conteúdo da bolsa incubadora. Em Hong Kong, apesar dos prosobrânquios terem sido dissecados a partir de 3,5 mm de largura (0,5 mm a mais que em Brasília), eles apresentaram quase 13% menos indivíduos que abrigavam ovos desenvolvidos ou filhotes. A quantidade média de indivíduos nos marsúpios, por sua vez, aumentou em mais de duas vezes quando relacionadas às outras regiões, com uma maior proporção de indivíduos da categoria 1. O número máximo de filhotes aumentou em 40% quando comparado a Hong Kong, e em 217% quando relacionado à Malásia (Tabela 7).



Presume-se, desta forma, que além de apresentar taxas reprodutivas superiores às outras, a população de *M. tuberculata* do Lago Paranoá iniciaria a reprodução com menor tamanho corporal e, portanto, alguns dias antes das demais localidades. Quantidades de jovens nos marsúpios mais altas que o normal também podem estar relacionadas às liberações mais rápidas de filhotes, sendo necessário atentar às variáveis ambientais do local para melhor compreender estas influências (BERRY; KADRI, 1974). Dudgeon (1986) já havia mencionado que a espécie investe em alta produtividade com o intuito de colonizar e se estabelecer rapidamente em novos ambientes, mas nunca antes foi estimado um máximo e uma quantidade média de filhotes/indivíduo tão altos quanto do presente trabalho.

**Tabela 7.** Comparações entre características populacionais e reprodutivas das populações de *Melanoides tuberculata* da Malásia (Berry; Kadri, 1974), Hong Kong (Dudgeon, 1986) e de Brasília (presente estudo). Adaptado de Dudgeon (1986).

	Malásia (Berry; Kadri, 1974)	Hong Kong (Dudgeon, 1986)	Brasília (presente estudo)
Altura máxima do indivíduo (mm)	34	30	31
Largura máxima do indivíduo (mm)	-	11,5	12,8
Altura mínima para a reprodução (mm)	10,5 – 11,5	8,3 – 9,5	9,1
Largura mínima para a reprodução (mm)	-	3,5	3
Idade mínima estimada para o início da reprodução	100 – 200 dias	90 – 120 dias	80 dias
Idade máxima estimada	3 anos e 6 meses	2 anos e 6 meses	2 anos e 9 meses (mínimo)
Indivíduos com filhotes (%)	-	70,5	83,0
Nº de filhotes/indivíduo	48,7	54,1	118,8
Nº de “Ovo - 1 volta”/indivíduo	41,3 (84,9%)	46,1 (85,2%)	104,2 (88,3%)
Nº de “2 – 4 voltas”/indivíduo	6,3 (13%)	7,4 (13,6%)	11,5 (9,6%)
Nº de “5 - 6 voltas”/indivíduo	1,3 (2,1%)	0,6 (1,1%)	2,4 (2,1%)
Nº máximo de filhotes/indivíduo	265	597	842

Valores de correlação mais altos entre categorias de tamanho de filhotes mais próximas foram observados provavelmente devido ao processo de desenvolvimento dos filhotes, uma vez que a partir da categoria 1 surgiriam filhotes categoria 2, e da categoria 2 se desenvolvem filhotes categoria 3, sendo a taxa de sucesso desta última transição de apenas 2%. A pequena quantidade de filhotes desenvolvidos (5 a 6 voltas) poderia ser explicada pela possibilidade de ocorrência de canibalismo dentro do marsúpio, uma vez que Dudgeon (1986) não observou nenhuma estrutura nutritiva associada à bolsa cefálica incubadora.

A presença de jovens desenvolvidos nos marsúpios das fêmeas em todos os meses de coleta indicam a constante liberação de filhotes ao longo do ano, sustentando o analisado no capítulo 1 desta dissertação, em que foi observada a constante presença de indivíduos classe 1 no ambiente.

Com o aumento da largura do indivíduo, foi percebido um aumento da contagem de jovens no marsúpio de todas as classes, devido ao crescimento da estrutura da bolsa cefálica. Apesar de indivíduos classe 4 apresentarem maiores médias da quantidade de jovens que as demais, estes apresentaram maiores variações nas contagens, sendo a classe 3 a que se manteve mais estável. Dada a dificuldade do organismo em atingir maiores tamanhos corporais, as classes 3 e 4 são menos abundantes no ambiente (DUDGEON, 1986), fazendo com que a classe 2 se destaque das demais e seja a principal responsável para a liberação de jovens no Lago Paranoá.

Na Malásia, Berry e Kadri (1974) identificaram que tiarídeos com altura menor que 27 mm abrigavam menos filhotes que os maiores, porém também se mostravam mais abundantes no ambiente, sendo definido então que eles influenciavam substancialmente a liberação de jovens no meio. Indivíduos classe 2 precisam ser cerca de três vezes mais abundantes que indivíduos classe 3 para produzirem aproximadamente a mesma quantidade de prole e se manterem predominantes na reprodução da espécie, caso contrário, os indivíduos que compõe a classe 3 serão os mais relevantes para a reprodução.

Ressalta-se ainda que, além dos organismos maiores possuírem capacidade de abrigar mais filhotes, estes apresentam também menores proporções entre as categorias de jovens (1:3:32 para classe 4, 1:4:41 para classe 3 e 1:6:50 para classe 2), indicando que o desenvolvimento e liberação de jovens ocorre mais rápido em classes maiores. Levando-se em conta que a reprodução da espécie se inicia aos 3 mm de largura, e, utilizando-se como base a liberação de 1 filhote/dia/adulto (BERRY; KADRI, 1974), o

maior indivíduo coletado (12,8 mm de largura, 2 anos e 9 meses) poderia ter liberado ao longo de sua vida cerca de 890 filhotes, dados que mais uma vez caracterizam uma espécie r-estrategista, ou seja, que investe em rápido crescimento e altas taxas reprodutivas (DUDGEON, 1989). Este elevado investimento realizado por animais de maior tamanho pode estar relacionado com a sobrevivência dos mesmos, já que a mortalidade nessas classes é mais pronunciada que nas demais (DUDGEON, 1986). O investimento reprodutivo, entretanto, parece diminuir quando o indivíduo alcança grandes tamanhos corporais, acima de 10 mm de largura.

A presença de ovos translúcidos (pouco desenvolvidos) em maiores proporções nos indivíduos classe 2 reflete o esperado, pois provavelmente alguns destes tiarídeos podem estar iniciando sua primeira época reprodutiva. Esta proporção diminui para a classe 3, e volta a subir nos prosobrânquios classe 4, que começam a demonstrar quedas na fecundidade por causa da idade (BERRY; KADRI, 1974; DUDGEON, 1986).

Os filhotes que aparentam ter imperfeições, por outro lado, mostram proporções contrárias, pois as deformidades foram notadas apenas em organismos a partir da classe 3, principalmente naqueles com largura acima de 9 mm. Estas más-formações estão provavelmente ligadas ao envelhecimento do animal, e acabam afetando a viabilidade dos jovens. As causas das deformidades, porém, ainda precisam ser melhor esclarecidas. Harasewych (1998) percebeu características incomuns relacionadas às conchas dos jovens de *M. tuberculata*, notando que conchas antes espiraladas para a direita sofreram uma mudança de direção. Isto se deu por causa da constrição realizada pela fêmea, que retrai o corpo para dentro da concha quando ameaçada, e acaba quebrando as estruturas calcárias de seus filhotes por esmagamento. Porém, até o momento, nenhum autor havia relacionado as deformidades da concha com a idade do animal para a espécie.

A matéria orgânica presente no sedimento foi a única variável que afetou a quantidade de filhotes abrigados nos marsúpios das fêmeas, sendo esta uma correlação inversa, ou seja, quanto mais matéria orgânica no ambiente, menor é a quantidade de jovens na bolsa cefálica. Spight e Emlen (1976) sustentam que, quando o alimento é mais abundante, a espécie tem melhores chances de crescer e aumentar o tamanho de sua prole. Parte desta afirmação pode ser notada na população do lago, pois em alguns locais com maior percentual de matéria orgânica foram encontrados indivíduos grandes e populações melhor estabelecidas. Porém, estes mesmos ambientes foram os que apresentam as maiores densidades populacionais da espécie, exibindo maior competição entre os indivíduos.

Populações de *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822), ao serem estudadas no Japão, exibiram uma diminuição da taxa reprodutiva e dos recursos alimentares devido à influência da densidade populacional (TANAKA *et al.*, 1999). Tanaka e colaboradores (1999) mencionam que na baixa densidade de caramujos, haveria maior quantidade de alimento para cada, possibilitando o aumento do esforço reprodutivo no local. Thompson (1983) ao estudar a relação entre o esforço reprodutivo e o alimento dos ouriços-do-mar verdes *Strongylocentrotus droebachiensis* (O. F. Müller, 1776), revelou que com a redução do alimento, houve um aumento do esforço reprodutivo destes. Segundo o autor, houve uma mudança do investimento do crescimento do indivíduo para a reprodução quando limitados os recursos alimentares, uma vez que seria difícil prever a duração destas adversidades. McKullip e Butler (1979) também observaram o aumento da quantidade de ovos por fêmea no gastrópode *Nassarius pauperatus* (Lamarck) nas regiões de baixa oferta de alimento, sugerindo que na ocasião a espécie se utilizou da estratégia de semelparidade, hipótese também sustentada por este trabalho. Dudgeon (1986) afirma que *M. tuberculata* é uma espécie semélpara, podendo-se encontrar também indivíduos iteróparos.

Como os teores de matéria orgânica influenciam a densidade populacional do molusco no Lago Paranoá, os indivíduos que habitam locais com menores percentuais de matéria orgânica talvez invistam na estratégia reprodutiva de semelparidade, que acarretaria em maiores quantidades de filhotes, já que a fêmea poderia não sobreviver até outra reprodução. Enquanto em ambientes com mais recurso alimentar, a estratégia iterópara seja a mais ideal, uma vez que os adultos sobrevivem por maiores períodos, vivendo até outra estação reprodutiva.

Logo, defende-se neste trabalho que o percentual de matéria orgânica no ambiente influencia a quantidade de filhotes das bolsas cefálicas, ou seja, as fêmeas que vivem em ambientes mais desfavoráveis de recurso alimentar investiriam mais em reprodução e liberariam mais filhotes ao longo do tempo, na tentativa de aumentar a chance de sobrevivência da espécie e a manutenção da população no local.

A densidade de tiarídeos encontrados no ambiente não influenciou a reprodução da espécie, fazendo-se necessários mais estudos sobre esta associação de modo a avaliar se a partir de algum valor de densidade, as taxas reprodutivas poderiam ser alteradas. Caso presente, esta associação poderia remeter a ideia de regulação populacional dependente de densidade, uma vez que ao se atingir uma alta densidade populacional, haveria o aumento da competição dos indivíduos por alimento, e, conseqüentemente, a

diminuição da taxa reprodutiva da espécie (PERONI; HERNANDÉZ, 2011), visto que a sobrevivência dos jovens seria afetada pela dificuldade em encontrar ou disputar os recursos.

Ao se avaliar a interação entre gastrópodes e girinos, pesquisadores relataram a queda da produção de ovos quando presente a competição intraespecífica ou interespecífica devido às altas densidades populacionais (BRÖNMARK *et al.*, 1991). As populações de *P. canaliculata* demonstraram significativo aumento reprodutivo (300 a 400 vezes) quando mantidas em habitats de baixa densidade, mas, sobre o efeito de alta densidade populacional, suas taxas reprodutivas decresceram, assim como as taxas de crescimento dos indivíduos (TANAKA *et al.*, 1999). Tanaka e colaboradores (1999) sustentam que é desta forma que ocorre a regulação da população, sendo possível a recuperação e manutenção da espécie ao longo das gerações. Este mesmo padrão foi percebido em populações de *Marisa cornuarietis* (Linnaeus, 1758) (AUFDERHEIDE *et al.*, 2006).

É possível que a discrepante diferença na quantidade de jovens produzidos e mantidos nos marsúpios dos indivíduos de Brasília, Hong Kong e na Malásia tenham relação com o nível de ocupação do ambiente. Baur (1988), ao investigar a biologia reprodutiva do gastrópode *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758), notou que em populações formadas por grandes agregados, havia a diminuição do tamanho de adultos, a diminuição de suas taxas reprodutivas e também o aumento do canibalismo dos ovos. Dudgeon (1986) cita que *M. tuberculata* aparenta exibir cuidado parental, liberando os filhotes a partir de estímulos externos, ou seja, quando o meio encontra-se favorável para a sobrevivência, podendo assim ser influenciado pela densidade de organismos. Ademais, o número de jovens existentes na bolsa cefálica prediz a taxa de liberação dos filhotes (BERRY; KADRI, 1974), isto é, quanto mais filhotes, mais rápida a liberação dos mesmos.

Dessa forma, são necessários mais estudos sobre a associação da densidade destes organismos com a sua biologia reprodutiva, assim como sobre outros fatores ambientais e bióticos que poderiam regular tais populações.

## CONCLUSÕES

A população de *M. tuberculata* do Lago Paranoá é aparentemente partenogenética, e se reproduz ao longo de todo o ano.

Jovens da categoria “ovo – 1 volta” eram mais abundantes que filhotes de “2 – 4 voltas”, que por sua vez também eram mais numerosos que filhotes de “5 – 6 voltas”.

Os indivíduos aparentam iniciar seu período reprodutivo com menor tamanho corporal, atingir maiores percentuais reprodutivos, e produzir quantidades de filhotes consideravelmente maiores que nos demais estudos realizados. Neste estudo foi encontrada a maior quantidade média (118,8) e máxima (842) de filhotes/indivíduo já registrada.

O percentual de ovos translúcidos (pouco desenvolvidos) foi maior nas classes 2 e 4, que condiz com a fase inicial e terminal da reprodução da espécie, respectivamente.

Os filhotes que apresentaram deformações na concha só foram notados em classes de tamanhos maiores (3 e 4), possivelmente relacionados ao envelhecimento do animal.

A quantidade de filhotes acompanhou o tamanho corporal do indivíduo, e as proporções entre as categorias de filhotes diminuíram com o aumento da largura, indicando que indivíduos maiores possuem também maior taxa de liberação de jovens.

A classe 2 foi a que mais contribuiu para a liberação de filhotes no meio, por ser mais abundante que as demais.

A matéria orgânica influenciou a quantidade de filhotes dos marsúpios, sendo que quanto maior o percentual orgânico, menor era o número de jovens abrigados. Aparentemente as populações que habitam locais com pouco recurso alimentar utilizam a estratégia de semelparidade, enquanto as que habitam ambientes com mais alimento utilizam-se da iteroparidade.

A densidade de tiarídeos presentes no ambiente não influenciou as taxas reprodutivas da espécie.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, R.T. Spread of *Melanoides tuberculata*. *Nautilus*, Philadelphia, v. 87, n. 1, p. 29, 1973.
- ALDRIGDE, D. W.; MCMAHON, R. E. Growth, fecundity, and bioenergetics in a natural population of the Asiatic freshwater clam, *Corbicula manilensis* Philippi from North Central Texas. *Journal of Molluscan Studies*, v. 44, p. 19-70, 1978.
- ALEXANDRE, D. M. B.; ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; PALÁCIO, H. A. Q.; FERREIRA, C. S. The water quality investigation using GIS and multivariable analyses in a semiarid region reservoir. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 3, p. 554-561, 2010.
- ALVARADO, L.; PARIONA, R.; BELTRÁN, M. Casos de paragonimiasis (paragonimiosis) em el Hospital Nacional Sergio E. Bernales (Lima, Peru). *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, vol. 21, n. 2, 2004.
- ANGELINI, R.; BINI, L. M.; STARLING, F. L. R. M. Efeitos de diferentes intervenções no processo de eutrofização do Lago Paranoá (Brasília, DF). *Oecologia Brasiliensis*, v. 12, n. 3, p. 564-571, 2008.
- ARAÚJO, R.; MORENO, D.; RAMOS, M. A. The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. *American Malacological Bulletin*, v. 10, n. 1, p. 39-49, 1993.
- AUFDERHEIDE, J.; WARBRITTON, R.; POUNDS, N.; FILE-EMPERADOR, S.; STAPLES, C.; CASPERS, N.; FORBER, V. Effects of husbandry parameters on the life-history traits of the apple snail *Marisa cornuarietis*: effects of temperature, photoperiod, and population density. *Invertebrate biology*, v. 125 n. 1, p. 9-20, 2006.
- BARROS, K.V.S.; ROCHA-BARREIRA, C. A. Responses of the molluscan fauna to environmental variations in a *Halodule wrightii* Ascherson ecosystem from Northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 85, n. 4, p. 1397-1410, 2013.
- BAUR, B. Population regulation in the land snail *Arianta arbustorum*: density effects on adult size, clutch size and incidence of egg cannibalism. *Oecologia*, v. 77, n. 3, p. 390-394, 1988.
- BEN-AMI, F.; HELLER, J. Biological control of aquatic pests snails by the black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Biological Control*, v. 22, p. 131-138, 2001.



- BEN-AMI, F.; HODGSON, A. N. Ovoviviparity and the Structure of the Brood Pouch in *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae). *Journal of Morphology*, v. 263, p. 322-329, 2005.
- BERRY, A.J.; KADRI, A.B. H. Reproduction in the Malayan freshwater cerithiacean gastropod *Melanoides tuberculata*. *Journal of Zoology*, v. 172, p. 369-381, 1974.
- BRANDE, S. Statistical discrimination of sex in *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Thiaridae). *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 59, p. 87-112, 1996.
- BRÖNMARK, C.; RUNDLE, S. D.; ERLANDSSON, A. Interactions between freshwater snails and tadpoles: competition and facilitation. *Oecologia*, v. 87, p. 8-18, 1991.
- BROWN, D. R. *Freshwater snails of Africa and their medical importance*. 2ª edição. Londres, Taylor & Francis, 1994. 608 p.
- BURNETT, J. A. B.; MATTOS, S. P.; AZZOLIN, N. M. P. Intervenções da companhia de saneamento. In: FONSECA, F. O. *Olhares sobre o Lago Paranoá*. 1ª edição. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001. 425p.
- CAESB. Mapas de Balneabilidade. 2014. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov/agua/balneabilidade/mapas-de-balneabilidade>>. Acesso em 10/11/2014.
- CARVALHO, O. S. Ocorrência de um tiarídeo (Mollusca) no Lago da Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 19, n. 1, p. 57, 1986.
- CETESB. *Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo – Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem*. 2009. 43 p.
- DARRIGRAN, G. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasions*, v. 4, p. 145-156, 2002.
- DARRIGRAN, G.; C. DAMBORENEA. *Bio-invasión del mejillón dorado em el continente americano*. Universidad de La Plata. 2006. 219p.
- DUDGEON, D. The life cycle, population dynamics and productivity of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) in Hong Kong. *Journal of Zoology*, London, v. 208, p. 37-53, 1986.
- DUDGEON, D. Ecological strategies of Hong Kong Thiaridae (Gastropoda: Prosobranchia). *Malacological Review*, v. 22, p. 39-53, 1989.

- EISENBERG, R. M. The role of food in the regulation of the pond snail, *Lymnaea elodes*. *Ecology*, v. 51, n. 4, p. 680-684, 1970.
- ELKARMI, A. Z.; ISMAIL, N. S. Growth models and shell morphometrics of two populations of *Melanooides tuberculata* (Thiaridae) living in hot springs and freshwater pools. *Journal of Limnology*, v. 66, n. 2, p. 90-96, 2007.
- ESTEVEZ, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Ed. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro. 1988. 575p.
- FACON, B.; JARNE, P.; POINTIER, P.; DAVID, P. Hybridization and invasiveness in the freshwater snail *Melanooides tuberculata*: hybrid vigour is more important than increase in genetic variance. *Journal of Evolutionary Ecology*, v. 18, p. 524-535, 2005.
- FACON, B.; MACHLINE, E.; POINTIER, J. P.; DAVID, P. Variation in desiccation tolerance in freshwater snails and its consequences for invasion ability. *Biological Invasions*, v. 6, p. 283-293, 2004.
- FERNANDEZ, M.A.; THIENGO, S.C.; BOAVENTURA, M. F. Gastrópodes límnicos do Campus de Manguinhos, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 34, n. 3, p. 279-282, 2001.
- FERNANDEZ, M.A.; THIENGO, S.C.; SIMONE, L.R.L. Distribution of the introduced freshwater snail *Melanooides tuberculatus* (GASTROPODA: THIARIDAE) in Brazil. *The Nautilus*, v. 117, n. 3, p. 78-82, 2003.
- FERRANTE, J. E. T.; RANCAN, L.; NETTO, P. B. Hidrografia. In: FONSECA, F. O. *Olhares sobre o Lago Paranoá*. 1ª edição. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001, 425p.
- FRANÇA, R. S. *Estudo limnológico da Lagoa dos Tropeiros, Capitólio, MG, com ênfase na comunidade de macroinvertebrados bentônicos*. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos, 2010. 193p.
- FRANÇA, R. S.; SURIANI, A. L.; ROCHA, O. Composição das espécies de moluscos bentônicos nos reservatórios do baixo rio Tietê (São Paulo, Brasil) com uma avaliação do impacto causado pelas espécies exóticas invasoras. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 24, n. 1, p. 41-51, 2007.
- FRANÇA, V.C.; GURGEL, J.J.S.; BRAGA, R.A. Exame biológico-pesqueiro do Lago "Israel Pinheiro", Brasília, Brasil. Relatório apresentado ao Diretor da Diretoria de Fomento e Produção da DNOCS, p. 35-53, 1964.
- FREITAS, J.R.; BEDÊ, L.C.; DE MARCO, P.; ROCHA, L. A.; SANTOS, M. B. L.

- Population dynamics of aquatic snails in Pampulha reservoir. *Memórias Instituto Oswaldo Cruz*, v. 82, p. 299-305, 1987.
- GIOVANELLI, A.; SILVA, C. L. P.A. C.; LEAL, G. B. E.; BAPTISTA, D. F. Habitat preference of freshwater snails in relation to environmental factors and the presence of the competitor snail *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774). *Memórias Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 100, n. 2, p. 169-176, 2005a.
- GIOVANELLI, A.; VIEIRA, M. V.; COELHO-DA-SILVA, C. L. P. A. Interaction between the intermediate host of *Schistosomiasis* in Brazil, *Biomphalaria glabrata* (Planorbidae) and a possible competitor *Melanoides tuberculata* (Thiaridae): I. Laboratory Experiments. *Memórias Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 97, n. 3, p. 363-369, 2002.
- GIOVANELLI, A.; VIEIRA, M. V.; COELHO-DA-SILVA, C. L. P. A. Apparent competition through facilitation between *Melanoides tuberculata* and *Biomphalaria glabrata* and the control of *Schistosomiasis*. *Memórias Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 98, n. 3, p. 429-431, 2003.
- GIOVANELLI, A.; VIEIRA, M. V.; COELHO-DA-SILVA, C. L. P. A. Interaction between the intermediate host of *Schistosomiasis* in Brazil, *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) and a possible competitor *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774): a field study. *Journal of Molluscan Studies*, v. 71, n. 1, p. 7-13, 2005b.
- GOMEZ, J. D.; VARGAS, M.; MALEK, E. A. Biological control of *Biomphalaria glabrata* by *Thiara granifera* under laboratory conditions. *Tropical Medicine and Parasitology*, v. 41, n. 1, p. 43-45, 1990.
- GUTIÉRREZ, Y.; GROSNIKLAUS, H. E.; ANNABLE, W. L. Human conjunctivitis caused by the bird parasite *Philophthalmus*. *American Journal of Ophthalmology*, v. 104, p. 417-419, 1987.
- HARASEWYCH, M. G. Trauma induced, in utero hypertrophy in *Melanoides tuberculata*. *Journal of Molluscan Studies*, v. 64, p. 404-405, 1998.
- HAVEL, J. E.; LEE, C. E.; ZANDEN, M. J. V. Do reservoirs facilitate invasions into landscapes?. *BioScience*, v. 55, n. 6, p. 518-525, 2005.
- HAVEL, J. E.; MABEE, W. R.; JONES, J. R. Invasion of the exotic cladoceran *Daphnia lumholtzi* into North American reservoirs. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 52, p. 151- 160, 1995.

- HOUBRICK, R. S. *Anatomy, reproductive biology, and phylogeny of the Planaxidae (Cerithiacea: Prosobranchia)*. Washington, D.C.: Smithsonian Contributions to Zoology, n. 445, 1987, 57 p.
- ISMAIL, N.S.; ARIF, A. M. S. Population dynamics of *Melanoides tuberculata* (Thiaridae) snails in a desert spring, United Arab Emirates and infection with larval trematodes. *Hydrobiologia*, v. 257, p. 57-64, 1993.
- ITUARTE, C. F. Primera noticia acerca de la introducción de Pelecípodos asiáticos en el área rio-platense (Mollusca Corbiculidae). *Neotropica*, v. 27, p. 79-82, 1981.
- JACOB, J. Cytological studies of Melaniidae (Mollusca) with special reference to parthenogenesis and polyploidy. II. A study of meiosis in the rare males of the polyploid race of *Melanoides tuberculatus* and *Melanoides lineatus*. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, v. 63, p. 433-444, 1958.
- JHAYYA, T. J.; COLOMA, M. A.; PÉREZ, M.; MONTAÑO, D. Paragonimíase pulmonar e pleural: relato de dois casos. *Jornal de Pneumologia*, vol. 26, n. 2, p. 103-106, 2000.
- JOHNSON, S. G. Spontaneous and hybrid origins of parthenogenesis in *Campeloma decisum* (freshwater prosobranch snail). *Heredity*, v. 68, p. 253-261, 1992.
- JÚNIOR, A. M.; SINOTI, M. L.; SARAIVA, R. C. F. A Obra da Barragem. In: FONSECA, F. O. *Olhares sobre o Lago Paranoá*. 1ª edição. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001, 425p.
- KARATAYEV, A. Y.; BURLAKOVA, L. E.; KARATAYEV, V. A.; PADILLA, D. K. Introduction, distribution, spread and impacts of exotic freshwater gastropods in Texas. *Hydrobiologia*, v. 619, p. 181-194, 2009.
- KEISER, J.; UTZINGER, J. Emerging foodborne trematodiasis. *Emerging Infectious Diseases*, v. 11, p. 1507-1514, 2005.
- KOCK, K. N.; WOLMARANS, C. T. Distribution and habitats of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774), and *M. victoriae* (Dohrn, 1865) (Mollusca: Prosobranchia: Thiaridae) in South Africa. *Water S/A* (online), v. 35, n. 5, p. 713-720, 2009.
- LAMONTE-ARGUMEDO, R.; DIAZ-CAMACHO, S. P.; NAWA, Y. The first human case in Mexico of conjunctivitis caused by an avian parasite *Philophthalmus lacrimosus*. *Journal of Parasitology*, v. 89, p. 183-185, 2003.

- LEMOS, A. C. M.; COELHO, J. C.; MATOS, E. D.; MONTAL, G.; AGUIAR, F.; BADARÓ, R. Paragonimiasis: first case reported in Brazil. *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, v. 11, p. 153-156, 2007.
- LIVSHITS, G. Genetic similarity and diversity of parthenogenetic and bisexual populations of the freshwater snail *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Prosobranchia). *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 23, p. 41-54, 1984.
- MACAN, T.T. Factors that limit the range of freshwater animals. *Biological Review* v. 36, p. 151-198, 1961.
- MADSEN, H. Food selection by freshwater snails in the Gezira irrigation canals, Sudan. *Hydrobiologia*, v. 228, p. 203-217, 1992.
- MADSEN, H.; FRADSEN, F. The spread of freshwater snails including those of medical and veterinary importance. *Acta tropica*, v. 46, p. 203-217, 1989.
- MAIA, P. D.; BOAVENTURA, G. R.; PIRES, A. C. B. Distribuição espacial de elementos-traço em sedimentos do Lago Paranoá, DF, Brasil. *Geochimica brasiliensis*, v. 20, n. 2, p. 158-174, 2006.
- MAIOR, G. S.; CHIARINI, H.; NETTO, P. B.; MORETTI, W. Tempos pioneiros. In: FONSECA, F. O. *Olhares sobre o Lago Paranoá*. 1ª edição. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001, 425p.
- MARTINS-SILVA, M. J.; BARROS, M. Occurrence and distribution of freshwater molluscs in the Riacho Fundo Creek Basin, Brasília, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, v. 49, n. 3, p. 865-870, 2001.
- MARTINS-SILVA, M. J.; ROCHA, F. M.; CESAR, F. B.; OLIVEIRA, B. A. Comunidade bentônica. In: FONSECA, F. O. *Olhares sobre o Lago Paranoá*. 1ª edição. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001, 425p.
- MCKILLUP, S. C.; BUTLER, A. J. Modification of Egg Production and Packaging in Response to Food Availability by *Nassarius pauperatus*. *Oecologia*, v. 43, p. 221-231, 1979.
- MENEZES, P. H. B. J. *Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na Bacia do Lago Paranoá*. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 2010. 117p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Espécies Exóticas Invasoras: Situação Brasileira*. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília. 2006. 24p.

- MITCHELL, A. J.; OVERSTREET, R. M.; GOODWIN, A. E. BRANDT, T. M. Spread of an exotic fish-gill trematode: a far-reaching and complex problem. *Faculty Publications from the Harold W. Manter Laboratory of Parasitology*, v. 30, n. 8, p. 10-16, 2005.
- MIYAHIRA, I. C. *Dinâmica populacional de Melanoides tuberculatus (Müller, 1774) em um riacho impactado da Vila do Abraão, Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brasil*. Dissertação de mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2010. 110p.
- MOLOZZI, J.; FRANÇA, J. S.; ARAUJO, T. L. A.; VIANA, T. H.; HUGHES, R. M.; CALLISTO, M. Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. *Iheringia*, v. 101, n. 3, p. 191-199, 2011.
- MONTEIRO, W.; DIAS, M. L. F. Distribuição de moluscos pulmonados aquáticos e identificação dos planorbídeos da Bacia do Lago Paranoá, Brasília (Mollusca: Gastropoda). *Revista Brasileira de Biologia*, v. 40, p. 67-74, 1980.
- MOREIRA, R. C. A.; BOAVENTURA, G. R. Referência geoquímica regional para a interpretação de concentrações de elementos químicos dos sedimentos da bacia do Lago Paranoá – DF. *Química Nova*, v. 26, n. 6, p. 812-820, 2003.
- MORENO, P.; CALLISTO, M. Benthic macroinvertebrates in the watershed of a urban reservoir in the southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, v. 560, p. 311-321, 2006.
- MORGAN, J. A. T.; DEJONG, R. J.; SNYDER, S. D.; MKOJI, G. M.; LOKER, E. S. *Schistosoma mansoni* and *Biomphalaria*: past history and future trends. *Parasitology*, v. 123, p. 221-228, 2001.
- MULEY, E.V. Embriology and development of a freshwater prosobranch, *Melania scabra*. *Hydrobiologia*, v. 58, p. 89-92, 1978.
- NDIFON, G. T.; UKOLI, F. M. A. Ecology of freshwater snails in south-western Nigeria. *Hydrobiologia*, v. 171, p. 231-253, 1989.

- NETO, R. M.; ZENI, T. O.; LUDWIG, S.; HORODESKY, A.; GIROTTO, M. V.F.; CASTILHO-WESTPHAL, G. G.; OSTRENSKY, A. Influence of environmental variables on the growth and reproductive cycle of *Crassostrea* (Mollusca, Bivalvia) in Guaratuba Bay, Brazil. *Invertebrate Reproduction & Development*, v. 57, n. 3, p. 208-218, 2013.
- NETTO, P. B. Sustentabilidade Ameaçada. In: FONSECA, F. O. *Olhares sobre o Lago Paranoá*. 1ª edição. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001, 425p.
- PADOVESI-FONSECA, C.; PHILOMENO, M. G.; ANDREONI-BATISTA, C. Limnological features after a flushing event in Paranoá Reservoir, central Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 21, n. 3, p. 277-285, 2009.
- PAULA-ANDRADE, C.; PINTO, H.A.; COSCARELLI D.; VIDIGAL, T.H.D.A.; MELO, AL. The natural infection of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Mollusca: Gastropoda) by *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Platyhelminthes: Trematoda) in Paranoá lake, Brasília, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, n. 2, p. 419-420, 2012.
- PEREIRA, L. P. *Avaliação econômica do uso do Lago Paranoá para atividades recreacionais*. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 2006. 181p.
- PEREZ, J. G.; VARGAS, M.; MALEK, E. A. Displacement of *Biompahalaria glabrata* by *Thiara granifera* under natural conditions in the Dominican Republic. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 86, n. 3, p. 341-347, 1991.
- PERONI, N.; HERNÁNDEZ, M. I. M. *Ecologia de Populações e Comunidades*. 1ª edição. Florianópolis: CCB/EAD/UFSC, 2011. 123 pp.
- PESO, J. G.; PÉREZ, D. C.; VOGLE, R. E. The invasive snail *Melanoides tuberculata* in Argentina and Paraguay. *Limnologica*, v. 41, p. 281-284, 2011.
- PESO, J. G.; VOGLE, R. E.; PIVIDORI, N. D. Primer registro del gasterópodo invasor *Melanoides tuberculata* (Gastropoda, Thiaridae) em el Río Uruguay (Argentina-Brasil). *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay*, v. 9, n. 93, p. 231-236, 2010.
- PIMENTEL, D.; ZUNINGA, R., MORRISON, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, v. 52, p. 273-288, 2005.
- PINTO, H. A. *Infecção natural de Melanoides tuberculata (Mollusca: Thiaridae) por Centrocestus formosanus (Trematoda: Heterophyidae) e por Philophthalmus*

- gralli* (Trematoda: Philophthalmidae) no Brasil. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, 2009. 99 p.
- PINTO, H. A.; MELO, A. L. *Melanoides tuberculata* (MOLLUSCA: THIARIDAE) as an intermediate host of *Centrocestus formosanus* (TREMATODA: HETEROPHYIDAE) in Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v. 52, n. 4, p. 207-210, 2010a.
- PINTO, H. A.; MELO, A. L. *Melanoides tuberculata* as an intermediate host of *Philophthalmus gralli* in Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v. 52, n. 6, p. 323-327, 2010b.
- PINTO, M. A. T.; CAVALCANTI, C. G. B. Uso e ocupação do solo e a qualidade das águas. In: FONSECA, F. O. *Olhares sobre o Lago Paranoá*. 1ª edição. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001, 425p.
- PINTO, M. C. F. *Medição in loco: temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido*. CPRM, 2007. 44p.
- POINTIER, J. P. Comparison between two biological control trials of *Biomphalaria glabrata* in a pond in Guadeloupe, French West Indies. *Journal of Medical and Applied Malacology*, v. 1, p. 83-95, 1989.
- POINTIER, J. P. The introduction of *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) to the island of Saint Lucia (West Indies) and its role in the decline of *Biomphalaria glabrata*, the snail intermediate host of *Schistosoma mansoni*. *Acta tropica*, v. 54, p. 13-18, 1993.
- POINTIER, J. P.; AUGUSTIN, D. Biological control and invading freshwater snails. A case study. *Life Sciences*, v. 322, p. 1093-1098, 1999.
- POINTIER, J. P.; MCCULLOUGH, F. Biological control of the snail host of *Schistosoma mansoni* in the Caribbean area using *Thiara* spp. *Acta tropica*, v. 46, p. 147-155, 1989.
- POINTIER, J. P.; THÉRON, A.; BOREL, G. Ecology of the introduced snail *Melanoides tuberculata* (Gastropoda: Thiaridae) in relation to *Biomphalaria glabrata* in the marshy forest zone of Guadeloupe, French West Indies. *Journal of Molluscan Studies*, v. 59, p. 421-428, 1993.
- RAMOS, A. E.; NÓBREGA, M. G. G.; CARDOSO, E. S. Col: FONSECA, F. O.; NETTO, P.B.; OLIVEIRA, M. M. G.; SANTOS, R.M.S.B. Vegetação, flora e unidades de conservação na bacia do Lago Paranoá. In: FONSECA, F. O. *Olhares*



- sobre o Lago Paranoá. 1ª edição. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001, 425p.
- RAMOS, R. C. *Estudo da composição taxonômica e da densidade de macroinvertebrados bentônicos no sistema de lagoas naturais do Vale do Médio Rio Doce (MG), com ênfase na espécie de molusco exótica *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774)*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2008. 146 p.
- RIBEIRO, M. C. L. B.; STARLING, F. L. R. M.; WALTER, T.; FARAH, E. M. *Peixes In: FONSECA, F. O. Olhares sobre o Lago Paranoá*. 1ª edição. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001, 425p.
- RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. 6ª edição. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2010. 570 p.
- ROCHA-MIRANDA, F.; M.J. MARTINS-SILVA. First Record of the invasive snail *Melanoides tuberculatus* (Gastropoda: Prosobranchia: Thiariidae) in the Paranã River Basin, GO, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, n. 4, p. 1109-1115, 2006.
- SAMADI, S.; ARTIGUEBIELLE, E.; ESTOUP, A.; POINTIER, J. P.; SILVAIN, F.; HELLER, J.; CARIOU, M. L.; JARNE, P. Density and variability of dinucleotide microsatellites in the parthenogenetic polyploidy snail *Melanoides tuberculata*. *Molecular Ecology*, v. 7, p. 1233-1236, 1998.
- SAMADI, S.; MAVÁREZ, J.; POINTIER, J.P.; DELAY, B.; JARNE, P. Microsatellite and morphological analysis of population structure in the parthenogenetic freshwater snail *Melanoides tuberculata*: insights into the creation of clonal variability. *Molecular Ecology*, v. 8, p. 1141-1153, 1999.
- SANTOS, S. B.; MIYAHIRA, I. C.; LACERDA, L. E. M. First record of *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) and *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) on Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil. *Biota Neotropica*, v.7, n.3, p. 361-364 2007.
- SANTOS, C. M.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. The introduced snail *Melanoides tuberculatus* (Muller, 1774) (Mollusca: Thiariidae) in aquatic ecosystems of the Brazilian Semiarid Northeast (Piranhas-Assu River basin, State of Rio Grande do Norte). *Brazilian Journal of Biology*, v.70, n. 1, p. 1-7, 2010.
- SASKA, C.; ROCHA, O. Avaliação de potenciais predadores de *Melanoides tuberculata* MÜLLER (1774), (Gastropoda, Thiariidae) em experimentos laboratoriais. In: Odete Rocha; Evaldo Luís Gaeta Espíndola; Nelsy Fenerich-

- Verani; José Roberto Verani; Arnola Cecília Rietzler. (Org.). *Espécies invasoras em águas doces: Estudos de caso e propostas de manejo*. São Carlos/SP: Editora Universidade Federal de São Carlos, v. 1, p. 357-380, 2005.
- SCHOLZ, T.; SALGADO-MALDONADO, G. The introduction and dispersal of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: a review. *American Midland Naturalist*, v. 143, n. 1, p. 185-200, 2000.
- SILVA, E.C.; BARROS, F. Macrofauna bentônica introduzida no Brasil: lista de espécies marinhas e dulcícolas e distribuição atual. *Oecologia Australis*, v. 15, n. 2, p. 326-344, 2011.
- SILVA, E.C.; MOLOZZI, J., CALLISTO, M. Size-mass relationships of *Melanooides tuberculatus* (Thiaridae: Gastropoda) in a eutrophic reservoir. *Zoologia*, v. 27, n. 5, p. 691-695, 2010.
- SILVA, R. E.; MELO, A. L.; PEREIRA, L. H.; FREDERICO, L. F. Levantamento malacológico da Bacia Hidrográfica do Lago Soledade, Ouro Branco (Minas Gerais, Brasil). *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v. 36, n. 5, p. 437-444, 1994.
- SOUTO, L. S.; BRITO, M. F. G.; ROSA, L.C. *Melanooides tuberculatus* (Müller, 1774): a new threat to the conservation of native aquatic species in Sergipe, Brazil. *Scientia Plena*, v. 7, n. 4, p. 1-6, 2011.
- SOUSA, R.; ANTUNES, C.; GUILHERMINO, L. Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *Annales de Limnologie, International Journal of Limnology*, v. 44, n. 2, p. 85-94, 2008.
- SOUZA, R.C.C.L; CALAZANS, S.H.; SILVA, E. P. Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. *Ciência e Cultura*, v. 61, n. 1, p. 35-41, 2008.
- SPIGHT, T. M.; EMLEN, J. Clutch sizes of two marine snails with a changing food supply. *Ecology*, v. 57, n. 6, p. 1162-1178, 1976.
- SURIANI, A. L.; FRANÇA, R. S.; ROCHA, O. A malacofauna bentônica das represas do médio Rio Tietê (São Paulo, Brasil) e uma avaliação ecológica das espécies exóticas invasoras *Melanooides tuberculata* (Müller) e *Corbicula flumínea* (Müller). *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 24, n. 1, p. 21-32, 2007.
- TANAKA, K.; WATANABE, T.; HIGUCHI, H.; MIYAMOTO, K.; YUSA, Y.; KIYONAGA, T.; KIYOTA, H.; SUZUKI, Y.; WADA, T. Density-dependent growth and reproduction of the apple snail *Pomacea canaliculata*: a density

- manipulation experiment in a paddy field. *Researches on Population Ecology*, v. 41, n. 3. p.253-262, 1999.
- THIENGO, S. Técnicas Malacológicas: coleta; remessa de exemplares vivos; fixação e dissecação. p. 255-265. In: BARBOSA, F. S. *Tópicos em Malacologia Médica*. Fiocruz, Rio de Janeiro. 1995. 314p.
- THIENGO, S. C.; BARBOSA, A. F.; COELHO, P. M.; FERNANDEZ, M. A. Moluscos exóticos com importância médica no Brasil. Brasília, I Simpósio Brasileiro sobre Espécies Exóticas Invasoras. 2005. Site online: <<http://www.mma.gov.br/invasoras>>. Acessado em 06/01/2015.
- THIENGO, S. C.; FERNANDEZ, M. A.; BOAVENTURA, M. F.; STORTTI, M. A. A survey of freshwater gastropods in the microrregião serrana of the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 93, n. 1, p. 233-234, 1998.
- THOMPSON, R. J. The relationship between food ration and reproductive effort in green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Oecologia*, v. 56, n. 1, p. 50-57, 1983.
- TOLLEY-JORDAN, L. R.; OWEN, J. M. Habitat influences snail community structure and trematode infection levels in a spring-fed river, Texas, USA. *Hydrobiologia*, v. 600, p. 29-40, 2008.
- VAZ, J.F.; TELES, H.M.S.; CORREA, M.A.; LEITE, S.P.S. Ocorrência no Brasil de *Thiara (Melanoides) tuberculata* (O.F. Müller, 1774) (Gastropoda, Prosobranchia), primeiro hospedeiro intermediário de *Clonorchissinensis*. *Revista de Saúde Pública*, v. 20, n. 4, p. 318-322, 1986.
- VÉLEZ, I. D. B.; ORTEGA, J.; HURTADO, M. I. M; SALAZAR, A. L.; ROBLEDO, S. M.; JIMENEZ, J. M.; VELÁSQUEZ, L. E. T. Epidemiology of paragonimiasis in Colombia. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 94, n. 6, p. 661-663, 2000.
- VIEIRA, E. M. X. *Aspectos estruturais da comunidade zoobentônica e os parâmetros físico-químicos do sedimento na zona litorânea no Lago Paranoá, Brasília, D. F.* Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, 1990. 115p.
- VRIJENHOEK, R. C. Parthenogenesis and natural clones. *Encyclopedia of reproduction*, v. 3, p. 695-702, 1999.
- WETZEL, R. G. *Limnology: Lake an River Ecosystems*. 3ª edição. San Diego, Academic Press, 2001, 1005p.

YUSA, Y.; WADA, T. Impact of the introduction of apple snails and their control in Japan. *Naga, the ICLARM Quarterly*, v. 22, n. 3, p. 9-13, 1999.