

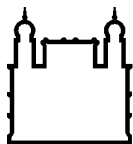
MINISTÉRIO DA SAÚDE  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde  
Mestrado Acadêmico

**MALACOFUNA LÍMNICA DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO DE  
SIMPLÍCIO QUEDA ÚNICA, RJ/MG: ASPECTOS ECOLÓGICOS E  
PARASITOLÓGICOS**

**ELIZANGELA FEITOSA DA SILVA**

Rio de Janeiro  
Junho de 2016



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

**INSTITUTO OSWALDO CRUZ**  
**Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde**

***Elizangela Feitosa da Silva***

Malacofauna límnic do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única,  
RJ/MG: aspectos ecológicos e parasitológicos

Dissertação apresentada ao Instituto  
Oswaldo Cruz como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Mestre em  
Ciências (Biodiversidade e Saúde).

**Orientadora:** Dra. Silvana Carvalho Thiengo

RIO DE JANEIRO

Junho de 2016

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Biomédicas/ ICICT / FIOCRUZ - RJ

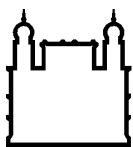
S586 Silva, Elizangela Feitosa da

Malacofauna limnica do aproveitamento hidrelétrico de Simplicio  
Queda única, RJ/MG: aspectos ecológicos e parasitológicos /  
Elizangela Feitosa da Silva. – Rio de Janeiro, 2016.  
xvi, 79 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação  
em Biodiversidade e Saúde, 2016.  
Bibliografia: f. 68-79

1. Usinas hidrelétricas. 2. Moluscos. 3. Esquistossomose. 4.  
Trematódeos. 5. Parasitos. I. Título.

CDD 616.963



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

**INSTITUTO OSWALDO CRUZ**  
**Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde**

***ELIZANGELA FEITOSA DA SILVA***

**Malacofauna límnic do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda  
Única, RJ/MG: aspectos ecológicos e parasitológicos**

**ORIENTADORA: Dra. Silvana Carvalho Thiengo**

**EXAMINADORES:**

Dra. Clélia Christina Mello Silva Almeida da Costa  
Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz (Presidente)

Dra. Solange Viana Paschoal Blanco Brandolini  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/ UFRRJ (Titular)

Dr. Cléo Dilnei de Castro Oliveira  
Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ (Titular)

Dr. Arnaldo Maldonado Junior  
Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz (Suplente)

Dra. Marta Julia Faro dos Santos Costa  
Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz (Suplente)

Rio de Janeiro, 30 de junho de 2016.

À minha mãe, Maria Feitosa, e aos meus  
tios, Ilydio Serralha e Maria Genni Alves  
Serralha, pelo carinho e apoio.

## AGRADECIMENTOS

À minha família, por compreender a minha ausência em tantos momentos ao longo desses dois anos.

Ao meu avô João (*in memoriam*), por me ensinar que todos nós somos iguais, mesmo trilhando caminhos diferentes.

À minha orientadora, Silvana Carvalho Thiengo, por ter acreditado em mim. Pela boa convivência e aprendizado nesses quase oito anos em que estou no Laboratório de Malacologia, pela orientação e por não medir esforços, para que eu conseguisse realizar todas as viagens de campo. Sou muito grata a você!

À pesquisadora Monica Ammon Fernandez, por aceitar ser a revisora da minha dissertação, pelas sugestões e dúvidas pacientemente esclarecidas, as quais efetivamente contribuíram para a otimização de minha dissertação. Obrigada pelo muito que me ajudou!

À Furnas Centrais Elétricas que, através da equipe do escritório de Além Paraíba-MG, prestou todo o auxílio durante as viagens de campo. Um agradecimento especial ao Sr. Nilson Ferreira da Silva, pela boa vontade para sempre nos acompanhar nos trabalhos de campo. Sua ajuda foi essencial.

Ao pesquisador Dr. José Augusto dos Santos, do Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental, Instituto Oswaldo Cruz, pela colaboração com a análise das amostras de água.

À Dra. Rosana Gentile, do Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Silvestres do Instituto Oswaldo Cruz, pelo valioso auxílio nas análises estatísticas.

Ao pesquisador Dr. Ricardo Guimarães, do Instituto Evandro Chagas-PA, pela elaboração dos mapas e pela gentileza de me receber em seu laboratório.

À Dra. Sonia Barbosa dos Santos e ao Dr. Luiz Eduardo Macedo de Lacerda, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pela identificação dos exemplares da família Ancyliidae.

À Aline Carvalho de Mattos, do Laboratório de Malacologia do Instituto Oswaldo Cruz, por me auxiliar na identificação dos tipos cercarianos.

Ao Fabrício Chagas Pinto, do Laboratório de Malacologia do Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz pela elaboração das pranchas.

À querida Marta Chagas Pinto, do Laboratório de Malacologia do Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz, minha dileta e animada parceira de trabalhos de campo e de bancada. Sem você, minhas viagens não teriam sido tão produtivas e divertidas. Muito obrigada por tanto!

Ao Paulo César dos Santos, Langia Montresor, Suzete Gomes, Raquel Leal, Carolina Dias, Ana Maria Ramos, Cleonice Januário, Heloisa Brandão, Aline Schilithz, Patrícia Cantanhede e Nayra Siqueira, integrantes do Laboratório de Malacologia do Instituto Oswaldo Cruz, pela agradável convivência e por contribuírem para o meu crescimento profissional.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde e convidados, pelos ensinamentos.

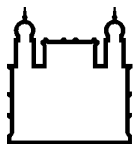
À Ecyr Affonso de Souza, pela revisão e correção do texto, e pela grande amizade.

Aos meus colegas da turma de mestrado, pelos momentos de aprendizado, alegria, tensão e incentivo mútuo. Obrigada pela amizade de vocês!

Aos motoristas Jorge Elias e Paulo César Freitas, do Instituto Oswaldo Cruz, por conduzir a nossa equipe em segurança durante as viagens ao campo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde, ao coordenador Dr. Cléber Galvão e à secretária Luciana Mara, pelo auxílio durante esses dois anos.





Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

## INSTITUTO OSWALDO CRUZ

**Malacofauna límnic do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única, RJ/MG:  
aspectos ecológicos e parasitológicos**

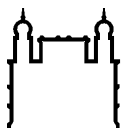
RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIODIVERSIDADE E SAÚDE

**Elizangela Feitosa da Silva**

O impacto decorrente da implantação de usinas hidrelétricas em ecossistemas naturais contribui para o estabelecimento e proliferação de espécies que podem afetar de forma negativa o ambiente, além da saúde humana e animal. Durante a fase de construção do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única (AHE Simplício Queda Única), no rio Paraíba do Sul, foi realizado um estudo da malacofauna límnic, entre julho de 2008 e julho de 2011, pela equipe do Laboratório de Malacologia do Instituto Oswaldo Cruz, que revelou a ocorrência de duas espécies transmissoras naturais de *Schistosoma mansoni*. O trabalho aqui apresentado resultou da continuidade desse estudo que visou a avaliar a malacofauna límnic e a helmintofauna associada após a instalação deste empreendimento. Para tanto, foram realizadas oito expedições bimensais entre setembro de 2014 e janeiro de 2016, sendo os moluscos coletados por busca direta (10 minutos em cada biótopo georreferenciado) e analisados os seguintes fatores abióticos: pH, condutividade, turbidez, dureza de cálcio e temperatura da água. Os dados das 303 buscas realizadas anteriormente foram analisados através da curadoria de todo o material obtido. Das 44 estações de amostragem trabalhadas no pós-enchimento (352 buscas), 21 foram avaliadas comparando os períodos de pré e pós-enchimento dos reservatórios. Foram observados 21 táxons, destacando-se três espécies transmissoras de trematódeos de importância médica (*Biomphalaria straminea*, *Biomphalaria tenagophila* e *Lymnaea columella*) e quatro exóticas (*Corbicula fluminea*, *Corbicula largillierti*, *Melanoides tuberculata* e *Physa acuta*). Planorbidae foi a família mais encontrada, representada por sete espécies, sendo observada a ampliação da área de ocorrência de *B. straminea* e *B. tenagophila* no Brasil e a diminuição da riqueza do gênero *Drepanotrema* na área do AHE Simplício Queda Única após a instalação do empreendimento. Não foram encontradas formas larvais de *Schistosoma mansoni* ou *Fasciola hepatica*, mas seis tipos cercarianos foram diagnosticados (Brevifurcate Apharingeate cercaria, Echinostome cercaria, Strigea cercaria, Ubiquita cercaria, Ornatae cercaria e Virgulate cercaria), com destaque para o primeiro por ser o responsável pela dermatite cercariana. A presença de *Pomacea* sp., gênero pertencente à segunda família mais encontrada na área, não mostrou influenciar a abundância de *B. straminea* e *B. tenagophila*. A análise dos fatores abióticos mostrou haver influência da turbidez sobre a abundância de *B. straminea* (> turbidez > abundância) e da condutividade sobre *M. tuberculata* (> condutividade < abundância). No total, serão acrescentados 450 lotes à Coleção de Moluscos do Instituto Oswaldo Cruz. A presença de espécies de importância médica, as alterações ambientais na área do AHE Simplício Queda Única e o uso dos reservatórios para atividades de lazer, apontam a necessidade do monitoramento da área do AHE Simplício Queda Única como medida de prevenção ao estabelecimento de doenças parasitárias, principalmente a esquistossomose.

**Palavras-chave:** Usinas hidrelétricas, moluscos, esquistossomose, trematódeos, parasitos



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

## INSTITUTO OSWALDO CRUZ

**Freshwater molluscs from the Hydroelectric Plant Simplício – Queda Única, RJ/MG:  
ecological and parasitological aspects**

### ABSTRACT

#### MASTER DISSERTATION IN BIODIVERSITY AND HEALTH

**Elizangela Feitosa da Silva**

The impact of the implementation of hydroelectric plants in natural ecosystems contributes to the establishment and proliferation of animal species that may negatively affect the environment, besides human and animal health. Considering the hydroelectric plant of Simplício – Queda Unica (AHE Simplício) during the period of its construction, the team of the Malacology Laboratory at the Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz performed a malacological survey between July 2008 and July 2011, which revealed the occurrence of two natural carrier species of *Schistosoma mansoni*, *Biomphalaria straminea* and *Biomphalaria tenagophila*. The present work resulted from the continuation of such studies, aiming to assess the freshwater molluscs as well as the larval parasitic trematodes after the construction of the hydroelectric power plant. In all, eight collecting trips each two months were performed from September 2014 to January 2016. Molluscs were collected with the aid of forceps, two collectors for 10 minutes at each georeferenced sampling site. Regarding the abiotic factors there were analyzed: pH, conductivity, turbidity, calcium hardness and water temperature. In all, molluscs from 303 collecting sites of the previous study were analyzed and from the period after the construction, 252 molluscs were analyzed. There were investigated 44 sampling sites after the filling of the reservoir and in 21 of them they were made comparisons with collecting sites of the previous study. In all, 21 taxa were identified, outstanding *Biomphalaria straminea*, *Biomphalaria tenagophila* and *Lymnaea columella* for their medical and veterinary importance and four exotic species: *Corbicula fluminea*, *Corbicula largillierti*, *Melanoides tuberculata* and *Physa acuta*. Planorbidae was the most found Family with seven species. The distribution range of *Biomphalaria straminea* and *B. tenagophila* was expanded in Brasil with this study and it was also observed a decrease of the richness of the genus *Drepanotrema* in the AHE Simplício Queda Unica after the filling of the reservoir. No *Schistosoma mansoni* or *Fasciola hepatica* larval forms were observed, but five different cercarial types were identified: Brevifurcate Apharingeate cercaria, Echinostome cercaria, Strigea cercaria, Ubiquita cercaria, Ornatae cercaria and virgulate cercaria. The first one causes cercarial dermatitis and deserves special attention. The occurrence of *Pomacea* sp., a genera of the second most found Family, does not influence the abundance of *B. straminea* and *B. tenagophila*. Regarding the abiotic factors turbidity showed influence over the abundance of *B. straminea* (> turbidez > abundance) as well as the conductivity over *M. tuberculata* (> conductivity < abundance). The constant occurrence of species of medical importance, the environmental changes that had taken place in the AHE Simplício Queda Unica in addition to the use of the reservoir for leisure activities indicate the need of epidemiological surveillance in the region in order to prevent new focus of parasitic diseases, specially schistosomiasis.

**Key word: Hydroelectric plants, molluscs, schistosomiasis, trematodes, parasites**

## Índice

RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
<b>1 Introdução</b>	
1.1 Usinas hidrelétricas no país e a produção de energia.....	1
1.2 Rio Paraíba do Sul e o Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única .....	4
1.3 A malacofauna límnic em áreas de empreendimentos hidrelétricos e as helmintoses a ela associadas.....	5
1.4 Justificativa .....	9
<b>2 Objetivos</b>	
2.1 Objetivo Geral .....	11
2.2 Objetivos Específicos .....	11
<b>3 Material e Métodos</b>	
3.1 Área do estudo .....	12
3.2 Coleta de moluscos .....	19
3.3 Manutenção dos moluscos no laboratório e pesquisa da helmintofauna associada .....	21
3.4 Fixação e identificação dos moluscos .....	22
3.5 Composição da malacofauna límnic e riqueza .....	23
3.6 Frequência de ocorrência .....	24
3.7 Abundância específica .....	25
3.8 Diversidade da malacofauna límnic .....	25
3.9 Relação entre os fatores abióticos e a abundância das espécies com importância médico-veterinária e das exóticas .....	26
<b>4 Resultados</b>	
4.1 Composição da malacofauna límnic e riqueza .....	28
4.2 Frequência de ocorrência .....	38

4.3	Abundância da malacofauna límnic	47
4.4	Diversidade de moluscos	49
4.5	Relação entre os fatores abióticos e a abundância das espécies de importância médico-veterinária e das exóticas	50
4.6	Helmintofauna associada aos gastrópodes límnicos	54
<b>5</b>	<b>Discussão</b>	
5.1	Malacofauna do AHE Simplício Queda Única	58
5.2	Helmintofauna associada aos gastrópodes	63
<b>6</b>	<b>Conclusões</b>	66
<b>7</b>	<b>Referências Bibliográficas</b>	68

## Lista de Figuras

Figura 1	Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício – Queda Única. A: Usina Hidrelétrica de Anta, Sapucaia/RJ; B: Usina Hidrelétrica de Simplício, Além Paraíba/MG; C: Desvio do rio Paraíba do Sul, para a construção do empreendimento, assinalando o desvio do rio Paraíba do Sul. Fotos A e B: Eletrobras/Furnas; Foto C: Pablo Coelho.....	5
Figura 2	Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única, RJ/MG. Fonte: Eletrobras/Furnas.....	12
Figura 3	Estações de amostragem na área do AHE Simplício Queda Única, investigadas no período de julho de 2008 a julho de 2011. Fase de pré-enchimento.....	13
Figura 4	Estações de amostragem na área do AHE Simplício Queda Única, investigadas no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016. Fase de pós-enchimento.....	14
Figura 5	Estações de amostragem na área de influência do AHE Simplício Queda Única, MG/RJ. Legenda: A, B, C, D (Rio Paraíba do Sul); E, F e G (reservatórios); H, I e J (córrego).....	20
Figura 6	Exemplares da malacofauna límnicamente do AHE Simplício Queda Única, entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro: <i>Lymnaea columella</i> (A), <i>Physa marmorata</i> (B), <i>Melanoides tuberculata</i> (C), <i>Biomphalaria straminea</i> (D), <i>Drepanotrema anatinum</i> (E), <i>Drepanotrema lucidum</i> (F), <i>Biomphalaria tenagophila</i> (G), <i>Drepanotrema depressissimum</i> (H), <i>Idiopyrgus</i> sp. (I), <i>Physa acuta</i> (J), <i>Ferrissia fragilis</i> (L), <i>Gundlachia ticaga</i> (M), <i>Antillorbis nordestensis</i> (N) e <i>Pomacea</i> sp. (O).....	29
Figura 7	Distribuição de seis espécies de importância para a saúde pública e ambiental na área de influência direta e indireta do AHE Simplício Queda Única nas fases de pré-enchimento (julho de 2008 a julho de 2011) e pós-enchimento (setembro de 2014 a janeiro de 2016).....	37
Figura 8	Escalonamento multidimensional da composição e abundância das espécies de moluscos nas estações de amostragem no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016.....	50
Figura 9	Helmintofauna associada aos gastrópodes da área do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única. Fase de pós-enchimento. Legenda: Brevifurcate-apharigeate cercaria (A), Echinostome cercaria (B), Ornatae cercaria (C), Strigea cercaria (D), Ubiquita cercaria (E), Virgulate cercaria (F). Escala: 0,1 mm. Fotos A a F: Acervo LABMAL .....	56

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Estações de amostragem na área de influência do AHE Simplício Queda Única, referente aos estudos realizados nos períodos de pré-enchimento e pós-enchimento .....	16
Tabela 2	Datas (mês e ano) das expedições do estudo realizado na área do AHE Simplício Queda Única.....	19
Tabela 3	Moluscos coletados no AHE Simplício Queda Única durante os períodos de pré-enchimento e pós-enchimento dos reservatórios.....	30
Tabela 4	Frequência de ocorrência (%) das espécies de gastrópodes obtidas no período de julho de 2008 a julho de 2011, durante a fase de pré-enchimento do AHE Simplício Queda Única.....	39
Tabela 5	Frequência de ocorrência (%) das espécies de gastrópodes por estação de amostragem obtidas no período de julho de 2008 a julho de 2011, durante a fase de pré-enchimento do AHE Simplício Queda Única.....	40
Tabela 6	Frequência de ocorrência (%) das espécies de gastrópodes obtidas no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016, durante a fase de pós-enchimento do AHE Simplício Queda Única.....	42
Tabela 7	Frequência de ocorrência (%) das espécies de gastrópodes por estação de amostragem obtidas no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016, durante a fase de pós-enchimento do AHE Simplício Queda Única.....	43
Tabela 8	Categorias da frequência de ocorrência de gastrópodes em 16 estações de amostragem comparadas nos períodos de pré-enchimento e pós-enchimento do AHE Simplício Queda Única.....	45
Tabela 9	Abundância relativa (%) dos gastrópodes límnicos observados nas 44 estações de amostragem do AHE Simplício Queda Única, no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016.....	47
Tabela 10	Abundância relativa (%) de gastrópodes límnicos nas oito expedições realizadas no AHE Simplício Queda Única, entre setembro de 2014 e janeiro 2016.....	49
Tabela 11	Valores mínimos (Mn), máximos (Mx) e médios (Me) dos parâmetros abióticos da água do AHE Simplício Queda Única nas estações de amostragem durante o período de setembro de 2014 a janeiro de 2016.....	51

Tabela 12	Valores da análise estatística (*Kruskal-Wallis,** ANOVA) dos fatores abióticos entre as expedições realizadas e entre estações de amostragem.....	52
Tabela 13	Resultado da análise de regressão linear múltipla para abundância das espécies <i>Biomphalaria straminea</i> , <i>Biomphalaria tenagophila</i> , <i>Lymnaea columella</i> , <i>Melanoides tuberculata</i> , <i>Physa acuta</i> e <i>Pomacea</i> sp. e os parâmetros abióticos temperatura da água, pH, condutividade e turbidez.....	52
Tabela 14	Resultado dos modelos lineares generalizados para as espécies <i>Biomphalaria straminea</i> , <i>Biomphalaria tenagophila</i> e <i>Melanoides tuberculata</i> e as variáveis abióticas que mostraram relação significativa com a abundância das espécies.....	53
Tabela 15	Tipos cercarianos obtidos em gastrópodes nas estações de amostragem do AHE Simplicio Queda Única no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016.....	55

## Lista de Gráficos

Gráfico 1	Curva de rarefação referente à riqueza de espécies coletadas nas estações de amostragem entre julho de 2008 e julho de 2011. Fase de pré-enchimento.....	36
Gráfico 2	Curva de rarefação referente à riqueza de espécies coletadas nas estações de amostragem. Entre setembro de 2014 e janeiro de 2016. Fase de pós-enchimento.....	36



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Usinas hidrelétricas no país e a produção de energia

Os reservatórios são sistemas artificiais, construídos para diversas finalidades como a produção de energia hidráulica, irrigação, transporte, recreação, abastecimento industrial e doméstico (Tundisi *et al.*, 1998, Suriani *et al.*, 2007). Na América, África e Ásia, o represamento da água contribuiu para o desenvolvimento de muitas regiões, não somente para a geração de energia, mas também para o crescimento da economia local e regional (Tundisi, 2005). Quase metade dos rios do mundo tem, pelo menos, uma grande represa e um terço dos países depende de usinas hidrelétricas para a produção de mais da metade de sua energia (Oliveira *et al.* 2006). Segundo esses autores, atualmente, existem cerca de 45.000 grandes represas, distribuídas pelo planeta, cujos maiores potenciais hidráulicos situam-se em grandes bacias como a do Amazonas, a do Congo e a do Mekong.

No Brasil, a primeira barragem foi construída no final do século XVI, onde hoje é a área urbana de Recife/PE. É atualmente conhecida como açude Apipucos, e está documentada num mapa holandês de 1577 (Mello, 2011). No entanto, o marco inicial para construção de barragens no território nacional foi a Grande Seca que atingiu a região Nordeste do país em 1887, a qual teve duração superior a três anos. Esse episódio acarretou a morte de grande contingente populacional e levou a processos de migração em massa. Tendo em vista esse acontecimento, o Imperador Dom Pedro II nomeou uma comissão para sanar o problema das secas no Nordeste e, dentre as recomendações, foram propostas as construções de estradas que ligassem o interior ao litoral, além da construção de barragens, visando ao suprimento de água e irrigação. A barragem de Cedros, localizada no Ceará e inaugurada em 1906, marcou o início das construções de grandes barragens no território brasileiro (Mello, 2011).

Nas regiões Sul e Sudeste, a implantação de barragens foi direcionada para a produção de energia elétrica. Em 1883, a usina de Ribeirão do Inferno

foi o primeiro aproveitamento hidrelétrico a movimentar uma roda d'água num desnível de cinco metros, na província de Minas Gerais, atualmente município de Diamantina. Nos anos posteriores, surgiram usinas particulares, visando a atender à demanda do crescimento econômico da época. Também em Minas Gerais, em 1889 foi construída a primeira usina destinada à geração de energia elétrica de utilidade pública, a Usina Hidroelétrica de Marmelos, situada no rio Paraibuna, na cidade de Juiz de Fora (Müller, 1995; Mello, 2011).

A partir da segunda metade do século XX, o crescimento econômico brasileiro resultou em acelerado processo de industrialização e urbanização, viabilizado, dentre outros fatores, pela grande disponibilidade de energia elétrica gerada principalmente com a construção de grandes barragens (Fernandes, 2010). Comparações entre os diferentes recursos energéticos brasileiros mostraram que, em 2000, as hidrelétricas constituíam a principal fonte de energia, seguidas pelas usinas termoeletricas (Reis *et al.* 2005). Os dados do relatório de 2012 da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016) mostraram que nos últimos anos, 81,7% da produção de energia elétrica no Brasil provém da geração hidráulica, devido principalmente às características hidrográficas favoráveis, bem como as de relevo.

No entanto, mesmo exercendo um importante papel no desenvolvimento socioeconômico dos países, a construção de represas gera impactos de dimensões variáveis, muitas vezes irreversíveis (Diegues, 2002). Dependendo da localização e da extensão do empreendimento, pode haver impactos a montante e a jusante, provocando inclusive o deslocamento de pessoas, tendo em vista que muitos reservatórios estão localizados em áreas densamente povoadas (Tundisi, 2000). Dentre outros problemas, o represamento dos rios acarreta a inundação de áreas; perda de monumentos históricos e naturais, perda de solos férteis; alterações na hidrologia dos rios, mudanças na fauna e na flora, deterioração da qualidade da água e problemas sanitários (Diegues, 2002).

De acordo com Müller (1995), o conhecimento acerca dos recursos energéticos é fundamental para o planejamento do Brasil. Contudo, tão importante quanto conhecer a disponibilidade e a forma mais adequada de utilização desses recursos, é também ter ferramentas que possibilitem a proteção dos ecossistemas e que diminuam o impacto sobre as populações.

De acordo com Müller (1995) e Fernandez (2011), até a década de 1970, os estudos realizados nas áreas de influência eram limitados ao campo da engenharia dos empreendimentos, sendo escassos aqueles voltados à compreensão dos efeitos físicos (erosão, evaporação e qualidade da água) e/ou biológicos (eutrofização, desflorestamento e piscicultura). A primeira inserção ambiental no setor elétrico foi devida à preocupação com a migração dos peixes ao longo dos rios represados, o que desencadeou o surgimento das primeiras estações de piscicultura e hidrobiologia (Müller, 1995). A partir de 1986, com a criação do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e através da resolução nº 001/1986 deste órgão, os critérios básicos e as diretrizes para avaliação das consequências ambientais tornaram-se obrigatórias (Diegues, 2002; Mello, 2011), com o objetivo de preservar os ecossistemas afetados pela formação de lagos artificiais.

Vários são os impactos decorrentes da construção de um reservatório, os quais podem ocorrer antes e após a construção da barragem. Antes do represamento, há o desmatamento, o desvio do rio, a retirada da vegetação, a captura e a translocação da fauna silvestre, além da remoção da população local de áreas que serão inundadas. Durante o enchimento e após o início da operação da usina, diversas alterações físico-químicas e biológicas ocorrem, devido à mudança do fluxo de água e da decomposição da vegetação, localizada onde houve a inundação (Lopes *et al.*, 2004). Entretanto, apesar de existir no Brasil, uma das legislações ambientais mais completas do mundo, a execução muitas vezes não é satisfatória, pois a própria compreensão dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) dá-se de maneira diferente entre os governos estaduais, gestores e a população, além de os dados desses estudos serem pouco divulgados, apesar de serem obrigatoriamente públicos (Sevá Filho, 2006). A discrepância entre as diretrizes que regem os estudos dos impactos e a prática da legislação mostram as dificuldades de avaliação das consequências desses empreendimentos sobre o meio ambiente.

## 1.2 Rio Paraíba do Sul e o Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul localiza-se na macrorregião do Atlântico Leste, região Sudeste do Brasil, e ocupa uma área de 62.074 km<sup>2</sup>, englobando os estados de Minas Gerais (20.713 km<sup>2</sup>), Rio de Janeiro (26.851 km<sup>2</sup>) e São Paulo (14.510 km<sup>2</sup>), abrangendo 184 municípios (88 em Minas Gerais, 57 no Rio de Janeiro e 39 em São Paulo), os quais são habitados por cerca de cinco milhões de pessoas (CEIVAP, 2016). Essa bacia pertence a uma das regiões economicamente mais importantes do Brasil, onde são desenvolvidas atividades de indústrias, pecuária, agricultura e mineração. A atividade pecuária é representada pela criação de gado de leite; a agricultura destaca-se pelo plantio de cana-de-açúcar e de café. Para atender à demanda da construção civil, a atividade de mineração na região capta, principalmente, areia dos rios, além de argila, pedra britada e saibro (Avellar, 2014).

A bacia situa-se em região de Mata Atlântica e, por suas diferenças topográficas e geológicas, está dividida em quatro seguimentos: Paraíba de montanha (curso superior); Paraíba – curso médio e montante (curso médio superior); Paraíba – curso médio a jusante (curso médio inferior) e Paraíba curso final (curso inferior) (Avellar, 2014). O rio Paraíba do Sul origina-se no estado de São Paulo, a partir da confluência dos rios Paraibuna e Paraitinga e deságua no Oceano Atlântico, no município de São João da Barra, no estado do Rio de Janeiro. Seus principais afluentes são os rios Jaguari, Paraibuna, Pirapetinga, Pomba e Muriaé, pela margem esquerda, e Uma, Bananal, Piraí, Piabanha e Dois Rios, pela margem direita.

A área do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única (Figura 1) situa-se no curso médio inferior da bacia do rio Paraíba do Sul e possui estruturas e reservatórios distribuídos nos municípios de Três Rios e Sapucaia, no Estado do Rio de Janeiro, além dos municípios de Chiador e Além Paraíba, no Estado de Minas Gerais. O arranjo geral do aproveitamento é composto pelas Usinas de Anta (S22°02'00" e O45°00'00") e de Simplício (S21°55'16" e O42°47'25"), com uma potência instalada de 333,7 MW. O barramento principal foi implantado no rio Paraíba do Sul no distrito de Anta (RJ), o qual

pertence ao município de Sapucaia. A partir deste barramento, foi criado um circuito hidráulico interligado por cinco reservatórios (Tocaia, Louriçal, Calçado, Antonina e Peixe), formados por diques em vales localizados à margem esquerda do leito original. A interligação dos reservatórios foi feita através de um sistema de túneis e canais, aproveitado de um desnível natural de 115 metros. A instalação do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício – Queda Única, que tem como meta atender ao eixo Sul-Sudeste do Brasil (Sousa, 2000), iniciou a geração de energia em junho de 2013 (Furnas, 2016).



Figura 1. Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício-Queda Única. A: Usina Hidrelétrica de Anta, Sapucaia/RJ; B: Usina Hidrelétrica de Simplício, Além Paraíba/MG; C: Desvio do rio Paraíba do Sul, para a construção do empreendimento, assinalando o desvio do rio Paraíba do Sul. Fotos A e B: Eletrobras/Furnas; Foto C: Pablo Coelho.

### **1.3 A malacofauna límnic em áreas de empreendimentos hidrelétricos e as helmintoses a ela associadas**

O filo Mollusca é o segundo grupo mais diverso, depois do filo Arthropoda, com cerca de 118.061 espécies (Zhang, 2013). No Brasil, apesar da riqueza da biodiversidade da malacofauna límnic e terrestre, poucos são os levantamentos realizados, havendo muito ainda o que ser feito nas

diferentes regiões do país. Da mesma forma, são escassos os estudos sobre a malacofauna existente nos ambientes impactados que envolvem, entre outros, a sucessão de espécies, a frequência de ocorrência, a riqueza e a similaridade da fauna malacológica nos inúmeros ecotópos criados após o represamento de rios. Em geral, os estudos restringem-se a observações únicas ou em períodos restritos (Brandimarte *et al.*, 1999). Ainda, segundo estes autores, os estudos mais abrangentes sobre a comunidade bentônica referem-se a grupos como nematódeos, anelídeos, dípteros e quironomídeos. De acordo com Fernandez (2011), os poucos estudos sobre os moluscos presentes nos ambientes impactados por usinas hidrelétricas citam, em geral, gastrópodes e bivalves, sem determinar as espécies, que são fundamentais ao conhecimento dos transmissores de parasitos, espécies exóticas, espécies competidoras e a biodiversidade.

Diante desta demanda, estudos sobre a malacofauna límnic em áreas de usinas hidrelétricas (UHE) vêm sendo realizados desde 1997 pela equipe do Laboratório de Malacologia do Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz na região Norte (UHE Peixe-Angical e UHE São Salvador) (Boaventura *et al.*, 2002, Thiengo *et al.*, 2005, Fernandez, 2011, Fernandez *et al.* 2013), Centro-Oeste (APM Manso, UHE Cana Brava, UHE Serra da Mesa) (Fernandez e Thiengo, 2011, Buchmann *et al.* 2013, Fernandez *et al.* 2013, Thiengo *et al.*, 2013, Buchmann, 2014, Fernandez *et al.* 2014) e Sudeste (AHE Simplício Queda Única) (Silva *et al.* 2015, Silva *et al.* 2016).

As doenças mais comumente relacionadas aos reservatórios formados pelas usinas hidrelétricas são as de veiculação hídrica, como a esquistossomose, a malária e a febre amarela pois as alterações ambientais propiciam o desenvolvimento de insetos e de moluscos transmissores de parasitos, além de, conseqüentemente, alterarem a dinâmica da transmissão de doenças endêmicas (Diegues, 2002; Oliveira *et al.*, 2006). As migrações humanas, ocasionadas pelo estabelecimento das barragens, contribuem tanto para a dispersão de doenças existentes nas regiões de origem dos migrantes, quanto para o aumento da incidência de doenças já existentes nas áreas que recebem a população, o que altera o perfil epidemiológico da área impactada (Bulcão, 1994). A introdução de novos parasitos ou transmissores de doenças, eventualmente mais adaptados à nova condição ecológica criada, é uma

questão bastante relevante, pois em condições naturais, esses organismos distribuem-se em comunidades estáveis e equilibradas (Lopes *et al.*, 2004).

Um dos efeitos mais observados em áreas impactadas por usinas hidrelétricas é o aumento da prevalência da esquistossomose (Southgate *et al.*, 2001). Em muitas represas em países como Egito, Mali e China houve um aumento no número de pessoas infectadas, segundo Oliveira *et al.* (2006). Ainda segundo os autores, as atividades como pesca e lazer aquático, associadas à falta de saneamento, favorecem a infecção humana e mantêm o ciclo do parasito. É importante ressaltar que, dentre as parasitoses que afetam o homem, a esquistossomose é a segunda mais disseminada no mundo, depois da malária. Dados da Organização Mundial da Saúde apontam que cerca de 240 milhões de pessoas são afetadas pela doença e aproximadamente 700 milhões de habitantes são vulneráveis por viverem em áreas de risco. A esquistossomose mansônica – endêmica em 54 países – nos países em desenvolvimento, representa um dos principais riscos à saúde da população de áreas rurais e da periferia das cidades (BRASIL, 2014).

Esta parasitose é considerada um dos maiores problemas de saúde pública nas regiões tropicais e subtropicais, e as áreas endêmicas da esquistossomose mais relevantes no Brasil compreendem uma faixa que abrange as regiões orientais do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco (Zonas do Litoral e Mata, do Agreste e do Brejo), a quase totalidade dos estados de Alagoas e Sergipe, grande parte da Bahia e de Minas Gerais e a Zona Serrana do Espírito Santo. Focos isolados foram assinalados nos estados do Pará, Maranhão, Ceará, Mato Grosso, Goiás, Piauí, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Passos e Amaral 1998; Carvalho *et al.* 2008).

A esquistossomose é causada pelo trematódeo *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907, o qual parasita o sistema porta-hepático e as veias mesentéricas do homem e de outros animais. O homem se infecta banhando-se ou utilizando água onde existe o molusco infectado, que libera cercárias de *S. mansoni* capazes de penetrar ativamente através da pele. Os ovos do parasito são liberados com as fezes humanas ou de outros animais parasitados e, após dias na água, eclode o miracídio, que penetra ativamente no molusco, infectando-o (Fernandez e Thiengo, 2008; Lambertucci e Voieta, 2013). No

Brasil, a esquistossomose mansônica é transmitida por três espécies de moluscos de água doce: *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818), *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) e *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848).

Outra helmintose importante associada a moluscos límnicos é a fasciolose, uma zoonose que tem como vetores moluscos pulmonados do gênero *Lymnaea* e está expandindo-se pelo Brasil, com ocorrências descritas para as regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (Dracz e Lima, 2014). No Brasil, *Lymnaea columella* Say, 1817 e *Lymnaea viatrix* d'Orbigny, 1835 atuam como hospedeiros intermediários e os hospedeiros definitivos são bovinos, caprinos, equinos e, acidentalmente, o homem (Pile *et al.*, 2001). Essa parasitose possui interesse principalmente veterinário, pois a infecção dos animais pelo parasito desencadeia a perda de peso dos rebanhos, a diminuição da produção de carne e de leite, ocasionando prejuízo econômico (Lessa *et al.*, 2007; Carneiro *et al.*, 2010). A importância médica deve-se aos casos humanos relatados em Cuba, Argentina, Chile, Uruguai, Venezuela, Costa Rica, Porto Rico e México. No Brasil, há relatos nos estados do Amazonas, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, bem como em Brasília (Graeff-Teixeira, 2013).

Além dessas espécies límnicas, moluscos das famílias Ampullariidae e Thiaridae também podem ser hospedeiros intermediários de parasitos de importância médica. Recentemente, Pinto e Melo (2010) relataram o encontro na lagoa da Pampulha, em Belo Horizonte, MG, de exemplares de *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) naturalmente infectados por cercárias do trematódeo *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924). Este molusco de origem afro-asiática foi introduzido no Brasil no final da década de 1960 (Vaz *et al.*, 1986), e tem sido encontrado em diversos estados brasileiros (Fernandez *et al.*, 2003; Thiengo *et al.*, 2007). Além da centrocestíase, outras duas helmintoses, endêmicas da Ásia e com focos em alguns países da América do Sul, a clonorquíase e a paragonimíase, podem ser transmitidas por este molusco, embora ainda não haja registros autóctones no Brasil (Thiengo, 2007). Também foi citada na literatura a utilização de *M. tuberculata* em programa de controle das espécies que atuam como hospedeiros intermediários do *S. mansoni*. (Guimarães *et al.*, 2001; Giovanelli *et al.*, 2005).



Além das parasitoses já citadas, merece destaque a dermatite cercariana, causada pela penetração na pele por cercárias de esquistossomatídeos parasitos de aves e atualmente considerada uma doença emergente (Horák e Kolárová, 2011). Embora não haja relatos de casos no Brasil, algumas espécies de aves e de moluscos amplamente distribuídos no país já foram encontradas parasitadas por esses trematódeos (Mattos *et al.*, 2013; Pinto *et al.*, 2012). As áreas de reservatórios onde há locais para lazer, como o banho e a pesca, por exemplo, atraem não somente a população local como também turistas, daí o favorecimento do contato das pessoas com moluscos infectados por trematódeos.

Considerando os nematódeos, Thiengo *et al.* (2010) registraram pela primeira vez o ampularídeo *Pomacea lineata* (Spix in Martius, 1827) atuando na transmissão do nematódeo *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935). Este parasito, endêmico do sudeste asiático e de ilhas do Pacífico foi registrado pela primeira vez no Brasil por Caldeira *et al.* (2007) no estado do Espírito Santo e causa no homem a meningite eosinofílica, zoonose considerada emergente no país. Seu ciclo biológico ocorre entre diversas espécies de moluscos e roedores, sendo o homem um hospedeiro acidental (Morassutti *et al.*, 2014).

## 1.4 Justificativa

As inúmeras alterações nos biomas, decorrentes da implantação de hidrelétricas, (seja sobre a biodiversidade, a transmissão de parasitoses e a ecologia das espécies), demonstram a importância das pesquisas nessa área.

A equipe do LABMAL/IOC realizou o levantamento da malacofauna límnic durante o período de 2008 a 2011, que compreendeu a fase de pré-enchimento do reservatório do AHE Simplício Queda Única. Segundo já informado, o registro da ocorrência de duas espécies transmissoras da esquistossomose nessa área, *B. straminea* e *B. tenagophila*, associada ao estreito contato da população local e de turistas, atraídos pelas atividades de lazer, proporcionadas pelo reservatório formado, tornaram pertinentes os

estudos sobre a malacofauna e helmintofauna associada, após o início da operação da usina (pós-enchimento).

Poucos são os estudos dedicados ao conhecimento da malacofauna e da helmintofauna associada em áreas impactadas por grandes projetos hídricos no país, o que justifica e confere inequívoca relevância à realização do presente estudo. Os dados referentes ao período de pós-enchimento, associados às informações do período de pré-enchimento da usina, principalmente em relação aos moluscos transmissores e/ou exóticos, permitirão: avaliar se houve alterações da malacofauna límnic na área de influência do AHE Simplício Queda Única; fornecer subsídios ao conhecimento da transmissão de helmintoses de importância médico-veterinária na região, principalmente a esquistossomose e a fasciolose, além de contribuir para o conhecimento de nossa biodiversidade.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Produzir informações taxonômicas, ecológicas e parasitológicas sobre a malacofauna límnic na área do AHE Simplício Queda Única no rio Paraíba do Sul, com ênfase nos transmissores da esquistossomose e da fasciolose.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Registrar a abundância relativa e a frequência de ocorrência dos gastrópodes límnicos no AHE Simplício Queda Única, após o início da operação da usina (pós-enchimento);
- ✓ Comparar a ocorrência e a distribuição atuais dos moluscos transmissores das esquistossomose e da fasciolose, além da comparação das espécies exóticas na área do AHE Simplício Queda Única com os dados obtidos durante a fase de pré-enchimento;
- ✓ Verificar a ocorrência de trematódeos associados aos gastrópodes;
- ✓ Correlacionar alguns parâmetros físico-químicos da água (amônia, condutividade, dureza de cálcio, pH, temperatura da água e turbidez) com a abundância dos moluscos de interesse médico e veterinário, tanto nativos, quanto exóticos;
- ✓ Apontar as áreas vulneráveis ao estabelecimento de foco de transmissão da esquistossomose no AHE Simplício Queda Única.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área do estudo

Na fase de pré-enchimento, foram estabelecidas 56 estações de amostragem georreferenciadas no rio Paraíba do Sul e nos municípios da área de influência do empreendimento AHE Simplício Queda Única (Figuras 2 e 3).

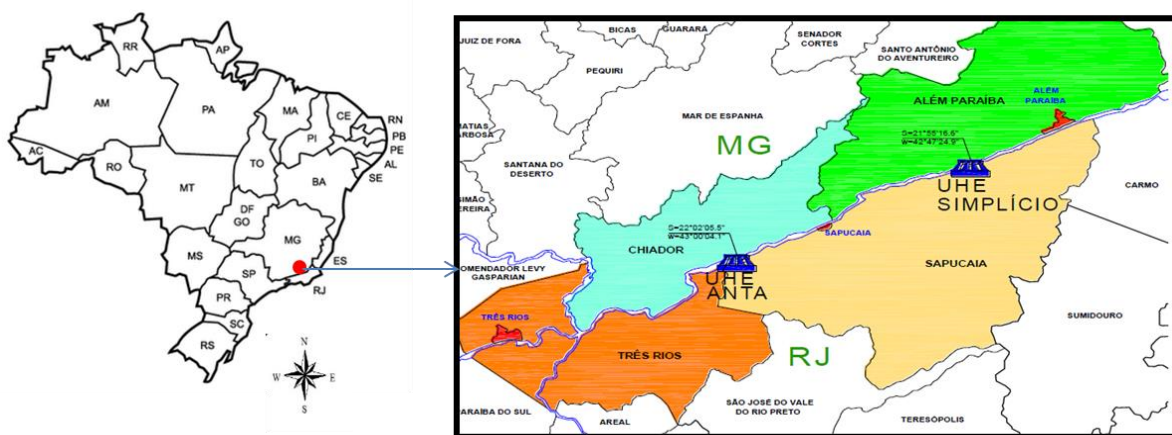


Figura 2. Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única, RJ/MG. Fonte: Eletrobras/Furnas

Para a pesquisa de moluscos límnicos na fase de pós-enchimento, foram georreferenciadas 44 estações de amostragem nos reservatórios, formados no rio Paraíba do Sul e nos municípios do entorno (Tabela 1 e Figura 4).

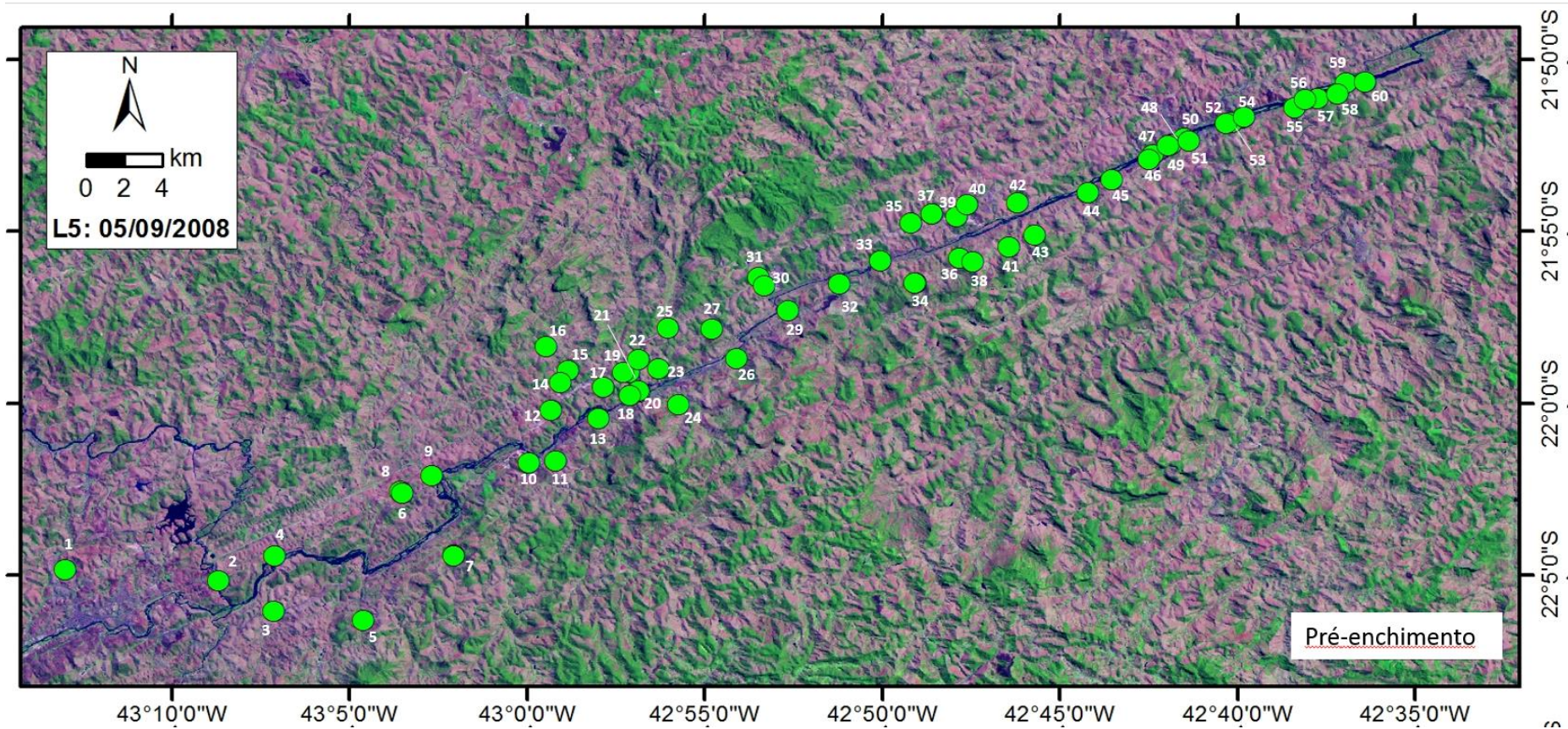


Figura 3. Estações de amostragem na área do AHE Simplício Queda Única, investigadas no período de julho de 2008 a julho de 2011. Fase de pré-enchimento.

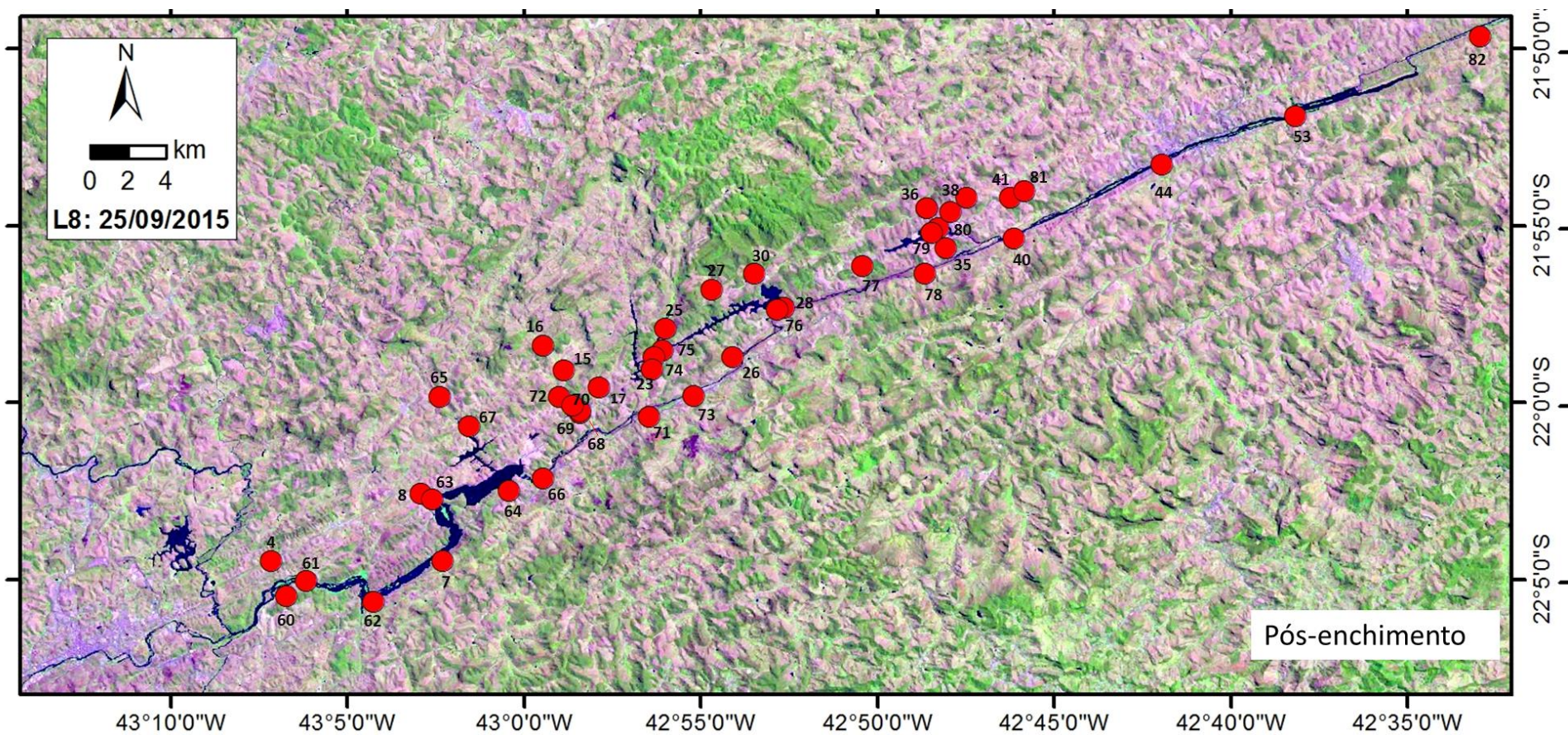


Figura 4. Estações de amostragem na área do AHE Simplício Queda Única, investigadas no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016. Fase de pós-enchimento.

Buscaram-se estações de amostragem que representassem toda a área do empreendimento e, que, ainda, fossem próximas àquelas definidas no estudo da fase de implantação do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício – Queda Única. Desta forma, devido ao alagamento da área e à dificuldade de acesso, das 44 estações estabelecidas anteriormente, apenas 21 puderam ser avaliadas comparativamente nos períodos de pré-enchimento e pós-enchimento dos reservatórios.

Todas as estações foram georreferenciadas com equipamento GPS Garmin Etrex Vista HCX.

Tabela 1. Estações de amostragem na área de influência do AHE Simplício Queda Única, referente aos estudos realizados nos períodos de pré-enchimento e pós-enchimento.

								(Continua)	
Estado	Município	Coordenadas geográficas		Pré	Pós	Descrição do ponto	Estações de Amostragem	Biótopo	
Minas Gerais	Além Paraíba	21°59'49.6" S	43°02'22.8" O		x	Rio Macuco, sob ponte à esquerda da estrada para Mar de Espanha.	62	rio	
	Além Paraíba	22°00'17.2" S	42°58'24.0" O		x	Dique Tocaia.	65	reservatório	
	Além Paraíba	22°00'13.0" S	42°58'25.1" O		x	Reservatório Tocaia.	66	reservatório	
	Além Paraíba	22°00'03.6" S	42°58'37.4" O		x	Reservatório Tocaia.	67	reservatório	
	Além Paraíba	21°59'48.4" S	42°58'59.7" O		x	Ponte do Abrigo.	69	córrego	
	Além Paraíba	21°59'46.6" S	42°57'05.9" O	x		Ilha do Zinho, desemboque da linha férrea. Próximo do rio Paraíba do Sul.	17	brejo	
	Além Paraíba	21°58'41.9" S	42°56'18.5" O		x	Reservatório Louriçal - Córrego Tetéia.	71	reservatório	
	Além Paraíba	21°58'30.3" S	42°56'05.3" O		x	Reservatório Louriçal.	72	reservatório	
	Além Paraíba	21°57'53.7" S	42°55'59.9" O	x	x	Canal Alga II. Córrego da Areia, rio Areal.	24	reservatório	
	Além Paraíba	21°58'41.2" S	42°54'05.1" O	x	x	Estrada após estação Benjamin Constant, margem do rio Paraíba do Sul.	25	rio	
	Além Paraíba	21°57'50.6" S	42°54'47.0" O	x	x	Fazenda Santa Tereza.	26	córrego	
	Além Paraíba	21°57'21.1" S	42°52'49.5" O		x	Dique Estaca 2. Córrego do rio Calçado.	73	córrego	
	Além Paraíba	21°57'17.9" S	42°52'38.3" O	x	x	Em frente à estação Benjamin Constant.	27	córrego	
	Além Paraíba	21°56'35.2" S	42°53'18.9" O	x		Córrego da Prata, próximo à Fazenda Cacheirão, em Benjamin Constant.	28	córrego	
	Além Paraíba	21°56'20.8" S	42°53'28.5" O	x	x	Fazenda Ouro Fino.	29	córrego	
	Além Paraíba	21°56'32.0" S	42°51'11.8" O	x		Estrada para o AHE Simplício Queda Única.	30	brejo	
	Além Paraíba	21°56'07.4" S	42°50'25.6" O		x	Fazenda Santa Alda.	74	lagoa	
	Além Paraíba	21°55'50.7" S	42°50'03.0" O	x		Estrada para o AHE Simplício Queda Única.	31	córrego	
	Além Paraíba	21°54'45.8" S	42°49'11.3" O	x		Barra do Peixe – antiga estrada sentido Sapucaia	33	vala	
	Além Paraíba	21°55'46.2" S	42°47'50.0" O	x	x	Sede da Fazenda Simplício.	34	córrego	
	Além Paraíba	21°55'10.7" S	42°48'27.3" O		x	Reservatório de Antonina, próximo da captação do tunel 8.	75	reservatório	
	Além Paraíba	21°55'03.4" S	42°48'16.1" O		x	Desemboque do tunel do canal 8.	76	reservatório	
	Além Paraíba	21°54'29.1" S	42°48'35.3" O	x	x	Fazenda Barra do Peixe	35 A	vala	
Além Paraíba	21°54'29.1" S	42°48'35.3" O	x	x	Fazenda Barra do Peixe	35 B	tanque		
Além Paraíba	21°54'33.2" S	42°47'54.0" O	x	x	Estrada para o AHE Simplício Queda Única.	37	córrego		
Além Paraíba	21°54'12.7" S	42°47'37.1" O	x	x	Próximo da fazenda Alegria.	38	córrego		
Além Paraíba	21°54'09.9" S	42°46'11.4" O	x	x	Estrada para o AHE Simplício Queda Única, fazenda Pueira, em frente ao sítio Santa Helena.	40	brejo		
Além Paraíba	21°54'00.8" S	42°45'50.5" O		x	Fazenda JS.	77	córrego		



Tabela 2. Estações de amostragem na área de influência do AHE Simplicio Queda Única, referente aos estudos realizados nos períodos de pré-enchimento e pós-enchimento.

								(Continuação)
Estado	Município	Coordenadas geográficas		Pré	Pós	Descrição do ponto	Estações de Amostragem	Biótopo
Minas Gerais	Além Paraíba	21°52'55.8" S	42°41'37.7" O	x		Rio Paraíba do Sul, próximo do porto.	45	rio
	Além Paraíba	21°52'44.6" S	42°41'15.2" O	x		Rio Paraíba do Sul, desembocadura do córrego Limoeiro.	46	rio
	Além Paraíba	21°52'17.8" S	42°40'03.6" O	x		Rio Paraíba do Sul.	47	rio
	Além Paraíba	21°52'16.4" S	42°39'55.1" O	x		Rio Paraíba do Sul.	48	rio
	Além Paraíba	21°52'13.6" S	42°39'53.1" O	x		Rio Paraíba do Sul.	49	rio
	Além Paraíba	21°52'08.7" S	42°39'37.4" O	x		Rio Paraíba do Sul.	50	rio
	Além Paraíba	21°52'02.7" S	42°37'37.5" O	x		Rio Paraíba do Sul.	52	rio
	Além Paraíba	21°51'08.8" S	42°36'42.4" O	x		Rio Paraíba do Sul, próximo da Lagoa do Céu.	56	rio
	Chiador	22°05'09.8" S	43°08'40.0" O	x		Fazenda Sta. Fé, córrego	2	córrego
	Chiador	22°05'26.7" S	43°06'43.8" O		x	Fazenda Estrela do Norte - Reservatório de Anta.	57	reservatório
	Chiador	22°04'27.5" S	43°07'08.8" O	x	x	Fazenda Estrela do Norte, próximo da ferrovia	4	vala
	Chiador	22°05'00.6" S	43°06'09.7" O		x	Ruínas da Fazenda Estrela do Norte - Reservatório de Anta.	58	reservatório
	Chiador	22°02'32.6" S	43°02'55.1" O	x	x	Penha Longa, próximo da ferrovia.	8	córrego
	Chiador	22°02'05.2" S	43°02'41.0" O	x		Estrada para Penha Longa.	6	corrego
	Chiador	22°01'43.1" S	42°59'55.7" O	x		Reservatório a montante da barragem em Anta.	9	rio/reservatório
	Chiador	22°01'39.8" S	42°59'12.0" O	x		Local do desvio da linha férrea.	10	brejo/córrego
	Chiador	22°00'11.9" S	42°59'19.5" O	x		Estrada para Chiador, Fazenda do Abrigo (Três Córregos).	11	córrego
	Chiador	22°00'26.2" S	42°57'58.5" O	x		Fazenda Santo Amaro, próximo do córrego Tocaia.	12	córrego
	Chiador	21°59'24.2" S	42°59'03.3" O	x		Estrada para Chiador.	13	vala/córrego
	Chiador	21°59'02.6" S	42°58'50.3" O	x	x	Fazenda Tucaia, após a cachoeira Abrigo, em frente ao sítio Bom Destino.	14	córrego
	Chiador	21°58'20.9" S	42°59'26.8" O	x	x	Sede da fazenda Tucaia.	15	córrego
	Chiador	21°59'31.1" S	42°57'50.8" O	x	x	Estrada para Chiador, fazenda Totonho Moreira.	16	córrego
Chiador	21°59'38.8" S	42°56'50.0" O	x		Próximo da fazenda Louriçal	19	córrego	
Chiador	21°59'06.1" S	42°57'17.3" O	x		Estrada para a fazenda Louriçal, sentido a Chiador.	18	brejo	
Chiador	21°59'05.1" S	42°57'07.6" O	x		Estrada para a fazenda Louriçal, sentido a Chiador.	20	córrego	
Chiador	21°58'42.7" S	42°56'51.3" O	x		Fazenda Louriçal, sob ponte.	21	córrego	
Chiador	21°58'58.7" S	42°56'17.6" O	x	x	Sítio da Tetéia.	22	brejo/reservatório	

Tabela 3. Estações de amostragem na área de influência do AHE Simplicio Queda Única, referente aos estudos realizados nos períodos de pré-enchimento e pós-enchimento.

								(Conclusão)
Estado	Município	Coordenadas geográficas		Pré	Pós	Descrição do ponto	Estações de Amostragem	Biótopo
Rio de Janeiro	Carmo	22°05'36.9" S	43°04'15.6" O	x	x	Dentro do Areal Duselle, no rio Paraíba do Sul, perto do rio Paquequer	51	rio
	Carmo	21°49'38.5" S	42°32'56.7" O		x	Rio Paraíba do Sul. Porto Velho do Cunha, a jusante da barragem da Ilha dos Pombos.	78	rio
	Sapucaia	22°05'36.9" S	43°04'15.6" O		x	Rio Paraíba do Sul, margem direita. BR 393 (Rodovia Lúcio Meira)	59	rio
	Sapucaia	22°02'43.6" S	43°02'35.5" O		x	Reservatório da barragem de Anta. Fazenda Guilhermano.	60	reservatório
	Sapucaia	22°02'27.8" S	43°00'25.7" O		x	Dique do Antigo lixão de Anta.	61	reservatório
	Sapucaia	22°00'38.4" S	43°01'32.5" O		x	Reservatório de Anta. Rio Macuco.	64	reservatório
	Sapucaia	22°02'07.3" S	42°59'27.4" O		x	Rio Paraíba do Sul. Praça Ieda Reis, no porto de Anta.	63	rio
	Sapucaia	22°00'22.5" S	42°56'27.0" O		x	Bairro São João, córrego São João.	68	córrego
	Sapucaia	S 22°00'02.3"	42°55'43.8" O	x		Rio Paraíba do Sul.	23	rio
	Sapucaia	21°59'47.0" S	42°55'11.1" O		x	Estação de trem de Sapucaia, próximo da Elevatória de Furnas.	70	rio
	Sapucaia	21°56'30.3" S	42°49'04.8" O	x		Balneário Três Quedas.	32.1	riacho
	Sapucaia	21°56'20.0" S	42°48'38.5" O		x	Rio Paraíba do Sul. BR 393- km 119, em frente à água mineral Aguas do Porto.	32	rio
	Sapucaia	21°56'29.5" S	42°48'47.4" O	x		BR-393, km 120.	32.2	rio
	Sapucaia	21°55'53.1" S	42°47'26.2" O	x		BR-393, km 117.	36	vala
	Sapucaia	21°55'20.2" S	42°46'08.1" O	x	x	Córrego Moreira.	39	córrego
	Sapucaia	21°54'08.8" S	42°43'39.6" O	x		Areal do Ramon, no rio Paraíba do Sul. Distrito de Jamapar.	41	rio
	Sapucaia	21°53'21.7" S	42°42'14.5" O	x		Rio Paraíba do Sul.	42	rio
	Sapucaia	21°53'15.9" S	42°41'57.2" O	x	x	Rio Paraíba do Sul, próximo do córrego do Baro.	43	rio
	Sapucaia	21°52'49.4" S	42°41'06.9" O	x		Rio Paraíba do Sul.	44	rio
	Sapucaia	21°51'41.5" S	42°37'37.5" O	x		Rio Paraíba do Sul.	53	rio
Sapucaia	21°52'18.0" S	42°36'25.7" O	x		Rio Paraíba do Sul.	54	rio	
Sapucaia	21°51'29.1" S	42°36'58.0" O	x		Rio Paraíba do Sul.	55	rio	
Trs Rios	22°04'49.3" S	43°12'58.9" O	x		Estrada Levy Gasparian-Trs Rios, stio na margem da estrada.	1	córrego	
Trs Rios	22°06'01.7" S	43°07'06.8" O	x		Fazenda Trs Barras.	3	córrego	
Trs Rios	22°06'18.3" S	43°04'36.2" O	x		Trevo de Bem Posta.	5	córrego	
Trs Rios	22°04'27.9" S	43°02'17.5" O	x	x	Comunidade do Grama. Reservrio de Anta.	7	córrego/reservrio	

Área hachurada: Estações de amostragem comparáveis entre os períodos de pré-enchimento e pós-enchimento.

### 3.2 Coleta de moluscos

A coleta de moluscos, durante a fase de pré-enchimento do reservatório, foi realizada pela equipe do Labmal no período de julho de 2008 a julho de 2011, e contemplou 13 expedições trimestrais com duração de cinco dias cada uma.

No estudo, conduzido na fase de pós-enchimento, foram realizadas oito expedições bimensais com duração de quatro dias cada uma, durante o período de setembro de 2014 a janeiro de 2016 (Tabela 2).

Tabela 4. Data (mês e ano) das expedições dos estudos realizados na área do AHE Simplício Queda Única.

Pré-enchimento				Pós-enchimento		
2008	2009	2010	2011	2014	2015	2016
Julho	Fevereiro	Fevereiro	Março	Setembro	Janeiro	Janeiro
Outubro	Abril	Abril	Abril	Novembro	Março	-
-	Julho	Julho	Julho	-	Maio	-
-	Outubro	Outubro	-	-	Agosto	-
-	-	-	-	-	Outubro	-

Os moluscos foram coletados com pinças e/ou conchas de captura e acondicionados em potes ou sacos plásticos identificados com o número da coleta. Para o estudo quantitativo da malacofauna foi utilizado o método proposto por Olivier & Schneiderman (1956) modificado, em que a abundância dos moluscos é obtida através da quantidade de exemplares capturados, em relação ao tempo de coleta e ao número de coletores em cada estação de amostragem (Figura 5).

Para o transporte até o LABMAL, os espécimes foram acondicionados em gaze umedecida, envolta por sacos plásticos identificados com o número da coleta e armazenados em caixa térmica apropriada para o transporte de material biológico, de acordo com a técnica descrita em Fernandez *et al.* (2008).

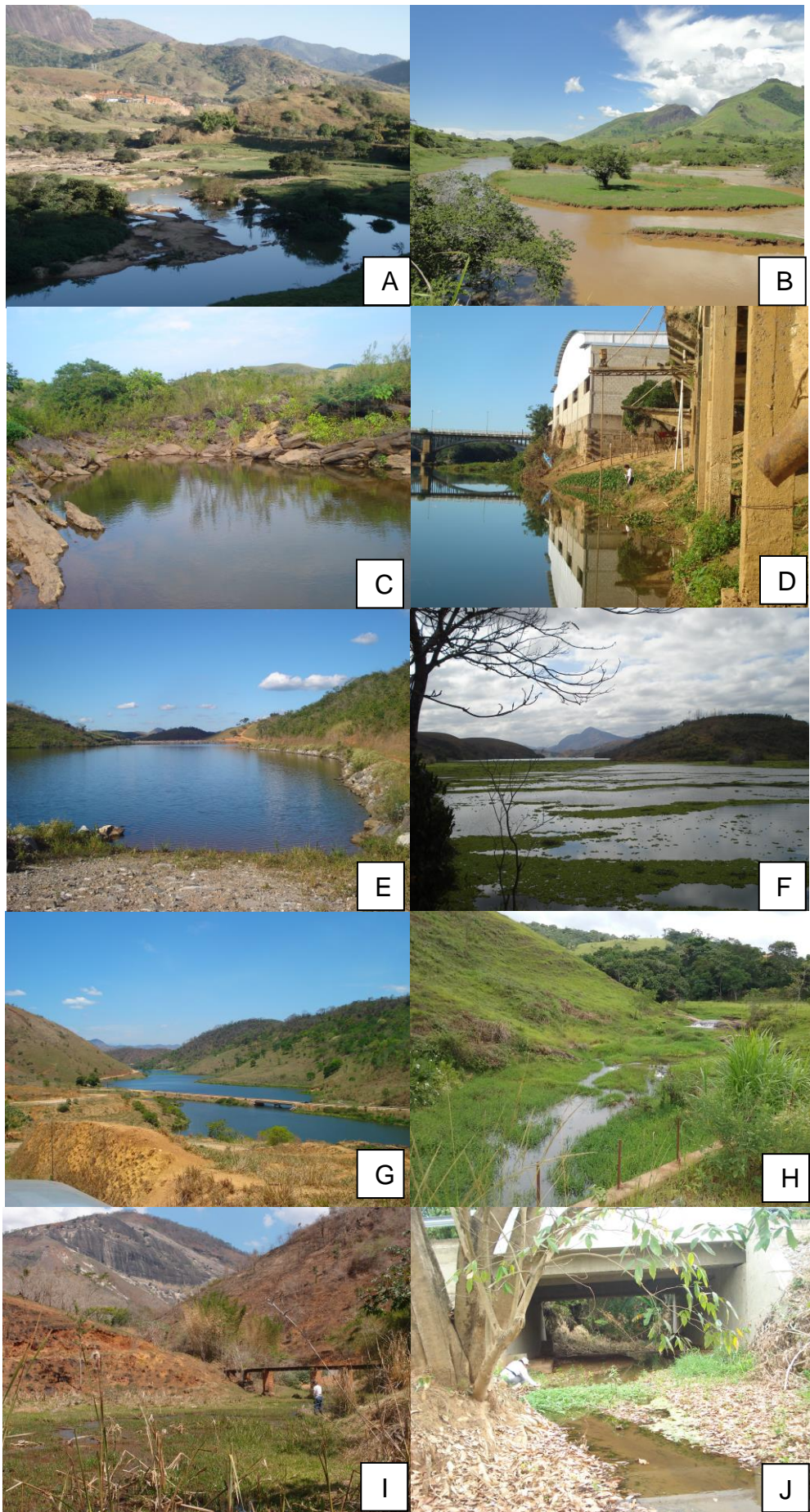


Figura 5. Estações de amostragem na área de influência do AHE Simplício – Queda Única, MG/RJ. Legenda: A, B, C, D (Rio Paraíba do Sul); E, F e G (reservatórios); H, I e J (córrego).

A temperatura da água foi aferida com sensor multiparâmetro YSI Professional Plus em sete expedições, excetuando setembro de 2014, por problemas no equipamento. Foi coletada, em cada estação de amostragem, uma amostra de água do criadouro, a qual foi armazenada em garrafa plástica de 200 ml e refrigerada para análise dos parâmetros abióticos (potencial hidrogeniônico, condutividade, dureza de cálcio, turbidez e amônia). Essa etapa foi desenvolvida em colaboração com o Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental (LAPSA/Fiocruz): as análises foram realizadas de acordo com os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) do referido laboratório.

### **3.3 Manutenção dos moluscos no laboratório e pesquisa da helmintofauna associada**

Os moluscos foram mantidos vivos até chegarem ao Labmal, onde foram acondicionados em aquários de vidro que continham água desclorada e filtrada, substrato constituído de argila peneirada (10 partes), enriquecida com carbonato de cálcio (1,5 parte) e farinha de ostra (2 partes) mais alimento (alface fresca ou desidratada). Apenas *Omalonyx* sp. foram acondicionados em aquários com substrato constituído de ração triturada, usada para alimentação de camundongos e de uma lâmina de água desclorada e filtrada.

Para a pesquisa de estádios larvais de trematódeos, os moluscos foram analisados através da técnica de exposição à luz e ao escuro. Os espécimes foram individualizados em frascos de vidro transparente de 10 ml, que continham de 3 ml a 4 ml de água filtrada e desclorada. Os moluscos maiores, como os pertencentes à família Ampullariidae, foram postos em frascos de vidro transparente de 150 ml, que continham de 10 ml a 15 ml de água filtrada e desclorada. Os moluscos foram expostos à luz por um período de seis horas sob lâmpadas incandescentes de 60W, a uma distância de aproximadamente 30 cm das lâmpadas. Esse método permite a liberação de cercárias a partir da iluminação e aquecimento da água contida nos frascos. Decorridas as seis horas, a água dos frascos foi examinada sob microscópio estereoscópico (aumento de oito vezes). As cercárias obtidas

foram observadas a fresco, com o preparo de lâminas, e também sob microscópio óptico com aumento entre 40 vezes e 100 vezes. Os tipos cercarianos foram identificados utilizando-se as chaves dicotômicas propostas por Schell (1970) e Pinto e Melo (2013). Essa pesquisa de estádios larvais de trematódeos nos moluscos coletados na área do AHE Simplício Queda Única não foi realizada com as amostras coletadas no período de pré-enchimento, uma vez que os dados não foram tabulados.

Após essa etapa, a água dos frascos foi substituída e os espécimes foram novamente acondicionados, como descrito anteriormente, para a realização da exposição ao escuro. Nessa etapa, os moluscos foram mantidos durante a noite em ambiente onde não há presença de luz, para serem analisados na manhã seguinte quanto à possibilidade de estarem parasitados por trematódeos de hábitos noturnos.

Os moluscos, parasitados, foram postos em outros aquários, identificados conforme o tipo cercariano, e acondicionados na sala de caramujos infectados por helmintos do LABMAL. Os moluscos que não liberaram cercárias durante as etapas de luz e escuro foram devolvidos aos aquários para posterior fixação e identificação até o menor nível taxonômico possível.

### **3.4 Fixação e identificação dos moluscos**

A identificação dos moluscos foi realizada através da análise conquiliológica e da dissecação das partes moles. Para isso, os espécimes foram anestesiados com solução de Pentobarbital Sódico, comercializado sob o nome de Hypnol a 1%, de acordo com método proposto por Fernandez *et al.* (2008). O tempo necessário para anestésiar e imergir na água aquecida varia de acordo com o tamanho do exemplar. Os de Ancyliidae permaneceram no anestésico durante duas horas e foram posteriormente imersos em água aquecida a 70°C por 15 segundos; os espécimes de Rissooidea, Lymnaeidae, Physidae e Planorbidae foram anestesiados entre quatro e seis horas e em seguida imersos em água aquecida a 70° por cerca de 40 segundos. Posteriormente ao aquecimento, as partes moles

foram extraídas das conchas com o auxílio de pinças metálicas, estando o exemplar submerso em água à temperatura ambiente. As partes moles foram acondicionadas em frascos de vidro contendo solução de Railliet-Henry adaptada para moluscos (6 g de cloreto de sódio, 20 ml de ácido acético glacial, 50 ml de formaldeído e 930 ml de água destilada) ou em álcool etílico comum. As conchas foram lavadas em água corrente e postas para secar à temperatura ambiente.

Espécimes de *Drepanotrema* spp., por possuírem muitos giros na concha, foram submetidos à mesma técnica de anestesia e aquecimento descrita acima, mas a parte mole não foi extraída da concha. A amostra foi dividida em duas partes: a primeira foi armazenada em solução de Railliet-Henry, para obtenção das partes moles através do desgaste do cálcio da concha, e a segunda foi posta em água comum, para que as conchas fossem mantidas após a decomposição das partes moles.

Os moluscos das famílias Ampullariidae e Thiaridae foram fixados seguindo a técnica Niku-Nuku modificada (Fukuda *et al.*, 2008). De acordo com essa técnica, os moluscos são postos em recipientes que contêm uma pequena quantidade de água, suficiente para que se locomovam e exponham a massa cefalopédica. Em seguida, despeja-se sobre os animais água aquecida, sendo 100°C, por três minutos para Ampullariidae e 70°C por um minuto para Thiaridae. Decorrido o tempo de imersão, os exemplares foram armazenados em frascos de vidro com álcool etílico 96%, no caso de Ampullariidae, e em solução de Railliet-Henry, modificada para Thiaridae, após sua retirada da concha. As partes moles dos Ampullariidae foram tiradas das conchas 24 horas após a fixação e conservadas novamente em álcool etílico 96%.

Tanto as partes moles quanto as conchas, foram identificadas e organizadas em caixas plásticas para serem depositadas no acervo da CMIOC.

### **3.5 Composição da malacofauna límnic e Riqueza**

Foi analisada a composição faunística da malacofauna límnic durante as fases de pré e pós-enchimento dos reservatórios para toda a área de estudo. A riqueza, número de espécies capturadas em cada estação de amostragem, foi

calculada para todas as expedições. Nas 21 estações de amostragem, observadas nas fases de pré e pós-enchimento, o número de espécies foi comparado. Para verificar a adequação da amostragem da malacofauna límnic, foram elaboradas duas curvas de rarefação – a primeira para as amostras obtidas no período de julho de 2008 a julho de 2011 e a segunda, para as amostras coletadas nas expedições de setembro de 2014 a janeiro de 2016.

### 3.6 Frequência de ocorrência

A frequência de ocorrência de cada espécie foi calculada nas fases de pré e pós-enchimento dos reservatórios, durante os meses de estudo e, separadamente, para cada expedição realizada e para cada estação de amostragem. Uma vez que durante o período de instalação do AHE Simplício Queda Única houve estações de amostragem cujo acesso foi impedido pelas obras, além de inviabilizar o retorno ao local ou buscas sucessivas, optou-se, para o cálculo da frequência de ocorrência, apenas pelas estações de amostragens com seis ou mais expedições de coleta.

A frequência de ocorrência ( $F_A$ ) foi calculada pela fórmula  $F_A = p \times (100/P)$ , onde “p” é o número de ocorrências da espécie “A” e “P” é o número total de amostragens (Dajoz, 1983), sendo as espécies classificadas como frequentes ou constantes ( $F_A > 50\%$ ), acessórias ( $25\% \geq F_A \leq 50\%$ ), acidentais ou raras ( $F_A < 25\%$ ).

Para avaliar o tipo de distribuição que as comunidades apresentam em relação às áreas de amostragem, foi feita uma análise de aninhamento, que busca verificar se as comunidades das áreas com menor riqueza de espécies seriam subconjuntos das comunidades com maior riqueza, considerando a composição das espécies de cada uma. Para essa análise, foi utilizada a métrica *Nestedness metric based on Overlap na Decreasing Fill* (NODF), proposta por Almeida-Neto *et al* (2008). O padrão de aninhamento observado e o modelo nulo são comparados, gerando 1000 matrizes simuladas aleatoriamente, considerando ( $p < 0,05$ ). O valor de NODF varia de zero a 100, em que zero significa não aninhamento e 100 representa dados totalmente aninhados. Para verificar a interferência entre as espécies reconhecidamente competidoras, os resultados foram analisados através de regressão linear, com base na abundância específica e através do índice de Jaccard.



### **3.7 Abundância específica**

A abundância relativa de cada espécie foi obtida para cada estação de amostragem e em cada expedição, apenas na fase de pós-enchimento, uma vez, na fase de implantação do empreendimento, os animais não foram coletados seguindo qualquer padronização de tempo e número de coletores. A razão entre o número de moluscos coletados por minuto e pelo número de coletores (número de espécimes/minuto/coletor) resultou na abundância específica, base de dados para o cálculo da abundância relativa. Para cada campanha, o número total de moluscos coletados de todas as espécies foi considerado 100%. Por conseguinte, o percentual de cada espécie foi obtido de acordo com a fórmula  $\% Spi = n \times (100/N)$ , sendo: “% Spi” a porcentagem da espécie a ser calculada, “n” o número de indivíduos da espécie e “N” o número total de espécimes da amostra. Assim, as espécies foram categorizadas como muito abundante ( $\% Spi > 50\%$ ), abundante ( $50\% \leq \% Spi \leq 30\%$ ), pouco abundante ( $30\% \leq \% Spi \leq 10\%$ ) e esporádica ( $< 10\%$ ), tal como adotado por Cavalcanti e Larrazábal (2004), Fernandez (2011) e Gonçalves (2015).

O mesmo cálculo foi realizado para cada estação de amostragem, buscando caracterizar as áreas com populações bem estabelecidas, uma vez que se tornam mais vulneráveis à transmissão de doenças, no caso da presença de espécies transmissoras.

### **3.8 Diversidade da malacofauna límnic**

A diversidade de espécies na área de estudo foi analisada com base nos dados de riqueza e na Análise de Escalonamento Multidimensional (MDS). A MDS foi utilizada para comparar a diversidade entre as estações de amostragem, através dos valores de abundância de cada espécie, em cada localidade. Nesta análise, a distância entre os pontos (localidades) corresponde à similaridade entre os dados (composição e abundância das espécies), ou seja, pontos mais próximos

entre si apresentam maior semelhança, enquanto pontos mais distantes possuem menor semelhança.

### **3.9 Relação entre os fatores abióticos e a abundância das espécies de importância médico-veterinária e das exóticas**

A avaliação da influência dos fatores abióticos foi realizada apenas para as espécies com importância para a saúde pública e para as exóticas. Foram analisados os parâmetros temperatura da água, potencial hidrogeniônico, condutividade, turbidez, dureza de cálcio e amônia. Para observar a existência de diferença significativa entre os valores aferidos em cada estação de amostragem e também em relação às expedições foi utilizada a análise de variância (ANOVA) para cada um dos fatores abióticos. A ocorrência de distribuição normal nos dados foi testada através do teste de Shapiro-Wilk. Foi utilizado o nível de significância de 5%. O parâmetro que não seguia distribuição normal foi testado através do teste não-paramétrico de Kruskal- Wallis.

Os fatores que apresentaram diferença significativa em relação à estação de amostragem e/ou à expedição foram utilizados nas análises da influência dos fatores abióticos nas abundâncias de cada espécie através de Modelos Lineares Generalizados (GLM). Para avaliar, dentre os modelos obtidos, qual seria o mais adequado para explicar a variação de abundância das espécies analisadas, foi utilizado o critério de informação de Akaike (Akaike, 1973) corrigido para pequenas amostras (AICc). Este critério baseia-se na menor distância entre o modelo verdadeiro (hipótese nula) e o modelo candidato, isto é, quanto menor o valor de AICc, mais apropriado é o modelo. Burnhan e Anderson (2002) sugerem que a diferença ( $\Delta$ ) entre os valores de AICc dos modelos candidatos e o menor valor de AICc (AICc<sub>min</sub>) seja calculada. O valor de delta é a distância relativa esperada entre dois modelos probabilísticos. Quanto maior for o valor de delta, menos adequado será o modelo. De acordo com Burnhan e Anderson (2002), valores de delta maiores que dez podem ser omitidos e os valores de delta entre zero e dois podem ser considerados plausíveis.

As análises foram realizadas nos seguintes programas: Palaeontological Statistics (PAST, University of Oslo, NO, versão 3.04), SPSS Statistics versão 21 e ANINHADO versão Bangu 3.0.3 (Guimarães & Guimarães, 2006).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Composição da malacofauna límnic e Riqueza

No período entre julho de 2008 e julho de 2011 foram obtidos moluscos pertencentes às famílias Planorbidae, Ancyliidae, Lymnaeidae, Thiaridae, Physidae, Ampullariidae, Hydrobiidae e Pomatiopsidae, sendo identificados: *Antillorbis nordestensis* (Lucena, 1954), *B. straminea*, *B. tenagophila*, *Drepanotrema anatinum* (d'Orbigny, 1835), *Drepanotrema cimex* (Moricand, 1839), *Drepanotrema depressissimum* (Moricand, 1839), *Drepanotrema lucidum* (Pfeiffer, 1839), *Gundlachia radiata* (Guilding 1828), *Gundlachia ticaga* (Marcus & Marcus, 1962), *L. columella*, *M. tuberculata*, *Physa acuta* Draparnaud, 1805 e *Physa marmorata* Guilding, 1828 (Figura 7). Também foram obtidos exemplares de *Burnupia* sp., *Gundlachia* sp., *Ferrissia* sp., *Hebetancylus* sp., *Heleobia* sp., *Idiopyrgus* sp., *Pomacea* sp. e *Potamolithus* sp. Embora o método de coleta adotado seja mais apropriado para moluscos gastrópodes, foram coletados alguns moluscos da classe Bivalvia e espécimes de gastrópodes terrestres, sendo *Diplodon* sp., *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), *Corbicula largillierti* (Philippi, 1844) e *Omalonyx* sp.

No período seguinte, ou seja, após a formação dos reservatórios, obtiveram-se exemplares de *Burnupia ingae* Lanzer, 1991 e *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863), além daquelas registradas no período anterior, mas não de *Burnupia* sp., *D. depressissimum*, *Ferrissia* sp., *G. radiata*, *Hebetancylus* sp., *Heleobia* sp. e *Idiopyrgus* sp. Similarmente ao período anterior, foram obtidos exemplares da família Corbiculidae (*C. fluminea* e *C. largillierti*), Hyriidae (*Diplodon* sp.) e Succineidae (*Omalonyx* sp.).

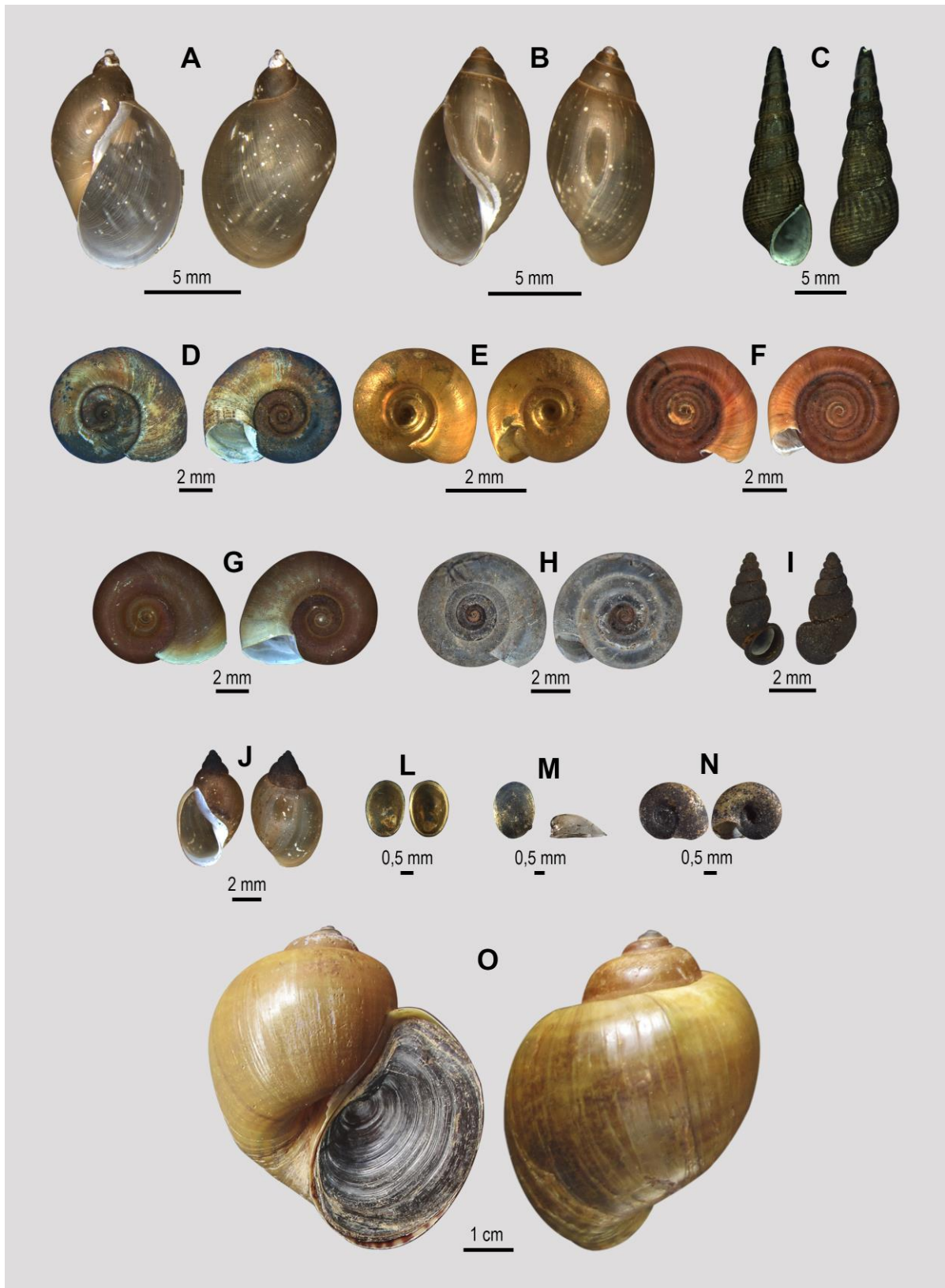


Figura 6. Exemplos da malacofauna límica do AHE Simplício Queda Única, entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro: *Lymnaea columella* (A), *Physa marmorata* (B), *Melanooides tuberculata* (C), *Biomphalaria straminea* (D), *Drepanotrema anatinum* (E), *Drepanotrema lucidum* (F), *Biomphalaria tenagophila* (G), *Drepanotrema depressissimum* (H), *Idiopyrgus* sp. (I), *Physa acuta* (J), *Ferrissia fragilis* (L), *Gundlachia ticaga* (M), *Antillorbis nordestensis* (N) e *Pomacea* sp. (O).

Das 81 estações de amostragem, 36 localizam-se em Além Paraíba, por ser o município mais impactado pela instalação do AHE Simplício Queda Única, 20 em Sapucaia, 19 em Chiador, quatro em Três Rios e duas em Carmo. Destas, 21 foram analisadas no período de pré-enchimento e pós-enchimento, comparativamente. A espécie com maior distribuição no período de pré-enchimento foi *B. tenagophila*, com ocorrência em 39 estações de amostragens (15 em Além Paraíba, 15 em Chiador, cinco em Sapucaia e quatro em Três Rios) e, inversamente, com apenas uma ocorrência foram *Burnupia* sp. (Além Paraíba, estação de amostragem 35A, *Hebetancyclus* sp. (Três Rios, EA nº7) e *Heleobia* sp. (Três Rios, EA nº7). Após a formação dos reservatórios, *Pomacea* sp. e *P. marmorata* apresentaram a maior ocorrência, presentes em 26 estações de amostragem, enquanto *B. ingae* teve um único registro (Sapucaia, EA nº 70) (Tabela 3 ). Algumas estações de amostragem foram identificadas de forma semelhante por serem muito próximas, embora possuíssem características diferentes, por exemplo, na fazenda Barra do Peixe, uma vala (EA nº 35A) e um tanque (EA nº 35 B).

Tabela 3. Moluscos coletados no AHE Simplício Queda Única durante os períodos de pré-enchimento e pós-enchimento dos reservatórios.

(Continua)

Estado	Município	Período	Estação de Amostragem																																				
				<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Burnupia ingae</i>	<i>Burnupia</i> sp.	<i>Corbicula fluminea</i>	<i>Corbicula largillierti</i>	<i>Corbicula</i> sp.	<i>Diplodon</i> sp.	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema depressissimum</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Ferrissia fragilis</i>	<i>Ferrissia</i> sp.	<i>Gundlachia radiata</i>	<i>Gundlachia</i> sp.	<i>Gundlachia icaga</i>	<i>Hebetancyclus</i> sp.	<i>Heleobia</i> sp.	<i>Idiopyrgus</i> sp.	<i>Lymnaea. columella</i>	<i>Melanooides tuberculata</i>	<i>Omalonyx</i> sp.	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea</i> sp.	<i>Potamolithus</i> sp.	Sphaeriidae							
Minas Gerais	Além Paraíba	Pré	62																																				
		Pós	62														x					x						x										x	
		Pré	65																																				
		Pós	65		x	x																																	
		Pré	66																																				
		Pós	66																																				
		Pré	67																																				
		Pós	67																																				

Tabela 3. Moluscos coletados no AHE Simplicio Queda Única durante os períodos de pré-enchimento e pós-enchimento dos reservatórios.

(Continuação)

Estado	Município	Período	Estação de Amostragem	<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Burnupia ingae</i>	<i>Burnupia</i> sp.	<i>Corbicula fluminea</i>	<i>Corbicula largillierti</i>	<i>Corbicula</i> sp.	<i>Diplodon</i> sp.	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema depressissimum</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Ferrissia fragilis</i>	<i>Ferrissia</i> sp.	<i>Gundlachia radiata</i>	<i>Gundlachia</i> sp.	<i>Gundlachia icaga</i>	<i>Hebetancylus</i> sp.	<i>Heleobia</i> sp.	<i>Idiopyrgus</i> sp.	<i>Lymnaea columella</i>	<i>Melanooides tuberculata</i>	<i>Omalonyx</i> sp.	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea</i> sp.	<i>Potamolithus</i> sp.	Sphaeriidae					
Minas Gerais	Além Paraíba	Pré	69																																		
		Pós	69		x									x												x				x							
		Pré	17											x																							
		Pós	17																																		
		Pré	71																																		
		Pós	71			x												x					x								x	x					
		Pré	72																																		
		Pós	72												x							x					x	x	x		x	x					
		Pré	24																																		
		Pós	24			x									x												x		x		x	x					
		Pré	25			x																x					x	x		x		x					
		Pós	25			x	x															x					x	x		x	x						
		Pré	26			x									x	x		x								x	x			x							
		Pós	26			x									x	x		x																			
		Pré	73																																		
		Pós	73			x																					x		x		x						
		Pré	27			x	x														x						x				x	x					
		Pós	27			x												x									x				x					x	
		Pré	28			x																															
		Pós	28																																		
		Pré	29			x	x									x						x									x	x					
		Pós	29			x																							x		x	x					x
		Pré	30			x	x								x																x						
		Pós	30																																		
		Pré	74																																		
		Pós	74			x									x			x									x				x						
		Pré	31			x									x			x									x										
		Pós	31																																		
		Pré	33				x								x																						
		Pós	33																																		
		Pré	34			x																						x			x						
		Pós	34			x									x												x	x			x						
		Pré	75																																		
		Pós	75			x																					x	x		x		x	x	x			
		Pré	76																																		
		Pós	76																																		
		Pré	35A			x				x																	x				x						x
		Pós	35A			x																					x				x						x

Tabela 3. Moluscos coletados no AHE Simplicio Queda Única durante os períodos de pré-enchimento e pós-enchimento dos reservatórios.

(Continuação)

Estado	Município	Período	Estação de Amostragem	<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Burnupia ingae</i>	<i>Burnupia</i> sp.	<i>Corbicula fluminea</i>	<i>Corbicula largillierti</i>	<i>Corbicula</i> sp.	<i>Diplodon</i> sp.	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema depressissimum</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Ferrissia fragilis</i>	<i>Ferrissia</i> sp.	<i>Gundlachia radiata</i>	<i>Gundlachia</i> sp.	<i>Gundlachia ticaga</i>	<i>Hebetancylus</i> sp.	<i>Heleobia</i> sp.	<i>Iolopyrgus</i> sp.	<i>Lymnaea. columella</i>	<i>Melanoides tuberculata</i>	<i>Omalonyx</i> sp.	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea</i> sp.	<i>Potamolithus</i> sp.	Sphaeriidae					
Minas Gerais	Além Paraíba	Pré	35B		x														x														x				
		Pós	35B		x												x												x				x				
		Pré	37		x	x							x							x									x	x							
		Pós	37	x	x									x		x						x								x							
		Pré	38		x									x						x									x	x							
		Pós	38											x							x																
		Pré	40		x										x						x									x	x						
		Pós	40																																		
		Pré	77																																		
		Pós	77											x																							
		Pré	45			x																x				x	x		x	x	x						
		Pós	45																																		
		Pré	46				x															x					x		x	x							
		Pós	46																																		
		Pré	47																																		
		Pós	47																																		
		Pré	48				x																							x							
		Pós	48																																		
		Pré	49										x																								
		Pós	49																																		
		Pré	50			x																					x	x		x	x						
		Pós	50																																		
		Pré	52				x																			x		x		x							
		Pós	52																																		
		Pré	56																									x									
		Pós	56																																		
				Pré	2		x	x							x	x		x								x				x							
				Pós	2																																
				Pré	57																																
				Pós	57		x											x									x				x	x					
		Pré	4			x							x	x		x			x	x					x				x								
		Pós	4		x	x							x																x	x							
		Pré	58																																		
		Pós	58		x																				x		x	x	x	x	x			x			
		Pré	8		x	x											x								x			x	x	x							
		Pós	8		x												x								x	x	x		x								



Tabela 3. Moluscos coletados no AHE Simplício Queda Única durante os períodos de pré-enchimento e pós-enchimento dos reservatórios.

(Continuação)

Estado	Município	Período	Estação de Amostragem	Moluscos																																		
				<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Burnupia ingae</i>	<i>Burnupia</i> sp.	<i>Corbicula fluminea</i>	<i>Corbicula largillierti</i>	<i>Corbicula</i> sp.	<i>Diplodon</i> sp.	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema depressissimum</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Ferrissia fragilis</i>	<i>Ferrissia</i> sp.	<i>Gundlachia radiata</i>	<i>Gundlachia</i> sp.	<i>Gundlachia ticaga</i>	<i>Hebetancylus</i> sp.	<i>Heleobia</i> sp.	<i>Idiopyrgus</i> sp.	<i>Lymnaea. columella</i>	<i>Melanooides tuberculata</i>	<i>Omalonyx</i> sp.	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea</i> sp.	<i>Potamolithus</i> sp.	Sphaeriidae						
Minas Gerais	Chiador	Pré	6	x								x	x					x																				
		Pós	6																																			
		Pré	9		x							x	x	x	x				x										x	x								
		Pós	9																																			
		Pré	10		x							x	x	x				x								x			x									
		Pós	10																																			
		Pré	11		x																																	
		Pós	11																																			
		Pré	12		x							x	x	x											x	x			x									
		Pós	12																																			
		Pré	13		x							x							x	x										x								
		Pós	13																																			
		Pré	14	x	x									x											x				x									
		Pós	14																											x								
		Pré	15	x	x	x							x												x				x									
		Pós	15										x		x										x		x		x							x		
		Pré	16		x	x							x	x	x														x									
		Pós	16		x								x	x	x														x									
		Pré	19		x	x							x																x									
		Pós	19																																			
		Pré	18			x							x	x	x															x								
		Pós	18																																			
		Pré	20		x	x							x	x	x														x									
		Pós	20																																			
		Pré	21																																			
		Pós	21																																			
		Pré	22			x							x	x																x	x							
		Pós	22	x	x								x		x														x									
Rio de Janeiro	Carmo	Pré	51																									x										
		Pós	51		x																																	
		Pré	78																																			
		Pós	78		x																								x									
	Sapucaia	Pré	59																																			
		Pós	59			x																					x	x										
		Pré	60																																			
		Pós	60																										x									

Tabela 3. Moluscos coletados no AHE Simplicio queda Única durante os períodos de pré-enchimento e pós-enchimento dos reservatórios.

(Continuação)

Estado	Município	Período	Estação de Amostragem																																							
				<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Burnupia ingae</i>	<i>Burnupia</i> sp.	<i>Corbicula fluminea</i>	<i>Corbicula largillierti</i>	<i>Corbicula</i> sp.	<i>Diplodon</i> sp.	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema depressissimum</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Ferrissia fragilis</i>	<i>Ferrissia</i> sp.	<i>Gundlachia radiata</i>	<i>Gundlachia</i> sp.	<i>Gundlachia ticaga</i>	<i>Hebetancylus</i> sp.	<i>Heleobia</i> sp.	<i>Idiopyrgus</i> sp.	<i>Lymnaea. columella</i>	<i>Melanoides tuberculata</i>	<i>Omalonyx</i> sp.	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea</i> sp.	<i>Potamolithus</i> sp.	Sphaeriidae										
Rio de Janeiro	Sapucaia	Pré	61																																							
		Pós	61													x											x		x	x												
		Pré	64																																							
		Pós	64																								x	x										x				
		Pré	63																																							
		Pós	63	x	x																						x		x	x	x											
		Pré	68																																							
		Pós	68																																					x		
		Pré	23																																							
		Pós	23																																							
		Pré	70																																							
		Pós	70	x	x												x		x	x							x	x	x	x	x	x	x									
		Pré	31																																							
		Pós	31																																							
		Pré	32																																							
		Pós	32	x																																						
		Pré	32.1																																							
		Pós	32.1																																							
		Pré	32.2	x																																						
		Pós	32.2																																							
		Pré	36	x																																						
		Pós	36																																							
		Pré	39																																							
		Pós	39		x																																					
		Pré	41	x																																						
		Pós	41																																							
		Pré	42		x																																					
		Pós	42																																							
		Pré	43																																							
		Pós	43	x																																						x
		Pré	44																																							
		Pós	44																																							
		Pré	53																																							
		Pós	53																																							
		Pré	54		x																																					
		Pós	54																																							
		Pré	55																																							
		Pós	55																																							

Tabela 3. Moluscos coletados no AHE Simplício Queda Única durante os períodos de pré-enchimento e pós-enchimento dos reservatórios.

(Conclusão)

Estado	Município	Período	Estação de Amostragem	Moluscos																											
				<i>Antillorbis nordensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Burnupia ingae</i>	<i>Burnupia</i> sp.	<i>Corbicula fluminea</i>	<i>Corbicula largillierti</i>	<i>Corbicula</i> sp.	<i>Diplodon</i> sp.	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema depressissimum</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Ferrissia fragilis</i>	<i>Ferrissia</i> sp.	<i>Gundlachia radiata</i>	<i>Gundlachia</i> sp.	<i>Gundlachia ticaga</i>	<i>Hebetancylus</i> sp.	<i>Heleobia</i> sp.	<i>Idiopyrgus</i> sp.	<i>Lymnaea. columella</i>	<i>Melanoides tuberculata</i>	<i>Omalonyx</i> sp.	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea</i> sp.	<i>Potamolithus</i> sp.
Rio de Janeiro	Três Rios	Pré	1	x	x					x												x	x	x			x	x			
		Pós	1																												
		Pré	3	x	x	x							x		x										x			x			
		Pós	3																												
		Pré	5		x	x							x												x			x			
		Pós	5																												
		Pré	7		x	x						x	x	x	x								x	x	x	x		x	x		
		Pós	7																							x		x	x		x

Considerando todo o período, a maior riqueza foi observada na estação de amostragem 7 (município de Três Rios), no período de pré-enchimento, onde foram observados *Pomacea* sp., *Heleobia* sp., *G. ticaga*, *Idiopyrgus* sp., *Hebetancylus* sp., *L. columella*, *P. marmorata*, *B. straminea*, *B. tenagophila*, *D. anatinum*, *D. cimex*, *D. lucidum*, *D. depressissimum* e *M. tuberculata*. Em quatro estações de amostragens não se encontrou nenhum molusco, sendo as estações de amostragem n<sup>os</sup> 24 e 47 no período de pré-enchimento e as de n<sup>os</sup> 40 e 76, no período seguinte.

*Omalonyx* sp. foi encontrado em 17 e 18 estações de amostragens nos períodos de pré e pós-enchimento, respectivamente, estando restrito ao município de Além Paraíba (antes da implantação do AHE Simplício Queda Única) e, no período seguinte, presente em Chiador (cinco estações de amostragem), Três Rios (uma), Sapucaia (seis) e Além Paraíba (seis).

Em relação aos bivalves, foram os moluscos com o menor número de registros de ocorrência (dois), restrito ao período de pré-enchimento (Tabela 3). Quanto à Corbiculidae, apenas conchas foram obtidas após a formação dos reservatórios e, uma vez que poderiam ter sido carreadas de outros locais, não

foram coletadas. Sphaeriidae foram obtidos em 27 e oito estações de amostragem nos períodos de pré e pós-enchimento, respectivamente.

Para determinar a riqueza e as análises seguintes, todos os exemplares de Bivalvia e aqueles identificados apenas no nível de gênero não foram considerados, com exceção dos exemplares de *Gundlachia* sp. e *Pomacea* sp., por se tratar de moluscos ora descritos morfologicamente e caracterizados molecularmente. Assim, as curvas de rarefação, obtidas em ambos os períodos, mostraram inclinação tendendo à direção horizontal (Gráficos 1 e 2), a indicar que o número de estações de amostragem pesquisado, em relação à quantidade de espécies encontradas, foi suficientemente representativo da malacofauna límnicia do AHE Simplício Queda Única nas duas fases do estudo. Contudo, foi mais representativo na fase de pós-enchimento, uma vez que, nesta fase, a curva estabiliza com aproximadamente 35 estações de amostragem.

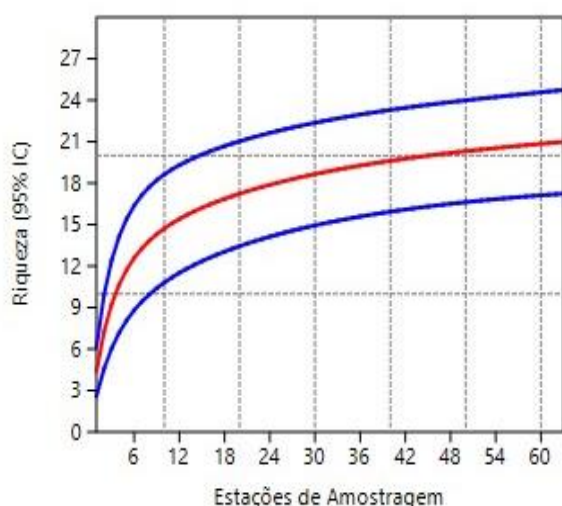


Gráfico 1. Curva de rarefação referente à riqueza de espécies coletadas nas estações de amostragem entre julho de 2008 e julho de 2011. Fase de pré-enchimento.

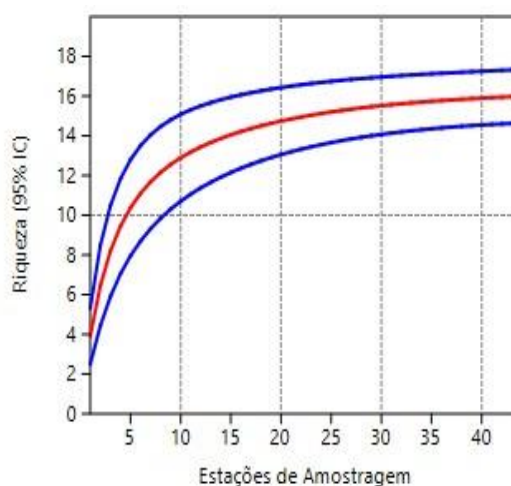


Gráfico 2. Curva de rarefação referente à riqueza de espécies coletadas nas estações de amostragem. Entre setembro de 2014 e janeiro de 2016. Fase de pós-enchimento.

A análise de aninhamento indicou que a distribuição das espécies na comunidade de gastrópodes não se dá ao acaso, mas obedecendo a um padrão aninhado, tanto na fase de pré-enchimento (NODF= 24,14;  $p= 0$ ) como para a fase de pós-enchimento (NODF= 28,20;  $p= 0$ ).

Considerando as espécies com importância médica e veterinária, nativas e/ou exóticas (*B. tenagophila*, *B. straminea*, *L. columella*, *M. tuberculata*, *P. acuta* e

*Pomacea* sp.), no período de pré-enchimento, apenas em uma estação de amostragem não foi encontrada nenhuma dessas seis espécies selecionadas para a análise (EA nº 21, Chiador), enquanto no período seguinte não foram encontrados esses moluscos em duas estações (EA nºs 38 e 40, Além Paraíba). Antes da instalação do empreendimento, em nove estações de amostragem detectaram-se duas dessas espécies e, em duas, uma espécie: *B. tenagophila* na EA nº39 (Sapucaia) e *P. acuta* na EA nº 51 (Carmo). No período seguinte, em quatro e nove estações de amostragem, coletaram-se uma e duas espécies, respectivamente (*B. tenagophila* nas EA nºs 14 e 22, em Chiador; *B. tenagophila*, EA nº 26, em Além Paraíba; *Pomacea* sp. em Sapucaia, EA nº43) (Figura 7).

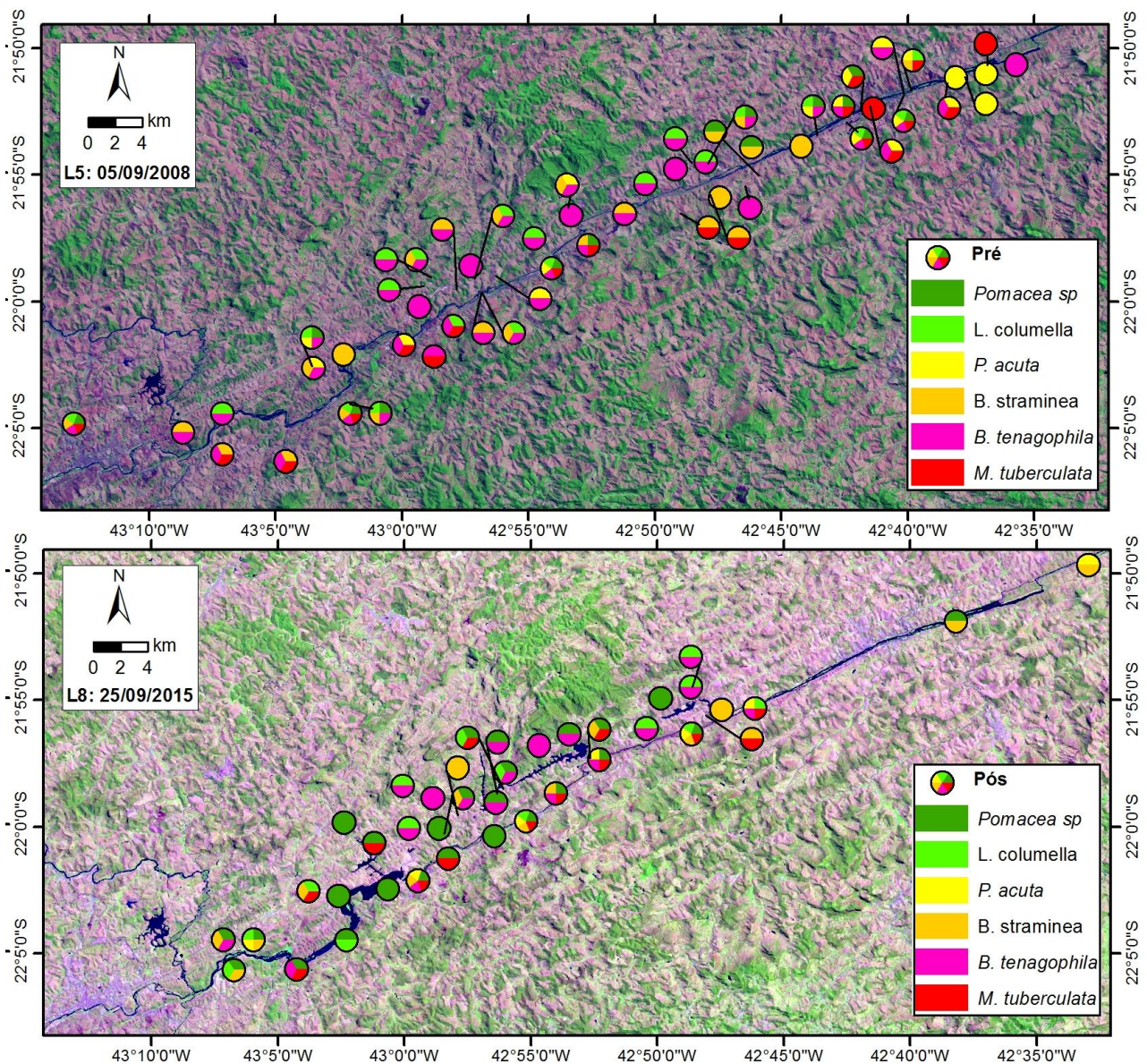


Figura 7. Distribuição de seis espécies de importância para a saúde pública e ambiental na área de influência direta e indireta do AHE Simplicio Queda Única nas fases de pré-enchimento (julho de 2008 a julho de 2011) e pós-enchimento (setembro de 2014 a janeiro de 2016).

## 4.2. Frequência de ocorrência

Das 58 estações de amostragem, consideradas no período de pré-enchimento, a frequência de ocorrência não foi calculada para 30 locais, por terem sido analisadas apenas uma vez (EA nºs 11, 17, 22, 23, 24, 28, 32.2, 36, 41, 44, 47, 48, 49, 51, 53, 55 e 56); duas (EA nº 39); três (EA nº 46); quatro (EA nºs 1, 42, 45, 52 e 53) e cinco (EA nºs 5, 33, 35A, 35B, 43 e 50).

Assim, analisando as 303 buscas realizadas no período de pré-enchimento, as espécies obtidas foram categorizadas como acessórias (*B. tenagophila*, FA= 35,31% e *P. marmorata*, FA= 29,7%) e acidentais (*A. nordestensis*, FA= 1,32%; *B. straminea*, FA= 22,11%; *D. anatinum*, FA= 18,15%; *D. cimex*, FA= 7,26%; *D. depressissimum*, FA= 3,63%; *D. lucidum*, FA= 13,2%; *G. radiata*, FA= 0,66%; *G. ticaga*, FA= 0,99%; *Gundlachia* sp., FA= 9,9%; *L. columella*, FA= 10,56%; *M. tuberculata*, FA= 11,88%, *P. acuta*, FA= 3,96% e *Pomacea* sp., FA= 14,19%).

Considerando a data das expedições, a frequência de ocorrência de cada espécie variou conforme apresentado na (Tabela 4). A expedição realizada em julho de 2011 não registrou nenhuma das 15 espécies assinaladas na Tabela 4.

Tabela 4. Frequência de ocorrência (%) das espécies de gastrópodes obtidas no período de julho de 2008 a julho de 2011, durante a fase de pré-enchimento do AHE Simplício Queda Única.

Espécies	2008				2009				2010				2011	
	jul	out	fev	abr	jul	out	fev	abr	jul	out	mar	abr		
<i>Antillorbis nordestensis</i>	NA	NA	7,69	NA	NA	3,70	NA	NA	NA	NA	4,17	NA		
<i>Biomphalaria straminea</i>	36,84	12,00	30,77	30,77	18,52	18,52	24,00	19,23	26,92	14,81	12,5	24,00		
<i>Biomphalaria tenagophila</i>	52,63	52,00	53,85	34,62	37,04	37,04	36,00	15,38	11,54	33,33	20,83	44,00		
<i>Drepanotrema anatinum</i>	21,05	28,00	15,38	38,46	18,52	14,81	4,00	23,08	3,85	25,93	4,17	16,00		
<i>Drepanotrema cimex</i>	10,53	20,00	7,69	3,85	NA	3,70	4,00	NA	11,54	14,81	4,17	4,00		
<i>Drepanotrema depressissimum</i>	5,26	NA	11,54	NA	3,70	11,11	4,00	7,69	NA	NA	NA	NA		
<i>Drepanotrema lucidum</i>	10,53	12,00	26,92	11,54	11,11	18,52	16,00	11,54	7,69	7,41	16,67	8,00		
<i>Gundlachia sp.</i>	10,53	NA	7,69	11,54	14,81	11,11	4,00	7,69	19,23	3,70	12,50	16,00		
<i>Gundlachia radiata</i>	NA	NA	NA	3,85	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4,00		
<i>Gundlachia ticaga</i>	5,26	4,00	NA	NA	3,70	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
<i>Lymnaea columella</i>	15,79	24,00	15,38	7,69	3,70	11,11	4,00	3,85	11,54	14,81	8,33	8,00		
<i>Melanooides tuberculata</i>	15,79	8,00	7,69	19,23	11,11	3,70	16,00	19,23	11,54	14,81	8,33	4,00		
<i>Physa acuta</i>	NA	4,00	3,85	NA	7,41	NA	8,00	3,85	NA	7,41	4,17	8,00		
<i>Physa marmorata</i>	36,84	52,00	34,62	42,31	29,63	37,04	28,00	15,38	15,38	29,63	12,50	28,00		
<i>Pomacea sp.</i>	10,53	4,00	19,23	19,23	14,81	11,11	20,00	15,38	15,38	11,11	16,67	12,00		

NA= Não se aplica

● Espécie constante

● Espécie acessória

● Espécie acidental

Considerando as estações de amostragem separadamente, a frequência de ocorrência de cada taxon variou bastante, havendo espécies constantes, acessórias e acidentais, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Frequência de ocorrência (%) das espécies de gastrópodes por estação de amostragem obtidas no período de julho de 2008 a julho de 2011, durante a fase de pré-enchimento do AHE Simplício Queda Única.

(Continua)

Estações de amostragem	<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema depressissimum</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Gundlachia sp.</i>	<i>Gundlachia radiata</i>	<i>Gundlachia ticaga</i>	<i>Lymnaea columella</i>	<i>Melanooides tuberculata</i>	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea sp.</i>
2	NA	9,09	45,45	9,09	9,09	NA	54,55	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9,09	NA
3	12,50	12,50	25,00	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	87,50	NA	50,00	NA
4	NA	NA	54,55	45,45	9,09	NA	63,64	9,09	9,09	NA	9,09	NA	NA	9,09	NA
6	NA	36,36	NA	NA	NA	9,09	9,09	9,09	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
7	NA	60,00	50,00	40,00	20,00	10,00	70,00	NA	NA	10,00	40,00	20,00	NA	80,00	80,00
8	NA	66,67	41,67	NA	NA	NA	25,00	16,67	NA	NA	8,33	NA	50,00	25,00	25,00
9	NA	NA	42,86	42,86	14,29	14,29	42,86	14,29	NA	NA	NA	NA	14,29	14,29	NA
10	NA	NA	54,55	9,09	27,27	9,09	NA	18,18	NA	NA	NA	9,09	NA	18,18	NA
12	NA	NA	25,00	16,67	8,33	8,33	NA	NA	NA	NA	8,33	50,00	NA	41,67	NA
13	NA	NA	8,33	8,33	NA	NA	NA	8,33	NA	NA	8,33	NA	NA	16,67	NA
14	8,33	NA	25,00	NA	NA	8,33	NA	16,67	NA	NA	8,33	NA	NA	16,67	NA
15	16,67	8,33	100	25,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	66,67	NA	NA	33,33	NA
16	NA	9,09	72,73	54,55	36,36	27,27	NA	27,27	NA	9,09	NA	NA	NA	72,73	NA
18	NA	NA	60,00	40,00	30,00	NA	10,00	20,00	NA	NA	NA	NA	NA	50,00	NA
19	NA	41,67	41,67	8,33	NA	NA	NA	8,33	NA	8,33	16,67	NA	NA	41,67	NA
20	NA	50,00	8,33	8,33	16,67	NA	16,67	25,00	NA	NA	16,67	NA	NA	16,67	NA
22	NA	NA	83,33	33,33	8,33	NA	NA	16,67	NA	NA	NA	NA	8,33	8,33	NA
25	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8,33	NA	NA	25,00	58,33	25,00	NA	25,00
26	NA	NA	41,67	83,33	NA	16,67	8,33	NA	NA	NA	8,33	NA	NA	50,00	NA
27	NA	75,00	16,67	NA	NA	NA	NA	NA	8,33	NA	NA	41,67	NA	16,67	83,33



Tabela 5. Frequência de ocorrência (%) das espécies de gastrópodes por estação de amostragem obtida período de julho de 2008 a julho de 2011, durante a fase de pré-enchimento do AHE Simplício Queda Única.

(Conclusão)

Estações de amostragem	<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema depressissimum</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Gundlachia sp.</i>	<i>Gundlachia radiata</i>	<i>Gundlachia ticaga</i>	<i>Lymnaea columella</i>	<i>Melanoides tuberculata</i>	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea sp.</i>
29	NA	8,33	58,33	NA	16,67	NA	NA	25,00	NA	NA	NA	NA	8,33	8,33	NA
30	NA	33,33	16,67	8,33	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	16,67	NA
31	NA	NA	58,33	16,67	NA	NA	66,67	NA	NA	NA	8,33	NA	NA	NA	NA
34	NA	8,33	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	66,67	NA	66,67	NA
37	NA	75,00	8,33	16,67	NA	NA	NA	16,67	NA	NA	50,00	NA	NA	16,67	75,00
38	NA	80,00	NA	10,00	NA	NA	NA	20,00	NA	NA	NA	NA	NA	20,00	80,00
40	NA	18,18	NA	18,18	NA	NA	NA	9,09	NA	NA	NA	NA	NA	63,64	18,18

NA= Não se aplica      ● Espécie constante      ● Espécie acessória      ● Espécie acidental

Considerando as 44 estações de amostragem investigadas no período de pós-enchimento, foram analisadas as 352 buscas, nas quais as espécies obtidas foram categorizadas como acessórias (*Pomacea sp.*, FA= 33,81%) e acidentais (*A. nordestensis*, FA= 1,14%; *B. straminea*, FA= 11,93%; *B. tenagophila*, FA= 19,03% *B. ingae*, FA= 0,28%; *D. anatinum*, FA= 9,38%; *D. cimex*, FA= 1,42%; *D. lucidum*, FA= 4,83%; *F. fragilis*, FA= 1,14%; *Gundlachia sp.*, FA= 2,27%; *G. ticaga*, FA= 4,83%, *L. columella*, FA= 9,09%; *M. tuberculata*, FA= 10,51% e *P. acuta*, FA=3,98% e *P. marmorata*, FA= 22,73%)

Considerando a data das expedições, a frequência de ocorrência de cada espécie variou, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Frequência de ocorrência (%) das espécies de gastrópodes obtidas no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016, durante a fase de pos-enchimento do AHE Simplício Queda Única.

Espécies	2014		2015				2016	
	set	nov	jan	mar	jun	ago	out	jan
<i>Antillorbis nordestensis</i>	4,55	2,27	NA	2,27	NA	NA	NA	NA
<i>Biomphalaria straminea</i>	11,36	18,18	6,82	11,36	13,64	13,64	11,36	9,09
<i>Biomphalaria tenagophila</i>	20,45	29,55	22,73	15,91	15,91	22,73	13,64	11,36
<i>Burnupia ingae</i>	NA	NA	NA	NA	NA	2,27	NA	NA
<i>Drepanotrema anatinum</i>	11,36	6,82	2,27	13,64	11,36	9,09	9,09	11,36
<i>Drepanotrema cimex</i>	2,27	4,55	NA	2,27	2,27	NA	NA	NA
<i>Drepanotrema lucidum</i>	2,27	2,27	4,55	2,27	6,82	NA	6,82	11,36
<i>Ferrissia fragilis</i>	NA	NA	NA	NA	4,55	2,27	2,27	NA
<i>Gundlachia sp.</i>	NA	2,27	2,27	NA	2,27	4,55	2,27	4,55
<i>Gundlachia ticaga</i>	9,09	4,55	2,27	4,55	2,27	11,36	4,55	NA
<i>Lymnaea columella</i>	9,09	13,64	2,27	6,82	13,64	11,36	13,64	2,27
<i>Melanoides tuberculata</i>	11,36	13,64	13,64	18,18	6,82	4,55	6,82	9,09
<i>Physa acuta</i>	NA	13,64	2,27	4,55	NA	4,55	4,55	2,27
<i>Physa marmorata</i>	25	27,27	13,64	22,73	25	22,73	25	20,45
<i>Pomacea sp.</i>	9,09	34,09	34,09	38,64	36,36	36,36	40,91	40,91

NA = Não se aplica      ● Espécie acessória      ● Espécie acidental

Considerando as estações de amostragem, a frequência de ocorrência de cada espécie variou, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Frequência de ocorrência (%) das espécies de gastrópodes por estação de amostragem, obtidas no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016, durante a fase de pós-enchimento do AHE Simplício Queda Única.

(Continua)

Estações de amostragem	<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Burnupia ingae</i>	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Ferrisia fragilis</i>	<i>Gundlachia sp.</i>	<i>Gundlachia itcaga</i>	<i>Lymanea columella</i>	<i>Melanooides tuberculata</i>	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea sp.</i>
4	NA	12,50	75,00	NA	25,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	37,50	25,00
7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,50	12,50	12,50	NA	NA	50,00	25,00
8	NA	25,00	NA	NA	87,50	NA	25,00	NA	NA	50,00	37,50	12,50	NA	37,50	NA
14	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,50	NA
15	NA	NA	75,00	NA	50,00	NA	12,50	NA	NA	25,00	25,00	NA	NA	75,00	NA
16	NA	100	NA	NA	37,50	25,00	37,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25,00	NA
22	25,00	NA	37,50	NA	12,50	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25,00	NA
24	NA	NA	37,50	NA	25,00	NA	NA	NA	NA	NA	37,50	NA	NA	12,50	25,00
25	NA	50,00	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	25,00	NA	NA	12,50	NA	12,50	25,00
26	NA	NA	25,00	NA	25,00	37,50	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
27	NA	75,00	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	62,50	NA	NA	25,00
29	NA	NA	62,50	NA	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	12,50	25,00
32	NA	50,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,50	37,50	12,50	25,00	NA
34	NA	25,0	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	NA	25,00	NA
35A	NA	NA	100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	37,50	NA	NA	87,50	NA
35B	NA	NA	87,50	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	100	NA	NA	87,50	NA
37	12,50	12,50	NA	NA	12,50	NA	12,50	NA	NA	50,00	NA	NA	NA	NA	12,50
38	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	NA
39	NA	NA	37,50	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	12,50	25,00	25,00	75,00	12,50	NA
43	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25,00
51	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25,00
57	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	12,50	25,00
58	NA	12,50	NA	NA	25,00	NA	NA	NA	NA	NA	25,00	NA	12,50	50,00	25,00
59	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	37,50	NA	62,50	25,00
60	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	62,50	25,00

Tabela 7. Frequência de ocorrência (%) das espécies de gastrópodes por estação de amostragem, obtidas no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016, durante a fase de pós-enchimento do AHE Simplício Queda Única.

(Conclusão)

Estações de amostragem	<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Burnupia ingae</i>	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Ferrisia fragilis</i>	<i>Gundlachia sp.</i>	<i>Gundlachia itcaga</i>	<i>Lymanea columella</i>	<i>Melanooides tuberculata</i>	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea sp.</i>
61	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	75,00	25,00
62	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	25,00	NA	NA	NA	NA	25,00
63	NA	50,00	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	37,50	12,50	25,00	25,00
64	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	62,50	25,00
65	NA	12,50	50,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25,00
66	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	25,00
67	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25,00
68	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25,00
69	NA	NA	37,50	NA	37,50	NA	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	62,50	NA
70	NA	62,50	NA	12,50	NA	NA	NA	12,50	12,50	25,00	25,00	12,50	37,50	12,50	25,00
71	NA	NA	50,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25,00	NA	NA	NA	12,50	25,00
72	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	50,00	NA	12,50	NA	12,50	12,50	NA	25,00	25,00
73	NA	NA	37,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	87,50	12,50	NA	25,00
74	NA	NA	62,50	NA	37,50	NA	12,50	NA	25,00	NA	25,00	NA	NA	12,50	NA
75	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25,00
77	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
78	NA	12,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12,50	NA	NA

NA= Não se aplica      ● Espécie constante      ● Espécie acessória      ● Espécie acidental

Quando comparada a presença das espécies entre os períodos de pré e pós-enchimento dos reservatórios, nas 21 estações de amostragem analisadas, houve um aumento na riqueza em quatro estações de amostragem (EA n<sup>os</sup> 24, 34, 39 e 51), uma diminuição em 15 estações (EA n<sup>os</sup> 4, 7, 8, 14, 16, 22, 26, 27, 29, 35A, 35B, 37, 38, 40 e 43) e nenhuma alteração em duas (EA n<sup>os</sup> 15 e 26).

Para avaliar essas alterações em relativas à frequência de ocorrência das espécies, as estações de amostragem 35A, 35B, 39, 43 e 51 não foram consideradas, devido ao reduzido número de amostragens realizado no período de pré-enchimento. Houve espécie observada apenas na fase de pré-enchimento (*D. depressissimum*); outras se mantiveram na mesma categoria em ambos os períodos e *F. fragilis* foi a única restrita ao período de amostragem após a formação dos reservatórios (Tabela 8). Nas estações de amostragem nºs 24 e 40, nenhum molusco foi encontrado no período de pré-enchimento e pós-enchimento, respectivamente.

Tabela 8. Categorias da frequência de ocorrência de gastrópodes em 16 estações de amostragem comparadas nos períodos de pré-enchimento e pós-enchimento do AHE Simplício Queda Única. (Continua)

Espécies	Estações de amostragem	Pre-enchimento	Pós-enchimento
<i>Antillorbis nordestensis</i>	14, 15	Acidental	-
	37, 43	-	Acidental
	22	-	Acessória
<i>Biomphalaria straminea</i>	15, 29, 40	Acidental	-
	4, 51	-	Acidental
	25	-	Acessória
	34	Acidental	Acessória
	8	Acessória	Constante
	37,	Constante	Acidental
	7, 38	Constante	-
	27	Constante	Constante
16	Acidental	Constante	
<i>Biomphalaria tenagophila</i>	25, 27	Acidental	Acidental
	37	Acidental	-
	14	-	Acidental
	26	Acessória	Acessória
	7, 8, 14	Acessória	-
	24, 39	-	Acessória
	16	Constante	-
	22	Constante	Acessória
4, 15, 29	Constante	Constante	
<i>Drepanotrema anatinum</i>	37, 38	Acidental	Acidental
	40	Acidental	-
	22	Acessória	Acidental
	4, 15	Acessória	Acessória
	7	Acessória	-
	16, 26	Constante	Acessória
	24	-	Acessória
8	-	Constante	
<i>Drepanotrema cimex</i>	4, 7, 22, 29	Acidental	-
	16, 26	Acessória	Acessória
<i>Drepanotrema lucidum</i>	26	Acidental	Acidental
	15, 22, 27, 37	-	Acidental
	8	Acessória	Acessória
	16	-	Acessória
	4, 7	Constante	-

Tabela 8. Categorias da frequência de ocorrência de gastrópodes em 16 estações de amostragem comparadas nos períodos de pré-enchimento e pós-enchimento do AHE Simplício Queda Unica.

Espécies	Estações de amostragem	(Conclusão)	
		Pre-enchimento	Pós-enchimento
<i>Drepanotrema depressissimum</i>	7, 14, 26	Acidental	-
	16	Acessória	-
<i>Ferrissia fragilis</i>	39	-	Acidental
<i>Gundlachia</i> sp.	16	Acessória	-
	29	Acessória	Acidental
	25	Acidental	Acessória
	4, 8, 14, 22, 37, 38, 40	Acidental	-
	7	-	Acidental
<i>Gundlachia radiata</i>	4, 27	Acidental	-
<i>Gundlachia ticaga</i>	7	Acidental	Acidental
	16	Acidental	-
	38, 39	-	Acidental
	8, 15, 37	-	Acessória
<i>Lymnea columella</i>	4, 14, 26	Acidental	-
	25, 37	Acessória	-
	8, 24, 39	-	Acessória
	7	Acidental	Acidental
	15	Constante	Acessória
<i>Melanooides tuberculata</i>	7	Acidental	-
	8	-	Acidental
	39	-	Acessória
	27	Acessória	Constante
	25	Constante	Acidental
	34	Constante	Constante
<i>Physa acuta</i>	22, 29	Acidental	-
	8, 25	Acessória	-
	39	-	Constante
<i>Physa marmorata</i>	40	Acidental	-
	8	Acessória	-
	4, 24, 29, 43, 51	-	Acessória
	25	Acessória	Acessória
	7, 27	Constante	Acessória
	37, 38	Constante	-
<i>Pomacea</i> sp.	14, 29, 37	Acidental	Acidental
	4	Acidental	Acessória
	22	Acidental	Acessória
	8	Acessória	Acessória
	7, 16	Constante	Acessória
	15	Acessória	Constante
	27, 38	Acidental	-
	26	Acessória	-
	24, 25, 39	-	Acidental
	34	Constante	Acessória
40	Constante	-	

- = Nenhum exemplar foi encontrado

Categorias: constante (FA>50%), acessória (25% ≥ FA ≤ 50%) e acidentais (FA< 25%).

### 4.3 Abundância da malacofauna límnic

Das 15 espécies analisadas no período de pós-enchimento dos reservatórios do AHE Simplício Queda Única, a família Planorbidae foi a mais representativa (37,2%), seguida de Ampullariidae (26,4%), Physidae (22,9%), Lymnaeidae (8,2%), Thiaridae (3%) e Ancyliidae (2,2%). Quando comparada a abundância relativa das espécies, observa-se que *Pomacea* sp. foi a mais abundante (26,36%), enquanto as demais espécies apresentaram os seguintes valores: *B. tenagophila* (22,62%), *P. marmorata* (15,54%), *B. straminea* (10,87%), *L. columella* (8,21%), *P. acuta* (7,36%), *M. tuberculata* (3,0%), *D. anatinum* (2,63%), *G. ticaga* (1,53%), *D. lucidum* (0,64%), *Gundlachia* sp. (0,48%), *D. cimex* (0,40%), *F. fragilis* (0,22%), *A. nordestensis* (0,07%) e *B. ingae* (0,02%).

Considerando cada estação de amostragem e espécies obtidas durante todo o período de pós-enchimento, nenhuma se mostrou muito abundante, abundante ou pouco abundante (Tabela 9). É interessante notar que as espécies com maior abundância, *B. tenagophila* e *Pomacea* sp., presentes em 18 e 26 estações de amostragem, respectivamente, mantiveram-se enquanto espécies esporádicas.

Tabela 9. Abundância relativa (%) dos gastrópodes límnicos observados nas 44 estações de amostragem do AHE Simplício Queda Única, no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016. (Continua)

Estações de Amostragem	<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Bumupia ingae</i>	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Ferrissia fragilis</i>	<i>Gundlachia</i> sp.	<i>Gundlachia ticaga</i>	<i>Lymnaea columella</i>	<i>Melanooides tuberculata</i>	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea</i> sp.
62								0,13		0,08					0,03
65		0,11	0,35											0,14	0,21
66												0,06			0,21
67															0,14
69			0,26		0,10						0,05			0,34	
71			0,38				0,13			0,35				0,11	0,72
72					0,06				0,02		0,02	0,02		0,11	1,02
24			0,26		0,29						0,19			0,05	0,06
25		1,20	0,03						0,08			0,03		0,16	1,74
26			0,06		0,30	0,27	0,03								

Tabela 9. Abundância relativa (%) dos gastrópodes límnicos observados nas 44 estações de amostragem do AHE Simplicio Queda Única, no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016. (Conclusão)

Estações de Amostragem	<i>Antillorbis nordestensis</i>	<i>Biomphalaria straminea</i>	<i>Biomphalaria tenagophila</i>	<i>Burnupia ingae</i>	<i>Drepanotrema anatinum</i>	<i>Drepanotrema cimex</i>	<i>Drepanotrema lucidum</i>	<i>Ferrissia fragilis</i>	<i>Gundlachia sp.</i>	<i>Gundlachia ticaga</i>	<i>Lymnaea columella</i>	<i>Melanooides tuberculata</i>	<i>Physa acuta</i>	<i>Physa marmorata</i>	<i>Pomacea sp.</i>
73			2,04									0,59	0,06		2,59
27		0,59					0,03					0,48			0,45
29			0,80											0,02	0,02
74			0,24		0,24		0,02		0,21					0,06	
34		0,29			0,02				0,14		0,03			0,41	
75												0,54			0,13
76															
35A			3,26					0,06			0,27			4,09	
36B			6,16								6,65			3,80	
37	0,02	0,03			0,02		0,13			0,13				0,02	
38					0,06					0,18					
40															
77					0,18										
57		0,22					0,02				0,02			0,10	0,46
4		0,02	4,76		0,00									0,04	0,03
58		0,08			0,07						0,05		0,03	0,43	0,91
8		0,14			0,97		0,10			0,10	0,06	0,02		0,19	
14			0,32											0,06	
15			1,34		0,22		0,02			0,02	0,19			0,48	
16		1,02			0,06	0,13	0,06							0,03	
22	0,03		0,64		0,02		0,10							0,27	
51		1,34													1,16
78		0,48											0,03		
59			0,01									0,07		0,24	0,93
60														0,36	1,24
61							0,02							0,28	2,49
64												0,03			1,17
63		3,46	0,30									0,16	0,02	0,03	1,17
68															0,41
70		0,72		0,02										0,57	4,52
32		1,17													0,03
39			1,42					0,02		0,34	0,45	0,93	6,76	3,00	
43	0,02														3,14
7									0,02	0,04	0,02			0,14	0,56



No que se refere às oito expedições após a formação dos reservatórios, a de novembro de 2014 (2ª expedição) apresentou o maior número de exemplares coletados (870), representando 14,66% de toda a amostragem.

A expedição de setembro de 2014 (1ª expedição) foi a menos representativa, com 564 exemplares coletados, correspondendo a 9,50% do total de moluscos amostrados. A abundância relativa das espécies, segundo cada família observada em cada expedição, encontra-se na Tabela 10.

Tabela 10. Abundância relativa (%) de gastrópodes límnicos nas oito expedições realizadas no AHE Simplício Queda Única, entre setembro de 2014 e janeiro de 2016.

Espécies	2014		2015				2016	
	set	nov	jan	Mar	jun	ago	out	jan
<b>Ampullariidae</b>								
<i>Pomacea</i> sp.	9,11	25,83	41,13	42,64	27,47	17,99	15,29	25,64
<b>Ancylidae</b>								
<i>Burnupia ingae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00
<i>Ferrissia fragilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,55	1,06	0,00
<i>Gundlachia ticaga</i>	5,18	0,64	0,12	3,05	0,11	3,57	0,66	0,00
<i>Gundlachia</i> sp.	0,00	0,43	0,12	0,00	0,21	1,10	1,73	0,32
<b>Lymnaeidae</b>								
<i>Lymnaea columella</i>	3,92	7,04	7,05	11,89	9,97	14,15	6,91	3,34
<b>Physidae</b>								
<i>Physa acuta</i>	0,00	6,94	0,94	1,44	0,00	16,35	20,48	16,56
<i>Physa marmorata</i>	20,72	9,18	12,46	6,60	27,58	18,54	12,63	17,20
<b>Planorbidae</b>								
<i>Antillorbis nordestensis</i>	0,31	0,11	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Biomphalaria straminea</i>	13,50	16,57	5,52	9,90	11,56	2,75	16,49	9,24
<i>Biomphalaria tenagophila</i>	38,78	23,48	28,91	17,72	18,46	19,78	15,96	20,22
<i>Drepanotrema anatinum</i>	3,77	0,85	0,47	1,86	3,08	4,67	3,59	3,82
<i>Drepanotrema cimex</i>	1,73	0,85	0,00	0,13	0,53	0,00	0,00	0,00
<i>Drepanotrema lucidum</i>	0,16	0,11	0,94	0,80	0,53	0,00	0,80	2,07
<b>Thiaridae</b>								
<i>Melanoides tuberculata</i>	2,83	7,58	2,35	3,81	0,32	0,41	4,39	1,59

#### 4.4 Diversidade de moluscos

A análise de escalonamento multidimensional (Figura 8) mostrou a similaridade entre determinadas estações de amostragem, evidenciando a formação de um maior grupo, considerando a similaridade (pontos próximos) na



cada parâmetro analisado foram: (a) temperatura da água, 35,5°C (jan/2015) e 16,5°C (jun/2015); (b) pH, 9,66 (nov/2014) e 4,85 (jan/2016); (c) condutividade, 264,20 S/cm (jan/2016) e 6,75 S/cm (set/2014); (d) turbidez, 91,40 NTU (nov/2014) e 0,00 NTU (jun/2015); (e) dureza de cálcio, 100,0 mg/L CaCO<sub>3</sub> (out/2015) e 0,00 mg/L CaCO<sub>3</sub> (set/2014, ago/2015 e out/2015) e (f) N-amônia 0,51 mg/L (out/2015) e 0,00 (set/2014 a out/2015).

Tabela 11. Valores mínimos (Mn), máximos (Mx) e médios (Me) dos parâmetros abióticos da água do AHE Simplício Queda Única nas estações de amostragem durante o período de setembro de 2014 a janeiro de 2016.

		set/14	nov/14	jan/15	mar/15	jun/15	ago/15	out/15	jan/16
Temperatura (°C)	Mn	-	23,10	24,30	23,70	16,50	19,10	22,40	24,40
	Mx	-	34,10	35,50	31,90	26,60	24,70	27,20	31,20
	Me	-	28,19	30,92	26,82	21,94	22,24	24,30	27,74
pH	Mn	5,19	5,38	5,84	5,60	5,25	5,59	5,47	4,85
	Mx	6,95	9,66	8,53	6,97	6,55	8,30	8,93	6,30
	Me	6,56	6,68	7,15	6,24	6,01	6,62	6,58	5,88
Condutividade (S/cm)	Mn	6,75	31,70	39,40	37,20	45,10	48,60	38,00	49,20
	Mx	99,80	111,00	116,00	166,00	253,10	255,00	157,20	264,20
	Me	65,35	56,71	82,06	66,12	86,10	102,23	75,50	93,33
Turbidez (NTU)	Mn	0,26	0,04	0,04	0,04	0,00	0,04	0,04	0,13
	Mx	14,80	91,40	4,96	1,90	65,00	5,56	55,20	4,28
	Me	4,18	8,66	0,66	0,26	5,07	0,67	4,52	1,03
Dureza de cálcio (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Mn	0,00	9,10	9,53	9,09	4,54	0,00	0,00	4,54
	Mx	40,90	59,10	42,92	68,18	59,10	72,73	100,00	86,36
	Me	13,96	21,30	22,93	23,09	14,06	10,16	18,04	16,05
N-Amônia (mg/L)	Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
	Mx	0,08	0,32	0,19	0,49	0,17	0,34	0,51	0,20
	Me	0,03	0,06	0,04	0,06	0,02	0,02	0,08	0,08

A análise de variância (ANOVA) demonstrou diferença significativa entre os valores abióticos da condutividade, tanto entre as expedições quanto entre as estações de amostragem. Entretanto, em três parâmetros (temperatura da água, pH e turbidez) houve diferença significativa entre as expedições, mas não entre as estações de amostragem. O teste de Kruskal-Wallis, utilizado somente para o

parâmetro amônia, por não ter apresentado distribuição normal, indicou não haver diferença significativa entre os valores encontrados, em relação às estações de amostragem e às expedições.

Tabela 12. Valores da análise estatística (\*Kruskal-Wallis;\*\* ANOVA) dos fatores abióticos entre as expedições realizadas e entre estações de amostragem.

Fatores abióticos	Expedições		Estações de Amostragem	
Amônia*	H= -17,74	p=1	H= 21,61	p= 0,906
Condutividade**	F= 6,299	p= 1,027 <sup>-06</sup>	F=4,715	p= 1,082 <sup>-12</sup>
pH**	F= 20,4	p= 1,62-18	F= 1,149	p= 0,282
Temperatura**	F= 62,09	p = 5,646 <sup>-43</sup>	F= 1,339	p= 0,119
Turbidez**	F= 3,132	p= 0,003	F= 1,029	p= 0,4322

A análise de regressão linear múltipla, que buscou verificar relação significativa entre os valores desses parâmetros abióticos obtidos e a abundância específica, foi testada apenas com seis espécies, sendo duas exóticas (*M. tuberculata* e *P. acuta*) e quatro com importância médica e veterinária (*B. straminea*, *B. tenagophila*, *L. columella* e *Pomacea* sp.).

Os resultados mostraram haver relação significativa entre os parâmetros abióticos e a abundância dessas espécies, com exceção de *L. columella* e *P. acuta* (Tabela 13).

Tabela 13. Resultado da análise de regressão linear múltipla para abundância das espécies *Biomphalaria straminea*, *Biomphalaria tenagophila*, *Lymnaea columella*, *Melanoides tuberculata*, *Physa acuta* e *Pomacea* sp. e os parâmetros abióticos temperatura da água, pH, condutividade e turbidez.

Espécies	Temperatura da água	pH	Condutividade	Turbidez
<i>Biomphalaria straminea</i>	0,898	0,759	0,051	0,002
<i>Biomphalaria tenagophila</i>	0,172	0,106	0,293	0,482
<i>Lymnaea columella</i>	0,207	0,927	0,652	0,803
<i>Melanoides tuberculata</i>	0,315	0,423	0,016	0,084
<i>Physa acuta</i>	0,883	0,901	0,733	0,795
<i>Pomacea</i> sp.	0,178	0,510	0,666	0,826

P<0,05

Com base nos resultados acima, a abundância das espécies e as variáveis abióticas foram analisadas através de Modelos Lineares Generalizados (GLM) para *B. straminea* (condutividade e turbidez); *B. tenagophila* (condutividade, potencial hidrogeniônico e turbidez), *M. tuberculata* (condutividade e turbidez), por terem mostrado relação significativa com dois ou mais parâmetros. Para explicar a variação na abundância de *B. straminea*, o único modelo plausível observado foi somente com a turbidez, que apresentou uma relação direta com a abundância da espécie (Tabela 14). Dentre os modelos propostos para *M. tuberculata*, o único modelo plausível foi somente com a condutividade, que apresentou uma relação inversa com a abundância (Tabela 14). Para *B. tenagophila*, o modelo nulo e o modelo somente com o pH foram plausíveis, o que indica uma possível relação da abundância com pH e ausência de relação com as outras variáveis (Tabela 14).

Tabela 14. Resultado dos modelos lineares generalizados para as espécies *Biomphalaria straminea*, *Biomphalaria tenagophila* e *Melanoides tuberculata* e as variáveis abióticas que mostraram relação significativa com a abundância das espécies.

Espécie	Modelo	AICc	$\Delta$	W
<i>Biomphalaria straminea</i>	turbidez	<b>33,473</b>	0,00	<b>0,94</b>
	condutividade, turbidez	40,280	6,81	0,03
	Nulo	41,455	7,98	0,02
	condutividade	41,543	8,07	0,02
<i>Melanoides tuberculata</i>	condutividade	<b>27,006</b>	0,00	<b>0,71</b>
	Nulo	29,714	2,71	0,18
	turbidez	31,003	4,00	0,10
	condutividade, turbidez	35,162	8,16	0,01
<i>Biomphalaria tenagophila</i>	Nulo	<b>44,063</b>	0,00	<b>0,48</b>
	pH	45,881	1,82	0,41
	condutividade	48,066	4,00	0,06
	turbidez	48,948	4,89	0,04
	pH, turbidez	54,250	10,19	0,00
	condutividade, turbidez	57,369	13,31	0,00
	pH, condutividade	57,970	13,91	0,00
	pH, condutividade, turbidez	72,446	28,38	0,00

Em negrito, os valores que se mostraram plausíveis.

O resultado da regressão linear mostrou não haver relação de significância entre a presença de *Pomacea* sp. e a abundância de *B. straminea* ( $R=0,242$ ;

$p=0,113$ ) e de *Pomacea* sp. em relação à *B. tenagophila* ( $R=0,137$ ;  $p=0,374$ ). A análise através do Índice de Jaccard, no que se refere à presença de *B. straminea*, *B. tenagophila* e *Pomacea* sp., nas 16 estações de amostragem analisadas, apresentou baixos valores, sendo  $S_j = 0,31$  quando avaliadas as espécies *B. straminea* e *Pomacea* sp. e  $S_j = 0,29$  para *B. tenagophila* e *Pomacea* sp. O resultado do Índice de Jaccard evidenciou a dissimilaridade entre as estações amostradas.

Nenhuma dessas análises foi realizada com as espécies *M. tuberculata* e *Biomphalaria* spp., devido aos baixos índices de ocorrência e abundância do tiarídeo competidor, diferentemente do ocorrido com *Pomacea* sp.

#### **4.6 Helmintofauna associada aos gastrópodes límnicos**

A pesquisa de formas larvais de trematódeos não revelou moluscos parasitados por *S. mansoni*, embora tenha sido registrada a ocorrência de duas espécies transmissoras naturais deste parasito, tendo sido examinados 1.178 exemplares de *B. tenagophila* e 663 de *B. straminea*. É importante ressaltar que foram obtidos moluscos parasitados por formas larvais de trematódeos da família Schistosomatidae, sendo estas associadas a trematódeos de aves. Assim como não foram observados moluscos infectados por *S. mansoni*, nenhum molusco foi encontrado parasitado por *F. hepatica*, embora tenham sido examinados 366 exemplares de *L. columella*, principal hospedeiro intermediário desse trematódeo no Brasil.

Foram caracterizados seis tipos larvais (Brevifurcate Apharingeate cercaria, Echinostome cercaria, Ornatae cercaria, Strigea cercaria, Ubiquita cercaria e Virgulate cercaria) (Figura 9) nas espécies *B. straminea*, *B. tenagophila* e *L. columella*, e em uma espécie de *Pomacea*, nos meses de janeiro (2015 e 2016), março (2015), junho (2015), agosto (2015), setembro (2014), outubro (2015) e novembro (2014) (Tabela 15).

O tipo larval mais presente foi Ubiquita cercaria, encontrado em *Pomacea* sp. (nove ocorrências em quatro estações de amostragem: EA nºs 25, 43, 51 e 70)

e *B. tenagophila* (três ocorrências em três estações de amostragem: EA n<sup>os</sup> 4, 15 e 29). Considerando a quantidade de moluscos parasitados, predominou *Pomacea* sp. (55 moluscos) *B. tenagophila* (11 moluscos) *B. straminea* (2 moluscos) e *L. columella* (1 molusco) (Tabela 15).

Tabela 15. Tipos cercarianos obtidos em gastrópodes nas estações de amostragem do AHE Simplício Queda Única no período de setembro de 2014 a janeiro de 2016.

Molusco	Tipo cercariano	Total de moluscos		Estação de Amostragem	Expedição
		analisados	Infectados		
<i>Biomphalaria straminea</i>	Echinostome cercaria	8	1	51	out/15
	Strigea cercaria	27	1	16	jan/15
<i>Biomphalaria tenagophila</i>	Echinostome cercaria	46	1	73	set/14
		20	2	14	set/14
	Strigea cercaria	18	2	73	nov/14
		10	1	22	set/14
	Ubiquita cercaria	25	1	15	nov/14
		25	2	15	nov/14
		16	1	29	mar/15
<i>Lymnaea columella</i>	Ornatae cercaria	33	2	4	mar/15
<i>Pomacea</i> sp.	Brevifurcate Apharingeate cercaria	3	1	15	set/14
		22	1	70	ago/15
	Strigea cercaria	18	1	70	out/15
		12	1	59	jan/15
		57	1	43	mar/15
	Ubiquita cercaria	10	1	61	jun/15
		9	1	13	set/14
		32	7	70	set/14
		13	1	43	jan/15
		59	2	70	jan/15
		57	2	43	mar/15
		38	1	70	mar/15
	Virgulate cercaria	12	3	70	jun/15
		33	1	51	jun/15
		21	2	70	jan/16
59		4	70	jan/15	
38		4	70	mar/15	
57		7	43	mar/15	
12		2	70	jun/15	
2		2	63	jun/15	
31	2	43	jun/15		
22	3	70	ago/15		
18	4	70	out/15		
21	2	70	jan/16		

A estação de amostragem que apresentou maior número de interações parasitárias foi a de nº70, em Sapucaia, onde foram encontrados moluscos parasitados em setembro de 2014 (*Pomacea* sp. com Ubiquita cercaria), janeiro de 2015 (*Pomacea* sp. com Ubiquita cercaria e com Virgulate cercaria), março de 2015 (*Pomacea* sp. com Ubiquita cercaria), junho de 2015 (*Pomacea* sp. com Ubiquita cercaria e com Virgulate cercaria), agosto de 2015 (*Pomacea* sp. com Brevifurcate Apharingeate cercaria e com Virgulate cercaria), outubro de 2015 (*Pomacea* sp. com Brevifurcate Apharingeate cercaria e com Virgulate cercaria) e janeiro de 2016 (*Pomacea* sp. com Ubiquita cercaria e com Virgulate cercaria).

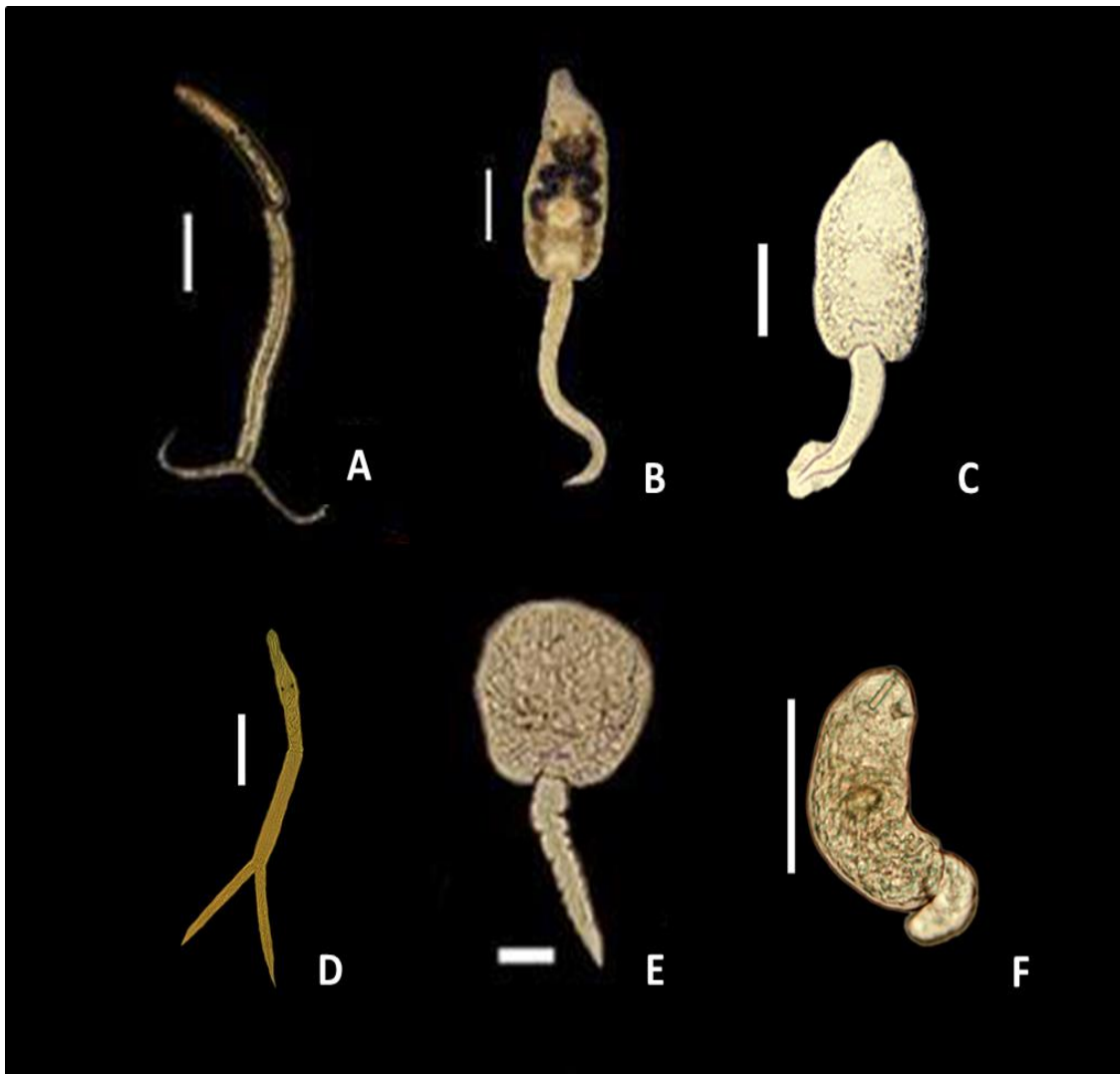


Figura 9. Helmintofauna associada aos gastrópodes da área do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplicio Queda Única. Fase de pós-enchimento. Legenda: Brevifurcate-apharigeate cercaria (A), Echinostome cercaria (B), Omatae cercaria (C), Strigea cercaria (D), Ubiquita cercaria (E), Virgulate cercaria (F). Escala: 0,1 mm. Fotos A a F: Acervo LABMAL.



Inversamente, em nove estações de amostragem, foi encontrada apenas uma dessas interações EA nº 25 *Pomacea* sp. com Ubiquita cercaria (setembro/2014); EA nº29 *B. tenagophila* com Ubiquita cercaria (março/2015); EA nº16 *B. straminea* com Strigea cercaria (janeiro/2015); EA nº4 *B. tenagophila* com Ubiquita cercaria (março/2015); EA nº59 *Pomacea* sp. com Strigea cercaria (janeiro/2015); EA nº 63 *Pomacea* sp. com Virgulate cercaria (junho/2015); EA nº 61 *Pomacea* sp. com Strigea cercaria (junho/2015); EA nº 22 *B. tenagophila* com Strigea cercaria (setembro/2014) e EA nº 14 *B. tenagophila* com Echinostome cercaria (setembro/2014).

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Malacofauna do AHE Simplício Queda Única

A análise da malacofauna do AHE Simplício Queda Única confirmou a ampla ocorrência de espécies importantes para a saúde pública e ambiental, como os gastrópodes *B. straminea*, *B. tenagophila* e *L. columella*, além dos moluscos exóticos *M. tuberculata* e *P. acuta*. Thiengo *et al.* (2002) relataram a ocorrência destas espécies na Mesorregião Centro-Fluminense do estado do Rio de Janeiro, embora na época, *P. acuta* fosse identificada como *Physa cubensis* Pfeiffer, 1839. Considerando o resultado destes autores e os dados obtidos na área de influência do AHE Simplício Queda Única, pode-se observar o registro de novas ocorrências no estado do Rio de Janeiro, como por exemplo: *B. straminea* em Carmo; *A. nordestensis* em Sapucaia e *G. ticaga* em Três Rios. Para os municípios do estado de Minas Gerais, a maioria dos registros é nova, como *G. radiata* em Chiador, devido à inexistência de levantamentos malacológicos nesses municípios.

Dentre as espécies com importância médica, destacam-se *B. tenagophila* e *B. straminea*, a primeira por ser a responsável por focos de transmissão de *S. mansoni* no Sudeste do país (focos nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo), enquanto a segunda é a mais distribuída pelo território nacional, responsável por áreas endêmicas no Nordeste e com maior adaptação às variações climáticas e condições ecológicas (Paraense, 1986). Essas espécies foram observadas em sintopia em cinco locais nos municípios de Três Rios, no estado do Rio de Janeiro, e em Além Paraíba e Chiador, em Minas Gerais, fato anteriormente relatado por outros autores, como Thiengo *et al.* (2001) no município de Niterói, estado do Rio de Janeiro.

No Brasil, há registros de *B. straminea* e *B. tenagophila* para 24 e 10 estados, respectivamente, além do Distrito Federal (Carvalho *et al.*, 2008). Conforme estes autores, *B. straminea* ocorre em 1.325 municípios brasileiros e *B. tenagophila*, em 603 municípios. Com base no presente trabalho, a ocorrência dessas espécies aumenta para 1.328 e 604, respectivamente, pela inserção de ocorrência da primeira espécie em outros três municípios (Além Paraíba, Carmo e Chiador) e da segunda em Além Paraíba, com dois registros anteriores de *B.*

*tenagophila* para este município, sendo um proveniente de um córrego na localidade Santa Monica, coletado em 23 de setembro de 1983 (CMIOC 2892) e o outro, de vala na localidade Sítio Branco, em 26 de julho de 1987 (CMIOC 3932).

Das demais espécies transmissoras de trematódeos, destacam-se *L. columella* e *M. tuberculata*. A ocorrência de *L. columella* na área de influência do AHE Simplício Queda Única confirma os registros desta espécie assinalados por Thiengo *et al.* (2002) para o estado do Rio de Janeiro e amplia o registro para Minas Gerais, onde Medeiros *et al.* (2014) assinalaram sua presença em 40 municípios, mas não em Além Paraíba e Chiador. Embora os resultados obtidos tenham mostrado uma redução no índice de ocorrência desta espécie (período de pré-enchimento e pós-enchimento: 10,56% e 9,09%, respectivamente), observou-se na estação de amostragem nº8 (Chiador) o inverso (pré e pós-enchimento, índices de frequência de ocorrência de 8,33% e 37,5%, respectivamente). Este fato reforça a necessidade da vigilância epidemiológica quanto à transmissão da fasciolose, devido à presença de rebanhos na região (Avellar, 2014), aliado aos resultados de Nuernberg (1983), que registrou no município de Três Rios, 35,8% de positividade para *F. hepatica* em bovinos.

O molusco de exótico *M. tuberculata* havia sido registrado em Carmo e Sapucaia (Thiengo *et al.* 2002), mas não em Três Rios, Chiador e Além Paraíba. Em Três Rios, *M. tuberculata* foi observado em duas estações de amostragem durante a implantação do AHE Simplício Queda Única, mas não no período seguinte. De acordo com Pointier e Delay (1995), esse tiarídeo pode ser caracterizado como uma espécie invasora, devido às suas características biológicas, reprodutivas e à grande capacidade de adaptação ao ambiente. Alguns autores (Thiengo *et al.* 2005; Suriani *et al.* 2007; Fernandez, 2011; Buchmann, 2014) documentaram sua capacidade de colonização em ambientes impactados pela formação de reservatórios.

Embora não tenha sido avaliada a relação entre a abundância de *M. tuberculata* e as populações de *Biomphalaria* spp., há registros na literatura evidenciando a competição entre *M. tuberculata* e outras espécies de gastrópodes. Em estudo realizado nas represas de Bariri e Ibitinga, Suriani *et al.* (2007) observaram a redução de espécies nativas. O mesmo foi verificado por Pointier e Jourdane (2000) na ilha de Santa Lucia, quando foi registrada não somente a redução da população de *B. glabrata*, como a manutenção dessa espécie em

baixas densidades. Thiengo *et al.* (2005) observaram a diminuição do molusco nativo *Aylacostoma tenuilabris* (Reeves, 1960) no rio Tocantins, após a construção da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa, e o aparecimento de densas populações de *M. tuberculata* no reservatório formado.

Outros moluscos exóticos foram observados e podem alterar a biodiversidade do local, como as espécies de Corbiculidae e *P. acuta*. Embora o presente estudo não tenha analisado quantitativamente *Corbicula* spp., a presença de duas espécies exóticas merece destaque. Mansur *et al.* (2004) relataram a capacidade de dispersão e colonização de *C. fluminea* e *C. largillierti* e ressaltaram que a introdução das mesmas no ambiente pode provocar a diminuição das espécies de Bivalvia nativas, além de acarretar prejuízos às usinas hidrelétricas quando suas populações atingem alta densidade. O presente trabalho não registrou estas espécies na área de influência do AHE Simplício após a formação do reservatório porque estes bivalves, normalmente, encontram-se semi-enterrados e a técnica de coleta utilizada não é apropriada. No período de pré-enchimento, estas espécies foram obtidas no rio Paraíba do Sul porque o fluxo hídrico do mesmo estava reduzido, devido à estiagem e à interferência das obras.

Quanto à *P. acuta*, embora a frequência de ocorrência tenha sido praticamente igual (pré e pós-enchimento, índices de 3,96% e 3,97%, respectivamente), após a formação dos reservatórios, no município de Sapucaia, uma estação de amostragem (EA nº 39) favoreceu o aparecimento deste molusco exótico e o estabelecimento da população. Neste local, 44 exemplares foram coletados em novembro de 2014, pela primeira vez, mostrando-se presente em cinco, dentre as seis expedições seguintes. Recentemente, Fernandez e Thiengo (2016) relataram o declínio da espécie nativa *P. marmorata* no rio Tocantins, Goiás, após a formação do reservatório da UHE Serra da Mesa e a introdução de *P. acuta*, fato que pode vir a ocorrer na área de influência do AHE Simplício Queda Única, embora, até o momento, a população da espécie nativa mostre-se mais distribuída do que a espécie exótica. Dentre as 21 estações de amostragem analisadas comparativamente em ambos os períodos de estudo, em apenas uma (EA nº 39, Sapucaia) estas duas espécies ocorrerem em sintopia, havendo superioridade de *P. acuta* sobre *P. marmorata* quanto ao índice de frequência de ocorrência.

Com relação às demais espécies, após a instalação do AHE Simplício Queda Única, foi verificada a diminuição da riqueza do gênero *Drepanotrema*, com a ausência de *D. depressissimum*, anteriormente presente. A ausência de espécies deste gênero também foi relatada por Buchmann (2014) no reservatório da UHE Cana Brava, no município de Minaçu, estado de Goiás. Segundo o autor, na fase de operação da usina, não foram encontrados espécimes de *D. cimex*, observados na fase pré-enchimento. O mesmo autor reportou a ausência dos ancilídeos *Laevapex fuscus* Adams, 1841, *B. ingae* e *Ferrissia gentilis* Lanzer, 1991, no município de Minaçu, Goiás, na área do reservatório da UHE Cana Brava, onde anteriormente à formação do lago, essas espécies haviam sido registradas por Thiengo *et al.* (2005).

Lopes (2012) ampliou a distribuição dos ancilídeos *Ferrissia*, *Gundlachia* e *Hebetancylus* no estado do Rio de Janeiro para o município de Três Rios, e registrou pela primeira vez a ocorrência de *Burnupia* para o estado de Minas Gerais. Os resultados obtidos entre 2014 e 2016 confirmaram os de Lopes (2012). Segundo Santos *et al.* (2003), *G. radiata* e *G. ticaga* apresentam ampla distribuição geográfica e, com base nos resultados de Thiengo *et al.* (2005) e Fernandez (2011), somados ao do presente trabalho, mostram-se bem adaptados a áreas de reservatórios formados pela instalação de usinas hidrelétricas, exceto para o gênero *Hebetancylus*.

Quanto aos ampuláriídeos, destaca-se *Pomacea* sp., por ser a única espécie pertencente à família presente, a segunda com a maior representatividade na área do AHE Simplício Queda Única, seguida por Planorbidae, com sete espécies. Destaca-se ainda a distribuição, no que se refere à frequência de ocorrência deste molusco, considerando toda a área amostrada, ao longo dos dois períodos de estudo, nos quais (na fase de pré-enchimento dos reservatórios), o molusco caracterizava-se como acidental e no período seguinte, como acessório. Já, considerando as estações de amostragem separadamente, ocorreu o inverso, onde se apresentou constante em quatro estações de amostragem antes da formação dos reservatórios e, na fase seguinte, em apenas uma estação de amostragem. É importante ressaltar que foi encontrada nas oito expedições realizadas, em diversos biótopos ricos em matéria orgânica, com presença ou não de macrófitas aquáticas e, majoritariamente, em grande quantidade de indivíduos.

Embora haja registros de *Pomacea* spp. atuando como competidores de Planorbidae (Guimarães, 1978 e 1983; Milward-de-Andrade e Carvalho, 1979; Pauliny e Paulini, 1971), os resultados obtidos na área do AHE Simplício Queda Única mostraram não haver significância entre a presença de *Pomacea* sp. e a abundância das duas espécies de *Biomphalaria*, registradas na área. Os resultados confirmam as observações de Thiengo *et al.* (2011) quanto à ocorrência desses gastrópodes em numerosas populações.

A análise das variáveis abióticas sobre as espécies obtidas na área do AHE Simplício Queda Única mostrou uma relação positiva entre a abundância de *B. straminea* e a turbidez. De fato, os moluscos hospedeiros de *S. mansoni* podem colonizar grande variedade de biótopos, tanto lóticos quanto lênticos (Pieri, 2008). Opondo-se aos resultados obtidos por Suriani *et al.* (2007), os quais verificaram ampla tolerância de *M. tuberculata* às condições do ambiente, os resultados deste trabalho mostraram uma correlação negativa entre esta espécie e a condutividade, o que é interessante por se tratar de uma espécie exótica invasora, como recentemente confirmado por Santos *et al.* (2012).

A análise das variáveis abióticas e a abundância das espécies diferiu dos resultados de Cantanhede (2015), que apontou uma relação significativa, embora fraca, entre a temperatura e a abundância de *B. glabrata* coletada na Microrregião da Baixada Maranhense, Maranhão. Na área do AHE Simplício Queda Única, nenhuma diferença significativa foi observada quando analisada a relação entre *B. straminea* e *B. tenagophila* e a temperatura da água. Outros autores (Paraense e Santos, 1953; Andrade e Freitas, 1961; Appleton, 1977) relacionaram baixas temperaturas à distribuição, à variação da densidade populacional e à diminuição das taxas de crescimento de espécies de *Biomphalaria*.

Não há dúvidas de que a transformação de um ambiente lótico para lêntico provoca diversas alterações na qualidade da água (Armengol *et al.*, 1999) e que as variáveis abióticas como a turbidez, a condutividade e o pH, exercem influência direta sobre a fauna de invertebrados aquáticos (Lima, 2002; Pieri *et al.*, 2008).

Considerando as alterações ambientais decorrentes da construção do AHE Simplício Queda Única e a sua frequente utilização pela população local, duas estações de amostragem no município de Sapucaia/RJ devem ser monitoradas. A primeira (Porto de Anta), pela presença constante do transmissor da esquistossomose *B. straminea* e a segunda (Estação Ferroviária de Sapucaia),

pelo encontro de espécimes parasitados por trematódeos de aves que podem ocasionar a dermatite cercariana.

## 5.2 Helmintofauna associada aos gastrópodes

Devido à presença e à distribuição de duas espécies transmissoras da esquistossomose, a área sob influência do AHE Simplício Queda Única pode ser caracterizada como vulnerável ao estabelecimento da transmissão da doença e como indene com potencial de transmissão (FNS, 1998), por apresentar grandes modificações ambientais e abrigar populações *B. straminea* e *B. tenagophila*, embora ainda sem registros de infecção natural. A proximidade dos municípios de Sumidouro e Carmo, ambos no estado do Rio de Janeiro, na microbacia do rio Paquequer, afluente do rio Paraíba do Sul, deve ser destacada devido à existência de casos de esquistossomose (Giovanelli *et al.* 2001).

Essas espécies apresentaram diferentes tipos larvais de trematódeos, sendo *B. tenagophila* a espécie com maior diversidade de tipos cercarianos. Dentre os tipos cercarianos encontrados, a interação *B. tenagophila* com Echinostome cercaria foi documentada por Boaventura *et al.*(2007) para os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, tal como Strigea cercaria, embora os autores não tenham relacionado os municípios. Tais autores relataram a ocorrência de *B. tenagophila* parasitada por Ubiquita cercaria apenas para o estado do Rio de Janeiro, de modo que o presente estudo amplia esta interação para Minas Gerais, nos municípios de Além Paraíba e Chiador. No levantamento da malacofauna límnic da Mesorregião Centro Fluminense do estado do Rio de Janeiro, Thiengo *et al.* (2002) documentaram *B. tenagophila* parasitada por Strigea cercaria no município de São Sebastião do Alto e Três Rios e, ainda, parasitada por Echinostome cercaria em amostras de Trajano de Moraes. Quanto à *B. straminea*, Boaventura *et al.* (2007) relataram moluscos parasitados tanto por Echinostome cercaria quanto por Strigea cercaria, citando apenas o estado de Minas Gerais. Assim, os resultados confirmam essa interação parasitária neste estado, através do encontro de moluscos parasitados por Strigea cercaria em Chiador, e ampliam a ocorrência

de *B. straminea* com Echinostome para o Rio de Janeiro, onde houve espécimes parasitados em Carmo. Thiengo *et al.* (2002) não obtiveram *B. straminea* parasitada, sendo este o primeiro registro dessa interação parasitária na Mesorregião Centro-Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Durante a avaliação da malacofauna límnic, na região da Baixada Maranhense, Cantanhede *et al.* (2014), após examinar 2.109 espécimes de *B. straminea*, obtiveram apenas Echinostome cercaria em dois municípios, dentre os 21 analisados.

Quanto à *L. columella*, os resultados confirmam os relatos anteriores sobre essa interação parasitária, uma vez que Thiengo *et al.* (2002) obtiveram esta espécie parasitada por Ornatae cercaria no município de Cordeiro – estado do Rio de Janeiro.

Além destas espécies, a interação *Pomacea* sp. – Virgulate cercaria, que correspondeu a 25% dos ampuláriídeos parasitados, foi documentada por Boaventura *et al.* (2002) para o estado do Rio de Janeiro. Assim, os resultados confirmam tal interação parasitária para este estado, registrando o município de Sapucaia (duas estações de amostragem), e a ampliam para Minas Gerais, uma estação de amostragem em Chiador. A ampla participação de *Pomacea* sp. na transmissão de trematódeos digenéticos, observada no presente estudo, em que, das 34 interações encontradas, 67,6% corresponderam a esta espécie, foi também observada por Cantanhede *et al.* (2014), que obtiveram *Pomacea maculata* Perry, 1810 parasitadas por diferentes tipos larvais (Armatae cercaria, Brevifurcate Apharingeate cercaria, Echinostome cercaria e Ubiquita cercaria), correspondendo a 41% dos moluscos encontrados parasitados.

Embora observada apenas em uma estação de amostragem, no município de Sapucaia (agosto e outubro de 2015), a ocorrência de Brevifurcate Apharingeate cercaria deve ser destacada por ser um tipo larval associado a casos de dermatite cercariana no homem. A dermatite cercariana é uma resposta imune que vem sendo registrada com mais frequência em países europeus, escandinavos e americanos, devido ao comportamento migratório das aves (Horák e Kolárová, 2011). Horák e Kolárová (2013) ressaltaram a participação dos moluscos transmissores de Schistosomatidae de aves e alertaram sobre o uso da água de reservatórios para recreação, o qual pode contribuir para um aumento de casos humanos.



Embora os moluscos sejam hospedeiros obrigatórios de trematódeos digenéticos, muitos ciclos biológicos ainda não foram elucidados completamente. Pinto e Melo (2013) relacionaram as várias famílias de trematódeos encontradas no Brasil aos seus hospedeiros e ao tipo cercariano. Com base nestas informações e na chave dicotômica proposta por Schell (1970), os tipos cercarianos encontrados na área de influência do AHE Simplício Queda Única pertencem provavelmente às famílias Echinostomatidae (Echinostome cercaria), Schistosomatidae, Spirorchiiidae ou Clonostomidae (Brevifurcate Apharingeate cercaria), Strigeidae, Cyathocotylidae ou Riplostomidae (Strigea cercaria), Haplometridae ou Macroderoididae (Ornatae cercaria), Microphallidae (Ubiquita cercaria) e Lecithodendriidae (Virgulate cercaria).

Apesar de não ter sido encontrado *M. tuberculata* albergando tipos cercarianos, esse molusco exótico pode atuar na transmissão de helmintos ao homem, como *Opisthorchis viverrini* (Poirier, 1886), *Opisthorchis felinus* (Rivolta, 1884), *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875), *Haplorchis* spp. and *Metagonimus* spp. (Thaenkham *et al.*, 2012; Hidalgo, 2013), *C. formosanus* e *Paragonimus* spp., com registro de um caso de paragonimose reportado para o município de Salvador, estado da Bahia (Lemos *et al.* 2007). Pinto e Melo (2011) alertaram o possível envolvimento de *M. tuberculata* como transmissor de trematódeos de importância médica, devido ao seu grande potencial de colonização e sua atuação como hospedeiro de 37 espécies de trematódeos.

Diante do exposto, a área de influência do AHE Simplício Queda Única embora não apresente transmissão natural da esquistossomose pelo não registro de moluscos naturalmente infectados pelo trematódeo, pode ser caracterizada como vulnerável por possuir várias populações de *B. tenagophila* e *B. straminea* reconhecidamente transmissoras de *S. mansoni*. As interações parasitárias encontradas requerem estudos adicionais, incluindo abordagens moleculares e biológicas necessárias à compreensão dos ciclos biológicos e à identificação dos parasitos.

## 6. CONCLUSÕES

A distribuição geográfica de *B. straminea*, *B. tenagophila* e *Burnupia ingae* foi ampliada.

Após a instalação do AHE Simplício Queda Única, foi observada a diminuição da riqueza do gênero *Drepanotrema*, pela ausência de *D. depressissimum*, após 352 buscas em biótopos favoráveis à sua ocorrência.

Apesar de ser uma área recém-alagada, a fauna malacológica possui populações bem adaptadas ao novo ambiente, o que possibilita a existência de diferentes trematódeos digenéticos, além da manutenção destes ciclos biológicos.

A caracterização específica dos helmintos requer estudos morfológicos e moleculares, para elucidar os ciclos biológicos.

A análise dos parâmetros abióticos permitiu observar a relação positiva entre a turbidez e a abundância de *B. straminea*; o inverso foi obtido entre a condutividade e a abundância de *M. tuberculata*.

A presença de *B. tenagophila* e de *B. straminea* na área de estudo, indica tratar-se de uma área com potencial de transmissão de esquistossomose, devido principalmente à formação de reservatórios, atrativos às atividades de lazer.

Por isso, torna-se necessário o monitoramento do Porto de Anta (Sapucaia), devido à presença de *B. straminea*.

A mesma atenção epidemiológica deve ser dada à lagoa, situada nas imediações da Estação Ferroviária de Sapucaia, devido aos exemplares de *Pomacea* sp. parasitados por formas larvais de trematódeos de importância médica.

É recomendável a vigilância epidemiológica de *L. columella*, principal transmissor de *F. hepatica* no Brasil, devido à presença de rebanhos na região e pela proximidade de municípios com registro de fasciolose.

Não foi observada influência negativa das espécies exóticas *M. tuberculata* e *P. acuta* sobre os moluscos nativos, embora haja relatos em outras áreas de usinas hidrelétricas.

As espécies de bivalves *C. fluminea* e *C. largillierti* podem causar prejuízos econômicos às usinas hidrelétricas de Anta e Sapucaia, pela redução da velocidade hídrica nos equipamentos, devido ao acúmulo de conchas e animais e,

consequentemente, ao aumento da frequência de paradas das turbinas para limpeza.

O presente trabalho, além de sua importância à saúde humana, animal e ambiental, em consonância com *One Health*, conceito atual da Organização Mundial da Saúde, destaca-se ainda pela caracterização de populações bem estabelecidas, em diferentes biótopos, de duas novas espécies de moluscos límnicos – as quais estão sendo descritas pelos especialistas – o que vem somar à contribuição do presente trabalho ao conhecimento da biodiversidade brasileira.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida-Neto M, Guimarães P, Guimarães PR Jr, Loyola RD, Ulrich W. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos* 2008;117:1227-39.

Avellar MO. Aplicação da metodologia Fuzzy AHP na análise de riscos da AHE Simplício – Queda Única. Rio de Janeiro. Monografia [Graduação] – Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2014.

Akaike H. Information theory and the maximum likelihood principle. In: Second International Symposium on Information Theory. Akademiai Kiado, Budapeste, Praga. 1973.

Boaventura MF, Thiengo SC, Fernandez MA. Gastrópodes límnicos hospedeiros intermediários de trematódeos digenéticos no Brasil. In: Fernandez MA, Santos SB, Pimenta A, Thiengo SC, organizadores. Tópicos em Malacologia: Ecos do XIX Encontros Brasileiro de Malacologia. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Malacologia; 2007.

Brandimarte AL, Anaya M, Shimizu GY. Comunidades de invertebrados bentônicos nas fases pré e pós-enchimento em reservatórios: um estudo de caso no Reservatório de Aproveitamento Múltiplo do Rio Mogi-Guaçu (SP). In: R Henry, editor. Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. São Paulo: Fundibio-Fapesp; 1999 377-407.

Buchmann FF, Mattos AC, Thiengo SC, Fernandez MA. Sintopia entre *Biomphalaria straminea* e o molusco exótico competidor *Melanoides tuberculatus* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava, GO. [Apresentação no Encontro Internacional das Águas; 2013; Pernambuco, Brasil].

Buchmann FF. Malacofauna límnic do reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava – GO, com ênfase em *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848), transmissora natural da Esquistossomose. Rio de Janeiro. Dissertação [Mestrado em Biodiversidade e Saúde] – Fundação Oswaldo Cruz; 2014.

Bulcão JAS. Proposta de um modelo para avaliação do impacto dos empreendimentos hidrelétricos sobre as doenças transmitidas por vetores, com especial referência à malária. Rio de Janeiro. Tese [Doutorado] – Fundação Oswaldo Cruz; 1994.

Burnham KP, Anderson, DR. Avoiding pitfalls when using information-theoretic methods. *J. Wildl. Manage.* 2002; 66(3):912-18.

Caldeira RL, Jannoti-Passos LK, Lira PM, Carvalho OS. Diagnostic of *Biomphalaria* snails and *Schistosoma mansoni*: DNA obtained from traces of shell organic materials. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 2004; 99(5):499-502.

Cantanhede SPD. Gastropodes límnicos e helmintofauna associada da Microrregião da Baixada Maranhense, MA, com ênfase nos transmissores da esquistossomose. Rio de Janeiro. Tese [Doutorado em Biodiversidade e Saúde] – Fundação Oswaldo Cruz; 2015.

Cantanhede SPD, Fernandez MA, Mattos AC, Montresor LC, Silva-Souza N, Thiengo SC. Freshwater gastropods of the Baixada Maranhense Microregion, an endemic area for schistosomiasis in the State of Maranhão, Brazil: I- qualitative study. *Rev Soc Bras Med Trop* 2014;47(1):79-85.

Carneiro MB, Bernardo CC, Calais Júnior A, Alves DP, Pereira Junior OS, Martins IVF. *Fasciola hepatica* em búfalos (*Bubalus bubalis*) no sul do Espírito Santo. *Rev Bras Med Vet* 2010;32(2):89-91.

Carvalho OS, Amaral RS, Dutra LV, Scholte RGC, Guerra MAM. Distribuição espacial de *Biomphalaria glabrata*, *B. straminea* e *B. tenagophila*, hospedeiros intermediários do *Schistosoma mansoni* no Brasil. In: OS Carvalho, PMZ Coelho, H Lenzi, editores. *Schistosoma mansoni* & Esquistossomose: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Fiocruz, Rio de Janeiro; 2008. p. 393-418.

Cavalcanti EAH, Larrazábal MEL. Macrozooplâncton da zona econômica exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica – REVIZEE/NE II) com ênfase em Copepoda (Crustacea). *Rev Bras Zool* 2004;21:467-75.

Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul [homepage na internet] Dados Gerais. [acesso em 10 abr 2016]. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/>

Dajoz R. Ecologia Geral. 4ª ed. Petrópolis: Vozes; 1983.

Diegues ACS. Povos e águas: inventário de águas úmidas brasileiras. São Paulo: Nupaub-USP;2002.

Dracz RM, Lima WS. Autochthonous infection of buffaloes and cattle by *Fasciola hepatica* in Minas Gerais, Brazil. Braz J Vet Parasitol 2014;23(3):413-16.

Empresa de Pesquisa Energética. Balanço energético nacional – ano 2012. [acesso em 4 abr 2016]. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>

Fernandes CTC. Impactos socioambientais de grandes barragens e desenvolvimento: a percepção dos atores locais sobre a Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa. Tese [Doutorado em Desenvolvimento Sustentável] – Universidade de Brasília; 2010.

Fernandez MA, Thiengo SC, Simone LRL. Distribution of the introduced freshwater snail *Melanoides tuberculatus* (Mollusca: Thiaridae) in Brazil. The Nautilus 2003;117:78-82.

Fernandez MA, Thiengo SC, Boaventura MF. Gastropodes límnicos do *Campus* de Manguinhos, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ. Rev Bras Med Trop 2003;34 (3):279-282.

Fernandez MA, Thiengo SC, Amaral RS. Técnicas malacológicas. In: Amaral RS, Thiengo SC, Pieri SC, organizadores. Vigilância e Controle de Moluscos de moluscos de Importância Médica: Diretrizes Técnicas. Brasília: Ministério da Saúde; 2008. p. 43-70.

Fernandez MA. Variação espaço-temporal da malacofauna límnic em dois reservatórios no rio Tocantins, com ênfase na transmissão da esquistossomose, no período entre junho de 2004 e outubro de 2010. Tese [Doutorado em Biologia Parasitária] – Fundação Oswaldo Cruz; 2011.

Fernandez MA, Thiengo SC. Diversidade da malacofauna límnic na área dos reservatórios de duas usinas hidrelétricas do rio Tocantins, nos períodos de pré-enchimento e pós-enchimento. In: XXII Encontro Brasileiro de Malacologia; 2011 set 4-8; Fortaleza, Brasil.

Fernandez MA, Thiengo SC, Manzano FV. Monitoramento dos moluscos límnicos hospedeiros de parasitoses humanas na área de influência da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa, GO, Brasil. In: XXIX Seminário Nacional de Grandes Barragens; 2013 abr 8-11; Porto de Galinhas, Pernambuco.

Fernandez MA, Mattos AC, Silva EF, Santos SB, Thiengo, SC. A malacological survey in the Manso Power Plant, state of Mato Grosso, Brazil: new records of freshwater snails, including transmitters of schistosomiasis and exotic species. Rev Soc Bras Med Trop 2014;47(4):498-506.

Fukuda H, Haga T, Tatara Y. Niku-nuku: a useful method for anatomical and DNA studies on shell-bearing molluscs. Zoosymposia 2008;1:15-38.

Furnas Centrais Elétricas S.A. [homepage na internet]. Entrada em operação da UHE Simplício [acesso em 09 set 2016]. Disponível em: <http://www.furnas.com.br/hotsites/EnergiaFurnas2016/usinas.html>.

Giovanelli A, Silva CLPAC, Leal GBE, Baptista DF. Habitat preference of freshwater snails in relation to environmental factors and the presence of the competitor snail *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774). Mem Inst Oswaldo Cruz 2005;100(2):169-76.

Gonçalves ICB. Estudo temporal de longo prazo da comunidade de moluscos límnicos em um riacho da Vila do Abraão, Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brasil. Rio de Janeiro. Dissertação [Mestrado em Ecologia e Evolução] – Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2015.

Graeff-Teixeira C. Fasciolose. In: Coura JR, organizador. Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2013. p. 1025-27.

Guimarães CT. Controle biológico *Pomacea austrum* Reeve, 1856 (Mollusca, Piliidae) sobre planorbídeos em laboratório. Rev Saúde Publ 1983;17:138-47.

Guimarães CT, Souza CP, Soares DM. Possible competitive displacement of planorbids by *Melanooides tuberculata* in Minas Gerais, Brazil. Mem Inst Oswaldo Cruz 2001;96 (Supl):173-6.

Guimarães PR, Guimarães P. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. Environmental modelling and software 2006;21:1512-13.

Grisolia MLM, Freitas JR. Physical and chemical characteristics of the habitat of *Biomphalaria tenagophila* (Mollusca, Planorbidae). Mem Inst Oswaldo Cruz 1985;80(2): 237-44.

Hidalgo MEC. Paragonimíase. In: Coura JR, organizador. Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2013. p. 1057-63.

Horák P, Kolářová L. Snails, waterfowl and cercarial dermatitis. Freshwater Biology 2011; 56:779-90.

Kolářová L, Horák P, Skírnisson K, Marečková H, Doenhoff M. Cercarial dermatitis, a neglected allergic disease. Clin Rev Allergy Immunol 2013;45(1):63-74.

Lambertucci JR, Voieta I. Esquistossomose mansônica. In: Coura JR, organizador. Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2013. p. 979-95.

Lemos ACM, Coelho JC, Matos ED, Montal G, Aguiar F, Badaró R. Paragonimiasis: first case reported in Brazil. Brazilian Journal of Infectious Diseases 2007; 11: 153-156.

Lessa CSS, Serra-Freire, NM & Maure EP 2007. Fasciolose – aspectos relacionados à interação parasito-hospedeiro intermediário. In: Santos SB, Pimenta AD, Thiengo SC, Fernandez MA, Absalão RS, organizadores. Tópicos em Malacologia – Ecos do XVIII Encontro Brasileiro de Malacologia. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Malacologia; 2007. p. 305-13.

Lima JB. Impactos das atividades antrópicas sobre a comunidade dos macroinvertebrados bentônicos do rio Cuiabá no perímetro urbano das cidades de



Cuiabá e Várzea Grande-MT. São Carlos. Tese [Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais] – Universidade de São Carlos; 2002.

Lopes AA, Yuba, NA, Santos C, Oliveira MC, Minillo A, Barbosa DS. A influência do desenvolvimento econômico-industrial na degradação da qualidade da água do Reservatório de Salto Grande. In: Espíndola ELG, Leite MA, Dornfeld CB, organizadores. Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): caracterização, impactos e propostas de manejo. São Carlos: Rima; 2004. p. 19-36.

Lopes BG. Diversidade de Ancyliidae (Mollusca: Gastropoda) e pesquisa da helmintofauna associada na área de influência do AHE Simplício Queda Única, Minas Gerais. Rio de Janeiro. Monografia [Graduação] – Universidade Veiga de Almeida; 2012.

Mattos AC, Boaventura MFF, Fernandez MA, Thiengo SC. Larval trematodes in freshwater gastropods from Mato Grosso, Brazil: diversity and host-parasites relationships (Trematoda: Schistosomatidae) and other larval trematodes in freshwater gastropods from Mato Grosso, Brazil. *Biota Neotropica* 2013;13(4):34-38.

Mansur MCD, Callil CT, Cardoso, FR, Ibarra JAA. Uma retrospectiva e mapeamento da invasão de espécies de *Corbicula* (Mollusca, Bivalvia, Veneroidae, Corbiculidae) oriundas do sudeste asiático, na América do Sul. In: Silva JSV, Souza RCCL. Água de lastro e Bioinvasão. Rio de Janeiro: Interciências; 2004. p. 39-58.

Mello FM. A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens [coordenador, supervisor, Flavio Miguez de Mello; editor, Corrado Piasentin]. Rio de Janeiro: CBDB; 2011.

Medeiros C, Scholte RGC, D'Ávila S, Caldeira RL, Carvalho OS. Spatial distribution of lymnaeidae (Mollusca, Basommatophora), intermediate host of *Fasciola hepatica* Linnaeus, 1758 (Trematoda, Digenea) in Brazil. *Rev Inst Med Trop São Paulo* 2014; 56 (3):235-52.

Milward-de-Andrade R, Freitas JR. Observações ecológicas sobre *Australorbis glabratus* em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. I- Densidade e vitalidade de caramujos (Pulmonata, Planorbidae). *Rev Bras Biol* 1961;21:419-33.

Milward-de-Andrade R. Biological control of *Schistosoma mansoni* intermediate hosts through *Pomacea haustum* (Reeve, 1856). In: III International Congress of Parasitology. Munchen *Proceedings*. Munchen, 1974; 2: 827.

Milward-de-Andrade R, Guimarães CT. Controle biológico de *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) após introdução de *Pomacea haustum* (Reeve, 1856) em Calciolândia, MG. *Ciênc Cult* 1977;29(Supl):786.

Milward-de-Andrade R, Carvalho OS. Colonização de *Pomacea haustum* (Reeve, 1856) em localidade com esquistossomose mansoni: Baldim, MG (Brasil) (Prosobranchia, Piliidae). *Rev Saúde Públ* 1979;13:92-107.

Ministério da Saúde; Departamento de Vigilância Epidemiológica. Vigilância e controle de moluscos de importância epidemiológica – Diretrizes Técnicas: Programa de Vigilância e Controle das Esquistossomose (PCE). 2ª edição. Brasília; 2008.

Ministério da Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Vigilância da esquistossomose mansoni – Diretrizes Técnicas. 4ª ed. Brasília; 2014.

Morassutti AL, Thiengo SC, Fernandez MA, Sawanyawisuth K, Graeff-Teixeira, C. Eosinophilic meningitis caused by *Angiostrongylus cantonensis*: an emergent disease in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2014;109(4):399-407.

Muller AC. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo: Makron Books; 1995.

Nogueira MG, Jorcin A, Vianna NC, Britto YCT. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos) - um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In: Nogueira MG, Henry R, Jorcin A, organizadores. *Ecologia de reservatórios*. São Carlos: Rima; 2005. p. 83-125.

Nuernberg S. Estudos experimentais com *Lymnaea cubensis* Pfeiffer, 1839 (Mollusca, Gastropoda, Basommatophora, Lymnaeidae) como hospedeiro intermediário de *Fasciola hepatica* Linnaeus, 1758 (Trematoda, Fasciolidae), no

Estado do Rio de Janeiro. Seropédica. Dissertação [Mestrado] – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 1978.

Oliveira FAZ, Heukelbach J, Moura RCS, Ariza L, Ramos Junior NA, Gomide M. Grandes represas e seu impacto em saúde pública I: efeitos a montante. Cadernos Saúde Coletiva 2006;14(4):575-96.

Olivier L, Schneiderman, M. A method for estimating the density of aquatic snail populations. Experimental Parasitology 1956;5:109-17.

Paraense WL, Santos M. Um ano de observações sobre esquistossomose em planorbídeos da Lagoa Santa. Rev Bras Malariol Trop 1953;93:253-69.

Paraense WL Pereira O, Pinto DB. Um aspecto da ecologia do *Australorbis glabratus* que favorece a reinfestação dos criadouros. Rev Serv Esp Saúde Públ 1955;7:573-81.

Paraense WL & Deslandes N. Observations on *Australorbis janeirensis*. Rev Bras Biol 1956;16:81-102.

Paraense WL. A survey of planorbid molluscs in the Amazonian region of Brazil. Mem Inst Oswaldo Cruz 1983;78(3):343-61.

Passos ADC, Amaral RS. Esquistossomose mansônica: aspectos epidemiológicos e de controle. Rev Soc Bras Med Trop 1998;31(Suppl II):318-22.

Pierre OS. Aspectos ecológicos. In: Amaral RS, Thiengo SC, Pieri OS, organizadores. Vigilância e Controle de Moluscos de moluscos de Importância Médica: Diretrizes Técnicas. Brasília: Ministério da Saúde; 2008.

Pile E, Santos JAA, Pastorello T, Vasconcellos M. *Fasciola hepatica* em búfalos (*Bubalus bubalis*) no município de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil. Braz J Vet Res An Sci 2001; 38(1):42-43.

Pinto HA, Melo AL. *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) as an intermediate host of *Centrocestus formosanus* (Trematoda: Heterophyidae) in Brazil. Rev Inst Med Trop São Paulo 2010;52(4):207-10.

Pinto HA, Mati VLT, Melo AL. Dermatite cercariana por esquistossomatídeos de aves: é possível a ocorrência de casos no Brasil?. Rev Patol Trop 2012;41(1):1-14.

Pinto HA, Melo AL. Larvas de trematódeos em moluscos do Brasil: panorama e perspectivas após um século de estudos. Rev Patol Trop 2013;42(4):369-86.

Reis LB, Fadigas EAA, Carvalho CE. Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole; 2005.

Reis MJ, Bloemer, NMS. Hidrelétricas e populações locais. Florianópolis:UFSC; 2001.

Santos SB, Thiengo SC, Fernandez MA, Miyahira IC, Gonçalves ICB, Ximenes RF; Mansur MCD, Pereira D. Espécies de moluscos límnicos invasores no Brasil. In: Mansur MCD, Santos CP, Pereira D, Paz ICP, Zurita MLL, Rodrigues MTR *et al.*, organizadores. Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. Porto Alegre: Redes; 2012. p. 25-49.

Santos SB. Estado atual do conhecimento dos ancilídeos na América do Sul (Mollusca: Gastropoda: Pulmonata: Basommatophora). Rev Biol Trop 2003;51:191-224.

Shapiro SS, Wilk MB. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 1965;52(3-4):591-611.

Southgate VR, Tchuem LA, Sène M, De Clercq D, Théron A, Jourdane J, Webster BL, Rollinson D, Gryseels B, Vercruyse J. Studies on the Biology of Schistosomiasis with Emphasis on the Senegal River Basin. Mem Inst Oswaldo Cruz 2001;96:75-78.

Schell S. How to know the trematodes. Dubuque: WMC Brown Co. Publishers; 1970.

Sevá Filho AO. Grand dams plans for the Amazon. Schemes for dozens of dams on tributaries would choke river, stifle opposition". *World Rivers Review* 2006;21:812.

Silva EF, Fernandez MA, Thiengo SC. Moluscos límnicos do Reservatório de Simplício, RJ/MG – Brasil. In: XXIV Encontro Brasileiro de Malacologia; 2015 set 14-18; Rio de Janeiro, Brasil. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Malacologia; 2015.

Silva, EF, Fernandez MA, Mattos AC, Thiengo SC. Formas larvais de trematódeos observados na área dos reservatórios do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única, RJ/MG. In: XXXI Congresso Brasileiro de Zoologia; 2016 mar 8-11; Cuiabá, Brasil.

Sousa WL. Impacto ambiental de hidrelétricas: uma análise comparativa de duas abordagens. Rio de Janeiro. Dissertação [Mestrado de Ciências em Planejamento Energético] – Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2000.

Suriani AL, França RS, Rocha O. A malacofauna bentônica das represas do Médio Rio Tietê (São Paulo, Brasil) e uma avaliação ecológica das espécies exóticas invasoras, *Melanoides tuberculata* (Muller) e *Corbicula fluminea* (Muller). *Rev Bras Zool* 2007;24(1):21-32.

Thaekham U, Blair D, Nawa Y, Waikagul J. Families Opisthorchiidae and Heterophyidae: Are they distinct? *Parasitology International* 2012;61:90-93.

Thiengo SC. Helmintos de interesse médico-veterinário transmitidas por moluscos no Brasil In: Santos SB, Pimenta AD, Thiengo SC, Fernandez MA, Absalão RS, organizadores. Tópicos em Malacologia: Ecos do XVIII Encontro Brasileiro de Malacologia. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Malacologia; 2007. p. 287-94.

Thiengo SC, Fernandez MA, Mattos AC, Barbosa AF. Dispersão do molusco introduzido *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) (Gastropoda; Thiaridae) no Brasil. In: Santos SB, Pimenta AD, Thiengo SC, Fernandez MA, Absalão RS, organizadores. Tópicos em Malacologia: Ecos do XVIII Encontro Brasileiro de Malacologia. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Malacologia; 2007. p. 101-6

Thiengo SC, Fernandez MA. Moluscos límnicos em reservatórios de usinas hidrelétricas no Brasil: aspectos biológicos e epidemiológicos. In: OS Carvalho, PMZ Coelho, HL Lenzi, organizadores. *Schistosoma mansoni* & esquistossomose: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Fiocruz; 2008. p. 435-457.

Thiengo SC, Fernandez MA, Boaventura MFF, Stortti MA. A survey of gastropods in the Microrregião Serrana of the Rio de Janeiro, Brazil. Mem Inst Oswaldo Cruz 1998;93 (Suppl. I):233-34.

Thiengo SC, Fernandez MA, Boaventura MF, Gault CE, Silva HFR, Mattos AC, Santos SB. Freshwater snails and *Schistosomiasis mansoni* in the State of Rio de Janeiro, Brazil: I - Metropolitan Mesoregion. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro 2001;96(Suppl.): 177-84.

Thiengo SC, Mattos AC, Boaventura MF, Loureiro MS, Santos SB, Fernandez MA. Freshwater Snails and *Schistosomiasis mansoni* in the State of Rio de Janeiro, Brazil: V - Norte Fluminense Mesoregion. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro 2004;99(Suppl. I): 99-103.

Thiengo SC, Santos SB, Fernandez MA. Malacofauna límnic da área de influência do Lago da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa, Goiás, Brasil. I-Estudo qualitativo. Rev Bras de Zool 2005;22(4):867-74.

Thiengo SC, Mattos AC, Santos SB, Fernandez MA. Freshwater snails and *Schistosomiasis mansoni* in the state of Rio de Janeiro, Brazil: VI – Noroeste Fluminense Mesoregion. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro 2006;101(Suppl. I):239-45.

Thiengo SC, Hayes KA, Mattos AC, Fernandez MA, Cowie RH. A família Ampullariidae no Brasil: aspectos morfológicos, biológicos e taxonômicos. In: Fernandez MA, Santos SB, Pimenta A, Thiengo SC, organizadores. Tópicos em Malacologia – Ecos do XIX Encontro Brasileiro de Malacologia. Rio de Janeiro: Technical Books; 2011. p. 468.

Thiengo SC, Fernandez MA. Ocorrência e abundância de *Biomphalaria straminea* no rio Tocantins, espécie vetora da esquistossomose no Brasil [Apresentação no Encontro Internacional das Águas; 2013; Pernambuco, Brasil].

Thiengo SC, Maldonado Junior A, Mota EM, Torres E JL, Caldeira RL, Carvalho OS, Oliveira APM, Simões R, Fernandez MA, Lanfredi RM. The giant African snail *Achatina fulica* as natural intermediate host of *Angistrongylus cantonenseis* in Pernambuco, northeast Brazil. *Acta Tropica* 2010;115:194-99.

Tundisi JG. Reservatórios como ecossistemas. In: M. Straskraba e J. G. Tundisi, editores. Diretrizes para o gerenciamento de lagos – Gerenciamento da qualidade da água de represas. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia; 2000. p. 41-3.

Tundisi, JG. Ecologia de reservatórios, impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. In: Nogueira MG, Henry R, Jorcin A, organizadores. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios – estudos de caso e perspectivas. São Paulo: Rima; 2005.

Vaz JF, Teles HMS, Corrêa MA, Leite, SPS. Ocorrência no Brasil de *Thiara (Melanoides) tuberculata* (O.F. Muller, 1774) (Gastropoda, Prosobranchia), primeiro hospedeiro intermediário de *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875) (Trematoda, Plathyhelminthes). *Rev Saúde Pública* 1986;20: 318-22.

Zhang ZQ. Animal biodiversity: an update of classification and diversity in 2013. *Zootaxa* 2013: 3703 (1): 005-011.