



# Moluscos límnicos como hospedeiros de trematódeos digenéticos de uma região metropolitana da ilha do Maranhão, Brasil

Limnic mollusks as hosts of digenetic trematodes from a metropolitan region of Maranhão island, Brazil

G. S. Miranda<sup>1\*</sup>; J. G. M. Rodrigues<sup>1</sup>; M. G. S. Lira<sup>1</sup>; R. A. Nogueira<sup>1</sup>; G. C. C. Gomes<sup>1</sup>; B. S. Miranda<sup>1</sup>; A. de Araújo<sup>2</sup>; N. Silva-Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química e Biologia/Laboratório de Parasitologia Humana, Universidade Estadual do Maranhão, CEP: 65055-970, São Luís-Maranhão, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Química e Biologia/Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha, Universidade Estadual do Maranhão, CEP: 65055-970, São Luís-Maranhão, Brasil

\*mirandagsbio@gmail.com

(Recebido em 16 de maio de 2016; aceito em 18 de julho de 2016)

Este estudo se trata do primeiro levantamento malacológico de água doce e de larvas de trematódeos associadas, sem restrição, somente às espécies transmissoras da esquistossomose na região metropolitana da ilha do Maranhão. Dessa forma, objetivou-se caracterizar a diversidade de moluscos límnicos e de sua helmintofauna em ambientes com aspectos ecológicos variados. Os espécimes de gastrópodes foram coletados mensalmente no município de São Luís (MA), entre o período de novembro de 2014 a junho de 2015, em quatro pontos de coleta (P1 – lântico e impactado, P2- lótico e impactado, P3 – lótico e alterado, P4 – lótico e conservado). Para cada local foram registrados o pH e Oxigênio Dissolvido, além de análise de Coliformes Totais e *Escherichia coli*. Foi coletado um total de 4112 moluscos límnicos, classificados como se segue: *Biomphalaria glabrata* Say, 1818 (62,86%), *B. straminea* Dunker, 1848 (24,71%), *Pomacea* sp. Perry, 1810 (7,91%), *Physa* sp. Draparnaud, 1801 (3,41%) e *Drepanotrema* sp. Crosse & Fischer, 1880 (1,11%). Destes, *B. glabrata* apresentou-se positivo para cercárias de *Schistosoma mansoni* e exemplares de *Physa* sp. e *Pomacea* sp. estavam infectados com xifidiocercárias. Houve correlação positiva e significativa em relação à pluviometria e a quantidade de moluscos ( $p < 0,05$ ). A maior abundância de espécimes foi registrada em áreas impactadas, bem como maior grau de parasitismo. A ocorrência de xifidiocercária representa o primeiro relato para a região metropolitana da ilha do Maranhão.

Palavras-chave: biodiversidade, gastrópodes, helmintos.

This study is the first malacological survey of freshwater and trematodes larvae, without restriction, only to transmit species of schistosomiasis in the metropolitan region of Maranhão island. Thus, this study aimed to characterize the diversity of limnic mollusks and his helminth parasites in environments with varying ecological aspects. Specimens of gastropod were collected monthly in the São Luís city during the period from November 2014 to June 2015 in four collection points (P1 - lentic and impacted P2- lotic and impacted P3 - lotic and altered, P4 - lotic and preserved). For each area were recorded pH and dissolved oxygen, as well as analysis of Total Coliforms and *Escherichia coli*. A total of 4112 limnic mollusks were collected, classified as follows: *Biomphalaria glabrata* Say, 1818 (62.86%), *B. straminea* Dunker, 1848 (24.71%), *Pomacea* sp. Perry, 1810 (7.91%), *Physa* sp. Draparnaud, 1801 (3.41%) e *Drepanotrema* sp. Crosse & Fischer, 1880 (1.11%). Of these, *B. glabrata* were positive for *Schistosoma mansoni* cercariae. *Physa* sp. and *Pomacea* spp. they were infected with xiphidiocercaria. There were significant positive correlation for precipitation in relation to the amount of mollusks ( $p < 0.05$ ). The highest abundance of specimens was registered in impacted areas as well as higher level of parasitism. The occurrence of xiphidiocercaria represents the first report for the metropolitan region of the Maranhão island.

Keywords: biodiversity, gastropods, helminth.

## 1. INTRODUÇÃO

O filo Mollusca caracteriza-se por ser um dos mais diversificados de todo o reino animal, sendo a classe Gastropoda a mais numerosa [1]. Vivem em diferentes ambientes como na terra,

em água doce e oceanos, além de serem encontrados em quase todos os tipos de habitats: lagoas, riachos, poças de maré e costões rochosos [2]. Apesar de grande diversidade de espécies, os moluscos de água doce estão entre a fauna mais ameaçada do mundo [3].

Dentre suas importâncias ambientais podemos destacar: fonte de alimento para outros invertebrados e vertebrados, como anfíbios, aves, mamíferos e peixes [4]; participam na reciclagem de nutrientes, no controle de populações de peixes juvenis [5] e na predação da vegetação aquática [6]. São considerados excelentes bioindicadores de qualidade ambiental devido à sua baixa motilidade, grande abundância, fácil identificação, alta longevidade e capacidade de se adaptar em condições de laboratório [7].

Por estarem relacionados com ciclos de diversos trematódeos, estes moluscos abrigam formas intermediárias (fase larval denominada de cercária) de parasitos digenéticos, pois possuem um ciclo de vida dividido em duas fases, uma em hospedeiros vertebrados (como aves, mamíferos, répteis, peixes e anfíbios) e outra em hospedeiros invertebrados (principalmente moluscos gastrópodes) [8]. No Brasil, uma grande quantidade dessas formas larvais obtidas a partir de moluscos de água doce foi registrada principalmente nas regiões Sul e Sudeste [9, 10]. O estudo dessas larvas é justificado por sua importância médica e veterinária, considerando que as cercárias são pertencentes a ciclos de vida de trematódeos que causam doenças em humanos e animais [11, 12].

Nesse sentido, os moluscos da família Planorbidae, que inclui o gênero *Biomphalaria*, merecem destaque, pois são responsáveis pela transmissão da esquistossomose em países sul americanos, africanos e asiáticos [13]. Estima-se que um total de 200 a 240 milhões de pessoas em todo o mundo estejam infectadas com essa parasitose e cerca de 600 a 700 milhões expostas ao risco de infecção [14]. A sua elevada prevalência, associada à severidade de seus quadros clínicos, são algumas das características que conferem a esta doença grande relevância para a saúde pública, sendo considerada uma infecção parasitária negligenciada [15].

No Maranhão, recente registro da malacofauna foi realizado por Cantanhede et al. [16] na microrregião da Baixada Ocidental Maranhense, onde foi possível traçar o perfil da biodiversidade de moluscos e de suas larvas de trematódeos. As características peculiares dessa microrregião, como a presença de campos naturalmente alagáveis em determinados períodos do ano, devido ao relevo com pequeno declive e deficiente escoamento superficial das águas das chuvas [17], favorecem a manutenção de criadouros de moluscos, além de ser um dos focos mais antigos para a esquistossomose no estado [18].

Para a ilha do Maranhão, estudos malacológicos relatados em literatura especializada são antigos e em sua maioria relacionados a ecossistemas estuarinos e marinhos, como os de Matthews et al. [19], Costa e Mello [20] e Oliveira e Mochel [21]. Os ambientes de água doce são pouco evidenciados, restritos somente a pesquisas de alguns bairros (com ambiente lântico) da capital do Maranhão, destinando esforços de captura somente para os vetores biológicos da esquistossomose.

Desse modo, objetivou-se verificar a biodiversidade de moluscos límnicos presente em uma região metropolitana do estado do Maranhão, em ambientes de água doce distintos, como forma de acrescentar dados sobre esse grupo taxonômico, além de estabelecer possíveis novas áreas de risco para a transmissão de doenças parasitárias de veiculação hídrica para o referido estado.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado durante o período de novembro de 2014 a junho de 2015, no município de São Luís, região metropolitana pertencente à ilha do Maranhão (2°31' S; 44°18' O) e a uma altitude média de 32 metros [22]. O clima é o tropical quente e úmido, com duas estações: a chuvosa (janeiro a junho) e a de estiagem (julho a dezembro). A temperatura varia entre 29°C e 33°C. O município apresenta coleções hídricas variadas como estuários, rios, córregos e riachos [22].

Foram identificados ecossistemas lânticos e lóticos de água doce presentes na localidade. Características como, condições de conservação e presença de alterações antrópicas, foram alguns dos parâmetros utilizados para a seleção dos pontos de coleta, cujas coordenadas geográficas

foram obtidas através de GPS (Global Positioning System). Foi aplicado o protocolo de avaliação da diversidade de habitats de acordo com Callisto et al. [23], que permitiu classificar qualitativamente a situação ambiental de cada ponto amostral (Figura 1).

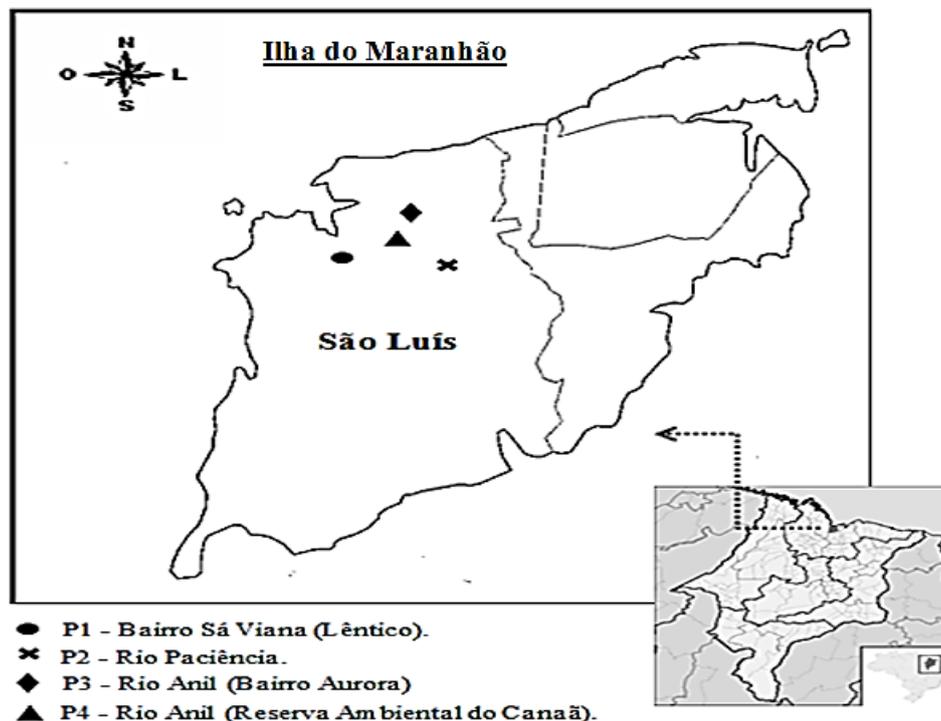


Figura 1: Delineamento dos pontos de coleta no município de São Luís, Ilha do Maranhão, Brasil.

Fonte: IBGE [24] e adaptado pelos autores.

Os moluscos foram coletados com auxílio de pinças metálicas e conchas apropriadas, em uma área de 15 metros para cada ponto de coleta. Realizou-se um esforço de captura mensal de 30 minutos por equipe composta por cinco pessoas. Logo após, foram acondicionados em sacos plásticos devidamente etiquetados e transportados ao Laboratório de Parasitologia Humana (LPH) do Departamento de Química e Biologia (Universidade Estadual do Maranhão, campus Paulo VI), para que fossem identificados. De cada coleta de planorbídeos, cerca de 10% de exemplares vivos foram sacrificados em água a 70°C. A fixação das partes moles foi feita em solução de Railliet-Henry e dissecadas sob estereomicroscópio [25]. Para identificação a nível específico, utilizaram-se parâmetros morfológicos externos e internos, segundo Paraense [26]. Os moluscos pertencentes às demais famílias foram identificados a partir de critérios conquiliológicos de acordo com Simone [27].

Para a verificação da eliminação de larvas de trematódeos, todos os gastrópodes foram colocados individualmente em pequenos recipientes de vidro, com cerca de 4mL de água desclorada e expostos à luz e ao calor de três lâmpadas incandescentes (60W), durante sessenta minutos [28]. Por um período de 12 horas, esses mesmos gastrópodes foram deixados em câmara escura, levando-se em consideração que algumas cercárias podem ser eliminadas a noite. Durante uma vez por semana, por um período de noventa dias, esses moluscos foram analisados através desses processos. Após este intervalo de tempo, somente os planorbídeos que permaneceram negativos foram esmagados entre placas de Petri para a pesquisa de eventuais esporocistos ou rédias [29]. Utilizaram-se chaves taxonômicas ilustradas, revisadas e publicadas por Pinto e Melo [30] para a classificação das larvas de trematódeos. Todas as coletas foram autorizadas pelo SISBIO de acordo com a licença N°40025/1 e registro 54354.

Amostras de água na quantidade de 5L de cada local também foram mensalmente coletadas em frascos de vidro previamente esterilizados em autoclave. Tais amostras foram acondicionadas dentro de bolsa térmica (18°C) e levadas ao Laboratório de Parasitologia Humana-LPH/UEMA. O material foi processado através do kit COLitest® para avaliação qualitativa (detecção de no

mínimo 1 Unidade Formadora de Colônia ou ausência) de Coliformes totais e *Escherichia coli*. Os parâmetros físicos e químicos (pH e Oxigênio Dissolvido) foram verificados *in situ*, através de um equipamento multiparâmetro.

Os dados mensais de pluviometria do município de São Luís (MA) foram obtidos através do site Proclima (Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste). Através dessa variável foi possível realizar cálculos estatísticos de correlação de Pearson por meio do programa GraphPad Prism 6. Para a determinação de significância dos resultados adotou-se  $p < 0,05$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pontos de coleta estabelecidos foram classificados como: P1 (ambiente lântico e impactado) e P2, P3 e P4 (ambiente lótico, impactado, alterado e conservado, respectivamente). Através da aplicação do protocolo, foi possível estabelecer um levantamento prévio da situação ambiental de cada local amostrado, permitindo que associações entre padrões ecológicos variados e a ocorrência de moluscos e de larvas de trematódeos pudessem ser traçados (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação qualitativa ambiental dos pontos de coleta a partir do protocolo de avaliação rápida de Callisto et al. [23].

Ecossistema	Ponto de coleta	Coordenadas	Características do local	Classificação
Lântico	P1 – Bairro Sá Viana	S 02° 33' 34.7'' O 044° 18' 06.9''	Ausência de mata ciliar (apenas pequenas gramíneas e vegetação aquática), erosão acentuada, odor ausente e oleosidade na água presente, alterações de origem urbana visíveis, águas parcialmente transparentes.	Ambiente impactado
	P2 – Rio Paciência	S 02° 33' 32.5'' O 044° 12' 54.9''	Ausência de mata ciliar (apenas pequenas gramíneas e vegetação aquática), erosão acentuada, odor e oleosidade na água presentes, alterações de origem urbana visíveis, águas parcialmente transparentes.	Ambiente impactado
Lótico	P3 – Rio Anil (Bairro Aurora)	S 02° 34' 09.0'' O 044° 13' 24.5''	Vegetação secundária (reflorestamento), erosão parcial nas margens, odor e oleosidade na água ausentes, alterações de origem urbana visíveis, águas parcialmente transparentes.	Ambiente alterado
	P4 – Rio Anil (Reserva Ambiental do Canãa)	S 02° 33' 38.5'' O 044° 14' 19.6''	Vegetação preservada, ausência de erosão nas margens, odor e oleosidade na água pouco evidentes. Alterações antrópicas pouco visíveis e águas parcialmente transparentes.	Ambiente conservado

Os resultados encontrados evidenciaram os mais variados níveis de conservação nos respectivos pontos de coletas malacológicas. A importância da caracterização ambiental em estudos parasitológicos está relacionada com o fato de que tais patógenos são mais facilmente disseminados em áreas de saneamento ambiental ausente ou deficiente [31]. Sendo assim, localidades com acentuada interferência antrópica, intensa descarga de efluentes domésticos e industriais, aliados a uma péssima conservação ambiental e um deficiente ou ausente serviço de saneamento básico (como acesso a rede coletora e tratamento de esgoto, acesso à coleta e destinação de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais), são consideradas áreas de risco para a transmissão de parasitoses e precisam ser investigadas.

Durante o estudo foram coletados 4112 moluscos límnicos, classificados como: *Biomphalaria* spp. Preston, 1910 (Gastropoda: Planorbidae) (87,57%), *Pomacea* sp. Perry, 1810 (Gastropoda: Ampullariidae) (7,91%), *Physa* sp. Draparnaud, 1801 (Gastropoda: Physidae) (3,41%) e

*Drepanotrema* sp. Crosse & Fischer, 1880 (Gastropoda: Planorbidae) (1,11%). A maior representatividade foi de planorbídeos do gênero *Biomphalaria*, que foram subdivididos em duas espécies também identificadas no presente estudo: *B. glabrata* Say, 1818 (62,86%) e *B. straminea* Dunker, 1848 (24,71%). A helmintofauna foi representada por duas larvas de trematódeos: xifidiocercária que emergiu de *Pomacea* sp. e *Physa* sp., após serem deixados em câmara escura, além de *Distoma brevifurcada afaringeada* (*S. mansoni* Sambon, 1907) que foram obtidas a partir da exposição de caramujos *B. glabrata* à luz e ao calor (Tabela 2). De acordo com esses dados, há de se ressaltar que a ocorrência de xifidiocercária representa o primeiro relato para a região metropolitana da ilha do Maranhão.

Tabela 2: Quantidade de espécimes de moluscos límnicos obtidos em cada ponto de coleta durante o período de novembro de 2014 a junho de 2015, evidenciado a positividade para larvas de trematódeos.

Moluscos	Pontos de coleta				Positivos <sup>1</sup>	Positivos <sup>2</sup>
	P1	P2	P3	P4		
<i>B. glabrata</i>	2585 (62,86%)	NE	NE	NE	16 (0,61%)	NE
<i>B. straminea</i>	NE	832 (20,3%)	167 (4,06%)	15 (0,35%)	NE	NE
<i>Pomacea</i> sp.	193 (4,68%)	133 (3,23%)	NE	NE	-	14 (4,29%)
<i>Physa</i> sp.	127 (3,08%)	06 (0,14%)	08 (0,19%)	NE	-	01 (0,7%)
<i>Drepanotrema</i> sp.	46 (1,11%)	NE	NE	NE	-	NE

<sup>1</sup> = positivo para cercárias de *S. mansoni*. <sup>2</sup> = positivo para demais larvas de trematódeos.

NE = não encontrado. (-) = não pertence ao ciclo de transmissão.

Os resultados das coletas e análise da água demonstraram que P1 (pH=7,06±0,86 e OD=6,12±1,22) e P2 (pH=7,18±1,34 e OD=6,62±1,23), foram os locais com a maior quantidade de moluscos. Enquanto que em P4 (pH=6,87±2,0 e OD = 6,5±3,06) houve um pequeno número amostral, restrito somente a espécie *B. straminea* (0,35%). Em P3 (pH=6,56±1,52 e OD=6,75±3,2), observou-se uma quantidade intermediária de espécimes em comparação aos demais pontos de coleta. Verificou-se também que a faixa de valores do pH, encontraram-se dentro do padrão de biótopo que é preferencialmente colonizável por estes moluscos (entre 6,0 e 8,0) [32]. Com relação ao Oxigênio Dissolvido, já foi descrito que esses animais podem habitar desde ambientes com baixa concentração desse gás, até em localidades com grande saturação do mesmo [32]. Sendo assim, apesar da distribuição desses moluscos ter apresentado maior ocorrência em determinados locais, as variáveis abióticas analisadas não explicariam essa situação, uma vez que as mesmas também não indicaram grandes variações entre os pontos amostrados.

Uma provável explicação que poderia estar condicionando a distribuição desses gastrópodes, seria a situação ambiental dos pontos de coleta, que foi obtida por meio do protocolo de avaliação rápida de Callisto et al. [23]. Dessa forma, ficou demonstrado que os lugares mais impactados, apresentaram uma maior quantidade e diversidade de moluscos. Segundo Coimbra e Santos [33], grandes áreas desmatadas ao longo dos cursos d'água, aumentam de maneira significativa a área que é exposta à luz solar, o que favorece tanto as populações desses invertebrados, como o aumento da proliferação da microflora local, que é um recurso alimentar utilizado por esses animais.

Desses moluscos, *B. straminea* apresentou-se bem mais distribuído entre os pontos de coleta. De acordo com Barbosa et al. [34], esta espécie possui ampla ocorrência pelo Brasil e é considerado um importante vetor da esquistossomose mansoni, principalmente na região Nordeste do país. No entanto, a espécie *B. glabrata* foi a mais amostrada, correspondendo um total de mais de 50% da quantidade total de moluscos coletados nesses oito meses. Essa espécie também possui importância significativa para a saúde pública em nosso país [35], pois são altamente suscetíveis a diversas linhagens de *S. mansoni* e são capazes de resistir a condições adversas no ambiente.

A ausência de *B. straminea* ocorreu somente em P1, local onde houve uma expressiva quantidade de gastrópodes da espécie *B. glabrata*. Não houve a ocorrência das duas espécies em simpatria, o que nos leva a questionar a presença de competição interespecífica por recursos. No entanto, em inquérito malacológico realizado por Oliveira et al. [36] para a descoberta de novas áreas de ocorrência de *Biomphalaria* spp. em um bairro de periferia da cidade de São Luís (MA), foi detectado a presença de *B. glabrata* e *B. straminea* (em maior quantidade) em um mesmo criadouro.

Dentre os táxons menos amostrados, encontram-se os gêneros *Physa* e *Drepanotrema*, o que pode ser explicado pelas menores dimensões corpóreas desses gastrópodes, dificultando seu encontro durante as coletas. Tal hipótese também foi sugerida por Pointier e David [37] para justificar a menor ocorrência de *Drepanotrema* sp. em coletas de moluscos límnicos. De acordo com Barbosa e Barbosa [38], os caramujos da família Planorbidae, que englobam os gêneros *Biomphalaria* e *Drepanotrema*, vivem associados a plantas aquáticas e ambientes ricos em material orgânico, de modo que são mais abundantes onde essas plantas apresentam-se em grande quantidade e a água está ligeiramente poluída com matéria orgânica. Esses dados foram confirmados nesta pesquisa e por autores como Buss et al. [39].

Por sua vez, os exemplares de *Physa* sp. são encontrados em águas estagnadas ou lânticas em todo território nacional. São gastrópodes herbívoros que também se alimentam de algas e de outras matérias orgânicas e que podem hospedar estágios larvais de trematódeos responsáveis por dermatites cercarianas não-esquistossomóticas [40, 32]. São também em grande parte utilizados como bioindicadores de ambientes hídricos poluídos [41].

Segundo Souza et al. [42] em levantamento malacológico em diferentes tipos de criadouros no município de Mariana, Minas Gerais, associaram o encontro de *Ph. marmorata* em maior proporção (12094 exemplares) a poluição desses criadouros por esgoto doméstico. No entanto, nesta presente pesquisa, além da ocorrência de *Physa* sp. em ambiente lântico (P1), os trechos lóticos dos Rios Anil (P3) e Paciência (P2) analisados, também apresentaram a ocorrência desse molusco (0,19% e 0,14%, respectivamente), onde os mesmos estavam aderidos à vegetação da margem.

Em relação aos Ampularídeos, família a qual o gênero *Pomacea* está sistematicamente inserido, são considerados um grupo de caramujos encontrados em ambientes lânticos e que possuem alta tolerância a ambientes poluídos e eutrofizados [43]. Características estas encontradas também nos únicos locais (P1 e P2) onde esses moluscos foram encontrados neste levantamento malacológico. Esses gastrópodes pulmonados são frequentemente registrados em ambientes lânticos com baixa concentração de oxigênio [44].

Pesquisas malacológicas realizadas no Brasil demonstram certa convergência de resultados, indicando que estes animais preferem regiões mais rasas, com menos de dois metros de profundidade e associada às raízes de vegetação aquática vertical ou flutuante, apresentando predileção por águas estagnadas e de pouco movimento [45]. Ao longo dos rios os moluscos colonizam de preferência braços de pouca correnteza onde a vegetação é mais abundante [46], sendo que estas fornecem recursos alimentares e refúgios contra a predação além de diminuir a velocidade da correnteza [47, 48]. Em áreas de ocupação humana e cidades, locais como açudes, hidrelétricas lagos, lagoas, represas e valas de irrigação podem ser utilizados por moluscos como criadouros artificiais [49].

Em todos os pontos de coleta houve a presença tanto de vetores biológicos da esquistossomose, quanto a presença de pelo menos 1 Unidade Formadora de Colônia para Coliformes Totais e *E. coli*, segundo o kit COLItest®. A presença desse grupo de bactérias indica a contaminação por dejetos de origem fecal [50]. Estes dados demonstram que P1, P2, P3 e inclusive P4 (ambientalmente conservado), podem ser considerados receptores finais de esgotamento

doméstico do município. Realidade esta confirmada pelos estudos de Liao et al. [51], que detectaram elevado índice de poluição microbiológica de origem fecal em diversas partes de rios de São Luís desde a década de 80.

De acordo com Teles [52], a presença de contaminação fecal em coleções hídricas é fundamental para a instalação e manutenção dos ciclos de trematódeos de importância médica e veterinária, dentre os quais se destaca no Brasil o *S. mansoni*, agente etiológico da esquistossomose, o que torna uma situação de alerta para o município de São Luís (MA).

Dessa forma, após os testes de positividade para larvas de trematódeos, três espécimes estavam atuando como hospedeiras intermediárias de parasitos digenéticos. Estas foram: *Pomacea* sp. (4,29%), *B. glabrata* (0,61%) e *Physa* sp. (0,7%). Dentre as larvas, ressalta-se a relevância de se notificar a ocorrência de *S. mansoni* em P1 (Bairro Sá Viana), pois se trata de um conjunto habitacional de periferia, com más condições sanitárias e com residências próximas aos criadouros.

Em outro bairro periférico de São Luís, Vila Embratel, também fora notificado a presença de cercárias de *S. mansoni* em seis planorbídeos da espécie *B. glabrata* de apenas 13 coletados, totalizando um índice de 46,15% de infecção [36]. Entretanto, como foram poucos os exemplares coletados, existe a probabilidade desse percentual não ser um bom representativo para a região.

Segundo Souza et al. [42] ao analisarem individualmente 147 localidades no município de Mariana (MG), concluíram que a presença de caramujos positivos para *S. mansoni* estava relacionado com áreas alteradas e (ou) impactadas pela atuação humana. Nesse sentido, Soldánová e Kostadinova [53] afirmam que a eutrofização parece favorecer o estabelecimento de algumas espécies de trematódeos, resultado da maior presença de hospedeiros invertebrados e definitivos. Dados estes, que confirmam nossos resultados em relação ao maior encontro e taxa de parasitismo desses moluscos em localidades com elevadas alterações de origem antrópica.

Outra cercária encontrada neste presente levantamento foi identificada como xifidiocercária. Segundo Pinto e Melo [30], esses tipos de larvas emergem de gastrópodes aquáticos. As metacercárias são formadas principalmente em larvas de insetos aquáticos ou em anfíbios. Xifidiocercárias podem ainda ser subdivididas em diversos grupos, entre eles o microcotile, identificado neste estudo como proveniente de *Pomacea* sp. De acordo com Pinto e Melo [30], são larvas que possuem como hospedeiros definitivos, as aves. Esse mesmo tipo cercariano também foi encontrado para *Physa* sp., a qual foi classificado como pertencente ao grupo ornata, por apresentar estilete na ventosa oral e aleta caudal. Segundo Boaventura et al. [54] e Pinto e Melo [30], esse tipo de cercária, possuem anfíbios e peixes como hospedeiros definitivos. Todos esses vertebrados puderam ser verificados nos locais onde esses moluscos estavam parasitados por essas cercárias.

Em estudo realizado na microrregião do Rio de Janeiro (sudeste do Brasil), Boaventura et al. [54] também relataram o encontro de nove exemplares de *Ph. marmorata* em Niterói, sendo que dois eliminaram xifidiocercárias do grupo *ornata* (índice de positividade de 22,2%). Este mesmo tipo cercariano também já fora registrado parasitando moluscos *B. glabrata* e *Ph. marmorata*, com um índice cercariano específico (ICE) de 0,18% e 0,08%, respectivamente no município de Mariana, Minas Gerais, Brasil [42]. Segundo Lutz [55], o grupo das xifidiocercárias é o mais abundante no Brasil.

De acordo com a pluviometria obtida entre os meses de novembro de 2014 a junho de 2015 para o município de São Luís (MA), pode-se observar que os valores médios variaram entre 0,23 (novembro) a 9,12 mm (março) (Figura 2).

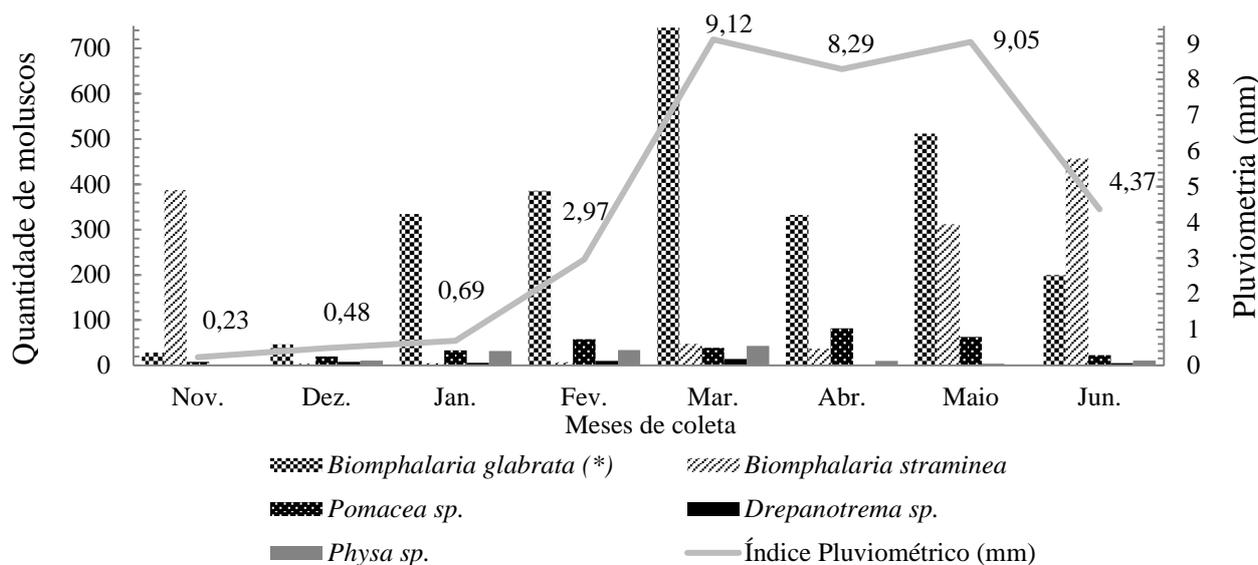


Figura 2: Flutuação do quantitativo de moluscos coletados mensalmente, em relação ao índice pluviométrico para o município de São Luís (MA), Brasil, durante o período de novembro de 2014 a junho de 2015. (\*) = estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ )

Ao realizarem-se correlações estatísticas entre o índice pluviométrico e a flutuação do quantitativo de moluscos (soma de todos os espécimes) obtidos em cada mês, verificou-se associação positiva e significativa ( $r = 0,7781$ ;  $p = 0,0230$ ). Quando o mesmo cálculo foi realizado utilizando-se esta variável abiótica de maneira individual para cada gênero/espécie encontrados, os seguintes resultados foram gerados: *B. straminea* ( $r = 0,02815$ ;  $p = 0,9472$ ), *B. glabrata* ( $r = 0,7794$ ;  $p = 0,0226$ ), *Pomacea* sp. ( $r = 0,6969$ ;  $p = 0,0547$ ), *Physa* sp. ( $r = 0,08003$ ;  $p = 0,8506$ ) e *Drepanotrema* sp. ( $r = 0,08963$ ;  $p = 0,8329$ ). Dessa forma, registraram-se apenas associações positivas em relação ao padrão de chuvas para o município de São Luís (MA). No entanto, as correlações estatisticamente significativas foram somente às relacionadas ao molusco *B. glabrata*.

Dados estatisticamente significativos foram encontrados por Souza et al. [42], que coletaram mais moluscos no período de seca (77,8%) do que no período de chuva (22,2%). De acordo com esses autores, as chuvas podem carrear esses animais para outras localidades, afetando o encontro destes durante as coletas. Explicação esta que também é adotada por Giovanelli et al. [56], que ressaltam que a pluviosidade pode exercer forte influência sobre a flutuação populacional desses invertebrados, devido ao efeito de arraste, ocasionando a dispersão desses moluscos para outras localidades ou com a formação de novos criadouros. Entretanto, o padrão de chuvas para esse período no município de São Luís (MA) foi extremamente irregular e não correspondeu ao quantitativo esperado para o período chuvoso, o que provavelmente permitiu uma maior proliferação de criadouros sem que os moluscos fossem removidos, pela ação de intensas chuvas, para outras localidades.

#### 4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados da biodiversidade de moluscos de água doce e de helmintos associados que foram gerados por meio desta pesquisa, ampliou-se satisfatoriamente o conhecimento sobre a riqueza de espécimes que compõem a fauna do estado do Maranhão e do Nordeste do Brasil. Padrões de distribuição de gastrópodes límnicos de importância médica, até então escassos na literatura para a área de estudo, foram estabelecidos. Registraram-se também novas áreas com potencial de transmissão de parasitoses de veiculação hídrica para a ilha do Maranhão, que poderão subsidiar futuros monitoramentos epidemiológicos para a localidade.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, pela concessão de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor e de transportes para as coletas, sendo de fundamental auxílio para a execução desta pesquisa.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Thomé JW, Gomes SR, Picanço JB. Os caracóis e as lesmas dos nossos bosques e jardins - Guia ilustrado. Pelotas: Editora USEB; 2006. 123p.
2. Cowie RH. Mollusks. In: Staples GW, Cowie RH, editors. Hawaii's invasive species. Honolulu: Ed. Mutual Publishing; 2004. 116p.
3. Lydeard C, Cowie RH, Ponder WF, Bogan AE, Bouchet P, Clark S, Cummings KS, Frest TJ, Gargominy O, Herbert DG, Hershler R, Perez K, Roth B, Seddon M, Strong EE, Thompson FG. The global decline of nonmarine mollusks. *BioScience* 2004 Apr;54(4):321-330, [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0321:TGDONM\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0321:TGDONM]2.0.CO;2)
4. Maltchik L, Stenert C, Kotzian CB, Pereira D. Responses of freshwater molluscs to environmental factors in Southern Brazil wetlands. *Braz J Biol.* 2010 Aug;70(3):473-482, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010005000003>
5. Pereira D, Inda LA, Consoni JM, Konrad HG. Composição e abundância de espécies de moluscos do bento marginal da microbacia do arroio Capivara, Triunfo, RS, Brasil. *Biociências* 2001;9(1):3-20.
6. Carlsson NO, Bronmark C, Hansson L. Invading herbivory: the Golden apple snail alters ecosystem functioning in Asian wetlands. *Ecology* 2004 Jun;85(6):1575-1580, 10.1890/03-3146
7. Queiroz JF, Trivinho-Strixino S, Nascimento VMC. Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da Bacia do Médio São Francisco. *Comunicado Técnico - Embrapa Meio Ambiente* 2000; 1(3):1-4.
8. Hudson PJ, Dobson AP, Lafferty KD. Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites? *Trends in Ecology & Evolution* 2006 Jul;21(7):381-385, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2006.04.007>
9. Boaventura MF, Thiengo SC, Fernandez MA. Gastrópodes límnicos hospedeiros intermediários de trematódeos digenéticos no Brasil. In: Santos SB, Pimenta AD, Thiengo SC, Fernandez MA, Absalão RS, editores. *Tópicos em Malacologia: ecos do XVIII Encontro Brasileiro de Malacologia*; 2007 Jul 21-25; Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Malacologia. p. 327- 337.
10. Souza MAA, Melo AL. Caracterização de larvas de trematódeos emergentes de moluscos gastrópodes coletados em Mariana, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia Ser Zool.* 2012 Mar;102(1):11-18.
11. Keiser J, Utzinger J. Emerging Foodborne Trematodiasis. *Emerg Infect Dis.* 2005 Oct;11(10):1507-1514, <http://doi.org/10.3201/eid1110.050614>
12. Soldánová M, Selbach C, Kalbe M, Kostadinova A, Sures, B. Swimmer's itch: etiology, impact, and risk factors in Europe. *Trends Parasitol* 2013 Feb;29(2):65-74, doi: 10.1016/j.pt.2012.12.002
13. Rey L. *Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008. 883p.
14. Lambertucci JR. Acute schistosomiasis mansoni: revisited and reconsidered. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2010 Jul;105(4):422-435, <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762010000400012>
15. Ibikounlé M, Mouahid G, Sakiti NG, Massougbojji A, Moné H. Freshwater snail diversity in Benin (West Africa) with a focus on human Schistosomes. *Acta Trop.* 2009 Jul;111(1):29-34, doi: 10.1016/j.actatropica.2009.02.001
16. 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. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical (Impresso)* 2014 Jan/Feb;47(1):79-85, <http://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-0194-2013>
17. Costa-Neto JP, Barbieri R, Ibañez M do SR, Cavalcante PRS, Piorski NM. Limnologia de três ecossistemas aquáticos da Baixada Maranhense. *Bol Lab Hidrob.* 2001;14 (1):19-38.
18. Alvim MC. A esquistossomose mansoni no Maranhão. *Hiléia Méd.* 1980;2(2):151-157.
19. Matthews RH, Ferreira-Correia MM, Sousa RS. Levantamento da fauna aquática da ilha de São Luís (estado do Maranhão, Brasil). I – Molusca. *Bol Lab Hidrob.* 1977;1(1):9-22.
20. Costa M de L, Mello R de LS. Inventário dos moluscos estuarinos do sudoeste da Ilha do Maranhão – estado do Maranhão – Brasil. *Bol Lab Hidrob.* 1983;5/6(1):30-33.

21. Oliveira VM, Mochel FR. Macrofauna bêntica de substratos móveis de um manguezal sob impacto das atividades humanas no sudoeste da Ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. Bol Lab Hidrob. 1999;12(1):75-93.
22. Neto VSG, Rebêlo JMM. Aspectos epidemiológicos do dengue no Município de São Luís, Maranhão, Brasil, 1997-2002. Cad Saúde Pública 2004 Sept/Oct;20(5):1424-1431, <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2004000500039>
23. Callisto M, Ferreira WR, Moreno P, Goulart M, Petrucio M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). Acta Limnol Bras. 2002;14(1):91-98.
24. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010. Infográficos: dados gerais do município de São Luís. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=211130&search=maranhao|sao-luis|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>> Acesso em: 19 de março de 2016.
25. Paraense WL, Deslandes N. Observations on the morphology of *Australorbis nigricans*. Mem Inst Oswaldo Cruz 1955 May;53(1):121-124, <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761955000100012>
26. Paraense WL. Estado atual da sistemática dos planorbídeos brasileiros. Arq Mus Nac Rio de Janeiro 1975;55:105-128.
27. Simone LRL. Land and Freshwater Molluscs of Brazil. São Paulo: EGB/Fapesp; 2006. 390p.
28. Smithers SR, Terry RJ. The infection of laboratory host with cercariae of *Schistosoma mansoni* and the recovery of adult worms. Parasitology 1965 Nov;55(4):565-570.
29. Coutinho JO. Índices de infestação natural dos planorbídeos pelas cercárias do *Schistosoma mansoni* na cidade do Salvador- Bahia. Anais da Faculdade de Medicina de São Paulo 1950; 25:29-53.
30. Pinto HA, Melo AL. Larvas de trematódeos em moluscos do Brasil: Panorama de perspectivas após um século de estudos. Rev Patol Trop. 2013 Oct/Dez.;42(4)387-394, <http://dx.doi.org/10.5216/rpt.v42i4.27922>
31. Teixeira JC, Helleer L. Fatores ambientais associados às helmntoses intestinais em áreas de assentamento subnormal, Juiz de Fora, MG. Eng. Sanit. Ambient. 2002 Oct/Dec;9(4):301- 305, <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522004000400006>
32. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e Controle de Moluscos de Importância Epidemiológica - Diretrizes Técnicas: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE). 2 ed. Brasília, Ministério da Saúde; 2008. 178p.
33. Coimbra Jr CEA., Santos RV. Moluscos aquáticos do estado de Rondônia (Brasil), com especial referência ao gênero *Biomphalaria* Preston, 1910 (Pulmonata, Planorbidae). Rev Saúde Públ 1986 Jun;20:227-34, <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101986000300006>
34. Barbosa FS, Pinto HA, Melo AL. *Biomphalaria straminea* (Mollusca: Planorbidae) como hospedeiro intermediário de *Zygotocyle lunata* (Trematoda: Zygotocylidae) no Brasil. Neotrop Helminthol. 2011;5(2):241-246.
35. Rey L. Non-human vertebrate hosts of *Schistosoma mansoni* and schistosomiasis transmission in Brazil. Parasitol Res. 1993;52:13-25.
36. Oliveira D da S, Nunes GS, Mendes RJ, França CRC, Filho AAP, Tavares CP, Rosa IG. Inquérito malacológico para identificar a célula de expansão da esquistossomose mansônica na Vila Embratel, um bairro de periferia de São Luís do Maranhão. Cad Pesq. 2013 Jul;20(nºespecial):16-19.
37. Pointier JP, David P. Biological control of *Biomphalaria glabrata*, the intermediate host of schistosomes, by *Marisa cornuarietis* in ponds of Guadeloupe: long-term impact on the local snail fauna and aquatic flora. Bio Control 2004 Jan;29:81-89, doi:10.1016/S1049-9644(03)00137-3
38. Barbosa FS, Barbosa CS. The bioecology of snail vectors for schistosomiasis in Brazil. Cad Saúde Pública 1994 Apr/Jun;10(2): 200-209, <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1994000200007>
39. Buss DF, Baptista DF, Silveira MP, Nessimian JL, Dorvillé LFM. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblage in a stream basin in Southeast Brazil. Hydrobiologia 2002;481(82):299-305.
40. Paraense WL. *Physa cubensis* Pfeiffer, 1839 (Pulmonata: Physidae). Mem Inst Oswaldo Cruz 1987;82(1):15-20, <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761987000100003>
41. Vidigal THDA, Marques MMGSM, Lima HP, Barbosa FAR. Gastrópodes e bivalves límnicos do trecho médio da bacia do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. Lundiana 2005;6(suppl):67-76.
42. Souza MAA, Souza LA, Machado-Coelho GLL, Melo AL. Levantamento malacológico e mapeamento das áreas de riscos para transmissão da esquistossomose mansônica no município de Mariana, Minas Gerais, Brasil. R Ci Méd Biol. 2006 May/Aug;5(2):132 – 139.

43. Guimarães CT. Algumas observações de campo sobre biologia e ecologia de *Pomacea haustrum* (Reeve, 1856) (Mollusca, Piliidae). Mem Inst Oswaldo Cruz 1981 Out/Dec;76(4):343-351, <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761981000400002>
44. Martins-Silva MJ, Barros M. Occurrence and distribution of fresh-water molluscs in the Riacho Fundo Creek Basin, Brasília, Brazil. Rev Biol Trop. 2001 Sep/Dec;49(3-4):865-870.
45. Martello AR, Nunes IGW, Boelter RA, Leal LA. Malacofauna límnic associada à macrófitas do rio Iguariacá, São Borja, RS, Brasil. Ci Nat. 2008;30(1):27-41.
46. 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* (Müller) e *Corbicula fluminea* (Müller). Rev Bras Zool. 2007 Mar;24(1):21-32, <http://dx.doi.org/10.5380/rbz.v24i1.7560>
47. Rempel LL, Richardson JS, Healey MC. Macroinvertebrate community structure along gradients of hydraulic and sedimentary conditions in a large gravel-bed river. Freshwater Biol. 2000 Sept;45(1):57-73, 10.1046/j.1365-2427.2000.00617.x
48. Brooks AJ, Haeusler T, Reinfelds I, Williams S. Hydraulic microhabitats and the distribution of macroinvertebrate assemblages in riffles. Freshwater Biol. 2005;50:331-344, doi:10.1111/j.1365-2427.2004.01322.x
49. Thiengo SC, Santos SB, Fernandez MA. Malacofauna límnic da área de influência do lago da usina hidrelétrica de Serra da Mesa, Goiás, Brasil. Rev Bras Zool 2005 Dec;22(4):867-874, <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400010>
50. Vasconcellos FCS, Iganci JRV, Ribeiro GA. Qualidade microbiológica de água do Rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. Arq Inst Biol. 2006 Abr/Jun;73(2):177-181.
51. Liao PDL, Bezerra JM, Garros MCM, Bastos OC. Estado de poluição bacteriológica dos principais rios da ilha de São Luís - estado do Maranhão - Brasil: Anil, Bacanga e Paciência. Cad de Pesq. 1985;1(1):04-23.
52. Teles HMS. Distribuição das espécies de caramujos transmissores de *Schistosoma mansoni* no estado de São Paulo. Rev Soc Bras Med Trop. 2005 Sept/Oct;38(5): 426- 432, <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822005000500013>
53. Soldánová M, Kostadinova A. Rapid colonization of *Lumnaea stagnalis* by larval trematodes in eutrophic ponds in central Europe. Int J Parasitol. 2001 Aug;41(9):981-990, doi:10.1016/j.ijpara.2011.05.005
54. Boaventura MF, Fernandez MA, Thiengo SC, Silva RE, Melo AL. Formas larvais de Trematoda provenientes de gastrópodes límnicos da microrregião Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. Lundiana 2002;3(1):45-49.
55. Lutz A. *Schistosoma mansoni* e a schistosomatose segundo observações feitas no Brasil. Mem Inst Oswaldo Cruz 1919;11:121-155.
56. Giovanelli A, Soares MS, D'andréa SP, Gonçalves MML, Rey L. Abundância e infecção do molusco *Biomphalaria glabrata* pelo *Schistosoma mansoni* no estado do Rio de Janeiro. Rev Saúde Pública 2001 Dec;35(6):523-30, <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102001000600005>