

Malacofauna bentônica do Lago Igapó, Londrina (Paraná, Brasil), com ênfase na espécie invasora mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857)

Benthic malacofauna from the Igapó Lake, Londrina (Paraná, Brazil), with emphasis on the invasive species Golden Mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857)

João Daniel Ferraz¹, Eric Mateus Vieira Gois², Marcelo Hideki Shigaki Yabu³, Diego Azevedo Zoccal Garcia⁴, Ana Carolina Vizintim Marques¹, Armando César Rodrigues Casimiro¹, Ana Paula Vidotto-Magnoni⁵, Mário Luís Orsi⁶

Resumo

Objetivo: quantificar a abundância e a biomassa de moluscos bentônicos no Lago Igapó I, Londrina, Paraná, Brasil. **Material e Métodos:** foram realizadas duas coletas no Lago Igapó I, a primeira em junho de 2015 e a segunda em fevereiro de 2016. O substrato (incluindo os moluscos incrustados) foi amostrado utilizando um quadrante com área de 1 m², onde 10 amostragens foram realizadas entre três pontos distintos do lago. Os moluscos capturados foram anestesiados e eutanasiados por superexposição ao gelo. Posteriormente, o material foi quantificado em abundância (n) e biomassa total (kg), e armazenado em tambores contendo formol 4% tamponado com carbonato de cálcio.

Resultados: foram identificadas cinco espécies de moluscos, sendo três não nativas (*Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea* e *Melanoides tuberculata*), uma nativa (*Aylacostoma cf. tenuilabris*) e um indivíduo do gênero *Pomacea*. Em ambas as coletas, *L. fortunei* compreendeu aproximadamente 90% da abundância e biomassa total. A partir da densidade média de *L. fortunei* e a área total do Lago Igapó I, estimou-se que a população total de mexilhões-dourados pode chegar a 633 milhões de indivíduos, correspondendo a 638 toneladas de biomassa. **Conclusão:** é evidente a dominância da espécie invasora *L. fortunei* no Lago Igapó I, onde esta pode causar diversos efeitos negativos, como alterações no ciclo de nutrientes, redução de espécies nativas, introdução de parasitos, bioacumulação de metais pesados na cadeia trófica, diminuição da qualidade da água para uso humano e obstrução de encanamentos com risco de alagamentos. Desta forma, recomenda-se uma imediata ação de manejo neste ambiente para retirada de indivíduos da espécie, com consequente redução de sua abundância.

Palavras-chave: Bacia do Alto Rio Paraná. Invasão biológica. Lago urbano. Mollusca. Ribeirão Cambé.

¹ Doutorandos em Ciências Biológicas na Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: jd_ferraz@hotmail.com

² Graduando em Ciências Biológicas na Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

³ Mestrado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

⁴ Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

⁵ Doutorado em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Botucatu, São Paulo, Brasil. Professora Adjunta do Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

⁶ Doutorado em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo, Brasil. Docente de Pós-graduação do Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

Abstract

Objective: quantify the abundance and biomass of benthic molluscs in Igapó Lake I, Londrina, Paraná, Brazil. **Material and Methods:** two samplings was made at Igapó Lake I, first in June 2015 and then in February 2016. The substrate (including all embedded molluscs) was sampled using a 1 m² quadrant, where 10 samples were taken between three distinct points from the lake. All molluscs captured were anesthetized and euthanized by overexposure to ice. Subsequently, the material was quantified in quantity (n) and total biomass (kg), and stored in barrels containing 4% formaldehyde buffered with calcium carbonate. **Results:** five species of molluscs were identified, three non native species (*Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea* and *Melanoides tuberculata*), one native (*Aylacostoma* cf. *tenuilabris*) and one *Pomacea* sp. In both sampling, *L. fortunei* comprised approximately 90% of the abundance and total biomass. From the average density of *L. fortunei* and the total area of the Igapó Lake I, it was estimated that the total population of golden mussels can reach 633 million individuals, corresponding to 638 tons of biomass. **Conclusion:** the dominance of the invasive species *L. fortunei* in Igapó Lake I is evident, where it can cause several negative effects, such as alterations in the nutrient cycle, reduction of native species, introduction of parasites, bioaccumulation of heavy metals in the food chain, decreased quality of water for human use and obstruction of pipes obstruction with risk of overflow. Therefore, we recommend an immediate management action in this environment in order to remove individuals of this species and, consequently, to reduce its abundance.

Keywords: Upper Paraná basin. Biological invasion. Urban lake. Mollusca. Ribeirão Cambé.

Introdução

Em comunidades aquáticas de água doce, a malacofauna bentônica ocupa papel ecológico importante devido à ampla distribuição, diversidade e abundância de espécies.⁽¹⁾ Envolvidos em interações complexas junto aos elementos bióticos e abióticos do ambiente, são protagonistas de relações ecológicas das mais diferentes, como carnivorina, herbivorina, detritivoria e microfagia, ou filtração.⁽¹⁾ Além disso, são utilizados como recurso alimentar por diversos animais e auxiliam no diagnóstico da condição ambiental.⁽²⁻⁴⁾ O Brasil possui malacofauna diversa, onde para ambientes dulcícolas são conhecidas mais de 300 espécies, sendo cerca de 200 pertencentes à Gastropoda e mais de 100 à Bivalvia.⁽⁵⁻⁶⁾ Para a bacia do Alto Rio Paraná, estado de São Paulo, ocorrem 44 espécies de bivalves e 35 de gastrópodes.⁽⁵⁻⁶⁾ Entretanto, as espécies nativas brasileiras são prejudicadas pelas atividades humanas e a introdução de espécies invasoras.⁽⁷⁾

Entre as espécies aquáticas invasoras, os moluscos bivalves representam grande ameaça às espécies nativas e ecossistemas, em decorrência da colonização bem sucedida de novos ambientes.⁽⁸⁻⁹⁾

Possuem tempo curto de geração, rápido crescimento, plasticidade fenotípica e adaptações fisiológicas que propiciam a colonização de diferentes *habitats* com tolerância a variações abióticas.⁽⁹⁻¹⁰⁾ *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) é um molusco bivalve nativo de rios e riachos chineses e do sudeste asiático, pertencente à família Mytilidae e conhecido popularmente como mexilhão-dourado.⁽¹¹⁾ Em estágio adulto, atinge até quatro centímetros e meio de comprimento, sendo a porção superior de suas valvas de coloração marrom-escuro e a porção inferior amarelada, dentro da qual o corpo do animal está protegido.⁽¹²⁾ Os indivíduos de *L. fortunei* são dioicos, reproduzem continuamente em regiões tropicais e regiões subtropicais e podem viver de dois a três anos, porém a longevidade varia conforme a localidade geográfica.^(8,13)

A espécie é geralmente encontrada em locais de águas bem oxigenadas, capaz de sobreviver com sucesso em águas salinas, lagos, áreas úmidas e em diversos tipos de cursos d'água.⁽¹⁴⁾ A larva é de vida livre, com elevada capacidade de dispersão em ambientes lóticos e lênticos, em águas continentais.⁽¹⁵⁾ Após a fase larval, os indivíduos se fixam em vários tipos de substratos firmes ou endurecidos,

utilizando um filamento de base proteica, o bisso, secretado por uma glândula localizada na base do pé muscular.⁽¹²⁾ Assim, formam-se colônias através da reprodução sucessiva dos indivíduos, que permanecem unidos aos primeiros colonizadores do local.⁽¹¹⁾ O mexilhão-dourado coloniza as margens e o fundo dos ambientes em densidades de até 200.000 ind/m².⁽⁸⁾

Limnoperna fortunei chegou à América do Sul em 1991 pela bacia do Rio da Prata, Argentina, pelo transporte de propágulos via água de lastro de navios.^(9,16) Desde então, *Limnoperna fortunei* vem expandindo sua distribuição através de grandes rios da região, no qual encontra-se estabelecido na bacia dos rios Paraguai e Paraná e ecossistemas aquáticos da região do Pantanal, chegando aos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo e, mais recentemente, no Rio São Francisco, no estado da Bahia.^(16,17) O principal meio de dispersão do *L. fortunei* pelo Centro-Sul do Brasil é o sistema hidroviário formado pelos rios Paraguai e Paraná, onde são transportados por embarcações,^(9,16) enquanto para a Região Nordeste sua presença pode ter sido facilitada pelos aparatos de transporte de alevinos de peixes para aquicultura.⁽¹⁷⁾

O Lago Igapó, no município de Londrina, Norte do Paraná e Sul do Brasil, é pertencente ao Ribeirão Cambé, que tem sua porção superior incorporada ao perímetro urbano da cidade, refletindo em perturbações antrópicas variadas ao longo do curso d'água.⁽¹⁸⁾ A bacia do Ribeirão Cambé se origina no município de Cambé, Paraná, e desagua no Ribeirão Três Bocas em Londrina, sendo um subafluente do Rio Tibagi, importante tributário do Rio Paranapanema.⁽¹⁸⁻¹⁹⁾ Por sua vez, o Rio Paranapanema, um dos maiores afluentes da margem direita do Alto Rio Paraná, está inserido na região de maior densidade demográfica do País, e suporta diversas atividades antrópicas ao longo de sua bacia.⁽²⁰⁾

O sistema de lagos Igapó foi projetado para solucionar o problema de drenagem do Ribeirão Cambé no final da década de 1950, servindo também como área de lazer e esportes para a população, tornando-se um dos cartões postais da cidade e

importante área de interação com o meio ambiente.⁽²¹⁾ Áreas verdes em ambientes urbanos (praças, parques, lagos e afins) são consideradas interfaces entre a natureza e a civilização, promovendo efeitos positivos para a sociedade, dentre elas a possibilidade de lazer, esportes e convívio social, gerando aumento do bem-estar e alívio das tensões da vida moderna, enriquecimento da paisagem da cidade, preservação da fauna e flora nativas, melhorias ecológicas (como do clima, ar, água e solo) e educação ambiental.⁽²²⁾ Entretanto, deve-se atentar para prejuízos que as áreas verdes podem receber devido à íntima relação com a cidade, sendo alguns exemplos a poluição derivada do lixo descartado de forma equivocada, o despejo de detritos químicos em corpos d'água e a introdução de espécies não nativas.^(19,22-23)

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi quantificar a abundância e a biomassa de moluscos bentônicos no Lago Igapó I, em Londrina, Paraná.

Material e Métodos

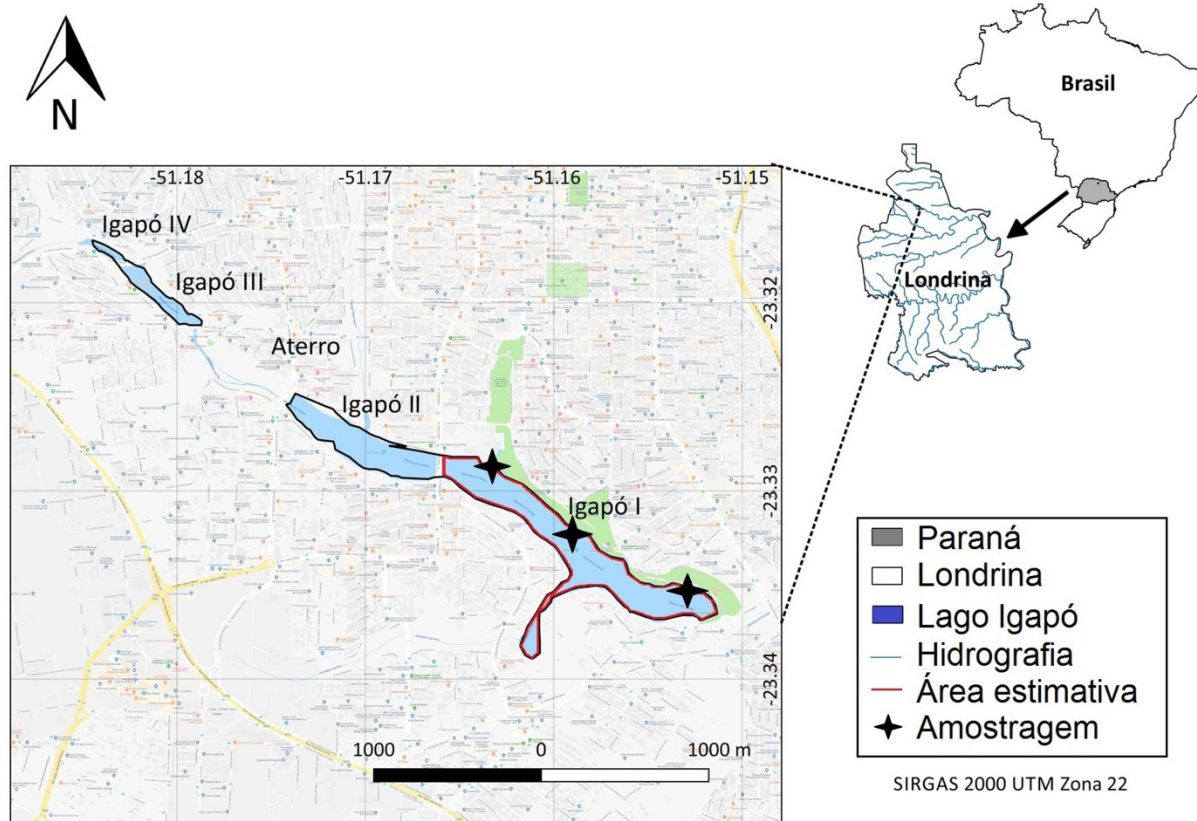
A microbacia hidrográfica do Ribeirão Cambé tem sua nascente no município de Cambé (S 23°17'06,5"S; 51°14'00,0"O), possui extensão de 25 km e área de 77 km², onde sua porção superior está inserida no município de Londrina, Paraná, em sentido noroeste/sudeste.^(19,23) O Lago Igapó foi criado em 1959, ao promover a modificação do ambiente lótico em lêntico de modo artificial.⁽²¹⁾ Atualmente, o sistema é subdividido em quatro lagos na Região Central da cidade (Figura 1).⁽²¹⁾ Alterações antrópicas adicionais ao represamento, como remoção da mata ciliar, lançamento de efluentes na água e introdução de espécies, prejudicam o trecho.⁽¹⁸⁾

Foram realizadas duas coletas no Lago Igapó I (Figura 1), sendo a primeira em junho de 2015 e a segunda em fevereiro de 2016. Em cada ocasião de coleta foram definidos três pontos distintos utilizando-se como base o processo de estratificação de reservatórios em zonas, buscando abranger as diferentes regiões do lago I. Desta forma, dividiu-se 10 amostragens entre a zona fluvial referente à foz

do ribeirão próxima à tubulação abaixo da Avenida Higienópolis (montante), a zona de transição na região mediana do lago I e a zona lacustre próxima

à barragem (jusante) (Figura 1). A caracterização físico-química do ambiente estudado (lago I) foi baseada em Torrezani⁽²³⁾ (Tabela 1).

Figura 1 - Localização do Ribeirão Cambé e sistema de lagos Igapó, município de Londrina, Paraná, respectivos pontos de amostragem e área utilizada (referente ao lago I) para as estimativas de abundância e biomassa de *L. fortunei*.



Fonte: Google Earth (2019), elaborado por Alan Deivid Pereira

Tabela 1 - Caracterização físico-química do Lago Igapó I, bacia do Ribeirão Cambé, município de Londrina, Paraná, Brasil.

Parâmetros físico-químicos	Lago Igapó I
Substrato predominante	Arenoso/Argiloso
Declividade	Moderada
Vegetação ribeirinha	Arbórea/Rasteira
Uso e ocupação do solo	Urbano
Erosão nas margens	Ausente
pH água	8,00 ± 0,99
Condutividade elétrica água (µS/cm)	167,33 ± 17,87

Continua

Continuação

Temperatura água (°C)	23,48 ± 1,81
Turbidez água (NTU)	3,55 ± 1,98
Oxigênio dissolvido água (mg.L ⁻¹)	5,1 ± 1,79

Fonte: Torrezani⁽²³⁾

A exploração do substrato foi realizada nas margens do lago, adotando-se profundidade média de 0,5 m, mínima de 0,3 m e máxima de 0,8 m, e distância de 2 m entre as amostras. Para a captura dos moluscos utilizou-se um quadrante de madeira com área de 1 m², onde todos os indivíduos incrustados no substrato dentro do quadrante foram coletados, anestesiados e eutanasiados por superexposição ao gelo por dez minutos, sendo posteriormente fixados em solução de formalina 4% tamponado. Tomou-se o cuidado de alternar os locais dos quadrantes entre as duas amostragens, com o intuito de evitar que a remoção dos animais incrustados no substrato no primeiro ano interferisse nas amostras do ano seguinte. Porém, as áreas definidas para os três pontos, referentes às diferentes zonas do lago I, foram obedecidas. Em laboratório, o material foi quantificado em abundância por número de indivíduos (n) e biomassa total (kg). A identificação das espécies foi realizada com auxílio de especialista (Prof. Dr. Aisur Ignacio Agudo-Padrón). Para a estimativa da área total do lago I foi utilizado o programa de georreferenciamento QGIS (Quantum GIS) 2.21.

Resultados

Foram identificados cinco táxons de moluscos, sendo três espécies não nativas: *Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) e *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774), uma espécie nativa da bacia, *Aylacostoma cf. tenuilabris* (Reeve, 1860) (Figura 2), e um indivíduo do gênero *Pomacea* (Perry, 1810) em condições que não possibilitaram a identificação da espécie. Ao todo, foram coletados 16.098 indivíduos de *L. fortunei*, com biomassa total de 16,5 kg. A abundância de

L. fortunei foi diferente entre as coletas, sendo aproximadamente 65% da abundância e biomassa registradas na primeira coleta.

Na primeira coleta foram registrados 10.504 indivíduos e 10,5 kg de moluscos, onde para as 10 amostras a densidade média foi de 2.100,8 indivíduos/m² e biomassa média de 2,1 kg/m². *Limnoperna fortunei* compreendeu 96,7% e 97,4% de abundância e biomassa, respectivamente, com valores de 2.032,8 indivíduos/m² e 2.061 kg/m². A espécie *C. fluminea* representou apenas 0,7% dos indivíduos, com 16,6 indivíduos/m² e 1,7% da biomassa média (0,1 kg/m²). Por outro lado, *A. cf. tenuilabris* representou 0,4% dos indivíduos, com densidade média de 9,6 indivíduos/m² e 0,6% da biomassa média (<0,1 kg/m²). *M. tuberculata* apresentou 1,9% dos indivíduos, com densidade média de 41,6 indivíduos/m² e 0,1% da biomassa média (<0,1 kg/m²) (Figura 3).

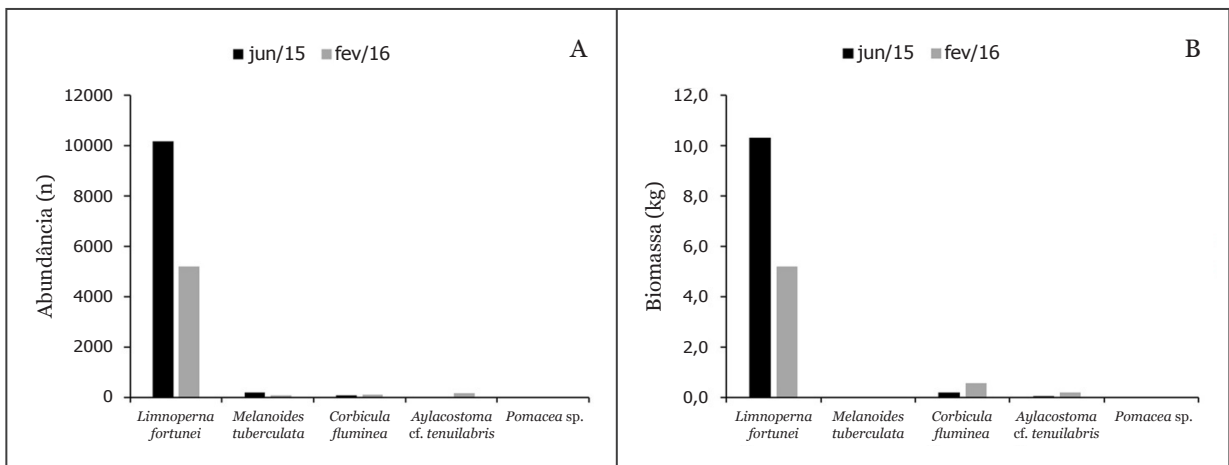
Na segunda coleta foram registrados 5.594 indivíduos e 5,9 kg de moluscos. A densidade média para as 10 amostras foi de 1.118,8 indivíduos/m², enquanto a biomassa média foi de 1,2 kg/m². *Limnoperna fortunei* compreendeu 93,1% e 86,8% da abundância e biomassa total, respectivamente, com valores de densidade média de 1.041,6 indivíduos/m² e biomassa média de 1.039,1 kg/m². *Corbicula fluminea* representou 2,4% dos indivíduos, com densidade média de 27,2 indivíduos/m² e 9,6% da biomassa média (0,1 kg/m²), enquanto *Aylacostoma cf. tenuilabris* representou 2,9% dos indivíduos, com densidade média de 33,4 indivíduos/m² e 3,4% da biomassa média (<0,1 kg/m²). *Melanoides tuberculata* apresentou 1,4% dos indivíduos, com densidade média de 16,6 indivíduos/m² e 0,1% da biomassa média (<0,1 kg/m²) (Figura 3).

Figura 2 - Moluscos coletados no Lago Igapó I, Londrina, Paraná, Brasil. (A) esquerda: *Melanoides tuberculata*, espécie não nativa euroasiática; (A) direita: *Aylacostoma* cf. *tenuilabris*, espécie nativa das bacias dos rios Paraná e São Francisco; (B) *Corbicula fluminea*, espécie não nativa asiática; (C) *Limnoperna fortunei*, espécie não nativa asiática.



Fonte: Autores

Figura 3 - Abundância (n) (A) e biomassa (kg) (B) dos moluscos coletados nos meses de junho de 2015 e fevereiro de 2016 no Lago Igapó I, Londrina, Paraná, Brasil.



Fonte: Autores

Limnoperna fortunei foi coletado em incrustações no concreto das margens do lago e rochas do substrato, mas foi observado aderido também em troncos e tubulações. A partir da densidade média de *L. fortunei* entre as duas coletas e a área total do lago I (calculada em 0,41 km²), foi estimada uma abundância total de 633 milhões de indivíduos, correspondendo a 638 toneladas de biomassa da espécie no lago I.

Discussão

Dentre as espécies de moluscos bentônicos registrados no lago I, fica evidente a dominância da espécie não nativa invasora *Limnoperna fortunei*,

enquanto as nativas foram representadas somente por *Aylacostoma* cf. *tenuilabris*, em pequena abundância. Mostra-se relevante a ausência de bivalves nativos, visto que em território brasileiro existem mais de 100 espécies, pertencentes a 20 gêneros.⁽⁵⁾ Para a bacia do Alto Rio Paraná, estado de São Paulo, ocorrem mais de 40 espécies nativas de bivalves, além de mais de 30 de gastrópodes.⁽⁵⁻⁶⁾ Deste modo, esperava-se a representação de gêneros com ampla distribuição, como *Diplodon* (Spix, 1827) e *Anodontites* (Bruguière, 1792) (bivalves) e *Biomphalaria* (Preston, 1910) (gastrópodes),⁽⁵⁻⁷⁾ fato que não ocorreu. Estudos no Rio Tietê demonstraram que a representação ínfima ou até mesmo a ausência de moluscos nativos pode ter relação

com alterações ambientais, tais quais barramento, poluição e remoção de vegetação ripária, assim como a introdução de equivalentes não nativos.^(24,25) A ampla distribuição e elevada abundância de espécies não nativas indica processo de invasão biológica bem sucedido,⁽²⁴⁻²⁵⁾ e comprovadamente afeta a malacofauna nativa por diversas relações ecológicas prejudiciais, sobretudo em ambientes antropizados.⁽⁷⁾ Porém, devido à ausência de estudos anteriores aos processos antrópicos e introduções de espécies, os resultados de muitos inventários sobre malacofauna não possibilitam afirmações mais contundentes sobre as prováveis alterações na composição de moluscos.⁽²⁴⁾

Os resultados deste estudo demonstraram que *Limnoperna fortunei* supera em abundância e biomassa as demais espécies nativas e não nativas, sendo bem sucedida em ambientes aquáticos tropicais com temperaturas elevadas.^(8,13,17) Sua presença no lago pode gerar diversos impactos ambientais, entre eles mudanças no ciclo de nutrientes, como o ciclo dos fosfatos,⁽³⁾ o que altera as populações de fitoplâncton e a dinâmica na cadeia trófica, podendo levar ao declínio de espécies nativas de diferentes grupos.⁽²⁶⁻²⁷⁾ Além dessa interferência, as populações nativas de moluscos podem ser prejudicadas pela reprodução contínua e crescimento rápido de *L. fortunei*, que pode se aglomerar sobre outras espécies de mexilhões filtradores impedindo-os de se alimentar, levando à morte dos mesmos e à instabilidade em toda a comunidade aquática.⁽¹⁰⁻¹¹⁾

Limnoperna fortunei se encontra amplamente distribuído na bacia do Rio Paraná, em rios, riachos e represas. O momento exato da introdução da espécie no Ribeirão Cambé é desconhecido. Contudo, o registro anterior de ocorrência de *Limnoperna fortunei* mais próximo ao ribeirão é de 2008, no município de Primeiro de Maio, Região Metropolitana de Londrina banhada pelo Rio Tibagi.⁽²⁰⁾ Sua chegada ao Lago Igapó está relacionada provavelmente ao transporte passivo em embarcações utilizadas em áreas contaminadas pela espécie, transportando de forma acidental indivíduos em estágios iniciais de crescimento,

como as larvas livre-natantes e indivíduos jovens, que se incrustam facilmente em diversos materiais.⁽¹⁵⁻¹⁶⁾ As outras espécies de moluscos não nativos registrados no estudo podem ter chegado ao lago pelo mesmo mecanismo. Porém, suas populações ainda se encontram reduzidas na área de estudo, talvez pela grande densidade de *L. fortunei*.^(11,26)

Diante dos dados da segunda coleta realizada em fevereiro de 2016, foi possível observar que a abundância de *Limnoperna fortunei* foi menor do que a observada em junho de 2015. Esse fato provavelmente justifica-se em virtude das fortes chuvas que ocorreram no intervalo entre coletas, pois a pluviosidade acumulada apenas para o mês de janeiro de 2016 foi de 284,3 mm.⁽²³⁾ O evento atípico pode ter causado o carreamento dos estágios de vida iniciais, como as larvas livre-natantes e os indivíduos jovens que são mais fáceis de serem removidos do substrato,⁽¹⁵⁻¹⁶⁾ levando à dispersão dos indivíduos à jusante e diminuindo a abundância da espécie no lago I. Em adição, a chuva suspende muitos sedimentos inorgânicos, o que restringe a expansão de *L. fortunei*.⁽³⁾ No segundo período de coleta, observou-se ainda maior abundância das demais espécies de moluscos, que podem ter se beneficiado da diminuição do mexilhão-dourado.^(11,26) Entretanto, os demais moluscos filtradores também deveriam ser prejudicados pela suspensão de sedimentos inorgânicos,⁽³⁾ o que aparentemente não ocorreu.

Por ser um excelente organismo filtrador, *L. fortunei* torna-se alvo da bioacumulação de metais pesados, bem como de outros poluentes, no interior de suas conchas e tecidos.⁽⁴⁾ *Limnoperna fortunei* faz parte da dieta de diversas espécies de peixes, desde suas fases larvais até se tornarem adultos.^(2,29) Tendo sido registradas para o Lago Igapó 28 espécies de peixes,⁽²³⁾ existe o risco de contaminação do pescado, caso o molusco tenha fixado em seus tecidos tais substâncias e seja consumido pelos peixes.^(4,30) Portanto, deve haver cautela em afirmar que os peixes podem atuar como controladores biológicos de *Limnoperna fortunei*,⁽³³⁾ pois há riscos de bioacumulação de

metais pesados e outros elementos, causando consequências danosas para toda a cadeia trófica, bem como para o consumo humano.

Estudos na bacia do Ribeirão Cambé demonstram que a pesca de subsistência ocorre com frequência na região, sendo registrados peixes com concentrações de chumbo em seus tecidos até 13 vezes superiores ao limite aceitável,^(19,23) provavelmente devido à deposição de esgotos domésticos, lixo e escoamento de resíduos agrícolas e pecuários.⁽⁴⁾ Nesse sentido, a abundante presença de um organismo filtrador invasor pode incrementar a fixação de metais pesados na cadeia trófica, facilitando a contaminação de animais e pessoas.⁽⁴⁾ Ainda sobre o perigo de infestações à ictiofauna, *L. fortunei* pode transportar parasitas e introduzi-los em sistemas onde não é nativo.⁽³²⁻³³⁾ No Japão, a introdução de *L. fortunei* na bacia do Rio Yodo, mais especificamente no Rio Uji, acarretou no ingresso de trematódeos parasitas no ambiente, sendo observada a infestação em peixes e riscos de infestação para o ser humano.⁽³²⁻³³⁾ Estes exemplos denotam uma ameaça à população e um sério problema de saúde pública para o município.^(19,23)

Em áreas urbanas, a proliferação de mexilhões *L. fortunei* nas tubulações pode levar à queda da qualidade de água potável consumida e obstrução dos dutos e encanamentos, resultando em alagamentos.^(11,15) Tal fenômeno, chamado de *macrofouling* ou *biofouling*, é um dos impactos socioeconômicos mais relevantes causados pela espécie.^(11,15) Existem registros de transbordamento no Lago Igapó I que comprovam que o sistema de vazão não suporta o volume de água em épocas de cheias.⁽³⁴⁾ Desta forma, é importante destacar que foram observadas incrustações do molusco em tubulações do sistema. Caso a população de mexilhões comece a se incrustar densamente nas tubulações, o distúrbio de transbordamento com transtornos para a população e gastos financeiros para o município de Londrina pode ocorrer com maior frequência.⁽³⁴⁾

Após a estimativa de abundância da espécie sobre a área do Lago Igapó I, bem como as 638

toneladas de biomassa total estimadas, denota-se a gravidade da presença da espécie invasora no sistema, podendo gerar danos aos habitantes da cidade de Londrina e aos diferentes grupos da fauna nativa remanescentes no Ribeirão Cambé.^(18,24-25) Ressalta-se que estes valores podem ser superiores, caso sejam avaliados os demais trechos do sistema de lagos Igapó e visto que se passaram cinco anos desde a avaliação. Como exemplo, um manejo realizado pela prefeitura em 2018 removeu cinco toneladas de mexilhões apenas na região próxima à barragem.⁽³⁵⁾ Porém, também se deve salientar que a estimativa é limitada, pois não levou em consideração variações em fatores ambientais influentes para a distribuição da espécie, em especial dois dos mais relevantes: o substrato rígido adequado para a fixação dos moluscos e a profundidade ideal.^(8,12)

Em síntese, diversos estudos demonstraram que a introdução do mexilhão-dourado em bacias hidrográficas das mais diferentes foi catastrófica, e uma vez estabelecida, a erradicação da espécie torna-se problemática.^(8,11) Entre as principais propostas de controle deste mexilhão, pode-se citar o uso de materiais e revestimentos anti-incrustantes; aplicação de pesticidas; alterações físico-químicas da água; uso de espécies para fins de controle biológico; exposição à dessecação e remoção manual ou mecânica dos indivíduos.^(8,11) Entretanto, muitas propostas citadas foram majoritariamente aplicadas em ambiente controlado de laboratório, sendo nocivas também para as espécies nativas de diferentes grupos, quando realizadas em meio ambiente.^(8,11,15,34) Para o Lago Igapó I, a proposta de controle biológico, que poderia ser realizada utilizando peixes nativos do Ribeirão Cambé, também se mostra inviável devido ao problema de bioacumulação de metais pesados,^(4,19,23) como já citado. Portanto, acredita-se que a melhor estratégia de manejo para *L. fortunei* nesta situação seria o investimento por parte da prefeitura na remoção mecânica em larga escala, como já realizado pontualmente, aliada à exposição dos indivíduos à dessecação através da diminuição do nível de água do sistema de lagos.^(8,11) Por fim, é necessário o

aumento da fiscalização sobre as embarcações que transitam no Ribeirão Cambé e áreas próximas. A verificação dos cascos com o objetivo de detecção dos indivíduos incrustados é imprescindível para a prevenção da contaminação de corpos hídricos adjacentes, visto que a espécie é dispersa de forma acidental por estes meios de transporte.^(10,15-16)

Conclusão

O presente estudo demonstrou os prejuízos da soma de atividades antropogênicas, como as alterações ambientais severas e a introdução de espécies não nativas. Desta forma, recomenda-se ação de manejo imediata no Lago Igapó I, para diminuição da abundância de *Limnoperna fortunei* e de outras espécies não nativas, evitando danos ambientais e socioeconômicos, já que o Ribeirão Cambé cumpre função ecológica na bacia hidrográfica em que está inserido e proporciona interface entre a natureza e a comunidade, sendo utilizado para esportes, lazer e turismo. Em adição, o perigo de contaminação de animais e humanos por metais pesados e o entupimento das tubulações com risco de inundações são distúrbios adicionais que podem vir a ocorrer. A diminuição das espécies invasoras deve ter como principal objetivo a manutenção plena do funcionamento do sistema de lagos Igapó e a conservação dos recursos naturais da Região Norte do Paraná.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Aisur Ignacio Agudo-Padrón pela identificação dos moluscos e ao Dr. Alan Deivid Pereira pela elaboração do mapa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com bolsa de Iniciação Científica Júnior concedida ao segundo autor.

Referências

- 1 Esteves F. Fundamentos da limnologia. Rio de Janeiro: Interciência; 1998.
- 2 Cataldo D. Trophic relationships of *Limnoperna fortunei* with adult fishes. In: Boltovskoy D, editor. *Limnoperna fortunei: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel*. Buenos Aires: Springer International Publishing; 2015. p. 231-48. doi: 10.1007/978-3-319-13494-9_13.
- 3 Tokumon R, Cataldo D, Boltovskoy D. Effects of suspended inorganic matter on filtration and grazing rates of the invasive mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytiloidea). *J Molluscan Stud.* 2015;82(1): 201-4. doi: 10.1093/mollus/eyv024.
- 4 Marengoni NG, Klosowski ES, Oliveira KD, Chambo APS, Gonçalves AC Jr. Bioacumulação de metais pesados e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da usina hidrelétrica de Itaipu binacional. *Quím N.* 2013;36(3): 359-63.
- 5 Avelar WE. Moluscos bivalves. In: Ismael D, Valenti WC, Matsumura-Tundisi T, Rocha O, editors. *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX. Vol. 4, Invertebrados de Água Doce*. São Paulo: FAPESP; 1999. p. 65-8.
- 6 Simone LRL. Moluscos gastrópodos. In: Ismael D, Valenti WC, Matsumura-Tundisi T, Rocha O, editors. *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX. Vol. 4: Invertebrados de Água Doce*. São Paulo: FAPESP; 1999. p. 69-72.
- 7 Amaral ACZ, Ribeiro CV, Mansur MCD, Santos SD, Avelar WEP, Matthews-Cascon H, et al. A situação de ameaça dos invertebrados aquáticos no Brasil. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Brasília: ICMBIO; 2008. p.156-65.
- 8 Boltovskoy D. *Limnoperna fortunei: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel*. Buenos Aires: Springer International Publishing; 2015. doi: 10.1007/978-3-319-13494-9.

- 9 Oliveira MD, Calheiros DF, Jacobi CM, Hamilton SK. Abiotic factors controlling the establishment and abundance of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei*. *Biol Invasions*. 2011;13(3): 717-29. doi: 10.1007/s10530-010-9862-0.
- 10 Barbosa NP, Ferreira JA, Nascimento CA, Silva FA, Carvalho VA, Xavier ER, et al. Prediction of future risk of invasion by *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) in Brazil with cellular automata. *Ecol Indic*. 2018;92(1): 30-9. doi: 10.1016/j.ecolind.2018.01.005.
- 11 Xu M, Darrigran G, Wang Z, Zhao N, Lin CC, Pan B. Experimental study on control of *Limnoperna fortunei* biofouling in water transfer tunnels. *Urban Water J*. 2015; 9(2): 248-58. doi: 10.1016/j.jher.2014.06.006.
- 12 Morton B. The biology and anatomy of *Limnoperna fortunei*, a significant freshwater bioinvader: blueprints for success. In: Boltovskoy D, editor. *Limnoperna fortunei*: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Buenos Aires: Springer International Publishing; 2015. p. 261-97. doi: 10.1007/978-3-319-13494-9_1.
- 13 Nakano D, Kobayashi T, Sakaguchi I. Population dynamics and growth of *Limnoperna fortunei*. In: Boltovskoy D, editor. *Limnoperna fortunei*: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Buenos Aires: Springer International Publishing; 2015. p. 105-18. doi: 10.1007/978-3-319-13494-9_6.
- 14 Campos MDC, Andrade AFA, Kunzmann B, Galvão DD, Silva FA, Cardoso AV, et al. Modelling of the potential distribution of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) on a global scale. *Aquat Invasions*. 2014;9(3):253-65. doi: 10.3391/ai.2014.9.3.03.
- 15 Darrigran G, Damborenea C, Greco N. Freshwater invasive bivalves in man-made environments: A case study of larvae biology of *Limnoperna fortunei* in a Hydroelectric Power Plant in South America. *AMBIO*. 2007;36(7): 575-9.
- 16 Oliveira MD, Campos MC, Paolucci EM, Mansur MC, Hamilton SK. Colonization and spread of *Limnoperna fortunei* in South America. In: Boltovskoy D, editor. *Limnoperna fortunei*: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Buenos Aires: Springer International Publishing; 2015. p. 333-55. doi: 10.1007/978-3-319-13494-9_19.
- 17 Barbosa NP, Silva FA, Oliveira MD, Santos MA Neto, Carvalho MD, Cardoso AV. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae): first record in the São Francisco River basin, Brazil. *Check List*. 2016;12(1):1-6. doi: 10.15560/12.1.1846.
- 18 Oliveira DCD, Bennemann ST. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. *Biota Neo*. 2005;5(1): 95-107. doi: 10.1590/S1676-06032005000100011.
- 19 Silva CA. Consumo de pescado proveniente do Lago Igapó (Londrina/PR) por pescadores amadores: uma eventual exposição à contaminação por chumbo [dissertação]. Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2017.
- 20 Pestana D, Ostrensky A, Tschá MK, Boeger WA. Prospecção do molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) nos principais corpos hídricos do estado do Paraná, Brasil. *Pap. Avulsos Zool*. 2010;50(34): 553-9. doi: 10.1590/S0031-10492010003400001.
- 21 Bortolo CA. A produção de um espaço público e os agentes produtores da cidade: o caso do Lago Igapó em Londrina-PR. *Geo UERJ*. 2014;21(2):287-311.
- 22 Conde BE, Souza GHL, Martins AE, Siqueira AM, Fonseca AS. Áreas verdes urbanas de Juiz de Fora (MG): conservação através de usuários? *Rev Bras Ed Amb*. 2015; 10(4): 32-9. doi: 10.34024/revbea.2015.v10.2053.
- 23 Torrezani NC. Avaliação da presença de chumbo (Pb) em espécies de peixes associada à qualidade ambiental da Bacia do Ribeirão Cambé (Londrina/PR) [dissertação]. Londrina (PR): Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2015.

- 24 França RS, Suriani AL, Rocha O. Composição das espécies de moluscos bentônicos nos reservatórios do baixo rio Tietê (São Paulo, Brasil) com uma avaliação do impacto causado pelas espécies exóticas invasoras. *Rev Bras Zoo.* 2007;24(1):41-51. doi: 10.1590/S0101-81752007000100005.
- 25 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 Zoo.* 2007;24(1): 21-32. doi: 10.1590/S0101-81752007000100003.
- 26 Sylvester F, Sardiña P. Relationships of *Limnoperna fortunei* with benthic animals. In: Boltovskoy D, editor. *Limnoperna fortunei: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel*. Buenos Aires: Springer International Publishing; 2015. p. 191-210. doi: 10.1007/978-3-319-13494-9_11.
- 27 Frau D, Molina FR, Mayora G. Feeding selectivity of the invasive mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) on a natural phytoplankton assemblage: what really matters? *Limnology.* 2016;17(1): 47-57. doi: 10.1007/s10201-015-0459-2.
- 28 Simepar. Sistema meteorológico do Paraná [Internet]. 2019 [citado 2020 ago 8]. Disponível em: <http://www.simepar.br>
- 29 Paolucci EM, Thuesen EV. Trophic relationships of *Limnoperna fortunei* with larval fishes. In: Boltovskoy D, editor. *Limnoperna fortunei: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel*. Buenos Aires: Springer International Publishing; 2015. p. 211-9. doi: 10.1007/978-3-319-13494-9_12.
- 30 Kasper D, Botaro D, Palermo EFA, Malm O. Mercúrio em peixes-fontes e contaminação. *Oecol Bras.* 2007;11(2):228-39.
- 31 Rosa DM, Gaspar MRC, Silva FA, Pompeu PS. Impacts of predation by piapara *Megaleporinus obtusidens* (Valenciennes, 1837) on the population densities of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857). *Biol Control.* 2019;129: 158-63. doi: 10.1016/j.biocontrol.2018.10.012.
- 32 Urabe M. Newly recorded gasterostome trematode (Digenea: Bucephalidae) in the Uji River: The life cycle history, distribution and damage to fishes. *Bull Kan Org Nat Cons.* 2001;23(1): 13-21.
- 33 Ogawa K, Nakatsugawa T, Yasuzaki M. Heavy metacercarial infections of cyprinid fishes in Uji River. *Fish Sci.* 2004;70(1): 132-40. doi: 10.1111/j.1444-2906.2003.00781.x.
- 34 Barros MVF, Mendes C, Castro PHMD. Vulnerabilidade socioambiental à inundação na área urbana de Londrina-PR. *Rev Fran-Bras Geo.* 2015; 24(26): 1-21. doi: 10.4000/confins.10228.
- 35 Mais de 5 toneladas de mexilhão dourado são retiradas do Lago 2. *Tarobá News.* [Internet]. 2018 jul 18. [citado 2020 ago 8]. Disponível em: <https://tarobanews.com/noticias/parana/mais-de-5-toneladas-de-mexilhao-dourado-sao-retiradas-do-lago-2-W0VL5.html>

Recebido em: 9 abr. 2020

Aceito em: 1 set. 2020

