

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS  
CONTINENTAIS**

**ABUNDÂNCIA DE *Limnoperna fortunei*  
(DUNKER, 1857) EM ZONAS PROFUNDAS DO  
CANAL SÃO GONÇALO, LAGOA MIRIM-RS-  
BRASIL, COM ÊNFASE NA SUA  
IMPORTÂNCIA NA DIETA DA ICTIOFAUNA.**

**MICHELLE DAS NEVES LOPES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Dr. João Paes Vieira

Rio Grande  
Abril -2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

"O meu olhar é nítido como um girassol.  
Tenho o costume de andar pelas estradas  
Olhando para a direita e para a esquerda,  
E de vez em quando olhando para trás  
E o que vejo a cada momento  
É aquilo que nunca antes eu tinha visto,  
E eu sei dar por isso muito bem  
Sei ter o pasmo essencial  
Que tem uma criança se, ao nascer,  
Reparasse que nascera deveras  
Sinto-me nascido a cada momento  
Para a eterna novidade do Mundo."

(Fernando Pessoa)

## Agradecimentos

Ao meu orientador Drº João Paes Vieira, por todo apoio, confiança e pelos ensinamentos ao longo desses anos de amizade e convívio profissional.

Aos professores e colegas do laboratório de ictiologia por todo apoio e contribuição para a realização deste trabalho.

Às amigas Débora Troca, Valéria Lemos e Priscila Moura pelo apoio, carinho e momentos de descontração.

Aos funcionários da Agência da Lagoa Mirim pela colaboração e receptividade em uma das etapas de realização deste trabalho.

Aos meus pais por todo amor e apoio durante todas as etapas da minha vida.

À minha filha Isabelle a quem dedico este trabalho, por todo amor e felicidade que me proporciona todos os dias.

Ao meu amado Anderson, por todos os momentos de muita felicidade e companheirismo.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desta etapa.

Em especial aos meus grandes amigos Nadico, Sabrina, Sarah, Savênia, Flavinha, Vivi e Elisa que sempre me apoiaram em todos os momentos.

Ao CNPQ pelo apoio financeiro o qual possibilitou a realização deste trabalho.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	V
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	VI
<b>RESUMO</b> .....	VIII
<b>ABSTRACT</b> .....	IX
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
Local de Estudo .....	3
Referências .....	4
Capítulo I .....	7
<b>VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE</b> <b><i>Limnoperna fortunei</i> (DUNKER, 1857) EM ZONAS PROFUNDAS DO CANAL</b> <b>SÃO GONÇALO-RS.</b> .....	7
Resumo .....	7
Introdução .....	7
Materiais e Métodos .....	8
Resultados .....	10
Discussão .....	11
Referências .....	13
Capítulo II .....	20
<b>BIOFOULING OF THE GOLDEN MUSSEL <i>Limnoperna fortunei</i> (DUNKER,</b> <b>1857) OVER THE ANOMURA CRAB <i>Aegla platensis</i> SCHMITT, 1942.</b> .....	20
References .....	23
Capítulo III .....	27
<b>SIZE-SELECTIVE PREDATION OF THE CATFISH <i>Pimelodus pintado</i> ON THE</b> <b>GOLDEN MUSSEL <i>Limnoperna fortunei</i></b> .....	27
Abstract .....	27
Introduction .....	27
Materials and Methods .....	29
Results .....	30
Discussion .....	30
References .....	33
Capítulo IV .....	40
<b>A INCIDÊNCIA DA ESPÉCIE EXÓTICA <i>Limnoperna fortunei</i> (DUNKER, 1857)</b> <b>NA DIETA DOS PEIXES NATIVOS DA BACIA DA LAGOA MIRIM, RS-</b> <b>BRASIL.</b> .....	40
Resumo .....	40
Introdução .....	40
Materiais e Métodos .....	41
Resultados .....	43
Discussão .....	44
Referências .....	46
<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela I-I. Média das variáveis abióticas durante o ano de 2008.....	16
Tabela I-II. Variação temporal da abundância relativa de <i>L.fortunei</i> coletados no Canal São Gonçalo durante o ano de 2008. ....	16
Tabela III-I. Frequency of occurrence (%) and relative importance index (IRI %) of items in the diet <i>P. pintado</i> during 2005 and 2008.....	37
Tabela IV-I. Frequência de ocorrência (FO) e índice de importância relativa (IRI) de <i>L. fortunei</i> no trato digestório dos peixes coletados no Canal Gonçalo, RS.....	50

## LISTA DE FIGURAS

- Figura I-1 (à esquerda) Mapa da bacia Hidrográfica da lagoa Mirim; (à direita) Canal São Gonçalo (ligação entre as lagoas Patos e Mirim), indicando os três pontos de amostragem. .... 17
- Figura I-2 A) Variação da abundância relativa média (CPUE) de indivíduos adultos de *L. fortunei* coletados no Canal São Gonçalo, RS. B) Variação da abundância relativa média (CPUE) de indivíduos pequenos (<1,4cm), C) e indivíduos grande (>1,4cm) de *L. fortunei* coletados no Canaço São Gonçalo, RS. .... 18
- Figura I-3. Frequência de tamanho de adultos de *L. fortunei* e curva acumulada, distribuídos nas 14 classes de comprimento total capturados nos três pontos de coleta do Canal São Gonçalo,RS. .... 19
- Figura II-1. Mirim Lagoon and its drainage basin (62.250 Km<sup>2</sup>), showing the São Gonçalo channel that connecting it with the Patos Lagoon. The red dot represent the location (32°7'40.86" S; 52°36'41.91" O) where *A. platensis* was collected. Modified from Machado (2007). .... 26
- Figura II-2. Specimen collected, showing the fouling of *L. fortunei* on *Aegla platensis*. .... 26
- Figura II-3. Size range of *L. fortunei* observed at *Aegla platensis*. .... 26
- Figura III-1. Mirim Lagoon and its drainage basin (62.250 Km<sup>2</sup>), showing the São Gonçalo channel that connects it with the Patos Lagoon. .... 38
- Figura III-2. Frequency of occurrence of *Limnoperna fortunei* in the digestive tracts of *P. pintado* in different fish lengths analyzed in the spring of 2005. .... 38
- Figura III-3. *Limnoperna fortunei* shell length distribution by *P. pintado* size class in the spring of 2005. .... 39
- Figura III-4 Shell length distribution of *L. fortunei* collected in the environment (ENV), and in the *P. pintado* guts (GUT) in the spring of 2008. .... 39
- Figura IV-1. Distribuição da frequência de ocorrência (relativizada a 100%) dos itens encontrados no trato digestório dos peixes coletados no Canal São Gonçalo, RS. Os códigos dos peixes são: *Charax stenopterus* (CHASTE), *Oligosarcus robustus* (OLIROB), *Parapimelodus nigribarbis* (PARNIG), *Pimelodella australis* (PIMAUS), *Rineloricaria longicauda* (RINLON), *Trachelyopterus lucenai* (TRALUC), *Cyphocharax voga* (CYPVOG), *Hypostomus commersoni* (HYPCOM), *Rineloricaria strigilata* (RINSTR), *Rhamdia aff.*

*quelen* (RHAQUE), *Hoplias malabaricus* (HOPMAL), *Micropogonias furnieri* (MICFUR), *Pimelodus pintado* (PIMPIN), *Geophagus brasiliensis* (GEOBRA), *Rineloricaria microlepdogaster* (RINMIC), *Astyanax fasciatus* (ASTFAS), *Crenicichla punctata* (CREPUN). ..... 51

Figura IV-2. Distribuição do comprimento de concha (cm) de *L. fortunei* nos diferentes predadores coletados no Canal São Gonçalo, RS. Os códigos dos peixes são: *Rineloricaria strigilata* RINSTR (12,2-21,0 cm CT), *Pimelodus pintado* PIMPIN (6,4-33,3 cm CT), *Rhamdia aff. quelen* RHAQUE (16,0-45,4 cm CT), *Hoplias malabaricus* HOPMAL (14,6-38,2 cm CT), *Rineloricaria microlepdogaster* RINMIC (15,5-28,0 cm CT), *Astyanax fasciatus* ASTFAS (12,0-16,5 cm CT), *Hypostomus commersoni* HYPCOM (12,5-50,2 cm CT) e *Crenicichla punctata* CREPUN (12,8-26,0 cm CT)..... 52

Figura IV-3. Análise de coordenadas demonstrando a influência dos eixos (FO%, PA% e PN% de *L. fortunei*) na incidência dos conteúdos das espécies de peixes que consumiram a espécie *L. fortunei* coletados no canal São Gonçalo, RS. *Charax stenopterus* (CHASTE), *Oligosarcus robustus* (OLIROB), *Parapimelodus nigribarbis* (PARNIG), *Pimelodella australis* (PIMAUS), *Rineloricaria longicauda* (RINLON), *Trachelyopterus. lucenai* (TRALUC), *Cyphocharax. voga* (CYPVOG), *Hypostomus commersoni* (HYPCOM), *Rineloricaria strigilata* (RINSTR), *Rhamdia aff. quelen* (RHAQUE), *Hoplias malabaricus* (HOPMAL), *Micropogonias furnieri* (MICFUR), *Pimelodus pintado* (PIMPIN), *Geophagus brasiliensis* (GEOBRA), *Rineloricaria microlepdogaster* (RINMIC), *Astyanax fasciatus* (ASTFAS), *Crenicichla punctata* (CREPUN). ..... 53

## RESUMO

Este estudo analisa a estrutura populacional do mexilhão-dourado sob o fundo lamoso do canal São Gonçalo, RS e as possíveis alterações ambientais causadas pela espécie em um macro-invertebrados nativos do sistema, além de avaliar a importância de *L. fortunei* na dieta de peixes nativos, identificando na ictiofauna do sistema Patos-Mirim, potenciais predadores de mexilhão-dourado. Este estudo é composto de uma introdução geral e quatro capítulos, sendo que o primeiro capítulo, ainda inédito, que tem como título “**Variação espaço-temporal da abundância relativa de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) em zonas profundas do canal São Gonçalo-RS.**”, descreve a variação da estrutura populacional da espécie exótica sob o fundo lamoso do Canal São Gonçalo, RS. O segundo capítulo sob o título “**Biofouling of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) over the Anomura crab *Aegla platensis* Schmitt, 1942.**” (publicado na *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4(2): 222-225), descreve o impacto do mexilhão-dourado sobre um macro-invertebrado nativo do sistema Patos-Mirim-RS. O terceiro capítulo, intitulado “**Size-selective predation of the catfish *Pimelodus pintado* on the golden mussel *Limnoperna fortunei***”, após revisões, foi re-submetido à revista *Ecology of Freshwater Fish* em 05 de abril de 2010, e descreve a rápida incorporação da espécie exótica *L. fortunei* na dieta do peixe nativo *Pimelodus pintado* no Canal São Gonçalo. O quarto capítulo, também inédito, tem o título “**A incidência da espécie exótica *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) na dieta dos peixes nativos da bacia da Lagoa Mirim, RS-Brasil.**”, identifica na ictiofauna do sistema Patos-Mirim, potenciais predadores da espécie exótica *L. fortunei*. Estes estudos contribuem de forma robusta para o conhecimento da ecologia da espécie *L. fortunei* e as interações desta espécie com o ambiente invadido.

## ABSTRACT

This dissertation analyze the population structure of golden mussel in the soft bottom of São Gonçalo Channel, Brazil and discuss potential environmental impacts on one macro-invertebrate species of the native system and also evaluate the importance of *L. fortunei* as a food source in the diet of native fish of the Patos-Mirim system, suggesting potential predators of golden mussel. This dissertation consists of a general introduction and four chapters. The first chapter, still unpublished, which is entitled "Spatiotemporal variation of the relative abundance of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) in deeper areas of the São Gonçalo channel-RS," describes the change in population structure of this exotic species in the muddy bottom of the São Gonçalo channel, Brazil. The second chapter entitled "Biofouling of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) over the crab *Anomura Aegla platensis* Schmitt, 1942." (Published in the Pan-American Journal of Aquatic Sciences 4(2): 222-225), describes the impact of the golden mussel on a macro-invertebrate native Patos-Mirim, RS. The third chapter entitled "Size-selective predation of the catfish *Pimelodus pintado* on the golden mussel *Limnoperna fortunei*, after the first revision, was resubmitted to the journal Ecology of Freshwater Fish in April 5, and describes the rapid incorporation of the exotic *L. fortunei* in the diet of native fish *Pimelodus pintado* on the São Gonçalo channel. The fourth chapter, also unpublished, is titled "The incidence of exotic species *L. fortunei* (Dunker, 1857) in the diet of native fish in the Lagoa Mirim basin, RS-Brazil", identifies fish fauna that could be considered potential predators of the exotic *L. fortunei* in the system. These studies represent a strong contribution to increase the current knowledge of the ecology of the exotic species *L. fortunei* and it's interactions with the invaded system.

## INTRODUÇÃO GERAL

A invasão biológica é um dos maiores problemas globais em relação à integridade dos ecossistemas, sendo considerada a segunda maior causa de perda da biodiversidade, superada apenas pela destruição de habitats (Vitousek *et al.* 1996, Mack *et al.* 2000). A deliberada ou acidental introdução de espécies exóticas e alóctones em comunidades e ecossistemas, aos quais eles não pertencem, tem levado à extinção de muitas espécies nativas, a modificações relevantes nas cadeias tróficas e densidades populacionais e alterações nos processos funcionais dos ecossistemas (Rocha *et al.* 2005).

Na América do Sul, a partir da última década começou a ser registrada a presença do molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia; Mytilidae), conhecido vulgarmente como mexilhão-dourado, originário de rios e riachos do sudeste da Ásia. Esta espécie teve sua primeira ocorrência em 1991 através da água de lastro de navios cargueiros no estuário do rio da Prata (Pastorino *et al.* 1993). Desde então, já se dispersou pelas grandes bacias hidrográficas do Paraná, Paraguai e Uruguai (Darrigran & Pastorino 2003). Este bivalve encontrou nas bacias hidrográficas sul-americanas condições favoráveis para dispersão e crescimento, colonizando diversos sistemas de drenagem. Teve seu primeiro registro no sul do Brasil em 1998 no delta do Jacuí - Porto Alegre, RS (Mansur *et al.* 1999, 2003). Em 2005 foi feito o primeiro registro da ocorrência desta espécie junto ao Canal São Gonçalo, Bacia de drenagem da Lagoa Mirim e na estação ecológica do Taim (Langone 2005, Burns *et al.* 2006 a, b) e desde então, vem se expandindo por toda a região.

A rápida dispersão de bivalves exóticos através dos continentes tem uma correlação forte com a atividade humana e em especial com a expansão e globalização do comércio (Karatayev *et al.* 2007). Todavia, a intensificação do comércio internacional e da globalização das economias no último quarto do século XX tem acelerado a propagação destes bivalves. A globalização das trocas comerciais marítimas é agora considerada o principal condutor das invasões biológicas em sistemas aquáticos em geral (Ruiz & Carlton 2003b).

Apesar da descarga de água de lastro de navios cargueiros ser considerada a principal via de introdução de *L. fortunei* nos portos da América do Sul, Karatayev *et al.* (2007) descreveram a intensa navegação e transposição de barcos utilizados na pesca

desportiva e navegação como importantes vetores responsáveis pelo sucesso da dispersão da espécie ao longo das bacias de drenagem.

Além disso, *L. fortunei* apresenta características fisiológicas e ecológicas que favorecem sua rápida e eficaz proliferação nas águas do sistema Patos-Mirim, motivos pelo qual o mexilhão-dourado passou a ocupar o habitat de espécies nativas, alterando desta forma a homeostase dos ecossistemas onde se instalou. Dentre as características que tornam este bivalve uma espécie invasora de grande sucesso estão a sua ampla resistência a diferentes condições ambientais e sua alta fecundidade, sendo capaz de colonizar uma grande variedade de habitats (Darrigran *et al.* 2000).

Tais fatores contribuíram diretamente para a rápida colonização de *L. fortunei* em ecossistemas neotropicais. Na bacia do Rio da Prata sua taxa de expansão foi estimada em 240 km/ano e adicionado as grandes densidades desta espécie, que atingem cerca de 150.000 indivíduos por m<sup>2</sup> (Darrigran *et al.* 2000), tem causado prejuízos econômicos, principalmente para o abastecimento público de água, “macrofouling” ou “biofouling”, sendo responsáveis ainda por uma série de impactos ambientais que alteram as comunidades límnicas (Takeda *et al.* 2004; Lopes *et al.* 2009).

Entre os impactos causados pelo mexilhão, as alterações da cadeia trófica parecem ser de particular importância, uma vez que a atividade de filtragem destes organismos leva à mudanças na taxas de sedimentação, ciclagem de nutrientes e abundância e composição do seston (Cataldo *et al.* 2005; Sylvester *et al.* 2005). Por outro lado, os maiores níveis tróficos parecem se beneficiar dos recursos adicionais representados pelas larvas planctônicas e adultos bentônicos do mexilhão (Montalto *et al.* 1999; Ferriz *et al.* 2000; Penchaszadeh *et al.* 2000; García & Protogino 2005; Boltovskoy *et al.* 2006; Sylvester *et al.* 2007).

É relatado por Darrigan (2002) que a elevada capacidade reprodutiva e a ausência de predadores naturais favorecem ao mexilhão dourado a formação de grandes aglomerados populacionais. Desta forma, esse molusco causa alterações na abundância relativa de muitos grupos de zooplâncton e pode causar modificações potenciais na rede trófica (Brugnoli *et al.* 2005). Uma vez que, altas densidades de *L. fortunei* certamente representam uma abundante oferta de alimento para os peixes, em particular para aqueles que apresentam elevada plasticidade alimentar (Silva *et al.* 2005).

Portanto, baseado no histórico de invasão desta espécie na bacia de drenagem da Lagoa Mirim e nas características limnológicas deste sistema, este estudo analisa a estrutura populacional do mexilhão-dourado sob o fundo lamoso do canal São Gonçalo,

RS e as possíveis alterações ambientais causadas pela espécie sob um macro-invertebrado nativo do sistema, além de avaliar a importância de *L. fortunei* na dieta de peixes nativos, identificando na ictiofauna do sistema Patos-Mirim, potenciais predadores de mexilhão-dourado.

#### Local de Estudo

A Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim possui uma superfície aproximada de 62.250 km<sup>2</sup>, dos quais 29.250 km<sup>2</sup> (47%) estão no território brasileiro, o restante pertencendo ao território uruguaio. É, portanto, considerada uma bacia hidrográfica transfronteiriça sobre a qual prevalece o regime de águas compartilhadas (FAO 1972). O presente trabalho foi realizado na porção norte da bacia da Lagoa Mirim, ao longo do Canal São Gonçalo que juntamente com a referida lagoa, recebe todas as águas da bacia.

A área de estudo compreende a região límnic do Canal São Gonçalo em sua extensão até a localidade de Santa Isabel, entre os pontos 31°48' S 52°23' O e 32°7' S 52°35 O (Fig. 1 Cap. I, II, III e IV). O canal São Gonçalo é um elemento de ligação entre as lagoas dos Patos e Mirim, situadas no extremo sul do Brasil. Suas águas sofrem influência de ambas, podendo correr ora em um sentido, ora em outro, dependendo do desnível entre elas e da ação dos ventos. Suas margens são baixas e alagadiças, cobertas de vegetação palustre. A região límnic do canal São Gonçalo apresenta profundidades entre 3 a 6 m em sua extensão e abrange desde a barragem-eclusa até a lagoa Mirim (Kotzian & Marques 2004). A barragem foi construída em 1977 a cerca de 20 km da confluência com a Lagoa dos Patos, apresentando 120 m de comprimento, 17 m de largura e 4,5 m de cota de soleira, a fim de impedir a entrada de água salgada proveniente da região estuarina da Lagoa dos Patos para a Lagoa Mirim, em períodos de forte estiagem (Burns *et al.* 2006a).

## Referências

- Boltovskoy, D.; Correa, N.; Cataldo D. & Sylvester, F. 2006. Dispersion and ecological impact of the invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata watershed and beyond. *Biological Invasions* 8: 947–963.
- Brugnoli, E.; Clemente, J. M.; Boccardi, L.; Borthagaray, A. & Scarabino, F. 2005. Golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae) distribution in the main hydrographical basins of Uruguay: update and predictions. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. 77(2): 235-244
- Burns, M. D. M.; Garcia, A. M.; Benvenuti, M. A.; Vieira, J. P.; Marques, D. M. L. M.; Moresco, A. & Condini, M. V. L. 2006. Bivalvia, Mytilidae, *Limnoperna fortunei*: distribution extension. *Check list (UNESP)*. , v.2, p.41 - 43.
- Burns, M. D. M.; Geraldi, R. M.; Garcia, A. M.; Benvenuti, C. E.; Capitoli, R. R. & Vieira, J. P. 2006. Primeiro registro de ocorrência do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) na bacia de drenagem da Lagoa Mirim, RS, Brasil. *Biociências*, v. 14, n. 1, p. 83-84.
- Cataldo, D.; O'Farrel, I.; Paolucci, E.; Sylvester, F. & Boltovskoy, D. 2005. Efectos de *Limnoperna fortunei* sobre el fitoplancton y los nutrientes. Tercer Congreso Argentino de Limnología, Chascomús, 30 October 2 November.
- Darrigran, G. 2002. Potencial impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biol. Invasions* 4: 145-156.
- Darrigran, G. A. & Ezcurra de Drago, I. 2000: Invasión of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in America. *Nautilus* 2, 69–74.
- Darrigran, G. & Pastorino, G. 2003. Distribution of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), (Family Mytilidae) after 10 years invading American *Journal of Conchology*. Special Publication 3: 1-7.
- Darrigran, G.; Penchaszadeh, P. & Damborenea, M. C. 2000. An invasion tale: *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) in the Neotropics. In: International Aquatic Nuisance Species and Zebra-mussels Conference, Toronto. Proceeding, p. 219-224.
- FAO. 1972. Desarrollo de la cuenca hidrográfica de la Laguna Merin. 86p.
- Ferriz, R. A.; Villar, C. A.; Colautti, D. & Bonetto, C. 2000. Alimentación de *Pterodoras granulosus* (Valenciennes) (Pisces, Doradidae) en la baja cuenca del Plata. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 2: 151–156.

- Garcia, M. L. & Protogino, L. C. 2005. Invasive freshwater molluscs are consumed by native fishes in South America. *J. Appl. Ichthyol.* 21: 34–38
- Karatayev, A. Y.; Padilla, D. K.; Minchin, D.; Boltovskoy, D. & Burlakova, L. E. 2007. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. *Biol Invasions.* 9:161–180.
- Kotzian, H. B. & Marques, D. M. 2004. Lagoa Mirim e a convenção Ramsar: um modelo para ação transfronteiriça na conservação de recursos hídricos. *Rega - Revista de Gestão de Água da América Latina*, Santiago. 1(2): 101 – 111.
- Langone, J. A. 2005. Notas sobre el mejillón dorado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) en Uruguay. *Publ. Extra mus. Nac. Hist Nat. Antropol.* (montev., en línea) [núm. 1].
- Lopes, M. N.; Vieira, J. P. & Burns, M. D. M. 2009. Biofouling of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) over the Anomura crab *Aegla platensis* Schmitt, 1942. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4(2): 222-225
- Mack, R. N.; Simberloff, D.; Lonsdale, W. M.; Evans, H.; Clout, M. & Bazzaz, F. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications.* 10: 689-710.
- Mansur, M. C. D.; Richinitti, L. M. Z. & Santos, C. P. 1999. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências.* 7(2): 147-149
- Mansur, M. C. D.; Santos, C. P.; Darrigran, G.; Heydrich, I.; Callil, C. T. & Cardoso, F. R. 2003. Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista. Brasil. Zool.* 20(1): 75-84
- Montaldo, L.; Oliveros O. B.; Ezcurra de Drago, I. & Demonte, L. D. 1999. Peces del río Parana Medio predadores de una especie invasora: *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae). *Revista de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral.* 3: 85-101.
- Pastorino, G.; Darrigran, G.; Martin, S. & Lunaschi, L. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor em águas Del Rio de la Plata. *Neotropica.* 39 (101-102): 34.
- Penchaszadeh, P. E.; Darrigran, G.; Angulo, C.; Averbuj, A.; Brogger, M.; Dogliotti A. & Pirez, N. 2000. Predation of the invasive freshwater mussel *Limnoperna fortunei*

- (Dunker, 1857) (Mytilidae) by the fish *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1846 (Anostomidae) in the Río de la Plata, Argentina. *Journal of Shellfish Research*. 19: 229–231.
- Rocha, O.; Espíndola, E. L. G.; Verani, N. F.; Verani, J. R. & Rietzeler, A. C. 2005. O Problema das invasões biológicas em águas doces. In: *Espécies invasoras em águas doces; Estudos de caso e propostas de manejo*. Editora da Universidade Federal de São Carlos. 416: 9-13.
- Ruiz G. M. & Carlton J. T. 2003b. Invasion vectors: a conceptual framework for management. In: Ruiz GM, Carlton JT (eds) *Invasive species: vectors and management strategies*. Island Press, Washington. pp 459–504
- Silva, G. C.; Hahn, N. S.; Fugi, R. & Gubiani, E. 2005. Alimentação de peixes- Participação de bivalves invasores na dieta de *Pterodoras granulosus*. PELD – Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração.
- Sylvester, F.; Dorado, J.; Boltovskoy, D.; Juárez A. & Cataldo, D. 2005. Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. *Hydrobiologia*. 534: 71–80.
- Sylvester, F.; Boltovskoy, D. & Cataldo, D. 2007. Fast response of freshwater consumers to a new trophic resource: Predation on the recently introduced Asian bivalve *Limnoperna fortunei* in the lower Paraná River, South America. *Austral Ecology*.
- Takeda, A. M.; Fujita, D. S. & Fontes, H. M. 2004. Perspectives on Exotic bivalves Proliferation in the Upper Paraná River Floodplain, p. 97-100. In: A.A. AGOSTINHO; L. RODRIGUES; L. C. GOMES; T. S. MAGELA & L. E. MIRANDA, (Eds). *Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain*. Maringá, EDUEM. 275p.
- Vitousek, R. M.; Dantonio, C. M.; Loope, L. L. & Westbrooks, R. 1996. Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*. 84: 468-478.

## Capítulo I

### **VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ABUNDÂNCIA RELATIVA DE *Limnoperna fortunei* (DUNKER, 1857) EM ZONAS PROFUNDAS DO CANAL SÃO GONÇALO-RS.**

NOTA: Este capítulo, após revisado pela banca da dissertação será traduzido para o inglês e submetido à Revista Brasileira de Zoologia.

#### Resumo

Este trabalho descreve a variação espaço-temporal da abundância relativa e tamanho de *Limnoperna fortunei* coletados no Canal São Gonçalo através de rede de arrasto de fundo com malha 0,5cm, em profundidades entre 3 e 6 m. As estimativas de abundância relativa média (CPUE) variaram de 2.425,3 ind./arrasto, na primavera a 21.715,0 ind./arrasto no outono, com média de 9.515,3 ind./arrasto ao longo do ano. A densidade média estimada para *L. fortunei* para a região profunda do Canal São Gonçalo variou de 1,2 a 10,3 ind./m<sup>2</sup>, sendo registrada uma densidade máxima de 84,9 ind/ m<sup>2</sup> no outono de 2008. O método de coleta com arrasto de fundo possibilitou a captura de *L. fortunei* sob o fundo mole lodoso do canal, em tamanhos variando de 0,4 a 3,2 cm, revelando que a estrutura da população adulta de *L. fortunei* sob fundo do Canal São Gonçalo é composta, em sua maioria, por indivíduos pequenos (<1,4 cm), os quais representam até 74% da população coletada.

#### Introdução

*Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia; Mytilidae), conhecido vulgarmente como mexilhão-dourado, foi detectado pela primeira vez nas Américas no Rio da Prata (Balneário Bagliardi), costa da Argentina, em setembro de 1991 (Pastorine *et al.* 1993, in Lagone 2005). Este bivalve invasor, oriundo do sudeste asiático, rapidamente se expandiu neste estuário e alcançou os principais rios da bacia como o Paraná e Uruguai (Langone 2005). Em 1999 foi detectado, também, no extremo norte da Lagoa dos Patos (Mansur *et al.* 1999). Após a colonização ocorreu a dispersão meridional de *L. fortunei* para a porção estuarial. Gradativamente invadiu o sul da

laguna (Capitoli & Bemvenuti 2004; Piedras *et al.* 2007; Bemvenuti & Colling 2010) sendo registrado em 2005 na Bacia de drenagem da Lagoa Mirim (Langone 2005; Burns *et al.* 2006 , b), atravessando a barreira da Barragem Eclusa do Canal São Gonçalo, provavelmente devido a embarcações transladadas desde a Lagoa dos Patos, como previsto por Brugnoli *et al.* (2003), Capitoli & Bemvenuti (2004) e Langone (2005).

Segundo Mansur *et al.* (2003) cinco anos após a invasão da espécie no sistema da Lagoa dos Patos, a população de mexilhão dourado no Lago Guaíba atingiu 140.000 ind/m<sup>2</sup>. Da mesma forma, o Canal São Gonçalo, dado as suas características limnológicas, pode apresentar um ambiente favorável para altas colonizações de *L. fortunei*, que afetariam a estrutura e o funcionamento deste sistema, como observado em outros ambientes (Darrigran *et al.* 1998; Darrigran 2002). Assim, o conhecimento sobre a abundância da espécie, pode levar a uma previsão mais apurada dos níveis da dispersão e um maior entendimento da biologia das espécies invasoras (Johnson & Padilla 1996). Neste sentido o presente trabalho descreve a variação espaço-temporal do mexilhão-dourado no Canal São Gonçalo, três anos após o registro de sua presença neste sistema.

## Materiais e Métodos

A área de estudo compreende a porção límnicca do Canal São Gonçalo. Este canal é um elemento de ligação entre as lagoas dos Patos e Mirim (Fig. 1), sendo que suas águas podem correr ora em um sentido, ora em outro, dependendo do desnível entre as lagoas e da ação dos ventos. A região límnicca do canal São Gonçalo abrange desde a Barragem-Eclusa até a localidade do Sangradouro na Lagoa Mirim (Kotzian & Marques, 2004) e apresenta profundidades entre 3 a 6 m em seus 61 km de extensão. A barragem foi construída em 1977 a cerca de 20 km da confluência com a Lagoa dos Patos, a fim de impedir a entrada de água salgada proveniente da região estuarina da Lagoa dos Patos para a Lagoa Mirim, em períodos de forte estiagem (Burns *et al.* 2006a).

Foram determinadas três regiões de coletas a partir da Barragem-Eclusa até a confluência com o rio Piratini (ECLUSA; S 36°93'15 O 64°80'392; TIGRE; S 36°85'36 O 64°76'783 e PIRATINI; S 36°93'15 O 64°80'392) (Fig.1). Em cada local foram obtidas as medidas de temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido com a utilização de uma mini sonda modelo YSI.

Sazonalmente (fevereiro de 2008 a janeiro de 2009) em cada região de coleta foram efetuadas 4 amostras de arrasto de fundo, em profundidades entre 3 e 6 m, utilizando-se uma rede de portas (15 kg, cada) com as seguintes características: 10,5 m de abertura (6 kg de chumbo na tralha inferior), 0,8 m de altura e 7,5 m de comprimento com malha de 18 mm nas asas e de 5 mm no saco, arrastada por um barco de madeira (12 m comprimento) equipado com motor de 60 HP. Cada amostra teve a duração de 5 minutos, o que equivale a cerca de 400 m de arrasto (Lopes *et al.* 2009).

As amostras coletadas em campo foram pesadas, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório. Coletas com mais de 1 kg de mexilhão-dourado foram pesadas a bordo e retiradas três alíquotas de peso conhecido (100g). Todas as amostras foram conservadas em álcool 70%.

A estimativa da quantidade total de mexilhões capturados por arrasto foi realizada através do número médio de indivíduos de três alíquotas de peso conhecido, e extrapolado para o peso total da amostra através de uma regra de três. De cada alíquota foram selecionados aleatoriamente até 300 exemplares, e estes exemplares foram medidos quanto ao seu comprimento máximo (distância da extremidade anterior, situada logo abaixo e à frente dos umbos até a extremidade posterior da concha (Mansur *et al.* 1987) utilizando um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e pesados em balança de precisão de 0,01g.

Os indivíduos acima de 0,5 cm de comprimento foram considerados adultos (Darrigran *et al.* 1999), e os indivíduos abaixo de 0,5 cm foram considerados recrutas, e não foram incluídos nas análises. As medidas de comprimento foram agrupadas em intervalos de 0,2 cm. Posteriormente, em função de sua presumível maior mobilidade os indivíduos menores que 1,4 cm (classe 1,2) foram classificados em pequenos e os maiores que 1,4 cm como grandes (Uryu *et al.* 1996; Lopes & Vieira, em revisão).

A abundância relativa de mexilhão-dourado foi estimada pelo CPUE (Captura por Unidade de Esforço) que consiste na razão entre o somatório do número total de indivíduos estimados, divididos pelo esforço de captura. A abundância relativa dos indivíduos pequenos (< 1,4 cm) e grandes ( $\geq$  1,4 cm) foi estimada através da técnica de CPUE-CT (captura por unidade de esforço por classe de comprimento total) (Vieira 2006), que consiste no cálculo da razão entre a soma do fator de ponderação ( $FP = N/n$ , onde N é o número de indivíduos (pequenos ou grandes) capturados na amostra, e n o número de indivíduos pequenos ou grandes medidos) dividido pelo esforço ( $\sum FP(CT)/\text{esforço}$ ).

Após transformação logarítmica ( $\log_{10}+1$ ) as diferenças entre a abundância total (CPUE), abundância dos pequenos (CPUE-PEQ) ou dos grandes (CPUE-GRA), por estação do ano e local foram testadas através de Análise de Variância de duas vias, e por meio do teste Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ), após a atender os pressupostos das condições de normalidade, homogeneidade e variância (Zar 1999).

O cálculo da área de arrasto foi realizado através do “Método da Área Varrida” (FAO 1987), que consiste na estimativa da área arrastada multiplicando-se a distância do arrasto ( $D =$  estimada em 400 m) pelo comprimento da tralha inferior da rede ( $R=10,5$  m), levando-se em conta a fração desta que realmente permanece esticada durante o arrasto ( $f =$  estimada em 0,5), segundo a fórmula: Área varrida  $A = D \times R \times f$ , e que resultou numa estimativa de 2.100 m<sup>2</sup> por arrasto. As densidades de *L. fortunei* foram estimadas considerando a área varrida estimada.

## Resultados

A tabela I apresenta os valores médios de temperatura da água, pH e OD registradas para os pontos de coleta. A temperatura da água apresentou flutuação sazonal nos três pontos de coleta do Canal São Gonçalo, com mínima registrada de 12,4°C no mês de setembro de 2008 e máxima de 24,3°C em janeiro de 2009. A média anual foi 18,4 °C. Os valores mínimos de pH (6,0) e OD (1,8 mg/l) foram observados durante o mês de novembro e os valores máximos (8,1 e 10,5 respectivamente) alcançados em junho de 2008.

Nossas amostras revelaram a presença de *L. fortunei*, em profundidades variando entre 3 e 6 m, (arrasto de fundo) na maioria das amostras (FO% > 58% do total de amostras), tendo sido coletados no total 456.735 indivíduos. A densidade média estimada para *L. fortunei* para a região profunda do Canal São Gonçalo variou de 1,2 a 10,3 ind./m<sup>2</sup>, sendo registrada uma densidade máxima de 84,9 ind/ m<sup>2</sup> no outono de 2008 (Tab.II).

As estimativas de abundância relativa média (CPUE) variaram de 2.425,3 ind./arrasto, na primavera a 21.715,1 ind./arrasto no outono, com média de 9.515,3 ind./arrasto ao longo do ano. Os resultados da ANOVA revelaram que a interação entre local e época de coleta não foi significativa ( $p > 0,95358$ ), e que não houve diferença significativa entre as médias do CPUE do mexilhão-dourado, tanto entre as estações do

ano ( $p > 0,71115$ ), como entre locais de coleta ( $p > 0,76696$ ), visto que a aparente diferença entre as médias é suprimida pela variação dos dados (Fig. 2 A).

Os resultados da ANOVA revelam que, tanto para CPUE-PEQ como CPUE-GRA, as interações entre local e época de coleta não foram significativas ( $p > 0,97587$  e  $p > 0,86621$ ), e que não há diferença significativa entre as médias, tanto entre estações do ano ( $p = 0,60335$  e  $p = 0,58218$ ), como entre locais de coleta ( $p = 0,78896$  e  $p = 0,75448$ ), visto que a aparente diferença entre as médias é suprimida pela variação dos dados (Fig. 2 B, C).

O comprimento total de concha dos espécimes mensurados ( $n = 7.776$ ) variou entre 0,4 cm e 3,2 cm. Após a retirada dos indivíduos menores que 0,5 cm (vide M&M) a distribuição de tamanho foi unimodal, com moda na classe de 1,2 cm (1,2 a 1,39 cm) ao longo do ano. Os indivíduos classificados como pequenos ( $< 1,4$  cm) foram mais abundantes que os grandes ( $\geq 1,4$  cm) nos três pontos de coleta, representando 74% do total coletado na região da Eclusa e Tigre, e 57% no Piratini (Fig. 3).

## Discussão

A densidade pontual máxima observada (84,9 ind/m<sup>2</sup>) e a elevada incidência de amostras sem mexilhão-dourado revelam uma distribuição de forma agregada e não uniforme sobre o fundo do Canal São Gonçalo (Tab. II). De fato, a avaliação da densidade média de mexilhão dourado em grandes áreas é complicada, pois os agrupamentos formados por *L. fortunei* tem uma distribuição extremamente desigual, que está associada não somente a disponibilidade de substrato como também ao seu comportamento gregário (Boltovskoy *et al.* 2006). Nosso método de amostragem (5 minutos de arrasto de fundo) cobre uma área bastante extensa (2.100 m<sup>2</sup>) como resultados de cerca de 400 m de arrasto com uma rede que abre aproximadamente 5 m. Por outro lado, os protocolos de coleta utilizadas em diversos estudos (raspagem do substrato natural ou fornecimento de substrato artificial) tem registrado altas densidades de mexilhão dourado, com colônias atingindo aproximadamente 150.000 ind/m<sup>2</sup> na Argentina (Darrigran & Ezcurra de Drago 2000) e 140.000 ind/m<sup>2</sup> no Lago Guaíba (Mansur *et al.* 2003).

As baixas densidades, registradas neste estudo sob o fundo do Canal São Gonçalo, podem ser atribuída às grandes áreas arrastadas (400 m) e ao comportamento gregário do mexilhão. O mesmo foi observado para um outro mexilhão invasor *Dreissena polymorpha* (mexilhão zebra) na região dos Grandes Lagos, na América do

Norte, onde foram registrados grandes aglomerados distribuídos de forma desigual sob os sedimentos moles, em maiores profundidades (Coakley *et al.* 1997).

Estudos com mexilhões zebra na América do Norte descrevem aglomerados de indivíduos apenas unidos pelo fio do bisso uns aos outros e a grãos de areia de sedimentos moles, e que apresentam densidades equivalentes às populações colonizadoras de substratos rígidos (Berkman *et al.* 2000). Dentre os exemplares de *L. fortunei* capturados neste estudo, as maiores concentrações de indivíduos eram de organismos soltos ou apenas aderidos entre si, formando cachos soltos sob o fundo mole do canal, sugerindo, portanto, o mesmo comportamento reportado para o mexilhão-zebra. No entanto, alguns exemplares estavam fixados a detritos de fundo, como pedras, tijolos, troncos, outros bivalves, ou até mesmo a crustáceos como reportado por Lopes *et al.* (2009).

A abundância relativa de *L. fortunei* registrada ao longo do ano, com média de 9.515,3 ind./arrasto, demonstra a capacidade de colonização e estabelecimento da espécie sob o fundo lamoso do Canal São Gonçalo. Os parâmetros ambientais estudados encontram-se dentro dos limites sugeridos para a espécie (Darrigran 2002), e sua constância de ocorrência nas amostras (FO=58%) revela que a espécie apresenta-se totalmente estabelecida no sistema, e em grande disponibilidade podendo ser consumida especialmente por peixes (Lopes & Vieira, em revisão).

A distribuição de frequência dos tamanhos de *L. fortunei* capturados sob o fundo do Canal São Gonçalo apresentou uma ampla variação (0,4-3,2 cm). O método de coleta com arrasto de fundo (rede com malha 0,5 cm) possibilitou a captura principalmente de indivíduos maiores que 0,5 cm, revelando que a estrutura da população adulta de *L. fortunei* sob fundo do Canal São Gonçalo é composta, em sua maioria, por indivíduos pequenos (<1,4 cm), os quais representam até 70% da população coletada. Indivíduos menores que 1,4 cm dominam nos conteúdos estomacais do pintado (*Pimelodus pintado*) coletados no canal São Gonçalo (Lopes & Vieira, em revisão), assim como de outras espécies bentófagas (Lopes, em preparação). A predominância de indivíduos pequenos, menores que 1,4 cm, sob o fundo lamoso do Canal São Gonçalo reflete o comportamento de maior mobilidade destes indivíduos, como sugerido por Uryu *et al.* 1996, Bergonci *et al.* 2009 e Lopes & Vieira (em revisão). À medida que os indivíduos crescem vão perdendo a mobilidade e procuram lugares mais protegidos, formando aglomerados. Acima de aproximadamente 3 cm não conseguem mais se deslocar no substrato, permanecendo agregados até o final de seu ciclo de vida (Uryu *et al.* 1996).

Estes dados suportam a hipótese proposta por Lopes & Vieira (em revisão) de maior mobilidade dos indivíduos pequenos (menores que 1,4 cm), e a sua conseqüente maior disponibilidade e vulnerabilidade a predação pelos peixes.

Futuras investigações associando o arrasto de fundo a equipamentos tecnológicos como Side Scan Sonar, podem contribuir de forma abrangente no preenchimento das lacunas existentes a respeito do conhecimento do comportamento gregário de *L. fortunei* contribuindo para um melhor entendimento das interações ecológicas e as mudanças de habitat que a espécie poderia realizar.

#### Referências

- Bemvenuti C. E. & Colling, L. A. 2010. As comunidades de macroinvertebrados bentônicos. In: Seeliger, U. & Odebrecht, C. (eds) 2010. O estuário da Lagoa dos Patos: Um século de transformações.
- Bergonci, P. E. A.; Mansur, M. C. D.; Pereira, D. & Santos, C. P. 2009. Populationsampling of the golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), based on artificial ceramic substrate. **Biotemas**; 22(3), 85-94
- Berkman, P. A.; Garton, D. W.; Haltuch, M. A.; Kennedy, G. W. & Febo, L. R. 2000. Habitat shift in invading species: zebra and quagga mussel population characteristics on shallow soft substrates. **Biological Invasions** 2: 1–6.
- Boltovskoy, D.; Correa, N.; Cataldo, D. & Sylvester, F. 2006. Dispersion and ecological impact of the invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata watershed and beyond. **Biological Invasions** 8: 947–963.
- Brugnoli, E.; Clemente, J.; Boccardi, L.; Borthagaray, A. & Scarabino F. 2003. Distribución del mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*) en las cuencas hidrográficas de Uruguay: situación actual y predicciones. In: Actas VII Jornadas de Zoología y I Encuentro de Ecología Uruguay, Montevideo, Uruguay, 110 p.
- Burns, M. D.; Garcia, A. M.; Vieira, J. P.; Bemvenuti, M. A.; Motta Marques. D. M. L & Condini, V., 2006a. Evidence of fragmentation affecting fish movement between Patos and Mirim coastal lagoons in southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, 4(1)69-72.
- Burns, M. D.; Geraldi, R. M.; Garcia, A. M.; Bemvenuti, C. E.; Capitoli, R. R. & Vieira, J.P. 2006b. Primeiro registro de ocorrência do mexilhão dourado

- Limnoperna fortunei* na Bacia de drenagem da Lagoa Mirim, RS, Brasil. Notas e Resenhas, **Biociências**, Porto Alegre, V. 14,(1):83-83
- Capítoli, R. R. & Bemvenuti, C. E. 2004. Distribuição do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) na área estuarina da lagoa dos Patos e Canal São Gonçalo. In. Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, 4., 07-11/09/2004, São José dos Campos.
- Coakley, J. P.; Brown, G. R.; Ioannou, S. E. & Charlton, M. N. 1997. Colonization patterns and densities of Zebra Mussel *Dreissena* in Muddy offshore sediments of Western Lake Erie, Canadá. **Water, Air and Soil pollution** 99:623-632.
- Darrigran, G.; Martin, S. M.; Gullo, B. & Armendariz, L. 1998. Macroinvertebrates associated with *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) in Rio de la Plata, Argentina. **Hydrobiologia** .367: 223-230.
- Darrigran, G.; Penchaszadeh P. & Damborenea, M. C. 1999. The reproductive cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker,1857) (Mytilidae) from a neotropical temperate locality. **Journal of Shellfish Research** 8 (2): 361-365.
- Darrigran, G.; Penchaszadeh, P. & Damborenea, M. C. 2000. An invasion tale: *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) in the Neotropics. In: International Aquatic Nuisance Species and Zebra-mussels Conference, Toronto. Proceeding, p. 219-224.
- Darrigran, G. 2002. Potencial impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological Invasions** 4: 145-156.
- Darrigran, G. A. & Ezcurra de Drago, I. 2000: Invasión of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in **America. Nautilus** 2: 69-74.
- FAO. 1987. Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. 63p.
- Johnson, L. E. & Padilla, D. K. 1996. Geographic spread of exotic species: ecological lessons and opportunities from the invasion of zebra mussel *Dreissena polymorpha*. **Biological Conservation**. 78: 23:33.
- Kotzian, H. B. & Marques, D. M. 2004. Lagoa Mirim e a convenção Ramsar: um modelo para ação transfronteiriça na conservação de recursos hídricos. Rega - **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Santiago. 1(2): 101 – 111.
- Langone, J. A. 2005. Notas sobre el mejillón dorado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (bivalvia, mytilidae) en Uruguay. Publ. Extra mus. Nac. Hist Nat. Antropol. (montev., en línea) [núm. 1].

- Lopes, M. N.; Vieira, J. P. & Burns, M. D. M. 2009. Biofouling of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) over the Anomura crab *Aegla platensis* Schmitt, 1942. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 4(2): 222-225
- Mansur, M. C. D.; Schulz, C. & Garces, L. M. M. P. 1987. Moluscos bivalves de água doce: Identifi cação dos gêneros do sul e leste do Brasil. **Acta Biológica Leopoldencia**, 9 (2): 181-202.
- Mansur, M. C. D.; Richinitti, L. M. Z. & Santos, C. P. 1999. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências** 7(2): 147-149
- Mansur, M. C. D.; Santos, C. P.; Darrigran, G.; Heydrich, I.; Callil, C. T. & Cardoso, F. R. 2003. Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. **Revista Brasileira de Zoologia**. 20 (1): 75-84
- Piedras, S. R.; Bager, A. & Corrêa, F. 2007. Ocorrência de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) durante um período de salinização do baixo Arroio Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul. **Boletim do Instituto de Pesca**. 33 (1):121-125
- Uryu, Y.; Iwasaky, K. & Hinue, M. 1996. Laboratory experiments on behaviour and movement of a freshwater mussel, *Limnoperna fortunei* (DUNKER) **Journal of a Molluscan Studies** 62:327-341.
- Vieira, J. P. 2006. Ecological analogies between estuarine bottom trawl fish assemblages from Patos Lagoon (32S), Brazil, and York River (37N), USA.. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 1, p. 234-247.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey,USA, 662pp.

## Tabelas

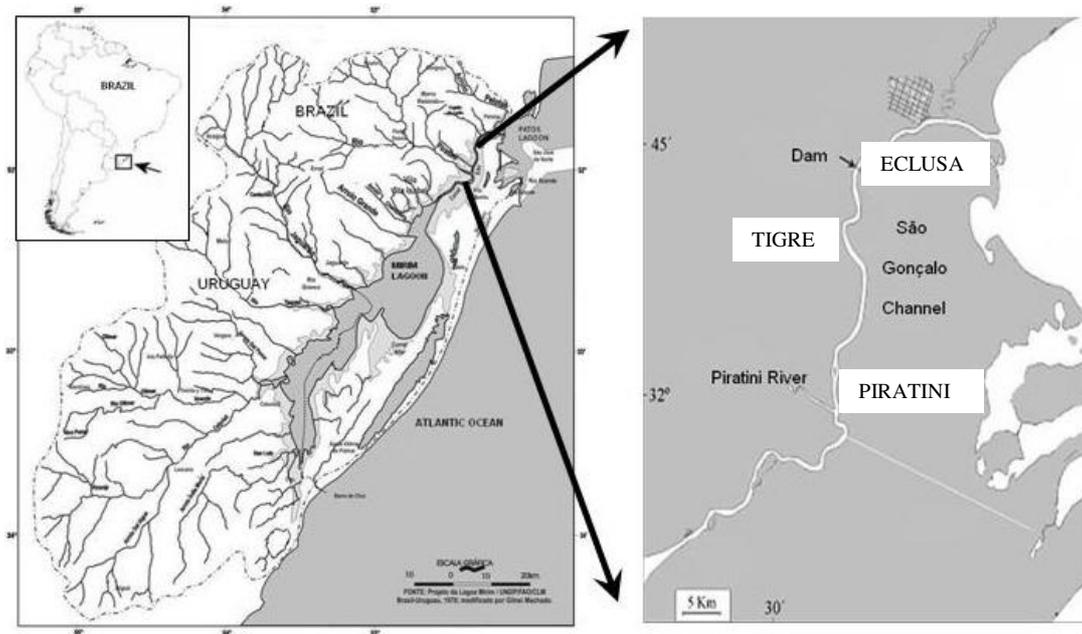
**Tabela I-I. Valores médios, mínimos e máximos de temperatura, pH e OD obtidos durante as coletas ao longo do ano de 2008.**

Variáveis	Média	Desv Padrão	Erro padrão	Mín.	Máx.
Água (C°)	18,46	4,78	4,58	12,40	24,28
pH	7,01	0,99	0,95	6,00	8,11
OD	6,36	4,04	3,87	1,86	10,50

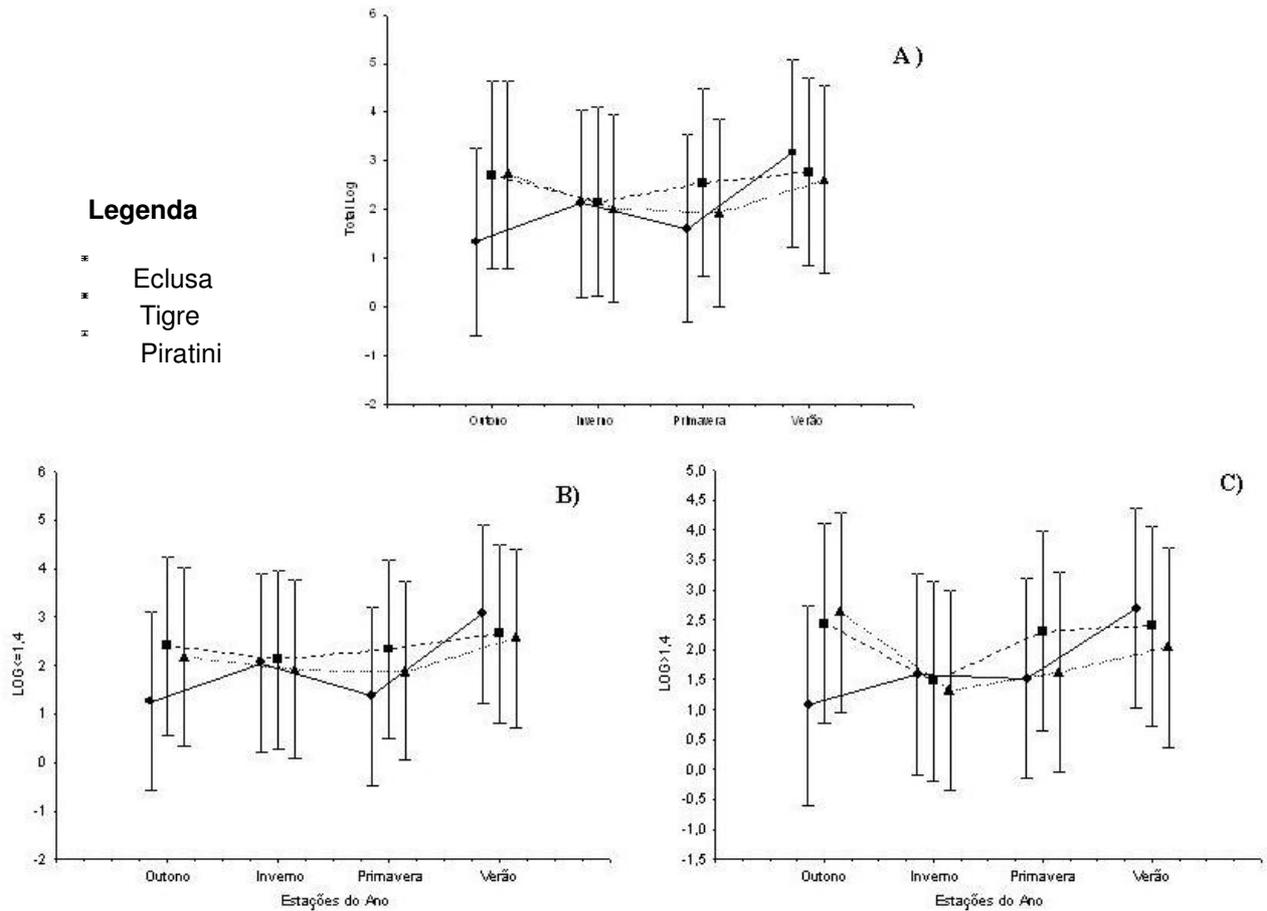
**Tabela I-II. Variação temporal da abundância relativa de *L. fortunei* coletados no Canal São Gonçalo durante o ano de 2008.**

	N	média/arrasto	desvpad	mín	máx	dens/média	FO%
Outono	260581	21715,08	54006,47	0	178376	10,34	66,67
Inverno	31421	2618,42	6845,86	0	24135	1,25	75,00
Primavera	29104	2425,33	3242,99	0	9206	1,15	58,33
Verão	135629	11302,42	12240,06	0	28109	5,38	75,00
total	456735	9515,31	28194,34	0	178376	4,53	68,75

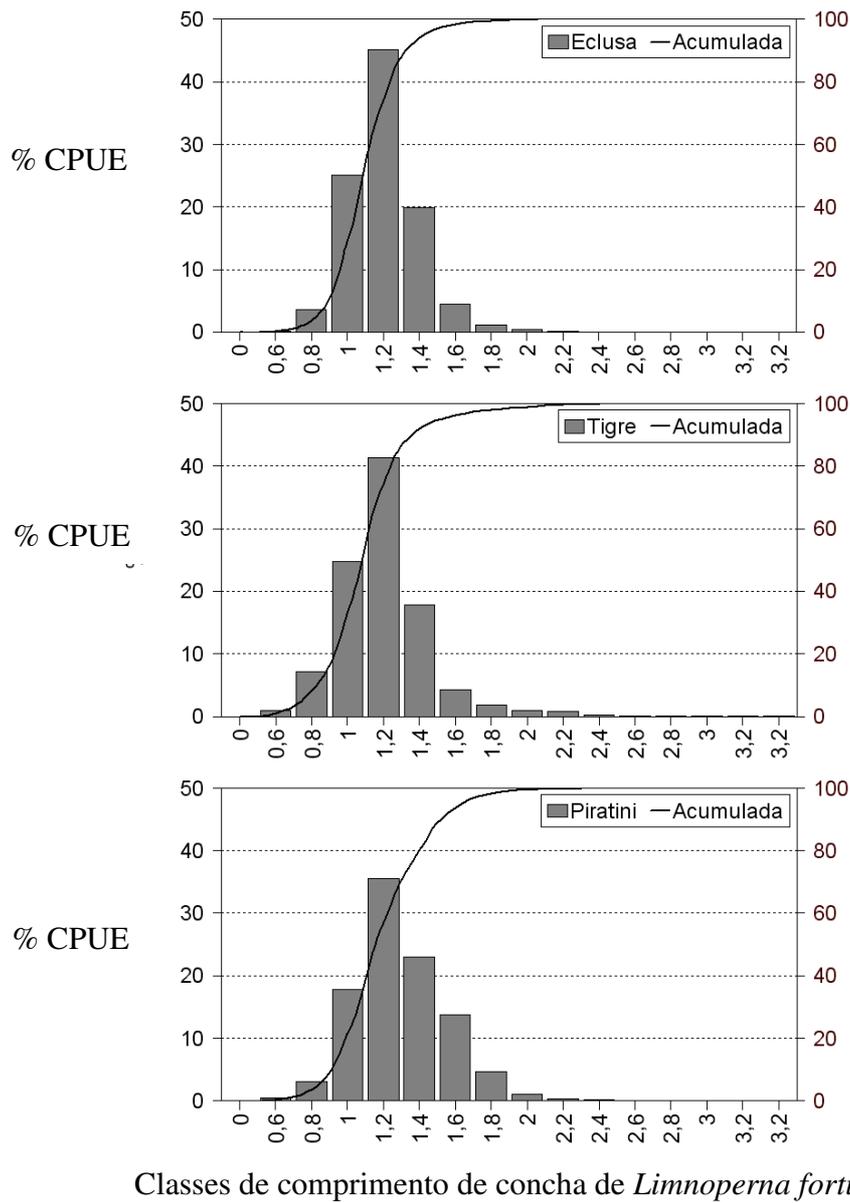
## Figuras



**Figura I-1 (à esquerda) Mapa da bacia Hidrográfica da lagoa Mirim; (à direita) Canal São Gonçalo (ligação entre as lagoas Patos e Mirim), indicando os três pontos de amostragem.**



**Figura I-2 A) Variação da abundância relativa média (CPUE) de indivíduos adultos de *L. fortunei* coletados no Canal São Gonçalo, RS. B) Variação da abundância relativa média (CPUE) de indivíduos pequenos (<1,4 cm), C) e indivíduos grande (>1,4 cm) de *Limnoperna fortunei* coletados no Canal São Gonçalo, RS.**



**Figura I-3. Frequência em porcentagem de CPUE dos indivíduos de *L. fortunei* coletados (eixo Y1) e curva acumulada de CPUE (%) (eixo Y2), distribuídos nas 14 classes de comprimento total capturados (eixo X) nos três pontos de coleta do Canal São Gonçalo,RS.**

## Capítulo II

### **BIOFOULING OF THE GOLDEN MUSSEL *Limnoperna fortunei* (DUNKER, 1857) OVER THE ANOMURA CRAB *Aegla platensis* SCHMITT, 1942.**

Michelle N. Lopes; João P. Vieira; Marcelo D.M Burns.

NOTA: Este trabalho foi publicado como: Lopes, M.N., Vieira, J.P. & Burns, M.D.M. 2009. Biofouling of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) over the Anomura crab *Aegla platensis* Schmitt, 1942. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 4(2): 222-225

**Abstract** .This note reports the first occurrence of golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) colonizing (biofouling) the surface body of the Anomura crab *Aegla platensis* Schmitt, 1942 on the São Gonçalo channel, Mirim Lagoon, Brazil. One live individual of *A. platensis* (25.5 mm tail to head; 2.8 g) was collected at São Gonçalo channel carrying 62 individuals (30.4 g) of *L. fortunei*, with total length ranging from 7 to 23 mm. The total weight recorded for the crab was 10 times lower than the total weight of the bivalves incrustated, which could suggest that this endemic to South America crab are under serious risks to become extinct since is already in a vulnerable conservation state. Like *A. platensis*, other benthic invertebrates could be also negatively affected by *L. fortunei*, and further investigation is currently needed to assess the potential ecological negative effects on the local biodiversity.

**Key-words:** Biodiversity, biofouling, *Limnoperna fortunei*, South America.

**Resumo.** Bioincrustação de mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) sobre o caranguejo Anomura *Aegla platensis* Schmitt, 1942. Esta nota relata a primeira ocorrência da colonização de mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) sobre a superfície do corpo (biofouling) do crustáceo Anomura *Aegla platensis* Schmitt, 1942 no canal São Gonçalo, Lagoa Mirim, RS, Brasil. Um exemplar vivo de *A. platensis* (25,5 milímetros de comprimento total; 2,8 g de peso) foi coletado no Canal

São Gonçalo com 62 indivíduos de *L. fortunei* (30,4 g) fixados sobre sua carapaça, com comprimento total variando de 7 a 23 mm. O peso total registrado para o crustáceo foi aproximadamente 10 vezes menor do que o peso total dos bivalves incrustados, o que poderia sugerir que estes crustáceos, endêmicos da América do Sul, estão sob sérios riscos de se tornarem extintos, uma vez que já se encontram em estado vulnerável de conservação na região do Rio Grande do Sul. Assim como *A. platensis*, outros invertebrados bentônicos podem estar sendo ameaçados pelo *L. fortunei*, sugerindo a necessidade de futuras investigações sobre bioincrustação no sistema.

**Palavras-chave:** Biodiversidade, bioincrustação; *Limnoperna fortunei*, América do Sul.

Although species distribution changes naturally over time, human activities greatly increase the rate and the spatial scale of these changes by accidentally or deliberately moving organisms across the world (Ricciardi & MacIsaac 2000). The introduction of invasive species threatens native biodiversity, ecosystem functioning, animal and plant health, and human economies.

*Limnoperna fortunei* (Dunker 1857), the Asian golden mussel, is an invasive freshwater species that shares several features with the zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas 1771), arguably the most influential animal to ever invade North American fresh waters (Thorp et al. 1998). Both have filter-feeding habits, are epifaunal and attach to hard substrates by means of a byssus and have fast growth rates (Boltovskoy & Cataldo 1999, Boltovskoy et al. 2006, Karatayev et al. 2007a). Its veliger larvae allows a quick dispersal through several mechanisms including water currents, animal and ship transport (ballast waters), and fishing activities (Morton 1977, Garcia & Protogino 2005), although the attachment to vessels is by far the most important dispersion mechanism of golden mussel (Boltovskoy et al. 2006, Karatayev et al. 2007b).

The golden mussel was first found in South America in the coast of Río de la Plata, Buenos Aires province (Pastorino et al. 1993). Its occurrence has been reported in the main hydrologic systems of the region: coastal zones of Río de la Plata (Darrigran et al. 1998), Paraguay, Paraná, Salado and Uruguay Rivers (Darrigran & Ezcurra de Drago 2000, Darrigran 2002). It was first recorded in Patos Lagoon in 1999 by Mansur et al. (1999, 2003) and in 2005 was found at the adjacent Mirim Lagoon, probably through a

dispersion via the São Gonçalo channel that connects both lagoons (Langone 2005, Burns et al. 2006a, 2006b).

The combination of early sexual maturity, high fecundity, semelparity and wide environmental tolerance probably allow *L. fortunei* to be a successful invader into new environments. The high densities of golden mussel and their fixation to the substrate by its byssal threads result in the formation of a new continuous microenvironment, which provide a new substrate by some epifaunal species and, at the same time, can lead to the displacement of other organisms (Darrigran 2002). Colonization is not restricted to man-made structures, such as revetments, piers, rock armors, gabions, boat hulls and others, since the golden mussel also settles on biogenic material such as debris, driftwood, reed roots (Boltovskoy et al. 2006). Among the potential impacts associated with the presence of this invasive bivalve, the rapid change produced in benthic communities should be noted. Since its invasion of the Plata Basin, *L. fortunei* has modified the natural occurrence and abundance of several native macroinvertebrates species (Martin & Darrigran 1994, Darrigran et al. 1998).

In the area of Guaíba lake at Patos Lagoon system, Mansur et al. (2003) reported that the golden mussel attaches to at least 6 species of mollusks in numbers up to ca. 300 individuals per host. In several cases this overgrowth may hinder the host's normal displacement and valve mobility. Darrigran et al. (2000), in Argentina, also reported the settlement of the golden mussel on other bivalve species, as well as in the Anomura crab *Aegla platensis* Schmitt, 1942. The present paper reports the first occurrence of *L. fortunei* colonizing the surface body of *A. platensis* in the São Gonçalo channel.

Bottom trawl sampling was conducted on June 13<sup>th</sup>, 2008 at 32°7'40.86" S; 52°36'41.91" O, in São Gonçalo channel in waters 3 to 6 m deep (Fig. 1). One live individual of *A. platensis* (25.5 mm tail to head; 2.8 g) was collected carrying 62 individuals (30.4 g) of *L. fortunei*, with total length (TL) ranging from 7 to 23 mm (Fig. 2). In addition to the golden mussel, 28 live gastropods (*Heleobia* spp.) were also observed trapped into the byssus net.

Comparing the size ranges of the golden mussels with those reported on the literature (Magara et al. 2001, Maroñas et al. 2003) it is possible to suggest that the majority of the golden mussel individuals found attached to *A. platensis* can be considered adults with more than 2 years (> 17mm TL; Fig. 3), suggesting that the colonization started long time before the sampling date. The total weight recorded for the crab (2.8 g) was 10 times lower than the total weight of the bivalves incrustated (30.4

g), which could suggest that this infested crab would have more difficulties in finding shelter and/or avoiding predation and increased rates of energy consumption.

The aeglids are a peculiar group of crustaceans because they are the only Anomura that occurs on fresh waters. They are endemic to South America and occur in streams, rivers, lakes and currents. They show nocturnal activity and sheltered under rocks, leaf litter and plant debris during the day. They are vulnerable to changes on their habitat, and they are under serious risks to become extinct even before they had been properly studied (Bond-Buckup & Buckup 1994). Thus, the macrofouling of *L. fortunei* on *A. platensis* on São Gonçalo Channel reported here could be another potential factor leading to the population decline of this crab, which is already in a vulnerable conservation state (Bond-Buckup & Buckup 1994). Like *A. platensis*, other benthic invertebrates could be also negatively affected by *L. fortunei*. Further investigation is currently needed to assess the current finding and its potential ecological negative effects on the local biodiversity, including eventual indirect effects in the community structure and local food webs.

## References

- Boltovskoy, D. & Cataldo, D. 1999. Population dynamics of *Limnoperna fortunei*, an invasive fouling mollusc, in the lower Paraná river (Argentina). **Biofouling** 14:255–263.
- Boltovskoy, D., Correa, N., Cataldo, D. & Sylvester, F. 2006. Dispersion and ecological impact of the invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata watershed and beyond. **Biological Invasions** 8:947–963.
- Bond-Buckup, G. & Buckup, L. 1994. A família Aeglidae (Crustacea, Decapoda, Anomura). **Arquivos de Zoologia**, São Paulo 32(4):159-346.
- Burns, M.D.M., Geraldi, R.M., Garcia, A.M., Benvenuti, C.E., Capitoli, R.R. & Vieira, J.P. 2006a. Primeiro registro de ocorrência do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) na bacia de drenagem da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Biociências** 14(1):83-84.
- Burns, M.D.M., Garcia, A.M., Bemvenuti, M.A., Vieira, J.P., Marques, D.M.L.M., Moresco, A. & Condini, M.V.L. 2006b. Bivalvia, Mytilidae, *Limnoperna fortunei*: distribution extension. **Check list (UNESP)** 2:41-43.

- Darrigran, G. & Ezcurra de Drago, I. 2000. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. **The Nautilus** 114:69–73.
- Darrigran, G., Martín, S.M., Gullo, B. & Armendáriz, L. 1998. Macroinvertebrates associated with *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in Río de la Plata, Argentina. **Hydrobiologia** 367:223–230.
- Darrigran, G., Penchaszadeh, P. & Damborenea, M.C. 2000. An invasion tale: *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) in the neotropics. **In: Proceedings of the 10th International Aquatic Nuisance Species and Zebra-Mussels Conference**, Toronto, Canada. US Army Corps of Engineers, Vicksburg, Mississippi. pp 219–224.
- Darrigran, G. 2002. Potential impact of filterfeeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological Invasions** 4:145–156.
- García, M.L. & Protogino, L.C. 2005. Invasive freshwater mollusks are consumed by native fishes in South America. **Journal of Applied Ichthyology** 21:34–38.
- Karatayev, A.Y., Boltovskoy, D., Padilla, D.K., & Burlakova, L.E. 2007a. The Invasive Bivalves *Dreissena polymorpha* and *Limnoperna fortunei*: Parallels, Contrasts, Potential Spread and Invasion Impacts. **Journal of Shellfish Research**, Vol. 26, No. 1, 205–213.
- Karatayev, A.Y., Padilla, D.K., Minchim, D., Boltovskoy, D. & Burlakova, L.E. 2007b. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. **Biol Invasions** 9:161–180
- Langone, J.A. 2005. Notas sobre el mejillón dorado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) en Uruguay. **Publ. Extra mus. Nac. Hist Nat. Antropol.** (Montev., en línea) [núm. 1].
- Machado, G. 2007. Demanda e disponibilidade hídrica no sistema Lagoa Mirim- São Gonçalo- Rio Grande do Sul. **Revista Discente Expressões Geográficas.** Florianópolis–SC 03:61-82.
- Magara, Y., Matsui, Y., Gotto, Y. & Yuasa, A. 2001. Invasion of the non-indigenous nuisance mussel, *Limnoperna fortunei*, into water supply facilities in Japan. **Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA** (50) 3:113-124.
- Mansur, M.C., Valer, R.M. & Aires, N. 1999. *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) molusco bivalve invasor na bacia do Guaíba, Río Grande do Sul, Brasil. **Biociencias**, Porto Alegre 7:147–149.

- Mansur, M.C., Pinheiro dos Santos, C., Darrigran, G., Hydrich, I., Calli, C. & Rossoni Cardoso, F. 2003. Primeros datos quali-cuantitativos do mexilhãodourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Río Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. **Rev Brasil Zool** 20:75–84.
- Maroñas, M.E., Darrigran, G.A, Sendra, E.D.& Breckon G. 2003. Shell growth of the golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), in the Río de la Plata, Argentina. **Hydrobiologia** 495: 41–45.
- Martin, S.M. & Darrigran, G.A. 1994. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) en el Balneario Bagliardi, Río de la Plata. Alteración en la composición de la malacofauna litoral. **Tankay** 1:161–166.
- Morton, B. 1977. The populations dynamics of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilacea) in Plover Cove reservoir, Hong Kong. **Malacologia** 16:165–182.
- Pastorino, G., Darrigran, G., Martin, S. & Lunaschi, G. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de la Plata. **Neotrópica** 39:34.
- Ricciardi, A. & MacIsaac, H.J. 2000. Recent mass invasion of the North American Great Lakes by Ponto-Caspian species. **Trends in Ecology & Evolution** 15:62–65.
- Thorp, J.H., Alexander, J., Bukaveckas, Jr. B., Cobbs, G. & Bresko, K. 1998. Responses of Ohio River and Lake Erie dreissenid mollusc populations to changes in temperature and turbidity. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 55:220–229.

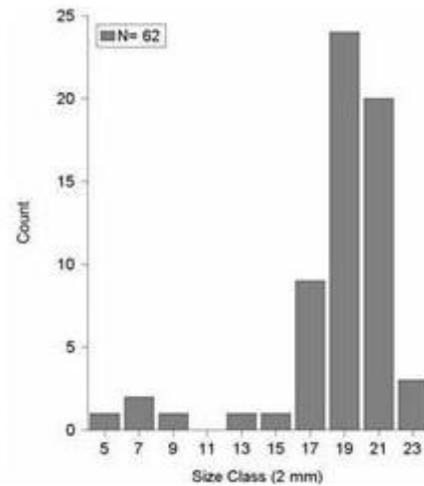
## Figures



**Figura II-1.** Mirim Lagoon and its drainage basin (62.250 Km<sup>2</sup>), showing the São Gonçalo channel that connecting it with the Patos Lagoon. The red dot represent the location (32°7'40.86" S; 52°36'41.91" O) where *A. platensis* was collected. Modified from Machado (2007).



**Figura II-2.** Specimen collected, showing the fouling of *L. fortunei* on *Aegla platensis*.



**Figura II-3.** Size range of *L. fortunei* observed at *Aegla platensis*.

**SIZE-SELECTIVE PREDATION OF THE CATFISH *Pimelodus pintado* ON THE GOLDEN MUSSEL *Limnoperna fortunei***

**MICHELLE N. LOPES\* & JOÃO P. VIEIRA**

NOTA: Este trabalho foi submetido à revista *Ecology of Freshwater Fish* em 10 de dezembro de 2009, e re-submetido com as correções solicitadas em 05 de abril de 2010.

Abstract

This paper describes the incorporation of *Limnoperna fortunei* into the diet of *Pimelodus pintado* from the time it arrived at the Mirim Lagoon basin and discusses the size of the golden mussel preferred by this predator. *Pimelodus pintado* started to prey upon *L. fortunei* soon after its arrival in the system (austral spring of 2005), by the spring of 2008, it was found to be the most important food item. The variation in length of mussels caught (0.7-3.2 cm, with a mode of 1.3 cm) in the environment in 2008 suggests that the species is now fully established in the system. However, *P. pintado* predate only upon smaller (<1.4 cm) *L. fortunei*, in a phase when the mussel is more mobile and readily available for fish than the larger and aggregated groups that are attached to hard substrates.

Key words: *Limnoperna fortunei*; *Pimelodus pintado* diet; opportunistic predator; preying selectivity size.

Introduction

The Asian freshwater golden mussel *Limnoperna fortunei* was first recorded in 1991 in the Americas from the coast of the Rio de la Plata by Pastorino et al. (1993). The golden mussel have the capability of colonizing a wide range of habitats and have few natural predators, widely colonizing freshwater and estuarine environments in the neotropical region, and has since expanded its range to Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay (Darrigran et al. 1998b; Darrigran & Ezcurra de Drago 2000; Darrigran 2002). In 1998, the golden mussel was recorded at the northern reaches of the Patos Lagoon

drainage basin (Mansur et al. 1999; 2003) and in the following years (2002) the species was found in the southern portion of the basin (Mansur et al. 2003; Capítoli & Bemvenuti 2004). Since at least 2005 *L. fortunei* invaded Mirim Lagoon through the São Gonçalo Channel, which connects Mirim and Patos Lagoons (Fig. 1) (Langone 2005; Burns et al. 2006b).

Like its European and North American counterpart, the zebra mussel, wherever it is introduced *L. fortunei* becomes the dominant component of benthic macroinvertebrate communities reaching densities of up to over 150 000 ind/m<sup>2</sup> (Darrigran 2002; Boltovskoy et al. 2006 Mansur et al. 2008). There is little doubt now that catastrophic biological events like these can profoundly affect entire ecosystems to the point that the invader monopolizes a large proportion of the energy available (Sylvester et al. 2005). The cascading effects of such trophic web disruptions can be extremely important (Power 1992; Ruetz et al. 2002; Thorp & Casper 2003), but their analysis requires thorough quantitative assessments of the production and consumption figures involved. Contrasting results have been reported, ranging from a negligible impact of predators on mussels, to the effective control of the mussel's population growth (Stewart et al. 1998; Bartsch et al. 2005). Conversely, in some cases predators of the mussel showed increased productivity and growth as a result of the new food supply (Podubnyi 1966; Boltovskoy et al. 2006; Karatayev et al. 2007). Ancillary data on Argentine freshwater fish yields support the above conclusions suggesting that *L. fortunei* may have had a positive effect on fish biomass in neotropical systems (Boltovskoy et al. 2006).

Catfish of the genus *Pimelodus* are omnivorous tertiary consumers (Garcia et al. 2006; Garcia et al. 2007), which are characterized by a generalist feeding behavior and opportunistically exploit eventual peaks in prey abundance (Bonetto et al. 1963; Montalto et al. 1999; Braga 2000; García & Protogino 2005). The use of *L. fortunei* as a food source by *Pimelodus spp.* (Paraná River and Patos Lagoon basin) has been previously reported (Montalto et al. 1999; Cataldo et al. 2002; Aptista & Zibetti 2006) and we expect, after the Mirim invasion, that *P. pintado* strongly incorporate *L. fortunei* on his diet.

Montalto et al. (1999) shows that *L. fortunei* is predated in its different development stages by several fish species in the neotropical region, but small mussels (< 1.5 cm TL) are more frequent and abundant than large 3 cm individuals in the guts. According to Uryu et al. (1996) smaller (<1.4 cm) *L. fortunei* have a considerable

ability to move to new locations, which suggest a greater accessibility to predators. In this study, we describe the chronological incorporation of *L. fortunei* into the diet of *P. pintado* from the time it arrived in the São Gonçalo Channel in the Mirim Lagoon basin and discuss how *L. fortunei* size interacts with mobility to affect vulnerability to predators.

## Materials and Methods

The Mirim Lagoon basin is located between 31° and 34°S and 52° and 54°W in the eastern part of the South American central plains (Fig. 1). The basin area covers 62.250 km<sup>2</sup>, with 29.250 km<sup>2</sup> in southern Brazil and the remaining 33.000 km<sup>2</sup> in Eastern Uruguay. The main geographical feature of this basin is the Mirim lagoon itself, with an average area of 3.749 km<sup>2</sup> (Bracco et al. 2005; ALM 2007). During periods of intense rainfall, water from Mirim Lagoon and its adjacent wetland system drain through the natural São Gonçalo Channel (75 km long, 200 to 500 m wide, 6 m maximum depth) into Patos Lagoon, which is ultimately connected to the Atlantic Ocean by the Rio Grande channel. In 1977, a dam was built in São Gonçalo Channel to prevent the entry of saline waters from the Patos Lagoon estuary into Mirim Lagoon (Burns et al. 2006a); since then, the southern part of São Gonçalo Channel and Mirim Lagoon are used as the main source of freshwater for rice cultivation in the region.

Bottom fauna samples were obtained from the limnetic region of São Gonçalo Channel, between 31°48'S 52°23'W and 32°7'S 52°35'W (Fig. 1). Bottom trawl was carried out in waters 3 to 6 m deep, from January to November 2005 and from October to November 2008. Sixteen sampling stations were carried out using a fishermen's wooden boat (10.9 m long with a 60-Hp engine). Five minutes tows (approximately 400 m) were performed using a 10.5-m (head rope) shrimp trawl (1.3-cm bar mesh wings and body with a 0.5-cm bar mesh cod end liner) and a pair of weighted outer doors (Lopes et al. 2009).

*Pimelodus pintado* collected in each tow were stored in separate plastic bags and fixed in 10% formaldehyde. At the laboratory, the total length (TL) of each individual was measured to the nearest millimeter. Stomachs were extracted by cutting out the esophagus and pylorus and fixed in 70% alcohol. Prey items were identified to the lowest taxonomic level, counted and grouped into higher-level taxonomic categories, and their frequency of occurrence was analyzed from the austral summer (January and February), autumn (April) and winter (July and August) of 2005. From the austral

springs of 2005 and 2008, the *P. pintado* diet was determined based on the relative importance index of Pinkas (IRI) (Hyslop 1980) of each food item. Using an electronic caliper, *L. fortunei* maximum shell lengths (ML in mm) were measured for the individuals present in the stomachs of *P. pintado* as well as for those caught free in the environment (bottom trawl from 2008).

## Results

*Limnoperna fortunei* were not observed in the stomachs of fish collected during the austral summer, autumn or winter of 2005, only during the austral spring (September, October and November) of 2005. *Limnoperna fortunei* were found in 21.8% of the 180 stomachs of *P. pintado* analyzed, and the species was the fifth most important food item (IRI %) in the diet of *P. pintado* (Table 1).

During the austral spring of 2005, *L. fortunei* were only observed in the stomachs of *P. pintado* with TL larger than 14 cm, and larger individual gradually incorporating the mussel in the diet (Fig. 2). The shell lengths of golden mussel specimens found in the digestive tracts of *P. pintado* were similar among the different predator length classes analyzed (Fig. 3).

In the austral spring of 2008 (Table 1), *L. fortunei* was found in 60.8% of the 30 stomachs of *P. pintado* analyzed and was the most important food item in the diet of species (IRI=31.4%). *Limnoperna fortunei* collected by the shrimp trawl in 2008 were measured and compared with the shell lengths of 51 *L. fortunei* found in the stomachs of captured *P. pintado* (20.7-30.5 cm TL) (Fig. 4). The length range of *L. fortunei* available in the environment was 0.7 to 3.2 cm, with a mode of 1.3 cm TL, and the shell lengths of *L. fortunei* eaten by the catfish ranged from 0.3 to 1.4 cm. The distribution means of both environment and the guts differed statistically ( $p < 0.00009$ ).

## Discussion

Fishes with a generalist feeding behavior are good samplers of prey diversity and can easily detect new sources of food, showing a flexibility to exploit eventual peaks in prey abundance (Glova & Sagar 1989; Mendoza-Carranza & Vieira 2007).

Boltovskoy & Cataldo (1999) showed that during their first year, *L. fortunei* reached 2.0 cm in length, and by the end of their second year, they reached 3.0 cm; it was also shown that the species has variable longevity (Maroñas et al. 2003). There is no record of spatial or temporal abundance of *L. fortunei* in the limnetic zone of São

Gonçalo Channel, but the maximum length of mussels in this study (Fig. 4) suggests that the species is now fully established in São Gonçalo Channel.

The mean lengths of *L. fortunei* found in the digestive tracts of *P. pintado* are similar for the different predator length classes analyzed and reach a maximum size of 1.4 cm. Montalto et al. (1999) shows that *L. fortunei* is predated in its different development stages by several fish species in the neotropical region, but small mussels (< 1.5 cm) are more frequent and abundant in the guts. Cantanhêde et al. (2008), analyzing a predator larger than *P. pintado* (*Pterodoras granulosus*; 17-55 cm TL), found similar results, where *L. fortunei* were found in a size range from 0.8 to 1.7 cm in mean length, although the mussel is well known to grow up to more than 3 cm (Boltovskoy & Cataldo 1999; Maroñas et al. 2003; Mansur et al. 2008).

Our results show that *P. pintado* starts to predate on *L. fortunei* after reaching approximately 14 cm TL. Then, independently from its size, *P. pintado* consume only *L. fortunei* smaller than 1.4 cm TL, which implies that the preference for smaller individuals is related to food availability rather than to the gap in fish length.

*In situ* experiments with *L. fortunei*-colonized panels, with and without screening to protect them against fish predation, showed that exposed mussels are swiftly eliminated by predators (Cataldo et al. 2002; Sylvester et al. 2005; Karatayev et al. 2007). According to Uryu et al. (1996), even young and adult *L. fortunei* have a considerable ability to move to new locations with some taxis, suggesting that this represents an ability to avoid predation by hiding. The distance that mussels are able to move decreases with increasing shell length, and they tend to aggregate after reaching 1.5 cm TL. The observations of the present work suggest that, more mobile individuals of *L. fortunei* smaller than (<1.4 cm) are able to crawl in the soft bottom are probably more available in São Gonçalo Channel for *P. pintado* than larger and aggregated mussels that get attached to hard substrate and hide from predation.

It is important to note that *L. fortunei* was first reported in the limnetic zone of São Gonçalo Channel in January 2005 (Burns et al. 2006b). Since the diet of *P. pintado* is influenced by the availability of food in the environment, the data presented here suggest that the trend observed in this study, the absence of *L. fortunei* in the stomachs of *P. pintado* from austral summer to winter and the beginning of consumption in the spring, is a good indicator that *L. fortunei* started to be abundant in the limnetic zone of São Gonçalo Channel during the austral spring of 2005. However, despite the fact that *L. fortunei* occurrence in stomachs was high during the springs of 2005 and 2008, the

presence of other bivalves, such as *Corbicula* spp, was low, and the golden mussel was the most preyed-upon of mollusks, which likely reflects a higher availability of golden mussel relative to Corbiculidae species (Tab. I).

Very little empirical information is available to explain the success of invaders. The arrival and spread of *L. fortunei* in Mirim Lagoon will bring rapid changes in the benthic community as well as displacement of other mollusk species, as described by Darrigan (2002) for other South American fresh water habitats. Currently unpublished data suggest that *L. fortunei* is much more abundant in limnetic part of São Gonçalo Channel (61 km long and 17 m wide than that in the Mirim Lagoon itself (3.749 Km<sup>2</sup> area).

With the invasion of *Corbicula fluminea* and *L. fortunei* in the neotropical region dietary changes have been noted in omnivorous fishes, which switched from a lower quality predominantly plant-based diet, to an energetically richer one dominated by these molluscs (Montalto et al. 1999; Ferriz et al. 2000; Boltovskoy et al. 2006). With the invasion of *L. fortunei* part of the organic matter in the turbid São Gonçalo Channel will be filtered and modified into a form available to organisms that cannot feed on small particles, like fishes. In order to assess how much of this drifting carbon is now channeled through *L. fortunei* we are still missing some key pieces of the puzzle involved, in particular a reasonable estimate of the densities of the mollusc in the water bodies colonized (Boltovskoy et al. 2006). Further investigation is needed to assess the potential ecological effects on local biodiversity, community structure and local food webs (Lopes et al. 2009), but their analysis requires thorough quantitative assessments of the production and consumption figures involved.

#### Acknowledgements

The authors thank CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) from their financial support and personal grants.

## References

- ALM Agência da Lagoa Mirim. 2007. Disponível em <http://alm.ufpel.edu.br/>. Último acesso: 07 de dezembro de 2009.
- Aptista, C. T. & Zibetti, V. 2006. Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*) como Recurso Alimentar de Peixes do Arroio Pelotas, Pelotas, RS: Resultados preliminares XV Congresso de IC.
- Bartsch M. R., Bartsch L. A. & Gutreuter S. 2005. Strong effects of predation by fishes on an invasive macroinvertebrate in a large floodplain river. *Journal North American Benthologic. Soc.* 24: 168–77.
- Boltovskoy, D. & Cataldo, D. H. 1999. Population dynamics of *Limnoperna fortunei*, an invasive fouling mollusc, in the lower Parana River (Argentina). *Biofouling* 14 (3): 255-263.
- Boltovskoy, D., Correa, N., Cataldo, D. & Sylvester, F. 2006. Dispersion and ecological impact of the invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata watershed and beyond. *Biological Invasions* 8: 947–963.
- Bonetto, A. A.; Pignalberi, C.; Cordiviola, E., 1963: Ecologia alimentaria del amarillo y moncholo, *Pimelodus clarias* (Bloch) y *Pimelodus albicans* (Valenciennes) (Pisces, Pimelodidae). *Physis* 24: 87–94.
- Bracco, R., Puerto, L., Inda, H. & Castiñeira, C. 2005. Mid–late Holocene cultural and environmental dynamics in Eastern Uruguay. *Quaternary International* 132: 37–45
- Braga, F. M.de S. 2000. Biologia e Pesca de *Pimelodus maculatus* (Siluriformes, Pimelodidae) no reservatório de Volta Grande, Rio Grande (MG-SP). *Acta Limnologica brasiliensis*.12:1-14.
- Burns, M. D., Garcia, A. M., Vieira, J. P., Bemvenuti, M. A., Motta Marques. D. M. L & Condini, V., 2006a. Evidence of fragmentation affecting fish movement between Patos and Mirim coastal lagoons in southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 4(1)69-72.
- Burns, M. D., Geraldi, R. M., Garcia, A. M., Bemvenuti, C. E., Capitoli, R. R. & Vieira, J.P., 2006b. Primeiro registro de ocorrência do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* na Bacia de drenagem da Lagoa Mirim, RS, Brasil. *Notas e Resenhas, Biociências, Porto Alegre*, 14(1): 83-83.
- Cantanhêde, G., Hahn, N. S., Gubiani, E. A. & Fugii, R. 2008. Invasive molluscs in the diet of *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1821) (Pisces, Doradidae) in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish* 17: 47–53.

- Capítoli, R. R. & Bemvenuti, C. E. 2004. Distribuição do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) na área estuarina da lagoa dos Patos e Canal São Gonçalo. In. Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, 4. 07-11/09/2004, São José dos Campos.
- Cataldo, D., Boltovskoy, D. D., Marini, V. & Correa, N. 2002. Limitantes de *Limnoperna fortunei* en la cuenca del Plata: la predación por peces“Tercera jornada sobre conservación de la fauna íctica en el río Uruguay” Organizada por La Comisión Administradora de Río Uruguay. Entre el 25 y 26 de abril del 2002, Paysandu Uruguay.
- Darrigran, G., Martin, S. M., Gullo, B. & Armendariz, L. 1998b Macroinvertebrate associated to *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae). Río de La Plata, Argentina. *Hydrobiologia* 367: 223–230.
- Darrigran, G. 2002. Potencial impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasions* 4: 145-156.
- Darrigran G & Ezcurra de Drago 2000. Invasion of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in America. *Nautilus* 2: 69–74.
- Ferriz, R. A., Villar, C. A., Colautti, D. & Bonetto, C. 2000. Alimentación de *Pterodoras granulosus* (Valenciennes) (Pisces, Doradidae) en la baja cuenca del Plata. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 2: 151–156.
- García, M. L. A. & Protopino, L. C. 2005. Invasive freshwater molluscs are consumed by native fishes in South America. *Journal of Applied Ichthyology* 21: 34–38.
- Garcia, A. M., Hoeninghaus, D. J., Vieira, J. P., Winemiller, K. O., Marques, D. M. L. M. & Bemvenuti, M. A. 2006. Preliminary examination of food web structure of Nicola Lake (Taim Hydrological System, south Brazil) using dual C and N stable isotope analyses. *Neotropical Ichthyology*. (4) 2: 279-284.
- Garcia, A. M., Hoeninghaus, D. J., Vieira, J. P. & Winemiller, K. O. 2007. Isotopic variation of fishes in freshwater and estuarine zones of a large subtropical coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 73: 399-408.
- Glova, G. J. & Sagar, P. M. 1989. Prey selection by *Galaxias vulgaris* in the Hawkins River, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 23: 153-161.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis – a review of methods and their applications. *Journal Fish Biology*. 17: 411-429.

- Karatayev, A. Y., Padilla, D. K., Minchim, D., Boltovskoy, D. & Burlakova, L. E. 2007. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. *Biological Invasions*. 9:161–180
- Langone, J. A. 2005. Notas sobre el mejillón dorado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (bivalvia, mytilidae) en Uruguay. *Publ. Extra mus. Nac. Hist Nat. Antropol.* (montev., en línea) [núm. 1].
- Lopes, M. N., Vieira, J. P. & Burns, M. D. M. 2009. Biofouling of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) over the Anomura crab *Aegla platensis* Schmitt, 1942. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 4(2): 222-225.
- Mansur, M. C. D.; Richinitti, L. M. Z. & Santos, C. P. 1999. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências*.7(2): 147-149.
- Mansur, M. C. D., Santos, C. P., Darrigran, G.; Heydrich, I.; Callil, C. T. & Cardoso, F. R. 2003. Primeiros dados quail-quantitativos do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista Brasileira de Zoologia*. 20(1): 75-84.
- Mansur, M. C. D., Figueiró, H., Santos, C. P., Glock, L., Bergonci, P. E. A., Pereira, D. 2008. Variação espacial do comprimento e do peso úmido total de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) no delta do rio Jacuí e lago Guaíba (RS, Brasil). *Biotemas*.21 (4):49-54
- Maroñas, M. E., Darrigran, G. A., Sendra, E. D. & Breckon, G. 2003. Shell growth of the golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), in the Río de la Plata, Argentina. *Hydrobiologia* 495: 41–45.
- Mendoza-Carranza & Vieira 2007. Whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) feeding strategies across four southern Brazilian estuaries. *Aquatic Ecology*, v. 1, p. (virtual).
- Montalto, L., Oliveros, O. B., Ezcurra de Drago, I. & Demonte, L. D. 1999. Peces del río Parana Medio predadores de una especie invasora: *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae). *Revista de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral* .3: 85-101.
- Pastorino, G., Darrigran, G., Martin, S. & Lunaschi, L. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor em águas Del Rio de la Plata. *Neotropica*, 39 (101-102): 34.

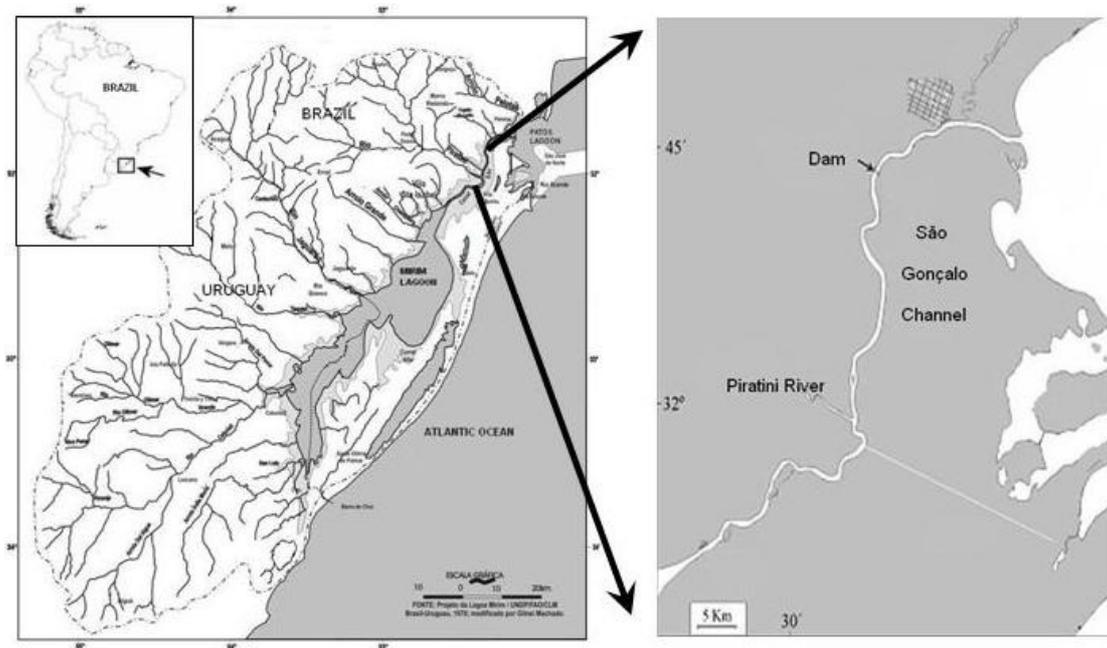
- Poddubny, A. G. 1966. Adaptive response of *Rutilus rutilus* to variable environmental conditions. Trudy Instiyuta Biologii Vnutrennykh Vod Akademii Nauk SSSR. 10: 131–138.
- Power, M. E. 1992. Habitat Heterogeneity and The Functional Significance of Fish in River Food Webs. Ecology. 73 (5): 1675-1688.
- Ruetz, C. R., Newman, R. M. & Vondracek, B. 2002. Top-down control in a detritus-based food web: fish, shredders and leaf breakdown. Oecologia (Berlin). 132:307–315.
- Stewart, T. W., Miner, J. G. & Lowe, R. L. 1998. An experimental analysis of crayfish (*Orconectes rusticus*) effects on a Dreissena-dominated benthic macroinvertebrate community in western Lake Erie. Can. Journal. Fish Aquatic Sciences. 55: 1043–50.
- Sylvester, F., Dorado, J., Boltovskoy, D., Juárez, A. & Cataldo, D. 2005. Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. Hydrobiologia 534: 71–80.
- Thorp, J. H. & Casper, A. F. 2003. Importance of biotic interactions in large rivers: an experiment with planktivorous fish, dreissenid mussels and zooplankton in the St. Lawrence River. River Research and Applications 19:265–279.
- Uryu, Y., Iwasaki, K. & Hinue, M. 1996. Laboratory experiments on behaviour and movement of a freshwater mussel, *Limnoperna fortunei* (DUNKER) Journal of a Mollusan Studies 62:327-341.

## Tables

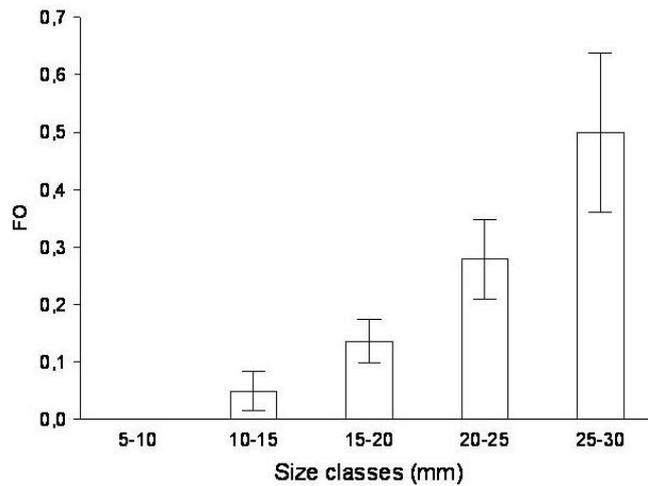
**Tabela III-I. Frequency of occurrence (%), number percent (PN%), area percent (PA%), hank (R) and relative importance index (IRI %) of items in the diet *P. pintado* during 2005 and 2008.**

Item	2005								2008				
	Summer	Autumn	Winter	Spring				Spring					
	FO%	FO%	FO%	FO%	PN%	PA%	IRI %	R	FO%	PN%	PA%	IRI%	R
Small crustacean	13.51	47.89	65.48	74.15	63.77	40.07	67.76	1	17.39	7.04	3.64	1.97	6
Crab	20.27	2.82	1.19	3.40	0.21	2.34	0.08	9	21.74	2.18	19.75	5.06	5
Insects	35.14	60.56	64.29	57.14	15.33	19.27	17.40	2	65.22	16.26	8.11	16.85	3
<i>L. fortunei</i>				21.77	5.16	4.49	1.85	5	60.87	13.83	34.77	31.37	1
<i>Corbicula fluminea</i>		4.23	11.90	2.72	0.25	0.12	0.01	10	13.04	1.94	1.02	0.41	8
<i>Heleobia spp.</i>	27.03	12.68	7.14	16.33	3.16	0.87	0.58	7	47.83	51.70	9.20	30.88	2
Fish	70.27	49.30	16.67	21.29	4.28	7.42	2.17	4	4.35	0.24	2.68	0.13	9
Plant	2.70	35.21	15.48	39.46	3.23	22.98	9.10	3	52.17	3.88	17.52	11.84	4
Other	9.46	4.23	2.38	19.73	1.93	2.07	0.69	6	26.09	1.94	2.98	1.36	7
Mineral		9.86	4.76	13.61	2.70	0.37	0.37	8	8.70	0.97	0.32	0.12	10

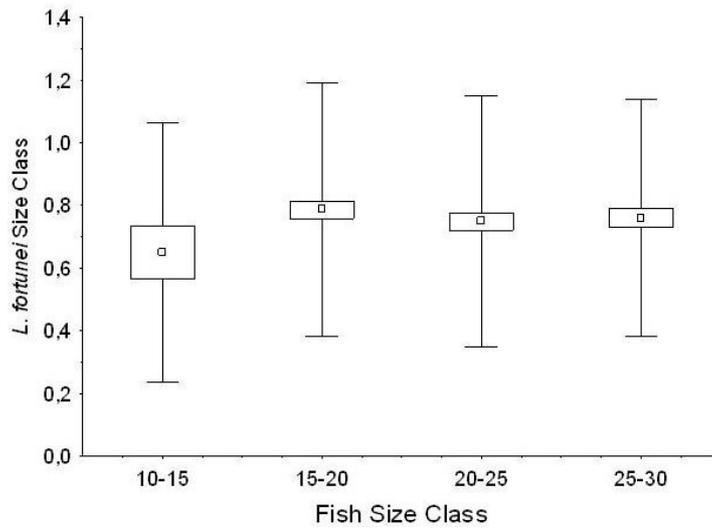
**Figures**



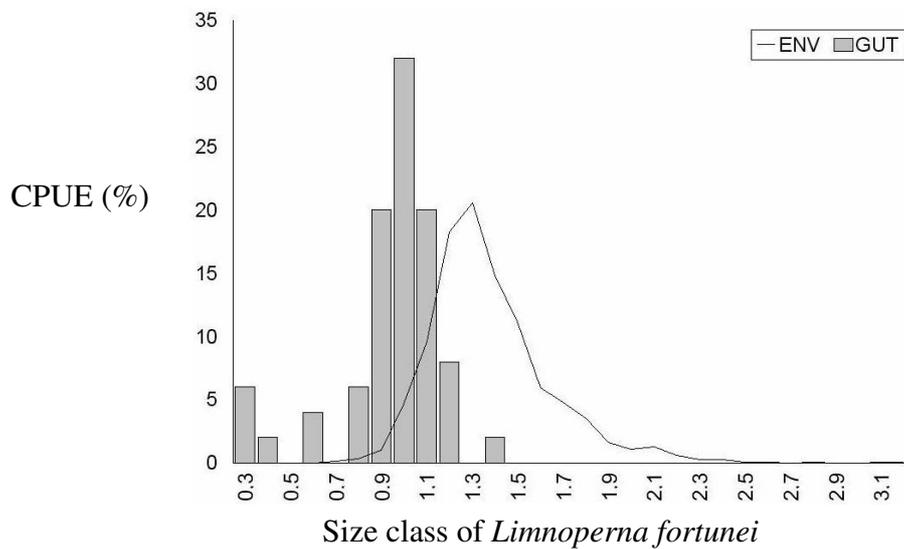
**Figura III-1.** Mirim Lagoon and its drainage basin (62.250 Km<sup>2</sup>), showing the São Gonçalo channel that connects it with the Patos Lagoon. The limnetic region is localized southern the dam.



**Figura III-2.** Frequency of occurrence of *Limnoperna fortunei* in the digestive tracts of *P. pintado* in different fish lengths analyzed in the spring of 2005.



**Figura III-3.** *Limnoperna fortunei* shell length distribution by *P. pintado* size class in the spring of 2005.



**Figura III-4** Shell length distribution of *L. fortunei* collected in the environment (ENV), and in the *P. pintado* guts (GUT) in the spring of 2008.

## Capítulo IV

### **A INCIDÊNCIA DA ESPÉCIE EXÓTICA *Limnoperna fortunei* (DUNKER, 1857) NA DIETA DOS PEIXES NATIVOS DA BACIA DA LAGOA MIRIM, RS-BRASIL.**

NOTA: Este capítulo, após revisado pela banca da dissertação será traduzido para o inglês e submetido à Revista Brasileira de Zoologia.

#### Resumo

Este trabalho identifica os peixes nativos do sistema Patos-Mirim que podem ser considerados potenciais predadores da espécie invasora *L. fortunei*. Foram realizadas 16 amostras de arrasto de fundo, distribuídas em três regiões no Canal São Gonçalo, em profundidades entre 3 e 6 m, utilizando-se uma rede de portas modelo camaroneira. Um total de 12 itens alimentares foram encontrados nos tratos digestórios das espécies coletadas. A espécie invasora *Limnoperna fortunei* foi verificada em 12 das 18 espécies tabuladas, as quais apresentaram uma variação de frequência de ocorrência entre 1,4% (*Loricariichthys anus*) até 96% *Crenicichla punctata*. As espécies *Astyanax fasciatus*, *Pimelodus pintado*, *Geophagus brasiliensis*, *Crenicichla punctata* e *Micropogonias furnieri* demonstraram uma forte tendência ao consumo de moluscos, predando principalmente sobre a espécie *L. fortunei*. Os comprimentos de concha de *L. fortunei* encontrados nos tratos digestórios variaram entre 0,3 e 1,5 cm nas espécies analisadas. Nossos resultados demonstram que, independente do tamanho e do comportamento de forrageamento do predador, apenas os indivíduos de *L. fortunei* menores que 1,4 cm em média, são predados.

#### Introdução

Na América do Sul, a partir da última década, começou a ser registrada a presença do molusco invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia; Mytilidae) conhecido vulgarmente como mexilhão-dourado. Este bivalve encontrou nas bacias hidrográficas sul-americanas condições favoráveis para dispersão e crescimento, colonizando diversos sistemas de drenagem (Darrigran 2002; Mansur *et al.* 1999; 2003).

A alta taxa de expansão da espécie, associada às suas grandes densidades, tem sido responsáveis por uma série de impactos econômicos e ambientais nos ecossistemas colonizados, pois onde se fixa modifica a estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos naturais do sistema (Mansur *et al.* 1999; Darrigran 2002; Lopes *et al.* 2009). Entre os impactos ambientais causados pelo mexilhão-dourado, as alterações da cadeia trófica parecem ser de particular importância, uma vez que a atividade de filtragem destes organismos leva à mudança na taxa de sedimentação, ciclagem de nutrientes e abundância e composição do seston (Cataldo *et al.* 2005; Sylvester *et al.* 2005). Em ambientes neotropicais, esta espécie foi prontamente incorporada como item alimentar de diversas espécies de peixes, em particular para aqueles que apresentam uma elevada plasticidade alimentar (Montalto *et al.* 1999; Ferriz *et al.* 2000; Penchaszadeh *et al.* 2000; García & Protogino 2005; Boltovskoy *et al.* 2006; Sylvester *et al.* 2007).

A intensidade da predação, ao longo do tempo, sobre mexilhões exóticos aumenta a biomassa de predadores significativamente, como foi registrado por Thorp *et al.* (1998) na América do Norte para *Dreissena polymorpha* (mexilhão zebra). Cataldo & Boltovskov (2003), estudando a ocorrência de mexilhão-dourado em rios da Argentina, afirmam que algumas espécies de peixes omnívoros, e dentre eles espécies de *Pimelodus spp.*, podem utilizar o mexilhão como item alimentar. No sistema da Lagoa dos Patos o mexilhão-dourado foi registrado como um dos itens de maior importância na dieta do pintado (*Pimelodus pintado*) (Aptista & Zibetti 2006; Lopes & Vieira, em revisão), que é uma espécie omnívora generalista oportunista. No entanto, Garcia & Protogino (2005) afirmam que praticamente todos os peixes com hábito alimentar omnívoro podem utilizar *L. fortunei* como recurso alimentar em algum momento de sua vida. Desta maneira é provável que outras espécies que ocorram no Canal São Gonçalo, além do pintado, passem a utilizar o mexilhão-dourado como fonte alimentar. Neste contexto, este trabalho identifica os peixes nativos do sistema Patos-Mirim que podem ser considerados potenciais predadores da espécie invasora *L. fortunei*.

## Materiais e Métodos

A área de estudo compreende a região límnic do Canal São Gonçalo, um elemento de ligação entre as Lagoas dos Patos e Mirim, situadas no extremo sul do Brasil. A região límnic do canal São Gonçalo abrange desde a Barragem-Eclusa até o

sangradouro na Lagoa Mirim (Kotzian & Marques 2004) e apresenta profundidades entre 3 a 6 m em seus 61 km de extensão. A barragem foi construída em 1977 a cerca de 20 km da confluência com a Lagoa dos Patos com o Canal São Gonçalo, a fim de impedir a entrada de água salgada proveniente da região estuarina na Lagoa Mirim, em períodos de forte estiagem (Burns *et al.* 2006a).

Foram determinadas três regiões de coletas a partir da Barragem-Eclusa até a confluência com o rio Piratini (ECLUSA; S 36°93'15 O 64°80'392 ; TIGRE; S 36°85'36 O 64°76'783 e PIRATINI; S 36°93'15 O 64°80'392). Entre fevereiro de 2008 a janeiro de 2009, foram efetuadas sazonalmente 4 amostras de arrasto de fundo em cada região de coleta, em profundidades entre 3 e 6 m, utilizando-se uma rede de portas (15 kg de portas e 6 kg de tralha inferior)- modelo Camaroneira (malha do corpo da rede 1,3 cm; malha do saco com 0,5 cm) arrastada por um barco (10 m comprimento) equipado com motor de 60 HP. Cada amostra teve a duração de 5 minutos, o que equivale a cerca de 400 m de arrasto, percorridos com uma abertura de rede de aproximadamente 10 m (Lopes & Vieira, em revisão).

Os peixes coletados foram armazenados e fixados em formol a 10%. No laboratório, após identificação das espécies, foi obtido o comprimento total (CT mm) de cada indivíduo. Os estômagos foram extraídos por cortes do esôfago até o piloro e fixados em álcool 70%. As presas foram identificadas até o menor nível taxonômico, sempre que possível, e agrupadas em categorias.

A análise da alimentação baseou-se somente em indivíduos que apresentavam conteúdos no trato digestório. Foram analisados apenas dois exemplares de *Oligosarcus jenynsii*, os quais não apresentaram conteúdo estomacal (vazio), sendo retirados da análise.

A descrição da importância dos itens alimentares dos peixes foi analisada pelos métodos de frequência de ocorrência (FO%), gravimétrico (PA%) e numérico (PN%) e o índice de importância relativa (IIR) de Pinkas (Hyslop 1980). A análise de Correspondência (Gauch Jr 1986) foi utilizada para detectar quais os fatores (FO%, PN% e PA%) apresentaram maior influência sobre a ocorrência do mexilhão-dourado nos estômagos analisados.

Os exemplares de *L. fortunei* encontrados no trato digestório dos peixes coletados, foram medidos quanto ao seu comprimento máximo utilizando um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e pesados em balança de precisão. Considerou-se o comprimento máximo como a distância da extremidade anterior,

situada logo abaixo e à frente dos umbos até a extremidade posterior da concha (Mansur *et al.* 1987).

## Resultados

Os tratos digestórios de 702 exemplares pertencentes a 19 espécies foram analisados durante o período de estudo.

Um total de 12 itens alimentares foram encontrados nos tratos digestórios das espécies coletadas (Fig. 1). A espécie invasora *Limnoperna fortunei* foi verificada em 12 das 18 espécies tabuladas, as quais apresentaram uma variação de frequência de ocorrência entre 1,4% (*Loricariichthys anus*) até 96,3% (*Crenicichla punctata*) (Tab I).

Peixes com hábito bentônico, como as espécies *L. anus*, *Cyphocharax voga* e *Hypostomus commersoni*, mostraram-se essencialmente detritívoros e apresentaram baixas frequências de ocorrência de *L. fortunei*, em contraste com *Rineloricaria strigilata* e *Rineloricaria microlepdogaster*, que apresentaram 13,8% e 55,6% de FO, respectivamente. (Tabela I).

As espécies *Rhamdia aff. quelen* e *Hoplias malabaricus* apresentaram dieta variada predando uma quantidade representativa de *L. fortunei*, no entanto, demonstraram uma preferência alimentar por peixes (Fig.1). As espécies *Astyanax fasciatus*, *Pimelodus pintado*, *Geophagus brasiliensis*, *Crenicichla punctata* e *Micropogonias furnieri* demonstraram uma forte tendência ao consumo de moluscos, predando principalmente sobre a espécie *L. fortunei*, o qual apresentou os maiores índices de importância relativa (IRI) entre os itens consumidos (Tab I).

Os comprimentos de concha de *L. fortunei* encontrados nos tratos digestórios variaram entre 0,3 e 1,5 cm nas espécies analisadas (Fig. 2). O baixo número de conchas inteiras no trato digestório de *A. fasciatus* (N=1), *C. punctata* (N=2) e *H. malabaricus* (N=1), não permitiu o cálculo de desvio padrão do comprimento de concha nestas espécies, sendo que em *G. brasiliensis* e *M. furnieri* todas as conchas estavam triturada.

Os dois primeiros eixos da Análise de Correspondência (auto-valores de 0,05 para FO% e 0,02 para PA%) explicam a maior variabilidade dos dados (69% e 30%, respectivamente). A localização das espécies ao longo dos eixos 1 (FO%), sugere que os valores do IRI nestas dietas, foram fortemente influenciados pela ocorrência de *L. fortunei* nos tratos digestórios, enquanto que a localização das espécies próximas ao eixo 2 (PA%) sugere que, uma vez em que *L. fortunei* estava presente nos tratos

digestórios destas espécies, eles representavam em área o item mais importante. Tal fato, é provavelmente explicado pela alta quantidade de conchas trituradas de mexilhão encontradas no trato digestório destas espécies.

## Discussão

Desde a invasão de *L. fortunei* na América do Sul, mudanças na dieta das espécies de peixes tem sido observadas, principalmente em peixes omnívoros, que passaram de uma dieta de baixa qualidade baseada em plantas, para uma dieta rica e energética dominada por esses moluscos (Montalto *et al.* 1999; Ferriz *et al.* 2000, Garcia & Protogino 2005; Boltovskoy *et al.* 2006). Isto se confirma com as espécies observadas no presente estudo, as quais apresentam hábitos generalistas e omnívoros (Fig.1). Os altos índices de frequência de ocorrência de *L. fortunei* reveladas neste trabalho, principalmente entre as espécies *A. fasciatus*, *P. pintado*, *G. brasiliensis*, *C. punctata* e *M. furnieri* (Tab. I), demonstraram a ampla capacidade, por parte destes peixes, de modificarem suas dietas, diante as alterações do ambiente, revelando-se potenciais predadores de mexilhão-dourado, como já observado para *P. pintado*, que rapidamente incorporou a espécie invasora como um novo recurso alimentar no Canal São Gonçalo (Lopes & Vieira, em revisão).

As características morfofuncionais do aparato trófico dos peixes condicionam o grau de digestão de *L. fortunei* (Montalto *et al.* 1999), como verificado para os predadores de mexilhão-dourado no estuário do Rio da Prata, que apresentaram em sua maioria, aparatos bucais adaptados, desde pequenas placas mandibulares a dentes incisivos e dentição faríngea em vários graus de desenvolvimento (Garcia & Protogino 2005). A grande quantidade de conchas trituradas presentes nos tratos digestórios de *A. fasciatus*, *G. brasiliensis*, *C. punctata* e *M. furnieri*, refletem a presença de aparatos bucais desenvolvidos nestas espécies (Bemvenuti & Moresco 2005; Hartz *et al.* 1996b), que permitiram quebrar facilmente a frágil concha de *L. fortunei*.

Nossos resultados demonstram também que, independente do tamanho e do comportamento de forrageamento do predador, apenas os indivíduos de *L. fortunei* menores que 1,4 cm em média, são predados. A incidência de indivíduos de *L. fortunei* menores que 1,4 cm na dieta das espécies detritívoras raspadoras de fundo, como *R. microlepdogaster* e *R. strigilata*, as quais não apresentam características adaptadas à predação de moluscos, corrobora com a hipótese proposta por Lopes & Viera (em

revisão) de que os indivíduos de mexilhão-dourado com até 1,4 cm apresentam um comportamento vágil (Uryu *et al.* 1996), movendo-se sobre o fundo lamoso do Canal São Gonçalo, estando mais disponível à predação dos peixes, do que os indivíduos maiores que 1,4 cm que tendem a se aglomerar ou se esconder em reentrâncias do substrato.

Montalto *et al.* (1999) mostraram que *L. fortunei* é predado em seus diferentes estágios de desenvolvimento, por várias espécies de peixes da região neotropical, mas os mexilhões pequenos (<1,5 cm) são mais freqüentes e abundantes no trato digestório. As médias de comprimento de concha de *L. fortunei* encontrados nos tratos digestórios dos peixes, apresentaram valores inferiores a 1,4 cm, independente do comprimento total dos predadores, como já havia sido descrito para *P. pintado* neste sistema (Lopes & Vieira, em revisão). Cantanhêde *et al.* (2008), analisando um predador de grande porte (*Pterodoras granulosus*, 17-55 cm CT), encontraram resultados semelhantes, onde *L. fortunei* foi encontrado em uma faixa de tamanho de 0,8-1,7 cm de comprimento médio, apesar de o mexilhão ao longo do seu desenvolvimento crescer mais de 3 cm (Boltovskoy & Cataldo 1999; Maroñas *et al.* 2003, Mansur *et al.* 2008).

Semelhanças funcionais de *L. fortunei* com o bivalve invasor *Dreissena polymorpha* sugerem fortemente que altas densidades de *L. fortunei* pode ativamente transferir grandes quantidades de matéria orgânica da coluna d'água aos domínios bentônicos, através de filtração e a formação de fezes e pseudofezes (Karatayev *et al.* 2007), que por sua vez aumenta a densidade de invertebrados bentônicos (Botts *et al.* 1996; Darrigran 2002). Estudos realizados no rio Paraná e no Rio da Prata na Argentina, revelam que algumas das espécies comercialmente mais importantes, como *Pterodoras granulosus* e *Leporinus obtusidens*, se alimentam preferencialmente de *L. fortunei* em frequências de até 100% (Penchaszadeh *et al.* 2000; Cataldo *et al.* 2002).

Os efeitos positivos de *L. fortunei* sobre as comunidades de peixes não estão restritos às espécies que consomem o molusco diretamente, em particular aqueles que podem separar e esmagar as conchas, mas também se estende as espécies piscívoras de grande porte, que podem se beneficiar deste novo recurso indiretamente (Penchaszadeh *et al.* 2000; Boltovskoy *et al.* 2006). Desta forma, tanto as espécies piscívoras, *H. malabaricus* e *R. aff. quelem*, como as espécies detritívoras (*L. anus*, *C. voga* e *H. commersoni*.) coletadas no canal São Gonçalo podem ser afetadas de forma positiva pela presença de *L. fortunei*. No entanto, impactos negativos também podem ser esperados, como os observadas neste estudo em alguns exemplares de *R.*

*microlepdogaster* e *R. strigilata*, que apresentaram deformidades na região anal, causadas por conchas não digeridas de *L. fortunei*, tornando estas espécies suscetíveis a patógenos e infecções. Neste contexto, futuras investigações a respeito destas complexas interações podem contribuir na avaliação dos impactos positivos e negativos do mexilhão-dourado sobre os peixes.

## Referências

- Aptista, C. T. & Zibetti, V. 2006. MEXILHÃO DOURADO (*Limnoperna fortunei*) COMO Recurso Alimentar De Peixes Do Arroio Pelotas, Pelotas, RS: Resultados PRELIMINARES XV Congresso de IC.
- Bemvenuti, M. A. & Moresco, A. 2005. PEIXES: Áreas de banhados e lagoas costeiras do extremo sul do Brasil. Editora ABRH. 63 p.
- Boltovskoy, D. & Cataldo, D. H. 1999. Population dynamics of *Limnoperna fortunei*, an invasive fouling mollusc, in the lower Parana river (Argentina). **Biofouling** 14 (3): 255-263.
- Boltovskoy, D.; Correa, N.; Cataldo, D. & Sylvester, F. 2006. Dispersion and ecological impact of the invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata watershed and beyond. **Biological Invasions** 8: 947–963.
- Botts, P. S.; Patterson, B. A. & Schloesser, D. W. 1996. Zebra Mussel effects on benthic invertebrates: physical or biotic? **Journal of the North American Benthological Society** 15: 179–184.
- Burns, M. D.; Garcia, A. M.; Vieira, J. P.; Bemvenuti, M. A.; Motta Marques, D. M. L & Condini, V. 2006a. Evidence of fragmentation affecting fish movement between Patos and Mirim coastal lagoons in southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, 4(1)69-72.
- Cantanhêde, G.; Hahn, N. S.; Gubiani, E. A. & Fugi, R. 2008. Invasive molluscs in the diet of *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1821) (Pisces, Doradidae) in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Ecology of Freshwater Fish** 17: 47–53.
- Cataldo, D. & Boltovskoy, D. 2003 Ecologia y control de *Limnoperna fortunei*. In: I Encontro Sul-Americano de Integração de Ações para Controle do Mexilhão dourado. Foz do Iguaçu. Itaipu-Binacional.
- Cataldo, D., Boltovskoy, D. D., Marini, V. & Correa, N. 2002. Limitantes de *Limnoperna fortunei* en la cuenca del Plata: la predación por peces“Tercera

jornada sobre conservación de la fauna íctica en el río Uruguay” Organizada por La Comisión Administradora de Río Uruguay. Entre el 25 y 26 de abril del 2002, Paysandu Uruguay.

- Cataldo, D., O’Farrel, I.; Paolucci, E.; Sylvester, F. & Boltovskoy, D. 2005. Efectos de *Limnoperna fortunei* sobre el fitoplancton y los nutrientes. Tercer Congreso Argentino de Limnología, Chascomús, 30 October 2 November.
- Darrigran, G. 2002. Potencial impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. **Biological Invasions** 4: 145-156.
- Ferriz, R. A.; Villar, C. A.; Colautti, D. & Bonetto, C. 2000. Alimentación de *Pterodoras granulosus* (Valenciennes) (Pisces, Doradidae) en la baja cuenca del Plata. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 2: 151–156.
- Garcia, M. L. & Protogino, L. C. 2005. Invasive freshwater molluscs are consumed by native fishes in South America. *J. Appl. Ichthyol.* 21: 34–38
- Gauch Jr., H. G. 1986. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge: Cambridge University Press. 298 pp.
- Hartz, S. M.; Silveira C. M. & Barbieri, G. 1996b. Alimentação das espécies de *Astianax* Baird & Girard 1854, ocorrentes na lagoa Caconde, Rs, Brasil. (Teleostei; Characidae). **Revista Unimar**, 18 (2):269-281.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis – a review of methods and their applications. **J. Fish Biology**. 17: 411-429.
- Karatayev, A. Y.; Padilla D. K.; Minchin, D.; Boltovskoy D. & Burlakova L. E. 2007. Changes in global economies and trade: the potential spread of exotic freshwater bivalves. **Biology Invasions** 9:161–180.
- Kotzian, H. B. & Marques, D. M. 2004. Lagoa Mirim e a convenção Ramsar: um modelo para ação transfronteiriça na conservação de recursos hídricos. *Rega - Revista de Gestão de Água da América Latina*, Santiago. 1,(2): 101 – 111.
- Lopes, M. N.; Vieira, J. P. & Burns, M. D. M. 2009. Biofouling of the golden mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) over the Anomura crab *Aegla platensis* Schmitt, 1942. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**. 4(2): 222-225.
- Mansur, M. C. D.; Schulz, C. & Garces, L. M. M. P. 1987. Moluscos bivalves de água doce: Identificação dos gêneros do sul e leste do Brasil. **Acta Biológica Leopoldencia**, 9 (2): 181-202.

- Mansur, M. C. D.; Richinitti, L. M. Z. & Santos, C. P. 1999. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) molusco bivalve invasor na bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências** 7(2): 147-149.
- Mansur, M. C. D.; Santos, C. P.; Darrigran, G. & Heydrich, I.; Callil, C. T. & Cardoso, F. R. 2003. Primeiros dados quail-quantitativos do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. **Revista Brasileira de Zoologia**. 20(1): 75-84.
- Mansur, M. C. D.; Figueiró, H.; Santos, C. P.; Glock, L. & Bergonci, P. E. A., Pereira, D. 2008. Variação espacial do comprimento e do peso úmido total de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) no delta do rio Jacuí e lago Guaíba (RS, Brasil). **Biotemas**. 21 (4):49-54.
- Maroñas, M. E.; Darrigran, G. A.; Sendra, E. D. & Breckon, G. 2003. Shell growth of the golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), in the Río de la Plata, Argentina. **Hydrobiologia** 495: 41–45.
- Montalto, L.; Oliveros, O. B.; Ezcurra de Drago, I. & Demonte, L. D. 1999. Peces del río Parana Medio predadores de una especie invasora: *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae). Revista de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral.3: 85-101.
- Penchaszadeh, P. E.; Darrigran, G.; Angulo, C.; Averbuj, A.; Brogger, M. Dogliotti A. & Pirez, N. 2000. Predation of the invasive freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) by the fish *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1846 (Anostomidae) in the Río de la Plata, Argentina. **Journal of Shellfish Research** 19: 229–231.
- Sylvester, F.; Dorado, J.; Boltovskoy, D.; Juárez, A. & Cataldo, D. 2005. Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. **Hydrobiologia** 534: 71–80.
- Sylvester, F.; Boltovskoy, D. & Cataldo, D. 2007. Fast response of freshwater consumers to a new trophic resource: Predation on the recently introduced Asian bivalve *Limnoperna fortunei* in the lower Paraná river, South America. **Austral Ecology**.
- Thorp J. H.; DeLong M. & Casper A. F. 1998. *In situ* experiments on predatory regulation of a bivalve mollusk (*Dreissena polymorpha*) in the Mississippi and Ohio Rivers. **Freshwater Biology**. 39: 649–61.

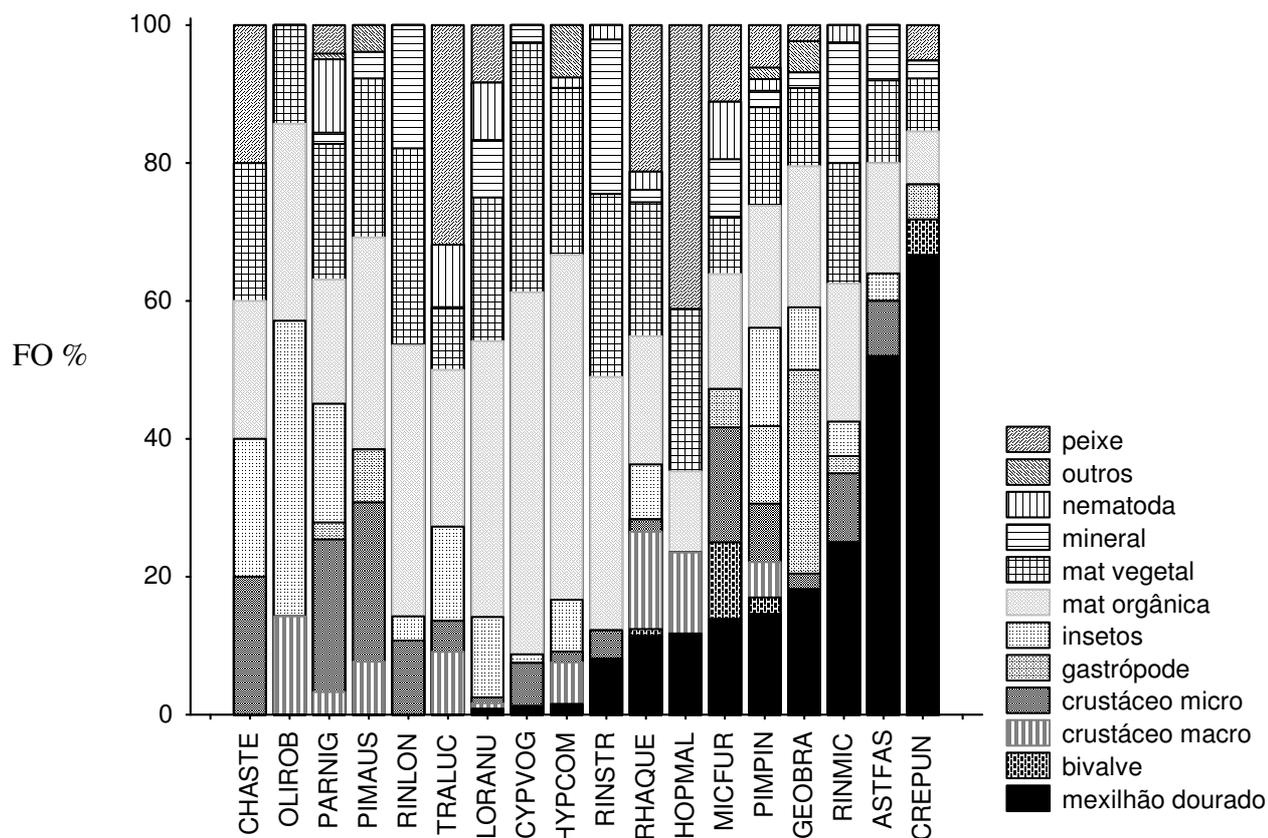
Uryu, Y.; Iwasaky, K. & Hinue, M. 1996. Laboratory experiments on behaviour and movement of a freshwater mussel, *Limnoperna fortunei* (DUNKER) **Journal of a Mollusan studies** 62:327-341.

## Tabelas

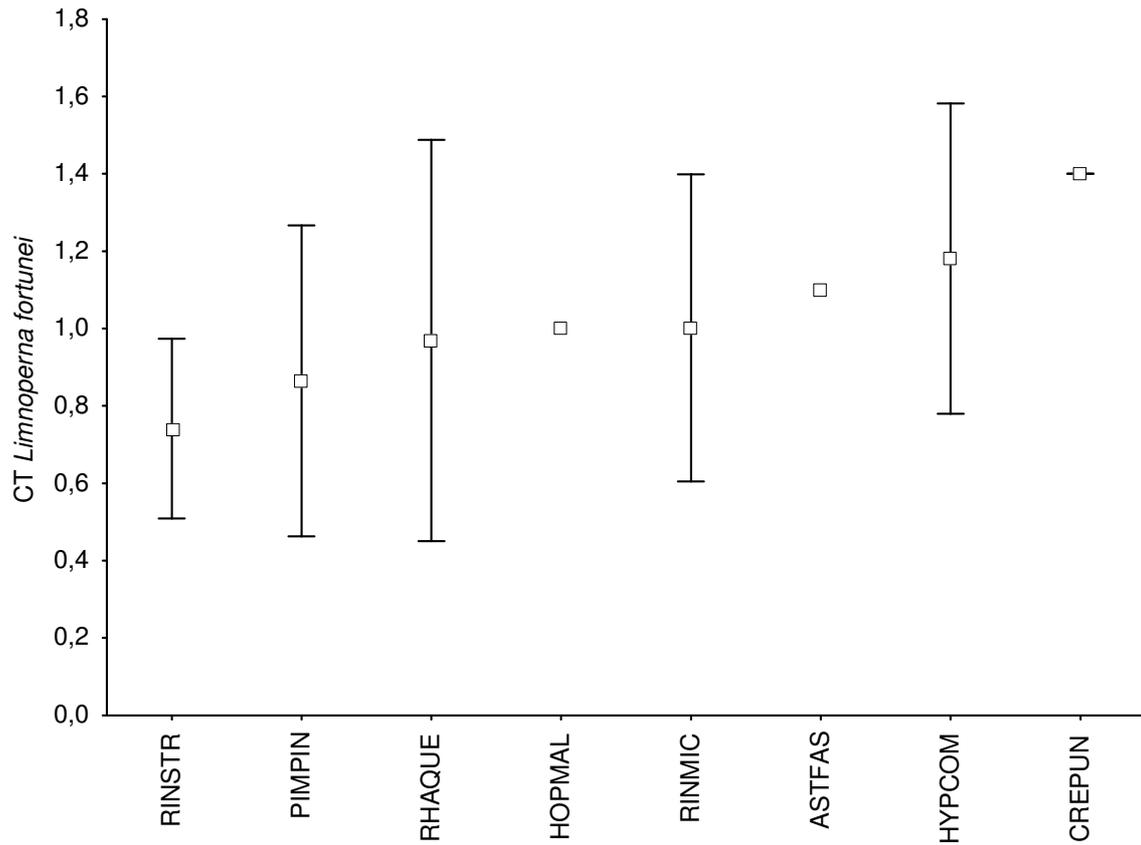
**Tabela IV-I. Frequência de ocorrência (FO) e índice de importância relativa (IRI) de *L. fortunei* no trato digestório dos peixes coletados no Canal São Gonçalo, RS.**

Ordem	Família	Espécie	N	CT máx-min (mm)	Limnoperna fortunei		
					FO%	IRI%	Rank
Characiformes							
	Characidae						
		<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	18	120-165	72,2	98,1	1
		<i>Charax stenopterus</i> (Cope, 1894)	3	91-114			
		<i>Oligosarcus jenynsii</i> (Günther, 1864)	2	100-170			
		<i>Oligosarcus robustus</i> Menezes, 1969	12	104-180			
	Curimatidae						
		<i>Cyphocharax voga</i> (Hensel, 1870)	48	96-230	2,1	0,0	5
	Erythrinidae						
		<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	28	146-382	20,0	1,2	5
Siluriformes							
	Auchenipteridae						
		<i>Trachelyopterus lucenai</i> Bertolotti, Pezzi da Silva & Pereira, 1995	29	105-204			
	Heptapteridae						
		<i>Rhamdia aff. Quelen</i> Quoy & Gaimard, 1824	52	160-454	31,0	8,5	5
		<i>Pimelodella australis</i> Eigenmann, 1917	17	55-180			
	Pimelodidae						
		<i>Pimelodus pintado</i> Azpelicueta (Lundberg & Loureiro 2008)	100	64-333	52,4	33,2	1
		<i>Parapimelodus nigribarbis</i> (Boulenger, 1889)	65	116-225			
	Loricariidae						
		<i>Loricariichthys anus</i> (Valenciennes, 1836)	110	138-395	1,4	0,0	8
		<i>Hypostomus commersoni</i> Valenciennes, 1836	48	125-502	2,4	0,7	4
		<i>Rineloricaria microlepdogaster</i> Regan, 1904	18	155-280	55,6	85,8	1
		<i>Rineloricaria strigilata</i> Hensel, 1868	44	122-210	13,8	11,6	3
		<i>Rineloricaria longicauda</i> Reis, 1983	28	132-193			
Perciformes							
	Cichlidae						
		<i>Crenicichla punctata</i> Hensel, 1870	33	128-260	96,3	99,3	1
		<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	27	92-240	42,1	26,1	2
	Sciaenidae						
		<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest, 1823)	20	118-258	41,7	28,9	1

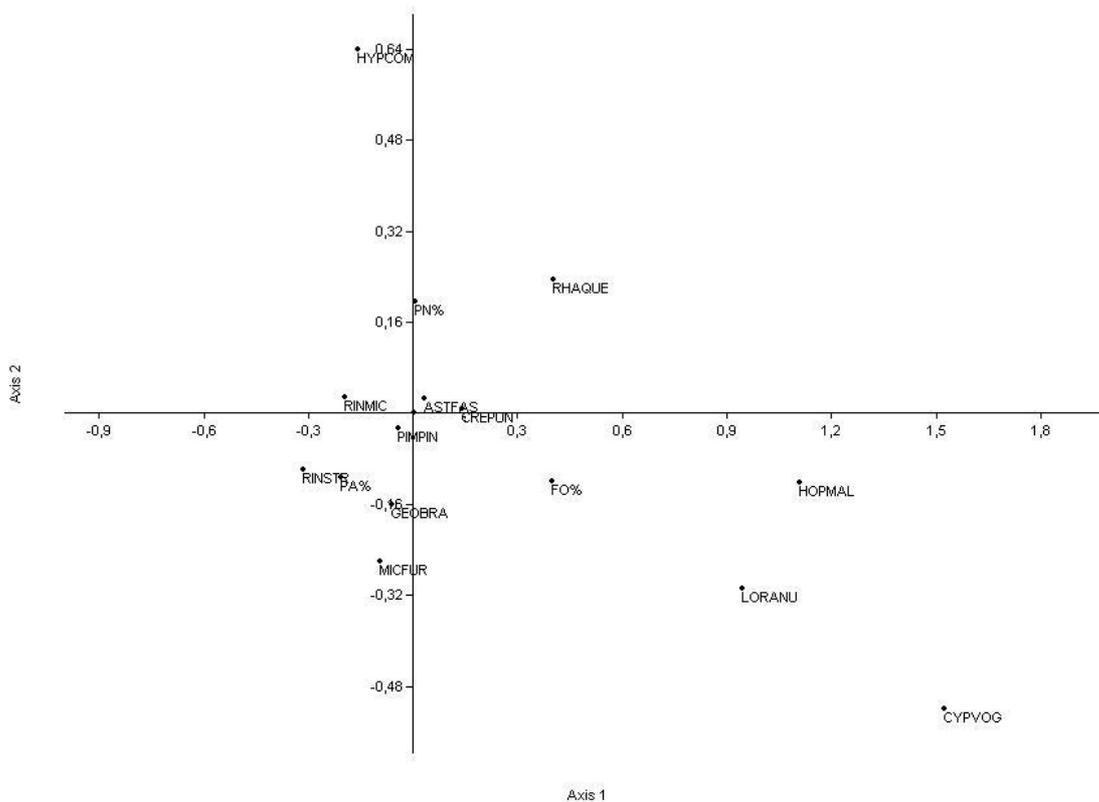
## Figuras



**Figura IV-1. Distribuição da frequência de ocorrência (em percentual) dos itens encontrados no trato digestório dos peixes coletados no Canal São Gonçalo, RS. Os códigos dos peixes são: *Charax stenopterus* (CHASTE), *Oligosarcus robustus* (OLIROB), *Parapimelodus nigribarbis* (PARNIG), *Pimelodella australis* (PIM AUS), *Rineloricaria longicauda* (RINLON), *Trachelyopterus. lucenai* (TRALUC), *Cyphocharax. voga* (CYPVOG), *Hypostomus commersoni* (HYP COM), *Rineloricaria strigilata* (RINSTR), *Rhamdia aff. quelen* (RHAQUE), *Hoplias malabaricus* (HOPMAL), *Micropogonias furnieri* (MICFUR), *Pimelodus pintado* (PIMPIN), *Geophagus brasiliensis* (GEOBRA), *Rineloricaria microlepdogaster* (RINMIC), *Astyanax fasciatus* (ASTFAS), *Crenicichla punctata* (CREPUN).**



**Figura IV-2. Valores médios e desvio padrão do comprimento de concha (cm) de *L. fortunei* encontrados no trato digestório de alguns predadores coletados no Canal São Gonçalo, RS. Os códigos dos peixes são: *Rineloricaria strigilata* RINSTR, *Pimelodus pintado* PIMPIN, *Rhamdia aff. quelen* RHAQUE, *Hoplias malabaricus* HOPMAL, *Rineloricaria microlepdogaster* RINMIC, *Astyanax fasciatus* ASTFAS, *Hypostomus commersoni* HYPCOM e *Crenicichla punctata* CREPUN .**



**Figura IV-3. Análise de correspondência demonstrando a influência dos eixos (FO%, PA% e PN% de *L. fortunei*) na incidência dos conteúdos das espécies de peixes que consumiram a espécie *L. fortunei* coletados no canal São Gonçalo, RS. *Charax stenopterus* (CHASTE), *Oligosarcus robustus* (OLIROB), *Parapimelodus nigribarbis* (PARNIG), *Pimelodella australis* (PIMAUS), *Rineloricaria longicauda* (RINLON), *Trachelyopterus. lucenai* (TRALUC), *Cyphocharax. voga* (CYPVOG), *Hypostomus commersoni* (HYP COM), *Rineloricaria strigilata* (RINSTR), *Rhamdia aff. quelen* (RHAQUE), *Hoplias malabaricus* (HOPMAL), *Micropogonias furnieri* (MICFUR), *Pimelodus pintado* (PIMPIN), *Geophagus brasiliensis* (GEOBRA), *Rineloricaria microlepdogaster* (RINMIC), *Astyanax fasciatus* (ASTFAS), *Crenicichla punctata* (CREPUN).**

## CONCLUSÕES GERAIS

O método de coleta com arrasto de fundo possibilitou a captura principalmente de indivíduos maiores que 0,5 cm, revelando que a estrutura da população adulta de *L. fortunei* sobre o fundo do Canal São Gonçalo é composta, em sua maioria, por indivíduos pequenos (<1,4 cm), os quais representam até 70% da população coletada.

A espécie *L. fortunei* apresenta-se totalmente estabelecida no sistema, e em grande disponibilidade, podendo ser consumida especialmente por peixes.

As densidades de *L. fortunei* no Canal São Gonçalo, podem causar um impacto negativo sobre a diversidade, levando à diminuição da população de espécies bentônicas nativas como o caranguejo *Aegla platensis*.

A espécie *L. fortunei* foi rapidamente incorporada na dieta da espécie nativa *Pimelodus pintado*, no mesmo ano do seu primeiro registro no Canal São Gonçalo. E, três anos depois, o bivalve representava o item mais importante da dieta desta espécie, sendo predado principalmente em tamanhos menores do que 1,4 cm de comprimento de concha. Estes indivíduos (< 1,4 cm) estão em maior disponibilidade, locomovendo-se sobre o fundo lamoso do Canal São Gonçalo, RS,

As espécies *Astyanax fasciatus*, *Pimelodus pintado*, *Geophagus brasiliensis*, *Crenicichla punctata* e *Micropogonias furnieri* demonstraram uma forte tendência ao consumo de moluscos, predando principalmente sobre a espécie *L. fortunei*.

Independente do tamanho e do comportamento de forrageamento do predador, apenas os indivíduos de *L. fortunei* menores que 1,4 cm em média, são predados.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)